



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

Trabajo de Diploma

En Opción al Título de Ingeniero Mecánico

Título: Construcción de un transportador de tornillo sin fin para la alimentación del enfriador de mineral a escala piloto del ISMM

Autor: Guillermo Rodríguez Guzmán

Tutores: Ms. C. Ever Góngora Leyva

Ms. C. Tomás Fernández Columbié

Moa – 2010
“Año 52 de la Revolución”



DECLARACIÓN DE AUTORIDAD

Yo: Guillermo Rodríguez Guzmán

Autor de este trabajo de diploma, certifico su propiedad 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:

Guillermo Rodríguez Guzmán

Tutor:

M.Sc. Ever Góngora Leyva

Tutor:

M.Sc. Tomás Fernández Columbié



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; a la MSc. Tomas Fernández Columbié, 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, que me han brindado.

A Todos Muchas Gracias

El autor.



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: Xiomara , Guillermo , por todo el amor que me han transmitido hasta hoy y porque así es de grande el amor que les profesó. 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 hijos: Eudis, Elian y Dayanis con todo mi amor que son la razón de mi existencia y el motivo de continuar luchando.

A mi querida esposa: Yanitza por el apoyo y el amor que siempre me ha dado, su comprensión y su ayuda en los momentos mas duros de la vida.

A mis amigos Ever, Yoalbys, Marbelis, Zehidy, Carlos, Evarito y Pedro 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 los compañeros de transporte de la empresa "Comdt René Ramos Latour" por su ayuda incondicional que me han brindado para la realización de este trabajo.

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

RESUMEN

El trabajo tiene como objetivo la fabricación de un transportador de tornillo sin fin para alimentar de mineral laterítico reducido al enfriador cilíndrico horizontal rotatorio a escala piloto.

Se estableció la metodología para el cálculo de los principales parámetros que definen las dimensiones del tornillos sin fin, como son, diámetro y pasó entre álabes, así como también se determinó la velocidad de rotación del tornillo sin fin para que garantice una productividad de 123 kg/h .

Se seleccionaron materiales de recortería para la construcción del mismo, los cuales fueron sometidos a procesos de maquinado y soldadura, para a través de estas materias primas obtener los diferentes productos. Para determinar la composición química del material se empleó el análisis espectral, la cual fue necesaria para determinar las propiedades del material a la hora de efectuar la soldadura, se empleó electrodo E 7018 de 4 mm , según recomendaciones de la AWS. Quedaron establecidas las tecnologías de maquinado y soldadura para la fabricación del transportador del tornillo, y por último se realiza la valoración económica, así como la incidencia medio ambiental del proceso.



ABSTRACT

The work has as objective the production of a screw transporter without end to feed from mineral reduced lateritic to the rotational horizontal cylindrical cooler to scale pilot.

The methodology settled down for the calculation of the main parameters that it define the dimensions of the screws without end, like they are, diameter and it passed among álabes, as well as the speed of rotation of the screw was determined without end so that it guarantees a productivity of 123 kg/h.

Trash materials were selected for the construction of the same one, which were subjected to processes of having schemed and welding, stops through these matters cousins to obtain the different products. To determine the chemical composition of the material the ghasly analysis it was used, which was necessary to determine the properties of the material when making the welding, was used electrode AND 7018 of 4 mm, according to recommendations of the AWS. They were established the technologies of having schemed and welding for the production of the transporter of the screw, and lastly it is carried out the economic valuation, as well as the half environmental incidence of the process.



INTRODUCCIÓN..... 1

CAPITULO I: MARCO TEORICO DE LA INVESTIGACION.....3

1.1- Introducción.3

1.1-1. Trabajos Precedentes3

1.2- Datos Generales sobre la Empresa.4

1.1-2. Hornos de Reducción del Mineral5

1.3- Clasificación de los dispositivos de transporte.....6

1.4- Características generales de los transportadores.....7

1.5- Generalidades y fundamentos de construcción de los tornillos sin fin.8

1.5-1. Construcción de los tornillos sin fin.9

1.5-2. Características técnicas del equipo (Transportador de tornillo sin fin) 10

1.5-3. Ventajas y Desventaja del transportador de tornillo sin fin..... 10

1.6- Características de los procesos de manufactura. 11

1.6-1. Elementos de un proceso de mecanizado convencional..... 12

1.7- Conclusiones del capítulo I 15

CAPITULO II. MATERIALES Y MÉTODOS..... 16

2.1- Introducción. 16

2.2- Cálculo de los transportadores de tornillo sin fin 16

2.3- Metodología de cálculo para la tecnología de fabricación. 19

2.4- Operación de torneado del eje del tornillo sin fin 20

2.4-1. Máquina 20

2.4-2. Caracterización del torno 16K 20 20

2.4-3. Características principales del torno. 20

2.4-4. Herramienta: 21

2.5- Regímenes de corte para el Torneado 21

2.5-1. Frecuencia de rotación..... 21

2.5-2. Velocidad de corte..... 25

2.5-3. Avance 26

2.5-4. Profundidad de corte 26

2.5-5. Tiempo de maquinado..... 26



2.5-6. Cálculo de los gastos de tiempo de trabajo empleado en los procesos tecnológicos.....	28
2.6- Operación de taladrado	29
2.6-1. Máquina	30
2.6-2. Elección de la herramienta de corte	30
2.6-3. Regímenes de corte para el taladrado	30
2.7- Tecnología de la soldadura.....	32
2.7-1. Máquina para soldar.....	32
2.7-2. Selección del electrodo	33
2.7-3. Descripción	33
2.7-4. Características	34
2.7-5. Aplicaciones	34
2.7-6. Propiedades mecánicas según AWS	34
2.7-7. Composición química del depósito.....	34
2.7-8. Cantidad de electrodos	34
2.7-9. Cálculo de consumos en la soldadura de unión	35
2.8- Conclusiones del capítulo 2	36
CAPITULO III: ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.	37
3.1- Introducción.	37
3.2- Establecimiento de las dimensiones de los elementos que conforman el tornillo sin fin. 37	
3.3- Caracterización de los materiales del cilindro.....	38
3.4- Análisis de la metodología de cálculo para el torneado del eje del tornillo sin fin....	40
3.5- Análisis de la metodología de cálculo para el torneado del álabe del tornillo sin fin. 41	
3.5-1. Cálculo de costo de soldadura	44
3.6- Valoración económica.....	45
3.6-1. Costos de materiales empleados.	45
Salario Básico (Sb) = Suma de los costos = \$ 73,02	46
Gasto de Energía	46
Costo Energía.....	46



3.6-2. Costos de producción del maquinado	47
3.7- Impacto ambiental.....	47
3.7-1. Gases constituyentes del humo de soldadura.....	47
3.8- Conclusiones del capítulo III.	49
Conclusiones generales	50
RECOMENDACIONES.....	51
Bibliografías.....	52



INTRODUCCIÓN

Actualmente la producción de níquel y cobalto constituye unas de las mayores posibilidades para el desarrollo de la economía cubana, ya que su precio se incrementa en el mercado internacional. El país ha trazado como objetivo la utilización racional de los recursos humanos, materiales y financieros, así como medidas económicas y sociales. La producción de níquel mas cobalto reviste gran importancia para el desarrollo de la economía nacional, ésta es una forma de entrada de divisa 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, desarrollo tecnológico y automatización.

En la industria del níquel para el enfriamiento del mineral reducido se alimenta a los enfriadores con ayuda del transportador rotatorio de tornillo sin fin. El cual consiste en un dispositivo de transportación de acción continua en el cuál el principal órgano de trabajo es un tornillo o espiral que gira dentro de la camisa.

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 las canales de contacto de la Planta de Lixiviación y Lavado.

En la instalación a escala piloto del ISMM para la evaluación del proceso de enfriamiento del mineral reducido, la alimentación depende de la velocidad de rotación del cilindro, a la vez que es succionado por un espiral conectado a la tapa de entrada trayendo consigo las deficiencias siguientes:

- El flujo de mineral que entra al enfriador depende de la velocidad de rotación del cilindro.
- Ocurre estancamiento del mineral en el interior de la tolva de alimentación.
- Imposibilidad de experimentar el comportamiento del proceso de enfriamiento del mineral para diferentes flujos de mineral.

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



La instalación experimental para la evaluación del enfriamiento del mineral a escala piloto del ISMM no cuenta con un sistema de alimentación que garantice el suministro uniforme y continuo del mineral laterítico reducido.

Como **Objeto de la investigación** se establece: El transportador de tornillo sin fin para la alimentación del enfriador de mineral experimental a escala piloto del ISMM.

Sobre la base del problema a resolver se establece la siguiente **hipótesis**: Fabricando un Transportador de tornillo sin fin para la alimentación uniforme del mineral, al enfriador a escala piloto del ISMM, se garantizaría el funcionamiento adecuado y el desarrollo exitoso de los experimentos.

A partir de la hipótesis planteada, se define como **Objetivo del trabajo**: Fabricar un Transportador de tornillo sin fin para la alimentación del enfriador a escala piloto del ISMM.

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

1. Caracterizar las operaciones por las cuales transita la fabricación del cilindro rotatorio.
2. Realizar la tecnología de fabricación del transportador de tornillo sin fin, caracterizando los materiales empleados en dicho proceso de fabricación.

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 del transportador de tornillo sin fin.
3. Ejecución de la tecnología de fabricación del transportador de tornillo sin fin.
4. Análisis de los resultados y fundamentación de la tecnología de fabricación del transportador de tornillo sin fin.
5. Valoración económica y medioambiental de los procesos empleados en la realización del trabajo.

CAPITULO I: MARCO TEORICO DE LA INVESTIGACION

1.1- Introducción.

El trabajo, fue el paso impulsor en la evolución de la especie humana. Con cada invento o innovación se buscaba humanizar aun más cada actividad realizada. Con ello, surgieron los equipos o dispositivos para el transporte de los más diversos materiales; entre ellos se encuentran los camiones y transportadores. El transporte del mineral ocupa un papel primordial para el desarrollo económico de cualquier país, los transportadores, han evolucionado en el transcurso de los años. En cada momento, el hombre se las ha ingeniado para hacerle transformaciones en sus estructuras y así explotar al máximo sus capacidades de trabajo.

Es de vital importancia saber que existe una gran variedad de transportadores, debido a las más disímiles aplicaciones que se les da; por ejemplo, en la industria minera, azucarera, y la química. Existen diversos tipos de equipos de transporte industrial entre los que se destacan los de rastrillos, de bandas, de cangilones, de bandejas, neumáticos, de paletas y especialmente los de tornillo sin fin, el cual es objeto de estudio en esta investigación.

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.

1.1-1. 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 transporte industrial, entre los que se encuentran los transportadores de tornillo sin fin. Por tal motivo la revisión bibliográfica estuvo dirigida fundamentalmente a la temática relacionada con los trabajos, que sobre el tema de fabricación de transportadores de tornillo sin fin, se han publicado en los últimos años.

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 (Yacoby). Donde se encontraron algunos problemas que atentan contra estos aspectos mencionados, demostrando que las causas que originan los mismos son muy diversas y no solo se circunscriben al Yacoby, si no también a los hornos y a los enfriadores de mineral reducido, por lo que las propuestas de solución abarcan a ambos equipos.

Herrero (2005), comprobó las posibilidades de los transportadores (Yacoby), estableciendo una metodología de cálculo, a través de la cual estima la capacidad del Yacoby.

Se debe destacar que el principio de funcionamiento del Yacoby es diferente al del transportador de tornillo sin fin, ya que en este último el cilindro permanece fijo y no se mueve conjuntamente con el árbol como ocurre con el primero.

Dentro de la bibliografía consultada no aparece trabajo alguno que aborde la temática relacionada con la construcción de un transportador de tornillo sin fin a escala piloto para el suministro de mineral laterítico reducido.

1.2- Datos Generales sobre la 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. La cual opera según el esquema de lixiviación carbonato – amoniacal 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 amoniacal

admite la elaboración de las mezclas de los minerales lateríticos y serpentínicos procedentes de mina “Martí” y mina “Pinares de Mayarí”.

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. La aplicación de esta tecnología permitirá aumentar el por ciento de extracción de cobalto y níquel en la empresa.

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

1.1-2. Hornos de Reducción del Mineral

La reducción selectiva del níquel y cobalto en el mineral, se realiza en los hornos de soleras múltiples (17 hogares) con gases obtenidos en las cámaras de combustión incompleta más el petróleo que se adiciona al mineral en el hogar # 7. Los 11 hornos de la planta están divididos en: 6 de planta vieja y 5 de planta nueva, los mismos son identificados cada uno con su línea para una mejor operatividad comenzando por la línea 1 hasta la 11.

El mineral secado y molido se transporta neumáticamente desde los silos hasta las tolvas de recepción de los hornos y luego se dosifica a los mismos. El mineral reducido se traslada mediante el transportador rotatorio hacia los enfriadores. Después de enfriarse, el mineral reducido se mezcla con el licor amoniacal que circula por la canal donde pasa a los tanques de contacto.

1.3- Clasificación de los dispositivos de transporte.

Los dispositivos de transporte industrial son de funcionamiento continuo e intermitente. Los de transporte continuo están destinados a desplazar grandes masas de cargas que avanzan ininterrumpidamente. Según los métodos de transmitir la fuerza motriz a la carga, los dispositivos de transporte se subdividen en: los de cadena, los de curso natural (gravitacional) y los de transporte hidráulico y neumático.

En la figura 1.1 se representan esquemáticamente las máquinas de transporte continuo y sus subdivisiones.

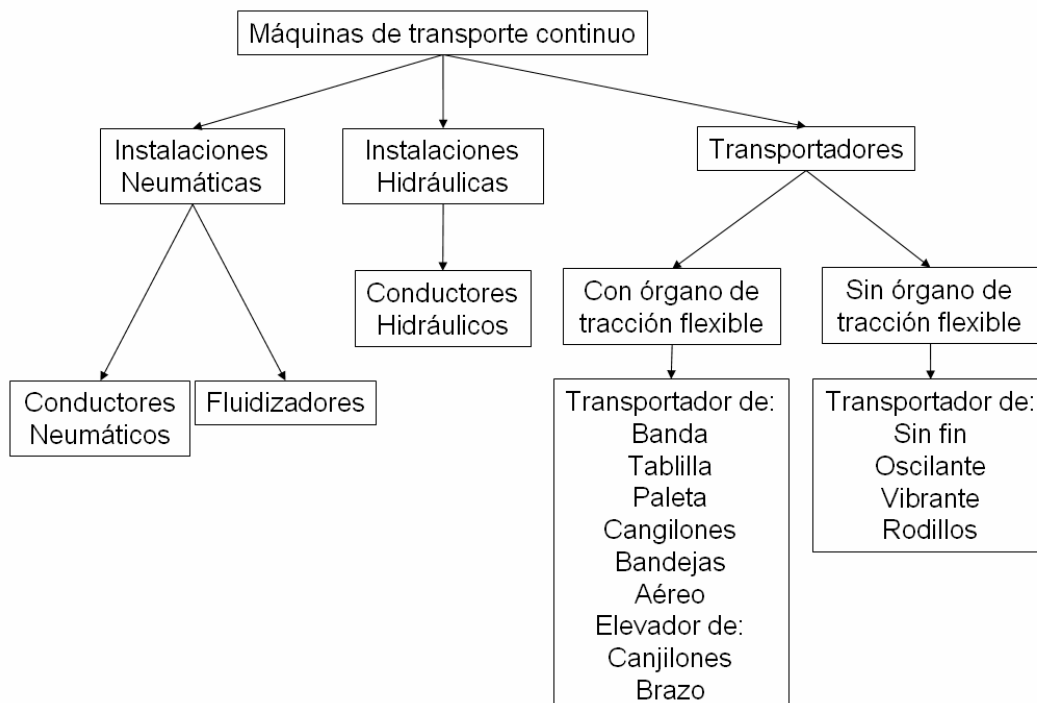


Figura 1.1. Subdivisión de las máquinas de transporte continuo (ininterrumpido).

1.4- Características generales de los transportadores.

El principio de acción del transportador de tornillo sin fin consiste en la transportación del material por un canalón a la acción de una espiral. Los mismos tienen un uso muy amplio para materiales pulverizados o granulares, no corrosivos y no abrasivos, cuando se requiere una capacidad moderada, cuando la distancia no es mayor que unos 61 m o la trayectoria no es demasiado pendiente.

Ellos son eficientes en la transportación de materiales pulverulentos, calientes y de aquellas que pueden emanar gases. Estos transportadores pueden emplearse para la mezcla o la homogenización de los materiales, si así lo exige el proceso tecnológico.

La productividad de los transportadores de tornillo sin fin alcanza hasta 150 t/h ; longitud hasta 60 m ; y la inclinación de hasta entre 15 y 20°.

A continuación se indica la reducción de capacidad, en comparación con la que tiene cuando trabaja en posición horizontal:

- Inclinación en grados	10	15	29	25	30	35
- Reducción en capacidad, %	10	26	45	58	70	78

El transportador de tornillo sin fin consiste del canal 1 con fondo cilíndrico cerrado por encima con la tapa 3, dentro del canal se encuentra el árbol 2 de superficie espiral. El motor eléctrico 4, a través del reductor 5, transmite la rotación al árbol. El material a transportar avanza al transportador a través de uno o varios orificios de carga 6. Girando el tornillo, la carga se desliza a lo largo del canal y se descarga a través del orificio 7 en el fondo. Ver figura 1.2. El árbol del tornillo se monta en los cojinetes finales y en el cojinete intermedio suspendido en las abrazaderas de acero a la tapa del canal. El árbol puede ser macizo o hueco (en los transportadores largos para disminuir la fuerza de gravedad).

Los tornillos se sujetan al árbol por medio de la soldadura o ensamble sobre el mismo. Los tornillos pueden ser; macizos (para materiales no aglutinantes, granulados y polvorientos), los de cinta (para materiales finos) y los de paletas (para materiales aglutinantes). Ellos se fabrican de acero, o de hierro colado, para materiales abrasivos.

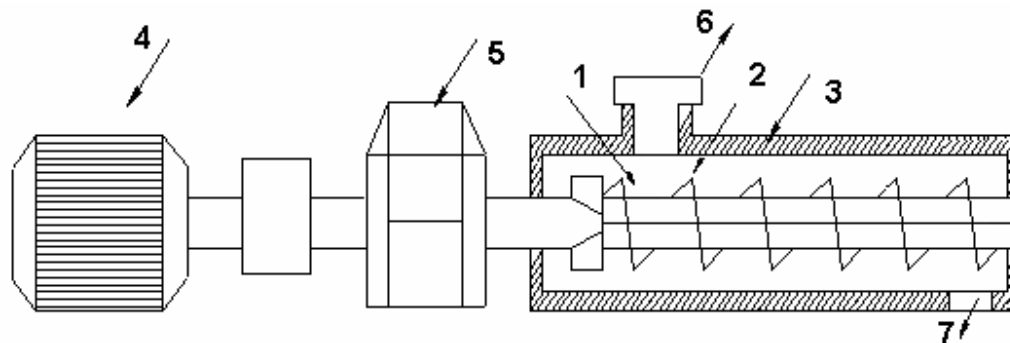


Figura 1.2 Transportadores de tornillo sin fin.

En los transportadores de tornillo sin fin, el material se transporta y se mezcla al mismo tiempo; con el fin de aumentar el efecto de mezcla, al tornillo se le da conformación perfilada.

Las ventajas de los transportadores de tornillo sin fin consiste en la simplicidad y hermeticidad de la construcción, y en la comodidad de descarga intermedia del material; y las desventajas en los desperfectos, en el desgaste rápido del tornillo y canal, trituración del material, consumo considerable de energía eléctrica, incapacidad de trabajar con materiales húmedos y los de mayor granulometría (gruesos), pequeñas longitudes y bajo rendimiento.

1.5- Generalidades y fundamentos de construcción de los tornillos sin fin.

Los transportadores de tornillos sin fin pertenecen al grupo de dispositivos de transportación de funcionamiento continuo, ya que es el tornillo el que gira en un canal cerrado, cuya parte inferior tiene forma de semicilindro. El desplazamiento de la carga a través de la canal se produce por la rotación del tornillo. La carga transversal no rota conjuntamente con el tornillo, debido a la fuerza de gravedad y la fricción sobre la pared de la canal. La carga se mueve a través de la canal, análogamente al desplazamiento de la tuerca, mediante el tornillo cuando ésta no rota.

1.5-1. Construcción de los tornillos sin fin.

La construcción debe satisfacer la exigencia de las normas y garantizar el fácil acceso para el examen y lubricación de sus partes. Actualmente, éste tipo de transportador, en lo que se refiere a tornillo y canal se construyen en la misma empresa, ya que este no posee gran complejidad en su construcción.

En los transportadores de tornillos, los cojinetes y los acoplamientos no deben ocupar más de un 25 % del volumen útil de la sección del canal, situada más a bajo del eje geométrico del tornillo. Las piezas y los conjuntos, de los transportadores deben ser de una dimensión tipo.

Cuando se transportan materiales corrosivos, los canales y tornillos deben construirse de aceros anticorrosivos y tener una cubierta anticorrosiva resistente al desgaste.

Los tornillos de los transportadores destinados a la transportación de materiales con una temperatura superior a 200°C deben fabricarse con fundición de aceros o de hierro. El principal órgano de trabajo de este transportador, es el tornillo, que es el que realiza el desplazamiento del material a transportar a lo largo de la canal. En los transportadores de tornillos en serie, los cuales se construyen en secciones independientes con una longitud convencional (entre los ejes de los cojinetes de suspensión) hasta 3 m . Las secciones de los tornillos constan de árboles y espiras soldadas al mismo y que son iguales a un paso del tornillo. Las espiras se estampan de aceros y planchas.

Cada transportador de tornillo tiene dos cojinetes finales: delantero y trasero. El cojinete delantero (de empuje) absorbe la presión axial que surge durante el trabajo del transportador. Las fuerzas axiales en una serie de casos, alcanza una gran magnitud y constituyen una parte considerable de las resistencias generales en los transportadores de tornillos.

Para cojinetes traseros de las tuercas portadoras de tornillos, también se emplean preferiblemente los cojinetes de rodamiento, aparece en cojinete de brida trasero, fijado directamente en el cuerpo del puntal trasero y el cojinete con fijación aislada. Las

particularidades de los cojinetes traseros, radica en que éstos están calculados para un posible desplazamiento axial.

1.5-2. Características técnicas del equipo (Transportador de tornillo sin fin)

❖ Peso del tornillo sin fin (kg)	3,5
❖ Espesor (mm)	9
❖ Temperatura del mineral (°C)	650 a 700
❖ Granulometría media (mm)	0.074
❖ Coeficiente de llenado	0,125
❖ Diámetro interior del tubo (mm)	72
❖ Diámetro del tornillo sin fin (mm)	68
❖ Longitud total (mm)	700
❖ Densidad (t/m ³)	0,8
❖ Capacidad (t/h)	0,123

Motor:

❖ Potencia (kW)	0,75
❖ Masa (kg)	5
❖ Número de revolución (r.p.m)	1175
❖ Frecuencia (Hz)	60
❖ Cosφ	0,84
❖ Número de revolución (r.p.m)	125

1.5-3. Ventajas y Desventaja del transportador de tornillo sin fin

Ventajas

- Sus pequeñas dimensiones.
- Sencillez en la instalación y el mantenimiento, bajo costo.
- Facilidad de transportación de cargas que produzcan polvo y gases, y que sean calientes.
- Posibilidades de carga y descargar en cualquier punto de su longitud.
- Seguridad en el trabajo y su mantenimiento.

Desventaja

- Poseen grandes resistencias al movimiento.
- Gran gasto de energía.
- Productividad y longitud limitadas.
- Trituración y desgaste de los materiales.
- Rápido desgaste de las espiras, los canalones y los rodamientos.

1.6- Características de los procesos de manufactura.

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 la industria. 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.

Esta difusión ha sido causa, 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-Herramienta 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 termino 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*, tales y 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 herramienta 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:

✘ 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):

✘ 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 - herramienta:

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-herramienta, 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-herramienta 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. <http://www.altavista.com>. (2008).

1.7- Conclusiones del capítulo I

1. La bibliografía consultada aporta información sobre las características tanto generales como técnicas de los transportadores de tornillos sin fin.
2. El análisis bibliográfico permitió conocer las características principales del funcionamiento de los transportadores de tornillos sin fin, se hace referencia a los materiales con que se fabrican los tornillos sin fin; y sus características.
3. Las fuentes bibliográficas que fueron consultadas permitieron conocer las características generales de los procesos de manufactura o de mecanizado como también se les conoce; así como los principales elementos que intervienen en estos procesos.

CAPITULO II. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1- Introducción.

El desarrollo de las máquinas-herramienta, 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 herramienta, 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 transportador de tornillo sin fin que alimentará de mineral laterítico reducido al enfriador de mineral a escala piloto.

2.2- Cálculo de los transportadores de tornillo sin fin

Un primer paso a seguir antes de iniciar el proceso de fabricación, es determinar las características constructivas del tornillo sin fin. Para ello es necesario determinar parámetros como: diámetro interior y ancho del álabe; el diámetro exterior en desarrollo y la cantidad de álabes.

El primer elemento que se debe tener en cuenta para los cálculos del tornillo sin fin es el paso el cual toma valores de $(0.8 a 1) \cdot D$. Los valores más bajos se toman al transportar materiales pesados poco movedizos o en los transportadores inclinados; los más altos,

para los transportadores horizontales o para el transporte de cargas fácilmente movilizadas. Donde: D , es el diámetro exterior del tornillo. Según ecuación 2.1.

$$P_{sf} = 1 \cdot D_{ea} \quad (2.1)$$

- Donde:
- D_{ea} : Diámetro exterior del álabe; mm
- P_{sf} : Paso del sin fin; mm

Para hallar el diámetro interior del álabe se utiliza la ecuación 2.2.

$$d_{ia} = \frac{\sqrt{d_{eje} \cdot \pi^2 + P_{sf}^2}}{\pi} \quad (2.2)$$

- Donde:
- d_{ia} : Diámetro interior del álabe; mm
- d_{eje} : Diámetro del eje; mm

Una vez conocidos los diámetros interior, exterior y paso del alabe, se procede a la determinación del ancho, a través de la ecuación 2.3.

$$Aa = \frac{D_{ea} - d_{eje}}{2} \quad (2.3)$$

- Donde:
- Aa : Ancho del álabe; mm

Luego se procede al cálculo del diámetro exterior en desarrollo según la ecuación 2.4.

$$D_{ed} = 2Aa + d_{ia} \quad (2.4)$$

Luego a través de la ecuación 2.5 se comprueba si el diámetro exterior del álabe es igual al paso para el coeficiente que tiene en cuenta la inclinación del tornillo y el tipo de material a transportar, que para el caso de estudio toma valor igual a 1.

$$D_{ea} = 2Aa + d_{eje} \quad (2.5)$$

- Donde:

- $D_{ea} = P_{sf}$

Luego se determina la cantidad de álabes en función de la longitud necesaria para el tornillo, a través de la ecuación 2.6.

$$n_a = \frac{Lt}{P_{sf}} \quad (2.6)$$

- Donde:

- n_a : Número de álabes

- Lt : Longitud el cilindro; mm

La productividad del transportador de tornillo sin fin se determina según la ecuación 2.7.

$$Q = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot P_{sf} \cdot n \cdot \Psi \cdot \rho \quad (2.7)$$

- Donde:

- Q : Productividad del transportador de tornillo sin fin; t/h

- Ψ : Coeficiente de llenado del canal

- ρ : Peso volumétrico del material a transportar; t/m³

- D : Diámetro del tornillo; m

- n : Frecuencia de rotación del tornillo; s⁻¹

- P_{sf} : Paso del tornillo (distancia entre las espiras próximas); m

La frecuencia de rotación del tronillo se calcula según la fórmula empírica 2.8:

$$n = \frac{A}{60\sqrt{D}} \quad (2.8)$$

- Donde:
- A : Coeficiente que se escoge de la tabla 2.1.

Tabla. 2.1 Valores de los coeficientes A , Ψ , ω .

Material		A	Ψ	ω
Ligeros:	No abrasivo	65	0,4	1,2
	Poco abrasivo	50	0,32	1,6
Pesados:	Poco abrasivo	45	0,25	2,5
	Abrasivo	30	0,125	4,0

El valor del coeficiente de llenado del canal Ψ depende del material a desplazar y se escoge según la tabla 2.1.

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 transportador de tornillo sin fin; 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 emplearan para la fabricación de las piezas serán el torneado, taladrado, y los procesos de pailería.

El transportador, estará situado a la entrada del enfriador, el cual quedará cubierto por una carcasa y en su extremo estará acoplada una catalina que es la encargada de transmitirle el movimiento al tornillo sin fin que a su vez está unido a un piñón a través de una transmisión por cadena que es movido por un motor de una potencia de 750 W , 125 rpm y 220 V .

2.4- Operación de torneado del eje del tornillo sin fin

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, refrentado y roscado.

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 la pieza se le realizará la operación de torneado en un Torno 16 K 20.

2.4-2. Caracterización del torno 16K 20

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 Nm = 10 kW; rendimiento del torno $\eta = 0,75$. 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. Máxima fuerza de corte axial admisible por el mecanismo de avance, $P_x = 600$ kgf

2.4-3. Características principales del torno.

- Potencia del motor eléctrico 10 kW
- Tensión 400 V
- Frecuencia de rotación del husillo 16 a 2400 rev/min

- Avance:
 - Longitudinal 0,050 a 2,8 mm/rev
 - Transversal 0,025.a.1,4 mm/rev
- Fuerza máxima laborable sobre el mecanismo de avance 400 kgf

2.4-4. Herramienta:

La herramienta que se empleará es una cuchilla T15k6 según la norma GOST, con los siguientes ángulos.

- 45° para refrentar
- 90° para cilindrar

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 (Vc), 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**. (2.9).

$$Vh = \frac{Cv}{T^m \cdot S^{yv} \cdot t^{xv}} \cdot Kv \quad (2.9)$$

- 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 2.2).
- T : Durabilidad de la herramienta; min
- t : Profundidad de corte; mm
- S : Avance; mm/rev
- m : Exponente de durabilidad relativa (Tabla 2.2).
- 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. 2.2. 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 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 2.10

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{ev} \cdot K_{sv} \cdot K_{cv} \cdot K_v^{\phi} \cdot K_v^{\phi 1} \cdot K_{rv} \cdot K_v^{\gamma} \cdot K_{hfv} \quad (2.10)$$

- Donde:
- K_{mv} : coeficiente de corrección para las propiedades del metal en elaboración (Tabla 2.3)

Tabla. 2.3. Coeficiente de corrección para las propiedades del metal en elaboración Kmv.

Acero de construcción al carbono	σ (kgf/mm ²)								
	30 a 40	40 a 50	50 a 60	60 a 70	70 a 80	80 a 90	90 a 100	100 a 110	110 a 120
Coeficiente Kmv	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 (2.4)

Tabla. 2.4. Coeficiente de corrección para el estado del metal a elaborar K_{ev} .

Estado del metal	Laminado en frío	Laminado en 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 (2.5)

Tabla. 2.5. 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 (2.6)

Tabla. 2.6. Coeficiente de corrección en dependencia del material de la herramienta K_{cv} .

Marca del carburo metálico	T5 K 10	T 15 K 6	T 30 K 4
Coeficiente K_{cv}	1,0	1,54	2,15

– K_v^φ : coeficiente de corrección para el ángulo principal de posición (2.7)

Tabla. 2.7. Coeficiente de corrección para el ángulo principal de posición $K_{\varphi v}$.

Ángulo φ	10	20	30	45	60	70	90
$K_{\varphi v}$ 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 (2.8)

Tabla. 2.8. Coeficiente de corrección para el ángulo secundario de posición $K_{\varphi_1 v}$.

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 (2.9)

Tabla. 2.9. Coeficiente de corrección para el radio de 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	-----
	Semiacabada	0,86	1,0	1,09	1,21

- K_v^{γ} : coeficiente de corrección para el ángulo de ataque (Tabla 2.10)

Tabla. 2.10. 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 2.11)

Tabla. 2.11. 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 2.11.

$$n = \frac{1000.V_h}{\pi.D} \quad (2.11)$$

- Donde:
- n : Frecuencia de rotación del husillo; rev/min
- Nota: corregir por el pasaporte de la máquina (ver anexo).

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 2.12 se puede determinar la velocidad de corte.

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \quad (2.12)$$

- Donde:
- V : Velocidad de corte; m/min
- π : Constante
- n : Frecuencia de rotación; r.p.m

- D : Diámetro a tornear; 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 2.13.

$$t = \frac{D - d}{2} \quad (2.13)$$

- 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 2.14.

$$T_m = \frac{L \cdot i}{n \cdot S} \quad (2.14)$$

- 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 2.14 pero la longitud a maquinar se determina en función de la ecuación 2.15.

$$L = l + y + \Delta \quad (2.15)$$

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

El tiempo de maquinado para el refrentado pasante se determina por la ecuación 2.14, la longitud a maquinar se determina en función de la ecuación 2.16.

$$L = \frac{D}{2} + y + \Delta \quad (2.16)$$

Para todos los casos la longitud de entrada de la cuchilla y se determina a través de la ecuación 2.17.

$$y = t \cdot \cot \varphi \quad (2.17)$$

- 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 2.18.

$$T_{pu} = T_b \cdot T_a \cdot T_{pt} \cdot T_{org} \cdot T_{dnp} \quad (2.18)$$

- 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 2.14.

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 2.19.

$$T_{pt} = (0,04 \text{ a } 0,8) \cdot T_b \quad (2.19)$$

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 2.20.

$$T_a = (0,18 \text{ a } 0,25) \cdot T_b \quad (2.20)$$

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 2.21.

$$T_{org} = T_b + T_a \quad (2.21)$$

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.

$T_{dnp} = (0,17 \text{ a } 0,25)$, 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 un proceso relativamente complejo a pesar de que aparenta ser muy sencillo. Donde mediante la ecuación 2.11 se obtiene la velocidad del husillo.

2.6-1. Máquina

Taladradora vertical modelo 2 H 125: 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 8 mm marca HSS.

2.6-3. Regímenes de corte para el taladrado

Al igual que en el torneado, para el taladrado se tienen también en cuenta las fórmulas empíricas de la teoría del corte de los metales. La velocidad del usillo se determina a través de la ecuación 2.22.

$$V_h = \frac{C_v \cdot D^{q_v}}{T^m \cdot t^{x_v} \cdot S^{y_v}} \cdot K_{mv} \quad (2.22)$$

- 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 2.12.
- 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. 2.12. Opción de los avances para el taladrado de acero

Diámetro d e 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 (2.23) se puede obtener la frecuencia de rotación del husillo.

$$n = \frac{1000 \cdot V_h}{\pi \cdot D} \quad (2.23)$$

- 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 2.24.

$$V_c = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \quad (2.24)$$

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

El Tiempo de maquinado se obtendrá mediante la ecuación (2.25).

$$T_m = \frac{L}{n \cdot S} \quad (2.25)$$

- 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 por utilizar depende de la clase y cantidad de soldadura por hacer.

Las características de la máquina empleada del tipo Miller aparecen en la tabla 2.13

Tabla 2.13. Características de la máquina empleada 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 7018, según AWS se clasifica en: INFRA 7018, Básico (Bajo hidrógeno)

Otras denominaciones

- ASME SFA 5,1 E 7018
- AWS A 5,1 E 7018

2.7-3. Descripción

Nuevo electrodo bajo hidrógeno con polvo de hierro en su revestimiento, para soldar en todas posiciones. Tiene excelentes propiedades mecánicas a temperaturas bajo cero, es recomendable para fabricación de tanques y tuberías.

2.7-4. Características

Calidad radiográfica, excelente tenacidad, electrodo de muy fácil operación con CA o CD – PI , no hay chisporroteo ni salpicaduras, arco sereno y aprobado por su fácil manipulación. Muy utilizado para relleno rápido en obras de gran magnitud.

2.7-5. Aplicaciones

Electrodo para propósitos generales. Fabricación de tuberías y líneas de tuberías de alta presión, calderas, recipientes a presión, fundiciones de aceros, aceros templados y revenidos, construcción de embarcaciones.

2.7-6. Propiedades mecánicas según AWS

Resistencia la tensión	Límite elástico	Elongación en 2"
4950 kgf/cm ²	4100 kg/cm ²	22 % min

2.7-7. Composición química del depósito.

C	Mn	Si	S	P
0,05	1,03	0,60	0,020	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 cuanto 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 2.26.

$$C_e = \frac{S \cdot L_c \cdot \delta \cdot 1,2}{10^6} \quad (2.26)$$

- 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 de consumos en la soldadura de 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.

A continuación se darán algunos ejemplos de cálculos para tipos de juntas sencillas, si se tiene que utilizar un tipo de junta especial se puede dividir la sección en secciones de juntas conocidas.

El cálculo del tiempo principal de soldadura se determina a través de la ecuación 2.27.

$$t_o = \frac{\delta \cdot F \cdot L}{K_h \cdot I} \quad (2.27)$$

- 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.

2.8- Conclusiones del capítulo 2

- Quedó establecido el procedimiento para la determinación de las principales dimensiones y productividad del tornillo sin fin.
- Se establecieron las ecuaciones que permiten determinar los regímenes de corte durante los procesos de torneado, taladrado y soldadura.

CAPITULO III: ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.

3.1- Introducción.

En este capítulo se exponen los resultados obtenidos durante el desarrollo de la tecnología de fabricación para el transportador de tornillo sin fin, que alimentará al enfriador de mineral reducido a escala piloto, teniendo en cuenta la metodología de cálculo de las maquinas – herramienta empleadas. Se realiza la valoración económica, así como el impacto medioambiental en que se incurre durante la fabricación del transportador.

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- Establecimiento de las dimensiones de los elementos que conforman el tornillo sin fin.

Para el cálculo de las dimensiones fundamentales del transportador de tornillo sin fin, se partió del criterio que el diámetro exterior del mismo debe ser menor que el diámetro interior de la sección de alimentación del enfriador a escala piloto. Para ello se seleccionó como semi-producto un cilindro de acero al carbono hueco de 90 mm de diámetro, espesor de 9 mm y 640 mm de longitud, garantizando que cerca del 50 % de su longitud esté dentro del enfriador.

Siguiendo los procedimientos de cálculo mostrados en el epigrafe 2.2 se determinaron las demás dimensiones del transportador. Las cuales se muestran en la tabla 3.1.

Tabla 3.1. Resultado del cálculo de las dimensiones del transportador de tornillo sin fin.

Dimensiones del álabe	Valores
Paso del sin fin; mm	72
Diámetro interior del álabe; mm	34
Ancho del álabe; mm	23,5
Diámetro exterior en desarrollo; mm	80,9
Número de álabes	8

Se realizó la comprobación de los cálculos obtenidos, lo cuales se realizaron con ayuda del Excel 2003 (Ver Anexo 1) y demostrándose que el diámetro exterior del álabe es igual al paso.

Luego se determinó que la frecuencia de rotación que debe tener el tornillo sin fin es de 16 rev/min , para que garantice una productividad de 123 kg/h , con un coeficiente de llenado de 0,125, según la ecuación 2.7. Ver Anexo 1.

3.3- Caracterización de los materiales del cilindro

La resistencia es un elemento necesario para determinar la configuración geométrica y las dimensiones que tendrá una pieza determinada, en tal caso se plantea que es un factor importante de diseño. Cuando se usa la expresión consideración de diseño se está refiriendo a una característica que influye en el diseño de un elemento o, quizá, en todo el sistema. Generalmente se deben tomar en cuenta varios de estos factores en un caso determinado.

Por tal motivo se considera necesario definir los materiales que reúnan la propiedades para la construcción del transportador de tornillo sin fin. Debido a que el mismo estará sometido a altas temperaturas y a un régimen de trabajo continuo por un tiempo promedio de 15 días.

El análisis químico del material a emplear en la construcción del transportador, se realizó empleando un Espectrómetro de Masa ESPECTROLAB 230 con electrodo de carbón bajo

arco sumergido en atmósfera de argón en el Laboratorio del Taller de Fundición de la Empresa Mecánica del Níquel, "Cmdte. Gustavo Machín Hoed de Beche".

En la tabla 3.2 se muestra la composición química del acero AISI 1020 que será utilizado para la fabricación de los álabes del tornillo sin fin.

Tabla. 3.2. Composición química del acero AISI 1020.

C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	Al	Co	Cu
0,20	0,48	0,65	0,026	0,025	0,05	0,02	0,02	0,023	0,01	0,07
Ti	V	W	Pb	Sn	As	Ce	B	Zn	Fe	
0,074	0,01	0,02	0,002	0,01	0,008	<0,005	<0,001	0,004	97,69	

En la tabla 3.3 se muestra la composición química del acero AISI 1045 que será utilizado para la fabricación del eje del tornillo sin fin.

Tabla. 3.3. Composición química del acero AISI 1045.

C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	Al	Co
0,46	0,24	0,88	0,01	0,019	0,19	0,02	0,06	0,005	0,01
Cu	Ti	W	Pb	Sn	As	Ce	B	Zn	Fe
0,16	0,0047	0,01	0,002	0,009	0,01	0,005	0,001	0,0034	97,82

La selección del material está definido por criterio de semejanza, se ha seleccionado el mismo teniendo en cuenta las características de los materiales de los transportadores de tornillo sin fin de la industria. A demás por presentar buena soldabilidad, maquinabilidad (Rodríguez, 1983), y que no presentan agrietamiento en caliente ni en frío, además no endurecen por tratamiento térmico. (Guliaev, 1983).

El acero AISI 1020 se empleó en la fabricación de los siguientes elementos:

- Canal del tornillo sin fin
- Eje del tornillo sin fin
- Álabes y elementos que componen el transportador.

3.4- Análisis de la metodología de cálculo para el torneado del eje del tornillo sin fin.

Primeramente, se analizó la metodología de cálculo para determinar los valores de los parámetros de corte en la operación del torneado del eje del tornillo sin fin. A partir de la ecuación 2.9, se procedió a determinar la frecuencia de rotación del husillo, para lo cual fue necesario seleccionar y calcular una serie de coeficientes de corrección que tienen en cuenta las características del material y de la herramienta a emplear durante el torneado, alcanzando valores entre 160 y 250 rev/min , ver anexo 2.

A partir de la ecuación 2.12, y los valores para la frecuencia de rotación del husillo, se determinó las velocidades de corte para el torneado que oscilan entre 12,56 y 19,63 m/min . Este valor de la velocidad de corte permite un mayor tiempo de durabilidad de la cuchilla, un calentamiento inferior de la pieza y el operario trabaja con menos esfuerzo.

Mediante el empleo de ecuación 2.14 se obtiene un tiempo básico de maquinado de 2,81 min . Esto posibilita que el operario emplee el tiempo necesario en cada uno de los pasos realizados, es decir, se ahorra tiempo para invertirlo en otros trabajos.

El valor del tiempo de trabajo empleado en los procesos tecnológicos se obtiene mediante la expresión 2.18, y el mismo es de 8,41 minutos. Al igual que en el tiempo básico, esto permite que el operario emplee el tiempo necesario en cada uno de los pasos realizados, es decir, se ahorra tiempo para invertirlo en otros trabajos (ver anexo 5).

En la tabla 3.4 se relacionan los principales parámetros a tener en cuenta durante la fabricación del eje del sin fin.

Tabla 3.4. Resultado del cálculo del régimen de corte para el eje del tornillo sin fin.

Parámetros de corte	Refrentado	Cilindrado
Diámetro de la pieza en bruto; mm	25	25
Diámetro de la pieza a obtener; mm	25	20
Profundidad de corte; mm	2	2,5
Avance; mm/rev	0,4	0,4
Velocidad del husillo (cálculo); rev/min	11	10
Frecuencia de rotación del husillo; rev/min	143	124
Frecuencia de rotación, pasaporte (16K20); rev/min	160	125
Velocidad de corte; m/min	12,56	9,81

Con los valores mostrados en la tabla 3.4 se procede a establecer la carta de ruta para maquinado que aparece en el anexo 7.

3.5- Análisis de la metodología de cálculo para el torneado del álabe del tornillo sin fin.

Ahora se analizará la metodología de cálculo empleada para determinar los valores de los parámetros de corte en la operación de torneado del álabe que conforma el tornillo sin fin. Para este proceso primeramente se toma el semiproducto, que consiste en una plancha de acero al carbono de 4 mm de espesor, que será sometida a un proceso de pailería donde se le dará forma de platillos de 84 mm de diámetro, cada platillo será montado en el torno entre plato y punto para llevarlo a 80,9 mm de diámetro, este proceso aparece descrito en la carta de ruta para maquinado que aparece en el anexo 11, y en la tabla 3.5 se relacionan los principales parámetros a tener en cuenta durante la fabricación del alabe del sin fin y en el anexo 6.

El valor del tiempo de trabajo empleado en los procesos tecnológicos para el cilindrado del álabe se obtiene mediante la expresión 2.18, y el mismo es de 4,59 minutos, ver anexo 6.

Tabla 3.5. Resultado del cálculo del régimen de corte para el álabe del tornillo sin fin.

Parámetros de corte	Cilindrado		
	Diámetro de la pieza en bruto; mm	84	30
Diámetro de la pieza a obtener; mm	80,9	32	33,9
Profundidad de corte; mm	1,55	1	0,95
Avance; mm/rev	0,4	0,4	0,4
Velocidad del husillo (cálculo); rev/min	0,2	0,2	0,2
Frecuencia de rotación del husillo; rev/min	0,15	0,15	0,15
Frecuencia de rotación, pasaporte (16K20); rev/min	0,35	0,35	0,35
Velocidad de corte; m/min	42	11,17	11,26
Vástago de la cuchilla; mm	25x25	16x25	16x25

Luego se monta el platillo en el plato para el taladrado en dos pasadas, primeramente con un diámetro de 15 mm y luego con un diámetro de 30 mm , dejando la pieza lista para el cilindrado interior y darle el acabado a 33,9 mm , que es lo que se requiere para garantizar el paso y el diámetro en desarrollo del álabe. un resumen de los resultados se muestran en la tabla 3.6, en el anexo 4 se pueden observar todos los parámetros a tener en cuenta para establecer el régimen de corte, y en el anexo 8 se muestra la carta de ruta de maquinado para el proceso de fabricación. El tiempo de fabricación de los agujeros es de 3,58 min .

Tabla 3.6. Resultados del cálculo del régimen de corte para el taladrado del álabe.

Parámetros de corte	Taladrado	
	Diámetro de la pieza a obtener; mm	15
Profundidad de corte; mm (t)	7,5	7,5
Avance; mm/rev (S)	0,4	0,4
Velocidad del husillo; rev/min	14,68	19,37
Frecuencia de rotación del husillo; rev/min	312	206
Frecuencia de rotación, pasaporte máquina; rev/min	355	250
Velocidad de corte; m/min	16,72	1,82

Análisis de la metodología de cálculo para el proceso de soldadura de los elementos que componen el transportador de tornillo sin fin.

Durante el desarrollo del proceso de fabricación de transportador de tornillo sin fin fue necesario utilizar el proceso de soldadura para garantizar la unión de las piezas fijas que conforman la estructura del equipo. Los principales elementos a fijar fueron los álabes del tronillo, ya que fue necesaria la unión de cada uno de ellos para su forjado y fijado al eje. También se empleó la soldadura para la fabricación y fijación de la toma de alimentación de mineral al sin fin.

La tabla 3.5 muestra los resultados de los cálculos del régimen de soldadura para la fabricación del transportador de tornillo sin fin.

Tabla 3.5. Resultados del cálculo del régimen de soldadura del álabe y otros elementos que componen el transportador de tornillo sin fin.

Parámetros	Valores
Peso específico del material; kg/dm ³	7,85
Longitud a soldar; mm	1 628
Área de la sección transversal de la pieza; mm ²	48
Cantidad de electrodos; kg	0,74
Intensidad de corriente; A	110
Coefficiente de depósito (8,9 a 9,5)	9
Diámetro del electrodo, mm	4
Área de la sección transversal del cordón; mm ²	32
Tiempo de soldadura; min	413,08

La figura 3.1 muestra el tornillo sin fin tensado y unido al eje a través del proceso de soldadura.



Figura 3.1 Tornillo sin fin, tensado y soldado al eje.

Durante el proceso de soldadura, los cordones depositados se realizaron de forma intermitente o alterna, donde la longitud de cada segmento es de 50 a 150 mm y la distancia entre ellos es de 1,5 a 2,5 veces superior a la longitud del segmento. Esto obedece a eliminar distorsiones o creación de tensiones entre el eje y el alabe.

3.5-1. Cálculo de costo de soldadura

En esta fase se definen las normas de soldadura que se aplican para el diseño y fabricación del producto soldado con el fin de garantizar la confiabilidad y calidad acorde con las necesidades del proceso a que será sometido el quipo.

Para el diseño de los tipos y disposición de las juntas a soldar se tienen en cuenta una serie de reglas y principios, desarrollados en (Niebles, 2005) y los cuales son organizados y orientados a la reducción de concentradores de esfuerzos y en condiciones de fatiga, al control de las distorsiones, a la facilidad de soldado y a aspectos generales. Todas estas reglas y principios son aplicados metodológicamente como se muestra a continuación:

- Las configuraciones deben transferir las cargas a las piezas y no a los cordones de soldadura.
- Las juntas a tope se deben diseñar para que solo soporten cargas de tensión o preferible compresión.
- Es preferible uniones a tope que a solape, esto es por la transmisión de cargas.

Para determinar el consumo de electrodos empleados en el cilindro, se tuvo en cuenta la deposición de los cordones según el tipo de junta.

Las juntas seleccionadas corresponden con el código API 650 y Normativa NBE EA-95, para las juntas horizontales y verticales se tomaran las juntas a tope sin preparación de bordes con soldadura de refuerzo.

3.6- Valoración económica.

Al abordar la valoración técnico económica de la tecnología de fabricación y a partir de la ventajas de este tratamiento establecidas en el Capítulo I por la revisión bibliográfica, se parte del hecho de que el mismo es altamente beneficioso para mejorar la calidad superficial de las piezas en forma integral, porque mejora las cualidades físico mecánicas de la superficie. Todo ello sin dudas repercute económicamente durante el proceso de explotación de los transportadores de tornillo sin fin, al incrementar su durabilidad por tener mayor resistencia al desgaste, a la corrosión, a la rotura, aumenta su fiabilidad, por el incremento de la resistencia de las piezas y mayor resistencia a la fatiga. Adicionalmente, se obtiene una mayor precisión en los ajustes, lo que condiciona un funcionamiento más eficiente de la maquinaria en general.

Para la estimación de los costos de fabricación que se desean determinar 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.

3.6-1. Costos de materiales empleados.

Son los costos que tienen incidencia en el proceso de transformación del objeto o el producto a elaborar, en la tabla 3.6 se realiza el estimado de los materiales que se emplearon en la elaboración del árbol de cabezote y del eje de cola del transportador.

Tabla 3.6. Costos de materiales empleados.

Materiales	Cantidad (kg)	Precio(CUC)
Acero 20 ø 25	3,4	15,71
Acero 20 1000 x 1000	31,4	16,8

En la tabla 3.2, se elabora la ficha de costo por concepto de operaciones y operarios, así como el comportamiento del consumo eléctrico.

Tabla. 3.2. Costo de fabricación para el árbol del cabezote.

Costo de fabricación de la pieza.			
Tipo de material	Costo de material (\$)	Peso del semiproducto(kg)	Precio(\$)
Acero AISI 1045	1,25	3,4	4,25
Acero AISI 1020	1,10	14,6	16,06
Plancha 1 X 1 m	1,68	31,4	52,7
Operario	Tarifa(\$)	Tiempo efectivo(h/\$)	Costo(\$)
Tornero A	1,78	0,28	0,49
Soldador A	1,78	6,00	10,68
<i>Salario Básico (Sb) = Suma de los costos = \$ 73,02</i>			
Salario complementario Sc = (Sb*0,1) = \$ 7,3			
Aporte a la seguridad social Ss = (Sc+Sb)*0,09 = \$ 7,2			
Gasto de Energía			
Máquinas	Tiempo trab(h)	Potenc máquina/kW	Energ consum(kW/h)
Torno	0,28	1,5	0,42
Máquina de soldar	6,00	1,5	9,00
Taladradora	0,001	0,5	0,0005
Costo Energía			
Torno	C _{torno} = 0,06.	Ec = 0,0252	Costo Energía Eléctrica.
Máq. soldar	C _S = 0,06.	Ec = 0,54	
Taladradora	C _P = 0,06.	Ec = 0,00003	Costo Total \$ 88,07

3.6-2. 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 del árbol y el eje del transportador de paletas КЛС-650 es de 88,07 CUC.

3.7- Impacto ambiental.

El desarrollo acelerado de las grandes industrias por todo el mundo ha venido acompañado de una creciente contaminación del medio ambiente. En las últimas décadas del siglo pasado este aspecto negativo ha subido a uno de los mayores registros, principalmente en los países más desarrollados y en los que están en vía de desarrollo.

Los equipos de transporte industrial constituyen un factor a tener en cuenta en la preservación del medio; sus efectos adversos son trasladados por su movilidad y la variabilidad de los impactos negativos que provocan, en correspondencia con la calidad de los ecosistemas afectados y en muchos casos suelen ser más peligrosos que una fuente móvil.

El desarrollo de la industria minero metalúrgica en la región de Moa, es una muestra de todo lo agresiva que puede ser la actividad humana sobre el medio ambiente, sin embargo, industria y ecología no son incompatibles, por lo que se pueden compaginar y coexistir. La interacción empresa-medio ambiente ha de ser beneficiosa y llegar a formar parte del entorno físico, social y humano de la región.

3.7-1. Gases constituyentes del humo de soldadura

En la soldadura se generan distintos tipos de gases, entre los que están los siguientes:

CO₂, CO, NO₂, argón, helio, óxido nitroso, ozono, entre otros. Algunos de estos gases se generan debido a la reacción de los componentes del aire (75 % de N₂ y 23 % de O₂) a

las altas temperaturas del arco y en las zonas cercanas a él. También influyen los gases de protección utilizados como el CO₂ 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 otros 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.

3.8- Conclusiones del capítulo III.

Con el cumplimiento y desarrollo de los objetivos correspondientes a este capítulo, entonces se puede arribar a las siguientes conclusiones:

1. Quedó establecida la tecnología de fabricación del árbol y el eje, quedando demostrado que es posible el empleo de la misma en las máquinas propuestas.
2. Los regímenes de corte establecidos están dentro del rango de trabajo, teniendo en cuenta que se emplearon máquinas convencionales con auxilio de máquinas computarizadas.
3. Se exponen las principales incidencias de este equipo en el medioambiente, identificando la emisión de ruido y de polvo como los principales factores de riesgo para los operadores y personal que labora cerca del transportador de tornillo sin fin.
- 4.



Conclusiones generales

- En la revisión bibliográfica se reporta sobre la fabricación de otros cilindros para el transporte de mineral a escala de laboratorio, pero ninguno de ellos contempla en su fabricación tornillos sin fin.
- La selección de los diferentes materiales para la fabricación del sin fin del cilindro de transporte de mineral está en correspondencia con el valor económico y los parámetros que se quieren evaluar en la experimentación.
- Se desarrollaron las metodologías de cálculo para el proceso de maquinado y soldadura que permiten la fabricación del sin fin del cilindro de transporte de mineral.
- La fabricación del tornillo sin fin del cilindro de transporte de mineral representa un valor económico de 88,07 CUC, teniendo en cuenta que los materiales que se emplearon fueron obtenidos de materiales de recortería.



RECOMENDACIONES

- Evaluar experimentalmente la relación existente entre la velocidad de rotación del tornillo sin fin y la productividad del mismo, para las condiciones de trabajo a la que será sometido.
- Proponer un sistema de control para determinar el tiempo de vida útil del equipo, principales averías o roturas, y las posibles causas que la originan, estableciendo así nuevos criterios para la posible fabricación de otros transportadores de tornillo sin fin en el futuro.
- Continuar con el perfeccionamiento de la metodología para la fabricación de tornillo sin fin, así como montar las ecuaciones en una hoja de cálculo de Excel o Mathcad.
- Continuar con el uso de materiales de recortería garantizando que disminuyan los costos de fabricación.



Bibliografías

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. Ginjaume, A.; Torre, F. "Ejecución de procesos de mecanizado, conformado y montaje" Cengage Learning Editores, 2005
9. Groover, M. "Fundamentos de manufactura moderna, materiales, procesos y sistemas" Editorial Prentice Hall, 1997.
10. 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
11. Martínez, V. "Comportamiento mecánico de las juntas tipo T-bolt en materiales compuestos gruesos" Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Cataluña, 2003
12. Meyer, H. J. Grietas Laminares en Construcciones Soldadas. II Conf. On Significance of Defect in Welds, Welding Inst. London. 1968.
13. Micheletti, G. Tecnología mecánica. Mecanizado por arranque de virutas. Editorial Blume, 1986
14. 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.
15. Oxley, P. "Mechanics of machining—an analytical approach to assessing machinability" Ellis Horwood Limited, London, 1989
16. Rodríguez P, H. Metalurgia de la soldadura. La Habana: Editorial Pueblo y Educación, 1983. 612 p.
17. Taylor, L. G. Aspectos Metalúrgicos de las propiedades mecánicas de metales



- soldados. Weld and Metal const. Nro 5. 1975
18. Trent, E. Wright, P. "Metal Cutting" Butterworth-Heinemann, 225 Wildwood Avenue, Woburn, 2000.
19. 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

Anexo 1.

Hoja de cálculo en Excel para las dimensiones y velocidad de rotación del tornillo sin fin.

Dimensiones del Álabes	
Diámetro exterior del álabes; mm	72
Paso del sin fin; mm	72
Diámetro del eje; mm	25
Diámetro interior del álabes; mm	34
Ancho del álabes; mm	23,5
Diámetro exterior en desarrollo; mm	80,9
Comprobación (Dea = Paso)	72
Longitud el cilindro; mm	560
Número de álabes	8

Productividad	
Peso volumétrico del material; t/m ³	3,5
Coefficiente de llenado del canal	0,125
Productividad del tornillo sin fin; t/h	0,123
Frecuencia de rotación del tornillo; rpm	16

Anexo 2.

Hoja de cálculo en Excel para la tecnología de fabricación del eje del tornillo sin fin.

R: Refrentado

C 1: Cilindrado en el extremo 1

C 2: Cilindrado en el extremo 2

Coeficientes de corrección para	R	C 1	C 2
el propiedades del material a elaborar (Kmv)	1,25	1,25	1,25
el estado del material a elaborar (Kev)	1	1	1
el estado superficial del metal a elaborar (Ksv)	0,9	0,9	0,9
en dependencia del material de la herramienta (Kcv)	1	1	1
el ángulo principal de posición (Kv)	1	0,9	0,9
el ángulo secundario de posición (K1v)	1	1	1
el radio de la punta de la herramienta (K rv)	1	1	1
el ángulo de ataque (Kv)	1	1	1
el desgaste en la superficie de incidencia (Khfv)	0,8	0,8	0,8
que rectifica las condiciones del proceso (Kv)	0,90	0,81	0,81
Factor que depende del material a elaborar (Cv)	22,7	22,7	22,77
Durabilidad de la herramienta; min (T)	60	60	60
Diámetro de la pieza en bruto; mm	25	25	25
Diámetro de la pieza a obtener; mm	25	20	20
Profundidad de corte; mm (t)	2	2,5	2,5
Avance; mm/rev (S)	0,4	0,4	0,4
Exponente para aceros (qv)	0	0	0
Exponente de durabilidad relativa (m)	0,2	0,2	0,2
Exponente que influye en la profundidad (Xv)	0,15	0,15	0,15
Exponente que influye en el avance (Yv)	0,35	0,35	0,35
Velocidad del husillo; rpm	11	10	10
Frecuencia de rotación del husillo; rpm	143	124	124
Frecuencia de rotación x pasaporte máquina; rpm	160	125	125
Velocidad de corte; m/min	12,56	9,81	9,81

Anexo 3.

Hoja de cálculo en Excel para la tecnología de fabricación del álabe del tornillo sin fin.

C 3: Cilindrado por el exterior del álabe

C 4: Cilindrado por el interior del álabe; 1ra pasada

C 5: Cilindrado por el interior del álabe; 2da pasada

Coefficientes de corrección para (Álabes)	C 3	C 4	C 5
el propiedades del material a elaborar (Kmv)	2,2	1,25	1,25
el estado del material a elaborar (Kev)	1,1	1	1
el estado superficial del metal a elaborar (Ksv)	1	0,9	0,9
en dependencia del material de la herramienta (Kcv)	1,54	1	1
el ángulo principal de posición (Kv)	0,81	0,9	0,9
el ángulo secundario de posición (K1v)	1	1	1
el radio de la punta de la herramienta (K rv)	1,09	1	1
el ángulo de ataque (Kv)	1	1	1
el desgaste en la superficie de incidencia (Khfv)	1	0,8	0,8
que rectifica las condiciones del proceso (Kv)	3,29	0,81	0,81
Factor que depende del material a elaborar (Cv)	22,7	22,7	22,7
Durabilidad de la herramienta; min (T)	60	60	60
Diámetro de la pieza en bruto; mm	84	30	32
Diámetro de la pieza a obtener; mm	80,9	32	33,9
Profundidad de corte; mm (t)	1,55	1	0,95
Avance; mm/rev (S)	0,4	0,4	0,4
Exponente de durabilidad relativa (m)	0,2	0,2	0,2
Exponente que influye en la profundidad (Xv)	0,15	0,15	0,15
Exponente que influye en el avance (Yv)	0,35	0,35	0,35
Velocidad del husillo; rpm	42	11,17	11,26
Frecuencia de rotación del husillo; rpm	161	119	112
Frecuencia de rotación x pasaporte máquina; rpm	160	125	125
Velocidad de corte; m/min	42,20	11,78	12,56

Anexo 4.

Hoja de cálculo en Excel para la tecnología de fabricación del álabe del tornillo sin fin.

T 1: Taladrado; 1ra pasada

T 2: Taladrado; 2da pasada

Parámetros de corte	T 1	T 2
Coefficientes de corrección (Kmv)	0,84	0,84
Factor que depende del material a elaborar (Cv)	9,8	9,8
Durabilidad de la herramienta; min (T)	45	45
Diámetro de la pieza en bruto; mm	0	15
Diámetro de la pieza a obtener; mm	15	30
Diámetro de la broca; mm	15	30
Profundidad de corte; mm (t)	7,5	7,5
Avance; mm/rev (S)	0,4	0,4
Exponente para aceros (qv)	0,4	0,4
Exponente de durabilidad relativa (m)	0,2	0,2
Exponente que influye en la profundidad (Xv)	0,1	0,1
Exponente que influye en el avance (Yv)	0,5	0,5
Velocidad del husillo; rpm	14,68	19,37
Frecuencia de rotación del husillo; rpm	312	206
Frecuencia de rotación x pasaporte máquina; rpm	355	250
Velocidad de corte; m/min	16,72	1,82

Cálculo de los tiempos para fabricación	T 1	T 2
Número de pasadas; (i)	1	1
Longitud a maquinar; mm	4	4
Tiempo de maquinado; min	0,03	0,04

Anexo 5.**Hoja de cálculo en Excel para el tiempo de fabricación del eje del tornillo sin fin.**

R: Refrentado

C 1: Cilindrado en el extremo 1

C 2: Cilindrado en el extremo 2

Cálculo de los tiempos para fabricación	R	C 1	C 2
Longitud de entrada de la cuchilla; mm	2	2,5	2,5
Longitud de la barra para el cilindrado; mm	0	50	90
Número de pasadas	1	2	2
Longitud a maquinar; mm	15,5	53,5	93,5
Tiempo de maquinado; min	0,24	2,14	3,74
Tiempos			
básico o principal de máquina; min	0,24	2,14	3,74
procesos tecnológicos; min	0,0097	0,0856	0,1496
de colocación de piezas, arranque y parada; min	0,0436	0,3852	0,6732
organizativo; min	0,2858	2,5252	4,4132
de descanso y necesidades personales; min	0,17	0,17	0,17
suma de todos los tiempos; min	0,7513	5,3060	9,1460

Anexo 6.**Hoja de cálculo en Excel para el tiempo de fabricación del álabe del tornillo sin fin.**

C 3: Cilindrado por el exterior del álabe

C 4: Cilindrado por el interior del álabe; 1ra pasada

C 5: Cilindrado por el interior del álabe; 2da pasada

Cálculo de los tiempos para fabricación	C 3	C 4	C 5
Longitud de entrada de la cuchilla; mm (Y)	1,55	1	0,95
Longitud de la barra para el cilindrado; mm (l)	4	4	4
Número de pasadas; (i)	2	1	1
Longitud a maquinar; mm	6,55	6,00	5,95
Tiempo de maquinado; min	0,20	0,12	0,119
Tiempos			
básico o principal de máquina; min (Tb)	0,20	0,096	0,095
procesos tecnológicos; min (Tpt)	0,0082	0,004	0,004
de colocación de piezas, arranque y parada; min (Ta)	0,0368	0,017	0,017
organizativo; min (Torg)	0,2415	0,113	0,112
de descanso y necesidades personales; min (Tdpn)	1,17	1,170	1,170
suma de todos los tiempos; min	1,6613	1,400	1,398

Anexo 7.

		CARTA DE RUTA PARA MAQUINADO		INSTITUTO SUPERIOR MINERO METALURGICO "Dr. ANTONIO NUÑEZ JIMENEZ" DEPARTAMENTO DE MECÁNICA		
No. PLANO: ISMM – 00-00-00	DENOMINACION: Eje del tornillo sin fin	Material: A-1020	HOJA: 1	No. HOJAS: 1		
Orden de trabajo: 00-00-00		SEMIPRODUCTO: Barra D-25 X 704		MASA:		
Fecha: 01-06-10	OPERACIÓN TECNOLÓGICA	HERRAMIENTAS:		N (rpm)	S (m/min)	
G. homogéneo: H5222	Montar, fijar y cortar barra de D - 25 mm a longitud 704 mm .	Hoja de sierra recta de 500 mm				
CAT. SAL.: TM-IV						
TPC: 0,05						
T. efectivo: 0.10						
G. homogéneo: 16K20	Montar, fijar, centrar, refrentar 2 mm y hacer centro.	Cuchilla de 45° T15K6. Mazorca con broca combinada de hacer centro		250	0.25	
CAT. SAL.: T-VII						
TPC: 0,25						
T. efectivo: 0,044						
G. homogéneo: 16K20	Invertir, montar, fijar, centrar, dar longitud total 700 mm, refrentar y hacer centro.	Cuchilla de 45° T 15K6. Mazorca con broca combinada de hacer centro		250	0.25	
CAT. SAL.: T-VII						
TPC: 0,25						
T. efectivo: 0,044						
G. homogéneo: 16K20	Montar entre puntos, cilindrar por un extremo a D-20 (-0,015) x 50 mm de longitud.	Punto fijo y Giratorio, perro de Arrastre, cuchilla a 90° ,T 15K6		160	0,8	
CAT. SAL.: T-VII						
TPC: 0,84						
T. efectivo:0.15						
G. homogéneo: 16K20	Invertir entre puntos y Cilindrar a D –20 (+0,025) x 90 mm .	Punto fijo y Giratorio, perro de Arrastre, cuchilla a 90° ,T 15K6		160	0,8	
CAT. SAL.: T-VII						
TPC: 1,46						
T. efectivo:0,2						
Elaboro: Guillermo Rguez	Firma:	Fecha: 01-06-10	Aprobó:	Firma:	Fecha: 01-06-10	Tecnología No: 1000
Observaciones: Las dimensiones a las que se hace referencia en esta tecnología se medirán con instrumentos de precisión no menor que 0,02 mmm . Las cintas métricas y las reglas utilizadas deben estar calibradas por un órgano competente.						

Anexo 8.

		CARTA DE RUTA PARA MAQUINADO			INSTITUTO SUPERIOR MINERO METALURGICO "Dr. ANTONIO NUÑEZ JIMENEZ" DEPARTAMENTO DE MECÁNICA		
No. PLANO: ISMM-00-00-00		DENOMINACION: Platillo para fabricación de álabes Cantidad: 8			Material: A-1020	HOJA: 1	No. HOJAS: 1
Orden de trabajo: 00-00-00					SEMIPRODUCTO Platillo de D-84 X 4 mm		MASA:
Fecha: 01-06-10		OPERACIÓN TECNOLÓGICA			HERRAMIENTAS:		N (rpm) S (m/min)
G. homogéneo: 2M 55		Trazar centro de platillo			Martillo y Granete. Compás de pata y punta, mármol de trazar.		
CAT. SAL.: MT-VIII							
TPC: 0,5							
T. efectivo: 0,45							
G. homogéneo: 16K20		Montar, fijar entre plato y punto, cilindrar (devastar) a D – 80,9 mm x 4 mm .			Cuchilla de 45° Tipo T15K6		200
CAT. SAL.: T-VII							
TPC: 0,26							
T. efectivo: 0.047							
G. homogéneo: 16K20		Montar, fijar, centrar, hacer centro y taladrar con broca, agujero D – 15 mm a 4 mm de profundidad, repetir la operación con broca de D – 30 y cilindrar interior al D- 33,9 mm .			Brocas, barra para maquinar interior T15K6.		12,5
CAT. SAL.: T-VII							
TPC:0.03							
T. efectivo:0.22							
Elaboro: Guillermo Rguez		Firma:	Fecha: 01-06-10	Aprobó:	Firma:	Fecha: 01-06-10	Tecnología No: 000
Observaciones: Las dimensiones a las que se hace referencia en esta tecnología se medirán con instrumentos de precisión no menor que 0,02 mm . Las cintas métricas y las reglas utilizadas deben estar calibradas por un órgano competente.							


Anexo 9.

		CARTA DE RUTA PARA MAQUINADO		INSTITUTO SUPERIOR MINERO METALURGICO "Dr. ANTONIO NUÑEZ JIMENEZ" DEPARTAMENTO DE MECÁNICA			
No. PLANO: ISMM-00-00-00		DENOMINACION: Taladrar (entrada de mineral en el tubo) Cantidad: 1		Material: A-1020	HOJA: 1	No. HOJAS: 1	
Orden de trabajo: 00-00-00				SEMIPRODUCTO: 200 mm x 170 mm x 4 mm		MASA:	
Fecha: 01-06-10		OPERACIÓN TECNOLÓGICA		HERRAMIENTAS:		N (rpm) S (m/min)	
G. homogéneo: Taladro Radial		Trazar 8 agujeros D – 8 mm , según plano.		Martillo y Granete. Compás de puntas,			
CAT. SAL.:							
TPC:0.10							
T. efectivo:0.15							
G. homogéneo: Taladro Radial		Montar, fijar y taladrar 8 agujeros D – 8 mm , según trazo.		Mazorca y broca de D-8 mm.		500	
CAT. SAL.:							
TPC:0.08							
T. efectivo:0.12							
Elaboro: Guillermo Rguez		Firma:	Fecha: 01-06-10	Aprobó:	Firma:	Fecha: 01-06-10	Tecnología No: 000
Observaciones: Las dimensiones a las que se hace referencia en esta tecnología se medirán con instrumentos de precisión no menor que 0,02 mm . Las cintas métricas y las reglas utilizadas deben estar calibradas por un órgano competente.							


Anexo 10.

		CARTA DE RUTA PARA MAQUINADO		INSTITUTO SUPERIOR MINERO METALURGICO "Dr. ANTONIO NUÑEZ JIMENEZ" DEPARTAMENTO DE MECÁNICA			
No. PLANO: ISMM-00-00-00		DENOMINACION: Casquillos		Material: A-1020	HOJA: 1	No. HOJAS: 1	
Orden de trabajo: 00-00-00				SEMIPRODUCTO:		MASA:	
Fecha: 01-06-10	OPERACIÓN TECNOLÒGICA			HERRAMIENTAS:		N (rpm) S (m/min)	
G. homogéneo: 16K20	Barra de 75 mm x para llevar a 72 mm . Montar, fijar, centrar, refrentar 1 mm y hacer centro. Cilindrar a D – 72 mm x 55 mm de profundidad			Cuchilla de 45° T15K6. Mazorca con broca combinada de hacer centro		250	0,25
CAT. SAL.: T-VII							
TPC: 0,20							
T. efectivo: 1,80							
G. homogéneo: 16K20	Taladrar a D – 20 mm y profundidad de 35 mm Taladrar a D – 45 mm y profundidad de 25 mm			Mazorca con broca combinada		12,5	0,15
CAT. SAL.: T-VII							
TPC: 0,02							
T. efectivo:							
G. homogéneo: 16K20	Cilindrado interior a D – 45 mm x 25 mm			Cuchilla de 45° Tipo T15K6		200	0,25
CAT. SAL.: T-VII							
TPC: 0,15							
T. efectivo: 1,35							
G. homogéneo: 16K20	Cortar a 30 mm			Cuchilla cortante Tipo T15K6		200	0,25
CAT. SAL.: T-VII							
TPC: 0,09							
T. efectivo: 0,025							
Elaboro: Guillermo Rguez	Firma:	Fecha: 01-06-10	Aprobó:	Firma:	Fecha: 01-06-10	Tecnología No: 000	
Observaciones: Las dimensiones a las que se hace referencia en esta tecnología se medirán con instrumentos de precisión no menor que 0,02 mm. Las cintas métricas y las reglas utilizadas deben estar calibradas por un órgano competente.							

Anexo 11.

	CARTA DE RUTA PARA MAQUINADO		INSTITUTO SUPERIOR MINERO METALURGICO "Dr. ANTONIO NUÑEZ JIMENEZ" DEPARTAMENTO DE MECÁNICA			
No. PLANO: ISMM-00-00-00	DENOMINACION: Álabes	Material: A- 1020	HOJA: 1	MASA:		
Orden de trabajo: DP.00-00-00	Destino:	Solicitada por:		Fecha:		
Operaciones	Descripción					
Trazo P: VIII T: 6,00	Fabricar álabes Trazar según plano y nómina de materiales					
Oxicorte Ox: V T: 1,35	Cortar según trazo Cortar según plano usando boquilla # 2 para espesor de 4 mm .					
Trazo P: VIII T: 4,50	Fabricar álabes (hacer corte) Trazar según plano y nómina de materiales Cortar según trazo Cortar según plano usando boquilla # 2 para espesor de 4 mm . Montar en el tornillo de banco y hacer forjado.					
Ensamble P: VIII Sold: VII T: 10,30	Ensamblar y según plano, puntear con electrodo E – 7018 D – 3,2 mm el primer álabe al eje. Hacer forjado para llevar al paso requerido, puntear con electrodo E – 7018 D – 3,2 mm el último álabe del eje.					
Soldadura Sold: VII T: 5,13	Soldar con electrodo E – 7018 diámetro y cateto según plano (soldaduras alternas).					
Confeccionado por: Guillermo Rguez	Firma:	Revisado por:	Firma:	Tecnología No: 000		

Anexo 12.

	CARTA DE RUTA PARA MAQUINADO		INSTITUTO SUPERIOR MINERO METALURGICO "Dr. ANTONIO NUÑEZ JIMENEZ" DEPARTAMENTO DE MECÁNICA			
No. PLANO: ISMM-00-00-00	DENOMINACION: Corte del tubo	Material: A-1020	HOJA: 1	MASA:		
Orden de trabajo: 00-00-00	Destino:	Solicitada por:		Fecha:		
				01	06	10
Operaciones	Descripción					
Trazo P: VIII T: 0,95	Trazar según plano y nómina de materiales					
Oxicorte Ox: V T: 2,23	Cortar según plano usando boquilla # 2 para espesor de 9 mm .					
Trazo P: VIII T: 0,9	(entrada del mineral) Trazar según plano y nómina de materiales					
Oxicorte Ox: V T: 2,23	Cortar según trazo Cortar según plano usando boquilla # 2 para espesor de 4 mm .					
Ensamble P: VIII Sold: VII T: 1,21	Soldadura Ensamblar y según plano, puntear con electrodo E – 7018, D–3,2 mm .					
Soldadura Sold: VII T: 4,12	Soldar con electrodo E – 70. 18 diámetro y cateto según plano.					
Confeccionado por: Guillermo Rguez	Firma:	Revisado por: M.Sc. Ever Góngora L.	Firma:	Tecnología No: 1000		