



**Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa  
"Dr. Antonio Núñez Jiménez"  
Facultad de Metalurgia y Electromecánica  
Departamento Ingeniería Mecánica**

# **TRABAJO DE DIPLOMA**

**TÍTULO: REDISEÑO DEL TORNILLO SINFIN DE  
LOS TRANSPORTADORES ROTATORIOS DEL  
FILTRO DE MANGAS DE LA PLANTA  
PREPARACIÓN DE MINERAL**

**TESIS PRESENTADA EN OPCIÓN AL TÍTULO DE  
INGENIERO MECÁNICO**

**Autora: Liliana Ricardo Aguilera**

**Tutores: M.Sc. Roilber Lambert Sanchez  
Ing. Pedro Agustín Reynosa Sanregre**

**Moa /2013**

**"Año 55 de la Revolución"**



## **DECLARACIÓN DE AUTORIDAD**

Yo: Liliana Ricardo Aguilera

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

Liliana Ricardo Aguilera

Tutor

Ing. Pedro Agustín Reynosa Sanregre

Tutor

Roilber Lambert Sánchez



## *PENSAMIENTO*

Ni el entusiasmo, ni la disciplina, ni el espíritu de sacrificio, ni el trabajo al máximo, pueden concentrarse en una gran obra si no hay también conocimientos técnicos donde asentarse.

"Ernesto Che Guevara"

En la tierra hacen falta personas que trabajen más y critiquen menos, que construyan más y destruyan menos, que prometan menos y resuelvan más, que esperen recibir menos y den más, que digan mejor ahora que mañana.

"Ernesto Che Guevara"

La técnica nos permitirá construir cualquier cosa, pero el cómo construir, el ver más allá del presente, es tarea de los planificadores, y eso debe estudiarse en institutos universitarios de categoría con una amplia base cultural".

"Ernesto Che Guevara"



## AGRADECIMIENTOS

En este día tan especial que estoy viviendo quisiera agradecerles a todas las personas que de una forma u otra han intervenido en la realización de este trabajo para forjarme como un futuro profesional.

### **Agradecimientos especiales a:**

- Mi primer agradecimiento es a esta revolución por haberme dado la gran oportunidad de luchar para realizar mi máspreciado sueño.
- **A mis tutores:** Ing. Pedro Agustín Reynosa Sanregrés, y al M Sc. Roilber Lambert Sánchez por haberme prestado su apoyo incondicional y cooperación durante la realización de este trabajo ya que en el momento preciso dieron lo mejor de si para que este día fuera posible, por su voluntad, orientación y dedicación absoluta durante el desarrollo de la investigación, gracias.
- A mis profesores y mis compañeros de aula, en especial a los que siempre se mantuvieron a mi lado en todo momento, esto también incluye a los que por desgracia quedaron en el camino, pero aún continúan esforzándose por lograr su objetivo.
- A mi esposo y en especial a mi sobrina por haberme facilitado los medios necesarios para la realización de este proyecto.
- A mis familiares por sus esfuerzos realizados en todas las esferas de mi vida para que pudiera alcanzar esta meta, por su cariño y comprensión que nunca ha faltado ya que ellos siempre han sido y seguirán siendo la inspiración de mi vida para ser cada día mejor

**A todos “Mi más sincero agradecimiento”**

**La autora**



## **DEDICATORIA**

A la hora de dedicar un trabajo en especial, deberíamos hacerlo con el corazón abierto ya que no existe papel donde se pueda plasmar los más sinceros agradecimientos de quien abrió las puertas a tu más preciado sueño. Es por eso que lo dedico desde lo más profundo de mi corazón, en especial a las siguientes personas:

- A mi sobrina y a mi hermana por lo que representan en mi vida, por ser fuentes de inspiración en mi quehacer profesional porque se que su mayor sueño es verme cruzar nuevas metas.
- A mi abuelos que aunque ya no me pueden ver yo se que estarían muy orgullosos de mi por este sueño alcanzado.
- A toda mi familia y mis amistades por su ayuda y comprensión, para que hoy me forme como profesional y como mejor ser humano.
- A mi esposo por quererme y confiar siempre, por estar ahí y demostrarme que en el puedo confiar por ser mi fuente de inspiración en todo lo que hago. Para que se sienta cada día más seguro del as buenas oportunidades que la vida nos ha dado.

**A todos “les dedico este éxito”**

**La autora**



## **RESUMEN**

El presente trabajo tiene como objetivo la propuesta de rediseño de un transportador de tornillo sinfín con una mayor capacidad de carga y un nuevo ciclo de mantenimiento atendiendo a las dificultades que este pueda presentar.

Se establece la metodología para el cálculo de los principales parámetros que definen las dimensiones del tornillo sinfín, como son el diámetro y paso entre álabes, así como también se determina la velocidad de rotación del tornillo sinfín para garantizar una productividad de 60t/horas.

Se realizan los cálculos para la selección de la transmisión, se selecciona un motor con una potencia que garantice el funcionamiento correcto del tornillo sinfín. Se realiza un análisis económico, teniendo en cuenta los costos por mantenimiento y las afectaciones a la producción debido a los paros, y un análisis del impacto medioambiental provocado por el transportador.



## **ABSTRACT**

The objective of the present work is the proposal of the redesign of a screw transporter with a bigger carrying capacity and a new maintenance cycle according to the difficulties that this it can present.

The methodology for the calculation of the main parameters that define the dimensions of the screw transporter was established, such as the diameter and step among blades, as well as the speed of rotation of the screw is determined to guarantee a productivity of 60t/horas.

The calculations are realized for the selection of the transmission and an engine with a power that guarantees the correct functioning of the screw transporter. An economic analysis is realized, having in accounts the costs for maintenance and the affectations to the production due to the work stops, and an analysis of the environmental impact provoked by the screw transporter.



## ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO- METODOLÓGICO DE LA INVESTIGACIÓN.....	5
1.1    Introducción.....	5
1.2    Trabajos precedentes.....	5
1.3    Descripción del flujo tecnológico de la planta de Preparación de Mineral .....	6
1.3.1    Planta de Preparación de Mineral .....	7
1.3.2    Descripción del flujo tecnológico de cada área.....	8
1.4    Clasificación de los dispositivos de transporte.....	11
1.5    Fuerzas que actúan sobre el tornillo sinfín .....	12
1.6    Ventajas y Desventajas del tornillo sinfín.....	13
1.7    Tornillos Sinfín. Características generales .....	13
1.8    Diferentes tipos de construcción de trasportadores .....	16
1.9    Rediseño del tornillo sinfín.....	17
1.10    Conclusiones del capítulo 1 .....	19
CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS .....	20
2.1    Introducción.....	20
2.1.1    Ecuación general del cálculo del tornillo .....	20
2.1.2    Determinación de la frecuencia de rotación del tornillo .....	21
2.1.3    Cálculo del diámetro del tornillo .....	22
2.2    Cálculo de la potencia requerida.....	22
2.3    Cálculo del peso de la tubería.....	23
2.4    Cálculo del ancho de los álabes .....	23





---

2.5	Selección de la transmisión .....	24
2.6	Selección del motor.....	24
2.7	Propiedades del acero al carbono .....	25
2.8	Relación de la teoría del mantenimiento .....	26
2.9	Nuevo ciclo de mantenimiento .....	28
2.10	Montaje del tornillo sinfín.....	29
2.11	Conclusiones del capítulo 2.....	30
CAPÍTULO 3: ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS .....		31
3.1	Introducción.....	31
3.2	Comprobación de las dimensiones de los tornillos 3 y 4 .....	31
3.3	Diseño del tornillo sinfín .....	32
3.3.1	Cálculo de la potencia de trabajo del tornillo sinfín .....	32
3.3.2	Selección del Motor .....	33
3.3.3	Selección de la transmisión .....	33
3.3.4	Propuesta del nuevo ciclo de mantenimiento .....	36
3.3.5	Valoración económica.....	36
3.3.6	Costos de mantenimiento.....	37
3.3.7	Impacto medioambiental .....	38
3.3.8	Conclusiones del capítulo 3.....	40
CONCLUSIONES GENERALES.....		41
RECOMENDACIONES.....		42
BIBLIOGRAFÍAS.....		43

## **INTRODUCCIÓN**

Actualmente nuestro país se ha visto en la necesidad de actualizar su modelo económico con el objetivo de garantizar la continuidad e irreversibilidad del Socialismo, el desarrollo económico de la nación y la elevación del nivel de vida de la población. Para ello se aprobaron los Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución entre los que se destacan los relacionados con la política industrial.

Entre las tareas priorizadas está el mejoramiento de la posición de la industria del níquel en los mercados, mediante el incremento de la producción, elevación de la calidad de sus productos y reducción de los costos, logrando una mejor utilización de los recursos minerales y mejorar la reparación y el mantenimiento de las instalaciones industriales, de acuerdo con el programa aprobado.

### **Breve reseña histórica fábrica de níquel “Comandante René Ramos Latour”**

En Marzo de 1942 comenzó la construcción en Nicaro de la primera planta de obtención de Níquel a partir de las lateritas. El motivo de la construcción de la fábrica fue el aumento de la demanda del Níquel como metal estratégico para la Segunda Guerra Mundial (S.G.M). La puesta en marcha y la primera producción de óxido de Níquel se produjeron en diciembre de 1943. Al terminar la S.G.M., al bajar el precio del Níquel, la planta fue cerrada en marzo de 1947. Al producirse la guerra en Corea en 1951, se rehabilitó la planta y reinició su operación en 1952.

En los años 1955 a 1956, la planta fue ampliada un 75 % la capacidad inicial de diseño, para hacer la operación económicamente atractiva.

En Septiembre de 1960 la planta es nacionalizada, pasando a manos del estado cubano a partir de 1976 se inició un proceso de rehabilitación tecnológico general de la planta, con el objetivo de efectuar la reparación y modernización total de los equipos fundamentales.

En el año 1977 se efectúan una serie de estudios en laboratorios de un centro de investigaciones en La Habana, para definir una tecnología para la separación del Cobalto.

Los resultados se aplicaron en pruebas a escala piloto en Nicaro para construir luego una planta demostrativa y construir una planta de separación a escala industrial.

En 1981 se adquiere una nueva unidad de molienda (la Nro. 7).

En 1982 la planta alcanza la mayor producción de su historia.

A partir de 1983 se comienza la separación del Cobalto con una instalación provisional diseñada y construida en Nicaro.

En 1996 se comienza a aplicar petróleo aditivo al mineral en la Planta de Preparación de Mineral, posterior al secado y antes de la molienda, con lo cual se hace posible eliminar la Planta de Gas para el gas reductor de los hornos de reducción.

También en 1996 se moderniza completamente la Planta de Hornos quedando sólo 11 hornos de los 22 que existían, a los cuales se les aplica la tecnología de avanzada PRIOR. Paralelamente se le moderniza el sistema de transporte neumático desde Silos a las tolvas de los hornos.

En junio de 1988 entra en operación una Nueva Planta de Molienda que sustituye totalmente a la antigua planta, quedando de ella en operación sólo. La Unidad Nro. 7, junto a las 2 nuevas unidades de tecnología de doble cámara de molienda.

Como se evidencia en lo anteriormente descrito, a lo largo de la historia de la fábrica, se ha efectuado un trabajo de ampliación, rehabilitación y modernización, introduciéndose en ella los logros de la ciencia y la técnica.

La Industria Cubana del Níquel con más 60 años de creada, a partir del año 2000 constituye la primera fuente de exportación del país y se encuentra enfrascada en un proceso de ampliación de sus capacidades y modernización de su tecnología y con ello equipos y aparatos para su desarrollo, lo que permitirá ir incrementando su papel en la economía nacional.

En la industria del níquel para el enfriamiento del mineral reducido se alimenta a los enfriadores con ayuda del tornillo sinfín. El cual consiste en un dispositivo de transportación de acción continua encargados de la transportación del mineral procedentes del las tolvas del Filtro de Manga hasta las Bomba Fuller.

## **Fundamento de la investigación**

En la actualidad no se ha logrado implementar de forma eficiente el proceso de transportación de Mineral procedentes de las Tolvas hacia las bombas debido fundamentalmente al mal diseño de estos sinfines.

A partir de los aspectos antes mencionados se declara como **situación problemática**:

Frecuentemente la planta de preparación de mineral de la empresa comandante René Ramos Latour, de Nicaro, se ha visto afectada por diversas averías en los sinfines, quedándose sin los recursos necesarios para reparar este sinfín, esto hace que se tenga que quedar fuera de operación por más de 24 horas y trae como consecuencia numerosos paros con una considerable afectación a la producción, así como excesivos gastos en reparaciones.

## **Problema**

La capacidad de carga del tornillo sinfín de los transportadores rotatorios del Filtro de Mangas de la Planta Preparación de Mineral de la Empresa René Ramos Latour, no es suficiente para evacuar el flujo de mineral.

## **Hipótesis**

Con un rediseño del tornillo sinfín y una correcta aplicación del Plan de Mantenimiento es posible aumentar la capacidad de carga y mejorar el rendimiento de la Planta.

## **Objeto de Investigación**

Los Sinfines 3 y 4 de la planta de Preparación de Minerales de la Empresa Comandante René Ramos Latour de Nicaro.

## **Objetivo**

Rediseñar el tornillo sinfín, realizar un Plan de Mantenimiento y selección de una nueva transmisión del reductor para aumentar la capacidad de carga del tornillo Sinfín del Filtro de Mangas de la Planta Preparación de Mineral de la Empresa René Ramos Latour.

**Objetivos Específicos:**

- Hacer una propuesta de rediseño que cumpla con los parámetros productivos para obtener una mayor eficiencia
- Elaborar un Plan de Mantenimiento adecuado, evitando así las constantes averías de dicho transportador
- Seleccionar una nueva transmisión para el mecanismo motriz de la máquina accionada
- Proponer un motor de mayor capacidad para el rediseño de estos sinfines

**Tareas**

1. Establecimiento del estado del arte, sistematización de los conocimientos y teorías relacionadas con el objeto de estudio
2. Cálculo de los elementos del sinfín para el rediseño del mismo
3. Elaborar un nuevo ciclo del plan de mantenimiento
4. Valoración económica y medioambiental de los procesos empleados en la realización del trabajo
5. Análisis de los resultados

## **CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO- METODOLÓGICO DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.1 Introducción**

La baja productividad en los secaderos ha estado afectada en varios factores, principalmente por un mal funcionamiento en el sistema de extracción de gases que pasan a través del filtro de Mangas caracterizado por el mal diseño en las líneas de salida del los ventiladores y a resistencias localizadas en las propias líneas.

Desde años anteriores se han introducido varias modificaciones en los secaderos eliminándoles algunas estrellas rectas en su parte intermedia y aumentando la cantidad de levantadores para aumentar la productividad, esto ha traído como resultado que el arrastre de polvo hacia el filtro se haya incrementado, provocando que los sinfines se carguen de un % mayor a los que fueron diseñados, provocando averías en sus componentes (Motores, reductores, ejes, sinfines, chumaceras, etc.).

Es de suma importancia saber que existe una gran variedad de transportadores, y que estos poseen gran importancia y son de gran aplicación fundamentalmente 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 sinfín, el cual es objeto de estudio en esta investigación.

En este sentido el objetivo del capítulo es:

Realizar el análisis de la bibliografía existente para definir el estado del arte en la temática abordada y así dar un mayor auge a la investigación alcanzada.

### **1.2 Trabajos precedentes**

Las investigaciones realizadas deben estar orientadas a solucionar los problemas que se manifiestan en la sociedad, por ello pocos trabajos han estado relacionados con el diseño, construcción y selección de equipos de transporte industrial, entre los que se encuentran los de tornillo sinfín. Por tal motivo la revisión bibliográfica estuvo dirigida

fundamentalmente a la temática relacionada con los trabajos, que sobre el tema de diseño de transportadores de tornillo sinfín, se han publicado en los últimos años.

En el año 1998 fue solicitado a los checos por la dirección de inversiones de la RRL un diseño de un filtro de mangas para una capacidad de 900000m<sup>3</sup>/ h, en el 2000 fueron introducidas algunas modificaciones quienes abordaron la temática relacionada con el análisis de la estabilidad operativa y la capacidad de los transportadores rotatorios de tornillos sinfín, donde se encontraron algunos problemas que atentan contra estos aspectos mencionados, demostrando que las causas que originan los mismos son muy diversas.

Shubin y Pedre (1975) abordan sobre los tornillos sinfín, así como su funcionamiento, los desplazamientos que este obtiene, características de los mismos, además, las deficiencias presentadas por estos. Aborda el tema y hacen referencia a las transmisiones que estos realizan por reductor garantizando así un coeficiente de eficiencia y la explosión duradera a que estos están sometidos.

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 tornillos sinfín. Donde se encontraron algunos problemas que atentan contra estos aspectos mencionados, demostrando que las causas que originan los mismos son muy diversas, por lo que las propuestas de solución abarcan a varios equipos.

Herrero (2005) citado por Rodríguez (2010), comprobó las posibilidades de los transportadores, estableciendo una metodología de cálculo, a través de la cual estima la capacidad del tornillo sinfín.

En estos datos analizados, se demuestra que en nuestro país se han hecho muchos intentos de estudios experimentales de los tornillos sinfín.

### **1.3 Descripción del flujo tecnológico de la planta de Preparación de Mineral**

En la planta de preparación de mineral es donde se inicia el proceso de preparación del material de la fábrica, según la tecnología carbonato amoniacal. El mineral llega al depósito desde la mina de pinares de Mayarí. Por medio de las cuatro grúas indias el mineral es

arrojado a los alimentadores móviles. De los alimentadores móviles es transportado por medio de transportadores de banda A y B hasta la trituradora. Luego por medio de los transportadores de banda A2 y B2 pasa a los machetes que son alimentados por los transportadores de banda A3 y B3 hasta los alimentadores. Por medio de los transportadores de banda A4 y B4 se alimenta el depósito interior. Los alimentadores dosifican a los secadores, que está formado por cámara de paso de combustión, botella y tambor secador. La misma descarga a las correas calientes 1 y 2, por medio de los elevadores C y D se alimenta la tolva inicial. La tolva inicial descarga a la cinta dosificadora y esta a la cinta alimentadora del molino.

El mineral penetra al molino de bolas a través de la boquilla de alimentación y se reduce su tamaño por la acción de la carga de bolas y el revestimiento.

El mineral molido sale por el dispositivo de descarga incorporado con este fin, ayudado por la acción del barrido de aire que acelera el paso de las partículas molidas a través del molino.

La molienda se produce de forma combinada por percusión y aplastamiento en régimen de catarata y por fricción y aplastamiento en régimen de cascada. Los molinos descargan en el depósito desde donde sale a los silos.

### **1.3.1 Planta de Preparación de Mineral**

Para el secado del mineral en esta planta se emplean los secadores rotatorios horizontales, que son cilindros alargados formados por una cámara de combustión (donde se producen los gases calientes que secan el mineral), y un cilindro (donde el mineral recibirá el proceso de secado).

El mineral es recepcionado en el depósito donde es homogeneizado y posteriormente dosificado al proceso de secado para lo cual se cuenta con 4 grúas indias y 3 alimentadores móviles. El mineral es llevado por transportadores de banda hasta la sección de secado después de pasar una etapa de trituración gruesa hasta < 100 mm en 2 trituradoras de rodillos dentados.



En la sección de secado hay instalados 7 hornos rotatorios horizontales. Los gases para el secado son suministrados por la combustión del petróleo en la cámara de combustión de cada uno de ellos.

El mineral secado es llevado por medio de transportadores de bandas y elevadores de cubos a la tolva de recepción de la sección de molienda.

La molienda se efectúa en 2 molinos de bolas de doble cámara de molienda, y un molino cilíndrico de extremos cónicos con una etapa inicial de trituración primaria en molino de martillos.

El producto final de la molienda y el polvo de colección primaria y secundaria es enviado a los silos de planta de hornos por medio de bombas neumáticas.

### **1.3.2 Descripción del flujo tecnológico de cada área**

Para cada una de las áreas de secadero se obtiene un producto con determinadas características. A continuación se describen los productos obtenidos en cada área:

#### **Depósito exterior**

En el área del Depósito exterior las grúas deben suministrar un producto homogeneizado en las proporciones antes especificadas con una humedad  $< 37\%$ . A la salida de los alimentadores móviles el mineral debe tener una granulometría  $< 400\text{ mm}$ . Después de las trituradoras de rodillos el mineral debe tener una granulometría  $< 100\text{ mm}$ . Este es el mineral que se suministra a secadores.

#### **Secadores**

En los secadores se reduce la humedad del mineral desde  $30 - 37\%$  a  $< 4,5\%$  y se suministra a molienda. El polvo fino de la colección de polvo y limpieza de gases se deposita en la tolva de producto final con granulometría  $< 0,074\text{ mm}$ .

El tambor secador posee un sistema motriz, acoplado al cuerpo de este, que le permite rotar alrededor de su eje. El mismo se apoya exteriormente en dos llantas que posee sobre dos pares de rodillo. Internamente el secador está formado, cerca de la cámara de

combustión, por unas guías o deflectores soldados al cuerpo del tambor que son los que dirigen el mineral hacia el interior de la parte cilíndrica.

En esta parte cilíndrica existen levantadores de mineral, estos están soldados al cuerpo del tambor y son los encargados de permitir la transferencia de calor entre el gas caliente y el mineral y con ello el proceso de secado.

Estos levantadores dividen al tambor en 6 partes, lo que favorece el proceso de secado porque:

- Permite que la carga alimentada al tambor sea repartida uniformemente en el interior del mismo.
- Evita sobrecargar un levantador más que otros, provocando la formación de cortinas de mineral uniformes durante la caída del mismo, debido a la rotación del tambor
- Posibilita un mayor contacto entre los gases calientes - mineral y una mayor evaporación de la humedad que trae el mineral
- Permite que el motor trabaje más establemente y se requiera de menor potencia para mover el secador, debido a la uniformidad de la carga

En la construcción de las instalaciones internas de los secadores cilíndricos se tiene en cuenta el grosor, la densidad y las propiedades de dispersión del material sometido al secado, además de garantizar la distribución uniforme de este en la sección transversal del cilindro.

Existen diferentes formas de construir los elementos interiores del secador.

- Sectoriales con anillos interiores
- Periféricos
- En forma de cruz

En el secado del mineral laterítico en las Empresas del Níquel actualmente se utilizan los levantadores sectoriales, estos se emplean fundamentalmente cuando el material tratado no puede caer desde una altura muy elevada y pueda quebrarse, además de dividir en

varias porciones el producto alimentado para facilitar la transferencia de calor entre las partículas.

Para el tratamiento del mineral laterítico se recomienda utilizar levantadores periféricos, la laterita puede dejarse caer desde una altura elevada sin que se produzcan hendiduras en los granos, además mientras mayor es la altura de vuelo de las partículas se favorece el proceso de transferencia de calor y masa y ayuda a romper los pelets que se forman debido a que en la medida en que se va secando el producto se incrementa la fuerza de atracción entre las partículas sólidas y se produce la aglutinación de estas.

### **Filtro de mangas de secaderos**

Este filtro fue instalado en 1999 y su función principal es captar los gases provenientes de los secaderos con una concentración de polvo de  $300\text{mg}/\text{m}^3$  antes de la colección de 10 tolvas con 420 mangas cada una, luego los gases limpios salen al exterior mediante una chimenea de 60 m de alto y el polvo captado por las mangas cae en los sinfines 1, 2,3y4 para luego pasar por el sinfín 5 y 6 o la bomba de polvo si se avería el escrager.

Este filtro se pone en operación automática desde el panel de operación del filtro, donde se encuentran todos los controles de los equipos periféricos. Antes de la puesta en marcha estarán cerrados todos los dampers de los ventiladores, los cuales serán abiertos automáticamente según las condiciones de trabajo. La temperatura de los gases se mantendrá entre  $>78$  y  $>110^\circ\text{C}$ . Las emisiones de polvo serán  $< 30\text{mg}/\text{m}^3$ .

Este filtro posee ciclos de revisión, limpieza y MPP establecidos. En caso de emergencia posee un sistema automático que protege al equipo de daños en alguna de sus partes y componentes. Si se detecta alguna anomalía en el funcionamiento de alguna de sus partes se procede a la parada del equipo desde la estación de control automático.

La presión diferencial entre las cámaras de gas limpio y polvoriento será  $< 24\text{mbar}$ . La presión de trabajo del aire de servicio se mantendrá entre 4.5 y 6 bares. Se revisan periódicamente los equipos periféricos en cuanto a ruidos, vibraciones, temperaturas anormales, derrames y fugas de agua, aire, aceite y mineral.

El mineral extraído de las tolvas a través de alimentadores de estrella que dan un cierre estanco al aire del sistema. El mineral es conducido por transportadores rotatorios de tornillos sinfín hacia el transportador tubular. El transportador tubular entrega el mineral a la tolva final de los molinos a través de un transportador rotatorio de tornillo sinfín.

### **Molinos**

En los molinos se recibe el mineral con tamaños máximos de 100 mm y lo reduce a más de 83 % de la clase < 0,074 mm. Este proceso se efectúe directamente en los molinos de bolas de doble cámara de molienda con un circuito cerrado que devuelve al molino el material fuera de especificación. En la Unidad Nro. 7 existe una trituración primaria en molino de martillos que reduce las partículas que entran al molino de bolas a < 3 mm. El molino de bolas da el tamaño final a las partículas en un circuito cerrado de molienda. El producto final de molienda captado en los ciclones y en el sistema de limpieza de gases es entregado a la tolva de recepción del producto final, listo para ser bombeado a los silos de la Planta de Hornos.

### **Características del producto final**

Humedad: De 4 a 6%.

Fineza: > 83 % de la clase < 0,074 mm

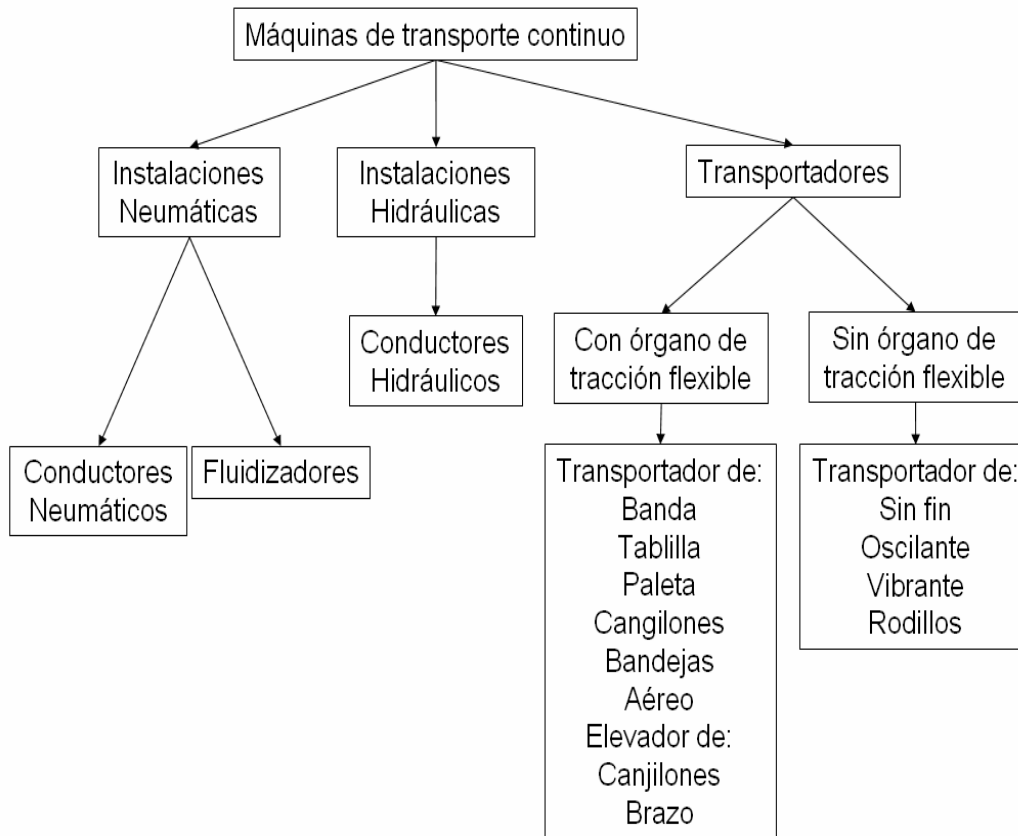
5 % de la clase > 0,149 mm

Clase < 0,149 > 0,074 mm

La composición química es la misma que a la entrada del proceso de preparación.

#### **1.4 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 continuo se subdividen en instalaciones neumáticas, hidráulicas y transportadores (figura 1.1).



**Fig. 1.1** Esquema de las máquinas de transporte continuo y sus subdivisiones.

Los tornillos sinfín se emplean para la transportación de materiales secos, en polvos abrasivos, en granos pequeños y en pedazos medios. El tornillo no permite el retorno del material y por eso teniendo igual diámetro y número de revoluciones, proporciona una mayor productividad que los tornillos de otro tipo. (Chobin, 1975)

### 1.5 Fuerzas que actúan sobre el tornillo sinfín

El sistema de fuerzas que actúa sobre el conjunto de tornillos sinfín y corona se suele considerar que está formado por tres componentes perpendiculares, como en los engranes helicoidales, que son:

- Fuerza tangencial
- Fuerza radial

- Fuerza axial

## 1.6 Ventajas y Desventajas del tornillo sinfín

### Ventajas

- Vías de transportación cerradas
- Compatibilidad en comparación con otros dispositivos de transporte (de banda, de tablillas, de cangilones, por transporte neumático)
- 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

### Desventajas

- Gran gasto de energía
- Productividad y longitud limitadas
- Trituración y desgaste de los materiales
- Rápido desgaste de las espiras, los canalones y los rodamientos
- Inconveniencia para la transportación de materiales pegajosos, húmedos y en pedazos grandes

## 1.7 Tornillos Sinfín. Características generales

Los tornillos sinfín 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. 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. Los transportadores se emplean ventajosamente en canteras y en las empresas de producción para trasladar cargas movilizadas y por piezas con flujo continuo, a poca distancia, dentro de los límites de una o varias áreas de producción relacionadas entre sí. Los transportadores tienen un movimiento que le trasmite al material a transportar por medio mecánico e instalaciones neumotransportadoras, en las cuales el desplazamiento del material se realiza en una corriente de aire. (Chobin, 1975).

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 sinfín alcanza hasta 150 t/horas; longitud hasta 60 m; y la inclinación de hasta entre 15 y 20°.

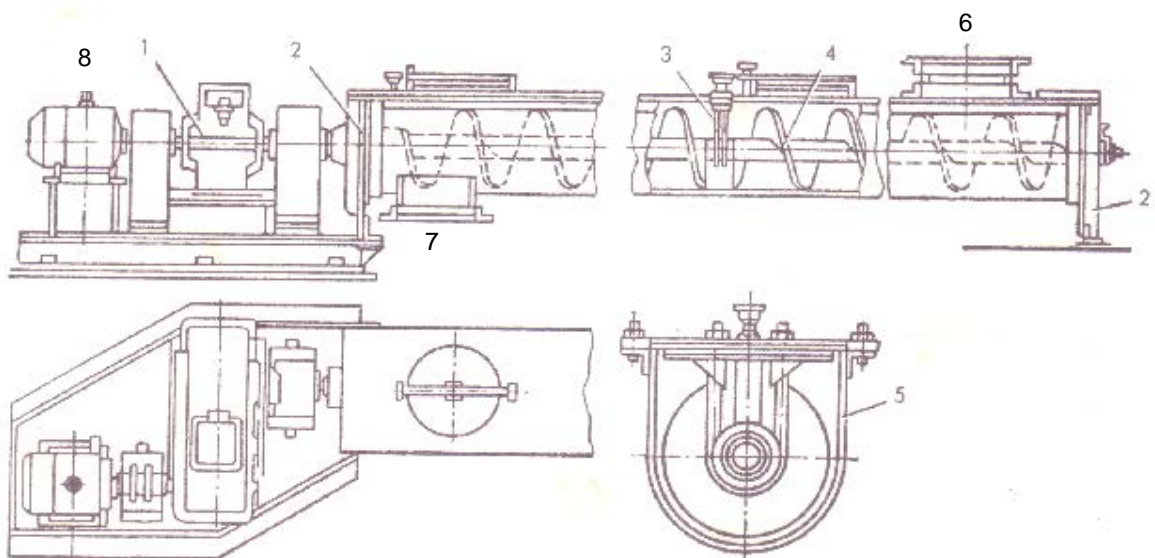
El tornillo sinfín consiste en un motor eléctrico y un reductor que transmite la rotación al árbol. El material a transportar avanza al transportador a través de uno o varios orificios de carga. Girando el sinfín, la carga se desliza a lo largo del canal y se descarga a través del orificio en el fondo. 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, granulosos 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.

A continuación les mostramos las partes del transportador rotatorio de tornillo sinfín:

- Posición No 1 Reductor del tornillo. (Transmisión)

- Posición No 2 Tapa Motriz de la caja. (Apoyos finales (delantero y trasero)).
- Posición No 3 Colgante del tornillo .(Apoyos de suspensión)
- Posición No 4 Tornillo sinfín
- Posición No 5 Canal o caja del tornillo sinfín
- Posición No 6 Alimentación del Sinfín
- Posición No 7. Descarga del sinfín
- Posición No 8. Motor



**Fig. 1.2** Tornillo sinfín

En los tornillos sinfín, 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. Se construyen de acero simple o galvanizado, prescindiendo en lo posible de las hélices fundidas, por su dificultad de ser reparadas, aunque, a veces, para materiales abrasivos, se usen de fundición cementada.

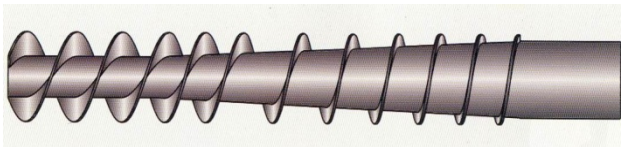
Generalmente, y en particular para el transporte de materiales abrasivos, se suele recubrir el borde exterior de la hélice con una tira de material renovable de alta dureza, como la estelita. Para el transporte de material alimenticio son de acero inoxidable, aunque son altamente costosas.



### 1.8 Diferentes tipos de construcción de transportadores

A la hora de hacer una modificación lo primero que se tiene en cuenta son los diferentes tipos de construcción de los transportadores rotatorios de tornillos sinfín para de ahí determinar el que resulte más apropiado para la utilización del mismo.

Existen diferentes tipos de transportadores rotatorios de tornillos sinfín, entre los cuales se encuentran.



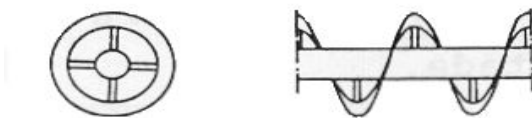
**Fig. 1.3** Transportador de sección variable.

Estos generalmente recomendables para transportadores que se encuentran inclinados de más de  $29^\circ$ . Con paso corto en el extremo de alimentación regulan automáticamente el paso del material por el transportador, de manera que la carga es proporcionada correctamente en la longitud que queda mas allá del punto de alimentación.



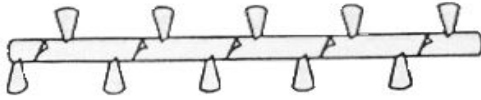
**Fig. 1.4** Transportador de espiras

Se utilizan para transportar materiales aglutinables así como para mezclar cereales, granos y otros materiales ligeros.



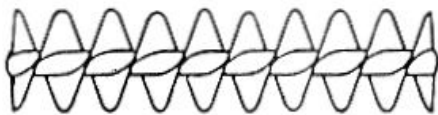
**Fig. 1.5** Transportador de cinta

Estos se utilizan para la transportación de materiales húmedos y pegajosos o en pedazos grandes. Así como melazas, alquitrán caliente o asfalto, los cuales de otra forma se pegarían al eje.



**Fig. 1.6** Transportador de paleta

Son utilizados primordialmente para mezclar materiales tales como morteros y mezclas bituminosas para pavimentos.



**Fig. 1.7** Transportador de doble espira

Estos se utilizan cuando se desean transportar el material a velocidades elevadas y mayor regularidad de caudal.



**Fig. 1.8** Transportador de tornillo sinfín

Se emplean para la transportación de materiales secos, en polvos abrasivos, en granos pequeños y en pedazos medios. El tornillo no permite el retorno del material y por eso, proporciona una mayor productividad que los tornillos de otros tipos.

### 1.9 Rediseño del tornillo sinfín

El rediseño de un elemento o pieza 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 transportador rotatorio de tornillo sinfín son



rediseñados o fabricados por el personal de mantenimiento de la empresa con la colaboración de los talleres de la EMNI para la elaboración de piezas intercambiables.

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 abajo del eje geométrico del tornillo. Las piezas y los conjuntos, de los transportadores de una dimensión tipo y de una construcción deben ser intercambiables. 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 rediseñarse 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 tornillo. Las fuerzas axiales en una serie de casos, alcanza una gran magnitud y constituyen una parte considerable de las resistencias generales en los transportadores rotatorios 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.



### **1.10 Conclusiones del capítulo 1**

- La bibliografía consultada aporta información sobre las características tanto generales como técnicas de los tornillos sinfín
- El análisis bibliográfico permitió conocer las características principales del funcionamiento de los tornillos sinfín, se hace referencia a los materiales con que se fabrican los tornillos sinfín; sus características y los diferentes tipos de construcciones de tornillos existentes
- Se manifiestan datos bibliográficos del tornillo sinfín existente y de la nueva propuesta para el rediseño de los elementos del tornillo sinfín.

## **CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **2.1 Introducción**

Mediante la actividad técnica, el ser humano modifica las sustancias materiales, los fenómenos naturales y el entorno con el fin de satisfacer sus necesidades y mejorar sus condiciones de vida. La técnica es una manifestación social, forma parte del tejido cultural de cada grupo humano en un momento determinado y sus productos reflejan las necesidades, aspiraciones y valores de una colectividad. A su vez, la actividad técnica es capaz de modificar la sociedad, vertebrarla de otro modo, cambiar sus niveles de riqueza y bienestar, transformar sus sistemas de valores y alterar, radicalmente incluso, el medio físico.

El desarrollo de los equipos de transporte, como una de las ramas principales de la industria ha permitido elevar los niveles productivos de las empresas. El nivel de desarrollo, el volumen, los ritmos, y los tipos de fabricaciones influyen de modo considerable en los índices de la producción social.

**En este capítulo se plantea como objetivo:**

Aplicar los métodos, procedimientos y conocimientos adquiridos, determinando si el cambio de transportador de tornillo por uno de mayor capacidad, se justifica técnica y razonablemente. Cálculo de las dimensiones del tornillo sinfín.

Un primer paso a seguir antes de iniciar cualquier proceso de modificación de un elemento, es determinar las dimensiones para comprobar si están dentro de las normas de fabricación que tiene el tornillo sinfín actual y así verificar físicamente y según planos las dimensiones fundamentales.

#### **2.1.1 Ecuación general del cálculo del tornillo**

Para realizar los cálculos de las dimensiones del transportador se parte de la ecuación de la productividad (Ecuación 2.1)

$$Q = \frac{\Pi \cdot D}{4} \cdot P_{sf} \cdot n \cdot \Psi \cdot p \cdot C_{\beta} ; \text{t/horas} \quad (2.1)$$

Donde:

D: Diámetro del tornillo en mm

Q: Productividad en t/horas

$P_{sf}$  : Paso del tornillo; mm

$n$  : Frecuencia de rotación del tornillo en  $\text{min}^{-1}$

$\Psi$  : Coeficiente de llenado del canal

$\rho$  : Peso volumétrico del material a transportar;  $\text{t/m}^3$

$C_{\beta}$  : Coeficiente que depende del ángulo de inclinación del transportador

### 2.1.2 Determinación de la frecuencia de rotación del tornillo

La frecuencia de rotación del tornillo sinfín se puede determinar por relaciones aproximadas, mediante la ecuación empírica 2.2:

$$n = \frac{A}{\sqrt{D}} ; \text{min}^{-1} \quad (2.2)$$

Donde:

A = Coeficiente que tiene en cuenta las propiedades del material (tabla 2.1)

D= Diámetro del tornillo en mm

**Tabla 2.1** Valores de los coeficientes A,  $\Psi$ ,  $\omega$

Material		A	$\Psi$	$\omega$
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

Luego de calcular el valor de la frecuencia de rotación del tornillo, se procede a la estandarización de esta, empleando la serie siguiente (Shubin, 1975): 6; 7.5; 9.5; 11.8; 15; 19; 23.6; 30; 37.5; 47.5; 60; 75; 95; 118; 150; 190; 236; 300.

### 2.1.3 Cálculo del diámetro del tornillo

A partir de la ecuación 2.1, y sustituyendo el valor de  $n$  por la ecuación 2.2, obtenemos la ecuación para el cálculo del diámetro transportador:

$$D := \sqrt[3]{\left[ \left( \frac{Q \cdot 4}{60 \cdot 50\pi \cdot P_{sf} \cdot \psi \cdot \rho \cdot C_{\beta}} \right)^2 \right]}; \text{ mm} \quad (2.3)$$

El valor del paso ( $P_{sf}$ ) se obtiene de la tabla 2.2, y depende del valor del diámetro, por lo que es necesario realizar varias iteraciones para obtener, finalmente, un diámetro en correspondencia con los valores de la tabla.

**Tabla 2.2:** Relación entre el diámetro y el paso del tornillo

Diámetro	100	125	160	200	250	320	400	500	650	800
Paso	100	125	160	200	250	320	400	500	650	800
	80	100	125	160	200	250	320	400	600	650

Los valores del paso del tornillo adoptados por las normas, son iguales a 0,8 y 1,0 de su diámetro.

## 2.2 Cálculo de la potencia requerida

Las magnitudes de la resistencia al desplazamiento del material en la zona de los cojinetes de suspensión, de las mezclas y de la trituración del material durante su transportación pueden establecerse solo por vía experimental. La potencia requerida se determina prácticamente mediante datos empíricos por la siguiente ecuación:

$$N_t = \frac{Q \cdot L}{367} \cdot (\omega \pm \text{sen}\beta); kW \quad (2.4)$$

Donde:

$N_t$  : Potencia requerida para el transportador; kW

$Q$  : Productividad; t/horas

$L$  : Longitud del transportador; mm

$\omega$  : Coeficiente empírico de resistencia al movimiento según tabla 2.1

$\beta$  : Ángulo de inclinación del transportador según Tabla 2.3

**Tabla 2.3** Coeficiente  $C_\beta$  que depende del ángulo de inclinación del transportador con respecto a la horizontal  $\beta$

$\beta$	0°	5°	10°	15°	20°
$C_\beta$	1	0.9	0.8	0.7	0.65

### 2.3 Cálculo del peso de la tubería

$$P = K(D^2 \cdot d); kg \quad (2.5)$$

Donde:

K- Coeficiente para tuberías de acero 0,616

D- Diámetro exterior de la tubería

d- Diámetro interior de la tubería

Nota: Para una tubería de 4" el diámetro interior es de 100mm y el diámetro exterior es de 106mm.

### 2.4 Cálculo del ancho de los álabes

Para el cálculo de los álabes lo primero que se hace es escoger una plancha de 6 mm de espesor y de ahí se procede al cálculo de los álabes mediante la fórmula 2.6

$$Aa = \frac{d_{ext} - d_{tubo}}{2}; mm \quad (2.6)$$



Donde:

Aa- Ancho de los álabes; mm

$d_{\text{ext}}$  - Diámetro exterior del sinfín; mm

$d_{\text{tubo}}$ -Diámetro del tubo

## 2.5 Selección de la transmisión

Para la determinación de la relación de transmisión, primero calculamos la relación de transmisión, empleando los valores de los números de revoluciones del Motor y del Tornillo. (Ecuación 2.6)

$$U_t = \frac{n_m}{n_{tm}}; i \quad (2.8)$$

Donde:

$U_t$  – Relación de Transmisión

$n_m$  – Velocidad de rotación del motor

$n_{tm}$  - Velocidad de rotación del transportador

Utilizando las características del régimen de trabajo siguientes: Funcionamiento (horas/día), Arranques por hora, Período de Conexión por hora (%), Temperatura ambiente (°C), Vida deseada (Horas); obtenemos, del catálogo de Echesa, el reductor que se ajuste a las condiciones de trabajo.

## 2.6 Selección del motor

La potencia seleccionada del motor, debe ser mayor que la potencia de cálculo de la transmisión del tornillo.

Se selecciona un motor que cumpla con las características técnicas para ser sustituido por los existentes.

En la siguiente tabla demostramos las características técnica que contiene el motor y el reductor que hacen rotar al tornillo para luego hacer la nueva propuesta.

**Tabla 2.4** Características técnicas de los motores anteriormente montados.

No	Elemento	Cant
1	Potencia (kW)	2,2
2	Potencia de trabajo del tornillo (kW)	1,2
3	Número de revoluciones ( $\text{min}^{-1}$ )	1750
4	Frecuencia (Hz )	60

### Tamaño del reductor

Con las características del régimen de trabajo se determinan los valores de los factores de servicio (Echesa, 1995).

$$P_N \geq P_{tm} \cdot f_1 \cdot f_2 \cdot f_3 \cdot f_4 \quad (2.9)$$

$P_N$  = Potencia nominal del reductor; kW

$P_{tm}$  = Potencia de trabajo del tornillo; kW

$f_1$  = (Factor de servicio según máquina accionada); adimensional

$f_2$  = (Factor de servicio según máquina motriz); adimensional

$f_3$  = (Factor de servicio según número de arranques por hora); adimensional

$f_4$  = (Factor de servicio según horas de vida) ; adimensional

## 2.7 Propiedades del acero al carbono

De acuerdo a la construcción y diseño del tornillo anterior se escoge para su diseño el mismo material con que este estaba fabricado por contar con las características para su resistencia. El eje se mantendrá con el acero AISI 1020, para los álabes y el acero AISI 1045 para el eje del tornillo. En la siguiente tabla les mostramos algunas características y propiedades del acero al carbono:

**Tabla 2.4 Características y contenidos del acero al carbono**

No	Elemento	Valores (%)
1	Carbono (C)	0,6 - 1,67
2	Manganeso(Mn)	0,6 - 0,9
3	Silicio(Si)	0,35
4	Fósforo (P )	0,03
5	Azufre(S)	0,03

Características del acero:

- Elevada resistencia, dureza y fragilidad
- Baja ductilidad
- No apto a la deformación plástica
- Pueden ser sometidos a temple y revenido para dotarlos de mayor resistencia al desgaste, aunque deben cuidarse el enfriado para evitar fisuras

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 tronillo 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).

## 2.8 Relación de la teoría del mantenimiento

Podemos definir el Mantenimiento, como el mecanismo idóneo con que cuenta la administración de una empresa para:

1. Mantener las instalaciones y el equipo a estándares aceptables de rendimiento operativo y confiabilidad
2. Optimizar la efectividad de la inversión en mantenimiento, mediante análisis de costo y planificación de vida útil
3. Maximizar la vida útil de los bienes de la empresa, productividad y eficiencia mediante planes pro-activos de planificación de mantenimiento y programación de recursos y control

Para lograr estos objetivos desde un punto de vista técnico, se establecen guías de inspección de mantenimiento preventivo, norma llevada a cabo por la industria moderna a fin de no interrumpir los trabajos; hacer que los edificios, instalaciones y equipos duren mucho más.

Combatir el desgaste a través de medidas preventivas, sustituir la pieza antes que ocurra la falla que usa todo un sistema, es a grandes rasgos, la forma de cuidar las instalaciones y los equipos.

Por lo anterior descrito, podemos deducir que se requiere un sistema que observe rigurosamente todas aquellas medidas que reduzcan a mínimo el desgaste y la destrucción, tal sistema es el principio de los planes de mantenimiento y podemos definir, al menos tres:

1. Hacer una lista de todo el equipo en varias clasificaciones mayores: obra civil, casa de máquinas y equipos electromecánicos
2. Elaborar un programa de inspecciones periódicas y de atención para cada equipo o instalación, tomando en cuenta los catálogos de los fabricantes y las experiencias obtenidas
3. Mantener un archivo sencillo, que permita controlar que las inspecciones se realicen de acuerdo con el programa, dando informes sobre el estado de instalaciones y equipo, su ubicación y fechas en que han sido revisados, así como la atención que se les ha dado y los materiales que se han usado para este fin.

#### Aspectos generales

- El departamento de mantenimiento realizará una planificación de los trabajos, teniendo en cuenta las horas pico de utilización de cada instalación, para realizar estos, en días y horas que menos incidencia tengan sobre el servicio prestado o la operación de la empresa, sea en horas diurnas o nocturnas. Dicha planificación deberá contar con la autorización del gerente o jefe de mantenimiento y el gerente de planta o gerente general
- El departamento de mantenimiento debe contar siempre con los equipos y herramientas necesarias para realizar el correcto mantenimiento

- Los sistemas de los edificios y la maquinaria deben estar en funcionamiento durante las horas normales de operación. El mantenimiento preventivo deberá estar planificado y se desarrollará teniendo en mente esta condición
- Cuando se realice mantenimiento preventivo de equipos eléctricos o electrónicos que requieran el acceso a partes energizadas, se deberán realizar paros programados
- Cuando la infraestructura de los edificios o equipos estén en constante remodelación o cambios, es necesario que cada vez que las circunstancias lo ameriten, se efectúen actualizaciones de los planes de mantenimiento, con el propósito de reflejar estos cambios
- Todo cambio efectuado a los planes de mantenimiento deberán contar con la previa aprobación del gerente o jefe de mantenimiento y el Gerente de planta o gerente general

## 2.9 Nuevo ciclo de mantenimiento

Al realizar los cálculos para determinar la productividad con que el equipo está trabajando hacemos una revisión del estado del mantenimiento de los elementos del sinfín (Tabla 2.5).

**Tabla 2.5** Plan de mantenimiento anual de los tornillos 3 y 4

No.	Equipos	Tiempo	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1		PLAN	L/4			P/8			L/4			L/8		L/8
	Sinfín # 3 FM	REAL	L/4	AV	AV	P/8	AV	AV	L/4	AV	AV	L/8	AV	L/8
2		PLAN	L/4			L/4			P/8			L/8		L/8
	Sinfín # 4 FM	REAL	L/4	AV	AV	L/4	AV	AV	P/8	AV	AV	L/8	AV	L/8

Reparaciones ligeras: Se realizan cada 3 meses. Se le hace una revisión superficial al transportador de tornillo sinfín entre los que se encuentran los siguientes elementos, rodamientos, sinfín, tornillería, se engrasan los rodamientos (por copilla).

Reparaciones parciales: Se realizaban 1 sola vez al año. Se revisan los colgantes, la tornillería y, de ser necesario, se cambian, se revisa parte de los rodamientos y se engrasan.

Reparaciones Capitales: Se efectúan cada 2 o 3 años en correspondencia a la estabilidad del equipo. Se revisa la transmisión al sinfín, los colgantes, los alimentadores; se sacan los rodamientos y se engrasan completos, se calibra el sinfín.

### **2.10 Montaje del tornillo sinfín**

Para el montaje del nuevo elemento lo primero que hay que tener en cuenta son los materiales utilizados para dicho trabajo como son:

- Electroodos
- Tornillería
- Canal o tapa del sinfín
- Tornillo sinfín
- Materiales recuperables

También es necesario utilizar algunas herramientas y medios para poder realizar este trabajo entre los que se encuentran:

- Máquina de soldar
- Llaves ajustables de diferentes dimensiones y diferentes tipos
- Señoritas
- Grúa

Los obreros que están calificados para este trabajo se le crean las mejores condiciones y medios de seguridad para garantizar sus vidas y que permitan en el transcurso de la jornada utilizar el tiempo económico racional.

Todo trabajo de mantenimiento es realizado mediante la solicitud de una orden de trabajo donde quedan plasmados los trabajos que se le hacen al equipo, la mano de obra utilizada y los materiales extraídos del almacén para dicho trabajo (ver anexo 2).



### **2.11 Conclusiones del capítulo 2**

- Se tomó en cuenta la productividad de los sinfines para determinar si cumple con las características técnicas establecidas por el fabricante.
- Quedó establecido el procedimiento para la determinación de las dimensiones del tornillo sinfín, la selección del nuevo reductor y potencia del motor

## CAPÍTULO 3: ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

### 3.1 Introducción

En este capítulo se exponen los resultados obtenidos durante el desarrollo del cambio realizado del tornillo sinfín, que alimenta a la bomba Fuller de mineral del filtro de mangas, teniendo en cuenta la metodología de cálculo del transportador y hacer una parte comparativa de la productividad. Se realiza la valoración económica, así como el impacto medioambiental en que se incurre durante el montaje 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. Demostrar que las mejoras introducidas fueron necesarias ya que con el tornillo sinfín que existía no se procesaba el mineral a una capacidad acorde a la que están descritas en el manual del mismo, esta no cumplía las funciones para lo cual fue diseñado por tanto mostraremos mediante cálculos este resultado.

### 3.2 Comprobación de las dimensiones de los tornillos 3 y 4

Para realizar la comprobación de las dimensiones de los tornillos existentes se empleó la metodología de cálculo planteada en el capítulo anterior, utilizando como herramienta de cálculo el MathCAD.

La productividad actual de los tornillos es de **9 t/horas**. Empleando las características físicas de los transportadores (anexo 1, tabla 1) se determinan los coeficientes necesarios para el cálculo y con la ecuación 2.1 comprobamos el valor real de la productividad.

El valor obtenido es de **29.72 t/horas** (ver anexo 3). Este valor es tres veces mayor que la productividad actual de los tornillos, lo que indica un mal funcionamiento de los mismos.

**Tabla 3.1** Relación entre el diámetro exterior, paso del álabe y la productividad

No	Equipo	Diámetro exterior	Paso del álabe	Productividad
1	Sinfín 3 y 4	315 mm	240 mm	29,72 t/horas



### 3.3 Diseño del tornillo sinfín

Para el nuevo diseño se decidió emplear un solo transportador con el doble de la longitud de los transportadores actuales, dividiendo en cinco tramos unidos por tornillos, el eje del mismo. Esta división en tramos permite realizar el mantenimiento a cada uno de ellos de forma independiente y reemplazarlas con relativa facilidad.

Para el cálculo de las dimensiones se emplearon las ecuaciones 2.2 y 2.3. Los resultados se muestran en la tabla 3.1.

**Tabla 3.1** Características técnicas del equipo Rediseñado

No	Nombre	Cant
1	Capacidad (t/horas)	60
2	Coefficiente de llenado%	30
3	Diámetro interior del tubo (mm)	100x6
4	Diámetro del tornillo sinfín (mm)	387
5	Longitud total (mm)	22000
6	Densidad (t/m <sup>3</sup> )	0,981
7	Espesor (mm)	6
8	Velocidad de rotación (min <sup>-1</sup> )	95
9	Paso del tornillo (mm)	360
10	Ángulo de inclinación(°)	0°
11	Peso de la tubería(kg)	344,76
12	Ancho de los álabes (mm)	87,5

#### 3.3.1 Cálculo de la potencia de trabajo del tornillo sinfín

La potencia de trabajo depende de la longitud (L) del tornillo y del valor de la productividad (Q) (ecuación 2.4), además del ángulo del transportador ( $\beta$ ) y del coeficiente de resistencia al movimiento ( $\omega$ ) (Tabla 2.1), con los siguientes valores:

$$Q = 60 \text{ t/horas}$$

$$L = 22 \text{ mm}$$

$$\omega : 1,6$$

$\beta$ : Ángulo de inclinación del transportador según Tabla 2.3

El valor de la potencia de trabajo del tornillo es de 3.597 kW

### 3.3.2 Selección del Motor

La potencia seleccionada del motor, debe ser mayor que la potencia de cálculo.

Se selecciona el motor existente con las siguientes características:

$N_m = 8$  kW (Potencia Nominal del motor),

$1800 \text{ min}^{-1}$ , 60 Hz, 440 V.

Este motor se escogió del área de repuesto de la planta.

### 3.3.3 Selección de la transmisión

#### Relación de transmisión

Utilizando los valores de velocidad de rotación del motor y del transportador en la ecuación 2.6 se determina el valor de la relación de transmisión del reductor.

$$n_m = 95 \text{ min}^{-1}$$

$$n_{tm} = 1800 \text{ min}^{-1}$$

$$U_t = 18.94i$$

Según el catálogo de Echesa (1995) seleccionaremos el reductor.

#### Máquina Motriz: Motor Eléctrico

$$P_m = 8 \text{ kW}$$

#### Máquina accionada

$$P_{tm} = 3,597 \text{ kW}$$

#### Determinación del tipo de reductor

El tipo de reductor se selecciona según la relación de transmisión en el catálogo. Para una relación de transmisión de 18,98i el reductor es de Tipo 2.



Régimen de trabajo

Funcionamiento: 24 horas al día

Arranques por hora: 4

Período de Conexión ED: 100 %

Temperatura ambiente: 30 °C

Vida deseada (Horas): 50000 hr

Tamaño del reductor

Con las características del régimen de trabajo se determinan los valores de los factores de servicio (Echasa, 1995).

$f_1 = 1.6$  (Factor de servicio según máquina accionada)

$f_2 = 1$  (Factor de servicio según máquina motriz)

$f_3 = 1.12$  (Factor de servicio según número de arranques por hora)

$f_4 = 1.12$  (Factor de servicio según horas de vida)

$P_N \geq P_{tm} \cdot f_1 \cdot f_2 \cdot f_3 \cdot f_4$  (Potencia Nominal del Reductor)

$P_N \geq 7.2 \text{ kW}$

$P_N = 7.2 \text{ kW}$

$P_m \geq P_N$

$8 \geq 7,2$

Finalmente seleccionamos un Reductor T2 - 112 con una Potencia Nominal de 7,2 kW y según catálogo un rendimiento de 96% un coeficiente de seguridad de 95%.

**Tabla 3.2** Elementos del nuevo Motor y el reductor escogido para el nuevo rediseño

No	Elemento	Cant
1	Potencia (kW)	8,0
2	Potencia de trabajo del tornillo (kW)	3,597
3	Número de revoluciones ( $\text{min}^{-1}$ )	1800
4	Frecuencia (Hz )	60
5	Potencia nominal del reductor (kW)	7,2
6	Relación de Transmisión (i)	18,94

Luego de haber concluido con la selección del reductor, el motor y las dimensiones del transportador hacemos una pequeña selección de cómo se escogerá el nuevo ciclo de mantenimiento teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

#### Control de trabajos realizados

Semanalmente el gerente o jefe de mantenimiento debe elaborar un informe de los trabajos de mantenimiento realizados, tanto preventivo como correctivo y el estatus de los sistemas, para lo cual se utilizarán los respectivos formatos.

Mensualmente se debe realizar un informe que incluirá: Gráfico y detalle de las ordenes de trabajo abiertas, cerradas y en proceso, asimismo, se indicarán todas aquellas sugerencias que se estimen convenientes para mejorar el estado de las instalaciones.

El jefe de mantenimiento deberá tener un archivo ordenado, de todas las ordenes de trabajo que se emiten, en las que se reflejará detalladamente las operaciones efectuadas durante las jornadas de trabajo.

#### Tiempo de respuesta

Es el tiempo que tarda en acudir al sitio de la falla el personal de mantenimiento calificado para evaluar la avería desde que se dio el aviso de la incidencia. El tiempo de respuesta estimado, para evaluar averías que no sean urgentes, será un lapso no superior a las tres (3) horas.

Se entenderá por Averías Urgentes las que afectan la operación y el desarrollo de la empresa, por tal razón, el tiempo de respuesta del personal de mantenimiento deberá ser inmediato.

### 3.3.4 Propuesta del nuevo ciclo de mantenimiento

Tabla 3.3 Propuesta de Mantenimiento

No.	Equipo	Tiempo	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1		PLAN	L/4	R	R	L/4	P/8	R	L/4	R	R	L/4	R	L/4
	Sinfín # 34 FM	REAL	L/4	R	R	L/4	P/8	R	L/4	R	R	L/4	R	L/4

Revisiones: Las revisiones se harán una vez por semana para evitar el desgaste y ruptura de los elementos del sinfín, del motor y el reductor. (Mecanismo Motriz) lubricación, sello y salideros.

Reparaciones ligeras: Estas se realizarán cada 3 meses. (Mecanismo Motriz) , limpieza del sinfín (caja, alabes), engrase del rodamiento, cambio de tornillos afectados en los ejes de cola, intermedio y motriz.

Reparaciones parciales: Se realizarán al año. Mantenimiento del mecanismo motriz, desmontaje y montaje de tramos afectados, cambio de sello, ajuste de las fijaciones. Limpieza y engrase total del equipo.

Reparaciones capitales: Se realizarán cada 3 años. Desmontaje y mantenimiento del motor y el reductor en los talleres de servicio (Fábrica de piezas, taller eléctrico.) Desmontaje y montaje de los colgantes, cambio de ejes motrices, intermedio y de cola. Desmontaje y montaje de todos los tramos afectados. Desmontaje y montaje de cajas perforadas o en mal estado. Reparación de las descargas de las tolvas y el sinfín.

### 3.3.5 Valoración económica

Al abordar la valoración técnico económica de la tecnología de rediseño y a partir de la ventajas de la sustitución de ambos tornillos por uno, se parte del hecho de que el mismo es altamente beneficioso para mejorar la productividad y evitar las constantes averías en el

sinfín de forma integral, mejora las cualidades físico mecánicas del tornillo y da la oportunidad de brindar un mejor mantenimiento a más bajo costo que el anterior. Todo ello sin dudas repercute económicamente durante el proceso de explotación de los transportadores de tornillo sinfín, al incrementar su productividad, mejor potencia nominal del transportador durabilidad por tener mayor capacidad de evacuación, menor capacidad de desgaste del rodamiento, 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.

### 3.3.6 Costos de mantenimiento

En la tabla 3.4 y 3.5 se muestran las pérdidas por mantenimiento y por producción del transportador actual, las cuales influyen negativamente en la producción. Estas fueron calculadas a partir de los datos obtenidos del software "Sistema de Precios", software en el que se lleva el control detallado de los costos por mantenimiento de la empresa.

**Tabla 3.4** Pérdidas Anuales por mantenimiento.

<b>Tornillo</b>	<b>Gastos por mantenimiento (CUC)</b>	<b>Gastos por mantenimiento (CUP)</b>
Actual	85 622,4	74 221,09
Diseñado	54 382,73	34 598,38
Diferencia	31 239,67	39 622,71

**Tabla 3.5** Pérdidas anuales por producción

<b>Producción (t/horas)</b>		<b>Perdidas por Producción</b>	
<b>Real</b>	<b>Proyectada</b>	<b>(t/horas)</b>	<b>(CUC)</b>
9	29,72	20,72	174,66

Nota: El valor tomado para las pérdidas de la producción equivale al precio del mercado que actualmente varía constantemente, 8.43 CUC.

Con el nuevo diseño se produce un ahorro de 31239,67 CUC y 39622.71 CUP en reparaciones y materiales de mantenimiento, se rescata la producción actual para la cual el sinfín estaba diseñado y se permite una más rápida reparación por el diseño del nuevo elemento.

Se hace una valoración en cuanto a precio, debido a las pérdidas de toneladas por horas y se demuestra que se le aporta a la economía un total de 505.8 CUC dando así un ahorro a los gastos de la Industria.

### **3.3.7 Impacto medioambiental**

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 Nicaro, 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.

Para un mejor monitoreo de la cultura medioambiental se deben tomar en cuenta algunas medidas de protección sobre los sólidos Totales Suspendidos, aceite y grasa, amoníaco, nitrógeno y polvos hacia el espacio.



Algunas de las medidas que podemos tomar en cuenta para mejorar nuestro ambiente son las siguientes:

- Mantener un buen manejo del ciclo de mantenimiento para evitar la contaminación de polvos hacia el espacio a través del filtro de Mangas.
- No derramar el petróleo crudo y aceites para evitar así la degradación de los suelos.
- Estabilizar la operación de los equipos.





### **3.3.8 Conclusiones del capítulo 3**

Siendo necesarias las modificaciones incluidas para el cumplimiento y desarrollo de los objetivos correspondientes a este capítulo, se puede arribar a las siguientes conclusiones:

- Se exponen los resultados de las dimensiones del tornillo rediseñado.
- Se realizó un nuevo plan de mantenimiento.
- Se dan a conocer 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 tornillo sinfín.

## CONCLUSIONES GENERALES

- 1 Se realizó el rediseño del de tornillo sinfín, con una capacidad de carga mayor a la existente
- 2 Se elaboró un nuevo plan de mantenimiento
- 3 Se seleccionó una nueva transmisión del reductor para aumentar la capacidad de carga del tornillo sinfín
- 4 En la revisión bibliográfica se reporta sobre la fabricación de otros tipos de tornillos para el transporte de otros tipos de materiales, pero ninguno de ellos contempla en su función para transportar mineral
- 5 Se seleccionaron otras dimensiones para el rediseño del tornillo sinfín en correspondencia con el valor económico y los parámetros que se quieren evaluar en la experimentación
- 6 El rediseño del tornillo sinfín para el transporte de mineral representa un valor económico de 31239,67 CUC y 39622.71 CUP, teniendo en cuenta que el rediseño es más económico que la compra de los mismos en el exterior



## **RECOMENDACIONES**

- 1 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 modificación y rediseño de otro tornillo sinfín para el futuro.
- 2 Continuar con el perfeccionamiento de la metodología para el rediseño del tornillo sinfín.
- 3 Mantener un sistema de control en el programa EROS para vincular mejor la parte operativa con la de mantenimiento y así llevar un mejor control y manejo de sus partes.



## BIBLIOGRAFÍAS

1. Echesa, s.a. (España) *Transmisión Industrial*. 1995
2. Rodríguez Guzmán, G. *Construcción de un tornillo sinfín para la alimentación del enfriador de mineral a escala piloto del ISMM*. Moa. ISMM, Moa. 2010.
3. SGESMAN *Control del mantenimiento*. Sistema de precios. 2005
4. V. S. Shubin, C. Pedre. *Diseño de Maquinaria Industrial*. Editorial Pueblo y Educación. La Habana. 1975
5. Padilla, E. *Los sistemas de mantenimiento*. [en línea]. Facultad de Ingeniería, Universidad Rafael Landívar. 2009. [Consultado: 19 de mayo de 2013: Disponible en: [http://www.tec.url.edu.gt/boletin/URL\\_06\\_IND01.pdf](http://www.tec.url.edu.gt/boletin/URL_06_IND01.pdf).
6. Rosa, P. I. La. *Tamiz transportador sinfín*. [en línea]. Chauchina, GRANADA. [Consultado: 19 de mayo de 2013] Disponible en: <http://www.gedar.com/PDF/Residuales/GEDAR-Sistemas-Tornillos-Sinfin.pdf>
7. Soriano Virués, B. J. *Cálculo de transportador sinfín para aceituna*. [en línea]. Departamento de ingeniería del diseño, Escuela Superior de Ingeniería de Sevilla. [Consultado: 19 de mayo de 2013] Disponible en: <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/3976/fichero/TOMO+II%252FIV.8.C%C3%A1lculo+de+transportador+sinf%C3%ADn+para+aceituna.pdf>
8. Soto Berumen L. H. *Perfeccionamiento del cálculo de las transmisiones por tornillo sin fin a las tensiones de contacto*. [en línea]. 8vo Congreso Iberoamericano de Ingeniería Mecánica. 2007. [Consultado: 19 de mayo de 2013]. Disponible en: <http://congreso.pucp.edu.pe/cibim8/pdf/05/05-39.pdf>
9. *Tornillos Sinfín*. Departamento de Ingeniería Mecánica. [en línea]. Universidad Carlos III. Madrid. España. [Consultado: 19 de mayo de 2013] Disponible en: [http://ocw.uc3m.es/ingenieria-mecanica/ingenieria-de-transportes/material-de-clase-1/tornillos\\_sin\\_fin.pdf](http://ocw.uc3m.es/ingenieria-mecanica/ingenieria-de-transportes/material-de-clase-1/tornillos_sin_fin.pdf)



10. RRL *Manual de operaciones de la planta Preparación de Mineral*. Características de tornillos sinfín.

## ANEXO 1

Tabla 1 Características técnicas del equipo (tornillos sinfín 3 y 4)

No	Nombre	Cant
1	Peso del tornillo sinfín (kg)	26,65
2	Espesor (mm)	3,5
3	Temperatura del mineral (°C)	70 -80
4	Granulometría media (mm)	83% (< 0.076) maya -200mesh, humedad 5%.
5	Coeficiente de llenado%	20
6	Diámetro interior del tubo (mm)	78
7	Diámetro del tornillo sinfín(mm)	315
8	Longitud total (mm)	11000
9	Densidad (t/m <sup>3</sup> )	0,9
10	Capacidad (t/horas)	29,72
11	Velocidad de giro (min <sup>-1</sup> )	90
12	Paso del tornillo (mm)	240



**ANEXO 2: Modelo de Orden de Servicios con Cargos**



**Modelo de Orden de Servicio con Cargos**



Fecha de Creación: 01/5/2012

Informe de la Orden de Servicio	No.O.S	108778
Cambio de los sinfines 3 y 4 por el sinfín 34.		

**Resumen de costos Reales de la Orden de Servicio**

Costo de Mano de Obra	\$445.86
Costo de Materiales	\$1,271.18
Costo de Medios de Trabajo	\$0.00
Costo de Otros costos	\$0.00
Costo Total	\$1,717.04

Fecha	Observación
01/05/2012	Se desmontaron los sinfines existentes.
02/05/2012	Se desmontaron los motores y los reductores.
03/05/2012	Se desmontaron las bases. Se modificaron las mismas y se montaron nuevas.
04/05/2012	Se montó la base para el sinfín, se atornillaron y se soldaron.
05/05/2012	Se montó el motor y el reductor nuevo.
06/05/2012	Se montó la caja y el sinfín.
07/05/2012	Se alineó el sinfín, se atornillaron los colgantes, se atornillo la tapa.
08/05/2012	Se hizo una revisión minuciosa para ver que este quedara apto para su uso.

Cliente	100210	Planta Preparación de Mineral	108778-120500938
Ejecutor	400221	Mantenimiento Secadero	
Trabajo	CAM	Cambiar	
Objeto	SFM-003	Sinfín 3 y 4 del Filtro de Manga	
Fecha de Inicio	01/05/2012 07:00:00a.m.	Fecha de culminación	08/05/2012 05:30:00p.m.

**Mano de obra**

Fecha	Chapa	Empleado	Tiempo	Tarifa	Importe
01/5/2012	25494	Welter Mora	9 Horas	\$2.81	\$25,29
01/5/2012	25685	Erexis Cruz Rodríguez	9 Horas	\$2.81	\$25,29
01/5/2012	26521	Raudel Lao Torres	9 Horas	\$2.81	\$25,29
01/5/2012	26620	Yunieski Ricardo Nápoles	9 Horas	\$2.81	\$25,29
01/5/2012	25677	Yordanis Suárez Olivero	9 Horas	\$2.81	\$25,29
02/05/2012	25494	Welter Mora	9 Horas	\$2.81	\$25,29
02/05/2012	25685	Erexis Cruz Rodríguez	9 Horas	\$2.81	\$25,29
02/05/2012	26521	Raudel Lao Torres	9 Horas	\$2.81	\$25,29
02/05/2012	26620	Yunieski Ricardo Nápoles	9 Horas	\$2.81	\$25,29
02/05/2012	25677	Yordanis Suárez Olivero	9 Horas	\$2.81	\$25,29
03/05/2012	25494	Welter Mora	9 Horas	\$2.81	\$25,29
03/05/2012	25685	Erexis Cruz Rodríguez	9 Horas	\$2.81	\$25,29
03/05/2012	26521	Raudel Lao Torres	9 Horas	\$2.81	\$25,29
03/05/2012	26620	Yunieski Ricardo Nápoles	9 Horas	\$2.81	\$25,29
03/05/2012	25677	Yordanis Suárez Olivero	9 Horas	\$2.81	\$25,29

Continúa



Fecha	Chapa	Empleado	Tiempo	Tarifa	Importe
04/5/2012	25494	Welter Mora	9 Horas	\$2.81	\$25,29
04/5/2012	25685	Erexis Cruz Rodríguez	9 horas	\$2.81	\$25,29
04/5/2012	26521	Raudel Lao Torres	9 Horas	\$2.81	\$25,29
04/5/2012	26620	Yunieski Ricardo Nápoles	9 Horas	\$2.81	\$25,29
04/5/2012	25677	Yordanis Suárez Olivero	9 Horas	\$2.81	\$25,29
05/05/2012	25494	Welter Mora	9 Horas	\$2.81	\$25,29
05/05/2012	25685	Erexis Cruz Rodríguez	9 Horas	\$2.81	\$25,29
05/05/2012	26521	Raudel Lao Torres	9 Horas	\$2.81	\$25,29
05/05/2012	26620	Yunieski Ricardo Nápoles	9 Horas	\$2.81	\$25,29
05/05/2012	25677	Yordanis Suárez Olivero	9 Horas	\$2.81	\$25,29
06/05/2012	25494	Welter Mora	9 Horas	\$2.81	\$25,29
06/05/2012	25685	Erexis Cruz Rodríguez	9 Horas	\$2.81	\$25,29
06/05/2012	26521	Raudel Lao Torres	9 Horas	\$2.81	\$25,29
06/05/2012	26620	Yunieski Ricardo Nápoles	9 Horas	\$2.81	\$25,29
06/05/2012	25677	Yordanis Suárez Olivero	9 Horas	\$2.81	\$25,29
07/05/2012	25494	Welter Mora	9 Horas	\$2.81	\$25,29
07/05/2012	25685	Erexis Cruz Rodríguez	9 Horas	\$2.81	\$25,29
07/05/2012	26521	Raudel Lao Torres	9 Horas	\$2.81	\$25,29
07/05/2012	26620	Yunieski Ricardo Nápoles	9 Horas	\$2.81	\$25,29
07/05/2012	25677	Yordanis Suárez Olivero	9 Horas	\$2.81	\$25,29
08/05/2012	25494	Welter Mora	9 Horas	\$2.81	\$25,29
08/05/2012	25685	Erexis Cruz Rodríguez	9 Horas	\$2.81	\$25,29
08/05/2012	26521	Raudel Lao Torres	9 Horas	\$2.81	\$25,29
08/05/2012	26620	Yunieski Ricardo Nápoles	9 Horas	\$2.81	\$25,29
08/05/2012	25677	Yordanis Suárez Olivero	9 Horas	\$2.81	\$25,29
<b>Total</b>	-	5 trabajadores	360 Horas	112.4	1011.6

**Materiales**

No.Vale	Fecha	Código	Material	Cant.	U/M	Precio	Importe
569-120	01/05/12	31610806130000	Electrodo P/A E-6013/3.2	5	KG	3.12338	\$15.61690
569-120	01/05/12	31610806130000	Electrodo P/A E7018 X 3.2	10	KG	3.19968	\$31.99680
569-120	01/05/12	31610806130000	Electrodo P/A E7018 4,0	10	KG	3.17701	\$31.77010
145-119	02/05/12	62810045290000	Estr. Metálica Viga I 300	2	TON	595.899	\$1191.799
455-118	02/05/12	72839945821000	Tornillo	4	Cant.	458.365	\$1833.460
<b>Total Materiales:</b>		<b>\$ 3104.6428CUC</b>					





### Anexo 3: Cálculo de comprobación de la productividad de los transportadores 3 y 4

$D1 := 0.315$       Diámetro (m)

$P_{sf} := 0.24$       Paso (m)

$n := 90$       Frecuencia de rotación (rev/min)

$\rho := 0.981$       Densidad (t/m<sup>3</sup>)

$C_{\beta} := 1$       Coeficiente que depende del ángulo de inclinación del transportador

$\psi := 0.30$       Coeficiente de llenado

$$Q := 60 \cdot \frac{\pi \cdot D1^2}{4} \cdot P_{sf} \cdot n \cdot \psi \cdot \rho \cdot C_{\beta} \quad Q = 29.724 \quad \text{Productividad}$$

### Anexo 4: Cálculo de los parámetros del tornillo diseñado.

$Q := 60$        $P_{sf} := 0.36$        $\rho := 0.981$        $C_{\beta} := 1$        $L := 22.0$

$\psi := 0.30$

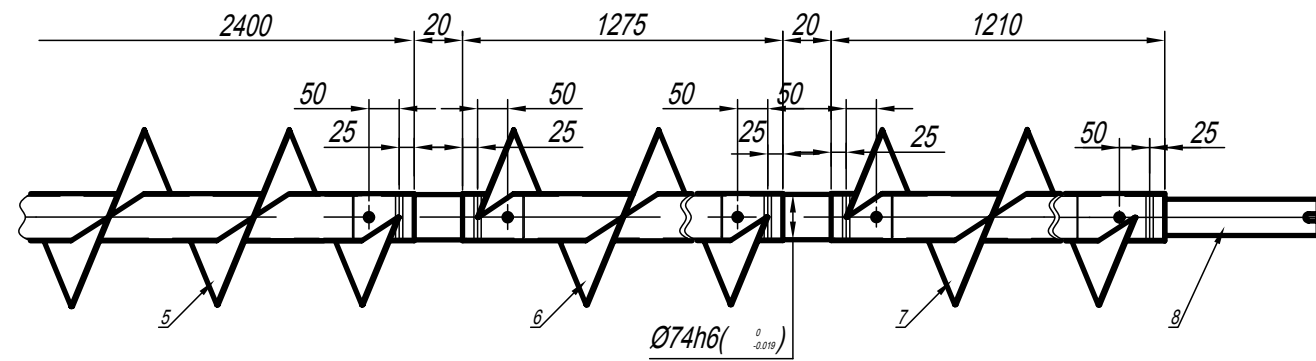
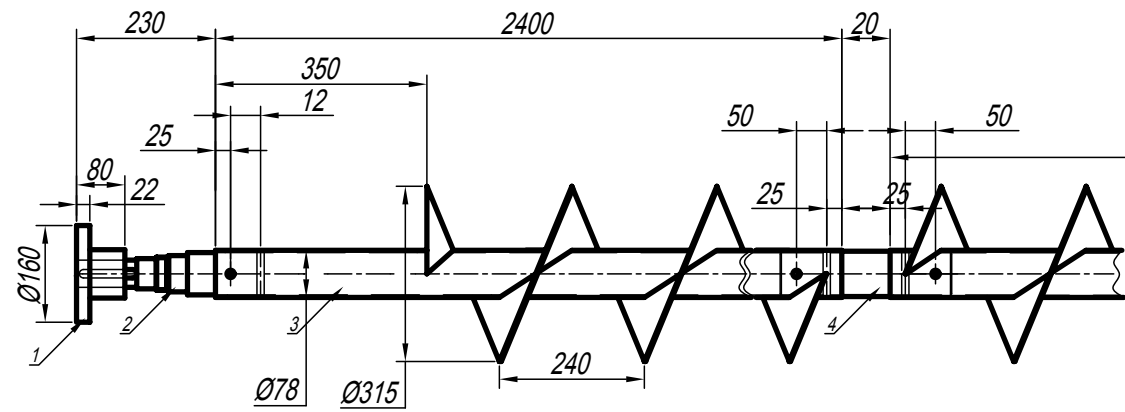
$$D := \sqrt[3]{\left[ \left( \frac{Q \cdot 4}{60 \cdot 50 \pi \cdot P_{sf} \cdot \psi \cdot \rho \cdot C_{\beta}} \right)^2 \right]}$$

$D = 0.387$

$$n := \frac{50}{\sqrt{D}}$$

$n = 80.418$        $n := 95$       estandarizado

$$N_t := \frac{Q \cdot L}{367} \quad N_t = 3.597 \text{ (kW)}$$



Marca	Posición		Denominación	Long.	Cantidad		Masa en Kgs			Formato	Observ
	C/D	S/D			d	i	Una	Todas	Marca		
	1		Coupling		1					A3	SK-A-5159
	2		Eje Motriz		1					A3	SK-A-5160
	3		Tramo Motriz	2400	1					A3	SK-A-5161
	4		Eje Intermedio		4					A3	SK-A-5162
	5		Tramo Intermedios y de cola	2400	1					A3	Ver Tabla SK-A-5163
	6		Tramo Intermedios	1275	1					A3	Ver Tabla SK-A-5163
	7		Tramo de Cola	1210	1					A3	SK-A-5163
	8		Eje Cola		1					A3	SK-A-5164
	9		Grampa		4					A3	SK-A-5165
			Artículos normalizados								
	10		Tomillo		20						
	11		Tuerca		20						
	12		Arandela		20						

No. Invest. O.T.      Fecha y Firma      Sustituye a:      No. Invent. D      Firma y Fecha

Mod	Cant.	No. Notif.	Firma.	Fecha.
Dibujado.		L.Ricardo		21.03.2013
Proyectado.		L.Ricardo		21.03.2013
Revisado.		R.Lambert		21.03.2013
Cont. Tec.				
Cont. Nor.				
Aprobado.		R.Martínez		

Planta Secaderos y Molinos  
 Filtro de Mangas  
 Sinfín 3 y 4  
 Conjunto

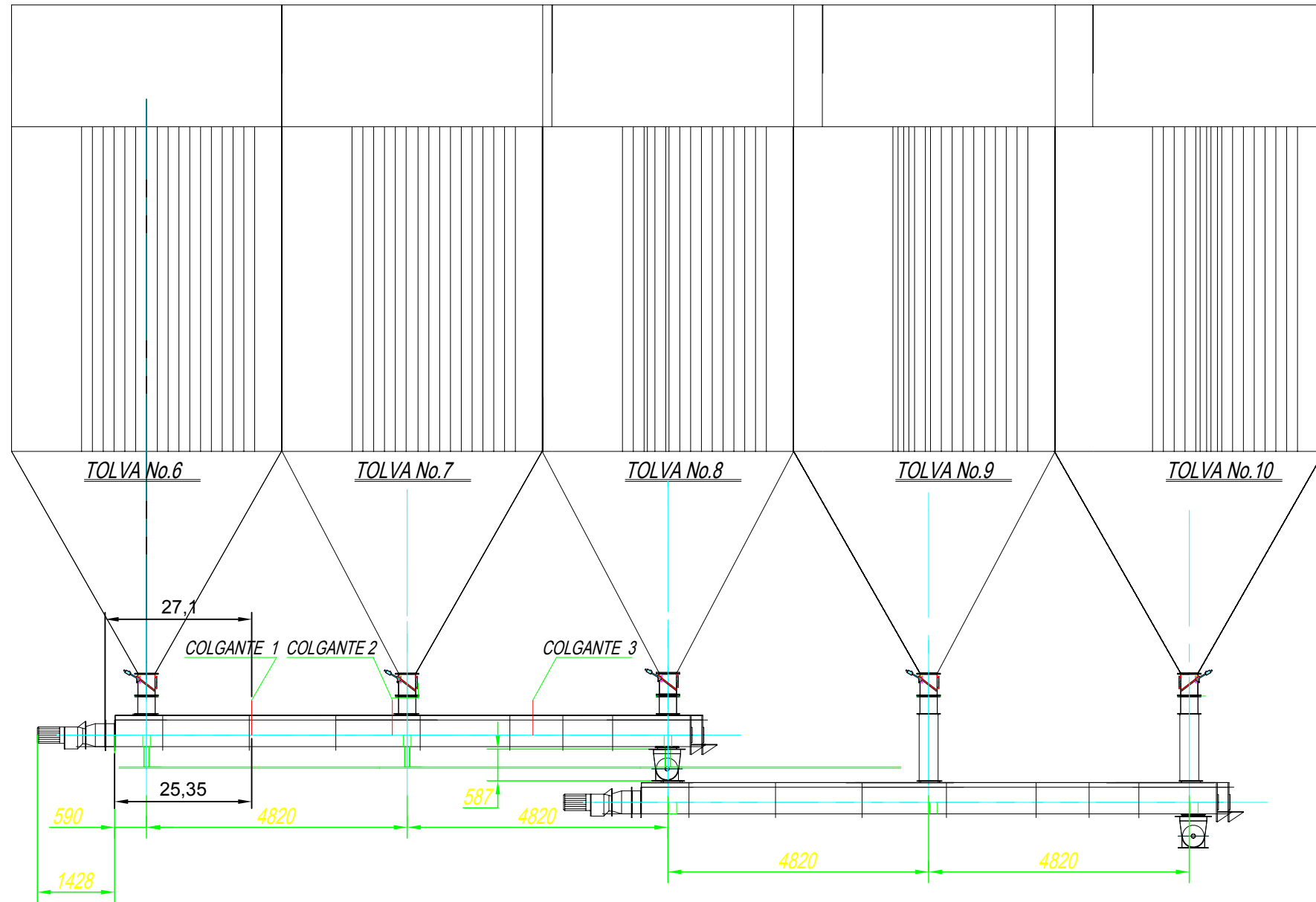
ISMMM

Etapas de Elaboración

DF.			
Masa.	Escala.	Hoja No.	Cant. de Hojas
	1:20		

A-708

✓(✓)



FIRMA Y FECHA.
No. INVENT. D.
SUSTITUYE A.
FIRMA Y FECHA.
No. INVENT. D. T.

MOD.	CANT.	Nro. NOTIF.	FIRMA.	FECHA
DIBUJADO		L.RICARDO		17-06-13
PROYECTADO		L.RICARDO		17-06-13
REVISADO		R.LAMBERT		
CONT. TEC				
CONT. NOR				
APROBADO		R.MARTINEZ		

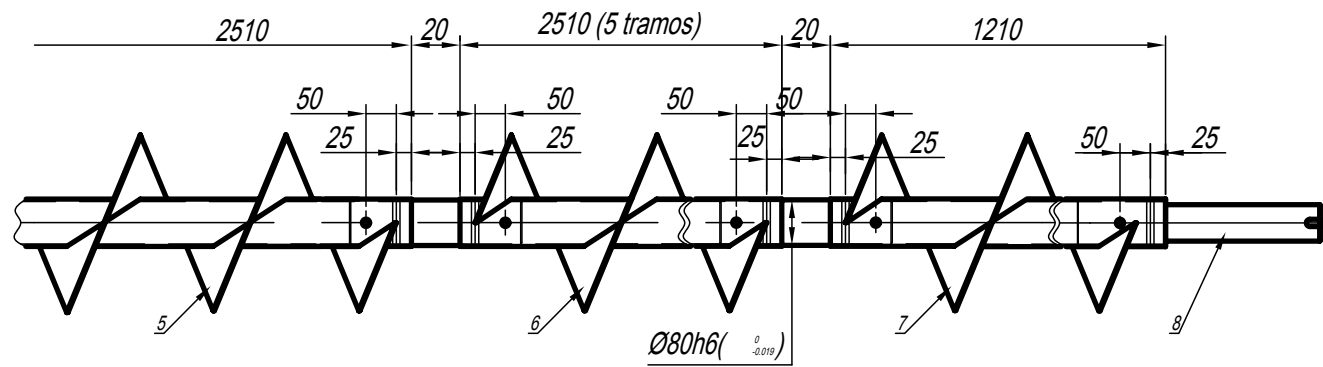
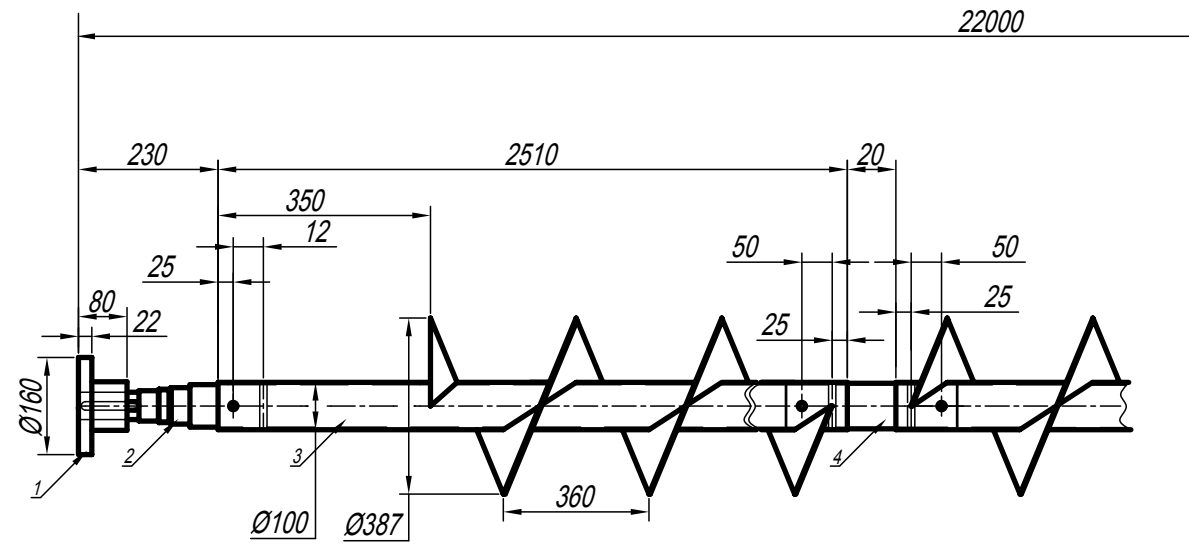
PLANTA DE PREPARACIÓN DE MINERAL.  
MONTAJE DEL SINFIN 3 y 4

MATERIAL.

**ISMMM**

ETAPAS DE ELABORACION

D.T			
MASA	ESCALA	HOJA No.	CANT. DE HOJAS
	1/100		

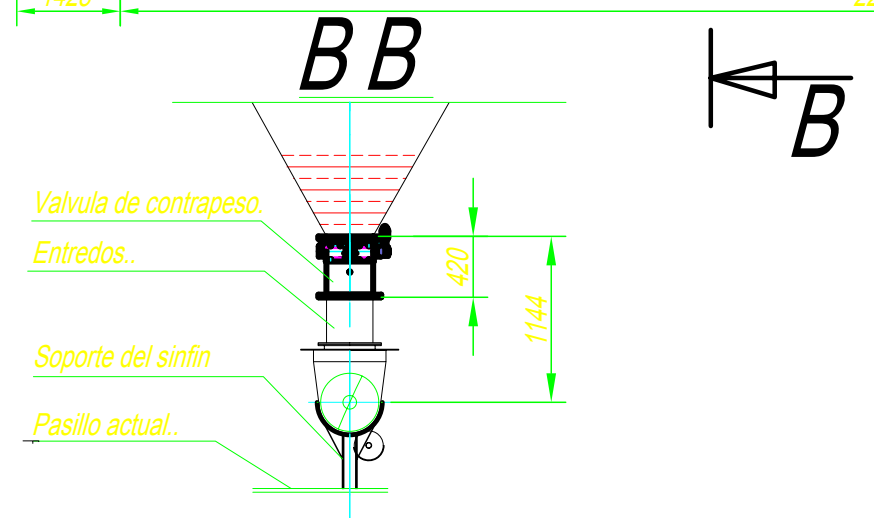
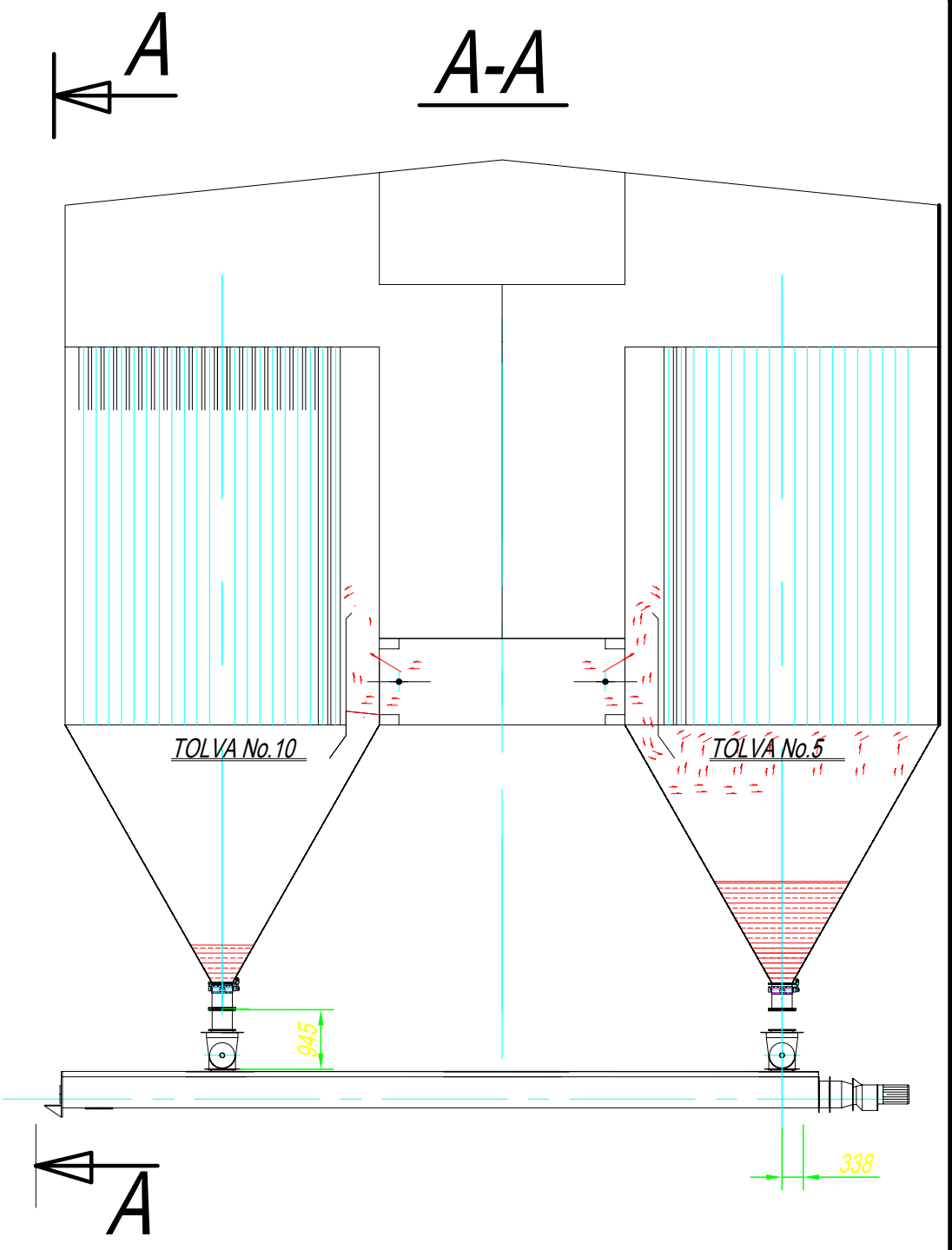
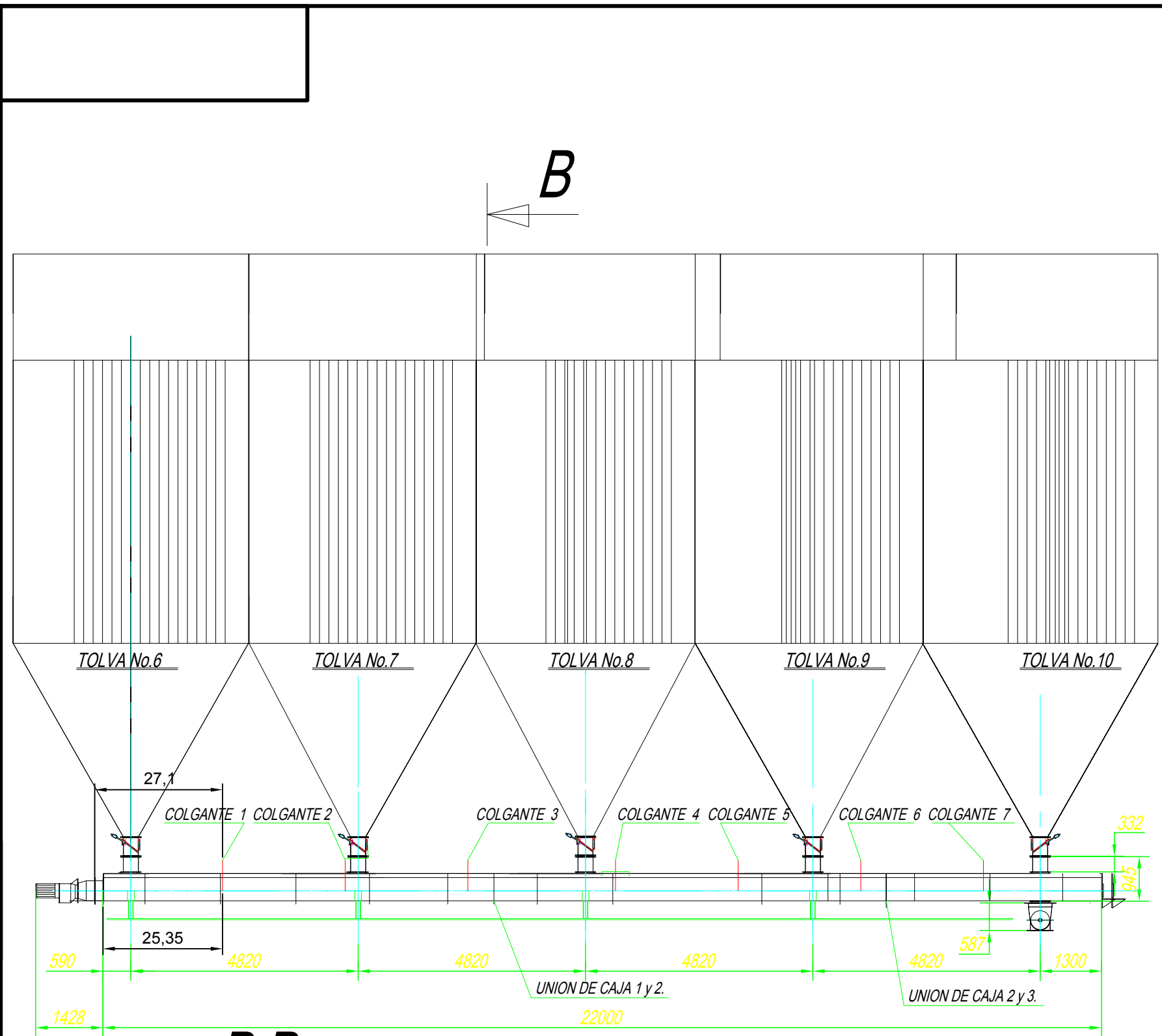


Marca	Posición		Denominación	Long.	Cantidad		Masa en Kgs			Formato	Observ
	C/D	S/D			d	i	Una	Todas	Marca		
	1		Coopling		1					A3	SK-A-5159
	2		Eje Motriz		1					A3	SK-A-5160
	3		Tramo Motriz	2400	1					A3	SK-A-5161
	4		Eje Intermedio		4					A3	SK-A-5162
	5		Tramo Intermedios y de cola	2400	1					A3	Ver Tabla SK-A-5163
	6		Tramo Intermedios	1275	1					A3	Ver Tabla SK-A-5163
	7		Tramo de Cola	1210	1					A3	SK-A-5163
	8		Eje Cola		1					A3	SK-A-5164
	9		Grampa		4					A3	SK-A-5165
	Artículos normalizados										
	10		Tomillo		20						
	11		Tuerca		20						
	12		Arandela		20						

Mod Cant. No. Notif. Firma. Fecha. Dibujado. L.Ricardo 21.03.2013 Proyectado. L.Ricardo 21.03.2013 Revisado. R.Lambert 21.03.2013 Cont. Tec. Cont. Nor. Aprobado. R.Martínez					Planta Preparación de Mineral			<b>ISMMM</b> Etapas de Elaboracion DF. Masa. Escala. Hoja No. Cant. de Hojas 1:20 <b>A-708</b>
					Filtro de Mangas			
					Sinfin diseñado			
					Conjunto			
Material.								

No. Invest. O.T.	Fecha y Firma	Sustituye a:	No. Invent. D	Firma y Fecha

✓(✓)



FIRMA Y FECHA
No. INVENT. D.
SUSTITUYE A.
FIRMA Y FECHA
No. INVENT. D.T.

MOD.	CANT.	Nro. NOTIF.	FIRMA.	FECHA
DIBUJADO		L.RICARDO		17-06-13
PROYECTADO		L.RICARDO		17-06-13
REVISADO		R.LAMBERT		
CONT. TEC				
CONT. NOR				
APROBADO		R.MARTINEZ		

PLANTA DE PREPARACIÓN DE MINERAL.

MONTAJE DEL SINFIN

MATERIAL.

<b>ISMMM</b>			
ETAPAS DE ELABORACION			
D.T			
MASA	ESCALA	HOJA No.	CANT. DE HOJAS
	1/100		