

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
Facultad de Ingeniería



ESTUDIO DE LA CAPACIDAD E IMPLEMENTACIÓN DE BANDA PARA AZÚCAR CRUDO DE
INGENIO MADRE TIERRA.

Trabajo de graduación presentado por
Mario Francisco Porón Jerónimo.
para optar el grado académico de
Licenciado en Ingeniería en Tecnología Industrial

Guatemala
2015

ESTUDIO DE LA CAPACIDAD E IMPLEMENTACIÓN DE BANDA PARA AZÚCAR CRUDO DE
INGENIO MADRE TIERRA.

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
Facultad de Ingeniería

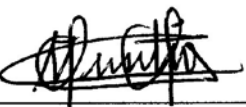


ESTUDIO DE LA CAPACIDAD E IMPLEMENTACIÓN DE BANDA PARA AZÚCAR CRUDO DE
INGENIO MADRE TIERRA.

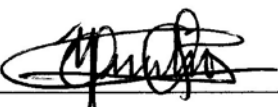
Trabajo de graduación presentado por
Mario Francisco Porón Jerónimo.
para optar el grado académico de
Licenciado en Ingeniería en Tecnología Industrial


Guatemala
2015

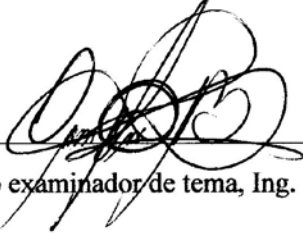
Vo. Bo.:

(F) 
Asesor, Ing. Sergio Estuardo Barrera Urrutia

Tribunal examinado:

(F) 
Ing. Sergio Estuardo Barrera Urrutia.

(F) 
Primer examinador de tema, Ing. Alejandra Bonilla.

(F) 
Segundo examinador de tema, Ing. Otto Paiz.

Fecha de aprobación: Guatemala 27 de enero de 2015

CONTENIDO

LISTA DE FIGURAS.....	viii
LISTA DE CUADROS.....	ix
RESUMEN	x
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	2
A. General.....	2
B. Específico	2
III. JUSTIFICACIÓN.....	3
IV. MARCO TEÓRICO	4
A. El transportador de movimiento helicoidal	4
B. Elevador de azúcar	4
C. Componentes de un elevador de azúcar	5
1. Fuerza motriz del elevador	6
2. Salida.....	7
3. Ventanilla de inspección.....	7
4. Sección superior	7
5. Ventanilla de descarga	7
6. Sección media.....	7
7. Escotilla de limpieza	7
8. Fondo curvado.....	7
9. Take up	7
10. Fondo.....	8
D. Cangilones de azúcar	8
E. Definición del problema	10
F. Componentes de un transportador helicoidal.....	18
1. Hélices del conductor	19
2. Canal para el material.....	19
G. Componentes de una banda transportadora	32
1. Tambor de inflexión.....	33
2. Tambores de desvío.....	33
3. Tambor de tensión	33
4. Rodillo limpiador	33
5. Sistema de tensión	33
6. Estaciones superiores	33

A.	Estudio financiero	36
B.	Cálculo del incremento en eficiencia del sistema implementado	38
V.	CONCLUSIONES.....	39
VI.	RECOMENDACIONES	40
VII.	BIBLIOGRAFÍA	41

LISTA DE FIGURAS

Ilustración 1: Elevador de azúcar	5
Ilustración 2: Placa de datos técnicos	6
Ilustración 3: Cangilón estilo AA.....	8
Ilustración 4: Cangilón C.....	8
Ilustración 5: Cangilón estilo continuo.....	9
Ilustración 6: Cangilón estilo granos a alta velocidad	9
Ilustración 7: Vista frontal de la fuerza motriz de un elevador de azúcar crudo de ingenio madre tierra	10
Ilustración 8: Placa de datos técnicos motor Siemens para elevador de azúcar	11
Ilustración 9: Arreglo estándar de poleas reductoras de velocidad en elevador de azúcar.....	12
Ilustración 10: Placa con datos técnicos reductor de velocidad	13
Ilustración 11: Cadena SS.110=6	14
Ilustración 12: Cadena SS110	15
Ilustración 13: Elevador de azúcar crudo de ingenio Madre Tierra	16
Ilustración 14: Orden de elevadores de azúcar de ingenio Madre Tierra.....	17
Ilustración 14: Fuerza motriz de elevador de azúcar	17
Ilustración 16: Típico conductor helicoidal y sus partes	18
Ilustración 17: Chumacera de bronce para rodar transportadores helicoidales	20
Ilustración 18: Espiga o eje para tubo central de conductor helicoidal.....	20
Ilustración 19: Transportador helicoidal en mantenimiento	21
Ilustración 20: Patrón para nombrar transportador	27
Ilustración 21: Esquema básico de las partes que configuran una banda transportadora.....	32
Ilustración 22: Fms cálculo para banda transportadora	35

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Características de materiales	23
Tabla 2: Tabla para granos muy finos	25
Tabla 3: Codificación de transportador helicoidal	26
Tabla 4: Características de materiales	28
Tabla 5: Capacidad de transportador helicoidal en un 45%	29
Tabla 6: Clasificación por capacidad de carga de bandas transportadoras	34
Tabla 7: Costos para el montaje de banda transportadora	36
Tabla 8: Análisis VAN, valor actual neto.....	37
Tabla 9: Tasa de retorno	38

RESUMEN.

El ingenio Madre Tierra, a lo largo de los años, se ha caracterizado por un crecimiento continuo en el cual se han experimentado e implementado nuevas tecnologías azucareras, para incrementar la producción de azúcar el cual es el producto principal que ofrece la empresa al mercado, además de contar con los siguientes productos y subproductos:

Azúcar crudo (como materia prima para otros caramelos)

Azúcar blanco (para embalar y vender al mercado)

Energía (al mercado eléctrico nacional)

Existen otros productos, pero nos enfocaremos en el área de envasado de azúcar; específicamente en el área de azúcar crudo. Se propone implementar el siguiente estudio para determinar las causas de los siguientes factores de desgaste y fracturas en los elementos mecánicos del sistema de envasado para lo que recurriremos a un método de ingeniería del diagrama de causa y efecto del Dr. Kaoru Ishikawa, en la cual determinaremos varias causas para encontrar el verdadero efecto que ocasionan las diferentes fallas en los equipos como:

Fisuras en ejes motrices de elevadores.

Fisuras y fracturas en sprokets motrices de elevadores.

Derramamiento de azúcar fuera del canal del transportador helicoidal.

Descarrilamiento de las cadenas de los elevadores de azúcar.

Así se determinó que una de las causas de los problemas antes mencionados es la capacidad y/o potencia instalada en los transportadores helicoidales por lo cual se propone la instalación de una banda elastómera para mitigar dichos problemas, del cual el más severo es el reproceso del material azucarado, ya que debido a la certificación HACCP esto no debe existir porque forman parte de las inconformidades del sistema.

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad el ingenio Madre Tierra se encuentra en constantes cambios, ya que cada vez son más las exigencias del mercado, por lo cual ha implementado diversas herramientas tecnológicas para poder ser competitivo. Es por ello que se propone la implementación de un proyecto el cual consiste en la instalación de una banda elastómera, que permita absorber los picos de producción.

Es preciso destacar que con una buena implementación, orientación adecuada y el seguimiento del proyecto se alcanzará una eficiente producción y una mayor competitividad, para ello se hará uso de diferentes herramientas de ingeniería para determinar el punto inicial de la planta, es decir, la capacidad actual de los equipos para luego, con base en dichos resultados, realizar los cambios en equipos en la línea de transporte de azúcar, se estudiara las diferentes configuraciones de elevadores verticales, conductores helicoidales, que son principalmente el corazón del transporte dentro de la línea de producción.

Para la instalación de la banda elastómera que sustituirá uno de los conductores helicoidales también se realizara el estudio de capacidad instalada para determinar tanto volumen y velocidad apropiada para realizar dicha sustitución, para poder llegar al resultado propuesto en nuestros objetivos.

II. OBJETIVOS

A. Objetivo general:

Realizar estudio de las capacidades de, transportadores helicoidales, elevadores verticales, del área de manejo de azúcar de ingenio Madre Tierra y a partir de éste, determinar el problema y proponer la instalación de una banda transportadora para satisfacer la necesidad de eliminar los derrames de producto terminado en la línea de transporte.

B. Objetivos específicos:

1. Eliminar derrames de producto terminado en el transporte de azúcar.
2. Realizar el cálculo de las utilidades no captadas debido a derrames de azúcar en el área.
3. Realizar cálculo de eficiencia en el sistema si el producto se percibiera de manera completa.

III. JUSTIFICACIÓN

El ingenio se divide en áreas específicas, una de ellas es el área de manejo de azúcar, en la cual se encuentran los diversos mecanismos para el transporte del mismo hacia el despacho, los elementos que se encuentran en dicha área son los siguientes:

- Elevadores de azúcar.
- Transportadores helicoidales.
- Tolvas de descarga.
- Secadora.
- Enfriadora.

Sin embargo, debido a los incrementos de molienda, la potencia de estos, ha quedado subdimensionada; es decir que la potencia instalada de estos equipos se encuentra por debajo de la potencia de demanda del sistema. Este fenómeno queda evidenciado en los continuos derramamientos de productor terminado y se debe eliminar debido a que representa en muchos aspectos un mal manejo del producto; además de ello representa pérdidas a la empresa debido a que el reproceso del producto representa costos. Se debe evitar ya que debido a la certificación HACCP son puntos de control y se debe mantener la inocuidad de los alimentos a lo largo de la línea de producción del azúcar, desde la molienda hasta el manejo de azúcares y mieles.

Se piensa que los sobre esfuerzos en los ejes motrices y en los sprokets de los mismos, se deben a que la capacidad de los elevadores estaba calculada para una molienda diaria de 9,000 TMH y actualmente se encuentran en 11000 TMH.

Pero nos enfocaremos más en el cambio de un transportador helicoidal por una banda elástica, ya que el canal por el cual transporta el helicoidal se colapsa y provoca derramamientos de producto a raíz de esto se inició dicha investigación para el incremento de la potencia instalada de dicho transportador e instalar una banda en la cual el volumen transportado sea calculado con base en una molienda más amplia.

IV. MARCO TEÓRICO

A. El transportador de movimiento helicoidal

Recibe el nombre debido a la forma particular de sus filetes. En otras palabras podríamos definirle como un tornillo gigantesco. De hecho en lenguaje común de las empresas a este tipo de transportador se le denomina transportador de tornillo sin fin; otras denominaciones también pueden ser como conductor gusano ya que emula el movimiento de uno de estos bichos, el nombre técnico de este movimiento es roto traslatorio el transportador helicoidal realiza su función transportando volumen de material debido al arrastre del mismo a través del canal en el cual se encuentra encapsulado.

B. Elevador de azúcar

Los elevadores con los que se cuentan en el ingenio Madre Tierra son del tipo de cangilones los cuales están unidos a unas cadenas que los transportan en la unidad de tiempo.

Dentro del área de manejo de azúcar, se cuenta con dos transportadores helicoidales, uno que recibe el azúcar crudo de las centrifugadoras del tipo batch o automáticas, y otro que recibe todo el material azucarado denominado azúcar crudo, este como tal es un azúcar comestible pero no vitaminado y de color amarillento, debido al proceso que se aplica, luego de esto llega a la secadora se llama de esta manera ya que por contacto con tubería piro tubular, es decir que por el interior de la misma circula vapor, se elimina el resto de humedad intrínseca dentro del azúcar por lo cual se elimina el riesgo de creación de colonias o bacterias en el producto terminado. Luego de esto circula el azúcar hacia la enfriadora el cual rebaja la temperatura del secado para ser más manejable, no hay contacto entre ambos productos ya que por fechas se produce uno u otro, luego cae a cuatro elevadores denominados de la siguiente manera:

1B primer elevador de azúcar blanco

2B segundo elevador de azúcar blanco

1C primer elevador de azúcar crudo

2C segundo elevador de azúcar crudo

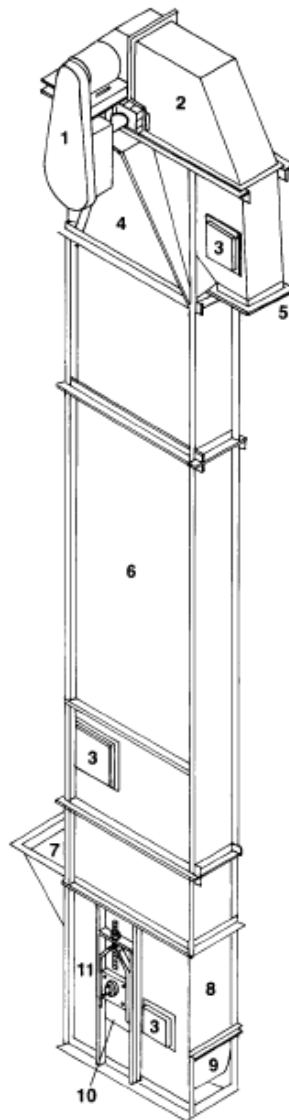
AUX, elevador auxiliar que funciona tanto para crudo como para azúcar blanco

Se procederá a la explicación detallada de cada uno de los componentes de los equipos instalados en esta área:

A. Componentes de un elevador de azúcar:

Los elevadores con los que se cuenta en la planta del ingenio Madre Tierra son del tipo de cangilones. Los elevadores del tipo de cangilones son aquellos que transportan materia de forma vertical a través de recipientes con un límite dado por el peso que soporta cada uno de los recipientes a continuación se detallará un elevador para el mejor estudio de cada uno de ellos.

Ilustración No. 1
Elevador de azúcar



(Fuente:
Martin Catalog (2001)
Recuperado de <http://www.martinsproket.com/>)

1.Fuerza motriz del elevador. La fuerza motriz de estos elevadores consta con un motor eléctrico que puede ser de:

HP: 10

RPM: 1750

Ratio Reductor: 24.91

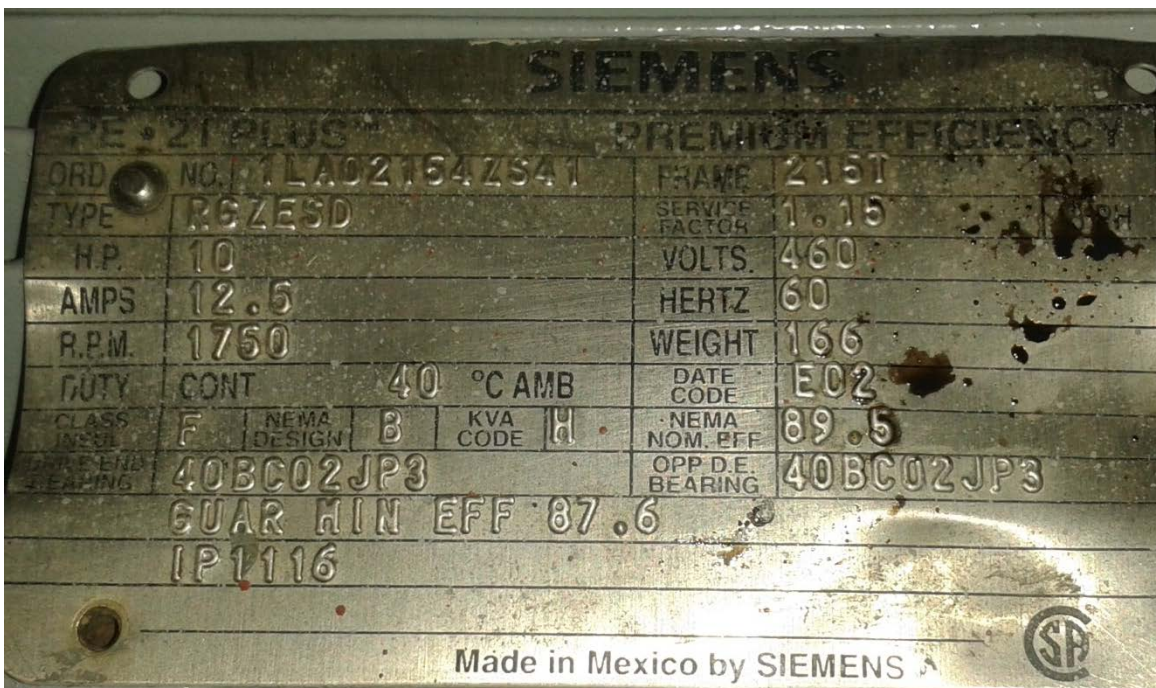
Juego de poleas:

Polea 1: 4"

Polea 2: 7"

El elevador tiene instalados dos formas de reducción de velocidad con el fin de contar con la reducción correcta para el transporte del volumen necesario, el cual se detallara más adelante en este mismo trabajo.

Ilustración No. 2
Placa de datos técnicos.



(Fuente: Elaboración propia)

Placa con datos que brinda la fuerza motriz a un elevador de azúcar en ingenio Madre Tierra.

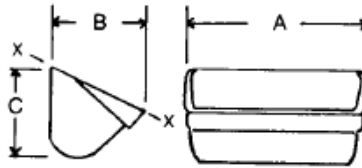
- 1. Salida.** En esta sección del elevador es por la cual el material transportado evacua del interior del elevador en el cual por gravedad se desliza hasta salir totalmente del elevador.
- 2. Ventanilla de inspección.** Esta ventanilla es de utilidad para la inspección de la materia transportada como también para verificar el estado de las cadenas, sprokets, cangilones y realizar el debido mantenimiento.
- 3. Sección superior.** Es la parte superior del elevador en la cual se encuentra la parte motriz del mismo.
- 4. Ventanilla de descarga.** En esta ventanilla es por donde descarga el material azucarado hacia el siguiente nivel de transporte.
- 5. Sección media.** La sección media del elevador es donde se alberga la mayor parte del volumen transportado y mantiene los cangilones en su sitio evitando de esta manera que se descarrilen y el material transportado se derrame.
- 6. Entrada.** Es por acá donde el material a transportar se deposita para su posterior transporte.
- 7. Escotilla de limpieza.** Esta pequeña ventanilla se desplaza y da lugar para poder realizar revisiones, entre las cuales encontramos limpieza, lubricación, inspección visual del eje conducido del equipo.
- 8. Fondo curvado.** El fondo curvado evita que los cangilones y la cadena choquen de manera abrupta en contra de las paredes del elevador y le proporciona un movimiento alineado para retomar el camino vertical.
- 9. Take up.** Es un rodamiento encajuado en unas guías que permite el movimiento de traslación del eje para dar ajuste a la cadena ya que debido al esfuerzo los materiales tienden a elongarse y esto se denota a mayor escala en una cadena ya que se integran las elongaciones de cada uno de los eslabones.

10. Fondo. Este es el fondo del elevador en el cual se deposita material desprendido de los cangilones en caso fuesen muy llenos o si sufriera algún tipo de vibración el equipo.

B. Cangilones del elevador

Los cangilones del elevador no son más que los recipientes en los cuales el material a transportar se deposita para el fácil manejo del mismo la potencia de estos está dada en peso ya que debido al movimiento vertical que estos realizan se debe expresar en libras fuerza para tener conocimiento del límite de la cadena que lo transportara, los cangilones de los elevadores según Martin catalogue la cual es una marca que distribuye este tipo de cangilones los divide de la siguientes estilos y formas:

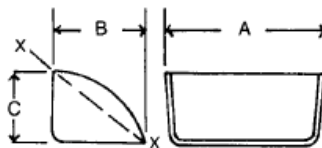
Ilustración No. 3
Cangilón estilo AA.



(Fuente:
Martin Catalog (2001)
Recuperado de <http://www.martinsproket.com/>)

Este estilo nos permite el transporte desde 1.0 hasta 21.8 libras por cada cangilón en el elevador.

Ilustración No. 4
Cangilón estilo C.

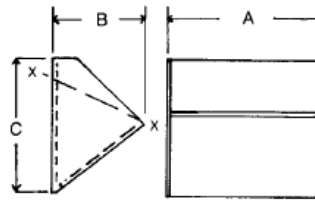


(Fuente:
Martin Catalog (2001)
Recuperado de <http://www.martinsproket.com/>)

El estilo C es uno de los más utilizados en la industria de los granos pequeños incluida la industria azucarera por lo que este es el tipo de cangilón utilizado en la planta, debido a su geometría los granos de azúcar se acomodan perfectamente y este es forzado a llenarse casi de manera completa, la capacidad de estos cangilones van desde las 2 hasta las 10.5 libras de capacidad de transporte.

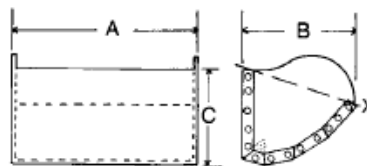
Otros estilos:

Ilustración No. 5
Cangilón estilo continuo.



(Fuente:
Martin Catalog (2001)
Recuperado de <http://www.martinsproket.com/>)

Ilustración No. 6
Cangilón estilo granos a alta velocidad.



(Fuente:
Martin Catalog (2001)
Recuperado de <http://www.martinsproket.com/>)

Este por la geometría es ideal para transportar granos de diferentes especies, pero con la diferencia que puede trabajar a alta revolución, a alta velocidad angular.

C. Definición del problema

Cuando la producción está al máximo los dos elevadores de cada tipo de material azucarado entran en línea, los cuales desempeñan un buen trabajo sin inconvenientes, y es acá en este punto en el cual nos encontramos con el problema ya que al final de los dos elevadores de azúcar blanco actualmente se encuentra una banda instalada la cual no ha ocasionado problemas, pero a la salida de los dos elevadores de azúcar crudo se encuentra nuestro transportador de tipo tornillo sin fin, o helicoidal, el cual se derrama y ocasiona que el producto terminado se reprocese por lo que se procederá a realizar el cálculo para la instalación de una nueva banda que sustituya a al transportador helicoidal por lo que será calculada a partir de las siguientes formulas, quincenalmente de parte de la fábrica se hacen cálculos de algo denominado Rendimiento de la fábrica, este término se refiere a la cantidad de azúcar que se realiza por tonelada de caña, es un término similar a la eficiencia si se hablara de algún equipo mecánico o eléctrico, para el conocimiento de la nueva instalación se comenzara por la descripción de los elementos que componen una banda transportadora, ya definidas las partes del elevador de azúcar procederemos a realizar el cálculo de la capacidad del elevador, para ello deberemos contar con los datos de uno de ellos, debido a que son estándar y la molienda se basa en la misma cantidad de caña, los cuatro elevadores tienen los mismos valores en potencia por lo que calcular la capacidad en uno bastara para tomar idea de la capacidad del resto de elevadores.

Ilustración No. 7

Vista frontal de la fuerza motriz de un elevador de azúcar crudo de ingenio Madre Tierra.



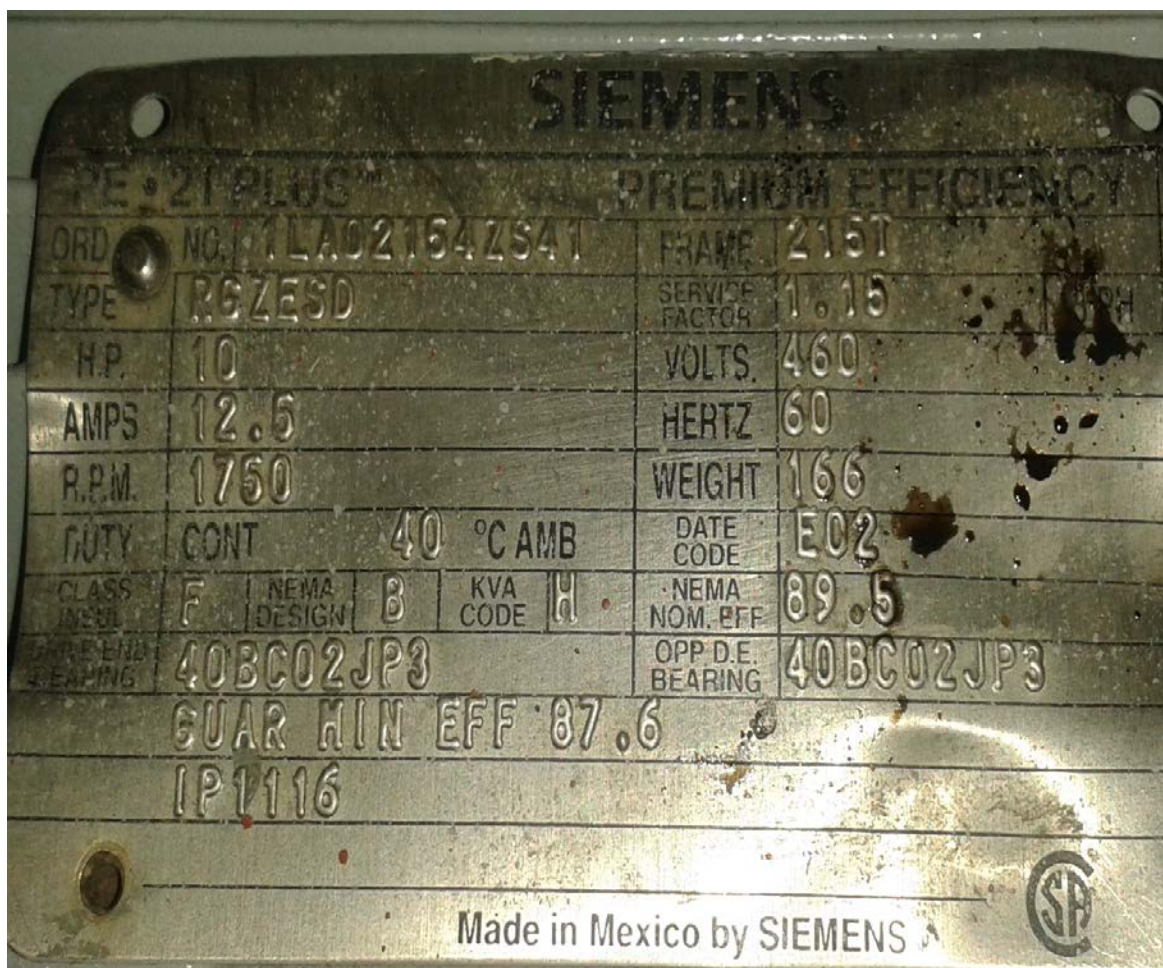
(Fuente: Elaboración propia)

En la fotografía se aprecia, el arreglo en la cual se cuenta con la potencia a partir de un motor siemens de 10 hp, este esta acoplado a la polea conductora y la polea conducida se encuentra acoplada a un reductor esto con el fin de llevar las revoluciones de salida a revoluciones admisibles del elevador.

Procederemos a realizar los cálculos de reducción del motor hasta el eje motriz del conductor y para ello definiremos los siguientes datos.

RPM motor: 1750

Ilustración 8
Placa de datos técnicos motor Siemens para elevador de azúcar



(Fuente: Elaboración propia)

Ilustración No. 9
Arreglo estándar de poleas reductoras de velocidad en elevador de azúcar

Poleas:

Polea conductora: 4"



Polea conducida: 7"

(Fuente:
Martin Catalog (2001)
Recuperado de <http://www.martinsproket.com/>)

Ratio del motor: 24.94:1

Ilustración No. 10
Placa con datos técnicos reductor de velocidad



(Fuente: Elaboración propia)

Contando con los datos anteriores podremos iniciar con el cálculo de reducción para esto se debe hacer de la siguiente manera.

$1750 \text{ rpm} \times 4'' = 7000/7'' = 1000 \text{ rpm}$ en la polea conducida

Hasta este momento se ha realizado el cálculo de reducción hasta la segunda polea o polea conducida, seguidamente procederemos a realizar el cálculo de reducción a la salida del reductor de velocidades, o caja de engranajes, lo cual procederemos de la siguiente manera.

$1000 / 24.94 = 40.096$ revoluciones por minuto en el eje conductor.

Otros datos interesante para realizar el cálculo del flujo a través del elevador es el tipo de cadena y en el caso de los elevadores de azúcar de ingenio madre tierra el tipo de cadena es una cadena SS 110, cuyo paso es de 6", definiremos el término paso para no crear duda, paso es la abertura o distancia que hay entre cada eslabón de la cadena la siguiente grafica lo definirá mejor:

Ilustración No. 11
Cadena SS.110=6



(Fuente:
Martin Catalog (2001)
Recuperado de [http://www. Equipment.cl](http://www.Equipment.cl))

En la fotografía se aprecia una cadena ss110 con un paso de 6" aunque en este tipo de cadena se puede elegir en una variedad de pasos, existen otros que aun siendo cadena ss110 tienen un paso de 4" por lo que se debe especificar la mayor cantidad de datos técnicos cuando se desea adquirir este tipo de cadenas allied lock, también procederemos a definir otro componente de nuestra fuerza motriz el cual es denominado sproket el sproket es la pieza en la cual la cadena encaja y de esta manera es movida mediante la fuerza mecánica, otras formas de denominar a un sproket es una rueda dentada, o piñón, la siguiente imagen lo ilustrara de mejor manera.

Ilustración No. 12
Cadena SS110



(Fuente:
Martin Catalog (2001)
Recuperado de [http://www.Vexrobotics.com/wiki/Term - Sprocket](http://www.Vexrobotics.com/wiki/Term_Sprocket))

El sproket del elevador de azúcar es de 15" de diámetro, ahora para proceder con el cálculo del flujo del elevador procederemos a realizar una conversión de velocidad angular a velocidad lineal, la cual quedará de la siguiente manera:

Rpm de salida del arreglo de reducción es de 40.096 rpm.

Para un mejor entendimiento de nuestra velocidad lo convertiremos a metros por segundo por lo que el diámetro de nuestro sproket pasará de ser.

$$15'' * 0.0254 \text{ metros} = 0.381 \text{ metros}$$

Ahora realizaremos el cálculo de la velocidad angular la cual dice que:

$$W = D * \text{rpm}$$

$$W = 0.381 * 40.96$$

$$W = 15.60 / 60 = 0.26 \text{ metros por segundo}$$

Ahora que ya tenemos velocidad lineal procederemos a calcular cuántos cangilones llegan en la unidad de tiempo por lo que procederemos a convertir 6" en metros.

$$6'' * 0.0254 = 0.1524$$

Ahora procederemos a calcular el tiempo en el cual llega cada cangilón a la salida tenemos la siguiente deducción:

$$0.26 \text{ m/s} / 0.1534 = 1.6949 \text{ segundos}$$

Esto quiere decir que a cada 1.6949 segundos le están llegando 8 libras ya que los cangilones de la planta son de 8 libras cada cangilón por lo que la capacidad en horas del elevador es la siguiente:

$3600 \text{ segundos} / 1.6949 = 2,124 \text{ unidades en una hora}$

$2124 \text{ unidades} * 8 \text{ libras} = 16,992 \text{ libras transportadas en una hora a máxima carga}$

Basado en el cálculo de la capacidad demandada del ingenio y el azúcar producido en una hora por el ingenio la cual se detallara más adelante podremos decir que el elevador aún sigue sobre dimensionado.

10,047 libras de azúcar producido en una hora

16,992 capacidades de transporte del elevador

Aun se cuenta con 6,992 libras como factor de seguridad del elevador.

A continuación se mostraran unas imágenes de cómo está organizada el área de manejo de azúcar en ingenio madre tierra:

Elevadores de azúcar:

Ilustración No. 13
Elevador de azúcar crudo de ingenio Madre Tierra



(Fuente: Elaboración propia)

En la fotografía se aprecia un elevador de azúcar denominado el elevador segundo de azúcar blanco 2B.

Ilustración No. 14
Orden de elevadores de azúcar de ingenio Madre Tierra



(Fuente: Elaboración propia)

En los elevadores de puede apreciar dos elevadores de azúcar, para especificar se encuentra el segundo elevador de azúcar blanco y el segundo elevador de azúcar crudo, 2B y 2C respectivamente.

Vista de la parte superior de un elevador de ingenio madre Tierra:

Ilustración No. 15
Fuerza motriz de elevador de azúcar

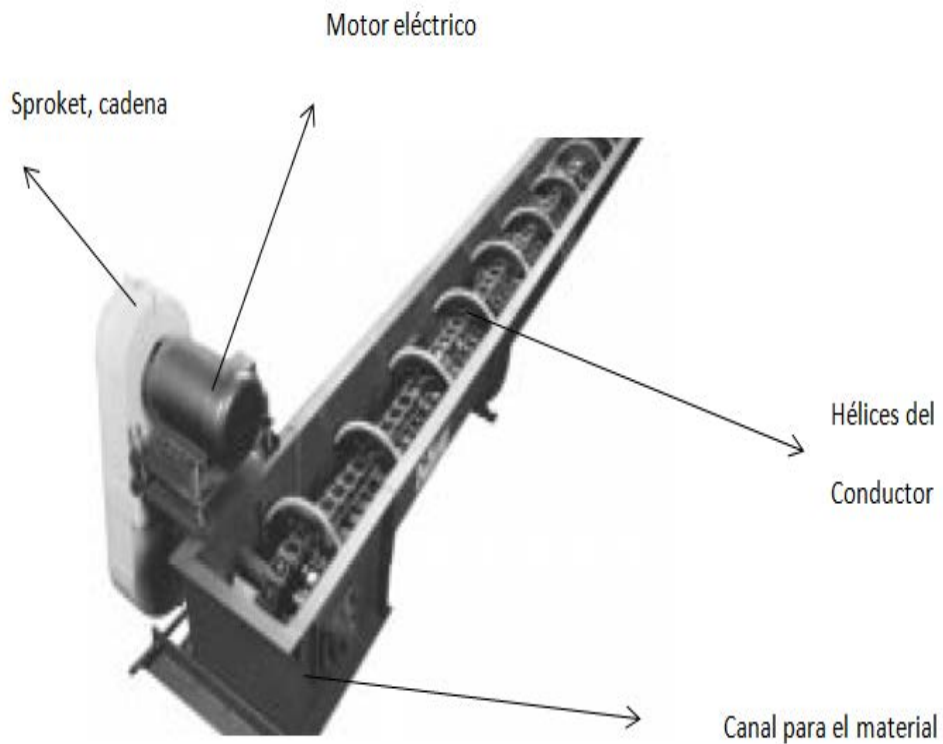


(Fuente: Elaboración propia)

D. Componentes de un transportador helicoidal:

Posteriormente procederemos a detallar el transportador de movimiento roto traslatorio, o helicoidal, este tipo de transportador tiene la singularidad de realizar un movimiento del tipo espiral, para ello cuenta de igual manera con fuerza motriz, sprokets y cadenas, y por su configuración o características físicas el inicia a transportar material debido a su geometría.

Ilustración No. 16
Típico conductor Helicoidal y sus partes



(Fuente:
Martin Catalog (2001)
Recuperado de <http://www.martinsproket.com/>)

Al igual que en los elevadores de azúcar en los conductores helicoidales, el encargado de transmitir potencia a el equipo es un motor eléctrico.

1. Hélices del conductor: Estas son las encargadas de desplazar el volumen másico a través del conductor debido a ser un movimiento roto traslato río.

2. Canal para el material: En a través de este canal es donde se desplaza el material transportado, con la ayuda del helicoidal el material es desplazado a través de este conducto. Además de estos componentes hay otros, que se utilizan únicamente cuando el conductor es demasiado largo que exceda los 6 metros de largo o 20 pies, la cual es una medida comercial para los fabricantes de tubos y barras debido al sistema de transporte, las plataformas cuentan con este largo, cuando el transportador es mayor a los 6 mt, se utiliza otra técnica para unir ambos ejes, por lo general un eje lo constituye un tubo hueco de CDH 80 el cual le da mayor espesor a las paredes del eje y de esta manera lo hace mucho más fuerte, en los extremos, llamados espigas, se realiza solamente una pieza que encaje con el tubo de cdh 80 y en el otro extremo se da medida interior de chumacera, luego se procede a perforar dos agujeros para atornillar la espiga al tubo de cdh 80, se detallará a continuación detallaremos el motivo de la elección de los materiales:

a. Acero inoxidable: Es un acero al carbono con una aleación de por lo menos un 11% de contenido en cromo de su peso.

Tubo cdh 80 de inoxidable 310, este material se utiliza como eje hueco del conductor helicoidal debido a que este está en contacto directo con el material azucarado, y este tiene la característica de ser granos pequeños, y son abrasivos, el inoxidable cuenta con alta resistencia a la abrasión, el cual presenta un desgaste a menor escala comparado con los aceros al carbono.

b. Bronce: El bronce al ser una aleación entre cobre y estaño este no tiene presente, hierro, por lo que el grado de oxidación es menor, además al inspeccionarlo visualmente no presenta arrumbe, además de no adherirse o formar lazos con el material alojado en su interior.

Ilustración No. 17
Chumacera de bronce para rodar transportadores helicoidales



(Fuente: Elaboración propia)

Chumacera en proceso de maquinado, en la fotografía el bronce se encuentra un paso atrás de la instalación en el interior, en la cual se instala la espiga y la espiga dentro del tubo

c. Espiga: La espiga o punta de eje del transportador helicoidal se fabrica en material de acero al carbono al 2% debido a que estos en su mayoría quedan fuera del alcance del azúcar por lo que no corren el riesgo de oxidación, además es un material más conveniente debido a la forma de mecanización, al operador del equipo torno se le facilita debido a que es un material que cuenta con menos dureza en comparación a otros, otra ventaja de este material es el costo es mucho menor que aceros aleados como el inoxidable.

Ilustración No. 18
Espiga o eje para tubo central de conductor helicoidal



(Fuente: Elaboración propia)

Espiga en proceso de maquinado, ubicado en la estación de barrenado de ingenio Madre Tierra, se hace con el fin de perforar dos agujeros a 180° para atornillar dicha espiga en el eje hueco.

Instalación de un transportador helicoidal en ingenio Madre Tierra:

En el cual se pueden apreciar la gran mayoría de componentes del transportador helicoidal.

Ilustración No. 19
Transportador helicoidal en mantenimiento



(Fuente: Elaboración propia)

En la fotografía se logra apreciar las hélices del transportador, el canal para depósito de la materia prima el azúcar.

Definidas las partes del transportador helicoidal procederemos a realizar el cálculo de la capacidad de nuestros conductores helicoidales.

Para ello tomaremos como base los pasos del manual y catálogo de productos Martin, en la cual se detalla paso a paso como realizar dicho cálculo.

Pasos para realizar el diseño de un conductor helicoidal:

- Establecer parámetros conocidos,
- Tipo de material a transportar
- Tamaño del grano más grande a transportar
- Porcentaje de este grano grande por volumen
- Distancia la cual debe recorrer el material para llegar a su destino
- Clasificar el material
- Clasificación del material de acuerdo a una tabla proporcionada en el manual de Martin
- Determinar la velocidad y el diámetro del transportador
- Determinar el tipo de cojinete o rodamiento a utilizar
- A partir de una tabla proporcionada en el catálogo de Martin
- Determinación de la potencia
- A partir de tabla en catálogo de Martin

A partir de la información antes detallada procederemos a la determinación de cada uno de los factores:

Tabla No. 1
Características de materiales

Major Class	Material Characteristics Included	Code Designation
Density	Bulk Density, Loose	Actual Lbs/PC
Size	Very Fine No. 200 Sieve (.0029") And Under No. 100 Sieve (.0059") And Under No. 40 Sieve (.016") And Under	A ₂₀₀ A ₁₀₀ A ₄₀
	Fine No. 6 Sieve (.132") And Under	B ₆
	Granular ½" And Under (6 Sieve to ½") 3" And Under (½ to 3") 7" And Under (3" to 7")	C _½ D ₃ D ₇
	Lumpy 16" And Under (0" to 16") Over 16" To Be Specified X=Actual Maximum Size	D ₁₆ D _X
	Irregular Stringy, Fibrous, Cylindrical, Slabs, Etc.	E
Flowability	Very Free Flowing	1
	Free Flowing	2
	Average Flowability	3
	Sluggish	4
Abrasiveness	Mildly Abrasive	5
	Moderately Abrasive	6
	Extremely Abrasive	7
Miscellaneous Properties Or Hazards	Builds Up and Hardens	F
	Generates Static Electricity	G
	Decomposes — Deteriorates in Storage	H
	Flammability	J
	Becomes Plastic or Tends to Soften	K
	Very Dusty	L
	Aerates and Becomes a Fluid	M
	Explosiveness	N
	Stickiness — Adhesion	O
	Contaminable, Affecting Use	P
	Degradable, Affecting Use	Q
	Gives Off Harmful or Toxic Gas or Fumes	R
	Highly Corrosive	S
	Mildly Corrosive	T
	Hygroscopic	U
	Interlocks, Mats or Agglomerates	V
	Oils Present	W
Packs Under Pressure	X	
Very Light and Fluffy — May Be Windswept	Y	
Elevated Temperature	Z	

(Fuente:
Martin Catalog (2001)
Recuperado de <http://www.martinsproket.com/>)

De la tabla anterior clasificaremos el material a transportar, azúcar, con las siguientes designaciones:

Según Handbook of Chemistry and Physics, la densidad del azúcar es de 1,5805 gr/cc

Por lo que se clasifica con una densidad en inglés como loose, en español una densidad loose es aquella densidad a la que hacemos referencia como suelta, si hiciéramos comparaciones de ambos extremos podríamos hacer las contrapartes con un metal pesado como el plomo.

11,340,000 gramos por centímetro cubico del plomo

Contra

1.5805 gramos por centímetro cubico.

Luego de clasificar su densidad procederemos a clasificar su grado de fineza, el azúcar como material visto desde el punto de vista microscópico es un material muy irregular, al ser cristales poseen una gran variedad de tamaños y formas, pero todas siguen un mismo patrón y no desarrollan tamaños más allá de los normales, por lo que se puede clasificar como muy fino, debido a una medida llamada Mesh, y podremos clasificar el azúcar con un mesh más bajo de 0.0029”

Tabla No. 2
Tabla para granos muy finos

U.S. MESH	INCHES	MICRONS	MILLIMETERS
3	0.265	6730	6.73
4	0.187	4760	4.76
5	0.157	4000	4
6	0.132	3360	3.36
7	0.111	2830	2.83
8	0.0937	2380	2.38
10	0.0787	2000	2
12	0.0661	1680	1.68
14	0.0555	1410	1.41
16	0.0469	1190	1.19
18	0.0394	1000	1
20	0.0331	841	0.841
25	0.028	707	0.707
30	0.0232	595	0.595
35	0.0197	500	0.5
40	0.0165	400	0.4
45	0.0138	354	0.354
50	0.0117	297	0.297
60	0.0098	250	0.25
70	0.0083	210	0.21
80	0.007	177	0.177
100	0.0059	149	0.149
120	0.0049	125	0.125
140	0.0041	105	0.105
170	0.0035	88	0.088
200	0.0029	74	0.074
230	0.0024	63	0.063
270	0.0021	53	0.053
325	0.0017	44	0.044
400	0.0015	37	0.037

(Fuente:

Recuperado de <http://imagen.slidesharecdn.com/meshtablasequivalencias-141001110308-phpp02/95/mesh-tablas-equivalencias-a-micrones-1-638.jpg?cb=1412179429>)

De acuerdo a la tabla anterior se analiza lo siguiente:

1.Fluides: En la tabla se consideran varios niveles de fluides, analizando de manera detenido azúcar coincide con una fluides muy alta cuyo código en la tabla se relaciona con 1.

2. Abrasividad: El azúcar por ser granos pequeños se considera como un material muy abrasivo ya que el constante roce con granos pequeños puede ocasionar desgastes severos en los materiales sino se selecciona de manera correcta, por lo que según la tabla de Martin es extremadamente abrasivo y le pertenece la siguiente designación de código 7.

También se deberá designar otras características como los peligros y riesgos que contraen el transporta dicho material a través del conductor helicoidal. Entre las cuales encontramos las siguientes:

- a. Genera estática eléctrica
- b. Al ser granos pequeños el roce uno a uno generara estática, G
- c. Flamabilidad, el roce entre los granos pequeños generara polvillo de azúcar y este se considera como polvo altamente flamable, J
- d. Al finalizar la tabla hemos recolectado información.

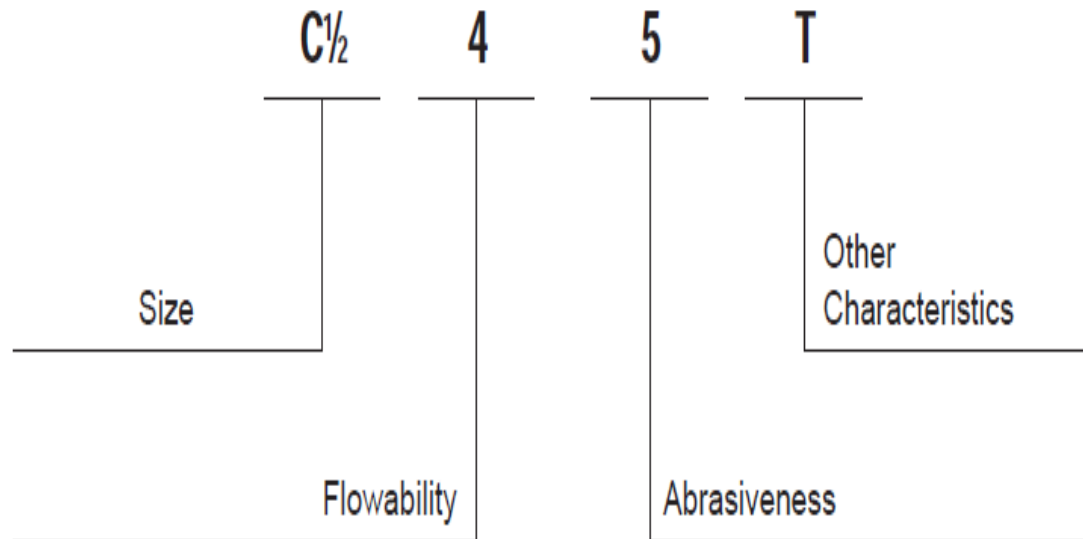
Tabla No. 3
Codificación de transportador helicoidal

Variable	Descripción	Código según tabla
Densidad	Loose, Floja	
Fineza	Muy fina	A200
Fluidez	Muy alta	1
Abrasividad	Extremadamente abrasivo	7
Estática		G
Flamabilidad		J

(Fuente: Elaboración propia)

Para crear código a nuestro transportador helicoidal será necesario el proseguir con el protocolo de nomenclatura de Martin, por lo que será necesario observar el siguiente código patrón para nombrar nuestro transportador.

Ilustración No. 20
Patrón para nombrar transportador



(Fuente: Elaboración propia)

Tamaño

Fluidez

Abrasivo

Otras características

Dando nomenclatura a nuestro transportador helicoidal nos quedará de la siguiente manera.

A200 1 7 GJ

La siguiente tabla que encontramos en el catálogo de Martin, nos proporciona datos de interés para los debidos cálculos, en la tabla encontramos 7 columnas cuya información es la siguiente en el debido orden de izquierda a derecha como:

1. Material

Peso expresado el libras por pie cubico, por pie de transportador.

Código de material para poder identificarlo en posteriormente en las siguientes tablas.

El tipo de cojinete intermedio.

Tabla No. 4
Características de materiales

Material	Weight lbs. per cu. ft.	Material Code	Intermediate Bearing Selection	Component Series	Mat'l Factor F _m	Trough Loading
Starch	25-50	A40-15M	L-S-B	1	1.0	45
Steel Turnings, Crushed	100-150	D3-46WV	H	3	3.0	30B
Sugar Beet, Pulp, Dry	12-15	C½-26	H	2	.9	30B
Sugar Beet, Pulp, Wet	25-45	C½-35X	L-S-B	1	1.2	30A
Sugar, Refined, Granulated Dry	50-55	B6-35PU	S	1	1.0-1.2	30A
Sugar, Refined, Granulated Wet	55-65	C½-35X	S	1	1.4-2.0	30A
Sugar, Powdered	50-60	A100-35PX	S	1	.8	30A
Sugar, Raw	55-65	B6-35PX	S	1	1.5	30A
Sulphur, Crushed — ½"	50-60	C½-35N	L-S	1	.8	30A
Sulphur, Lumpy, — 3"	80-85	D3-35N	L-S	2	.8	30A
Sulphur, Powdered	50-60	A40-35MN	L-S	1	.6	30A
Sunflower Seed	19-38	C½-15	L-S-B	1	.5	45
Talcum, — ½"	80-90	C½-36	H	2	.9	30B
Talcum Powder	50-60	A200-36M	H	2	.8	30B
Tanbark, Ground*	55	B6-45	L-S-B	1	.7	30A
Timothy Seed	36	B6-35NY	L-S-B	1	.6	30A
Titanium Dioxide (See Ilmenite Ore)	—	—	—	—	—	—

(Fuente:

Martin Catalog (2001)

Recuperado de <http://www.martinsproket.com/>)

Cabe mencionar que el actual procedimiento es para investigar la capacidad del transportador helicoidal si se deseara realizar uno partiendo de cero se deberá realizar otro procedimiento, el cual incluye otros cálculos partiendo de la necesidad que surja para solucionar un problema.

Ahora que ya contamos con el debido conocimiento procederemos a identificar mediante la siguiente tabla la capacidad de nuestro transportador helicoidal.

En las siguientes tablas se dará a conocer capacidades a partir de un valor relativo dado en porcentaje de la capacidad del transportador helicoidal, en la tabla encontramos cinco datos importantes los cuales son en orden de izquierda a derecha.

Porcentaje de carga

Diámetro del transportador helicoidal

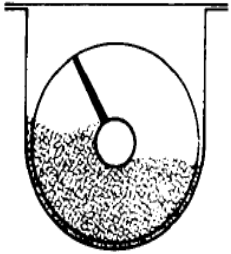
Material transportado en 1RPM

Material transportado cuando se tiene configurado las máximas RPM

Máximas revoluciones por minuto basado en el diámetro del transportador

Para la identificación de transportador helicoidal es necesario saber el diámetro de las hélices del conductor la cual es de 20"

Tabla No. 5
Capacidad de transportador helicoidal en un 45%

Trough Loading	Screw Dia. Inch	Capacity Cubic Feet Per Hour (Full Pitch)		Max. RPM	
		At One RPM	At Max RPM		
45%		4	0.62	114	184
		6	2.23	368	165
		9	8.20	1270	155
		10	11.40	1710	150
		12	19.40	2820	145
		14	31.20	4370	140
		16	46.70	6060	130
		18	67.60	8120	120
		20	93.70	10300	110
		24	164.00	16400	100
		30	323.00	29070	90

(Fuente:
Martin Catalog (2001)
Recuperado de <http://www.martinsproket.com/>)

De la anterior tabla podremos tomar los siguientes datos importantes:

Capacidad máxima: 45%

Diámetro del transportador helicoidal: 20"

Máxima revolución del tornillo: 56

Máxima capacidad de material a transportar 10300 pies cúbicos por hora

Capacidad de transporte de material a 1 RPM: 93.70 pies cúbicos por hora

Capacidad instalada en madre tierra: 56 RPM x 93.79 = 5247.2 pies cúbicos por hora

Ahora procederemos a realizar el siguiente análisis

10,047 libras de azúcar producido en una hora

Contra

10300 libras a máxima capacidad

Lo cual significa que los transportadores helicoidales se encuentran bien dimensionados pero ocurre un problema que más adelante se detallara.

En este momento de la investigación nos preguntaremos cual es la problemática con los transportadores helicoidales?, soportan bien la potencia de demanda con respecto a la capacidad de transporte del tornillo sin fin, pues ahora definiremos el flujo del azúcar a través del área de manejo de azúcar.

1 transportador helicoidal que recibe el azúcar crudo a la batería de centrifugas de crudo

1 transportador helicoidal que recibe azúcar blanco a la batería de centrifugas de blanco

Estos dos le distribuyen a otros cuatro transportadores helicoidales los cuales le distribuyen a cada uno de los elevadores respectivamente, hasta este punto la operación de los transportadores se realiza de manera correcta.

El problema de operación se da cuando descargan los elevadores

1B primero de blanco

2B segundo de blanco

Estos dos elevadores cuentan ya con una banda elastómera para transportar la materia prima hacia un silo en el cual se envasa en el transporte.

El problema es en el área de crudo

1C primero de crudo

2C segundo de crudo

Cuentan con un transportador helicoidal el cual recibe un flujo mayor al de los demás, se puede decir que recibe un flujo doble que los demás equipos, la banda de blanco lo absorbe de manera correcta porque fue diseñada con ese fin, pero ahora es necesaria la instalación de una banda para el azúcar crudo.

Esto surge debido a los problemas presentados en la última zafra, ya que ocurrían dos o tres derrames de azúcar en este transportador.

Procederemos a realizar el cálculo de pérdidas en este conductor helicoidal en base a la frecuencia y cantidad de material derramado semanalmente para luego llevarlo a un costo mensual y justificar la instalación de una nueva banda transportadora.

Semanalmente ocurrían de 5 a 6 derrames en el conductor,

Un paro en la línea significa dos tipos de costos

Costos directos

Pérdidas y costos por material derramado

Costos indirectos

Estos son mucho más complicados de realizar, debido a que se debe contabilizar el tiempo de parada y realizar las operaciones para ver cuánto se está dejando de percibir por el tiempo perdido por lo que solo los cálculos de los costos directos se realizarán.

Contabilizando derrames de unas 50 libras por evento en la semana Y ocurrían de 5 a 6 por semana, por lo cual tomaremos el valor más alto para contabilizar dichos costos.

6 Veces por semana x 50 libras= 300 libras que se derramaban al suelo, reproceso o desecho son las dos opciones y por la cual se inclina las decisiones es por la del reproceso, no significa que no tenga costos, suponiendo que se pierda todo el material derramado, actualmente en el mercado la libra de azúcar se encuentra a 5.50 Quetzales ahora procederemos a realizar el cálculo de pérdidas en una semana

$300 \times 5.50 = 1650$ semanal

1 mes= 4 semanas

$1650 \times 4 = 6600$ quetzales

Esta cantidad de dinero quizás no sea de mayor representación de gasto para una empresa de tal magnitud, pero es acá donde las habilidades de los ingenieros entran a jugar un papel muy importante tratando de reducir costos de manera que si se integran ya representan un alto costo, en una zafra de 6 meses estos pequeños derrames representan un costo de 39,600 quetzales lo suficiente para invertir en el diseño y desarrollo de nuevos equipos, instalaciones de nuevas formas de productividad.

E. COMPONENTES DE UNA BANDA TRANSPORTADORA

Ilustración No. 21 **Esquema básico de las partes que configuran una banda transportadora**

(Fuente:
Martin Catalog (2001)
Recuperado de <http://www.martinsproket.com/>)

Cabe mencionar que la imagen anterior representa una generalidad de las bandas transportadoras, es decir que no todas tienen las mismas características aunque la mostrada en la fotografía es una de las más completas, explicare las partes más resaltantes de dicha banda, otras partes como el sistema de fuerza motriz se ha explicado anteriormente en este mismo trabajo por lo que sería redundar en la explicación.

1. Tambor de inflexión: El tambor de inflexión, se trata de un rodo cuya función principal es mantener la banda tensa, y de manera que no sufra deflexiones en la parte inferior de la banda.

2. Tambores de desvío: Estos no son más que tambores que cambian de dirección a la banda, la banda procede desde el inicio en posición horizontal y al llegar a los rodillos de desvío esta toma una dirección vertical hacia la siguiente componente de la banda.

3. Tambor de tensión: Este tambor está colocado en esta posición para tensar la banda en la parte inferior, este rodillo tiene un principio siempre ya que por contrapeso este realiza su función de manera correcta.

4. Rodillo limpiador: Este rodillo esta en esta posición para retirar cualquier residuo que pueda contaminar el material a transportar en el caso de azúcar este no debe contaminarse debido a las normativas HACCP.

5. Sistema de tensión: Este sistema es necesario para ajustar las distancias de centro a centro entre ejes, de esta manera se incrementa o disminuye dicha distancia y de esta manera se tensa la faja.

6. Estaciones superiores: Estas tienen esta forma cóncava para que la faja sobre ella también adopte esta forma, y poder transportar el material de una manera más segura sin derramamientos de material.

La banda propuesta para realizar instalación se denomina banda del tipo cóncava, para la elección de la banda transportadora hace falta el cálculo de la cantidad de azúcar producido por hora por tonelada de caña por lo que se procederá a realizar.

A partir de un dato denominado Rendimiento que semanalmente se revisa dentro de la empresa cuyo valor es variable pero se tomara como referencia los últimos 4 datos y se procederá a realizar un promedio para la realización del cálculo últimos datos obtenidos por la información oficial del CENGICAÑA.

219 LB/TC

220 LB/TC

215 LB/TC

Los datos anteriores se interpretan de la siguiente manera, la fábrica esta producción 219 libras a partir de una tonelada de caña según el rendimiento y según los datos de molienda y el setting de los molinos esta molienda está constituida de la siguiente manera, se muelen 11000 toneladas cortas de caña por día, si procedemos a la realización del cálculo de azúcar producido en la fábrica nos queda de la siguiente manera:

$11000 \text{ toneladas de caña por día} / 24 \text{ horas día} = 458 \text{ toneladas de caña por hora}$

Si procedemos con el cálculo del rendimiento nos queda de la siguiente manera

$215 \text{ libras de azúcar /tonelada de caña} \times 458 \text{ toneladas de caña por hora} = 98470 \text{ libras de azúcar producido en una hora.}$

Como libras-fuerza, son unidades de peso procederemos al cálculo del volumen transportado por lo que nos queda de la siguiente manera:

Peso= Masa X aceleración de la gravedad

98470 libras fuerza/ 9.8 m/s²= nos da un flujo másico de 10047 lb lo cual pasaremos a kilogramos para facilitar el calculo

10047 libras * 0.4535 kilogramos= 4556 kilogramos, de estos nuevamente realizamos la conversión para llevarlos a metros cúbicos y de esta manera consultar la tabla y elegir la mejor opción para la instalación de nuestra banda transportadora

4556 kilogramos que también podríamos denotarlo de la siguiente manera.

4,556,000 gramos o bien 4556 litros por lo que tenemos la última conversión de litros a metros cúbicos la cual nos queda de la siguiente manera.

1 litro contiene 0.0010000 m³

4556 litros * 0,001 m³ = 4.556 metros cúbicos por hora de azúcar transportado en la unidad de tiempo.

Ahora que se conoce la cantidad de material azucarado a transportar se procede a observar la tabla proporcionada en el catálogo de bandas transportadoras de Forbo Movement System

TABLA DE CONSULTA PARA REALIZACION DE CÁLCULO:

Tabla No. 6
Clasificación por capacidad de carga de bandas transportadoras

b₀	mm	400	500	650	800	1000	1200	1400
Ángulo de concavidad 20°								
Ángulo de transporte 0°		21	36	67	105	173	253	355
Ángulo de transporte 10°		36	60	110	172	281	412	572
Ángulo de concavidad 30°								
Ángulo de transporte 0°		30	51	95	149	246	360	504
Ángulo de transporte 10°		44	74	135	211	345	505	703

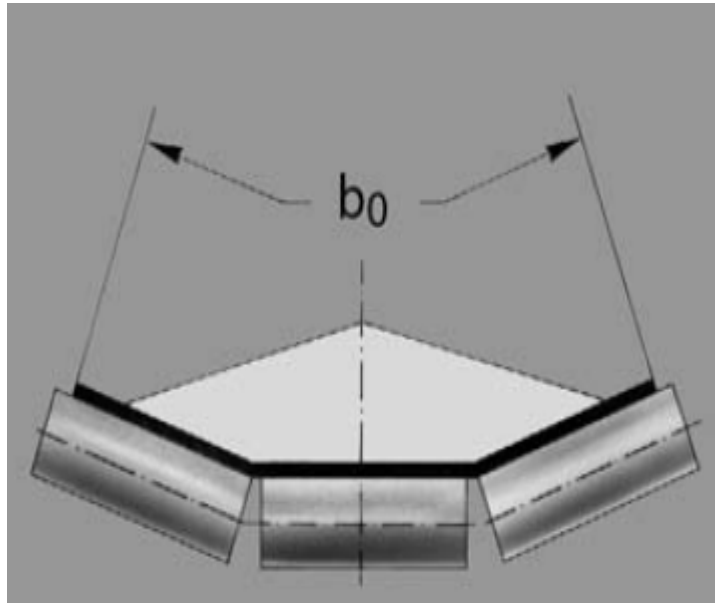
(Fuente:

Forbo Movement System 2007)

Recuperado de <http://www.forbo.com/movement/en-gl/downloads/brochures/technical-information/espanol/ps0krw>)

Ilustración No. 22

Fms cálculo para banda transportadora



(Fuente:

Forbo Movement System 2007)

Recuperado de <http://www.forbo.com/movement/en-gl/downloads/brochures/technical-information/espanol/ps0krw>)

Observando la tabla proporcionada podremos decir que la banda con un ángulo de concavidad de 20 grados y un ancho de 400 mm es capaz de transportar 21 metros cúbicos por hora a una velocidad de 1 m/s por lo que se denota a groso modo que este tipo de transportadores son diseñados para un volumen másico mucho mayor que los transportadores helicoidales.

Conocer los datos de nuestra banda transportadora solo queda definir tipo de materiales a utilizar, debido a la naturaleza del azúcar el tiende a dejar pequeñas partículas denominadas polvos inflamables, por lo que a la hora de elegir el material correcto debe hacerse pensando en un material anti incendios o con un coeficiente de inflamabilidad alto, se puede mencionar consultando otro catálogo de bandas transportadoras nos mencionan una denominada auto extingible la cual resiste a las llamas de fuego, esta nos presentan cuadros anti estática, mitiga las posibilidades de que surja un accidente como un incendio, el fabricante nos menciona que este tipo de banda son utilizadas en lugares vulnerables a las llamas, en lugares cerrados y para el transporte de materiales flamabes como los polvos azucarados, ahora definiremos los aspectos técnicos de nuestra banda como lo son los siguientes datos:

Largo: la banda a instalar debe tener alrededor de 7 metros de largo y se deberá instalar un soporte cada 0,5 por lo que deberán de ser 14 soportes con su debido ángulo para sujetar la banda.

F. Estudio financiero:

Los costos para la construcción de nuestra banda transportadora se detallan a continuación.

Tabla No. 7
Costos para el montaje de banda transportadora

Costos				
Materiales	Uso	Costo unidad	Cantidad necesaria	Total
Costanera 6"x2"x20'	Soporte para estructura de banda	210	4	840
Hierro angular de 2x2x20	Soporte perpendicular a las costaneras	210	3	630
Motor eléctrico trifásico de 10 Hp a 760 Rpm	Fuerza motriz para la banda	4173.44	1	4173.44
Reductor	Reducción de velocidad	No hay costos se reutilizo un reductor		
Banda de ¼ x 16 metros x 30 plg de ancho de larto grado alimenticio	Transporte de material	11960	1	11960
Estación de carga para banda transportadora	Estaciones de carga para banda y dar rigidez	1130	20	40203.44
Total				40203.44

(Fuente: elaboración propia)

Como se puede denotar los costos totales de nuestro proyecto ascienden a la suma de 40,204.44 quetzales, esto basado en diferentes cotizaciones de proveedores que suplen esta clase de materiales.

Para determinar la rentabilidad y liquidez de nuestro proyecto se debe realizar dos estudios que nos ayudaran a determinar la viabilidad de la construcción de la banda transportadora. Dichos estudios son bien conocidos como el análisis TIR, tasa interna de retorno, y el análisis VAN, valor actual neto.

El análisis VAN o valor actual neto es el análisis que nos dará la cantidad de periodos o amortizaciones en las que nuestro proyecto procederá a cancelar toda la inversión con una tasa de retorno ya calculada del 10%, TIR, usando estos datos el VAN nos devuelve que nuestra banda transportadora se estará cancelando o pagando su utilidad en un período de diez meses, lo cual nos da resultado del 1 zafra completa y 4 meses más de la siguiente zafra.

Tabla No. 8
Análisis VAN, valor actual neto

Períodos	Cash flow	Descripción
0	- 40,203.44	Inversión
1	6600	Ahorro por mes
2	6600	Ahorro por mes
3	6600	Ahorro por mes
4	6600	Ahorro por mes
5	6600	Ahorro por mes
6	6600	Ahorro por mes
7	6600	Ahorro por mes
8	6600	Ahorro por mes
9	6600	Ahorro por mes
10	6600	Ahorro por mes

(Fuente: Elaboración propia)

Tabla No. 9
Tasa de retorno

TIR	10%	Rentabilidad
VAN	- Q. 2,193.88	9 meses flujo negativo
VAN	Q. 350.70	10 meses flujo positivo

(Fuente: Elaboración propia)

G. Cálculo del incremento en eficiencia del sistema implementado:

300 libras recuperadas en la semana

Cálculo de la molienda en una semana es igual a:

220 libras por tonelada de caña

11,000 toneladas de caña al día.

11,000 toneladas de caña en un día * 7 días a la semana = 77,000 toneladas en una semana.

Es igual a $77,000 * 220$ libras por tonelada de caña = 16,940,000 libras de azúcar producida en una semana de molienda, 300 libras representan:

$300/16,940,000 = 0.0017\%$ de incremento en el sistema el cual representa una utilidad percibida de Q. 6,600.00

V. CONCLUSIONES:

Se procedió a la realización del estudio de la capacidad de transportadores helicoidales y elevadores de azúcar y se determinó que la capacidad de dichos componentes se encuentra bien dimensionado con varios supuestos, nuestro transportador helicoidal que ocasiona derrames de producto terminado se encuentra bien dimensionado para una molienda y una producción continua y lineal, es decir si en la línea de producción existen picos de producción por arriba de la capacidad de nuestro transportador este ocasionará derrame de producto terminado por lo que se propuso la instalación de una banda transportadora para la sustitución del helicoidal, dicha banda se propuso con una capacidad mayor para que sea capaz de absorber picos de producción.

A partir de la instalación de esta nueva banda transportadora se eliminaron los derrames del área.

Se redujo el costo de producción por un monto de Q. 6,600.00 al mes, por lo que nuestra banda logrará pagar en un período de 10 meses, esto quiere decir que será en una zafra y 4 meses de producción.

La fábrica produce un total de 16,940,000 libras de azúcar semanalmente y se derramaban 300 libras; estas 300 libras representan el 0.0017% de las libras producidas en la semana por lo que se concluye que la eficiencia de la fábrica se incrementó en un 0.0017%.

VI. RECOMENDACIONES:

Para continuar con este trabajo se deberá realizar o iniciar otra investigación para las debidas maneras de operar dicha banda, la forma de dar mantenimiento tanto correctivo, como preventivo o incluso predictivo.

Los lubricantes a utilizar en la banda transportadora deben ser de grado alimenticio los cuales permiten contactos incidentales con el material.

Ajustar la banda según el elongamiento que esta misma.

El peso debe estar bien distribuido a lo largo y ancho de la banda por lo que el alimentador de esta banda debe estar debidamente distribuido para que los cargadores cumplan con la tarea asignada.

VII. BIBLIOGRAFÍA

- Ferdinand P. Beer, E. Russell Jhonston, Jr. Elliot R. Eisenberg, *Mecánica vectorial para ingenieros*, Estatica octava edición 2007
- Industrias PIRELLI S.A.I.C., *Manual de cintas transportadoras*, 56 páginas.
- Kurt Gieck/Reiner Gieck, *Manual de fórmulas técnicas*, editorial ALFA OMEGA, 381 páginas.
- Martin Catalogue, *Especial productos*, 1004 páginas.
- Peter Rein, *Cane Sugar Engineering*, Berlin 2007.
- *Programa de bandas transportadoras*, Eslovenia 2010, 28 páginas.
- Savatech D.O.O *Productos industriales de caucho y neumáticos*.
- Sieglin Transaron, *Bandas de transporte y procesamiento*, 16 páginas.

- Steel Flex, *Redefining total coupling value*, Falk Catalogue 2005.
- The McGraw-Hill companies Unidad 2, *Elementos transmisores y transformadores del movimiento*, 37 páginas.
- Forbo Movement System, *Cálculo de la banda transportadora*, 16 paginas.