

**DISEÑO SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE ARENA DE MOLDEO PARA EL  
LABORATORIO DE FUNDICIÓN DE LA INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA  
PASCUAL BRAVO**

**LUIS FELIPE MONTOYA MONTOYA  
OSCAR ALEXANDER GRACIANO PUERTA  
SURELLY HOYOS DAVID**

**INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
INGENIERÍA MECÁNICA  
MEDELLÍN  
2015**

**DISEÑO SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE ARENA DE MOLDEO PARA EL  
LABORATORIO DE FUNDICIÓN DE LA INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA  
PASCUAL BRAVO**

**LUIS FELIPE MONTOYA MONTOYA  
OSCAR ALEXANDER GRACIANO PUERTA  
SURELLY HOYOS DAVID**

**TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO MECÁNICO**

**Asesor**

**Alfonso Luis Agudelo Vegliante  
Ingeniero Metalúrgico, Dipl, Esp, Msc**

**INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
INGENIERÍA MECÁNICA  
MEDELLÍN  
2015**

**Nota de aceptación:**

---

---

---

---

---

---

Firma del presidente del jurado

---

Firma del jurado

---

Firma del jurado

Medellín, 30 de Noviembre de 2015

## TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>14</b>
<b>2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....</b>	<b>15</b>
<b>2.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....</b>	<b>17</b>
<b>3. OBJETIVOS .....</b>	<b>18</b>
<b>3.1 GENERAL.....</b>	<b>18</b>
<b>3.2 ESPECÍFICOS .....</b>	<b>18</b>
<b>4. JUSTIFICACIÓN .....</b>	<b>19</b>
<b>5. REFERENTES TEÓRICOS.....</b>	<b>20</b>
<b>5.1 MANEJO DE ARENAS DE MOLDEO EN EL LABORATORIO DE FUNDICIÓN .....</b>	<b>20</b>
<b>5.2 GENERALIDADES DEL PROCESO DE FUNDICIÓN EN ARENA.....</b>	<b>20</b>
5.2.1 Arenas para moldeo y proceso de fundición en verde .....	21
5.2.2 Desterronado de arena reutilizada.....	22
<b>5.3 GENERALIDADES DE TRANSPORTADORES Y ALIMENTACIÓN DE MATERIAL PARTICULADO .....</b>	<b>24</b>
5.3.1 Bandas transportadoras.....	25
5.3.2 Transportador vibratorio.....	26
5.3.3 Elevador de cangilones.....	27
5.3.4 Transportador vertical tornillo sinfín. ....	29
<b>6. RESULTADOS DEL PROYECTO.....</b>	<b>32</b>

<b>6.1 DESCRIPCIÓN GENERAL</b> .....	<b>32</b>
<b>6.2 DATOS DE PROCESO</b> .....	<b>32</b>
6.2.1 Características del material a transportar .....	32
<b>6.3 PREMISAS DE DISEÑO</b> .....	<b>34</b>
<b>6.4 EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS</b> .....	<b>35</b>
<b>6.5 SELECCIÓN DE ALTERNATIVA</b> .....	<b>38</b>
<b>6.6 SELECCIÓN DE ELEVADOR</b> .....	<b>38</b>
6.6.1 Capacidad volumétrica.....	38
<b>6.7 CÁLCULO DE POTENCIA Y SELECCIÓN DE MOTOR</b> .....	<b>43</b>
6.7.1 Capacidad volumétrica y cantidad de cangilones .....	43
6.7.2 Peso de componentes a transportar .....	44
6.7.3 Cálculo de potencia.....	46
<b>6.8 DISEÑO EJE DE TRANSMISIÓN</b> .....	<b>50</b>
6.8.1 Resultados de modelación.....	51
6.8.2 Criterios de diseño .....	54
<b>7. SELECCIÓN DE COMPONENTES COMERCIALES</b> .....	<b>56</b>
<b>7.1 SELECCIÓN DE CANGILONES</b> .....	<b>56</b>
<b>7.2 SELECCIÓN DE CHUMACERAS O SOPORTES</b> .....	<b>58</b>
<b>8. CONCLUSIONES</b> .....	<b>60</b>
<b>9. RECOMENDACIONES</b> .....	<b>61</b>
<b>10. BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>62</b>

## LISTADO DE TABLAS

		Pág.
Tabla 1.	Densidad de materiales	33
Tabla 2.	Conversión de capacidades	39
Tabla 3.	Clasificación del material	39
	Selección de elevador de cangilones de banda	
Tabla 4.	serie 100	40
Tabla 5.	Nomenclatura elevador	41
	Dimensiones elevador de cangilones de banda	
Tabla 6.	serie 100, Ref. B43-139	41
Tabla 7.	Características cangilones estilo AA	42
Tabla 8.	Cantidad de cangilones.	43
Tabla 9.	Cantidad y especificación de tornillos	45
Tabla 10.	Longitud banda	45
Tabla 11.	RPM recomendadas	47
Tabla 12.	Datos de modelación	53
Tabla 13.	Resumen de resultados	53

## LISTADO DE IMÁGENES

		Pág.
Imagen 1.	Situación actual laboratorio de fundición	16
Imagen 2.	Proceso de preparación arenas de moldeo	22
Imagen 3.	Separación de arena según granulometría	23
Imagen 4.	Tamaños de tamices	23
Imagen 5.	Molino utilizado en el proceso de fundición	24
Imagen 6.	Componentes de una banda transportadora	25
Imagen 7.	Tipos de bandas transportadoras	26
Imagen 8.	Transportador vibratorio	27
Imagen 9.	Elevador de cangilones	28
Imagen 10.	Sujeción de cangilones según tipo de elevador. a) elevador de cadena. b) Elevador de banda	29
Imagen 11.	Transportador vertical de tornillo Sinfín	30
Imagen 12.	Plantilla de dimensiones para elevadores de cangilones	42
Imagen 13.	Selección de motorreductor	49
Imagen 14.	Modelación eje de transmisión	50
Imagen 15.	Esfuerzo cortante	51
Imagen 16.	Momento flector	51
Imagen 17.	Deflexión	52
Imagen 18.	Esfuerzo de torsión	52
Imagen 19.	Características cangilones de nylon.	56
Imagen 20.	Características tornillos.	58
Imagen 21.	Características soporte tipo silleta	59

## LISTADO DE ANEXOS

Pág.

<b>Anexo 1.</b>	<b>Martin. Catálogo de selección manejo de materiales a granel</b>	
<b>Anexo 2.</b>	<b>Nord Motorreductores. Reductores de sinfín serie universal</b>	
<b>Anexo 3.</b>	<b>Catálogo TAPCO</b>	
<b>Anexo 4.</b>	<b>Catalogo NSK - soportes con rodamientos</b>	
<b>Anexo 5.</b>	<b>Planos elevador</b>	
<b>Anexo 6.</b>	<b>Hoja de Cálculo Potencia Elevador y Criterios de diseño</b>	
<b>Anexo 7.</b>	<b>Cronograma Proyecto Tolva y Elevador</b>	



## RESUMEN

En la Institución Universitaria Pascual Bravo sede robledo se presenta un problema en el almacenamiento de arena, debido a que la recepción, manipulación y almacenamiento de arena existente requiere modificarse por su permanente liberación de partículas de arena en el ambiente; desperdicio de arena, regueros de material, contaminación, generando riesgos para el desplazamiento en el laboratorio. Además de la reducción de espacio disponible para ejecutar otras actividades pertinentes a la fundición de metales y no metales.

Se propuso como solución a este problema cambiar el sistema de almacenamiento, crear un flujo de arena mediante el diseño y fabricación de un elevador cangilones, teniendo como principal premisa reutilizar la arena de moldeo. Almacenarla en dos tolvas para optimizar el espacio y presentación del laboratorio.

Se evalúan varias alternativas de solución identificando varias ventajas en algunos sistemas de almacenamiento pero teniendo en cuenta aspectos como costos de fabricación, manipulación del equipo, capacidad, espacio disponible versatilidad altura necesaria para subir el material a las tolvas. Después de analizar los diferentes sistemas de almacenamiento, se eligió el elevador como la solución más viable.

Para los cálculos se utilizó como referencia el catálogo de "Martin buckets elevators". Por medio de este, teniendo en cuenta las características del material a trasportar, como densidad, abrasividad. Se determinaron las dimensiones de tambor, capacidad de elevación de arena, la potencia requerida y la velocidad recomendada de trabajo.

Finalmente se elaboraron los planos detallados de los componentes del elevador y sus elementos de transmisión, con los cuales se fabricara el equipo, además de un plano de ensamble general con la propuesta de la solución.

Palabras Claves: elevador, cangilones, transportadores, tolvas, almacenamiento, válvula diverter, molino, arena de moldeo.

## ABSTRACT

At the Pascual Bravo University Institution headquarters Robledo, it presents a problem in sand storage, due to the receipt, handling and storage of existing sand, it requires modification because their continued release of sand particles in the environment, waste of sand and contamination that generate risks for displacement in the laboratory. In addition to reduce of space available to perform other activities relevant to the foundry to metals and non-metals.

It was proposed as a solution to this problem, change storage system and create a flow of sand through the design and manufacture of a lift bucket, with the main premise, the reuse molding sand. Stored in two hoppers to optimize laboratory space and presentation.

Several alternative solutions were evaluated, identifying several advantages in some storage systems but considering aspects such as manufacturing costs, handling equipment, capacity, available space, versatility, the high required to raise the material at the hoppers. After analyzing the different storage systems, the elevator was chosen as the most viable solution.

Martin buckets elevators catalogs was used as reference to calculations. Through these, keeping on mind the characteristics of the material to be transported as density and abrasiveness. It was determined the dimensions of roller, elevation capacity of sand, the needed potency and the needed speed of work.

Finally detailed drawings of the elevator components and transmission elements, with which the equipment was manufactured were produced, plus a flat general assembly with the proposed solution.

Keyword: elevator, buckets, conveyors, hoppers, storage, diverter gate, mill, molding sand.

## 1. INTRODUCCIÓN

Este proyecto presenta el diseño del sistema de alimentación a las tolvas de almacenamiento de arena de moldeo de fundición, por medio de un elevador de cangilones en el laboratorio de fundición de la Institución Universitaria Pascual Bravo, con el cual se pretende mejorar el actual sistema de almacenamiento de arena a través de un dispositivo hermético más eficiente para lograr mayor disponibilidad de la arena y evitar desperdicios.

El sistema de almacenamiento actual se efectúa en canecas y coches, sistema poco eficiente debido a que se acumula en recipientes abiertos ocupando espacio considerable en el laboratorio.

Se requiere implementar una solución eficiente en el proceso de almacenamiento de arena, mediante un equipo que aumente la disponibilidad de la arena y logre una dosificación adecuada sobre el molino.

Partiendo de la evaluación de varias alternativas de sistemas de transporte y almacenamiento, se llegó a la solución de este problema mediante la fabricación de un elevador de cangilones, el cual presenta grandes ventajas en funcionamiento y operación respecto a las otras alternativas de elevadores como bandas transportadoras, transportador vibratorio, transportador vertical de tornillo.

## 2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Actualmente la institución Universitaria Pascual Bravo cuenta con un laboratorio de fundición que se ha ido adaptando a las necesidades académicas y partiendo de un proceso industrial se han dispuesto los equipos de manera que asemejen una línea de producción continua; por ello se hace necesario optimizar el manejo de la arena de fundición, contando con sistemas de almacenamiento y de transporte adecuados.

En el momento, el manejo de arena y proceso de fundición se realiza de manera inadecuada en el laboratorio, dificultando un poco las labores del proceso. Debido a estas dificultades, surge la necesidad de tecnificar el proceso mediante el diseño de un conjunto mecánico que unifique el sistema de almacenamiento y transporte de arenas para moldeo, haciéndolo más eficiente, más práctico, fácil de operar por estudiantes, docentes de la institución o externos.

Se requiere un sistema que permita desplazar la arena de moldeo hasta la tolva de almacenamiento, que pueda elevar el material a gran altura, que permita optimizar el espacio y que este proceso pueda desplazar grandes cantidades de material de manera rápida y segura.

Imagen 1. Situación actual laboratorio de fundición.



En la imagen 1, se muestran las condiciones en las que opera el laboratorio actualmente. El principal problema es el manejo inadecuado de la arena, ya que se presentan regueros en el laboratorio y parte del material se pierde.

En segunda instancia, la presentación del laboratorio se ve afectada por la cantidad de canecas y coches con arena que se reutiliza constantemente, provocando emisiones de polvo continuas y reduciendo el espacio de circulación para quienes operan en el laboratorio. También se reduce considerablemente el espacio para ubicar los moldes de arena que son requeridos en la conformación de la pieza que se va a moldear.

Los moldes requieren de un espacio mínimo de operación para el vaciado, circulación del personal y transporte del material fundido a lo largo del laboratorio.

## **2.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

¿Cómo se puede diseñar y modelar un sistema de elevación de arenas de moldeo en el proceso de fundición en el laboratorio de la Institución Universitaria Pascual Bravo, que permita proporcionar calidad, optimizando el proceso de moldeo que mejore la disponibilidad de arena, que sea de fácil acceso, seguro y acorde con las normatividades industriales?



### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1 GENERAL**

Modelar un sistema de transporte de elevación eficiente para el manejo de arenas de moldeo para fundición, mediante métodos de cálculo empleados en la industria que garantice el correcto funcionamiento, que permita un control en la recepción y almacenamiento de la arena en el laboratorio de fundición de la Institución Universitaria Pascual Bravo.

#### **3.2 ESPECÍFICOS**

- Analizar el proceso de moldeo de arenas y fundición en condiciones actuales para identificar las falencias de éste en comparación con los procesos industriales.
- Evaluar la demanda de arena requerida por el laboratorio para suplir la cantidad de moldes necesarios para el proceso en condiciones de producción continua.
- Plantear alternativas que permitan la selección de un sistema acorde con las necesidades de capacidad y espacio del laboratorio de fundición.
- Elaborar el modelo matemático y gráfico del sistema de elevación, que permita visualizar una simulación del proceso.

#### 4. JUSTIFICACIÓN

Este diseño pretende implementar una solución eficiente en el proceso de manejo de arenas de moldeo, se logra reducir el esfuerzo realizado por las personas, permite optimizar proceso; es un equipo que funciona de manera sencilla, y sin exponerse prolongadamente a emisiones de partículas ni trabajos que afecten su salud por manipulación continua de arenas y el vaciado en coches, canecas y demás elementos usados actualmente.

Esta solución tiene gran acogida por su particularidad, simpleza y fácil manejo; es un sistema más hermético con el cual se evitan grandes emisiones de material particulado.

Este diseño trae consigo beneficios para la Institución Universitaria Pascual Bravo y su laboratorio, ya que por medio de este, se puede ofrecer el servicio de fundición a instituciones externas, tendrá el reconocimiento y buen nombre para la institución, por ser un proceso de mayor confiabilidad en sus componentes y forma de operar.

Otros beneficios son:

- Reducir accidentes que se puedan presentar por causas de manejos inadecuados del material.
- Mejorar las condiciones de trabajo, ya que es un sistema más limpio y hermético.
- Lograr acogida entre los estudiantes y docentes que trabajan en el laboratorio por su facilidad de manejo y mantenimiento.

## **5. REFERENTES TEÓRICOS**

### **5.1 MANEJO DE ARENAS DE MOLDEO EN EL LABORATORIO DE FUNDICIÓN**

Actualmente, el laboratorio de fundición funciona bajo condiciones de operación manuales, presentando dificultades en el proceso. Este proceso se ha ido adaptando a las necesidades académicas es por esto que partiendo de un proceso industrial, se han ubicado los equipos de modo que se asemejen a un proceso de producción continua.

### **5.2 GENERALIDADES DEL PROCESO DE FUNDICIÓN EN ARENA.**

Realizar moldes en arena permite trabajar metales con altos puntos de fusión como el acero y los no ferrosos. Para los procesos de fundición en arena, se utiliza arena sílice, por su resistencia a altas temperaturas.

El proceso general de la fundición en arena comienza con la fabricación del modelo de la pieza a fundir, luego este modelo se coloca entre la arena para generar una cavidad y se ubican los sistemas de alimentación que guiaran el metal fundido hacia las cavidades del molde.

Una vez el metal se solidifica al interior de la cavidad, se destruye el molde y se extrae la pieza terminada; si se requiere se puede realizar los procesos adicionales de acabado.

Durante el proceso, la arena debe ser tamizada de tal forma que la arena más fina es la que entra en contacto con la pieza, y la más gruesa es la que le da cuerpo al molde y permite el escape de gases. También se adicionan aglutinantes a la arena con el fin de darle más resistencia al molde durante el proceso de fundición.

En la mayoría de plantas de fundición, la arena es reutilizada. A medida que es reutilizada se forman acumulaciones de finos, por lo que cierta cantidad de arena debe ser retirada para mantener las propiedades deseadas.

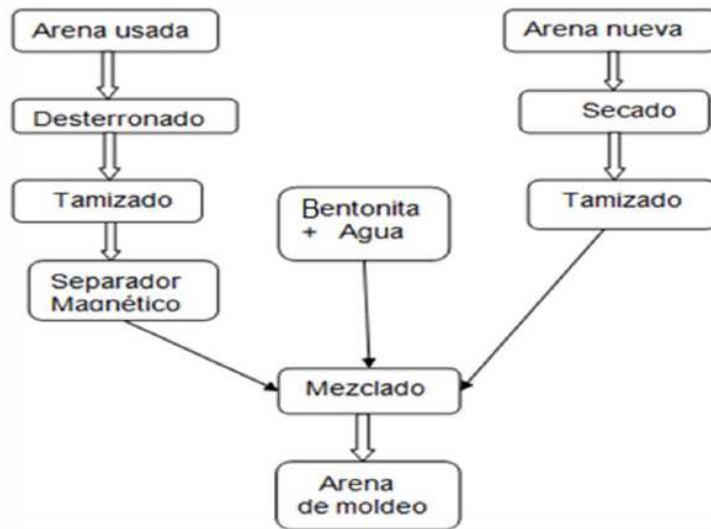
#### 5.2.1 Arenas para moldeo y proceso de fundición en verde

Este tipo de arenas permiten el moldeo y vaciado de la colada sin someter el molde al secado. Este tipo de moldeo es económico.

El moldeo en verde consiste en la formación del molde con arena húmeda; la arena verde es aquella que no ha sido procesada y no se ha endurecido por efectos del calor. A este tipo de arena se adicionan aglutinantes para darle resistencia y posteriormente agua para hacerla moldeable y adquirir plasticidad proporcionada por la bentonita.

En la imagen 2 se muestra como es el proceso de preparación de arena nueva y arena de reutilización.

Imagen 2. Proceso de preparación arenas de moldeo



### 5.2.2 Desterronado de arena reutilizada

Cuando la arena ya se retira del molde, se presentan terrones de material que ha sido compactado por el calor dentro del molde. En el momento de desmoldeo, esas porciones de arena deben ser trituradas antes de ponerla en circulación de nuevo en el proceso; posteriormente, se utiliza un tamiz que sirve para separar según la granulometría de la arena luego de la trituración. El tamizado se realiza con el fin de separar las partículas finas de las gruesas y de realizar una separación de arena y algunos desechos metálicos que quedan compactados con ésta (ver imagen 3). Es muy importante realizar este proceso antes de poner nuevamente en circulación la arena y evitar que esas fracciones lleguen al molino. Se debe tratar al máximo de conservar la arena limpia de objetos extraños.

Hay diferentes tamaños de tamices que permiten una clasificación del material según la granulometría requerida en cada fase del proceso (ver imagen 4).

Imagen 3. Separación de arena según granulometría

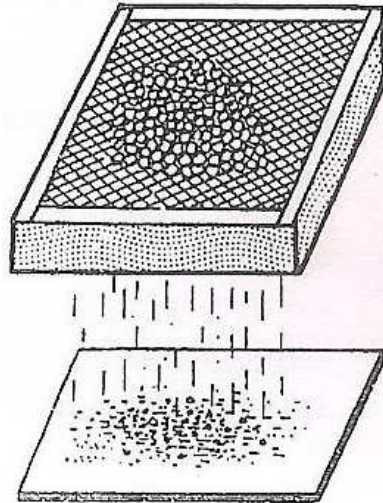


Imagen 4. Tamaños de tamices



Un componente fundamental en el proceso es el molino (imagen 5). Este equipo sirve para proporcionar un tamaño uniforme de la arena, de manera que esté más homogénea a la hora de formar el molde. Luego de que la arena ya está homogénea, se procede a llevarla a cada uno de los moldes, para el moldeo.

Imagen 5. Molino utilizado en el proceso de fundición



### 5.3 GENERALIDADES DE TRANSPORTADORES Y ALIMENTACIÓN DE MATERIAL PARTICULADO

Los transportadores son máquinas de diseño horizontal, vertical o en pendiente que se usan para el transporte continuo de materiales en una trayectoria determinada.

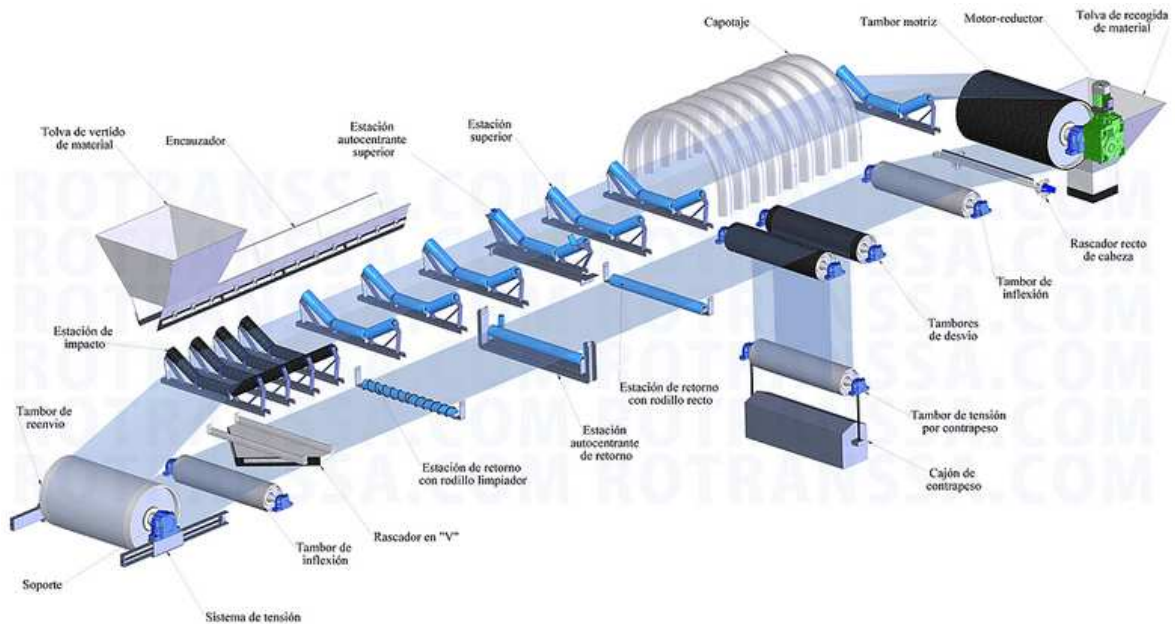
Hay transportadores que son accionados por gravedad, otros por fuerza motriz como transportadores de banda, vibratorios, tornillos sinfín y transportadores de cangilones.

Los transportadores se utilizan cuando las cargas son uniformes, los materiales se mueven continuamente, la carga es constante, la trayectoria es relativamente fija, se necesita la medición del producto, se requiere control de los procesos, se requiere un flujo controlado.

### 5.3.1 Bandas transportadoras

Es un sistema de transporte formado básicamente por una banda continua que se mueve entre dos tambores; La banda es arrastrada por fricción por uno de los tambores, que a su vez es accionado por un motor. El otro tambor gira libre, sin ningún tipo de accionamiento, su función es servir de retorno a la banda. La banda es soportada por rodillos entre los dos tambores (ver imagen 6).

Imagen 6. Componentes de una banda transportadora



Se utiliza para transportar materiales movedizos, en polvo, piedra. Existen varias clases (ver imagen 7): la selección de un tipo u otro se realiza de acuerdo con las características del material a transportar. Para el transporte de arena la más apropiada es banda de rodillos (horizontales y en forma cóncava).



Imagen 7. Tipos de bandas transportadoras



## VENTAJAS

- Permiten el transporte de materiales a gran distancia
- Se adaptan al terreno
- Tienen una gran capacidad de transporte
- Permiten transportar gran variedad de materiales
- Es posible la carga y la descarga en cualquier punto del trazado

## DESVENTAJAS

- Mantenimiento continuo a rodillos
- Es poco versátil para variación en las cantidades a transportar
- Requiere un costo inicial alto
- Se presenta emisión de material particulado al ambiente
- Tiene limitantes en cuanto a ángulos de inclinación.

### 5.3.2 Transportador vibratorio

Los transportadores vibratorios pertenecen a la clase de transportadores movедizos, la carga se desplaza mediante las oscilaciones del elemento portador de carga. Permite transportar, distribuir, orientar, clasificar o inspeccionar un producto (ver imagen 8).

Imagen 8. Transportador vibratorio



#### VENTAJAS

- Poco desgaste del elemento portador (tubo)
- Se pueden transportar productos abrasivos
- Su fabricación es sencilla

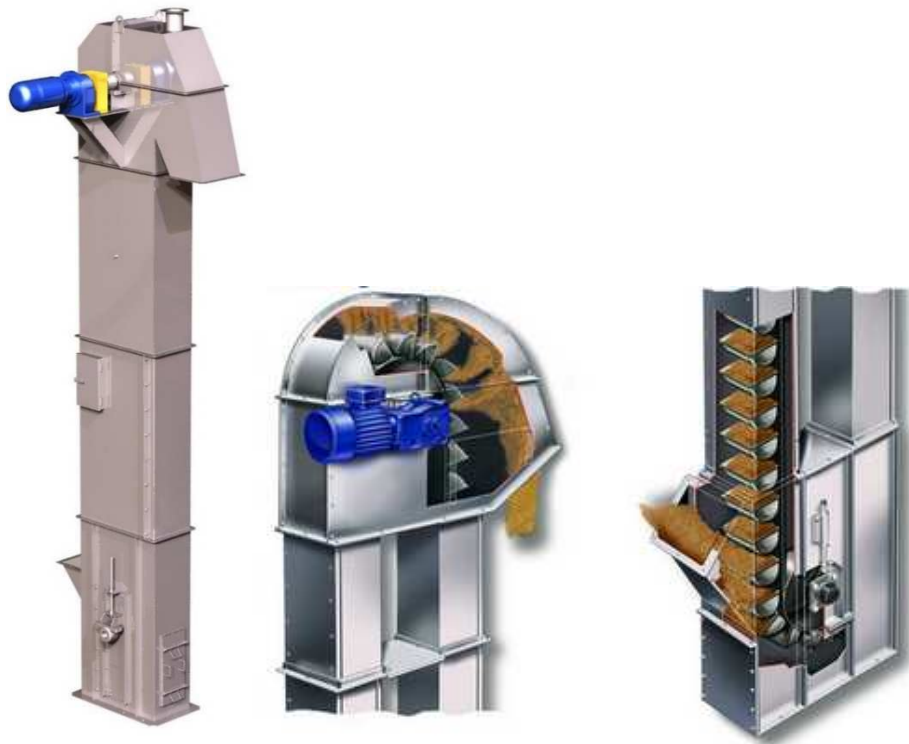
#### DESVENTAJAS

- Reducción considerable en el flujo continuo de material cuando se desplazan cargas hacia arriba.
- Es un sistema poco hermético
- Es ruidoso
- Ocupa un espacio considerable

#### 5.3.3 Elevador de cangilones

Son máquinas de transporte continuo que se emplean para la manipulación de materiales a granel. Su resistencia a la temperatura y la fiabilidad son mejores que la de la banda transportadora y el transportador vibratorio (ver imagen 9).

Imagen 9. Elevador de cangilones

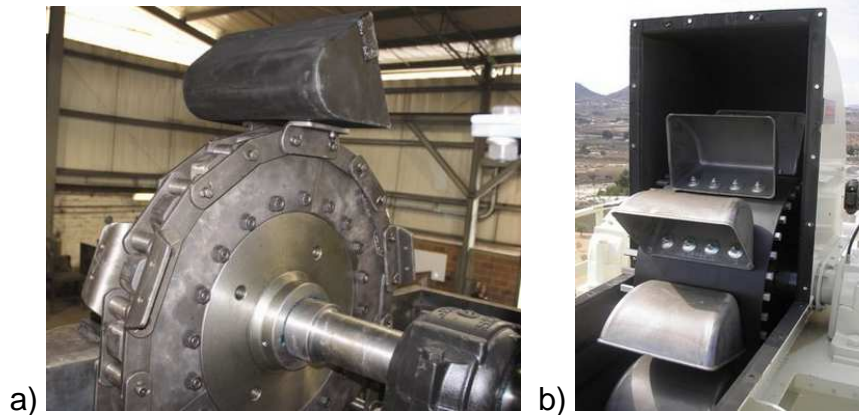


Existen varios tipos de elevadores según el material a transportar y capacidad de operación. Para el transporte de materiales de buena fluidez se utiliza elevador con banda; para grandes alturas de elevación y altas cargas, se utiliza elevador de cadena. El desplazamiento del material a granel se realiza por medio de cangilones, los cuales están sujetos a la banda o cadena por medio de eslabones o tornillos como se muestra en la imagen 10.

Los elevadores de cangilones tienen una amplia aplicación en la industria alimenticia, para el transporte de granos y cereales, también se utilizan para el transporte de materiales de construcción, en la industria química, entre otros.

Imagen 10. Sujeción de cangilones según tipo de elevador. a) elevador de cadena.

b) Elevador de banda



#### VENTAJAS

- Variedad de manipulación de materiales.
- Amplio rango de capacidades.
- Gran facilidad para la carga y descarga del material.
- Son muy eficientes
- Bajos niveles de ruido.
- Son compactos y ocupan poco espacio

#### DESVENTAJAS

- Son muy sensibles a las sobrecargas
- Son costosos
- Se debe hacer un mantenimiento frecuente

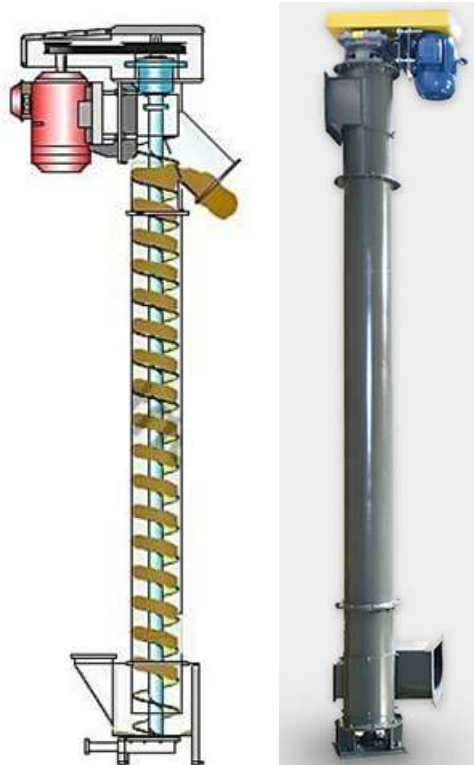
#### 5.3.4 Transportador vertical tornillo sinfín.

Se usan para transportar una variedad de materiales a granel, desde el grano seco hasta el barro húmedo en las plantas de cerámica. Los transportadores de tornillo sinfín se emplean ampliamente para desplazar cargas a altas temperaturas o polvorientas que emanan evaporaciones nocivas.

El transportador se pone en funcionamiento a través del sistema motor que consta de un reductor y le suministra el movimiento al tornillo sinfín de alas helicoidales el cual va montado en cojinetes y chumaceras (ver imagen 11).

Un transportador de tornillo consta esencialmente de las siguientes partes: tornillo helicoidal, canalón, elementos de transmisión de potencia.

Imagen 11. Transportador vertical de tornillo Sinfín



#### VENTAJAS

- Son compactos.
- Presentan un diseño que es de fácil instalación.
- Soportan altas temperaturas.
- Herméticos.
- Dosificadores.
- Son auto soportables

## DESVENTAJAS

- No se consideran diseños de grandes tamaños.
- No permite el transporte de materiales frágiles y delicados.
- No se recomiendan para materiales de poco tamaño de partícula y alto grado de abrasividad.
- Alto consumo de energía debido al rozamiento que se produce entre el tornillo y el material transportado.

## **6. RESULTADOS DEL PROYECTO**

### **6.1 DESCRIPCIÓN GENERAL**

La alimentación de arena a las tolvas de almacenamiento en el laboratorio de fundición se debe realizar mediante un sistema de transporte que permita elevar el material hasta las tolvas de una manera rápida y eficiente.

Actualmente, no existe un sistema que permita almacenar la demanda de arena dentro del laboratorio; razón por la cual, la arena está distribuida en diversas canecas y coches.

### **6.2 DATOS DE PROCESO**

#### **6.2.1 Características del material a transportar**

Las características y datos del material a transportar se toman de la página H-126 del catálogo de Martin, especialista en manejo de materiales a granel, el cual es utilizado a nivel industrial para el diseño y selección de transportadores.

Nombre: arena de fundición

Tamaño de partícula (granulometría): muy fino, pasa por Malla No. 40 (.016”) y menor. En la tabla 1 se muestra la densidad de algunos materiales a granel, de la cual se obtiene el dato de la densidad de la arena de fundición.

Tabla 1. Densidad de materiales

Material	Densidad LBS/FT <sup>3</sup>
Ácido Oxálico, cristales, cristales de Etano Diácido	60
Alfalfa	14-22
Algodón, semilla en pasta, seca	40
Algodón, semilla harina, extraída	35-40
Algodón, semilla prensada en trozos	40-45
Algodón, semilla seca, desfibrada	22-40
Algodón, semilla seca, no desfibrada	18-25
Algodón, semilla, cascarillas	12
Almendras, enteras con cáscaras	28-30
Almendras, quebradas	27-30
Alumbre, en trozos	50-60
Alumbre, fino	45-50
Alúmina	55-65
Aluminio, viruta seca	7-15
Arcilla, Ladrillo, seco, fino	100-120
Arena de Fundición	90-100
Arena, húmeda	110-130
Arena, seca	90-110

La tabla muestra una densidad de 90 a 100 lb/Ft<sup>3</sup>; sin embargo, se asume que la arena de fundición tiene una densidad de 110 lb/Ft<sup>3</sup>, debido a que presenta humedad y mezcla con agua durante el proceso.

Densidad: 110 lb/Ft<sup>3</sup> = 1762 Kg/m<sup>3</sup>

Flujo: material de fluido promedio

Flujo másico requerido: 4 ton/h de arena para llenar la tolva de almacenamiento.

Abrasividad: extrema.



### 6.3 PREMISAS DE DISEÑO

- El nuevo sistema debe garantizar una dosificación controlada en la tolva.
- Debe ser un sistema confiable que permita ser operado por estudiantes y docentes.
- El sistema debe ser de fácil acceso para realizar las labores de mantenimiento.
- La distribución general debe permitir un fácil acceso al operario.
- Se debe implementar un diseño que sea hermético para controlar la emisión de material particulado.
- Debe adaptarse en tamaño al espacio con el cual se cuenta actualmente dentro del laboratorio.
- Debe ser fabricado en materiales resistentes a la abrasión.
- En lo posible, el sistema debe fabricarse de acuerdo con los recursos disponibles en la Institución Universitaria Pascual Bravo.

Para dar solución a este problema, se presentan 3 alternativas para la alimentación de arena a las tolvas de almacenamiento, las cuales se presentan a continuación.

## 6.4 EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS

<b>DISEÑO SISTEMA ALIMENTACIÓN DE ARENA A TOLVAS DE ALMACENAMIENTO LABORATORIO DE FUNDICIÓN INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO</b>			
	<b>ALTERNATIVA 1: BANDA DE RODILLOS INCLINADA</b>	<b>ALTERNATIVA 2: ELEVADOR DE CANGILONES</b>	<b>ALTERNATIVA 3: TRANSPORTADOR VERTICAL SINFÍN</b>
	<p>* Consiste en alimentar las tolvas por medio de una banda de rodillos la cual debe estar cubierta alrededor con una carcasa para evitar liberación excesiva de partículas al ambiente.</p>	<p>* Consiste en un elevador provisto de cangilones y cubierto con una carcasa.</p> <p>* Es hermético, por lo cual se evitan emisiones de producto al ambiente.</p>	<p>* Consiste en un alimentador de Tornillo Sinfín.</p> <p>* Es hermético, por lo cual se evitan emisiones de producto al ambiente.</p>

ITEM	ANALISIS CUALITATIVO	CONCEPTO	CONCEPTO	CONCEPTO
1	<b><u>Accesibilidad y Mantenimiento:</u></b> Acceso fácil y seguro a los equipos para labores de operación y mantenimiento.	Fácil acceso Mantenimiento continuo	Fácil acceso Mantenimiento medio	Fácil acceso Mantenimiento medio
2	<b><u>Facilidad de Montaje e Instalación</u></b>	Es complejo dado el espacio reducido	Es complejo por la cantidad de elementos en el ensamble	Fácil para ensamblar Presenta grandes ventajas para la instalación
3	<b><u>Accionamiento:</u></b> Eléctrico, Mecánico, Neumático	Eléctrico	Eléctrico	Eléctrico
4	<b><u>Confiabilidad</u></b>	Media, (debe tener frecuentes actividades de mantenimiento)	Alta, por ser un espacio confinado, presenta menos desgaste en las partes, es un sistema hermético.	Media, aunque es hermético, presenta desgaste en gran medida en los componentes del sistema, debido a que el material es muy abrasivo.
5	<b><u>Costo</u></b>	Medio - la mayoría de elementos se consiguen comercialmente	Por ser un diseño especial, inquiera un costo considerable.	Es económico por ser fácil de fabricar y algunas piezas se consiguen comercialmente.

6	<b><u>Eficiencia</u></b>	Media	Alta	Alta
7	<b><u>Tamaño</u></b>	Depende de las configuraciones de rodillos según el flujo requerido. Demanda más componentes	Es adecuado para el espacio limitado con el que se cuenta dentro del laboratorio.	Se adapta a espacios pequeños. Es un diseño sencillo

## **6.5 SELECCIÓN DE ALTERNATIVA**

La alimentación a las tolvas de almacenamiento de arena se logra de una manera más sencilla y eficiente a través de un elevador de cangilones. Su diseño compacto le permite ser instalado sin ningún problema con los otros elementos existentes que hacen parte del sistema de manejo de arenas.

Su hermeticidad le permite ser un diseño óptimo en la reducción de emisión de partículas.

Garantiza que se cumplan los objetivos de operación en el laboratorio y proporciona mayor confiabilidad y control en el proceso.

## **6.6 SELECCIÓN DE ELEVADOR**

La selección del elevador se realiza mediante el catálogo para manejo de materiales a granel llamado "Martin". Por medio de este catálogo se hace la selección de partes estándar y comerciales, tamaño y tipo de elevador.

En primer lugar se debe determinar la capacidad volumétrica de acuerdo con el flujo requerido para alimentar la tolva.

### **6.6.1 Capacidad volumétrica**

Según el catálogo página H-126, se utiliza la siguiente tabla para la conversión de capacidades.

Tabla 2. Conversión de capacidades

Para convertir	A pies cúbicos por hora (CFH o PIES <sup>3</sup> /HR)
Toneladas Cortas por Hora TPH	$CFH = \frac{TPH \times 2000}{\text{Densidad (en lb por pie cúbico; PCF o LB/PIES}^3)}$
Libras por Hora lb/hr	$CFH = \frac{\text{Libras por hora}}{\text{Densidad (en lb por pie cúbico; PCFo LB/PIES}^3)}$
Bushels por Hora BPH	$CFH = BPH \times 1.24$

Flujo másico requerido: 4 ton/h de arena para llenar la tolva. Esta capacidad debe ser convertida a pies cúbicos por hora (CFH).

$$CFH = \frac{4 \text{ ton/h} * 2000}{110 \text{ lbf/Ft}^3} = 72,7 \text{ Ft}^3/\text{h}$$

Tabla 3. Clasificación del material

	Código de Clasificación del Material		
Clase	Características del Material		Código
Densidad	Densidad Relativa, Sin Compactar		Libras por pie cúbico
Tamaño	Muy Fino	Malla No. 200 (.0029") y menor Malla No. 100 (.0059") y menor Malla No. 40 (.016") y menor	A <sub>200</sub> A <sub>100</sub> A <sub>40</sub>
	Fino	Malla No. 6 (.132") y menor	B <sub>6</sub>
	Granular	1/2" y menor (malla 6 to 1/2")	C <sub>1/2</sub>
		3" y menor (1/2" a 3") 7" y menor (3" a 7")	D <sub>1</sub> D <sub>2</sub>
	Trozos	16" y menor (0" a 16") Mayor a 16" debe especificarse X = Tamaño máximo actual	D <sub>16</sub> D <sub>x</sub>
Irregular	Fibroso, cilíndrico, etc.	E	
Flujo	Fluido Muy libre		1
	Fluido Libre		2
	Fluido Promedio		3
	Fluido Lento		4
Abrasividad	Abrasividad Media		5
	Abrasividad Moderada		6
	Abrasividad Extrema		7
Propiedades Misceláneas o Peligrosas	Acumulación y Endurecimiento		F
	Genera Electricidad Estática		G
	Se Deteriora en Almacenamiento		H
	Inflamabilidad		J
	Se hace Plástico o Tiende a Suavizarse		K
	Muy Polvoso		L
	Al Airearse se Convierte en Fluido		M
	Explosividad		N
	Pegajoso — Adhesión		O
	Contaminable, Afecta Uso		P
	Degradable, Afecta Uso		Q
	Emite Humos o Gases Tóxicos Peligrosos		R
	Altamente Corrosivo		S
	Medianamente Corrosivo		T
	Higroscópico		U
	Se entrelaza, Enreda o Aglomera		V
	Presencia de Aceites		W
	Muy Ligero — Puede ser Levantado por el Viento		Y
	Temperatura Elevada		Z

Según las características del material de la tabla 3, el tipo de elevadores recomendados son los elevadores de banda de descarga centrífuga serie 100 y serie 700.

Los elevadores de banda de descarga centrífuga serie 100, pueden manejar materiales secos que fluyen libremente, con tamaños de partículas pequeñas y medianas; moderada, mediana o extremadamente abrasivos.

Los elevadores de banda de descarga centrífuga serie 700, pueden manejar materiales secos que fluyen libremente, con tamaños de partículas medianas y grandes; moderada, mediana o extremadamente abrasivos.

Para este caso, el tipo de elevador más adecuado es de descarga centrífuga, de banda serie 100. La referencia elegida es B43-139, página H-129; debido a que para el caso del laboratorio se requiere una capacidad de 72,7 Ft<sup>3</sup>/h (PCH) y está dentro del rango máximo de ésta referencia, como se muestra en la tabla 4. Su nomenclatura está descrita en la tabla 5, tomada de la página H-125 del catálogo.

Tabla 4. Selección de elevador de cangilones de banda serie 100

#### Elevador de Cangilones de Banda de Descarga Centrífuga Serie 100

Número de Elevador	Capacidad	Cangilones				Banda		Tamaño Máx. Partícula		Tamaño Nom. de la Caja		Polea en Cabeza		Polea en Bota	
	Máx.P.C.H.	Ancho	Proy.	Prof.	Espacio	Ancho	P.P.M.	100%	10%	Ancho	Prof.	Diámetro	RPM	Diámetro	Diámetro de Eje
B43-139	95	4	2%	3	8	5	140	¼	1	8	18	8.00	62.9	8.00	1.5000
B64-141	293	6	4	4.25	13	7	235	½	2½	11%	35	20.00	43.8	16.00	1.5000
B64-140	324	6	4	4.25	13	7	260	½	2½	11%	39	24.00	40.5	16.00	1.5000
B85-142	543	8	5	5.5	16	9	230	¾	3	13%	39	20.00	42.9	14.00	2.0000
B85-143	591	8	5	5.5	16	9	250	¾	3	13%	42	24.00	39	16.00	2.0000

Dimensiones en pulgadas.

La capacidad máxima es con los cangilones cargados al 75%.

Tabla 5. Nomenclatura elevador

Nomenclatura de Elevador			
Ejemplo — B43-139			
Montaje	Tamaño de Cangilón	Serie	No. de Unidad
B	43	1	39
B = Banda	43 = 4 × 3	1 = 100	Unidad 39
C = Cadena	64 = 6 × 4	2 = 200	
	85 = 8 × 5	5 = 500	
	106 = 10 × 6	7 = 700	
	Etc.	8 = 800	
B43-139 es un elevador de banda (B) con cangilones (43) de 4" × 3", tipo de descarga centrífuga con tensor en bota (Series 100), Unidad 39.			

Tabla 6. Dimensiones elevador de cangilones de banda serie 100, Ref. B43-139

Series 100 y 700 Banda y Cadena

				Dimensiones <sup>①</sup> (En Pulgadas)																		
No. de Elevador de Cadena	No. de Elevador de Banda	No. de Elevador de Banda	No. de Elevador de Cadena	Cuerpo		Bota						Cabeza										
				A	B	F	G	H	J	K	L	M	N	P	R	S	T	U	V	Y	Z	D-1 <sup>②</sup>
C43-101		B43-139		8	18	9	6	27%	36%	42	9	6	10	6	15	8	17%	36	14	9	20%	13

Estas dimensiones mostradas en la tabla 6, se especifican en la página H-137 y se reemplazan según la imagen 12 que corresponde a la plantilla manejada por el catálogo Martin, página H-136. El tipo de cangilones recomendados son estilo AA, cuyas características y dimensiones se muestra en la tabla 7.





## 6.7 CÁLCULO DE POTENCIA Y SELECCIÓN DE MOTOR

Para el cálculo de potencia se requiere en primera instancia, conocer el peso del material a transportar, los cangilones y la banda; ya que estos ejercen una fuerza considerable necesaria para el torque.

### 6.7.1 Capacidad volumétrica y cantidad de cangilones

La cantidad de cangilones, número de tornillos, roldanas y longitud de banda se determinan según la tabla para elevadores de descarga centrífuga serie 100, página H-140 del catálogo Martin, ver tabla 8; teniendo en cuenta la distancia entre centros en pies, de acuerdo con el tipo de cangilón previamente seleccionado (tipo AA).

Tabla 8. Cantidad de cangilones.

No. de Elevador	Cangilones Estilo AA Maleable		
	Tamaño (Pulg.)	Espaciamiento (Pulg.)	☆ Cantidad
B43-139	4 x 3	8	3.12 + (3 x Distancia entre Centros)

Para dimensiones generales de elevador y distancia entre centros. Ver anexo 5, planos de elevador.

Distancia entre centros	16.076	Ft
	4.9	m

Cantidad de cangilones =  $3,12 + (3 \times \text{distancia entre centros en Ft.})$

Cantidad de cangilones =  $3,12 + (3 \times 16.076 \text{ Ft}) = 51.35$

Aproximando la cantidad a 52 cangilones.

La capacidad volumétrica de cangilones (pc) está dada por la siguiente ecuación:

$$P_c = i * \rho * j$$

De la imagen 12, se obtiene que la capacidad del cangilón es 0,01 Ft<sup>3</sup>, donde:

$$0,01 \text{ Ft}^3 = 0,0002831685 \text{ m}^3$$

El coeficiente de llenado del cangilón está entre 0,6 – 0,9; debido a que el cangilón no está completamente lleno. Se asume un coeficiente de llenado 0,75.

Densidad de la arena ( $\rho$ ): 110 lb/Ft<sup>3</sup> = 1762 Kg/m<sup>3</sup>

$$P_c = 0,0002831685 \text{ m}^3 * 1762 \text{ Kg/m}^3 * 0,75 = 0,3742 \text{ kg}$$

#### 6.7.2 Peso de componentes a transportar

Para calcular el peso de material a transportar solo se asume la mitad de los cangilones, en la columna a elevar.

- Peso de material a transportar = 0,3742 kg \* 26 cangilones = 9,7292 kg
- Peso de cangilones

Peso cada cangilón	0.24	lb
	0.1089	kg

Para peso de cangilón ver imagen 19, seleccionado de acuerdo con el tipo de material a transportar.

Peso de cangilones nylon = número de cangilones x 0.1089 kg.

Peso de cangilones nylon = (26)\* 0.1089 kg

Peso de cangilones nylon = 2,8314 kg

- Cantidad y peso de tornillos

Tabla 9. Cantidad y especificación de tornillos

Tornillos para Cangilones y Roldanas (Tornillos Norway)	
Tamaño (Pulg.)	Cantidad
¼ x 1	2 x (No. de Cangilones)

2 tornillos por cada cangilón = 2 \* 52 = 104 tornillos en total

Para el peso, se tiene en cuenta solo la mitad.

2\*26= 52 tornillos

Tornillos peso caja*100 unidades	3,32	lb
	1,51	kg
Cada unidad pesa	0,015	kg

Una caja de 100 unidades pesa 1,51 kg, ver imagen 20. Incluye tuercas.

Para 52 tornillos, el peso es 0,78 kg

- Cálculo longitud y peso de banda

Tabla 10. Longitud banda

Banda (Incluyendo 3 Cangilones Traslapados)	
No. de Perforaciones a hacer en la Banda	Longitud (Pies)
6 + (No. de Tornillos)	5' + (2 x Distancia entre Centros)
6 + (No. de Tornillos)	9' + (2 x Distancia entre Centros)
6 + (No. de Tornillos)	9' + (2 x Distancia entre Centros)

Longitud de banda en pies. = 5 + (2 \* distancia entre centros en pies)

$$5 + (2 * 16,076 \text{ Ft.}) = 37,152 \text{ Ft.}$$

$$37,152 \text{ Ft.} = 11,324 \text{ metros.}$$

Peso de la banda en kg.

$$1 \text{ m de banda de } 3,2 \text{ mm de espesor por } 127\text{mm de ancho} = 1 \text{ kg/m}$$

$$\text{Peso de la banda} = (11.324 \text{ m} \times 1 \text{ kg/m}) / 2$$

$$\text{Peso de banda} = 5,662 \text{ kg.}$$

- Sumatoria de la masa a mover por el motor

Peso arena + peso tornillos+ peso cangilones + peso banda.

$$\text{Masa total} = 9,7292 \text{ kg} + 0,78 \text{ kg} + 2,8314 \text{ kg} + 5,662 \text{ kg}$$

**Masa total = 19 kg**

### 6.7.3 Cálculo de potencia

Para el cálculo de la potencia se requiere hallar el torque necesario para la transmisión.

Partiendo de la fórmula de torque:

$$T = F * d * \text{Cos}\theta, \text{ de donde } \theta = 90^\circ$$

Donde:

F= masa a mover x la gravedad

$$F = 19 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$F = 186,44 \text{ N.}$$

d= corresponde al radio del tambor motriz, en metros. El catálogo Martin, página H-129, recomienda un diámetro de 8 pulgadas para el tambor motriz, lo que equivale a un radio de 0,1016m.

$d = 0,1016 \text{ m.}$

$T = F \cdot d \cdot \cos\theta$ , de donde  $\theta = 90^\circ$

$T = (186,44 \text{ N.}) \times (0,1016 \text{ m})$

$T = 18,942 \text{ N}\cdot\text{m}$

$T = 18,942 \text{ N}\cdot\text{m} = 13,971 \text{ lb}\cdot\text{Ft}$

La potencia está dada por la siguiente fórmula:

$$\text{Potencia (HP)} = \frac{T(\text{lb. ft}) * \text{RPM}}{5252}$$

Tabla 11. RPM recomendadas

Número de Elevador	Capacidad	Polea en Cabeza	
	Máx.P.C.H.	Diámetro	RPM
B43-139	95	8.00	62.9
B64-141	293	20.00	43.8
B64-140	324	24.00	40.5
B85-142	543	20.00	42.9
B85-143	591	24.00	39

Según la tabla 11, las rpm a utilizar son 62.9 rpm.

$$Potencia\ util = \frac{13,97\ lb.\ Ft * 62,9\ rpm}{5252}, (Hp)$$

Potencia útil (hp) = 0,1673 hp

$$Potencia\ Real = \frac{Potencia\ util}{eficiencia\ motor}, (Hp)$$

$$Potencia\ Real = \frac{0,1673\ hp}{0,7}$$

Potencia real = 0,239 hp


Potencia real = 0,239 hp. = 0.1781 kw

Para la selección del motor se debe aproximar esta potencia a un valor comercial por encima. Se utiliza el catálogo de motorreductores Nord, reductores de sinfín serie universal. Ver anexo 2.


En la imagen 13 se muestra la referencia del motorreductor seleccionado del catálogo página 22. Es un motorreductor de 0,25KW, el cual proporciona un torque de arranque de 24 N.m.




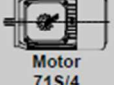

Imagen 13. Selección de motorreductor

**0,25kW**



**Motorreductores de sinfin  
UNIVERSAL  
4 polos 60Hz**



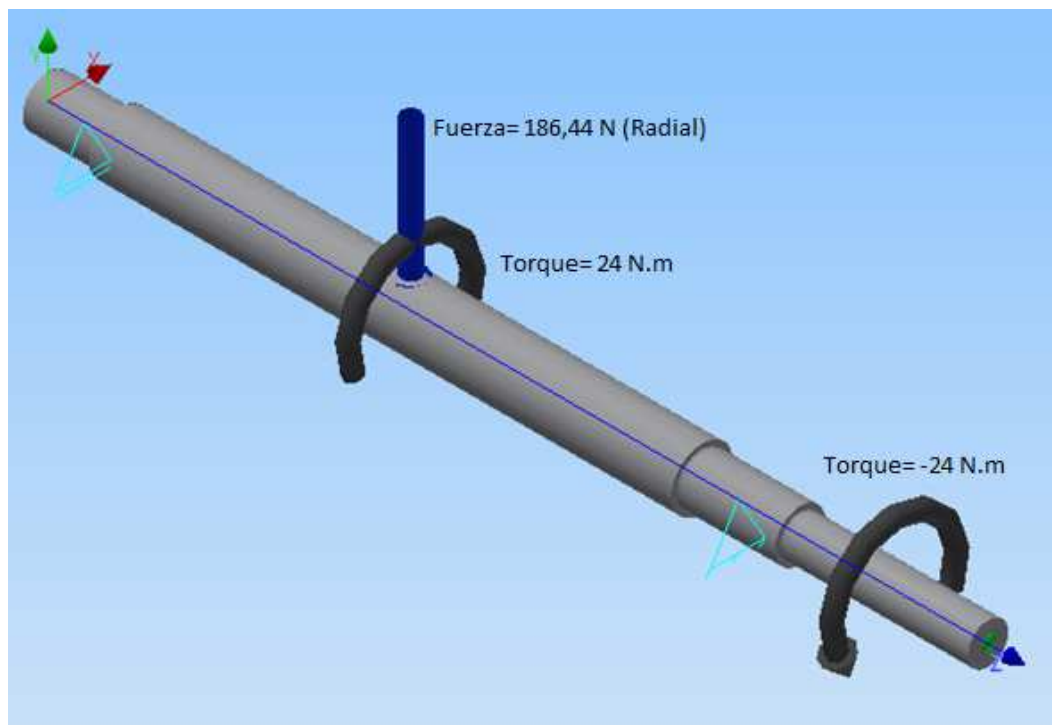
P <sub>1</sub> [kW]	n <sub>2</sub> [min <sup>-1</sup> ]	M <sub>2</sub> [Nm]	f <sub>B</sub>	i <sub>ges</sub>	i <sub>sch</sub>	i <sub>vor</sub>	F <sub>R</sub> [N]	F <sub>RF</sub> [N]	Modelo	Módulos del motorreductor			
													alternativa: 
									60 - 69	60 - 69	73	74	74
<b>0,25</b>									<b>SK 1SI 31 – IEC71 - 71S/4</b>	Números de pedido de los módulos			
	338	6	3,8	5	5		1110	770		60391050	60395020	32010020	32010044
	225	9	3,1	7,5	7,5		1260	880		60391080	-	-	-
	169	11	2,3	10	10		1370	950		60391100	-	-	-
	135	13	1,8	12,5	12,5		1460	1020		60391130	-	-	-
	113	15	1,9	15	15		1550	1040		60391150	-	-	-
	85	19	1,4	20	20		1690	1030		60391200	-	-	-
	68	22	1,1	25	25		1790	1030		60391250	-	-	-
	56	23	1,3	30	30		1800	1020		60391300	-	-	-
	42	28	1,0	40	40		1800	1010		60391400	-	-	-
	34	32	0,8	50	50		1800	1000		60391500	-	-	-
	135	14	2,9	12,5	12,5		3200	1840		Números de pedido de los módulos			
	113	16	3,1	15	15		3200	1840		60491130	60495020	32010020	32010044
	85	20	2,2	20	20		3200	1840	60491150	-	-	-	
	<b>68</b>	<b>24</b>	<b>1,7</b>	<b>25</b>	<b>25</b>		<b>3200</b>	<b>1840</b>	60491200	-	-	-	
	56	25	2,0	30	30		3200	1830	60491250	-	-	-	
	42	31	1,5	40	40		3200	1830	60491300	-	-	-	
	34	35	1,2	50	50		3200	1820	60491400	-	-	-	
	28	39	1,0	60	60		3200	1820	60491500	-	-	-	
	21	46	0,8	80	80		3200	1810	60491600	-	-	-	
									60491800	-	-	-	



Este valor de torque es utilizado para el diseño del eje y su verificación mediante los criterios de diseño de rigidez torsional y rigidez lateral. En el programa “Inventor professional” se modela el eje y se aplican las cargas y torques antes calculados. Ver anexo 5, planos de elevador, plano N°23, para dimensiones del eje de transmisión. En la imagen 14 se muestra el modelo del eje de transmisión con el torque y cargas aplicadas.

## 6.8 DISEÑO EJE DE TRANSMISIÓN

Imagen 14. Modelación eje de transmisión



### 6.8.1 Resultados de modelación

Imagen 15. Esfuerzo cortante

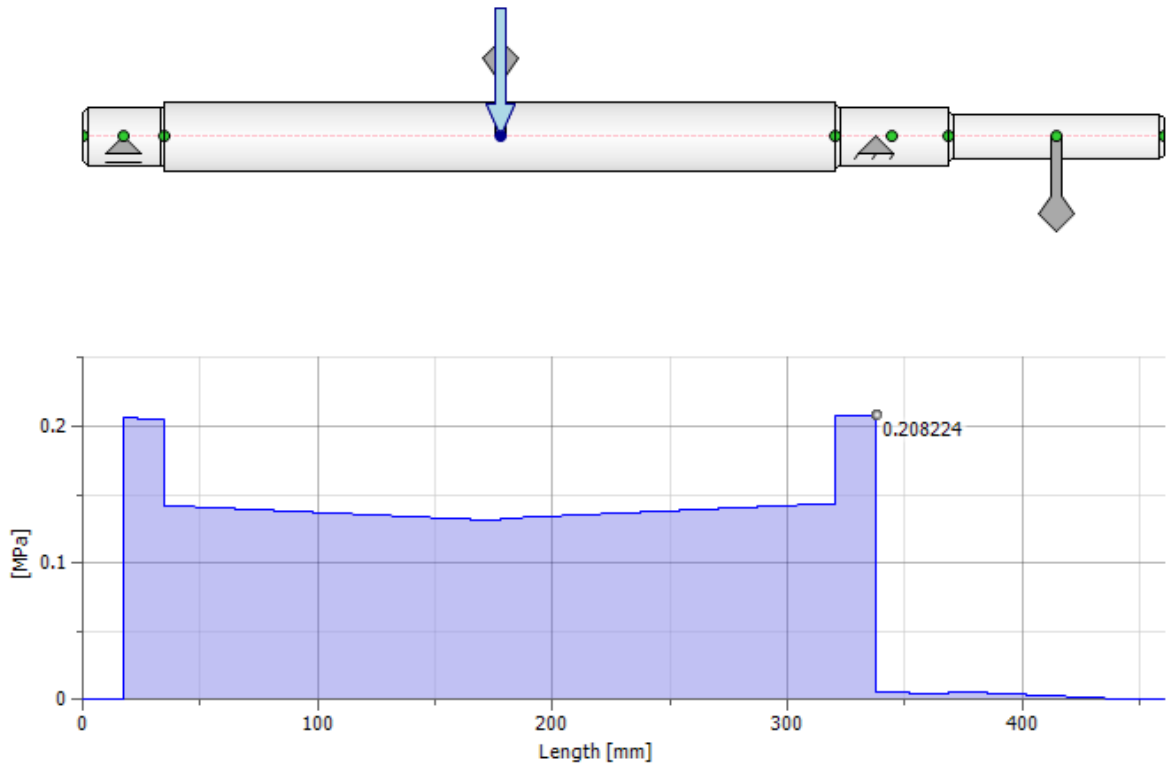


Imagen 16. Momento flector

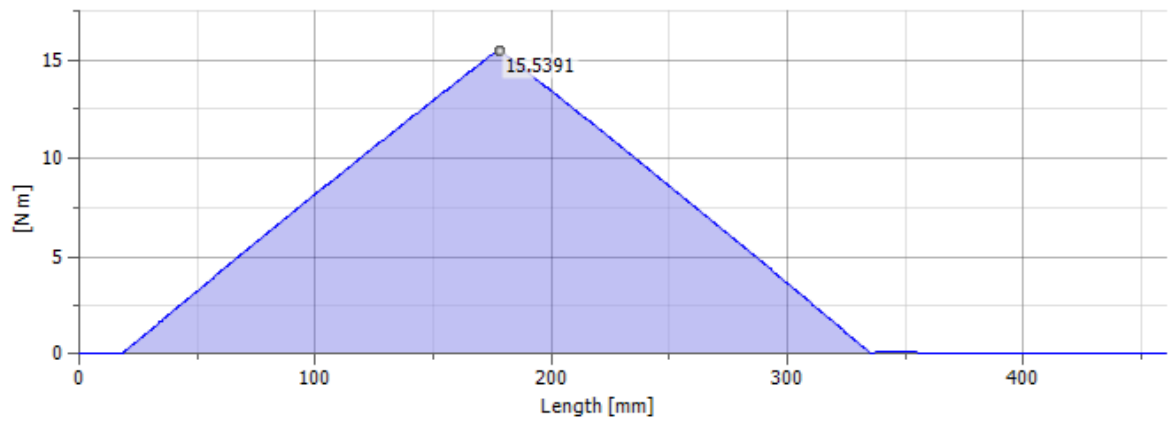


Imagen 17. Deflexión

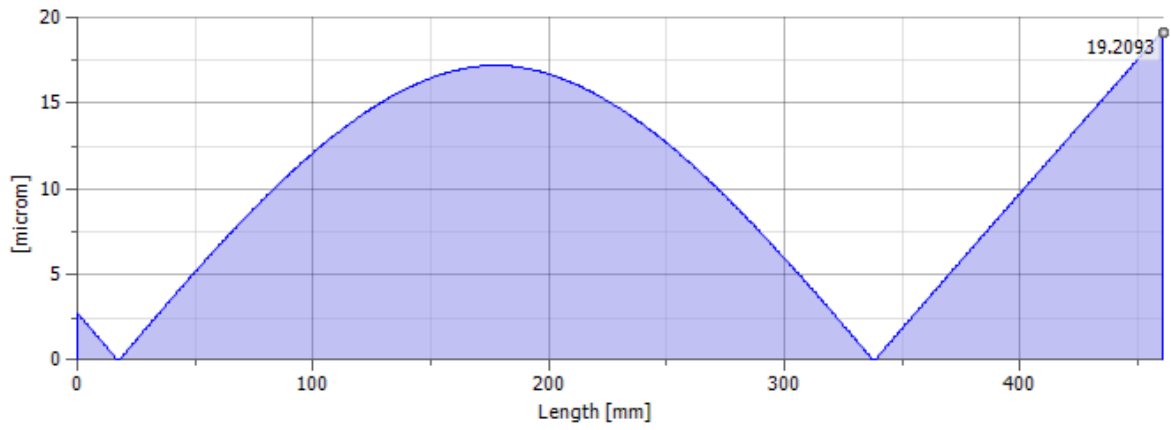


Imagen 18. Esfuerzo de torsión

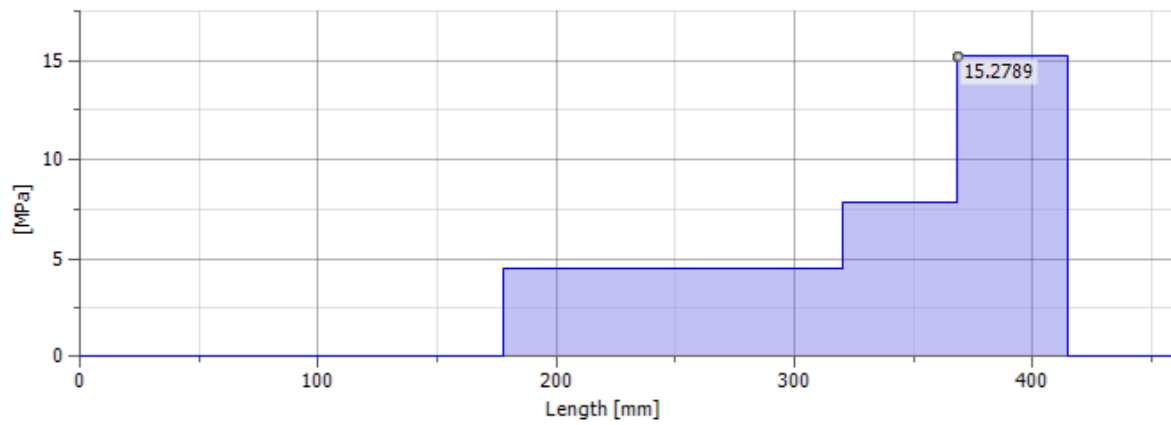


Tabla 12. Datos de modelación

**Material**

Material		User material
Modulus of Elasticity	E	200000 MPa
Modulus of Rigidity	G	80800 MPa
Density	$\rho$	7860 kg/m <sup>3</sup>

**Calculation Properties**

Include			
Yes	Density	$\rho$	7860 kg/m <sup>3</sup>
Yes	Shear Displacement Ratio	$\beta$	1.188 ul
	Number of Divisions		1000 ul
	Mode of reduced stress		Tresca-Guest

Tabla 13. Resumen de resultados

Length	L	460.490 mm
Mass	Mass	2.134 kg
Maximal Bending Stress	$\sigma_B$	5.862 MPa
Maximal Shear Stress	$\tau_S$	0.208 MPa
Maximal Torsional Stress	$\tau$	15.279 MPa
Maximal Tension Stress	$\sigma_T$	0.000 MPa
Maximal Reduced Stress	$\sigma_{red}$	30.558 MPa
Maximal Deflection	$f_{max}$	19.209 microm
Angle of Twist	$\varphi$	0.10 deg

Los anteriores resultados corresponden al análisis realizado con acero AISI 4140, cuyas propiedades de densidad y módulo de elasticidad, se especifican en la tabla 12.

### 6.8.2 Criterios de diseño

- Rigidez torsional

El ángulo de torsión no debe superar  $1^\circ$  por cada 20 veces el diámetro del eje entre apoyos.

$$\text{diam.}_{\text{prom}} = \frac{(20 * 91,94) + (25 * 285,55) + (30 * 48,1) + (25 * 94,94)}{91,94 + 285,55 + 48,1 + 91,94}$$

$$d_{\text{prom}} = 24,576 \text{ mm}$$

$$20(D_{\text{prom}}) \rightarrow 1^\circ \quad x = 0,652^\circ$$

$$491,52 \rightarrow x \quad 0,652^\circ > 0,010^\circ \quad \Rightarrow \text{Cumple!}$$

Cumple porque el ángulo de torsión permitido es de  $0,652^\circ$  y para la aplicación se está deformando solo  $0,10^\circ$  según los resultados mostrados en la tabla 13.

- Rigidez lateral

Para ejes de maquinaria, la deflexión no debe sobrepasar  $0,001 \text{ in/Ft}$  de longitud de eje entre apoyos.

Distancia entre rodamientos:  $0,32045 \text{ m}$

$$0,001 \frac{\text{in}}{\text{Ft}} \times \frac{25,4 \text{ mm}}{1 \text{ in}} \times \frac{1 \text{ Ft}}{0,3048 \text{ m}} = 0,0833 \frac{\text{mm}}{\text{m}}$$

$$1 \text{ m} \rightarrow 0,0833 \text{ mm} \quad x = 0,02670 \text{ mm} = 26,70417 \mu\text{m}$$
$$0,32045 \text{ m} \rightarrow x$$

$$26,70417 \mu\text{m} > 19,209 \mu\text{m} \Rightarrow \text{Cumple!}$$

Cumple porque la deflexión máxima permitida es de 26,70417 $\mu\text{m}$  y para la aplicación se está deflectando 19,209 $\mu\text{m}$  según los resultados mostrados en la imagen 17 y tabla 13.

## 7. SELECCIÓN DE COMPONENTES COMERCIALES

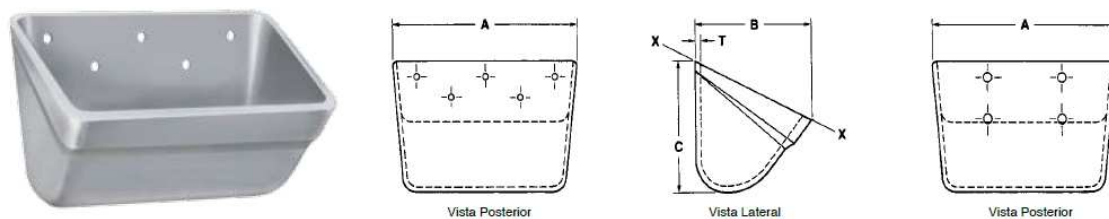
### 7.1 SELECCIÓN DE CANGILONES

Teniendo en cuenta el tipo de material a transportar, se selecciona el tipo de cangilones a utilizar; en la página H-129 del catálogo Martin se recomienda el cangilón tipo AA. Para el caso particular del elevador de cangilones para transportar arena de moldeo para fundición, se seleccionan los cangilones de nylon, cuyas características se describen a continuación.

Se utiliza el catálogo TAPCO para la selección y material de los cangilones, ver anexo 3.

Imagen 19. Características cangilones de nylon.

### CANGILONES DE NYLON SUPER FUERTES PARA ELEVADORES



#### CANGILONES TIPO AA

TAMAÑO (Nominal) Milímetros	TAMAÑO (Nominal) Pulgadas	DIMENSIONES REALES (PULGADAS) TOLERANCIA A, B Y C $\pm 1/4"$ T $\pm 1/32"$				Perforaciones Estándar (Pulgadas) Agujeros Perforados 1/32" mas grandes				Capacidad $\text{\textcircled{D}}$ Tolerancia $\pm 3\%$				Peso Aprox. (Libras)	
		Largo A	Proy. B	Prof. C	Espesor T	Centro a Centro E	Nº. Aguj.	Diámetro de Perno	Dist. Abajo Del Borde	Dist. Entre Filas	Bruta X-X		Utilizable		
											Pulg. Cúb.	Pie. Cúb.	Pulg. Cúb.		Pie. Cúb.
120-70	4 X 2-3/4	4-1/4	3	3-1/8	3/16	2-5/16	2	1/4	3/4	--	15.3	.009	11.5	.007	0.24

Rango de temperatura: -40°F a +275°F/-40°C a +135°C.

**Inflamabilidad:** El nylon modificado para alto impacto usado en los cangilones Tapco es denominado “de combustión lenta”. El producto tóxico primario de la combustión es monóxido de carbono.

**Capacidad utilizable:** Tapco recomienda utilizar el 75% de la capacidad bruta (100%).

**Instalación:** Se recomiendan pernos con uñas para elevadores y tuercas de seguridad con inserto de nylon para poleas de 6 o más pulgadas de diámetro. Se deben colocar arandelas planas de acero dentro del cangilón debajo de las tuercas.

**Recomendaciones:** Los cangilones de nylon tipo AA son ideales para ser usados con arena de fundición, grava, carbón, fertilizantes, arcilla, sal y muchos otros materiales industriales.

Tomado de anexo 3: catálogo TAPCO, página 16.

Con referencia en el mismo catálogo se elige el tipo de tornillos. Anexo 3: catálogo TAPCO, página 20.

En la página H-140 del catálogo Martin, se especifica el tipo de tornillos a utilizar, según se muestra en la tabla 9. Los tornillos a seleccionar son diámetro 1/4"x1" de longitud.

En la imagen 20 se especifica el peso por caja de 100 unidades, el cual incluye el peso de las arandelas.



Imagen 20. Características tornillos.

## PERNOS PARA ELEVADORES GRADO 2



### DE CABEZA PLANA AVELLANADA TIPO NORUEGO NO. 1

TAMAÑO (Nominal) Pulgadas	Diámetro Cabeza	Empaquetado con Tuercas Hexagonales c/Acabado Peso en Libras			
		Cantidad/ Caja	Peso/ Caja	Cajas/ Paquete	Peso/ Paquete
◆ 1/4 - 20 x 3/4	31/32"	100	2.85	21(2100 pcs.)	61
◆ 1/4 - 20 x 1	31/32"	100	3.32	21(2100 pcs.)	71
◆ 1/4 - 20 x 1-1/4	31/32"	100	3.36	21(2100 pcs.)	72
◆ 1/4 - 20 x 1-1/2	31/32"	100	3.80	21(2100 pcs.)	81

## 7.2 SELECCIÓN DE CHUMACERAS O SOPORTES

Una vez diseñado el eje, es necesario seleccionar un modelo de soporte que se adapte al diseño del sistema motriz y al eje del tambor de la bota.

Para la selección de los soportes se hace uso del catálogo NSK - SOPORTES CON RODAMIENTOS, anexo 4. El requerido para el eje motriz es un soporte tipo silleta con tornillos de apriete diámetro 25. Ver Página B-292.

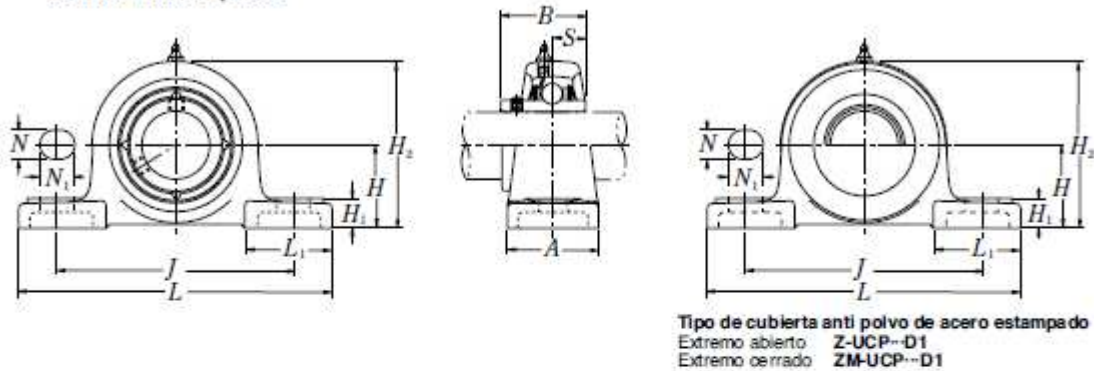
En la imagen 21 se muestran dimensiones y características generales del soporte tipo silleta, designación del soporte y designación del rodamiento.

Este tipo de soporte es de tipo relubricable, es decir que se debe realizar mantenimiento de manera continua. Para conocer la periodicidad de mantenimiento, consultar el manual técnico para el transporte y almacenamiento de arenas de fundición para el laboratorio de la Institución Universitaria Pascual Bravo.

Imagen 21. Características soporte tipo sileta

## UCP2

Soportes tipo sileta  
con tornillos de apriete



Diám. Eje mm pulgadas	Designación soporte (1)	Dimensiones nominales											Tamaño tornillo mm pulgadas	Número de rodamiento
		H	L	J	A	N	N <sub>1</sub>	H <sub>1</sub>	H <sub>2</sub>	L <sub>1</sub>	B	S		
12 1/2	UCP201D1 UCP201-008D1	30.2 3/16	127 5	95 33/4	38 1 1/2	13 1/2	16 5/8	14 9/16	62 27/16	42 12 1/32	31 1.2205	12.7 0.500	M10 3/8	UC201D1 UC201-008D1
15 9/16 5/8	UCP202D1 UCP202-009D1 UCP202-010D1	30.2 13/16	127 5	95 33/4	38 1 1/2	13 1/2	16 5/8	14 9/16	62 27/16	42 12 1/32	31 1.2205	12.7 0.500	M10 3/8	UC202D1 UC202-009D1 UC202-010D1
17 11/16	UCP203D1 UCP203-011D1	30.2 13/16	127 5	95 33/4	38 1 1/2	13 1/2	16 5/8	14 9/16	62 27/16	42 12 1/32	31 1.2205	12.7 0.500	M10 3/8	UC203D1 UC203-011D1
20 3/4	UCP204D1 UCP204-012D1	33.3 5/16	127 5	95 33/4	38 1 1/2	13 1/2	16 5/8	14 9/16	65 29/16	42 12 1/32	31 1.2205	12.7 0.500	M10 3/8	UC204D1 UC204-012D1
25 13/16	UCP205D1 UCP205-013D1	36.5 13/16	140 5 1/2	105 4 1/8	38 1 1/2	13 1/2	16 5/8	15 19/32	71 2 25/32	42 12 1/32	34.1 1.3425	14.3 0.563	M10 3/8	UC205D1 UC205-013D1
1 15/16	UCP205-014D1 UCP205-015D1 UCP205-100D1	36.5 15/16	140 5 1/2	105 4 1/8	38 1 1/2	13 1/2	16 5/8	15 19/32	71 2 25/32	42 12 1/32	34.1 1.3425	14.3 0.563	M10 3/8	UC205-014D1 UC205-015D1 UC205-100D1

## 8. CONCLUSIONES

- Se deben evaluar las posibles soluciones de acuerdo a las variables más importantes de diseño en este caso la abrasividad de la arena, su granulometría y la altura de elevación factores más decisivos para elegir el equipo.
- La adecuada selección de un equipo será determinante para el rendimiento y cumplimiento de los propósitos de diseño del mismo.
- La capacidad volumétrica de las dos tolvas modifica la altura de elevación esto por Ángulo de desplazamiento de la arena, factor a tenerse en cuenta para una futura modificación.
- Con el material almacenado a la altura adecuada en un recipiente cerrado se reducen los regueros de arena y se mejora la disponibilidad de la arena para ser dosificada con descarga directa al molino.

## 9. RECOMENDACIONES

- Verificar periódicamente la bota del elevador que no se acumule material especialmente si el equipo se deja de usar en largos periodos, esto debido a que la arena húmeda y la granulometría se compacta al encender el equipo generando la ruptura de los cangilones. Utilizar cangilones metálicos traslapados con los de nylon.
- Chequear periódicamente las ventanillas de inspección.
- Inspeccionar la banda y los elementos de sujeción de la banda.
- Trabajar con una tensión de banda adecuada. La tensión de la banda la determina el uso del equipo, trabajar con exceso de tensión o baja tensión reduce la vida útil de la transmisión, la banda y rodillos.
- Chequear la estructura del cuerpo del elevador, el estado de la pintura y la corrosión.
- Inspeccionar periódicamente la tolva por la ventanilla superior para vigilar la descarga adecuada del material.

## 10. BIBLIOGRAFÍA

SHIGLEY, Joseph E., MITCHELL, Larry D. DISEÑO EN INGENIERIA MECÁNICA. Diseño de Elementos Mecánicos, Ejes de Transmisión. México. McGraw Hill. Edición 8. 897p.

MIRAVETE, Antonio y LARRODÉ, Emilio. Transportadores y Elevadores. Barcelona. Editorial Reverté S.A. 2004. 437 p. ISBN 84-921349-1-7.

Joffre Alexander Aguirre Cruz, Ignacio Vicente Wiesner Falconí. Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción - Escuela Superior Politécnica del [Litoral@hotmail.com](mailto:Litoral@hotmail.com).

Fuente: Tomado de: Universidad Nacional Abierta y a Distancia. (04 de 10 de 2012). <https://www.unad.edu.co/>, de [http://datateca.unad.edu.co/contenidos/211618/EXELARNING/leccin\\_14\\_elevador es\\_de\\_cangilones.html](http://datateca.unad.edu.co/contenidos/211618/EXELARNING/leccin_14_elevador_es_de_cangilones.html) (Recuperado: 08 de Marzo de 2015).