INTRODUCCIÓN

El presente trabajo trata sobre el diseño de un elevador de cangilones de descarga centrífuga que será acoplado a un sistema de recirculación de arena de moldeo que se utiliza en un proceso de fundición. El diseño se derivó del hecho de que existe una problemática en cuanto a llevar la arena sacudida de la fundición a la tolva que alimenta a la máquina de preparación y luego a la de moldeo. Esto conlleva a atrasos en la frecuencia de una planta de producción en serie y se crea la necesidad de contratar mano de obra adicional. Esto hace la operación más cara y por lo tanto menos rentable.

La arena de moldeo puede ser recirculada ya que sus propiedades son poco afectadas después que se realiza el proceso de fundición; esto hace necesario un sistema más eficiente y que provea de arena suficiente para una nueva producción que reemplazará las actividades de fundición artesanal que ha sido la tradicional forma de producción.

Una de las formas de resolver el problema de elevación de arena es por medio de elevadores de cangilones y por ello se establecerán sus componentes, su aplicación en esta industria, se hace un análisis de los diferentes tipos de elevadores, haciendo énfasis en cuál es el más adecuado para la arena de sílice, se diseña el cangilón y se hacen cálculos de variables de consideración como: longitud de la banda, velocidad angular para la

descarga, esparcimiento entre cangilones, cálculo de la potencia requerida en el elevador, la capacidad máxima de transporte, etc.

Posteriormente, se realiza el cálculo de costos de partes, de fabricación y costos de montaje de la máquina, se hacen planos de fabricación para que la propia empresa los construya y los ponga en funcionamiento.

CAPÍTULO 1

1. ASPECTOS TÉCNICOS CONSIDERADOS EN EL DISEÑO

1.1 MECANIZACIÓN DE LA RECIRCULACIÓN DE LA ARENA DE MOLDEO.

FUNDAMENTOS DEL SISTEMA DE RECIRCULACIÓN.

La mayoría de las fundiciones reutilizan gran parte de la arena para la fabricación de almas y moldes. En la medida que se reutiliza la arena, se forman acumulaciones de finos, por lo que una cierta cantidad de arena del sistema debe ser retirada regularmente para mantener las propiedades deseadas de éstas. La arena retirada, junto con la arena perdida por fugas y durante el desmolde, se convierten en arenas de desecho.

Una de las principales alternativas para reutilizar las arenas corresponde a las plantas de producción en serie. Estas se componen de sistema de vaciado, chancadora, tamiz, enfriador de arena, silos, mezcladora continua, separador magnético y mesa vibradora. Los componentes de la planta en las que se genere polvo (como la parrilla de vaciado, chancadora, enfriador) deben ser encapsulados y se debe contar con un sistema de captación y acumulación.

Los residuos de almas, machos o corazones hechos en arena aglomerada están conformados por arenas parcialmente descompuestas, retiradas durante el desmolde. Ellos contienen aglomerantes degradados parcialmente. Los residuos de almas pueden ser aplastados y reciclados a la línea de arena para la elaboración de moldes o pueden ser llevados a un sitio de disposición final junto con las almas rotas que no cumplen con las especificaciones.

La arena de moldeo que se utiliza en intramet, puede ser recirculada ya que sus propiedades son poco afectadas después que se realiza el proceso de fundición; La velocidad del elevador a diseñar está dada por la cantidad horaria de moldes y esta depende de la producción de piezas o el peso del metal en cada molde.

La capacidad de producción está dada por el cliente y dice que debe de ser 10 Ton/día de hierro gris o dúctil. El peso en cada molde es de 80Kg de metal y teniendo como referencia la relación entre la arena y el metal de 4/1; entonces el peso de la arena en molde es de 320Kg por lo tanto el molde lleno pesa 400Kg.

Por otro lado la producción del horno es de 10Ton/día que relacionado al peso de metal en molde de 80Kg se tiene la producción horaria de piezas y por ende la cantidad de arena que debe de manejar el sistema, entonces:

$$\frac{10000(Kg/día)}{80(Kg/molde)} = 125 \frac{moldes}{día}$$

Por lo tanto el movimiento de arena de moldeo es de:

$$125 \text{ X } 320 = 40000(Kg/día) = 40\left(\frac{Ton}{día}\right)$$

Considerando un 20% de pérdidas en el sistema se tiene:

$$40(Ton/día) + 8\ (Ton/día) = 48 \frac{Ton}{Día}$$

Para efectos de cálculo se tiene un aproximado de 50Ton/día. Ahora la planta hace este trabajo en 10 horas, luego:

$$\frac{50Ton/día}{10h/día} = 5Ton/h$$

El movimiento de arena en el sistema por cuestiones de eficiencia de moldeo se puede considerar un 20% más, por lo tanto 6Ton/h de arena es el valor que se acoplara al sistema para ser transportado por los elevadores de cangilones.

Desde hace bastante tiempo se utilizan estas plantas de recuperación en las fundiciones. Los costos de recuperación son más bajos que los costos de compra de arenas nuevas. Sin embargo, solamente las plantas completas con tamiz, filtros y enfriador garantizan la calidad adecuada de la arena.

Así, las plantas de recuperación de arena varían desde los sistemas más simples, de tipo manual, que consideran básicamente operaciones de mezclado, hasta sistemas de operación totalmente mecánica, los que se componen, en su diseño más completo, de equipos de alimentación de arena, chancadora, sistema de separación de metales, tamices, enfriador de arena, silos de almacenamiento y mezcladora de arena recuperada con arena nueva, además de equipos de captación de polvo. Este último tipo de plantas garantiza una adecuada calidad para la arena reutilizada. Tal como se aprecia en la figura 1.3.

Clases de arenas utilizadas en el sistema de recirculación

Las arenas son rocas sedimentarias detríticas no cementadas

formadas por clastos cuyo diámetro oscila entre 1/16 y 2mm, están formadas mayoritariamente por granos de cuarzo o silicatos.

Las rocas se dividen en tres grupos Conglomerados, areniscas y arcillas, a las que corresponden entre los sedimentos recientes las grabas, las arenas y los fangos.

Con relación a la forma de utilización existen dos clases de arena de moldeo:

- Arenas para moldeo en seco.
- Arenas para moldeo en verde.

Arena para moldeo en seco:

Con esta arena se hacen moldes que antes de la colada se someten a un secado, cuya finalidad es aumentar la cohesión de la arena, con el fin de que soporte mejor la acción mecánica del metal fundido, disminuir la evolución de vapor de agua, acrecentar la permeabilidad y absorber parte de los gases que se producen por efecto del metal fundido.

Arena para moldeo en verde:

Con este tipo de arena se confeccionan moldes en los que se vierte la colada sin someterlos a ningún secado.

Esta arena implica un sistema de moldeo más económico y

permite producciones en serie y un empleo menor de cajas de moldeo. A pesar de esto, no todas las piezas se pueden producir con el moldeo en verde, particularmente las piezas grandes son difíciles de hacer con este método y de hecho solo se usa en empresas pequeñas.

Proceso de fundición en verde.

Las arenas verdes están normalmente hechas de arenas sílice (SiO_2), el tamaño y distribución de los gramos de arena son en extremo importantes para controlar el acabado superficial de las piezas, estas características también afectan la habilidad del molde para apoyar evacuación de los gases formados durante la transformación de agua a vapor y la combustión de los constituyentes orgánicos de los aglutinantes de los corazones y de los aditivos para mejorar la colapsibilidad.

Molde en verde

El moldeo de arena en verde, es el método más común que consiste en la formación del molde con arena húmeda, usada en ambos procedimientos, la llamada arena verde es simplemente arena que no se ha curado, es decir, que no se ha endurecido por horneado, el color natural de la arena va desde el blanco hasta el canela claro, pero con el uso se va ennegreciendo, la arena no

tiene suficiente resistencia para conservar su forma, por ello se mezcla con un aglutinante para darle resistencia; luego se agrega un poco de agua para haga moldeable para adquirir plasticidad que le confiere la bentonita.

EL PROCESO:

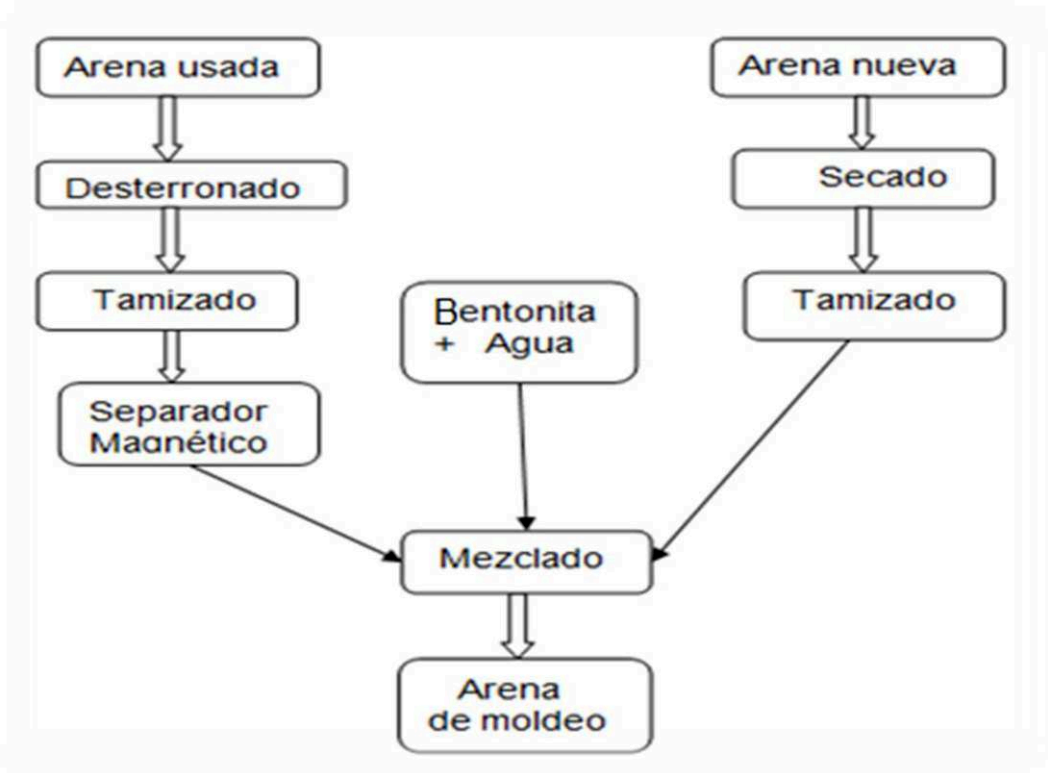


FIGURA 1.1 FLUJOGRAMA PREPARACIÓN DE ARENAS DE MOLDEO

La preparación de arenas tiene por objeto incorporarle uniformemente, envolviendo los granos de sílice de la arena de moldeo, una cierta cantidad de arcilla grasa o plástica que le da

plasticidad y moldeabilidad porque desarrolla resistencia mecánica sin perder permeabilidad a los gases de combustión y vapor que se producen durante el colado.

Desterronado o Triturado (arena vieja).

Cuando la arena nueva secada o la arena de retorno de colado se presente en forma de motas duras (arena estufada), obstaculiza la dosificación en el molino. Para obviar este inconveniente, conviene romperla antes de introducirla en el sistema.

En el transcurso de la trituración no se trata de pulverizar los granos de sílice, ya que un triturador no es un molino que reduce los productos a polvo. Los molinos trituradores utilizados en fundición deberán, por el contrario, respetar la granulometría de la arena y su potencia vendrá limitada en tal sentido. Las motas, si no son duras, se romperán.

Un buen divisor será suficiente por lo regular para este trabajo. Los cuerpos extraños resistentes (fragmentos metálicos, etc.), serán eliminados tal como vengan en el tamiz seleccionador que los evacuará.

Los trituradores utilizados son relativamente poco potentes, pero de gran capacidad como lo son triturador de bolas, trituradores a muela

y trituradores a martillo.

Tamizado (arena vieja, arena nueva).

El tamizado se realizaba antiguamente a mano, consiste en una rejilla fija contra la cual se lanza la arena a pala, con el tiempo se han inventado una gran gama de mecanismos aplicados al arte de separación de arenas según el tamaño de grano, como ejemplo se cita la Tamizadora aireadora a correa, la cual consiste en colocar la arena en la tolva, la cual es arrastrada mediante una correa de acero y lanzada hacia el tamiz.

Separación de metales por medio magnético (arena vieja).

Se intercalan en el circuito ante del mezclador, liberan la arena de partículas, fragmentos ferrosos, puntas, rebabas, hierros, etc. El sistema que normalmente se adopta es en forma de imán rectilíneo bajo el cual pasa la arena.

El rodillo magnético puede estar formado por imanes permanentes, sencillos, de fácil entretenimiento y sin consumo de energía. Con buenos aceros imantados se obtiene una atracción potente y duradera, que ocupa poco espacio.

Los dispositivos a electro-imán, hasta ahora los más eficaces, pero de entretenimiento complicado y sujetos siempre a roturas

de hilos o a falsos contactos, tienden a ser remplazados por imanes permanentes en aceros especiales.

Mezclado (arena vieja, arena nueva).

A la arena de moldeo vieja se adicionará arena nueva en cantidad de tal forma que supla la cantidad perdida en algunas partes del proceso. Este primer trabajo se opera, bien en seco, o en estado húmedo, y va desde el simple paleado hasta la instalación de tolvas dosificadoras, alimentadas por depósitos y alimentando ellas mismas transportadores destinados al aparato mezclador o amasador. Por esta operación, cada grano de sílice debe ser lo más regular posible. El conjunto obtenido debe ser homogéneo, no deben triturarse ni machacarse los granos de sílice, porque ello alteraría la estructura de la arena rebajando su permeabilidad, Por otra parte, aunque la arena sea demasiado gruesa, su granulometría ya se modificará.

Es evidente que el amasado en seco resulta inoperante, por no ser plástica la arcilla seca. Por ello, dicha operación se acompaña de una humidificación que aporta la cantidad de agua necesaria para la máxima cohesión de la arena regenerada. Dicha cantidad de agua se dosificará convenientemente.

La arcilla es un cuerpo impermeable, de plasticidad

relativamente débil para las proporciones de humedad utilizadas en el moldeo. La penetración de la humedad en el interior de las películas de arcilla (por muy delgadas que sean) no es instantánea. El deslizamiento y la repartición, envolviendo a los granos de sílice, de esta arcilla, más o menos homogéneo, se realiza lentamente.

Contrariamente a lo que se pueda pensar, la operación de mezclado no es pues instantánea. La arena deberá ser largamente trabajada, o mejor, trabajada repetidamente con intervalos de reposo, que permitan adquirir a la arcilla la máxima plasticidad con la mínima humedad.

En la actualidad, los talleres mecanizados, de gran producción, consumen una enorme cantidad de arena. Para evitar almacenamientos demasiado embarazosos, se hace pasar la arena varias veces por día en el circuito de moldeo.

Desintegración o división: (arena vieja, arena nueva)

Al salir del molino mezclador, la arena regenerada se presenta en forma más o menos apelmazada. Para obtener de la arena el resultado máximo, conviene alejar lo más posible unos de otros granos de arena rebozados de arcilla, a fin de introducir el máximo de aire posible entre ellos.

Esta operación, muy importante, se efectúa en aparatos llamados divisores o aireadores. A la salida de estos aparatos, la arena debe sufrir el mínimo de manipulaciones posibles, a fin de evitar un nuevo agrumado.

Tamizado

En varios puntos del ciclo que recorre en la fundición, la arena puede recibir materias extrañas indeseables: en el moldeo, armaduras, clavos, guías, pasadores; en la colada, toda clase de desechos metálicos e incluso piezas.

En varios puntos de su circuito es pues interesante tamizar la arena para conservarla limpia. Los tamices serán de mallas cada vez más finas, desde el desmolde hasta el divisor de arena preparada. Todos los rechazos de tamizado serán evacuados.

Resultará interesante, examinar estos rechazos de tamiz y vigilar que el retorno de la arena no sirva al mismo tiempo para acarrear las basuras del taller. Sucede con frecuencia que, a pesar del tamizado, la arena continúa sucia. Aparecen entonces dificultades en el moldeo que resultan de la falta de cuidado puesto en le desarenado y retorno de la arena.

La mayoría de las fundiciones tamizan la arena usada antes de reutilizarla. Algunas emplean diferentes tipos de tamices y mecanismos vibradores para deshacer las grandes masas de arena mezclada con astillas de metal.

Para retirar los trozos grandes de metal y los residuos de almas se hace uso de cribas. Las piezas de metales grandes recolectadas en la criba generalmente son vueltas a fundir en el horno o son vendidas a fundiciones secundarias.

Los tamices cada vez más finos remueven partículas metálicas adicionales y ayudan a clasificar la arena antes de que ésta sea moldeada. Algunas fundiciones vuelven a fundir estas partículas pequeñas, otras hacen una recuperación de metales.

El metal recuperado durante el proceso de tamizado frecuentemente está mezclado con componentes de arenas gruesas o tiene arena adherida.

Por lo tanto la reutilización de estas piezas en el horno podría generar mayores cantidades de escorias, especialmente cuando se vuelven a fundir las partículas más pequeñas.

La Figura 1.2 se muestra un esquema de tamización y separación de arenas de moldeo.

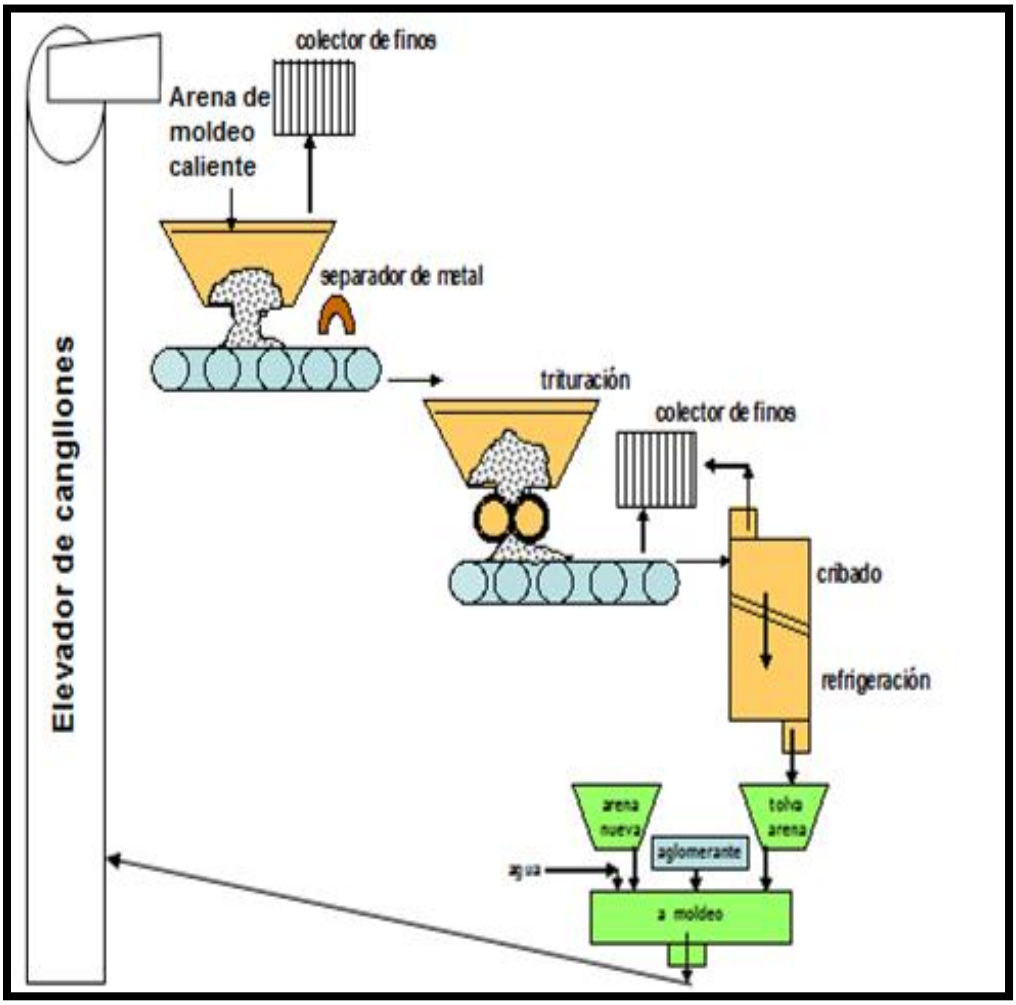


FIGURA 1.2 ESQUEMA DE TAMIZADO Y SEPARACIÓN DEARENAS.

1.2 COMPONENTES DEL SISTEMA.

A continuación se muestra un diagrama de los componentes que se involucran en un proceso de fundición en serie y en la que se puede observar el ciclo de recirculación de la arena de moldeo.

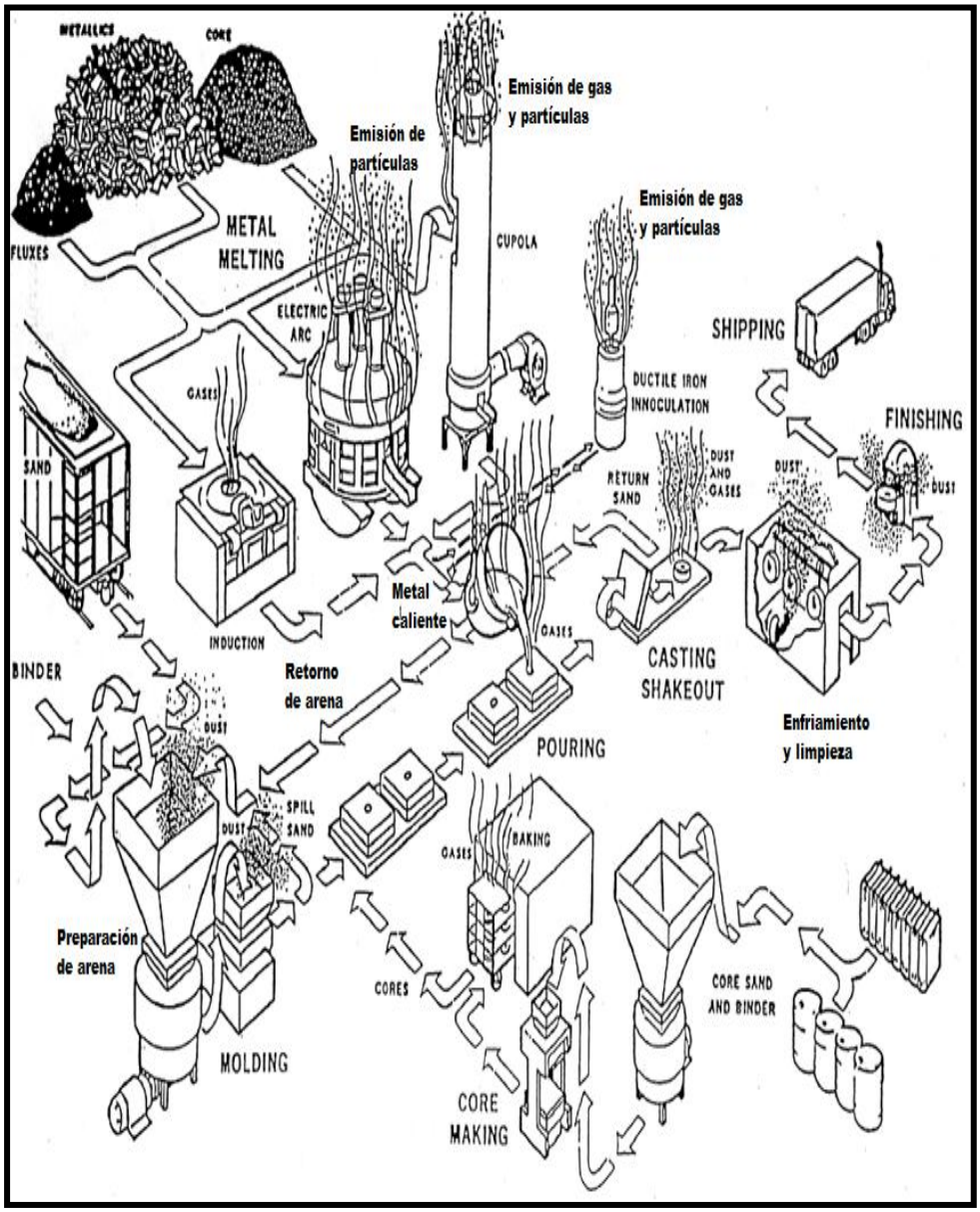


FIGURA 1.3 DIAGRAMA DE PROCESO DE FUNDICIÓN EN VERDE.

En las etapas del proceso de recuperación de arenas en las fundiciones se incluyen algunos componentes característicos principales del sistema lo cual se observa en el siguiente diagrama.

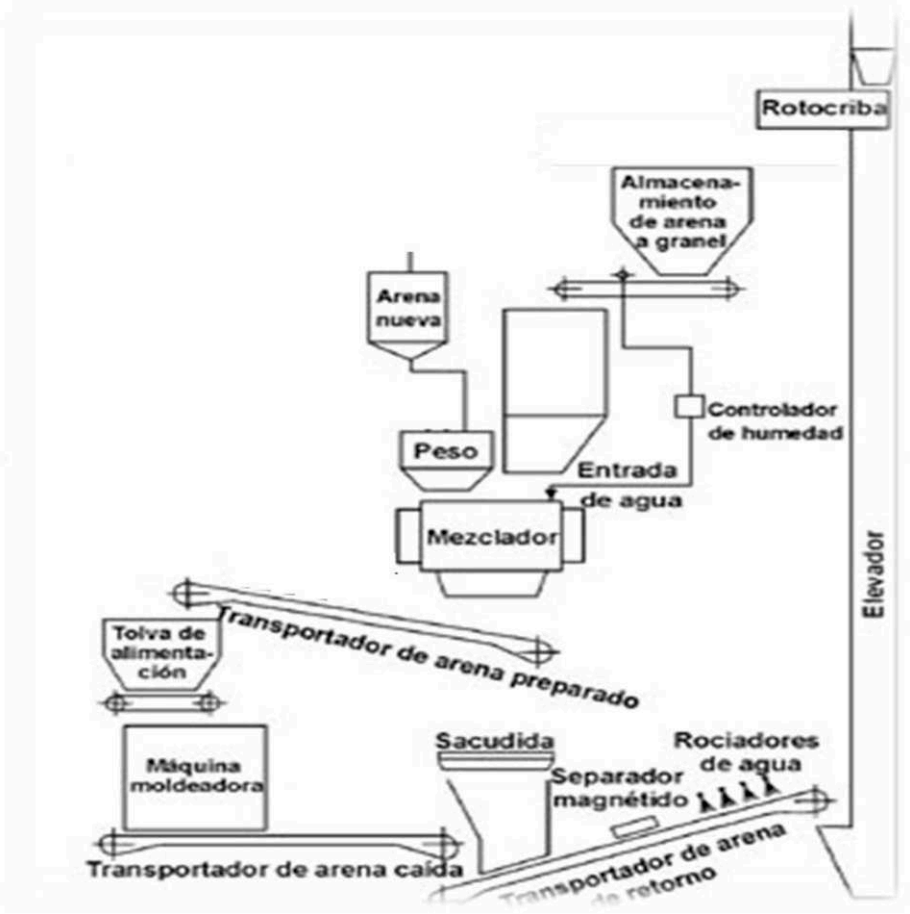
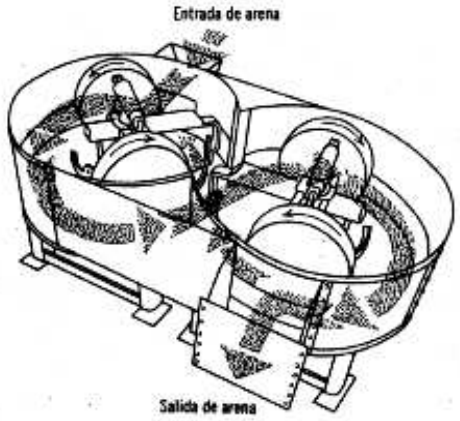


FIGURA1.4 FLUJOGRAMA DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE ARENA .

En la figura 1.4, se puede observar que el sistema de recirculación tiene la finalidad de recolectar la arena que cae de la máquina de moldeo y la que es sacudida por la mesa vibratoria, estas son transportadas por una banda y luego se las hace pasar por un separador magnético para después ser llevadas por un elevador de cangilones hasta cierta altura para luego depositarla en una tolva y volver a repetir el proceso. El sistema de recirculación es complementado por algunos componentes como se describen a continuación:

a) Molino Para Arena.



Multitrituradora continua de arena de fundición.

FIGURA 1.5. MOLINO PARA ARENA DE FUNDICIÓN

En el proceso de la trituración no se trata de pulverizar los granos de sílice, ya que un triturador no es un molino encargado de reducir los productos a harina. Los molinos trituradores utilizados en fundición deberán, por el contrario, respetar la granulometría de la arena, y su potencia vendrá limitada en tal sentido.

Está compuesto por un buen divisor que será suficiente para ejecutar este trabajo. Estos aparatos están destinados a disminuir el tamaño de grano de la arena nueva, seca y de la procedente del desmolde. No se trata de pulverizar la arena. Los trituradores utilizados como el descrito son relativamente poco potentes, pero de gran capacidad. Existen otros tipos de trituradores como de martillo y de bolas.

a) Secador De Arena.

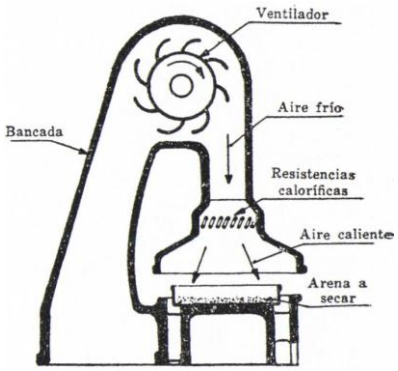


FIGURA 1.6 SECADOR TÍPICO DE ARENA

La función de un secador en un sistema de recirculación de arenas, es secar la arena nueva, lo cual lo hace al rociar aire caliente sobre la arena húmeda, el tipo más simple de un secador, es el que recibe la arena en forma horizontal la cual es pasada por una banda transportadora, con el propósito de que el secado sea uniforme. Una corriente constante de aire frío pasa a través de una resistencia lo que ocasiona que el aire se caliente y pueda separar la humedad.

Existen varios tipos de secadores, así por ejemplo: hay secadores que actúan de forma inclinada, existen otros con cámara de expansión para asegurar que toda la arena que se encuentra en la banda sea secada uniformemente.

c) Tamiz

Consiste en una malla fija por medio de la cual se deja pasar

arena o se la lanza con pala, con el transcurso del tiempo existe mucha variedad en lo que a tamices se refiere, es interesante tamizar la arena en varios puntos del proceso y en consecuencia poner tamices con malla más fina para obtener un mejor producto, esto es de acuerdo a la necesidad.

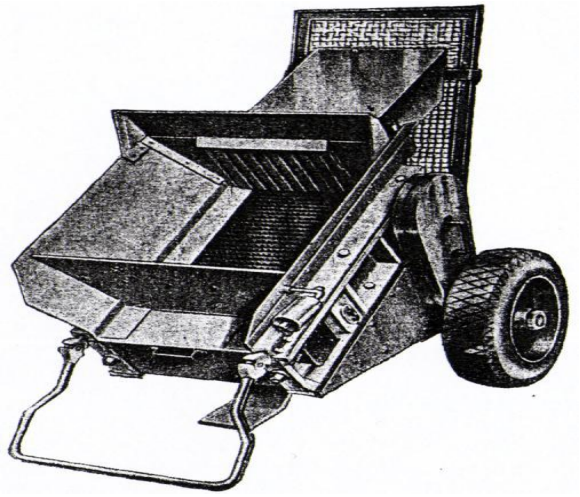


FIGURA 1.7 TAMIZ BÁSICO PARA ARENA.

Para la realización de esta parte del proceso, se tiene muchas variedades de tamices para el diferente propósito entre los cuales se mencionan Simple tamiz manual, Tamices vibradores, Tamices vibradores eléctricos o neumáticos, vibradores rotativos, etc.

d) Separador Magnético

Básicamente es un sistema magnético puede estar formado por imanes permanentes, sencillos, de fácil entretenimiento y

sin consumo de energía. Están diseñados para obtener una atracción potente y tienen una larga duración.

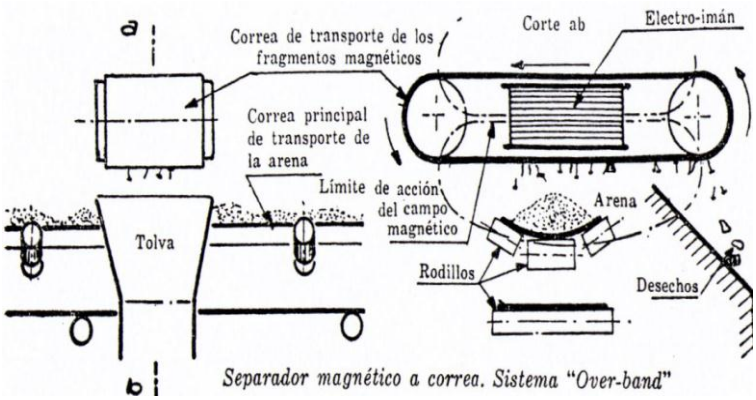


FIGURA 1.8 SEPARADOR MAGNÉTICO.

El sistema más común utilizado es el ¨Over Band¨ el cual consiste en una banda transportadora sobre el cual pasa la arena uniformemente sobre la cual se encuentra el electroimán, el material Atrapado es sacado por medio un dispositivo que está pegado al electroimán el cual hace la función de barrido.

e) Mezclador (arena vieja, arena nueva).

Es un mecanismo capaz de realizar la mezcla de arena, arcilla y agua de acuerdo a las necesidades para la fundición, opera bien en seco, o en estado húmedo.

El resultado de la mezcla obtenida debe ser homogénea, no

deben triturarse ni machacarse los granos de sílice, porque ello alteraría la estructura de la arena rebajando su permeabilidad, Por otra parte, aunque la arena sea demasiado gruesa, su granulometría ya se modificará.

Esta parte del proceso no es rápida, la arena deberá ser mezclada en largos periodos de tiempo, o mejor, trabajada repetidamente con intervalos de reposo, que permitan adquirir a la arcilla la máxima plasticidad con la mínima humedad.

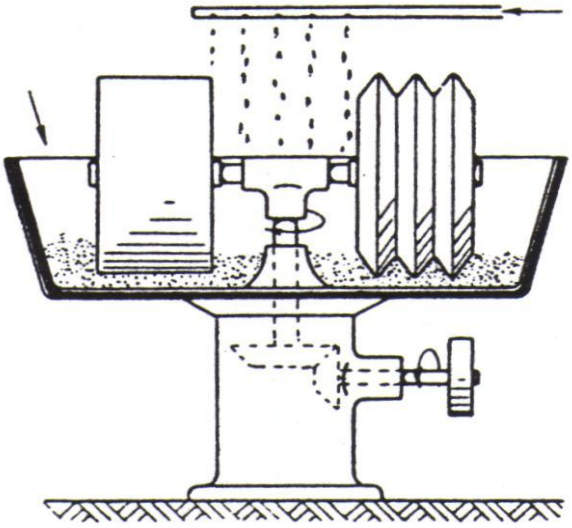


FIGURA1.9 MEZCLADOR DE ARENA

TIPOS DE SISTEMAS DE TRANSPORTES:

Los sistemas de transportes más utilizados en el sistema de recirculación de granalla son:

Transportadores de banda

Transportador elevador de cangilones.

Transportadores de banda.

Como transportadores de este tipo se considera un sistema que con diferentes inclinaciones, son diseñadas en base a espacios y necesidades requeridas.

El transporte del material se lo efectúa sobre la banda, la cual diseñada y seleccionada dependiendo del tipo de material a transportar ya que depende de muchos factores como lo son:

Tamaño de grano.
Densidad del material.
Viscosidad del material.
Temperatura del material a ser transportado.
Angulo de inclinación de sistema de transportación.

Transportadores elevadores de cangilones.

Los transportadores elevadores de cangilones son unidades sencillas y seguras para el desplazamiento vertical de materiales. Existen en una amplia gama de capacidades y pueden funcionar totalmente al aire libre o estar encerrados. Los elevadores de cangilones pueden ser por medio de bandas o cadenas. Cualquiera de los dos tipos pueden ser vertical o inclinados de acuerdo a las necesidades y características del material a ser transportado.

Los de banda se adaptan particularmente a la manipulación de materiales abrasivos que producirían el desgaste excesivo de las cadenas.

Los de elevadores de cangilones de cadena se usan con frecuencia con los cangilones perforados puesto que se los utilizan generalmente para materiales mojados lo cual permite que se escurra el agua en exceso.

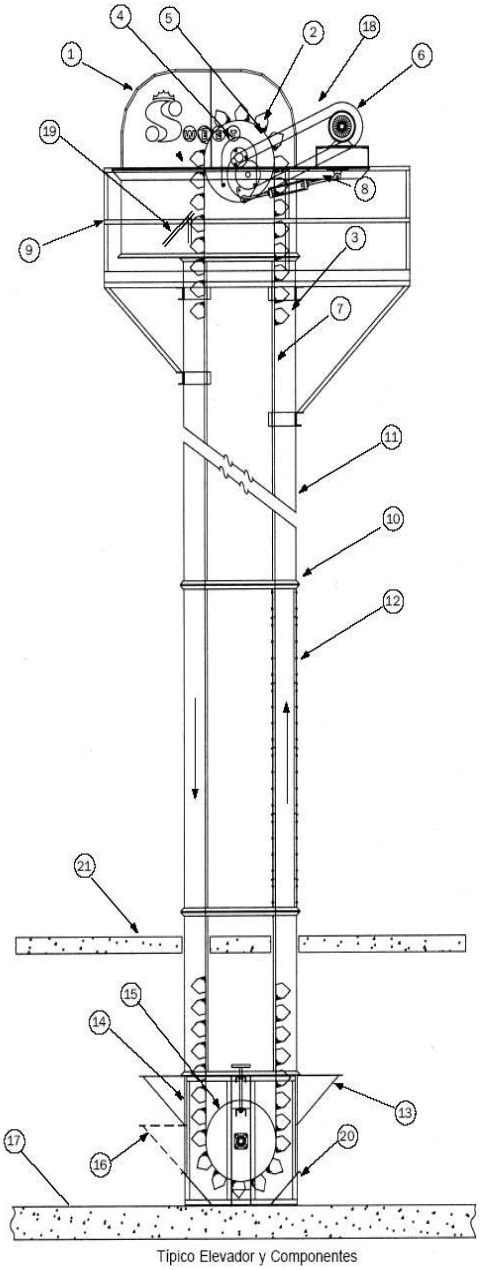
1.3 ELEVADORES DE CANGILONES Y SUS PARTES

GENERALIDADES:

Como elevador de este tipo se considera un sistema de transporte casi siempre vertical que consta de los cangilones que transportan el material y una banda o cadena que los lleva fijos en su avance vertical cíclico.

Los primeros elevadores de cangilones se emplearon única y exclusivamente para la elevación de cereales, pero su uso se ha extendido a muchos otros materiales como carbón, cemento, harina, etc.

Esta sección del trabajo provee una breve descripción del equipo del elevador para familiarizarlo con los varios componentes y sus nombres los cuales han sido identificados. Figura No. 1.10 ilustra un elevador ensamblado.



1. CABEZA
2. POLEA DE DABEZA
3. CANGILON
4. REDUCTOR
5. V-BANDAS
6. MOTOR
7. BANDA DE ELEVADOR
8. TORQUE ARM
9. PLATAFORMA DE SERVICIO
10. BRIDA DE PIERNAS
11. PIERNAS
12. PUERTA DE SERVICIO
13. TOLVA (ARRIBA)
14. BOTA
15. POLEA DE BUTA
16. TOLVA (ABAJO)
17. NIVAL DE HOYO
18. CUBIERTA DE REDUCTOR
19. LENGUETA DE AJUSTE
20. PUERTO DE LIMPIEZA
21. NIVEL DE PISO

FIGURA 1.10 ELEMENTOS BÁSICOS DE UN ELEVADOR DE CANGILONES.

ELEVADOR DE CANGILONES.

El elevador ensamblado en Fig. No. 1.10 muestra el sistema principal de elevación. Consiste de cabeza (1), bota (caja) (14), la caja o

envoltura del elevador (11), puerta de servicio (12), y banda/cadena y cangilones.

UNIDAD DE ACCIONAMIENTO

La cabeza (ítem 1, Fig. 10) es el componente localizado en la parte superior del elevador. Está constituida por un motor y un reductor que puede estar ligado directamente al eje del tambor de accionamiento o a través de un acople elástico. Toda la unidad se asienta en una plataforma construida para tal fin.

TAMBOR DE ACCIONAMIENTO

Es el encargado de transmitir el movimiento a la correa, normalmente fabricado en fundición o chapa de acero. Pueden tener una pequeña iconicidad a los efectos de centrar la correa y siempre y cuando el cangilón lo permita.

Es altamente recomendable el recubrimiento del mismo con caucho a los efectos de protegerlo del desgaste producido por la gran cantidad de polvo que genera el sistema.

Este recubrimiento evita también el desgaste prematuro de la correa y hace más eficiente el uso de la potencia ahorrando energía. También aumenta el coeficiente de rozamiento haciendo más difícil un eventual deslizamiento.

CABEZA DEL ELEVADOR

También localizada en la parte superior del elevador y es una estructura metálica que contiene al tambor de accionamiento, formando parte de la misma la unidad de accionamiento, el freno y la boca de descarga. El capot de la cabeza o sombrero debe tener el perfil adecuado para adaptarse lo más posible a la trayectoria del material elevado en el momento de producirse la descarga. Esta trayectoria depende de varios factores como son el tipo de cangilón, la velocidad de la correa y el diámetro del tambor de accionamiento.

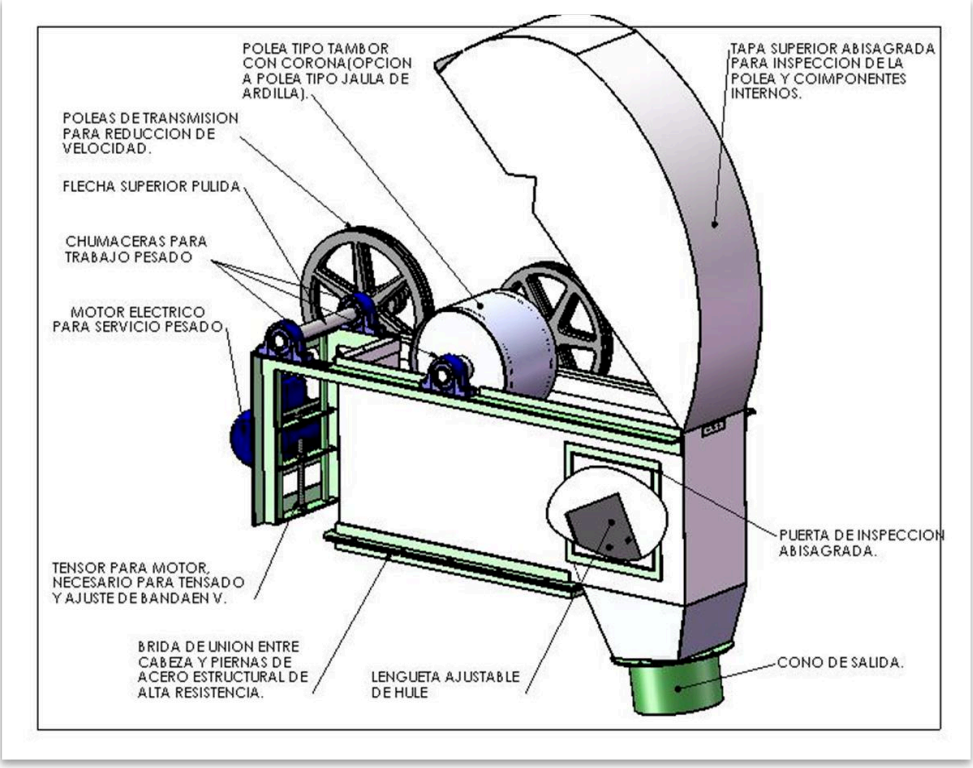


FIGURA 1.11 SECCIÓN DE CABEZA DEL ELEVADOR.

FRENO

Es un sistema ligado al eje del tambor de accionamiento. Permite el libre movimiento en el sentido de elevación.

Cuando por cualquier motivo el elevador se detiene con los cangilones cargados, este sistema impide el retroceso de la correa, evitando así que el material contenido en los mismos sea descargado en el fondo del elevador.

RAMAL DE SUBIDA

Junto con el ramal de bajada une la cabeza con el pie del elevador. Normalmente fabricado en chapa plegada y soldada de construcción modular.

Su largo depende de la altura del elevador. Sus dimensiones deben ser tales que permitan el paso de la correa y los cangilones con holgura.

Este ramal (también denominado "pantalón") contiene a la correa y cangilones cargados en su movimiento ascendente. Sobre el mismo normalmente se encuentra ubicada la puerta de inspección.

RAMAL DE BAJADA

Caben las consideraciones generales indicadas para el ramal de subida. Este ramal (también denominado "pantalón") contiene a la correa y cangilones vacíos en su movimiento descendente.

PLATAFORMA DE SERVICIO DE LA CABEZA

Se puede observar (Ítem 9 Fig. 1.10) Una área de trabajo para efectuar inspecciones de rutina y mantenimiento en la cabeza del elevador, transmisión y el motor.

PLATAFORA INTERMEDIA

Un área de descanso para cumplir con normas de seguridad requeridas por OSHA donde establece que a cada 30 pies una plataforma en facilidades comerciales.

ESCALERA

La escalera provee acceso a las plataformas de servicio. Carteles son proveídos para instalar la escalera a la caja del elevador en marcos a cada 5” ó 10’ pies.

MALACATE

Es una opción que provee un brazo extendido para ayudar en subir o bajar los pesados componentes de la pesada cabeza del elevador durante el mantenimiento.

JAULA DE SEGURIDAD

La jaula de seguridad está construida de tubos y provee una estructura alrededor de la escalera.

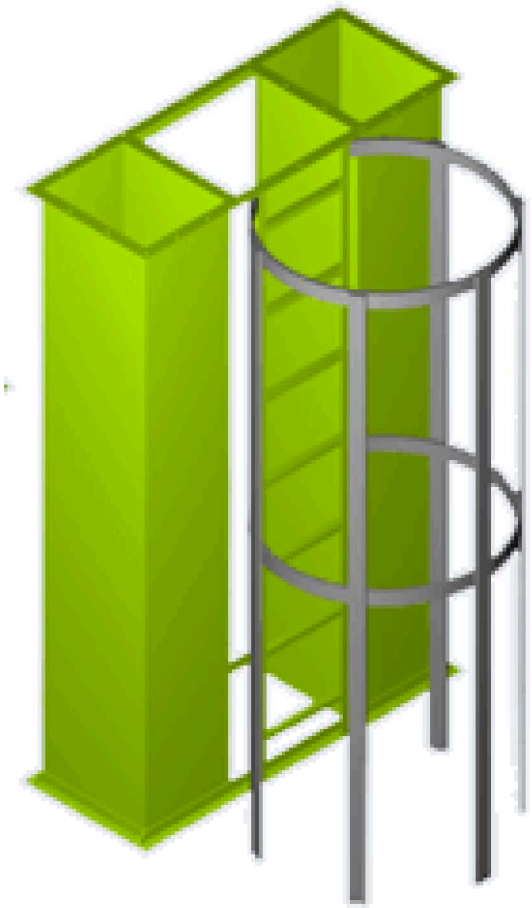


FIGURA 1.12. JAULA DE SEGURIDAD

TAMBOR DE REENVÍO

Se localiza en la parte inferior del elevador. Sobre el eje del mismo se encuentra montado normalmente el dispositivo de estiramiento. Su construcción se recomienda que sea aleteada o tipo "jaula de

ardilla" para evitar que el material derramado se introduzca entre el tambor y la correa provocando daños a la misma. Su diámetro es generalmente igual al tambor de accionamiento o menor que el mismo.

PIE DEL ELEVADOR

Se encuentra ubicado en la parte inferior del elevador y contiene al tambor de reenvío.

Son partes integrantes del mismo la tolva de alimentación y el dispositivo de estiramiento. Esta parte de la estructura se encuentra regularmente provista de puertas de inspección y de limpieza.

DISPOSITIVO DE ESTIRAMIENTO

Como su nombre lo indica este dispositivo permite el tensado de la correa para lograr un perfecto funcionamiento del sistema.

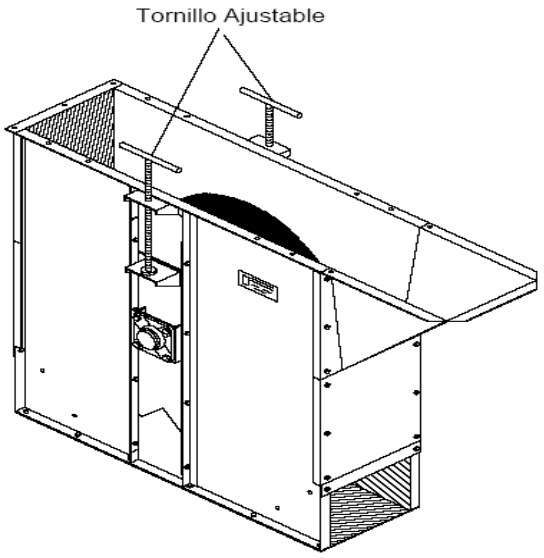
Este dispositivo puede ser de dos tipos: a tornillo (el más usual) o automático (para elevadores de grandes capacidades).

El tensor está localizado normalmente en la bota, y es usado para guiar la banda o correa y tensar la cadena

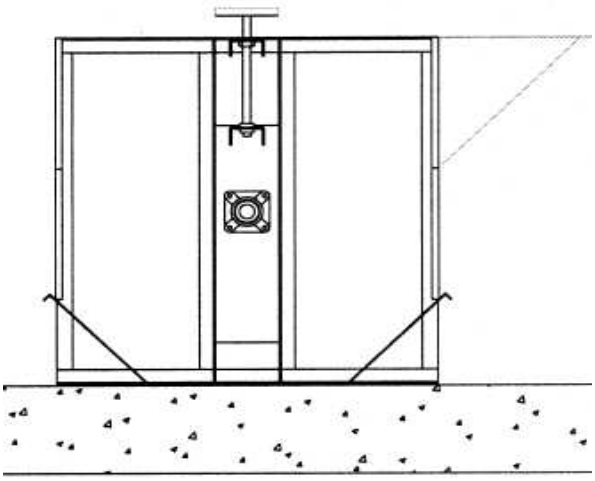
FIGURA1.13 TENSOR TIPO TORNILLO

BOTA

La bota o caja (ítem 14, Fig. 1.10) es el componente inferior del elevador. Recibe el material para ser elevado, contiene la banda inferior.



(a)



(b)

FIGURA 14. BOTA DEL ELEVADOR. (a) bota típica. (b) Bota típica (vista de lado).

CAJA

La caja o envoltura del elevador (ítem 11, Fig. 1.10) es manufacturado en secciones. Forma la estructura para soportar la

cabeza, la plataforma de servicio, escalera, jaula, etc., provee protección contra el polvo e impermeabilidad contra el agua para la banda del elevador, o cadena o cangilones. La caja puede ser diseño simple o doble.

FIGURA 1.15. CAJA INTERMEDIA

LA PUERTA DE SERVICIO

Es una sección de la caja con paneles removibles para permitir acceso para el mantenimiento a la banda/cadena y cangilones.

BOCA DE DESCARGA

El nombre indica su función.

TOLVA DE ALIMENTACIÓN

El nombre indica su función.

BANDAS – CADENAS

Este es el componente que lleva los cangilones llenos desde la bota a la cabeza. La banda estándar provee pernos fuertes con la habilidad de soportar y resistentes a estiramientos. Es también resistente al aceite, desgaste, y tiene una cubierta especial que resiste las cargas estáticas.

BANDA

Estructuralmente y en términos generales las correas utilizadas en elevación son iguales a las utilizadas en transporte horizontal. No obstante debe tenerse muy en cuenta al momento de su selección, la mayor robustez que deben poseer. No olvidar que su resistencia longitudinal se va a ver afectada por el perforado al que es sometida para la fijación de los cangilones a través de los bulones y debe poseer mayor resistencia transversal para lograr una correcta sujeción de los mismos.

A la hora de la selección de una correa elevadora y por lo expresado anterior, no solo es importante realizar el cálculo de tensión de la correa sino que la misma deberá dimensionarse en función de su robustez, de su capacidad para soportar el arrancamiento de los

cangilones, de su porcentaje de estiramiento como así también la forma de estirarse en función del tiempo de uso, sus resistencias químicas y físicas, su capacidad para disipar la energía estática siempre presente en estos sistemas de elevación y cualquier otro factor particular del sistema en estudio y que pueda influir de un modo determinante en la selección de la correa.

Cada modelo de correa posee una resistencia nominal al arrancamiento de los cangilones que se expresa en una proyección máxima que los mismos deben tener. Este es un dato que aporta el fabricante como así también el de porcentaje máximo de estiramiento y la forma de producirse el mismo a través del tiempo de uso. En función de este último punto es siempre recomendable la utilización de correas con urdimbre (sentido longitudinal) de poliéster, fibra que tiene un menor porcentaje de estiramiento (normalmente no mayor de un 1,5%) y el mismo se produce en los primeros meses de uso, luego del cual la correa ya no se estira.

Respecto a las dimensiones de la correa se recomienda observar los siguientes requisitos en cuanto al ancho de la misma: debe ser de 10 mm. a 25 mm. Más ancha que el cangilón de cada lado. (Entre 20 mm a 50 mm más ancha en total que el largo del cangilón). La distancia del borde de la correa al lateral del pantalón debe ser como

mínimo de 50 mm para elevadores de hasta 30 metros de altura y de 75 mm para los de mayor altura, a fin de evitar rozamiento lateral.
Es también importante tener en cuenta el diámetro mínimo de tambor que la correa soporta como elevadora y que también es un dato aportado por el fabricante para cada modelo.

Durante el proceso de perforado de la correa para el alojamiento de los bulones del cangilón, es importante tener en cuenta que los agujeros deben ser del mismo diámetro que los bulones a utilizar y que deben estar alineados y escuadrados (ángulo de 90º) respecto a la línea central de la correa, para evitar distorsiones en el funcionamiento (vaivén).

ESPECIFICACIONES SOBRE LAS BANDAS

Existe una gran diversidad de tipos de bandas y cada una de ellas tiene ciertas características que las hace diferente de cada una de las otras, en la tabla 1 se puede observar ciertas características especiales de las bandas usadas en general en la elevación de ciertos materiales, en secadores, en transportadores de banda de diferente geometría como pueden ser horizontal o inclinada, en almacenes, fábricas de cemento, en industrias de transporte de paquetes, y no se tiene específicamente un material determinado

para dicho estudio por lo tanto se hablará de las bandas en sentido general.

Las características de las correas que se presentan en la tabla incluyen una gran resistencia al arrancamiento de los tornillos que fijan los cangilones en la correa.

TABLA 1

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

DATOS GENERALES					
Número de telas	2	3	4	5	6
Empalme vulcanizado lb. /pul	170	255	340	425	510
Empalme vulcanizado KN /m	30	45	60	75	90
Empalme mecánico lb. /pul	136	204	272	340	408
Empalme mecánico KN /m	24	36	48	60	72

El tipo de empalme más recomendado por ejemplo para correas elevadoras dependerá del tipo de aplicación y del material que tengamos que transportar se debe de escoger un tipo de empalme que se acople al sistema de transporte que se está diseñando ya que una buena selección del tipo de empalme nos dará un resultado bastante eficaz, seguro, rápido y económico.

BANDAS PARA ELEVADORES DE CANGILONES

En la aplicación de bandas como elevadores de cangilones puede haber distintas opciones, dependiendo de la instalación.

Generalmente es importante tener resistencia a rotura en sentido transversal en la carcasa, para soportar el esfuerzo producido en el amarre de los cangilones. Esta resistencia en trama puede mejorarse con tejidos reforzados especialmente. Si además interesa rigidez transversal, pueden utilizarse tejidos especiales rígidos en trama.

También son muy usadas para elevadores de cangilones las bandas con refuerzo de malla metálica de dos tramas, en sus dos versiones de trama flexible o trama rígida, cuando se requiere elevada resistencia tanto en trama como en urdimbre.

En ocasiones se utilizan también correas de transmisión, sin recubrimientos de goma. Se fabrican normalmente en anchos de 1400 ó 1700 mm, para cortar al ancho que se precise. Las carcasas de fabricación normal son las de EP-500/3; EP-630/4 y EP-800/5.

CANGILONES

Están diseñados con un cuerpo nivelado al contorno con extremos altos para minimizar el derrame del material. Los extremos de los cangilones son reforzados para excavar el material a ambos extremos del cangilón.

Dentro del sistema de elevación son los elementos que alojan a la carga en su carrera ascendente. Según su construcción, pueden ser metálicos de chapa soldada o estampados, de material plástico, de fibra, de acero inoxidable o de fundición.

Existen infinidad de formatos y dimensiones, cada fabricante de elevadores normalmente cuenta con un diseño particular. Existen también grandes fábricas de cangilones de diferentes materiales y con diseño estandarizado.

Las medidas básicas con las cuales se define un cangilón, son tres: Largo, profundidad y proyección (ver Figura1. 16). En el proceso de selección de los mismos, se aconseja seguir las indicaciones del fabricante respecto a la velocidad de la correa y al diseño del capot o sombrero del elevador, fundamentalmente en los elevadores centrífugos donde el "momento" de descarga del cangilón es factor determinante de la eficiencia del sistema y está íntimamente ligado a la velocidad de la correa y diseño del capot indicados.

Los cangilones son fijados a la correa a través de bulones y remaches especiales de cabeza plana y de gran diámetro (ver Figura 1.17). Es aconsejable el uso de arandela bombeada y tuerca autofrenante

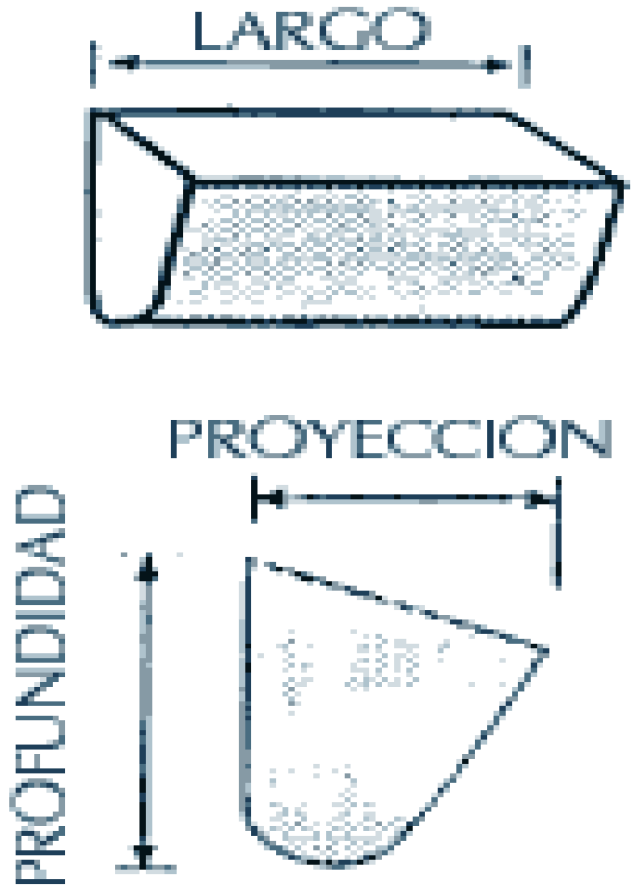


FIGURA 1.16. CARACTERÍSTICAS DE UN CANGILÓN

El cangilón debe poseer un porción embutida anular a la perforación y que permita el alojamiento de la cabeza del bulón y de la correa para que dicha cabeza no sobresalga de la superficie interna de la correa (ver Figura 1.18), hecho que puede provocar aflojamiento de los mismos como así también pérdida de adherencia al tambor de mando cuando el mismo no se encuentra recubierto.

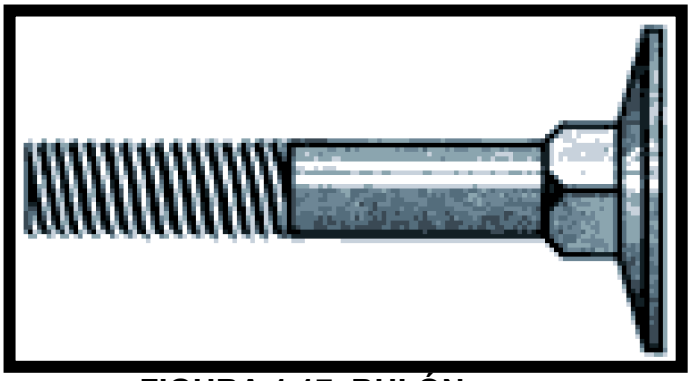


FIGURA 1.17. BULÓN

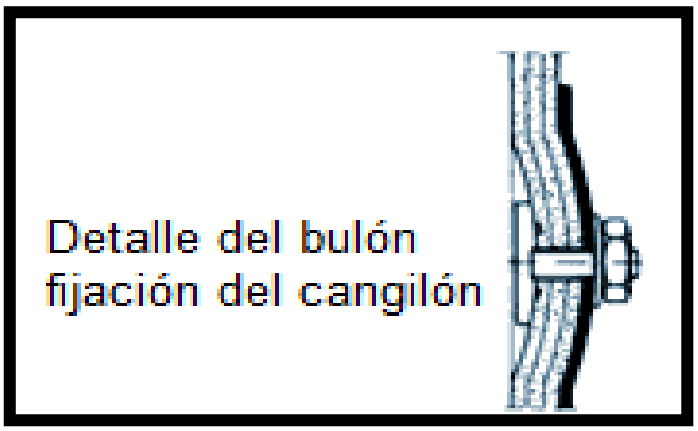


FIGURA 1.18. DETALLE DE FIJACIÓN DE BULÓN

1.4 TIPO DE ELEVADOR MÁS APROPIADO.

CLASIFICACIÓN DE LOS ELEVADORES DE CANGILONES

Como elevador de este tipo se considera un sistema de transporte casi siempre vertical que consta de los cangilones que transportan el material y una banda o cadena que los lleva fijos en su avance vertical cíclico.

Los primeros elevadores de cangilones se emplearon para la elevación de cereales, pero su uso se ha extendido a muchos otros

Materiales como carbón, cemento, harina, etc. De acuerdo a como se monten los cangilones, diseño de los mismos y velocidad del sistema, los elevadores se pueden clasificar en:

TIPOS

A consecuencia del tipo de descarga se utilizan los siguientes:

a.- Los de descarga centrífuga

b.- Los de descarga por gravedad

c.- Las de descarga continúa.

ELEVADORES DE DESCARGA CENTRÍFUGA

Como su nombre lo indica la descarga del cangilón se efectúa por fuerza centrífuga al momento de girar la correa sobre el tambor de mando. Los cangilones van montados en una o varias filas según su diseño. La carga se efectúa normalmente por dragado del material depositado en el pie del elevador. La velocidad de la correa es alta (entre 1,2 a 4 m/s). El "paso" entre cangilones normalmente es de 2 a 3 veces su proyección. Estos elevadores se utilizan en materiales que fluyen libremente y secos.

Este es el tipo más frecuentemente utilizado; el espaciamiento entre cangilones evita la interferencia entre la carga y la descarga. Ligeramente son verticales; Y manejan prácticamente cualquier tipo de material como granos, carbón, arena, azúcar y químicos secos.

Los cangilones son llenados de dos maneras la una es la alimentación propiamente dicha y la otra por el sobrante del material en la parte baja del elevador; para ciertos materiales la velocidad gobernada por la polea del cabezal suele ser alta. (Ver figura 1.19B).

DESCARGA POSITIVA O POR GRAVEDAD

Este tipo de elevadores de cangilones, a diferencia del de descarga centrífuga, tiene la particularidad de llevar una polea inmediatamente después de la descarga que obliga al cangilón a voltearse completamente.

Las velocidades son bajas y se usa preferiblemente en materiales con cierta adherencia como en materiales frágiles, muy húmedos o de alta granulometría (café, arcilla, piensos), que por descarga centrífuga no serian vaciados eficientemente. Puesto que la velocidad es baja, el cangilón debe tener mayor capacidad para acarrear volúmenes de material considerables.

Los cangilones están instalados en forma continua, sin espaciamiento entre ellos y la descarga se efectúa por gravedad utilizando la parte inferior del cangilón precedente como tolva de descarga. La carga se realiza directamente desde tolva (no por dragado). La velocidad de la correa es baja (entre 0,5 a 1,0 m/s).

DESCARGA CONTINUA

Como su nombre lo indica este tipo de elevadores tiene los cangilones muy juntos, no hay separación entre uno y otro cangilón. Su alimentación se debe siempre a la carga; puesto que en este tipo nunca va a caer material a la parte baja del el elevador. Su baja velocidad y la manera uniforme de carga y descarga permiten utilizar este tipo de elevador en materiales quebradizos. Estas el elevadores son de gran capacidad y son muy utilizadas en minas, fábricas de cemento, etc.

En algunos casos operan con cierta inclinación y se estima que la velocidad comparada con la velocidad de los cangilones espaciados es baja.

Estas bajas velocidades y el método suave de carga y descarga minimizan los golpes del material transportado, siendo por esta razón muy usada en materiales frágiles y para materiales pulverulentos como cemento o químicos secos.

Debida a su baja velocidad y para mantener capacidades aceptables, el contenido volumétrico de los cangilones es mucho mayor que los de descarga centrífuga. (Ver figura 1.19A).

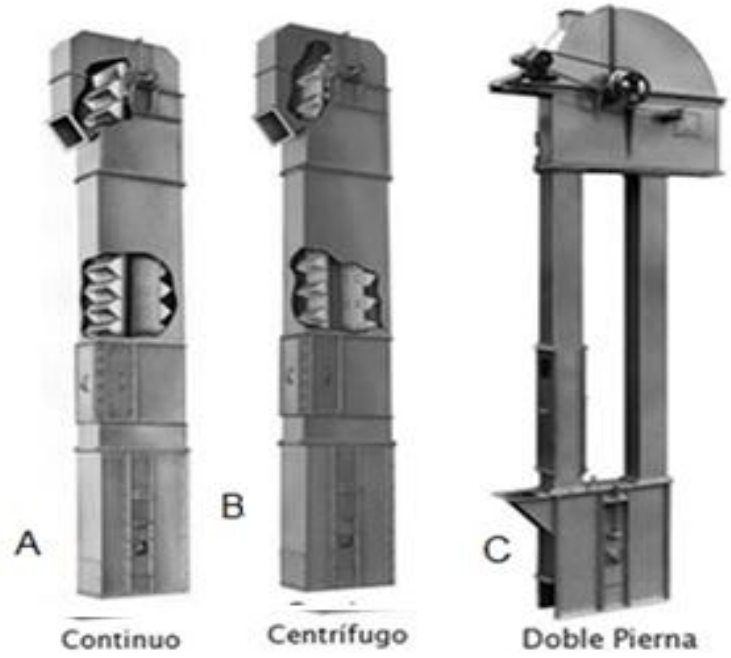


FIGURA 1.19. TIPO DE ELEVADORES DE CANGILONES

(A) Elevador de descarga continua. (B) Elevador de descarga centrífuga. (C) Elevador de doble pierna para altas capacidades.

APLICACIONES DE LOS ELEVADORES DE CANGILONES

Cuando se habla de elevadores de cangilones se puede hablar de una diversidad de aplicaciones ya que se los usa para transportar material en diversas áreas.

Por sus características particulares de carga y descarga a los elevadores de cangilones se los usa generalmente para el transporte de materiales a granel y en general cualquier material que no se adhiera a los cangilones. Las cintas de construcción normal no resisten materiales que estén a más de 80° C, pero actualmente los

fabricantes de cintas han desarrollado materiales especiales que pueden trabajar a altas temperaturas, resistentes al calor.

Los elevadores de cangilones no permiten tener grandes velocidades en el momento del transporte del material por factores que pueden afectar a la descarga de los materiales y por otro lado porque producen demasiado ruido si tales elevadores son de cadena cangilón.

Los elevadores de banda y cangilones de tipo de descarga centrífuga son ventajosos para granos, cereales, virio, arcilla, cisco de coque, arena y otros abrasivos, si la temperatura no es suficientemente alta para quemar la superficie de la banda, la temperatura debe de ser inferior a 120º C para caucho natural.

Por otra parte se tiene los de descarga continua en los que su baja velocidad y la manera uniforme de carga y descarga permiten utilizar este tipo de elevador en materiales quebradizos. Estas el elevadores son de gran capacidad y son muy utilizadas en minas, fábricas de cemento, etc.

Generalizando el tema se puede encontrar elevadores de cangilones en cierto tipo de planta industrial, como en canteras de extracción de materias primas como piedra caliza, arena, azufre, carbón, cobre,

hierro, níquel, etc.; en plantas industriales para fabricación de Clinker, cemento, papel, vidrio, etc.; en la industria alimenticia para el transporte de azúcar, avena, cebada, centeno, harina de trigo, maíz, trigo, sal en roca, sal granulada, soya, etc.; en la industria maderera para el transporte de aserrín, astillas, cortezas, dura, virutas de madera, pulpa de papel, etc.

SELECCIÓN DEL ELEVADOR MÁS APROPIADO PARA TRANSPORTAR ARENA SÍLICE.

En general se puede decir que a los elevadores de cangilones se los utiliza en muchas industrias en las que se requiera transportar una alta cantidad de material en un determinado tiempo, de ahí que se selecciona el tipo de elevador más conveniente para realizar el respectivo transporte de arena sílice, se lo selecciona en el catálogo de MARTIN en base a 3 factores primordiales como lo son la densidad y el tamaño de grano y tipo de material a transportar.

Los elevadores para transportar granos, cereales, virio, arcilla, cisco de coque, arena y otros abrasivos se seleccionan de acuerdo a tablas. Por lo que se para un material con densidad 1523.78 Kg/m^3 Según el apéndice 3. Correspondiente a MARTIN, el elevador de tipo de descarga centrífuga es el más adecuado para transportar este tipo de material cuyo flujo granular es muy ligero y bajo volumen.

CAPÍTULO 2

2. PARÁMETROS QUE INTERVIENEN EN EL DISEÑO DE LOS ELEVADORES.

2.1 CAPACIDAD VOLUMÉTRICA DEL CANGILÓN Y PASO DE CANGILONES.

LA CAPACIDAD Y SUS VARIABLES DE CONSIDERACIÓN

- Capacidad volumétrica del cangilón
- Paso entre cangilones
- Velocidad lineal en el elevador

CAPACIDAD VOLUMÉTRICA DEL CANGILÓN

Este factor evidentemente depende de la configuración geométrica del cangilón y tiene relación con la capacidad total, pues a mayor capacidad de cada cangilón, mayor capacidad tendrá el elevador,

generalmente este valor viene dado en litros pero para efectos de cálculos se trabaja con volumen en $m^{3.}$

V = capacidad individual en m^3/cangilón, Se tiene la siguiente relación:

$$W_1 \alpha V (\gamma_{Arena})$$

Donde:

$W_{1:}$ Carga de los cangilones llenos en el elevador

Esta capacidad individual geométrica del cangilón se debe anotar que es teórica, puesto que en la práctica es bastante difícil que el cangilón este siempre completamente lleno. El valor de K en la siguiente ecuación siempre es menor a la unidad entonces la relación anterior queda:

$$W_1 \alpha K * V$$

Donde:

K: Coeficiente de llenado

PASO ENTRE CANGILONES

Asumiendo que se tiene determinada la capacidad de cada cangilón se debe ahora calcular el espacio que va entre estos en su recorrido;

si están muy separados se obtiene menos capacidad, si están muy unidos se obtiene mayor capacidad; por consiguiente se tiene una relación inversa entre el paso de los cangilones, y la capacidad es decir:

Si el paso es P entonces: W_1 es proporcional a 1/ P

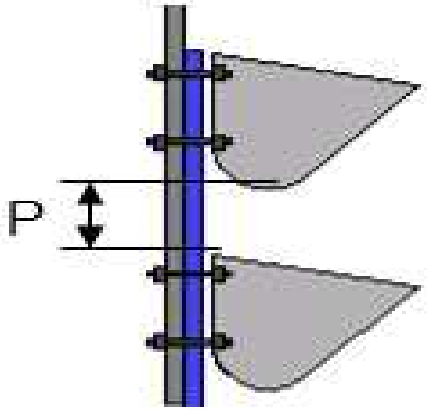


FIGURA 2.1 PASO ENTRE CANGILONES

VELOCIDAD LINEAL EN EL ELEVADOR

Se identifican 2 tipos de velocidades; ambas relacionadas entre sí, estas son:

1.- Velocidad lineal del cangilón (V_0), y

2.- Velocidad angular de la polea motriz (ω)

Velocidad lineal del cangilón (V_0).- Esta velocidad influye directamente sobre la capacidad del cangilón, puesto que si se hace

pasar rápidamente por la descarga cada cangilón, se obtendrá más capacidad en peso y si va despacio, se obtiene lo contrario.

Llamando V_0 a la velocidad lineal se tiene:

$$W_1 \alpha V_0$$

Donde:

W_1: Carga de los cangilones llenos en el elevador.

$V_{0:}$ Velocidad lineal del cangilón

Velocidad angular de la polea motriz (ω).- Como es conocido la velocidad lineal V_0 y la velocidad angular (ω) tienen relación entre sí, por lo que se ha considerado importante dejar un ítem para hablar de la velocidad angular ideal que deberá tener el elevador de cangilones.

2.2 CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL A TRANSPORTAR

Entre las características de consideración con respecto al material que se va a transportar se encuentran las características físicas, dentro de las cuales la más importantes son el tamaño de grano, la forma del grano, la dureza y la densidad.

PESO ESPECÍFICO DEL MATERIAL (γ)

Puede ser expresado en Kilogramos por metro cúbico en el Sistema internacional o en libras por pie cúbico en el Sistema Ingles. En muchos materiales el peso unitario es sujeto de variaciones debido al tamaño del material, a su grado de humedad, en el caso de los minerales a su formación natural, entre otras. Sin embargo, donde sea posible, el peso específico, para el tamaño y tipo de material involucrado, debería ser exactamente determinado.

Los transportadores en general son diseñados para transportar volúmenes y de allí la importancia de conocer la densidad. Esta depende de factores adicionales tales como la humedad del estado original del grano, por ejemplo: la arena sacudida de fundición tiene una densidad de 1523,72 Kg/m^3 en su estado final o seco, pero su densidad se incrementa en un 20.8% más cuando se encuentra húmeda.

Lo mismo se puede anotar del arroz cuya densidad varia si este se encuentra en cáscara, pilado o húmedo variando entre 40 y 50 lb. /ft3; pudiéndose considerar una densidad promedio de 45 lb. /ft3 para efectos de cálculos. De aquí la importancia del peso específico del material que se transporta para conocer la capacidad en unidades de peso por tiempo.

Si un cangilón tiene como volumen de transporte 1 litro este se mantendrá constante pero dependiendo del peso específico del material su capacidad será diferente. Por consiguiente, existe una relación directa entre el peso específico y la capacidad total del elevador:

$$W_1 = V\ (\gamma_{Arena})$$

TAMAÑO DE GRANO DE LA ARENA A TRANSPORTAR.

El tamaño de la partícula es la dimensión del terrón más grande del material que se transporta, estos tamaños se los obtiene por pruebas de granulometría efectuadas en el laboratorio.

Este valor es importante en la selección del ancho apropiado de banda y para la correcta selección del tipo de elevador de cangilón, también es importante conocer el porcentaje relativo del volumen conformado por finos y gruesos pues por este tipo de parámetro se selecciona el elevador de cangilón apropiado y por lo consiguiente dependiendo del material se puede seleccionar unos de los tipos de elevadores detallados en la sección anterior.

Este parámetro es sumamente importante ya que las principales propiedades de la mezcla de moldeo están influenciadas por el

tamaño de grano de la arena. Más aún el aspecto superficial de las piezas moldeadas dependen del tamaño de grano y de la uniformidad en la que los granos de arena están distribuidos, ya que por definición la arena tiene granos de tamaño variable entre 0.05 mm a 2 mm.

TABLA 2

TAMAÑO DE GRANO DE ARENA

Arena	Tamaño de granos (mm)
Muy gruesa	1 - 2
Gruesa	0.5- 1
Media	0.25 -0.5
Fina	0.10-0.25
Muy fina	0.05-0.10

CARACTERÍSTICAS DE FLUJO

La nomenclatura de MARTIN en la tabla 3, indica que este material de tamaño granular pequeño y de flujo promedio y nos indica a la vez que es un material extremadamente abrasivo.

TABLA 3

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL MATERIAL

Grafica de códigos de clasificación de material		
Caracteristicas del material, incluidas		Descripción de código
Densidad voluminosa, suelta		Actual Lbs/CF
Muy fino	Malla N° 200(0.0029¨) y menor Malla N° 100(0.0059¨) y menor Malla N° 40(0.016) y menor	A_{200} A_{100} A_{40}
Fino	Malla N° 6(0.132)	B6
Granular	½" , 3" ,7" y menor a estas	$C_{1/2}$, D_3 , D_7
Voluminoso	16" y menor, mayor a 16" debe especificarse.	D_{16} y D_x
Irregular	Fibroso, cilindrico,etc.	E

ABRASIVIDAD DEL MATERIAL

La arena sílice es un material muy abrasivo, esta característica es importante en la selección del tipo de cinta transportadora y del espesor y numero de capas de la cubierta de la misma.

TEMPERATURA DEL MATERIAL TRANSPORTADO (T)

La temperatura de la arena de fundición sacudida oscila entre los 60° y 80°C, esta temperatura determina el tipo y calidad de la cinta transportadora, así como también influye sobre el tipo de cangilón que se vaya a utilizar.

2.3 CÁLCULO DE VARIABLES CONSIDERADAS EN EL DISEÑO.

LONGITUD DE LA BANDA DEL ELEVADOR DE CANGILONES.

De la figura 2.2:

Ø = Diámetro de la polea + 2 Espesor de la banda

2

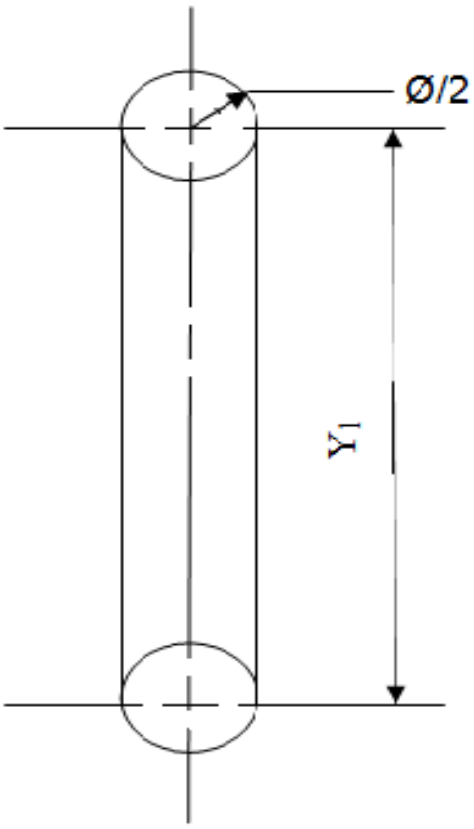


FIGURA 2.2 BANDA DE LOS CANGILONES.

$Y_1 = 3.5m$

La distancia "Y_1 "se la escoge de acuerdo al requerimiento y adecuación del área, los diámetros de las poleas se los escoge en base apéndice E Adjunto:

$Ø_1$ = 0.508 m.

$Ø_2$ = 0.355 m.

Espesor de la banda = 0.006m

Donde:

$Ø_1$ = Diámetro de la polea motriz.

$Ø_2$ = Diámetro de la polea inferior.

Ø = Diámetro para calcular banda.

El espesor de la banda es estimado para efectos de cálculos, después será calculado.

Entonces:

$$\mathbf{Ø = 0.514\ m.}$$

$$\frac{\mathbf{Ø}}{\mathbf{2}} = 0.257\ \text{m.}$$

Longitud:

$$L = 2Y_2 + (\pi)\frac{(Ø_1)}{2} + (\pi)\frac{(Ø_2)}{2}$$

$$L = 2 \times 3.5 + (\pi)(0.257 + 0.1808)$$

$$L = 8.37\ \text{m.}$$

DISEÑO Y CÁLCULO DE LOS CANGILONES.

CÁLCULO DE LA VELOCIDAD ÁNGULAR IDEAL

Se ha analizado el efecto que tiene el parámetro de la velocidad en la capacidad del elevador, pero este no es más que un efecto teórico, puesto que velocidades en exceso podrían traer consigo algunos problemas de carácter práctico, por consiguiente se debe determinar una velocidad ideal que deberá llevar el cangilón en su recorrido, como se sabe la velocidad lineal y la angular tienen dependencia entre sí, por lo tanto estos cálculos están basados en ambas.

En el momento de que el cangilón está justo en la parte superior central de recorrido no se derramara nada debido al equilibrio entre la fuerza centrífuga y su peso, es importante al hablar de la velocidad del cangilón, observar que pasa si la misma es mayor o menor que la apropiada.

Cuando se excede la velocidad del cangilón aumenta la tendencia del material a ser despedido por una fuerza centrífuga mayor, chocando contra la carcasa del elevador, creando nubes de polvo, suciedad, ruido y principalmente desviando su dirección uniforme hacia la descarga; esto produce que parte del material caiga al fondo perdiéndose eficiencia y a la vez capacidad.

En cambio, si la velocidad es menor que la apropiada el material sale despedido pero después de haber pasado por el conducto de

descarga, lo cual produce también pérdidas deficiencias, es por todas estas razones que es importante tener una velocidad de descarga apropiada de tal manera que contribuya a solucionar parte de estos problemas y que cumpla con su objetivo básico el mismo que es entrega limpia y completa del material al siguiente ciclo, cualquiera que este sea en el proceso.

Es importante entonces que para que exista una buena carga y descarga, determinar la velocidad ideal del cangilón y por otro lado es importante también el espaciamiento entre los cangilones, factor que se estudiara posteriormente.

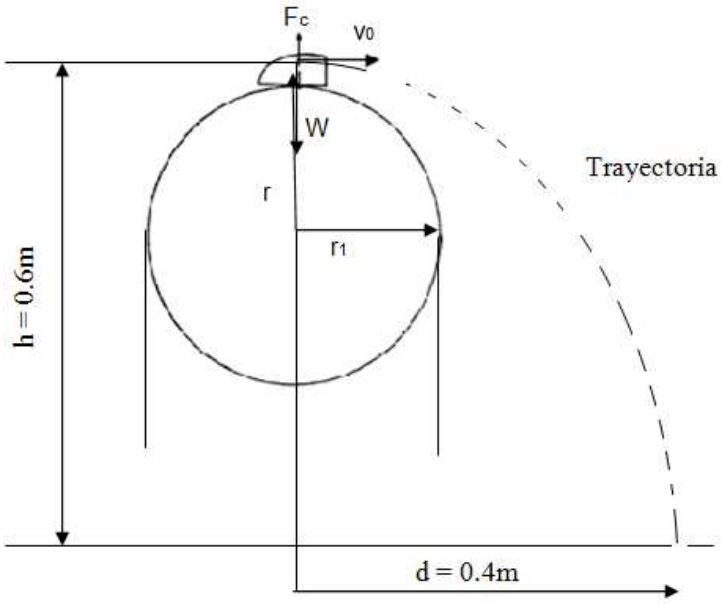


FIGURA 2.3 .EQUILIBRIO ENTRE LA FUERZA CENTRÍFUGA Y EL PESO

Como se sabe el elevador de cangilones es de tipo centrífugo, por lo tanto, sus cangilones descargan en tiro parabólico.

El gráfico indica la distancia de los cangilones a la tolva donde se descarga la arena sacudida de fundición.

Donde:

d: Distancia del eje a la bandeja.

h: Distancia del cangilón a la bandeja.

r_1: Radio de la polea + Espesor de la banda + distancia de la banda al centroide del cangilón.

El valor al centroide del cangilón lo se estima en 0.050m.

$$r_1 = 0.254 + 0.006 + 0.05$$

$$r_1 = 0.31 \text{ m.}$$

CÁLCULO DE LA VELOCIDAD LINEAL:

De la figura 2.3:

$$V_0 = \frac{d}{t}$$

Donde t es el tiempo en segundos (s).

$$t = (2h/g)^{1/2}$$

Reemplazando t en la velocidad inicial se tiene:

$$V_0 = d\ (g/2h)^{1/2}$$

$$V_0 = 1.143 \text{ m/s.}$$

CÁLCULO DE LA VELOCIDAD ANGULAR.

$$\boldsymbol{\omega} = \frac{V_0}{r_1}$$

$$\omega = \frac{1.143}{0.31}$$

$$\omega = 3.687 \text{ rad/s.}$$

$$\omega = 35.2 \text{ Rev. /min.}$$

De donde se concluye que el resultado anterior es la velocidad en R.P.M mínima que deberá llevar el cangilón que transporta arena sacudida de fundición para que descarga sea perfecta.

Esta relación establece el número de revoluciones por minuto en función del radio r_1, expresado en metros la cual indica que la descarga ideal depende directamente del radio de la polea motriz.

CÁLCULO DE NÚMERO DE CANGILONES.

VELOCIDAD DE LA BANDA DEL ELEVADOR.

$$V_b = \omega \left(\frac{Ø_1}{2}\right)$$

$$V_b = (3.687)\ (0.254)$$

$$V_b = 0.93 \text{ m/s.}$$

Tiempo que se demora la polea motriz en dar una revolución:

$$t_1 = \frac{1}{\omega}$$

$$t_1 = 0.0284 \text{ min.}$$

$$t_1 = 1.7\text{s}$$

Longitud que recorre la banda en $t_1 = 1.7$ segundos:

$$\%L = V_b\, t_1$$

$$\%L = (0.93\text{m/s})\ (1.7\text{s})$$

$$\%L = 1.61 \text{ m.}$$

Si se coloca un cangilón por cada revolución de la polea matriz se tiene:

$$\frac{L}{\%L} = \frac{8.37 \text{ m}}{1.61 \text{ m}}$$

$$\frac{L}{\%L} = 5.19 \text{ cangilones.}$$

Para que la carga se encuentre uniformemente distribuida a lo largo de toda la banda y el levantamiento de polvo en el momento de la

descarga sea mínimo, se repartirá la carga de un cangilón en 2 cangilones.

Por lo tanto, se utilizarán:

$$5.19 \times 3 = 15.57 \text{ cangilones.}$$

Para efectos de cálculos se escoge 16 cangilones para el elevador.

CÁLCULO DE DISTANCIA ENTRE CANGILONES.

Con la finalidad de que los cangilones estén distribuidos uniformemente a lo largo de toda la banda se tiene:

$$\frac{L}{11} = \frac{8.37m}{16} = 0.52 \text{ m}$$

Es decir los cangilones deben de estar montados sobre la banda a 0.52 metros de distancia.

La cantidad de cangilones que pasan sobre la polea por cada revolución:

$$(\%L \text{ / Espacio entre cangilones}) = \frac{1.61 \text{ m}}{0.52 \text{ m}}$$

$$(\%L \text{ / Espacio entre cangilones}) = 3 \text{ Cangilones.}$$

DISEÑO DEL CANGILÓN.

50 Toneladas de arena sacudida de fundición deben de pasar continuamente por el cangilón durante 10 horas de trabajo continuo.

$$\left(\frac{50000Kg}{Día}\right) \times \left(\frac{1\ día}{10h}\right) \times \left(\frac{1h}{60min}\right) \times \left(\frac{1\ min}{60s}\right) = 1.38\ Kg/s.$$

Haciendo las conversiones del caso se tiene que pasarán 1.38 Kg/s constantemente durante 10 horas.

El flujo de material que pasará en $t_1 = 1.75$ segundos, tiempo en el cual la polea de accionamiento da una revolución es:

$$(1.388\ Kg/s)\ (1.75s) = 2.43\ Kg.$$

Este material se lo distribuye en entre 2 cangilones que pasan por la polea al dar una revolución.

$$\frac{2.43\ kg}{3\ Cangilón} = 0.81\ Kg/Cangilón.$$

Volumen útil del cangilón.

$$V = \frac{\text{Carga de cada cangilón}}{\text{Densidad de la arena}}$$

$$V = \frac{0.81}{1523.78}$$

$$V = 5.31X10^{-4}\ m^3.$$

Considerando que parte del material se riega en el momento de llenado al pasar por la bota y que el llenado en el momento de la excavación no es perfecto se aumenta un 40% más al volumen del cangilón, lo que nos da un volumen útil de:

$$V = 7.44X10^{-4}\ m^3.$$

Por lo tanto el valor de W para cada cangilón es:

$$W = \gamma \times V$$

$$W = \rho_{Arena} \times g \times V_c$$

$$W = 11.11\ (N).$$

Los cangilones deben permitir recoger la arena del fondo del elevador y dejar que fluya hacia arriba por encima de la polea superior. Y también deben de transportar una carga máxima de 11.11(N) por cangilón.

Considerando lo anterior:

a. La parte inferior y frontal de los cangilones debe ser pulida para poder enterrarse con facilidad.
b. Cada cangilón debe de tener un volumen útil de:

$$V = 7.44X10^{-4}\ m^3.$$

Donde, A_1, A_2, A_3 son secciones de área del cangilón.

Analizando dimensiones se concluye que el siguiente cangilón cumple con los requerimientos del diseño:

$$A_1 = (0.03m)\ (0.085) = 2.55X10^{-3}\ m^2.$$

$$A_2 = \frac{(0.055m)\ (0.05m)}{2} = 1.375X10^{-3} m^3.$$

$$A_3 = (0.03m)\ (0.05m) = 1.5X10^{-3}\ m^3.$$

$$V = (A_1 + A_2 + A_3)\ 0.14m$$

$$\mathbf{V = 7.6X10^{-4}\ m^3.}$$

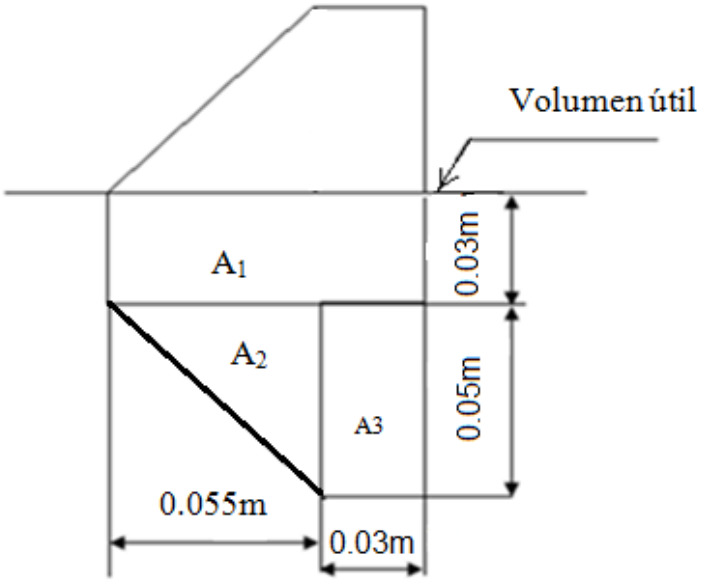


FIGURA 2.4 VOLUMEN ÚTIL DEL CANGILÓN

DISEÑO POR DESGASTE.

La parte que se ve más deteriorada por desgaste abrasivo en el cangilón es la frontal.

Del libro de diseño de máquinas de NORTON se obtiene tiene la fórmula experimental que da el volumen perdido del cangilón debido al desgaste.

$$V_d = K_d \frac{F X_d}{3P_f} \qquad (2\text{-}1)$$

Donde se tiene lo siguiente:

V_d: Volumen del material perdido en $m^{3.}$

F: Fuerza normal al punto de contacto en (N).

$X_{d:}$ Distancia de desplazamiento del punto de.

Desgaste en m.

K_d: Coeficiente de desgaste.

P_f: Presión de flujo en (Pa).

P_f : $3\ S_y$

S_y: Esfuerzo de fluencia.

De acuerdo a la figura 2.5 el volumen del material perdido es:

$$V_d = (0.03 + 0.074 + 0.03)\ (0.14)\ e_d$$

$$V_d = 0.018\ m^2\ (e_d).$$

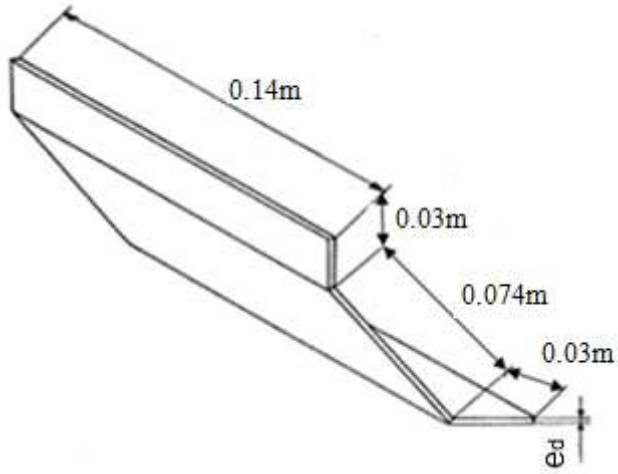


FIGURA 2.5 PARTE FRONTAL DEL CANGILÓN SOMETIDA A DESGASTE

Para una vida de servicio de 20000 horas, la distancia de desplazamiento del punto de desgaste es:

$$X_d = \frac{\text{Ciclos}}{t_c} \text{ x vida útil de servicio.} \quad (2\text{-}2)$$

Donde:

t_c : Tiempo de un ciclo.

El tiempo que se demora un cangilón en realizar un ciclo es:

$$t_c = \frac{L}{V_b}$$

$$t_c = \frac{8.37m}{0.93(m/s)}$$

$$t_c = 9 \text{ s.}$$

$$t_c = 2.5X10^{-3}\ hr.$$

Por lo tanto:

$$\frac{Ciclo}{t_c} = 1 / 2.5X10^{-3}\ hr.$$

$$\frac{Ciclo}{t_c} = 400\ ciclos / hr.$$

Asumiendo que el fondo del elevador se llena hasta la polea, en un ciclo el punto de desgaste que recorre el cangilón:

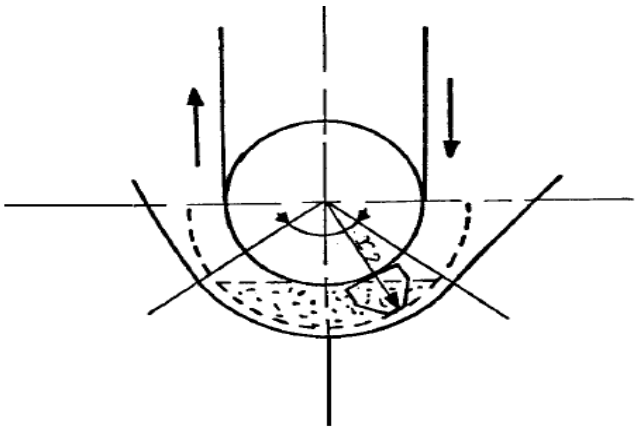


FIGURA 2.6 RECORRIDO DEL CANGILÓN EN LA BOTA

$$r_2 = \frac{Ø_2}{2} + e_b + \text{Ancho del cangilón}$$

Donde:

Ancho del cangilón =0.085m + 2(Espesor de las paredes del cangilón)

Ancho del cangilón = 0.085m + 2 (0.006m)

Ancho del cangilón = 0.097m

$Ø_2$ = Diámetro de la polea de la bota.

e_b = Espesor de la banda de los cangilones.

Por lo tanto:

$$r_2 = 0.1778m + 0.006m + 0.097m$$

$$r_2 = 0.28\ m.$$

Para un ángulo de recorrido de 110°, se obtiene la distancia recorrida en un ciclo de desgaste.

$$1 \text{ ciclo de desgaste} = 2\pi (0.28m) \times \frac{110°}{360°}$$

$$1 \text{ ciclo de desgaste} = 0.54\ m.$$

Reemplazando en X_d se obtiene:

$$X_d = 400 \times 0.54 \times 20000$$

$$X_d = 4320000\ m.$$

Según la tabla B para una superficie limpia y sin lubricación se obtiene el siguiente valor del coeficiente de desgaste K_d:

$$K_d = 1X10^{-3}$$

La resistencia a la tracción de los hierros blancos martensíticos con presencia de carburos de hierro Fe_3C los cuales no son carburos complejos porque contienen cromo (Cr), es de aproximadamente 340 a 410 Mpa**,** para efectos del diseño se escoge un valor que no sea el límite superior, por lo tanto se escoge 400 Mpa.

$$S_y = 4.0X10^{8}\ Pa.$$

La presión de flujo es:

$$P_f = 3S_y$$

$$P_f = 3\ (4.0X10^{8})$$

$$P_f = 12X10^{8}\ Pa.$$

Los valores obtenidos se los reemplazan en la ecuación (2-1) y se obtiene lo siguiente:

$$0.018\ e_d = \frac{(1X10^{-3})\ (11.11)\ (4320000)}{3\ (12X10^{8})}$$

$$0.018\ e_d = 1.27X10^{-5}$$

$$e_d = 7.4X10^{-4}\ m.$$

Como el desgaste ocurre por ambos lados de las caras del cangilón entonces:

$$e_d = 7.4X10^{-4} \times 2$$

$$\mathbf{e_d = 1.48X10^{-3}\ m.}$$

Por lo tanto como no existe plancha de fundición blanca aleada con Cr, hay que considerar un espesor de diseño y debe ser complementado con un espesor práctico de fundición que deberá ser 6mm.

La vida útil tomada para el cangilón es de 20000h, haciendo las conversiones del caso a años se da una vida útil de 5.47 años, el desgaste en este periodo de tiempo es de 1.48mm, lógicamente que

el cangilón tiene una vida más extendida y dicho cambio de cangilón queda a consideración del personal a cargo de la máquina o ser cambiado cuando lo amerite ya que otros factores pueden afectar al mismo, como golpes o mal uso del mismo etc. Por ser un material muy antiabrasivo y de que por ende sufre muy poco desgaste, se podría considerar teóricamente el doble de la vida útil para el reemplazo del mismo

PERFORACIÓN DE CANGILONES.

Este es un factor de gran importancia en el diseño de los elevadores de cangilones puesto que una mala perforación es decir una perforación no balanceada o a su debida equidistancia con respecto a un eje que se toma como referencia puede hacer que ocurra un desbalance en el cangilón y por ende puede causar muchos problemas en el transporte de los materiales como por ejemplo puede regarse el material transportado más de lo pronosticado. En esta parte se mostrará las características y tablas para una debida perforación para banda ya que son características estándar mostrada por la CEMA para todo tipo de elevadores de cangilones.

Para una mejor comprensión para el caso de bandas a las perforaciones se las ha denotado con una letra B y su respectivo subíndice los cuales varían desde el número 1 hasta el 8, a

continuación se puede observar la figura 26, la cual representa la perforación de un cangilón, dicha perforación es estandarizada.

En el apéndice G adjunto sacado del manual de MARTIN, se puede observar que el tipo estándar de perforación que más se aproxima de acuerdo a las dimensiones del diseño, es el tipo de perforación B-1, puesto que el cangilón tiene 0.11 m, de longitud y se ajusta a la tabla, la cual muestra medidas para cangilones utilizados en elevadores de descarga centrífuga.

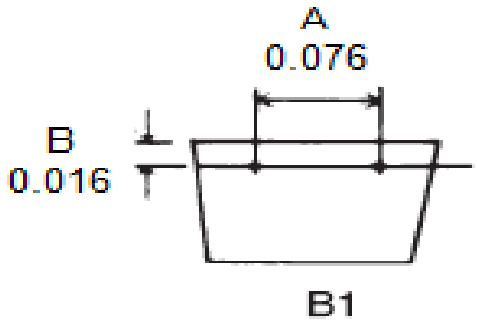


FIGURA 2.7 PERFORACIÓN DEL CANGILÓN.

CÁLCULO DE LA TENSIÓN EN LA BANDA.

El cálculo de los valores de tensión y potencia es el que sigue, previo conocimiento de:

G: Peso del material a elevar por hora (kg/h)

V_0: Velocidad de la cinta (m/seg)

Y_1: Altura total a elevar (m)

a: Ancho de la cinta (cm),

A continuación se calcula la carga lineal del elevador

$$Pm = \frac{G}{3600(V_0)} \quad (kg/m)$$

$$Pm = \frac{5000}{3600\ (0.93)}$$

$$Pm = 1.493\ Kg/m$$

La tensión efectiva será:

$$Te = Pm \times Y_1$$

$$Te = 1.493 \times 3.5$$

$$Te = 5.22\ Kg$$

La tensión máxima en las cintas es:

$$Tm = (1 + K) \times Te$$

$$Tm = (1 + K) \times 2 \qquad (2–3)$$

Aquí, el coeficiente K es función del tensor y se lo obtiene de la tabla del apéndice E.

Como el ancho del cangilón es de 0.16m se sabe que la banda debe ser entre 0.02 y 0.05m mas ancha que el total del cangilón, entonces se escoge un ancho de banda de 0.25m, para un tipo de tela P.P.75, por lo tanto se obtiene un valor de k igual a 2, reemplazando en (2-3) se obtiene:

$$Tm = (1 + 2) \times 5.22 = 15.66\ Kg$$

Para la elección del espesor de recubrimiento más adecuado depende de varios factores; los principales son, el tipo de material a transportar, el tamaño de los trozos y la frecuencia de los impactos de caída del material en la banda.

Para bandas textiles estándar los espesores de recubrimiento normales de fabricación son de 2+1,5 mm, en las de dos lonas, 3+1,5 mm, en las de tres, 4+2 mm .en las de cuatro lonas. Se escoge el tipo de banda más sencilla, la cual consiste en 2 lonas, Por lo tanto se tiene una banda con un recubrimiento de 1.5 mm por ambos lados.

2.4 CÁLCULO DE LA POTENCIA REQUERIDA.

La potencia del motor-reductor usado para el movimiento del elevador de cangilones es un cálculo de mucha importancia para el presente estudio.

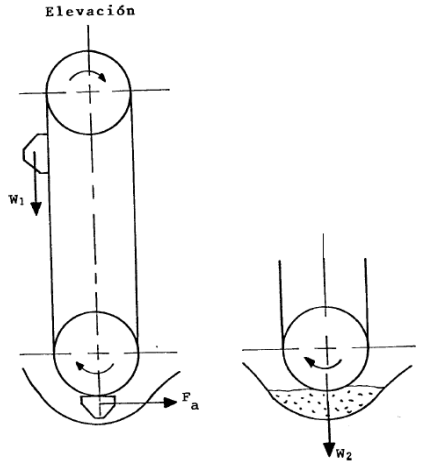


FIGURA 2.8. DIAGRAMA DE FUERZAS DEL ELEVADOR.

Donde:

W_1 = Carga de todos los cangilones de un lado de la Banda.(N)

W_2 = Peso de la arena que está en el fondo del elevador. (N)

F_a = Fuerza necesaria de excavación que realiza un cangilón para recoger la arena del fondo. (N)

Fuerza de excavación.

Se asume la siguiente carga crítica como se muestra en la figura 28:

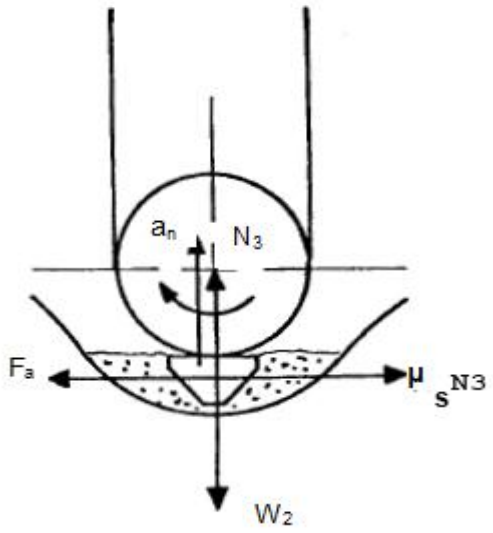


FIGURA 2.9 DIAGRAMA DE FUERZAS.

Donde:

a_n : Aceleración normal.(m/s^2)

N_3 : Fuerza normal. (N)

Para efectos de cálculos se asume que la bota se encuentra con 30% de arena en el fondo.

$W_2 = \rho_{arena}\ g\ h$

r_3 = radio de la bota donde se aloja la arena. (m)

$r_3 = \frac{\Phi_2}{2}$ + espesor de la banda + ancho del cangilón + luz entre cangilón y bota

r_3 = 0.1778m +0.006m + 0.097m +0.04m

r_3 = 0.32 m.

Puesto que la banda debe ser de 10 a 25 milímetros más ancha que el cangilón de cada lado, entonces debe tener de 20 a 50 milímetros más ancho que todo el cangilón. De igual manera para elevadores de cangilones de altura hasta 30 metros el ancho del pantalón debe ser mínimo 50 milímetros más ancho que la banda de cada lado, para este caso se escoge un valor de 0.075m de cada lado .

L_b = (Largo del cangilón +A_b + A_p)

Donde:

L_b = Longitud de la bota del elevador

A_b = Longitud entre borde de cangilón y borde de banda

A_p = Longitud entre borde de la banda y pantalón.

Largo del cangilón = Longitud del volumen útil + 2(Espesor del Cangilón.

Por lo tanto:

Largo del cangilón = 0.14m + 2(0.006)

Largo del cangilón = 0.146m

$$L_b = 0.146\ m + 2(0.025)\ m + 2(0.075)\ m$$

$$L_b = 0.34\ m.$$

Volumen de la bota.

$$V_f = \pi\ (r_3)^2\ L_b$$

$$V_f = \pi\ (0.32)^2\ 0.34$$

$$V_f = 0.109\ m^3.$$

Como la bota está llena al 30% entonces:

$$V_f = 3.28X10^{-2}\ m^3.$$

Haciendo balance de ecuación tomada de la figura 2.9, se tiene:

$$W_2 = \rho_{arena}\ g\ V_f$$

$$W_2 = 489.8\ N.$$

De la figura 2.9, se obtiene lo siguiente:

$$\Sigma\ F_n = M\ a_n$$

$$N_3 - W_2 = M\ a_n$$

$$N_3 = W_2 + M\ a_n$$

Donde:

$$M = W_2/g$$

y

$$a_n = \frac{(V_0)^2}{r_c}$$

Donde :

r_c : distancia al centroide del cangilón en la bota.

$r_c = \frac{\Phi_2}{2}$ + espesor de la banda + distancia estimada al centroide del cangilón

.

$r_c = 0.2138$ m.

Se obtiene:

$$N_3 = W_2 + (W_2/g)\left(\frac{V_0}{r_c}\right)^2$$

$$N_3 = W_2\left(1 + \left(\frac{V_0}{r_c\, g}\right)^2\right)$$

$$N_3 = 795.2 \text{ N.}$$

La fuerza de excavación es:

$$F_a = N_3\, \mu_s$$

$$F_a = (795.2 \text{ N})\ (0.85)$$

$$F_a = 676.17 \text{ N.}$$

La fuerza total del elevador es:

$$P_1 = W_1 + F_a$$

$$P_1 = W_1 + 676.17 \quad (2\text{-}4)$$

Donde:

W_1 = 16 (W_c + peso del contenido del Cangilón)

Donde:

$W_c = \boldsymbol{\rho_{hierro}}\, g\, V_m$

V_m = Volumen del material que está hecho el cangilón.

V_m = Área longitudinal + Áreas laterales) (Espesor de Fundición).

$$V_m = (0.038m^2 + 0.014m^2)(0.006m)$$
$$V_m = 3.12 X10^{-4} m^3.$$

Por lo tanto:

$$W_c = \frac{7650Kg}{m^3} \left(\frac{9.8m}{s^2}\right) (3.12X10^{-4}\ m^3)$$

$$W_c = 23.4\ N.$$

Entonces:

$$W_1 = 16\ (23.4 + 11.11)$$

$$W_1 = 552.16\ N.$$

Reemplazando W_1 en (2-4) de obtiene que la fuerza total del elevador es:

$$P_1 = 1228.33\ N.$$

La potencia necesaria para que el elevador pueda transportar los cangilones cargados es:

$$Pot = P_1 \times V_o$$
$$Pot = (1228.33N) \left(\frac{1.143m}{s}\right)$$
$$Pot = 1403.98\ watts.$$
$$Pot = 1.403\ Kw$$
$$\mathbf{Pot = 1.882\ Hp.}$$

2.5 LA CAPACIDAD DE ELEVACIÓN

CAPACIDAD TOTAL DEL ELEVADOR

Llamamos capacidad total, al volumen total que multiplicado por el peso específico del material a transportar se obtiene el peso total

que puede un elevador de cangilones transportar. Esta capacidad total en general es muy utilizada para definir así un elevador de cangilones; así un elevador cuya capacidad de transporte es de 100 toneladas por hora se lo conoce como un elevador de 100 toneladas simplemente y no se debe hacer referencia al tiempo de operación en que se llevaría en realizar determinado trabajo.

Es importante anotar que en realidad este mismo elevador podría transportar más de 100 o menos de 100 toneladas, esto se hace simplemente cambiando el material que va a ser transportado, ya que cuando se realiza dicho cambio, cambia su peso específico y por lo tanto la capacidad total se verá afectada por el peso específico.

Con lo antes mencionado se debe tener presente de que los elevadores de cangilones en realidad son transportadores de volúmenes; el mismo que no varía y si se fuera más estricto en la nominación de estos, no se debería nombrar al elevador por su capacidad en peso sino por su capacidad en volumen y así se podría decir que el elevador de 100 toneladas por hora que antes mencionado debería ser un elevador de X metros cúbicos por hora.

En el lenguaje común diario de quienes operan con estos elevadores de cangilones siempre los nombran por su peso y no por su volumen,

por lo tanto en este trabajo se es consecuente para poder así evitar confusiones.

Este factor evidentemente depende de la configuración geométrica del cangilón y tiene relación con la capacidad total, pues a mayor capacidad de cada cangilón, mayor capacidad tendrá el elevador. Esta capacidad individual geométrica del cangilón se debe anotar que es teórica, puesto que en la práctica es bastante difícil que el cangilón este siempre completamente lleno.

2.6 MATERIALES DE FABRICACIÓN DE LOS CANGILONES

Tradicionalmente se construían los cangilones de hierro, y aun hoy un alto porcentaje de los cangilones que se encuentran en elevadores son hechos de planchas de acero de bajo carbono, esto tiene su explicación por lo que el hierro es un material de múltiples usos y se lo encuentra en muchos lugares.

Actualmente para el uso de elevadores en la industria alimenticia y de manera específica en el transporte de cereales en los últimos años se ha intentado utilizar materiales no corrosivos y limpios, para cumplir regulaciones de salud. Como una posible solución a este problema está el cangilón de Aluminio, pero presenta desventajas como lo son, su alto costo y poca firmeza.

En los últimos dos años se ha tomado la idea de utilizar la fibra de vidrio para la fabricación de los cangilones, presentando esta idea se obtienen ciertas ventajas que se describen a continuación:

- Incrementa la vida de la banda o cadena transportadora puesto que pesa mucho menos que el tradicional de hierro.
- Resiste a la corrosión; la fibra de vidrio se considera un material inerte.
- Su dureza es comparable con la del hierro negro y además resiste al impacto.
- Se los puede fabricar con dimensiones similares a las ya establecidas haciéndolo intercambiable.

Como desventaja de la fibra de vidrio está el hecho de su habilidad de retener electricidad estática, lo cual podría producir chispa y esto es peligroso en ambientes combustibles; prácticamente, este no es el caso del presente trabajo, por lo tanto se llega a la conclusión que no es aplicable para gran cantidad de materiales secos que tengan la propiedad de flamabilidad elevada.

En este caso en particular de transportar arena sílice con una dureza en el rango de 800 a 1000HV y teniendo en consideración que es un material muy abrasivo se selecciona un material que tenga una

dureza y resistencia al desgaste más elevada que la arena a transportar, el material a utilizar en el presente diseño es el hierro blanco por tener la particularidad de que es un material con una dureza que se encuentra en el rango de 1060HV hasta 1240HV por lo tanto es netamente superior a la dureza de la arena sílice el cual sirve para el presente diseño por ser un material con un elevado nivel antiabrasivo.

La resistencia a la tracción de los hierros blancos perlíticos normalmente oscila entre aproximadamente 200 MPa para los grados altos de carbono y de aproximadamente 410 MPa para los grados bajos en carbono. La resistencia a la tracción de los hierros martensíticos es de aproximadamente 340 a 410Mpa, mientras que los hierros con alto contenido de cromo por lo general tienen puntos fuertes de tracción de 410 a 550 MPa.

Pocos datos existentes indican que la fuerza de rendimiento de los hierros blancos es aproximadamente el 90% de sus puntos fuertes a la tracción. Estos datos son extremadamente sensibles a las variaciones en la alineación de la muestra durante una prueba de ensayo y debido a la ductilidad cerca de cero en los hierros blancos, la utilidad de los datos para ensayos de tracción para el diseño o la garantía de calidad es muy limitada.

El módulo elástico de un hierro blanco es considerablemente influenciado por su estructura de carburo, por ejemplo una plancha con M3C el cual representa a los carburos eutécticos tiene un módulo de tracción de 165 a 195 GPa.

El material ha sido seleccionado en base al norma ASTM A532 / A532M, la cual representa especificaciones Standard para hierros resistentes a la abrasión.

El material seleccionado es de clase 2, tipo A y contiene un 12% de cromo, lo cual se lo puede ver en detalles en la tabla 4.

TABLA 4

COMPOSICIÓN QUÍMICA SEGÚN ESPECIFICACIÓN ASTM A532

CLASE	TIPO	DESCRIPCION	Carbono	Manganeso	Silicio	Níquel	Cromo	Molibdeno
I	A	Ni-Cr-Hc	2,8 - 3,6	2,0 máx	0,8 máx	3,3 - 5,0	1,4 - 4,0	1,0 máx
I	B	Ni-Cr-Lc	2,4 - 3,0	2,0 máx	0,8 máx	3,3 - 5,0	1,4 - 4,1	1,0 máx
I	C	Ni-Cr-GB	2,5 - 3,7	2,0 máx	0,8 máx	4,0 máx	1,0 - 2,5	1,0 máx
I	D	Ni-HiCr	2,5 - 3,6	2,0 máx	2,0 máx	4,5 - 7,0	7,0 -11,0	1,5 máx
II	A	12% Cr	2,0 - 3,3	2,0 máx	1,5 máx	2,5 máx	11,0 - 14,0	3,0 máx
II	B	15% Cr-Mo	2,0 - 3,3	2,0 máx	1,5 máx	2,5 máx	14,0 - 18,0	3,0 máx
II	D	20% Cr-Mo	2,0 - 3,3	2,0 máx	1,0 - 2,2	2,5 máx	18,0 - 23,0	3,0 máx
III	A	25% Cr	2,0 - 3,3	2,0 máx	1,5 máx	2,5 máx	23,0 - 30,0	3,0 máx

CAPÍTULO 3

3. CÁLCULO DE COSTO DE FABRICACIÓN

3.1 COMPONENTES MECÁNICOS.

ANÁLISIS DE COSTO.

Se realiza el análisis de los costos totales calculados para la fabricación y el montaje del elevador de cangilones. El objetivo de este capítulo es conocer el monto de inversión que se necesitará para proceder con la fabricación y el montaje.

Las partes principales del elevador se las puede observar en la tabla 5.

Para el cálculo de costo de las partes se utilizaron precios referenciales de diferentes distribuidores tales como: IPAC, DIPAC, MAQUINARIAS ENRIQUES C.A, INTRAMET

TABLA 5

COSTOS DE PARTES DEL ELEVADOR

PARTE	CANTIDAD	VALOR ($)
SISTEMA DE TRANSPORTACION		
Banda (8.5m)	*1*	*331.29*
Bulones para empalme	*4*	*8*
SISTEMA MOTRIZ		
Motor eléctrico 2HP, 1800RPM	*1*	*381.02*
Reductor –se puede acoplar directamente	*1*	*606.32*
Chumaceras	*4*	*25.80*
Acoples-motor-reductor-eje motriz	*2*	*63*
ESTRUCTURA SOPORTANTE		
Angulos 2"x2x3/16¨x6m	*4*	*121.84*
Plancha(1220X2440mm)x1/8"	*3*	*330*
ACCESORIOS		
Pintura (Galon) anticorrosiva.	*1*	*26*
Pernos ½¨X1¨	*60*	*30*
	TOTAL	**1923.27**

El costo del material para la fabricación de la estructura soportante como lo son las planchas y ángulos se lo obtuvo mediante el costo por unidad de masa en el mercado local.

3.2 INSTALACIÓN Y MONTAJE.

COSTO DE FABRICACIÓN LOCAL DE PARTES.

La tabla 6 muestra el precio unitario y final de los diferentes partes del equipo que se deben fabricar para el desarrollo del proyecto.

TABLA 6

COSTOS DE FABRICACION DE PARTES

PARTE	CANTIDAD	VALOR ($)
SISTEMA DE TRANSPORTACION		
Cangilones	*16*	*1200*
SISTEMA MOTRIZ		
Eje motriz	*1*	*56*
Polea motriz	*1*	*300*
ESTRUCTURA SOPORTANTE		
Pantalón, cabeza y bota (construcción)	*1*	*450*
Escalera de servicio	*1*	*120*
SISTEMA CONDUCIDO		
Tornillo templador con tuerca.	*2*	*20*
Polea inferior	*1*	*240*
Eje Conducido	*1*	*56*
	TOTAL	***2442***

COSTO DE MONTAJE Y PUESTA EN MARCHA.

Los precios unitarios son medias obtenidas de acuerdo a experiencias previas de contratistas en montajes similares y considerando, transporte de partes, mano de obra y varios.

Finalmente en la tabla 7 se muestra el resumen de los costos de todos elementos del elevador de cangilones y el costo total de la obra mecánica del proyecto completo.

TABLA 7

COSTO TOTAL DEL PROYECTO ELEVADOR DE CANGILONES

PARTE	CANTIDAD	PRECIO DE FABRICACION	PRECIO DE PARTES	PRECIO TOTAL
SISTEMA DE TRANSPORTE				
Cangilones	16	1200		1200
Banda (L=8.5m)	1		331.29	331.29
Bulones	4		8	8
SISTEMA MOTRIZ				
Eje motriz	1	56		56
Polea motriz	1	300		300
Motor eléctrico	1		381.02	381.02
Reductor	1		606.32	606.32
Chumaceras	2		12.90	12.90
Acoples	2		63	63
ESTRUCTURA SOPORTANTE				
Pantalón, cabeza y bota del elevador (construcción)	1	450		450
Ángulos 2"x2x3/16¨x6m	4		121.84	121.84
Plancha(1220X2440mm)x1/8"	3		330	330
Escalera de inspección	1	120		120
SISTEMA CONDUCIDO				
Tornillo templador	2	20		20
Polea inferior	1	240		240
Eje Conducido	1	56		56
Chumaceras	2		12.90	12.90
ACCESORIOS				
Pintura (Galón)	1		26	26
Pernos ½¨X1¨	60		30	30
Costo mano de obra (Montaje)	1			800
TOTAL		**2442**	**1923.27**	**5165.27**

PROCESO DE FABRICACIÓN Y MONTAJE

FABRICACIÓN

Para la fabricación de estructuras metálicas se siguen procedimientos y normas dadas por las diferentes asociaciones o instituciones. Teniendo en cuenta que tanto para la fabricación y montaje de las estructuras se deben de utilizar todos los medios y equipos de seguridad dado por la ANSI. Se describen a continuación:

RECEPCIÓN DEL MATERIAL.

El proceso de fabricación comienza con la recepción del material y confirmación de material. En la recepción del material el jefe de taller o el encargado del material deben verificar que las cantidades y las dimensiones del material sean las correctas.

PREPARACIÓN.

En la etapa de preparación se realizarán distintas actividades:

Eliminación de pequeñas imperfecciones o defectos tales como marcas de laminación, impurezas adheridas, etc.; enderezado y plegado de planchas en frío, cuando se precise, mediante prensa o máquina de rodillos, así mismo, operaciones de plegado o curvado en frío; éstas se realizarán de tal forma que no aparezcan abolladuras a causa de las compresiones ni grietas provocadas por

las tracciones que pueden ocasionar durante la conformación, la parte del prensado en frío se refiere principalmente al armado del pantalón que es la estructura soportante de todo el sistema de elevación.

MARCADO DE EJECUCIÓN.

Una vez preparados los elementos se procederá al marcado para la realización de los cortes y perforaciones. Esta actividad será realizada por personal especializado y respetando las indicaciones de los planos para la fabricación que se adjuntarán al final de este trabajo. Estas marcas se realizan generalmente con marcadores para metales.

CORTE Y MECANIZADO.

Durante esta etapa se realizará el corte de las piezas con sus dimensiones finales, llevando a cabo los biseles y rebajos que fuesen necesarios. Si se dispone de la maquinaria para la realización de los cortes se la realizará en taller caso contrario el corte se lo realizará en talleres externos.

MONTAJE.

Dentro de los procedimientos para un buen montaje se tiene:

ORGANIZAR EL PROCESO DE MONTAJE.

- Preparar los recursos para el montaje de acuerdo a los antecedentes e instrucciones recibidas por la persona encargado del montaje.
- Comprender las instrucciones de montaje a realizar.
- Verificar la existencia de materiales e insumos necesarios para el montaje, de acuerdo a las instrucciones del superior.
- Los equipos y herramientas deben estar definidos y a disposición del personal, según el montaje a realizar.
- Los elementos de izaje como un grúa pórtico o puente grúa deben estar seleccionados, revisados y en óptimas condiciones para realizar el montaje.
- Pre - armar los elementos necesarios para el montaje como por ejemplo el motor con el reductor de acuerdo a los antecedentes técnicos de la obra.
- Ejecutar un trazado topográfico de ejes y niveles de acuerdo a planos y especificaciones técnicas.
- Revisar los trayectos al lugar de montaje de acuerdo a normas de seguridad e higiene ambiental.

PREPARAR EL ÁREA DE MONTAJE.

- Acercar los elementos a su lugar de montaje de acuerdo a la secuencia o procedimiento de montaje.

- Preparar los elementos, apoyos y soportes para el montaje a realizar de acuerdo a las instrucciones recibidas por un superior.
- Considerar todos los resguardos relacionados con seguridad, protección personal y protección del medio ambiente, con el objetivo de reducir el impacto sobre éste.

PREPARAR LAS MANIOBRAS DE MONTAJE.

- Revisar, despejar y acondicionar los trayectos al lugar de montaje, de acuerdo a normas de seguridad industrial, protección personal y protección del medio ambiente.
- Remover los elementos que interfieren con el montaje, de acuerdo a las condiciones del terreno.
- Comprobar que los equipos de levante estén revisados y en su posición de maniobra de acuerdo al procedimiento de montaje.
- Tomar todas las precauciones de acuerdo a normas de seguridad, protección personal y protección del medio ambiente.

EJECUTAR LAS MANIOBRAS DEL MONTAJE A REALIZAR.

- Ejecutar las maniobras de montaje considerando las normas de seguridad y protección del medio ambiente.
- Ejecutar las uniones entre elementos de acuerdo a planos y especificaciones técnicas.

- Dejar las áreas de trabajo diariamente libres de residuos y materiales sobrantes del proceso de montaje, de acuerdo a los requerimientos del taller.

- Devolver las herramientas y equipos utilizados que han sido diariamente solicitadas a la persona responsable de los mismos, de acuerdo a instrucciones y normas de la empresa.

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El presente trabajo cumple con objetivos propuestos, el diseño de un elevador de cangilones para un sistema de recirculación de arena de moldeo que es una parte esencial para el funcionamiento de una planta de fundición. En el desarrollo de este trabajo se realizó un estudio minucioso de cada uno de los componentes.

Las dimensiones y los valores preseleccionados se dieron a partir de cálculos y en base a observaciones de otros diseños, manuales y datos obtenidos de catálogos de fabricantes de transportadores de material.

El diseño del elevador de cangilones no es sofisticado, sino por el contrario sencillo, considerando que un sistema de producción en serie en una planta de fundición está constituido por sistemas modernos.

En el presente trabajo se pueden evidenciar tanto ventajas técnicas como económicas, como ventajas técnicas esta la recirculación eficiente de la arena de moldeo, mejoras en el método de producción en serie ya que el volumen de material transportado es constante. Como ventajas económicas se tiene un bajo costo de mantenimiento, permite la reutilización de la arena, no se necesita mano de obra en esta sección.

RECOMENDACIONES

El presente estudio ha sido de mucha ayuda; pues las consideraciones que se han tomado dejan de ser solamente matemáticas para convertirse en análisis más prácticos, en donde un poco de ingenio, sentido común, consideraciones económicas han tenido su oportunidad. La gran variedad de catálogos e informes existentes sobre este tipo de transporte han sido muy importantes para la realización de este trabajo.

En base a conocimientos adquiridos durante el diseño del elevador de cangilones se deben de tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

- Los elevadores de cangilones no serán ocupados a menos de que la carcasa del elevador encierre completamente los elementos móviles del transportador y de que los seguros de transmisión de potencia estén en su lugar. Si el elevador debe de ser abierto para su inspección, limpieza u observación, el motor que mueva el transportador debe de ser desconectado eléctricamente de tal manera que no pueda ser encendido

por nadie a menos que la carcasa del transportador haya sido cerrada y que todos los seguros estén en su lugar.

- Llevar a cabo en todo momento un buen mantenimiento y mantenga una buena iluminación alrededor de todo el equipo.
- No ponga las manos, pies, ropa u otra parte del cuerpo dentro de la abertura del elevador.
- No sobrecargue el elevador ni intente usarlo para otro caso que no sea para el cual fue diseñado en este caso para arena de moldeo.

Se ha diseñado el transportador de rastra para una velocidad determinada, pero se recomienda el uso de un variador de frecuencia de manera que permita un arranque suave cuando se inicie con el sistema cargado, y además regule el flujo de la arena, ya sea a velocidades bajas o altas para diferentes niveles de producción.

Y como recomendaciones para investigaciones en este campo, quienes deseen seguir realizando, se sugiere:

Diseñar un sistema de recolección de polvos para ser adaptado en la boca de descarga del elevador.