

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

MONOGRAFIA SOBRE:
LA OPERACION UNITARIA DE
TRANSPORTE DE SOLIDOS

RICARDO FRIAS ROJAS
INGENIERO QUIMICO

1968



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

JURADO ASIGNADO ORIGINALMENTE

PRESIDENTE: PROF. PASCUAL LARRAZA S.
VOCAL: PROF. ALBERTO BREMAUNTZ M.
SECRETARIO: PROF. CUTBERTO RAMIREZ C.
1er. SUPLENTE: PROF. JULIO CORDERO GARCIA
2do. SUPLENTE: PROF. ENRIQUE ALARCON ROBLES

SITIO DONDE SE DESARROLLO EL TEMA

INGENIERIA Y MAQUINARIA INDUSTRIAL MINERA Y METALURGICA S.A.

Calz. Ermita Ixtapalapa 1777, México, 13, D. F.

SUSTENTANTE: RICARDO FRIAS ROJAS
ASESOR DEL TEMA: PROF. ALBERTO BREMAUNTZ M.

INDICE

| | PAO. |
|--|------|
| INTRODUCCION | 4 |
| EL TRANSPORTE DE SOLIDOS COMO OPERACION UNITARIA | 6 |
| SELECCION DE TRANSPORTADORES PARA SOLIDOS | 10 |
| CARACTERISTICAS DE TRANSPORTE DE LOS SOLIDOS | 19 |
| TRANSPORTADORES DE BANDA | 41 |
| TRANSPORTADORES DE GUSANO | 60 |
| ELEVADORES DE CARGILONES | 78 |
| TRANSPORTADORES DE FLUJO CONTINUO | 88 |
| TRANSPORTADORES NEUMATICOS | 101 |
| TRANSPORTADORES VIBRATORIOS | 113 |
| TRANSPORTADORES DE PALSTAS | 119 |
| TRANSPORTADORES DE TABLILLAS | 126 |
| BIBLIOGRAFIA | 133 |

INTRODUCCIÓN



El aumento de la población mundial, notable desde el siglo próximo pasado, ha requerido un aumento paralelo en la producción de los elementos necesarios para su supervivencia. Esto constituyó la genesis de la revolución industrial que, con sus sistemas de producción en masa y fabricación continua, en volúmenes y a velocidades cada vez mayores, trata de satisfacer satisfactorias las necesidades del hombre.

Los volúmenes de producción de la mayoría de las industrias modernas implican necesidades de transporte mucho mayores de las que puede satisfacer hombre o bestia alguna. Por esta causa, el equipo de transporte mecanizado se ha convertido en un elemento indispensable en la integración de los procesos de toda fábrica; auspiciado por las condiciones preexistentes de competencia y economía. Desde el abastecimiento de materias primas, hasta el procesado final de los productos acabados, los sistemas de transporte son la clave de la producción en masa.

Los transportadores pueden tomar muchas formas, pueden actuar como alimentadores, pueden trasladar los materiales a cualquier distancia, desde unos pocos metros hasta varios kilómetros, pue-

den llevar materiales finos y ligeros, como también objetos pesados, y en algunos casos, auxilian eficientemente ciertas operaciones.

Las grandes plantas de vapor en realidad no podrían funcionar sin el equipo para manejar el carbón, ni podrían funcionar las acerías, las fabricas de cemento, las de papel, ni las de compuestos químicos, sin los necesarios transportadores. Por tanto, en definitiva, la producción en masa de la industria depende de los sistemas de transporte, y cualquier expansión en la producción en masa, invariablemente procurará mejoramientos en el manejo de los materiales implicados.

EL TRANSPORTE DE SÓLIDOS COMO OPERACIÓN UNITARIA

La Ingeniería Química, que hasta el siglo próximo pasado era ignorada como una ciencia industrial, en el presente siglo se ha hecho notable y, auspiciada por las grandes guerras, ha ocupado un lugar fundamental en el desarrollo industrial de las naciones.

En el seno de esta ciencia práctica nació el concepto de operación unitaria, sugerido por primera vez por A. D. Little, en 1915:

"Cualquier proceso químico, no importa en que escala se efectúe, se puede descomponer en una serie coordinada de lo que se puede denominar "operaciones unitarias," tales como la pulverización, el mezclado, el calentamiento, la calcinación, la absorción, la condensación, la lixiviación, la precipitación, la cristalización, la filtración, la disolución, la electrolización, etc. El número de estas operaciones unitarias básicas no es muy grande y relativamente pocas de ellas se presentan en cada proceso particular. La complejidad de la Ingeniería Química resulta de la variedad de condiciones como temperatura, presión, etc., bajo las cuales se deben llevar a cabo dichas acciones en diferentes procesos, y de las limitaciones en cuanto a materiales de construcción y diseño de aparatos impuesto por el carácter físico y químico de las sustancias reaccionantes.

Brown, en la introducción a su libro "Operaciones Unitarias," clasifica el transporte de sólidos como una de dichas operaciones, principiando con los siguientes conceptos:

El manejo de materiales se refiere a su movimiento en distancias relativamente cortas tales como de un barco o un furgón a una planta, de planta a planta o de un equipo a otro equipo; a diferencia del transporte de materiales a grandes distancias tal como el efectuado por medio de barcos, ferrocarril o camion.

La fuerza humana sin ayuda, tal como al palear, empujar, arrastrar y elevar, es recomendable sólo en distancias cortas que no pasen de 3m, y solamente cuando la cantidad no excede de 4 a 5 ton.

En condiciones normales un hombre puede hacer trabajo a una velocidad de 0.05 a 0.1 HP; por ejemplo, un hombre promedio que pesa 75Kg, puede elevar 10kg en el extremo de una pala en una distancia de 1.5m, dentro de un radio de 1.5m, a una velocidad continua de 15 paladas por minuto. La velocidad de manejo varía considerablemente con las personas, con la naturaleza del material que se maneja y con el método de manejo; pero siempre disminuye con rapidez cuando el material se debe elevar mas allá de 1 a 1.5m, o moverse una distancia mayor de 1.5 a 3m. Se debe evitar que un hombre eleve mas de 45 a 70kg, porque puede resultar un serio perjuicio para su salud.

La fuerza humana ayudada de carretillas, carros de dos o cuatro ruedas, o carretas, es recomendable cuando el radio de trabajo se aumenta a 30 a 60m. Dependiendo del artefacto, un hombre promedio puede mover de 100 a 500kg a través de una superficie horizontal, a una velocidad promedio de 40m/min, excluyendo

las acciones de carga descarga y retorno. El tiempo de carga y descarga varía mucho con el material que se maneja, pero como una aproximación se puede tomar de 1/4 a 1 minuto por cada 50kg de material. Para distancias mayores de 60m es mas eficiente el empleo de camiones o tractores.

Para elevar cargas que pesen mas de 45 a 70kg, se emplean varios artefactos mecanicos para amplificar la fuerza humana. Todos estos artefactos, tales como los aparajos de cadena, los juegos de poleas, las garruchas manuales y los gatos, están basados en el principio de la palanca. Por ejemplo, al elevar 1 ton de carga por medio de un aparato de cadena, un hombre haría una fuerza de aproximadamente 25kg, y moviendo la cadena a alrededor de 30m/min, elevaría la carga a aproximadamente 60cm/min (80% de eficiencia).

Para capacidades en que resulta insuficiente la fuerza humana aun cuando sea ayudada con artefactos simples, existen equipos mecanicos y mecanico-eléctricos muy variados, tales como los carros movidos a gasolina o por medio de baterias que se emplean para almacenamiento; los tractores, las palas mecanicas y las gruas viajeras.

El material que se mueve de una localización fija a otro punto también fijo, de una manera continua, o a intervalos frecuentes, generalmente se puede manejar más económicamente por medio de instalaciones permanentes. Aquí es donde encuentran su aplicación óptima los transportadores mecanicos a cuyo estudio se dedica la presente monografía.

Antes de entrar a fondo en la consideración de los transportadores de sólidos, vale la pena compararlo con el transporte de fluidos, que es una operación mas conocida dentro de la Ingeniería.

ría Química. Para transportar un fluido en forma continua, se aprovecha la propiedad fundamental de autodesplazamiento por la cual los fluidos tienden a tomar la forma del recipiente que los contiene. Los sólidos carecen de esta propiedad, por lo cual, confinados en un ducto, conservan su forma. Si se agrega a esto la resistencia al movimiento (por fricción), que entre sólidos es mucho mayor que entre fluidos, se comprenderá la imposibilidad de su desplazamiento comprimiendolos en un ducto, a menos que los sólidos se suspendan en un fluido, ya sea líquido o gas, con lo cual adquirirían propiedades semejantes a las de los fluidos. Esto último constituye el principio fundamental de los transportadores neumáticos y de los sistemas de transporte de pastas (sólidos suspendidos en líquidos) por bombeo.

De esta diferencia de propiedades fundamentales se deduce que, con excepción de los últimos sistemas mencionados, los transportadores de sólidos necesitan contar con elementos que "carguen" o "arrastran" los materiales, incapaces de desplazarse por sí mismos. Estos elementos son la banda, las paletas, los cangilones, etc., de los equipos respectivos.

En conclusión, aunque clasificado el transporte de sólidos como una operación unitaria, similar en aplicación al flujo de fluidos, es fundamentalmente diferente en cuanto a propiedades de los materiales manejados, por lo cual, los sistemas de manejo también resultan diferentes.

SELECCIÓN DE TRANSPORTADORES PARA SÓLIDOS

Los fluidos generalmente se transportan en una sola forma: por bombeo a través de ductos; los sólidos en cambio, admiten muchas formas de transporte. Cualquier elemento móvil que se pueda adaptar para cargar o arrastrar materiales sólidos, puede llegar a constituir una unidad de transporte.

Evidentemente, el ingeniero de diseño que necesita de un equipo para manejar sólidos en un punto dado de la planta, enfrenta la cuestión fundamental del "cómo seleccionar el mejor transportador para sus necesidades específicas." No es conveniente, ni económico, elegir equipos al azar, pues a la larga esto puede resultar perjudicial para la eficiencia y provecho del sistema completo. En los siguientes párrafos se aborda esta importante cuestión, discutiendo los principales factores que deben guiar la selección de un transportador para sólidos.

En la presente monografía se han considerado de importancia fundamental los siguientes factores:

1. Ingeniería del sistema.
2. Características del material.
3. Función del transportador.
4. Capacidad de manejo.
5. Longitud de transporte.
6. Aplicaciones y limitaciones.

7. Costos unitarios de operación.
8. Costo inicial contra calidad.
9. Espacio disponible.

El procedimiento de selección consistirá en elegir el equipo que cumpla mejor los requerimientos implicados en cada uno de estos factores, o que ofrezca el mejor equilibrio entre factores en contienda. Para facilitar una selección tentativa, al final de este capítulo se presenta una tabla que registra algunos de los factores fundamentales en oposición a las unidades de transporte recomendables. Obviamente, la mejor elección es la que está basada en la experiencia y, en ausencia de esta, se recomienda una consideración cuidadosa de la relativa importancia de los factores fundamentales. En los siguientes párrafos se presenta una discusión general de dichos factores, en los cuales se trata de reunir la experiencia de varios autores al respecto.

INGENIERIA DEL PROCESO

La selección de un equipo para manejar un material dado no se debe reducir al estudio del transportador sólo, sino requiere su consideración como parte del diseño general de una planta. Puede haber varios tipos de equipo igualmente efectivos para manejar un material dado, pero el flujo de material a través de la planta, o sea la ingeniería del proceso, tiene un efecto decisivo, notable a corto o largo plazo, sobre el costo de producción. Además, la ignorancia de uno sólo de los factores principales que afectan la adecuabilidad del equipo, puede hacer fracasar el sistema completo. Un autor cita un ejemplo

(4), refiriendo que en cierta ocasión, una empresa necesitaba un equipo para descargar gránulos de pizarra de carros caja a una tolva elevada, a razón de 40 ton/hr. Esta pizarra era un producto con aristas agudas, cribada a un tamaño de aproximadamente 6mm, usada para el tratamiento de un papel para techado. El ingeniero consultor especificó un sistema neumático, con las garantías usuales de calidad y capacidad. Pero, cuando el equipo se puso en operación, se descubrió inmediatamente que la alta velocidad de manejo resultaba en impactos en la tolva, en la manguera flexible y en los codos, de tal manera fueran, que degradaban y redondeaban las partículas, inutilizando se totalmente el producto. Eventualmente el problema se solucionó cambiando el sistema por una combinación de transportadores de banda y elevador de cangilones.

En general, la economía en algún departamento o en la planta completa, puede depender del esquema de manejo de los materiales.

Constituye una tentación frecuente el usar un equipo estándar para un trabajo que parece no requerir ingeniería. Es verdad que de esta manera se elimina el costo de la ingeniería; pero en muchas ocasiones este costo es sólo una pequeña parte del total, y si la elección resulta insatisfactoria, las pérdidas ocasionadas pueden superar el ahorro alcanzado en la ingeniería.

FUNCION

Un transportador puede cumplir las siguientes funciones principales: alimentar, transportar, elevar o distribuir.

Alimentar. El punto mas crítico en el manejo de materiales

a granel está en los métodos de carga y descarga. Puede haber la necesidad de tomar el material de alguna parte de la planta tal como una tolva, un arcón o algún equipo de proceso, incapaz de regular por sí mismo la cantidad derivada. En estas condiciones, si ocurre la inundación de la unidad por la carencia de un artefacto de alimentación apropiado, el costo de mantenimiento se eleva rápidamente y la instalación pierde sus utilidades. Si este fuera nuestro caso, nos veríamos obligados a eliminar de nuestra lista de selección aquellos equipos que no pueden autcalimentarse u optar por una combinación de alimentador y transportador; en cual caso necesitaremos hacer la selección previa del alimentador adecuado.

Transportar y elevar. Suponiendo que se cuenta con una forma conveniente de alimentación, nuestra selección se encamina a definir si el material va a ser transportado horizontalmente o si se va a elevar, o si se va a hacer ambas cosas. Para elevar, usualmente se puede manejar más económicamente por medio de elevadores de cangilones verticales o ligeramente inclinados. Sin embargo, cuando se combina la elevación y el transporte horizontal, debe tomarse en consideración otros transportadores. Los transportadores que combinan varias direcciones de viaje en una sola unidad generalmente son más costosos, pero el hecho de que requieran un sólo sistema motriz, en ocasiones puede compensar el costo agregado.

Distribución. La última función se refiere a que algunos transportadores descargan sólo al final de la corrida, mientras que otros pueden descargar en puntos intermedios. Por ejemplo, al manejar bagazo de caña para la fabricación de pa-

pel, generalmente se requiere alimentar varios equipos de proceso, en diferentes niveles, durante el recorrido. En este caso un transportador de paletas es una selección mejor que un transportador de banda.

Como una guía general para seleccionar el transportador en cuanto a la función que va a desarrollar, se presenta la siguiente tabla, elaborada por uno de los principales fabricantes de equipo transportador, (5).

| FUNCION | TRANSPORTADOR ADECUADO |
|--|--|
| Transportar horizontalmente. | De tablillas, de banda, de flujo en masa, de paletas, de espiral, vibratorios, de cangilones pivoteados, neumáticos. |
| Transportar en inclinaciones ascendentes y descendentes. | De tablillas, de banda, de flujo en masa, de paletas, de gusano, de carro elevador, neumático. |
| Elevar material | Elevador de cangilones, de flujo en masa, carro elevador, neumático. |
| Manejar material en combinación horizontal y vertical. | De flujo en masa, de cangilones a gravedad, de cangilones pivoteados, neumático. |
| Distribuir material a colectarios, tolvas, arcones, etc. | De banda, de paletas, de gusano, de flujo en masa, de cangilones a gravedad, de cangilones pivoteados, neumático. |
| Extraer materiales de vagones, camiones, etc. | Volcadores de camiones, palas mecánicas, transportador neumático. |

LONGITUD

Para ciertos tipos de equipo, la longitud está limitada definitivamente. En cambio, con bandas de alta resistencia a la tensión, el límite de longitud para transportadores de banda es cuestión de kilómetros. Los transportadores neumáticos están limitados a cientos de metros y los transportadores vibra-

toricos a decenas de metros. En general, conforme aumenta la longitud de transporte, disminuye la variedad de transportadores que puede ser usada.

CAPACIDAD

El volumen a manejar determina el tamaño y velocidad del transportador; por esta causa, el requerimiento de capacidad es un factor primo en la selección del transportador. Los transportadores de banda pueden fabricarse en tamaños relativamente grandes, para operar a altas velocidades y por tanto pueden manejar grandes tonelajes económicamente. Por el contrario, los transportadores de espiral son difíciles de manejar en cuanto a que resultan muy grandes en comparación con los de banda, y además no pueden ser operados a alta velocidad sin crear serios problemas de abrasión.

Frecuentemente se han cometido errores en cuanto a la capacidad de manejo de los transportadores, porque el concepto suele tener diferente significado para diferentes personas. Si se desea descargar cinco vagones de 60ton. en cinco horas, una capacidad de transporte de 60ton/hr no será suficiente, a causa de que se pierde tiempo en mover los carros o, si se emplea palas mecánicas, se pierde tiempo en quitar las puertas de descarga a granel. Si se emplea un descargador neumático de 60 ton/hr, la extracción de las últimas toneladas de material se efectúa a una fracción de la velocidad inicial, y hasta entonces se moverá el vagón, para colocar uno cargado en su lugar.

También, la forma de la alimentación, uniforme o no uniforme, afecta grandemente la definición de capacidad. El proceso de 480 ton de materia prima durante 24 hr, no significa ne-

es necesario que la capacidad de manejo requerida sea de 20 ton/hr. Si el proceso no es continuo sino por lotes, puede haber requerimientos máximos de capacidad, muy superiores al promedio de 20 ton/hr.

En general, al definirse la capacidad de manejo, debe tomarse en cuenta las pérdidas de tiempo ocasionadas por movimientos secundarios del material y adoptar la capacidad máxima cuando la alimentación no sea uniforme.

CARACTERISTICAS DEL MATERIAL

(Ver el capítulo dedicado a este factor de selección)

APLICACIONES Y LIMITACIONES

Cada transportador es especialmente eficiente en el manejo de un grupo de materiales específicos. En la consideración particular que se va a hacer de cada transportador, se encontrarán ejemplos de aplicaciones en las cuales ya se tiene cierta experiencia, así como de las limitaciones que restringen en ciertos casos el uso de algunos transportadores.

COSTOS UNITARIOS DE OPERACION

Puesto que requiere mucho mayor potencia arrastrar un material, que cargarlo, los costos de energía eléctrica tanto como el costo de amortización del sistema motriz, mas grande, establecen una notable diferencia en los costos unitarios de operación entre equipo con coeficientes de fricción muy diferentes.

Un transportador de banda, corriendo sobre rodillos embaleados, generalmente requiere menos potencia y menos manteni --

niento que un transportador de paletas que arrastra el mismo material dentro de un canalón. Esto se traduce en un menor costo unitario de operación.

Otro ejemplo común se encuentra en los elevadores de cangilones de descarga centrífuga, los cuales operan a una velocidad aproximadamente al triple de la velocidad de los de tipo continuo, lo cual aumenta considerablemente las necesidades tanto de potencia como de mantenimiento y por lo tanto, el costo unitario de operación.

COSTO INICIAL Y CALIDAD

El primer sistema de transportador de banda realmente de gran longitud, se diseñó y fabricó bajo normas de calidad extremadamente altas. Después de 35 años aún estaba en operación, con maquinaria casi toda original. Sin embargo, esta operación se había planeado sólo para 10 años de duración. Este transportador en particular, representa un caso de excesivo sobrediseño. Cuando hay un mercado para equipo transportador usado, puede recuperarse parte de la inversión pero, puesto que esto es limitado, debe evitarse el sobrediseño.

Se puede encontrar rodillos de carga para transportadores de banda en tal rango de calidades, que puede poner la mejor unidad en un rango de precio tres veces más alto que el de la unidad más barata. La calidad de los rodamientos, el calibre del acero y el diámetro de los rodillos, todo, afecta el costo, tanto como un diseño que facilite el mantenimiento.

Otro autor cita un ejemplo al respecto, refiriendo que en 1907 una institución compró un transportador de cangilones pi-

voteados, por el procedimiento de concurso. Manejó alrededor de 12,000 ton de carbón y 1,000 ton de ceniza por año. El costo de mantenimiento fué alto y finalmente, en 1938, el equipo quedó en tan malas condiciones, que se tuvo que adquirir una unidad completamente nueva. En 1908 se instaló, en una fábrica vecina, un transportador casi idéntico en tamaño, diseño y tonelaje, pero un 20% más caro. En 1938 aún estaba en las mejores condiciones, y con un costo promedio de mantenimiento de \$50.00 por año (tomando en cuenta sólo el material). En cada caso particular, es necesario que el usuario haga sus propias comparaciones de costo sobre la base de un estudio específico para cada aplicación de transportación.

ESPACIO DISPONIBLE

Una de las circunstancias más irritantes es la carencia de espacio confortable alrededor de la maquinaria. Una viga sobresaliente o un tubo que rozó la cabeza, o un espacio lateral escaso que resulta en manchas sobre la ropa, es un defecto de diseño. Esto puede convertirse en un factor serio si un hombre resulta perjudicado físicamente.

CARACTERÍSTICAS DE TRANSPORTE DE LOS SÓLIDOS

Las características de los sólidos manejados constituyen un factor fundamental para la selección del equipo adecuado para su transporte.

Se deben considerar ambas características, físicas y químicas, pues la mayor parte de las fallas de funcionamiento se derivan de un comportamiento inapropiado del material durante su manejo. Existen muchos materiales cuyo manejo resulta dificultoso, y más adelante se mencionan algunos.

Los efectos químicos, tales como los debidos al aceite sobre el hule, o los ácidos sobre los metales, pueden ser determinantes de los materiales estructurales con que se fabrica el transportador. Por otra parte, la humedad o los efectos corrosivos debidos a la atmosfera circundante, pueden ser peligrosos para el material que se está manejando. En estos casos puede requerirse encerrar totalmente el equipo, o aún proporcionarle una atmosfera artificial. Naturalmente, ciertos tipos de transportadores se prestan mejor que otros para tales requerimientos.

En cuanto a las propiedades físicas, las más importantes en relación con el manejo de los sólidos son las siguientes:

Densidad o granal (o aparente). Es una indicación de la ma-

sa total por unidad de volumen. Por ejemplo (3), la verdadera densidad del cuarzo es de 2.65 kg/dm^3 , pero una arena de cuarzo de esta densidad puede ocupar un volumen de 2 dm^3 , indicando una densidad a granel de 1.325 kg/dm^3 . La densidad a granel no es una propiedad intrínseca del material puesto que varía con la distribución de tamaño de las partículas y su ambiente. La porosidad del sólido mismo y el material con el cual los poros o huecos son llenados, también influencia la densidad a granel. Para una sola partícula no porosa, la densidad verdadera iguala la densidad a granel.

Obviamente, la capacidad de manejo de los transportadores, depende fundamentalmente de la densidad a granel del material manejado. Un arcón de carbón puede haberse especificado para 500 ton de capacidad estimada; considerando un material de 0.8 kg/dm^3 , pero el carbón frecuentemente presente un menor peso, y en tal caso el arcón resultaría insuficiente. Por esta causa, en cuanto a los requerimientos de capacidad, es una buena practica adoptar un margen de seguridad en cuanto a la densidad a granel.

Abrasividad y dureza. Existe una relación entre estas dos propiedades de los sólidos, aunque no claramente definida. La dureza de ciertos sólidos tales como los metales y los plásticos se puede definir como la resistencia al rayado. La dureza de los minerales también se define usualmente como la resistencia al rayado y se expresa generalmente en términos de la escala de Moh's; la cual se basa en una serie de minerales de número de dureza creciente, como sigue:

- | | | |
|---------------|---------------|-------------|
| 1. Talco | 4. Flusita | 7. Cuarzo |
| 2. Yeso | 5. Apatita | 8. Topacio |
| 3. Calcita | 6. Feldespato | 9. Corindón |
| 10. Diamante. | | |

Cada mineral en la lista rayará al del número inferior. Para determinar la dureza de un mineral, se talla contra estos minerales de prueba y su dureza es indicada por el material más duro que lo raya. La dureza aproximada de algunos materiales comunes es: uña de los dedos seca, 2.5; pluma de cobre, 3.0; esmalte de los dientes, 5.0; navaja, 5.5; vidrio ordinario, 5.8.

La abrasividad, como se dijo, está relacionada con la dureza en cuanto a que, conforme aumenta la dureza de los materiales también aumenta la abrasividad de los mismos. En términos prácticos, la abrasividad podría definirse como la capacidad que tienen los materiales en movimiento, para desbastar objetos fijos en relación con dichos materiales. Las cenizas de carbón, manejadas por un transportador de gusano, pueden resultar tan abrasivas que desbasten la helicoide hasta su completa destrucción.

La abrasividad del material manejado determina en primer lugar, los tipos de equipo que no son recomendables para su manejo y, en segundo lugar, la dureza conveniente de los materiales de construcción del transportador elegido.

Desmenuzabilidad. Se refiere a la facilidad con que se puede romper una sustancia por impacto. La dureza de un material no siempre está relacionada con su desmenuzabilidad. Algunos plásticos y el yeso son blandos y correosos, y sin embargo no se pueden romper fácilmente por impacto. La desmenuzabilidad es la

qualidad opuesta a la tenacidad. La estructura cristalina y el tamaño de los cristales influencia la desmenuzabilidad. La estructura también determina la forma en que las partículas se rompen naturalmente cuando se sujetan a una operación de quebrado. Por ejemplo, la galena se rompe en cubos, la mica en placas y la magnetita en granos algo redondeados.

En algunos casos puede ser indeseable que el material se desmenuce durante su manejo, y entonces se deberá seleccionar un transportador que asegure un manejo suave del material.

Fricción. Es la resistencia al deslizamiento de un material contra otro material. Esta propiedad afecta fundamentalmente en cuanto a los requerimientos de potencia en unidades que trabajan arrastrando el material.

Ángulo de reposo. Si formásemos una pila de un material a granel derramándolo sobre un punto, la pila asumiría la forma de un cono. El ángulo que forma el lado del cono con la horizontal, se denomina comúnmente "ángulo de reposo" de dicho material. Cuando se ha apilado material hasta llegar al ángulo de reposo correspondiente, la adición posterior de material no modificará el ángulo de reposo.

El ángulo de reposo del material afecta en definitiva tanto la capacidad como la trayectoria de los transportadores empleados para su manejo. El ángulo de reposo de un material puede haberse supuesto de 35° , pero puede encontrarse que en la práctica sea de 45° . Entonces, cuando el material se deposita en un recipiente, formando un cono superior, resultará un espacio vacante en el extremo superior del recipiente. En cuanto a los transportadores, es recomendable que, en general, su inclinación

ción sea unos 5 a 10° menor que el ángulo de reposo del material manejado.

Tamaño. El tamaño de las partículas del material transportado, así como su distribución, afectan notablemente la selección tanto del equipo adecuado como el tamaño de la unidad seleccionada. Su importancia requiere de una consideración particular dentro de la discusión de cada tipo de transportador.

Temperatura. La temperatura de los sólidos manejados es un factor decisivo en la selección de transportadores. Los transportadores de banda son especialmente vulnerables en este sentido, aunque últimamente se han desarrollado ciertos tipos de bandas que soportan temperaturas moderadamente altas.

Los sólidos manejados a granel presentan, además de las características ya mencionadas, una variedad de propiedades específicas que requieren una consideración especial al diseñar un equipo para su manejo. Por ejemplo:

Los materiales alimenticios no pueden admitir contaminaciones durante su manejo porque esto los inutiliza comercialmente.

Hay otros materiales, cuya naturaleza higroscópica requiere la selección de unidades totalmente herméticas, a fin de evitar su contacto con la humedad ambiente. Lo mismo se puede decir de los materiales que liberan humos o polvos nocivos al hombre.

Otros materiales, como la tierra de Fuller, el azúcar granulada y otros materiales similares, no admiten su degradación o mollienda, porque pierden su valor comercial. Los materiales muy sueltos, como el cemento, regularmente atrapan aire, lo cual disminuye la capacidad del equipo con que se maneja.

En resumen, los sólidos sueltos a granel pueden presentar características inesperadas durante su transporte, por lo cual lo mejor, cuando se diseña un equipo para su manejo, consiste en estudiar una muestra real, representativa del material en cuestión.

En la tabla que se presenta al final de este capítulo, se encuentra una lista de los materiales más comunes que se manejan a granel junto con las características que afectan principalmente al diseño de transportadores. Las características se presentan en una forma codificada, de acuerdo con el manual de ingeniería de la compañía Link-Belt.

Esta tabla se presenta sólo como una guía para la selección del transportador más adecuado, pero la decisión final se debe basar en la experiencia anterior sobre el material a manejar tan lo como en las características reales de la muestra representativa. No debe olvidarse que las condiciones de almacenamiento del material, las variaciones de temperatura y humedad ambientales, los métodos de carga, todo, puede afectar las características de transporte del material.

También se recomienda evitar prejuicios por la información expuesta en la tabla aludida. Si algún transportador parece recomendable para una aplicación dada, pero su capacidad o longitud, o alguna otra característica se sale de lo indicado en la tabla, debe estudiarse de todas maneras; pues un diseño especial puede dar un resultado mejor que un equipo standard que presenta inconvenientes en su aplicación.

La tabla indica lo recomendable de un equipo para una aplicación y material dado en la siguiente forma:

La letra A significa que el equipo localizado en esa columna maneja satisfactoriamente un material con la propiedad indicada en el renglón respectivo. La letra V significa que la aplicación del equipo respectivo es dudosa para un material de la propiedad correspondiente y que, por tanto no se recomienda. Cuando en lugar de una letra se presenta un número, quiere decir que el equipo es aplicable, pero se tienen ciertas reservas que se enumeran enseguida.

1. Si el material es muy fino, fluye bien y pesa más de 0.8 kg/dm³, se manejará satisfactoriamente.
2. El tamaño máximo de pedruscos que se puede manejar con seguridad depende del tamaño de los cuagilones del elevador, y el porcentaje de los mismos en el agregado. Por ejemplo, un cuagilón de 150 x 100 mm manejará un tamaño máximo de pedruscos, de 12 mm, cuando el porcentaje de pedruscos es de 100%, y de 64 mm cuando el porcentaje es de 15%. Con un cuagilón de 406 x 203 mm, estos tamaños vienen a ser 38 y 114 mm.
3. Para material con un contenido no mayor de 15% de pedruscos, el tamaño máximo de tales pedruscos es de 20 mm para la unidad más pequeña, de 100 x 127 mm, y 64 mm para el tamaño más grande, de 228 x 356 mm.
4. El tamaño máximo de pedruscos debe ser de 38 mm.
5. Consultar al fabricante en cuanto al tamaño máximo de pedruscos.
6. El tamaño de pedruscos máximo para gusanos de 150mm (6") es de 20mm y en gusanos de 610mm (24"), el tamaño de pedruscos máximo es de 100mm.
7. Con materiales que fluyen bien el elevador de descarga posi-

- tiva no representa ninguna ventaja sobre el tipo centrífugo o continuo, y resulta de mayor costo.
8. Los materiales que fluyen con dificultad frecuentemente se pueden transportar con helicoides del tipo de listón.
 9. Es posible manejar con éxito materiales muy abrasivos en transportadores de gusano, empleando unidades de mayor tamaño y seleccionando materiales resistentes a la abrasión para la helidoide, el canalón y los colgantes.
 10. El tipo de traslape ajustado se puede adaptar al manejo de materiales altamente abrasivos.
 11. Debe hacerse hermético.
 12. Debe hacerse hermético y construirse con puertas de explosión.
 13. Dentro de ciertas limitaciones de tamaño de pedrusco, fluidez, trayectoria, etc., estos transportadores pueden manejar ciertos materiales con poca degradación.
 14. Para materiales de naturaleza corrosiva, el empleo de aleaciones especiales hace aplicable esta unidad.

En el estudio particular que se hace de cada transportador en los capítulos que siguen, se encontrarán varias indicaciones importantes para el diseño o la selección de las unidades específicas.

| CODIGO DE CARACTERISTICAS DEL MATERIAL | | CLASE |
|---|--|-------|
| Tamaño | Muy fino, menos de 100 mallas | A |
| | Fino, entre 100 mallas y 3.18mm | B |
| | Granular, entre 3.18mm y 12.7mm | C |
| | Pedruscos, 12.7mm y mayores | D |
| | Irregular, fibroso, enredoso, etc. | H |
| Fluidez | Fluye muy bien, ángulo de reposo menor de 30° | 1 |
| | Fluye bien, ángulo de reposo entre 30 y 45° | 2 |
| | Fluye con dificultad, ángulo rep. mayor de 45° | 3 |
| Abrasi- vidad | No abrasivo | 6 |
| | Regularmente abrasivo | 7 |
| | Muy abrasivo | 8 |
| Caracte- rísticas especia- les | Contaminable, afectandose su uso y comercio | K |
| | Higroscopico | L |
| | Altamente corrosivo | N |
| | Regularmente corrosivo | P |
| | Libera polvos o humos nocivos a la vida | R |
| | Contiene polvo explosivo | S |
| | Degradable, afectando su uso y comercio | T |
| | Muy ligero y suelto | W |
| | Es enredoso | X |
| | Aereable y fluidizable | Y |
| Tiende a empacarse bajo presión | Z | |

Ejemplo: un material como el asbesto desmenuzado, que es fi-
broso, que fluye con dificultad, que es regularmente abrasi-
vo, que además es muy ligero y suelto, y tiende a empacarse
bajo presión, se clasificará como H37WZ.

CARACTERISTICAS DE TRANSPORTE DE LOS MATERIALES.

| MATERIAL | CLASE | DENSIDAD A GRAVEL kg/dm ³ | TRANSP. GUCANO | | | ANCL. RECL. % |
|-----------------------------------|-------|--|----------------|-----|---------------|---------------------|
| | | | CANAL | FM | SERIE COM. | |
| Acido adipico | A2LP | 0.72 | 30A | 0.2 | D3 | -- |
| Acido borico | B26 | 0.88 | 30A | 0.2 | A2 | -- |
| Acido fosfórico | A26 | 0.96 | 30A | 1.4 | A2 | -- |
| Acido salicílico | B26L | 0.46 | 30A | 0.6 | A2 | -- |
| Acero (virutas) | D38 | 1.60-2.40 | 15 | 1.6 | D4 | -- |
| Alfalfa, harina | B36W | 0.27 | 30A | 0.6 | B4 | 22 |
| Alfalfa, semilla | B7S | 0.77 | 30B | 0.5 | B4 | -- |
| Alforfón | B16S | 0.59-0.67 | 45 | 0.4 | A2 | 25 |
| Algodón, harina | B26 | 0.56-0.64 | 30A | 0.4 | A2 | 35 |
| Algodón, torta de sem. | D26 | 0.64-0.72 | 30A | 1.2 | B1 | -- |
| Algodón, hojuelas | C36 | 0.32-0.40 | 30A | 0.8 | A2 | -- |
| Algodón, cascara | B26W | 0.19 | 30A | 0.2 | A2 | -- |
| Algodón, semilla seca | C26 | 0.35-0.64 | 30A | 0.9 | A2 | 29 |
| Algodón, semilla seca | C36 | 0.29-0.40 | 30A | 0.8 | A2 | -- |
| Almendras, enteras o quebradas | C27T | 0.45-0.48 | 30B | 0.9 | B4 | -- |
| Almidón | A | 0.40-0.80 | -- | -- | -- | -- |
| Alumbre, quebrado | D26 | 0.80-0.96 | 30A | 1.4 | B1 | -- |
| Alumbre, polvo | B26 | 0.72-0.92 | 30A | 0.6 | A2 | -- |
| Alúmina | B28 | 0.96-1.92 | 15 | 1.8 | C4 | -- |
| Aluminato, gel seco | B27 | 0.72 | 30B | 1.7 | B4 | -- |
| Aluminio, hidróxido | C26 | 0.21-0.29 | 30A | 1.4 | A2 | 13 |
| Aluminio, virutas | C36X | 0.11-0.24 | 30A | 0.8 | A2 | -- |
| Aluminio, (bauxita) | D28 | 1.20-1.36 | 15 | 1.8 | D4 | -- |
| Aluminio, (andalusita) | B26 | 0.78 | 45 | 0.8 | A2 | -- |
| Aluminio, sulfato | -- | 0.86 | -- | -- | -- | 32 |
| Amonio, cloruro | B26 | 0.83 | 30A | 0.8 | A2 | -- |
| Amonio, nitrato | -- | 0.72-1.00 | -- | -- | -- | -- |
| Amonio, sulfato | -- | 0.54-0.93 | -- | -- | -- | -- |
| Anhidrido ftálico, hojuelas | -- | 0.38 | -- | -- | -- | 42 |
| Antimonio, polvo | B27 | -- | 30B | -- | B4 | -- |
| Arcilla seca, cerámica | A26 | 1.00-1.28 | 30A | 1.5 | A2 | 45 |
| Arcilla seca, molida | -- | 1.60-1.92 | -- | -- | -- | 35 |
| Arena de fundición seca | B28 | 1.44-1.60 | 15 | 2.0 | C4 | -- |
| Arena de fund. prep. | B38 | 1.44 | 15 | 3.0 | C4 | -- |
| Arena de fund. agitada | D28 | 1.44 | 15 | 2.6 | D4 | -- |
| Arena húmeda, banco | B38 | 1.76-2.08 | 15 | 2.8 | C4 | 45 |
| Arena seca, banco | B28 | 1.44-1.60 | 15 | 1.7 | C4 | 30 |

| MATERIAL | CLASE | DENSIDAD A GRAVIM. kg/dm ³ | TRANSP. GUSANO | | | ANG. REP. ° |
|--------------------------|-------------|---|----------------|-----|----------------|-------------------|
| | | | % CARGA | FM | SERIE COMP. | |
| Arena seca, sílice | B18 | 1.44-1.60 | 15 | 2.0 | C4 | -- |
| Arroz sin cascara | B16 | 0.72-0.77 | 45 | 0.4 | A2 | -- |
| Arroz crudo | B26B | 0.51-0.53 | 30A | 0.4 | A2 | 20 |
| Arroz, semola | B26 | 0.67-0.72 | 30A | 0.4 | A2 | -- |
| Arsénico, polvo | -- | 0.48 | -- | -- | -- | -- |
| Arsénico, (arsenolita) | -- | 1.60-1.92 | -- | -- | -- | -- |
| Asbesto desmenuzado | H37WZ | 0.32-0.64 | 30B | 1.0 | B4 | -- |
| Asfalto quebrado | C26 | 0.72 | 30A | 2.0 | A2 | -- |
| Avena | C16S | 0.40-0.56 | 45 | 0.4 | A2 | 21 |
| Avena prensada | C26SW | 0.30-0.39 | 30A | 0.5 | A2 | -- |
| Aserrín seco | B36 | 0.16-0.48 | 30A | 0.5 | A2 | 36 |
| Azúcar granulada | B26KT | 0.80-0.88 | 30A | 0.7 | A2 | -- |
| Azúcar en polvo (-200M) | -- | 0.80-0.96 | -- | -- | -- | -- |
| Azúcar en polvo (-200M) | -- | 0.80-0.96 | -- | -- | -- | -- |
| Azúcar cruda, de caña | B17Z | 0.88-1.04 | 30A | 1.0 | A2 | -- |
| Azúcar húmeda, remolacha | B36S | 0.88-1.04 | 30A | 1.4 | A2 | -- |
| Azúcar leche (lactosa) | A36KZ | 0.51 | 30A | 0.6 | A2 | -- |
| Azufre quebrado | C26S | 0.80-0.96 | 30A | 0.6 | A2 | -- |
| Azufre molido | B26SY | 0.80-0.96 | 30A | 0.6 | A2 | -- |
| Azufre, pedruzcos | D26S | 1.28-1.36 | 30A | 0.8 | B1 | -- |
| Bagazo | H36X | 0.11-0.16 | 30A | 1.0 | B1 | -- |
| Bakolita, polvo | A36 | 0.48-0.64 | 30A | 1.4 | A2 | -- |
| Barita, carbonato | A37R | 1.15 | 30B | 1.6 | B4 | -- |
| Barita (sulfato bar o) | D28 | 1.92-2.89 | 15 | 2.0 | D4 | -- |
| Barita (sulfato bario) | A37Y | 1.92-2.89 | 30B | 2.6 | B4 | -- |
| Bazalto | B18 | 1.28-1.44 | 15 | 1.8 | C4 | -- |
| Benceno, hexacloruro | A3R | 0.90 | 30A | 0.6 | A2 | -- |
| Bentonita | D37Z | 0.54-0.64 | 30B | 1.2 | B4 | -- |
| Bentonita | A26Y | 0.80-0.96 | 30B | 0.7 | B4 | -- |
| Blanco de plomo, seco | A27RY | 1.20-1.60 | 30B | 1.0 | B4 | -- |
| Borax | C26 | 0.96 | 30B | 1.0 | B4 | -- |
| Borax | B26 | 0.80-0.96 | 30B | 0.7 | B4 | -- |
| Boro | A28 | 1.20 | 15 | 1.0 | B4 | -- |
| Braunita (óxido de Mn) | A27 | 1.92 | 30B | 2.0 | B4 | -- |
| Bronce, virutas | C38 | 0.48-0.80 | 15 | 0.8 | C4 | -- |
| Cacahuato con cascara | D26T | 0.24-0.39 | 30A | 0.6 | B1 | -- |
| Cacahuato sin cascara | C26 | 0.56-0.72 | 30A | 0.4 | A2 | -- |
| Café, tano | B36WY | 0.32 | 30A | 0.5 | A2 | -- |
| Café, frijol verde | C26T | 0.51-0.72 | 30A | 0.5 | A2 | 25 |
| Café, molido | B26 | 0.40 | 30A | 0.6 | A2 | 23 |
| Café soluble | A16KL TY | 0.30 | 15 | 0.8 | A2 | -- |
| Café, frijol tostado | C16 | 0.35-0.42 | 45 | 0.4 | A2 | -- |

| MATERIAL | CLASE | DENSIDAD | | MEDIANO | | ANG. REL. |
|---|--------|--------------------------------|------------------|-----------------|-------|--------------|
| | | A GRANEL kg/dm ³ | FRANSEL CARBA | FRANSEL CUM. | SENTE | |
| Calcio, carburo | D27 | 1.12-1.22 | 30F | 1.6 | B4 | -- |
| Calcio, fluoruro | C27 | 1.21 | 30F | 2.2 | B4 | -- |
| Calcio, hidrato (calhidra) | B26YZ | 1.24 | 30A | 1.2 | A2 | 42 |
| Calcio, hidrato (-200M) | B26YZ | 1.24 | 30A | 0.6 | A2 | -- |
| Calcio, óxido (cal viva) | B36Z | 1.06 | 30A | 0.6 | A2 | -- |
| Calcio, lactato | D26TZ | 0.41-0.47 | 30A | 0.6 | B1 | -- |
| Calcio, fosfato | A36 | 0.64-0.72 | 30A | 1.6 | A2 | -- |
| Calcio, carbonato (caliza quebrada) | D27 | 1.16-1.44 | 30F | 1.6 | B4 | 35 |
| Calcio, carbonato (caliza en polvo) | A37Y | 0.82-1.52 | 30F | 1.6 | B4 | 17 |
| Calcio, borato | A26 | -- | -- | -- | A2 | -- |
| Cal viva granulada | D26 | 0.85-0.92 | 30A | 2.0 | B1 | 26 |
| Cal para agricultura | B27 | 1.09 | -- | -- | -- | -- |
| Cana de azucar cortada | H36Y | 1.24-1.29 | -- | -- | -- | -- |
| Caoín, arcilla | D27 | 0.61 | 30A | 1.5 | B1 | 35 |
| Caoín, talco | A26 | 0.42-0.92 | 30F | 0.6 | B4 | 45 |
| Carbón, cenizas secas | C27 | 0.57-0.72 | 30F | 1.2 | B4 | -- |
| Carbón, cenizas húmedas | C371Z | 0.52-0.62 | 30F | 2.0 | B4 | -- |
| Carbón, cenizas secas | D27 | 0.57-0.64 | 15 | 1.2 | B4 | 40 |
| Carbón, cenizas húmedas | D371Z | 0.44-0.82 | 15 | 2.0 | B4 | -- |
| Carbón activado | B17F | 0.12-0.12 | 30F | 1.2 | B4 | -- |
| Carbón vegetal | D37T | 0.32-0.42 | 30B | 1.4 | B4 | 35 |
| Carbón de hueso | B27 | .74 | 30B | 1.2 | B4 | -- |
| Carbón antracita | C271S | 0.83-0.96 | 30B | 1.2 | B4 | -- |
| Carbón antracita | B28F | .96 | -- | -- | -- | -- |
| Carbón antracita (cisco) | B38F | 0.96 | -- | -- | -- | -- |
| Carbón antracita (clasificado) | D26T | -- | -- | -- | -- | 22 |
| Carbón clasificado | C271S | 0.82 | 30B | 0.6 | B4 | -- |
| Carbón pulverizado | A261SY | 0.51-0.56 | 30A | 0.6 | D3 | -- |
| Carbón bituminoso (mina) | B36F | 0.82 | -- | -- | -- | 29 |
| Carbón bituminoso (de mina, clasificado) | D261C | 0.82 | -- | -- | -- | 27 |
| Carbón bituminoso sucio | D371Z | 0.82 | -- | -- | -- | -- |
| Carborundum | C28 | 1.60 | 15 | 2.0 | C4 | -- |
| Carborundum | D28 | 1.60 | 15 | 2.0 | C4 | -- |
| Cartamo | B16S | 0.72 | 45 | 0.4 | A2 | -- |
| Cartamo, torta | B26 | 0.22 | 30A | 0.6 | B1 | -- |
| Cartamo, harina | B26 | 0.32 | 30A | 0.6 | A2 | -- |
| Carno molida | C17 | 0.22-0.28 | -- | -- | B4 | -- |
| Carno, desperdicio | 37X | 0.24 | 30B | -- | D4 | -- |
| Cascara de naranja seca | H36 | 0.24 | -- | -- | -- | -- |
| Caséina | B27 | 0.52 | 30F | 1.6 | B4 | -- |

| MATERIAL | CLASIF. | DENSIDAD | TRAFIC. | GUBARNO | | A.M. R.M. |
|--------------------------------|---------|--------------------------------|---------|---------|--------|--------------|
| | | A. PAVEL Kg/dm ³ | CARGA | NO. | CO. I. | |
| Cenizas de sosa ligeras | A27X | 0.32-0.51 | 30F | 1.0 | B4 | 37 |
| Cenizas de sosa pesadas | B27 | 0.28-1.24 | 30F | 1.0 | B4 | 32 |
| Colada | B16 | 0.59-0.77 | 45 | 0.4 | A2 | 48 |
| Centeno | B1/S | 0.32-0.37 | 40 | 0.4 | A2 | 32 |
| Cemento, escoria (clinker) | D28 | 1.20-1.22 | 15 | 1.0 | D4 | 33 |
| Cemento, portland | A27Y | 1.20-1.30 | 30F | 1.4 | B4 | 39 |
| Carrazita (carbonato de plomo) | A27XR | 1.55-4.16 | 30B | 1.0 | B4 | -- |
| Chicharrón quebrado | D26 | 0.64-0.70 | 30A | 1.3 | B1 | -- |
| Chocolate, torta prensada | D27 | -- | -- | -- | -- | -- |
| Cobre, sulfato | D26 | 0.96-1.12 | 30A | 0.8 | B1 | -- |
| Cobre, mineral | D28 | 1.92-2.40 | 15 | 4.0 | D4 | -- |
| Cobre, sulfato | B27 | 0.90-1.20 | 30F | 1.0 | B4 | 31 |
| Cocoa, frijoles | C27T | 0.42-0.72 | 30A | 0.4 | A2 | -- |
| Cocoa, granos | C27 | 0.46 | 30A | 0.5 | A2 | -- |
| Cocoa, polvo | A362 | 0.42-0.56 | 30A | 0.9 | A2 | -- |
| Coco desmenuzado | B36 | 0.32-0.37 | 30A | 1.0 | B1 | 27 |
| Coke suelto | D28TX | 0.37-0.51 | 15 | 1.3 | D4 | 28 |
| Coke calcinado | D28X | 0.55-0.72 | 15 | 1.3 | D4 | -- |
| Coke, cisco | C2F | 0.40-0.55 | 15 | 1.2 | C4 | -- |
| Coke de petroleo | D27X | 0.55-0.67 | -- | -- | -- | -- |
| Cola molida | B27 | 0.64 | 30B | 1.7 | B4 | -- |
| Cola, perlas | C16 | 0.64 | 45 | 0.5 | A2 | 25 |
| Cola, harina | B26 | 0.64 | 30A | 0.6 | A2 | -- |
| Colorete en polvo | A33Y | -- | -- | -- | -- | -- |
| Conchas molidas | C27 | 0.35 | 30B | 0.9 | B4 | -- |
| Conchas enteras | D27X | 1.28 | 30B | 2.0 | B4 | -- |
| Copra | D26 | 0.35-0.37 | 30A | 1.6 | B1 | -- |
| Copra, torta | D26 | 0.40-0.48 | 30A | 0.7 | B1 | 20 |
| Copra, torta molida | B26 | 0.64-0.72 | 30A | 0.7 | A2 | 30 |
| Copra, harina | B26 | 0.64-0.72 | 30A | 0.7 | A2 | 39 |
| Coral | D28 | -- | -- | -- | -- | -- |
| Coreho molido | B36WY | 0.32-0.24 | 30A | 0.5 | A2 | -- |
| Coreho granulado | C26 | 0.32-0.24 | 30A | 0.4 | A2 | -- |
| Corteza curtiente molida | -- | 0.28 | 30A | 0.7 | -- | -- |
| Corteza de sudera | D37X | 0.16-0.12 | 30B | 1.0 | B4 | -- |
| Criolita | C27R | 1.44-1.77 | 30B | 1.0 | B4 | -- |
| Criolita | A27RY | 0.30-1.20 | 30B | 2.0 | B4 | -- |
| Cromo, mineral | C28 | 2.00-2.24 | 15 | 2.5 | C4 | -- |
| Cuarzo, silice | B28 | 1.30 | 15 | 1.3 | C4 | -- |
| Ebenita (vulcanita) | C26 | 0.96-1.12 | 30A | 0.8 | A2 | -- |
| Escoria de alto horno | D38 | 0.91 | 15 | 1.9 | D4 | 35 |

| MATERIAL | CLASE | DENSIDAD (TRAVEL) | | SERIE | ANG. REF. |
|---|--------|---------------------------------|------------------------------|-------|-----------|
| | | A GRANEL kg. dm ³ | CARGA FM. CM ³ | | |
| Escoria de carbón | D28 | 0.64 | 15 | D4 | 35 |
| Escoria de fundición | C28 | 0.97-1.04 | 15 | C4 | 35 |
| Escoria de fundición | D28X | 2.56-2.89 | 15 | D4 | 35 |
| Estiércol | D6NHZ | 0.45 | -- | -- | -- |
| Faldespato | B27 | 1.48-2.56 | 30B | B4 | 32 |
| Faldespato | A27 | 1.34-1.37 | 30B | B4 | -- |
| Hierro fundido, virutas | C17 | 2.28-2.21 | 15 | C4 | -- |
| Fluorita (espato fluor) | C27 | 1.32-1.77 | 30B | B4 | -- |
| Fosfato ácido | A26 | 0.36 | 30A | A2 | -- |
| Fosfato, roca quebrada | D27 | 1.20-1.36 | 30B | B4 | 40 |
| Fosfato, granular | B28 | 1.44-1.61 | 15 | C4 | -- |
| Fosfato monosódico | B27 | 0.36 | 30B | B4 | -- |
| Fosfato disódico | B27F | 0.40-0.50 | 30B | B4 | -- |
| Fosfato trisódico | B27 | 0.96 | 30B | B4 | 26 |
| Fosfato dicálcico | A36 | 0.64-0.80 | 30A | A2 | 45 |
| Fosfato tricálcico | A36 | 0.74-0.80 | 30A | A2 | -- |
| Frijoles blancos secos | C16 | 0.72-0.80 | 45 | A2 | -- |
| Frijol blanco remojado | C26 | 0.96 | -- | -- | -- |
| Hierro óxido | -- | 0.40 | -- | -- | 40 |
| Galena (sulfuro de plomo) | A27RY | 3.84-4.17 | 30B | B4 | -- |
| Gelatina, granulada | C26T | 0.51 | 30A | A2 | -- |
| Gilsonita | C27FRS | 0.59 | 30B | D4 | -- |
| Goma laca | B26 | 0.49 | 30A | A2 | -- |
| Grafito, hojuelas | D26 | 0.64 | 30A | B2 | -- |
| Grafito, flor | A16Y | 0.45 | 45 | A2 | -- |
| Grafito, mineral | D27 | 1.04-1.37 | 30A | B1 | -- |
| Granito quebrado | D28 | 1.52-1.60 | 15 | D4 | -- |
| Granos de destilería, gastados y secos | HP6W | 0.48 | 30A | B1 | -- |
| Grava cribada | D27 | 1.44-1.60 | -- | -- | 40 |
| Grava | D27 | 1.35 | 30B | B1 | -- |
| Guisantes secos | C16ST | 0.72-0.80 | 45 | A2 | -- |
| Heces gastadas secas | C36 | 0.32-0.42 | 30A | A2 | -- |
| Heces gastadas húmedas | C36H | 0.82-0.96 | 30A | D2 | -- |
| Hielo quebrado | D16 | 0.51-0.72 | 30A | -- | -- |
| Hollín seco, de caldera | A17Y | 0.64-0.80 | 15 | C4 | -- |
| Huesos, ceniza (fosfato tricálcico) | A36 | 0.64-0.80 | 30A | A2 | -- |
| Hueso quebrado | C27 | 0.56-0.64 | 30B | B4 | -- |
| Hueso molido | B27 | 0.80 | 30B | B4 | -- |
| Hueso, harina | B27 | 0.80-0.96 | 30B | B4 | -- |
| Hueso, polvo | -- | 0.24 | -- | -- | -- |
| Leche molido | C26 | 0.32-0.42 | 30A | A2 | 25 |

| MATERIAL | CLASE | DENSIDAD | TRAFI. | GUANO | | ANG. REF. |
|------------------------------------|---------|--------------------------------|--------|-------|----------------|-----------|
| | | A GRANEL kg/dm ³ | CARGA | FE | SERIE COMI. | |
| Ilmenita (dioxido de titanio) | B28 | 2.24 | 15 | 2.0 | C4 | -- |
| Jabón, gránulos | B26T | 0.24-0.56 | 30A | 0.6 | A2 | -- |
| Jabón, virutas | C26T | 0.24-0.40 | 30A | 0.4 | A2 | 30 |
| Jabón, escamas | B26T | 0.28-0.32 | 30A | 0.6 | A2 | -- |
| Jabón, polvo | B26 | 0.32-0.40 | 30A | 0.3 | A2 | -- |
| Jade | -- | 1.71 | -- | -- | -- | 35 |
| Lactosa | A26KZ | 0.51 | 30A | 0.6 | A2 | -- |
| Ladrillo molido | B28 | -- | -- | -- | -- | -- |
| Leche seca, hojuelas | B26H | 0.09-0.09 | 30A | 0.4 | A2 | -- |
| Leche maltada | A36IYZ | 0.43-0.56 | 30A | 0.4 | A2 | -- |
| Leche entera, seca | A36KLYZ | 0.32 | 30A | 0.4 | A2 | -- |
| Lignito secado al aire | D26 | 0.72-0.98 | 30A | 0.8 | B1 | -- |
| Limanita | C38 | 1.92 | 15 | 1.7 | C4 | -- |
| Lindano (hexacloruro de benceno) | A36R | 0.99 | 30A | 0.6 | A2 | -- |
| Lino, semilla | B16S | 0.69-0.72 | 45 | 0.4 | A2 | 21 |
| Lino, torta de semilla | D26 | 0.72-0.80 | 30A | 0.6 | B1 | 34 |
| Lino, harina de semilla | B26 | 0.40 | 30A | 0.4 | A2 | 34 |
| Litopon | A26RY | 1.92-2.24 | 30A | 1.0 | A2 | -- |
| Lodo de albañal, seco | B37F | 0.72-0.88 | 30B | 0.5 | D4 | -- |
| Lúpulo gastado seco | H36 | 0.56 | 30A | 0.8 | B1 | -- |
| Lúpulo gastado húmedo | H36F | 0.80-0.98 | 30A | 1.0 | D3 | -- |
| Madera, corteza | H37X | 0.16-0.32 | 30B | 1.2 | B4 | -- |
| Madera, virutas, pulpa | D36WY | 0.19-0.40 | 30A | 1.0 | B1 | -- |
| Madera, virutas secas | C36XW | 0.12-0.24 | 30A | 0.5 | B1 | 36 |
| Madera, flor (-200M) | A36WZ | 0.25-0.58 | 30A | 0.4 | A2 | -- |
| Magnesio, sulfato (sales de epsom) | B26 | 0.64-0.80 | 30A | 0.7 | A2 | -- |
| Magnesio, cloruro (magnesita) | C36 | 0.53 | 30A | 0.8 | A2 | -- |
| Maiz quebrado | C16 | 0.64-0.80 | 30A | 0.7 | A2 | -- |
| Maiz, somilla | C16ST | 0.72 | 45 | 0.4 | A2 | -- |
| Maiz, sin cascara | C16S | 0.72 | 45 | 0.4 | A2 | 21 |
| Maiz, embrión | B26 | 0.33 | 30A | 0.4 | A2 | -- |
| Maiz, semola | B26 | 0.64-0.72 | 30A | 0.5 | A2 | -- |
| Maiz, azucar | B26 | 0.49 | 30A | 1.0 | A2 | -- |
| Maiz, harina | B26 | 0.51-0.64 | 30A | 0.5 | A2 | 35 |
| Maiz machacado | C26 | 0.59-0.80 | 30A | 0.4 | A2 | -- |
| Malta seca, molida | B26W | 0.35 | 30A | 0.4 | A2 | -- |
| Malta seca, entera | C26S | 0.43-0.58 | 30A | 0.4 | A2 | -- |
| Malta húmeda o verde | C36 | 0.06-1.24 | 30A | 0.4 | A2 | -- |
| Malta, harina | B26 | 0.55-0.64 | 30A | 0.4 | A2 | -- |

| MATERIAL | CLASE | DENSIDAD TRANS. GUSANO | | SÉRIE COM. | ANG. RES. | |
|---|-------|--------------------------------|------------|------------|-----------|----|
| | | A GRANEL kg/dm ³ | CARGA % | | | |
| Manganeso, mineral | D2P | 1.40-2.04 | 15 | 2.0 | C4 | 39 |
| Manganeso, dióxido | -- | 1.28 | -- | -- | -- | -- |
| Manganeso, óxido | A27 | 1.92 | 30B | 2.0 | D4 | -- |
| Manganeso, sulfato | C2P | 1.12 | 15 | 2.0 | C4 | -- |
| Manzana, bagazo seco | C17W | 0.24 | 30B | 1.5 | B4 | -- |
| Marcel cuadrado | D2B | 1.28-1.52 | 15 | 2.0 | C4 | -- |
| Mica sólida | B2P | 0.20-0.24 | 30B | 0.7 | B4 | 36 |
| Mica pulverizada | A26Y | 0.20-0.40 | 30B | 0.9 | B4 | -- |
| Mica, hojuelas | B16WY | 0.27-0.35 | 30B | 1.0 | B4 | -- |
| Mostaza, semilla | B16S | 0.72 | 45 | 2.4 | A2 | -- |
| Naftaleno, hojuelas | -- | 0.72 | -- | -- | -- | -- |
| Negro animal | B27 | 0.32-0.40 | 30B | 1.7 | B4 | -- |
| Negro de humo fino | A36Z | 0.24-0.10 | 30A | 0.4 | A2 | -- |
| Negro de humo, bolas | BLZ | 0.32-0.64 | -- | -- | -- | -- |
| Niacina (ácido nicotínico) | B27 | 0.56 | 30B | 0.4 | B4 | -- |
| Nieve fresca | B36 | 0.28-0.19 | 30A | 0.4 | A2 | -- |
| Nieve empacada | D36 | 0.24-0.56 | 30A | 0.8 | B1 | -- |
| Nuez de china quebrada | D26 | 0.40 | 30A | 0.9 | B1 | -- |
| Nuez de china, cáscara quebrada | B27 | 0.56-0.64 | 15 | 1.0 | B4 | -- |
| Oxálico, ácido | B36L | 0.36 | 30A | 1.0 | A2 | -- |
| Oxido de fierro, incrusta- ciones en molinos | B27 | -- | -- | -- | -- | -- |
| Pan, rajas | B26T | -- | -- | -- | -- | -- |
| Parafina, torta quebrada | C26 | 0.48-0.72 | 30A | 0.7 | A2 | -- |
| Pasto, semilla | B26SW | 0.16-0.5 | 30A | 0.4 | A2 | -- |
| Pescado, harina | B36 | 0.48-0.64 | 30A | 0.9 | A2 | -- |
| Pescado, desperdicio | H36 | 0.44-0.80 | 30A | -- | B1 | -- |
| Piedra quebrada | D28X | 1.36-1.44 | -- | -- | -- | -- |
| Piedra cribada | C28 | 1.36-1.44 | -- | -- | -- | -- |
| Piedra, polvo | B28Y | 1.20-1.36 | -- | -- | -- | -- |
| Pirita, bolas | C27 | 1.97-2.08 | 30B | 2.0 | B4 | -- |
| Pizarra quebrada | C27 | 1.36-1.44 | 30B | 1.0 | B4 | 28 |
| Pizarra molida | B27 | 1.28-1.44 | 30B | 1.2 | B4 | 35 |
| Plomo, sulfato | -- | 2.95 | -- | -- | -- | 45 |
| Plomo, arsenato | B26R | 1.15 | 30A | 1.0 | A1 | -- |
| Plomo, arsenito | B26RY | 1.15 | 30A | 1.4 | A2 | -- |
| Plomo, carbonato | A27RY | 3.34-4.17 | 30B | 1.0 | B4 | -- |
| Plomo, mineral | C38R | 3.20-3.60 | 15 | 2.4 | C4 | -- |
| Plomo, óxido | A27RY | 0.40-0.41 | 30B | 1.0 | B4 | -- |
| Plomo, óxido (-200M) | A27RY | 0.40-0.40 | 30B | 1.2 | B4 | 40 |
| Plomo, sulfuro | A27RE | 3.24-4.17 | 30B | 1.0 | B4 | -- |
| Poliestireno, bolas | B26RT | 0.64 | 30A | 0.4 | A2 | -- |

| MATERIAL | CLASE | DENSIDAD | | GRANUL. | CARGA | GAMA | CUMPL. | LARG. | REH. |
|----------------------------------|--------------|-----------|------|---------|-------|------|--------|-------|------|
| | | A | B | | | | | | |
| Polietileno, bolas | B26KT | 0.50 | 0.50 | 30A | 0.4 | A2 | -- | | |
| Polvo de hornear | A26 | 0.40 | 0.40 | 30A | 0.4 | A2 | -- | | |
| Potasa, salada | B32 | 0.70-0.72 | 0.70 | 15 | 1.0 | B4 | -- | | |
| Potasio, cloruro | B28N | 1.20 | 1.20 | 15 | 1.0 | D4 | -- | | |
| Potasio, carbonato | B27N | 0.90-1.20 | 0.90 | 30B | 1.0 | B4 | -- | | |
| Potasio, cloruro (bolas) | C26F | 1.00-2.00 | 1.00 | 30B | 1.0 | B4 | -- | | |
| Potasio, nitrato | B171S | 1.21 | 1.21 | 30B | 1.0 | B4 | -- | | |
| Potasio, nitrato | B261S | 1.20 | 1.20 | 30A | 1.2 | D3 | -- | | |
| Potasio, sulfato | B172 | 0.60-0.70 | 0.60 | 30B | 1.0 | B4 | -- | | |
| Pulpa de almendra (5%) | X | 1.00 | 1.00 | 30A | 0.9 | -- | -- | | |
| Pulpa de almendra (1-15%) | X | 0.90-1.00 | 0.90 | 30A | 1.2 | -- | -- | | |
| Romolacha, pulpa seca | -- | 0.10-0.15 | 0.10 | -- | -- | -- | -- | | |
| Romolacha, pulpa húmeda | -- | 0.40-0.70 | 0.40 | -- | -- | -- | -- | | |
| Ricino, frijoles | C16 | 0.50 | 0.50 | 25 | 0.5 | A2 | -- | | |
| Ricino, harina de frijol | B26 | 0.50-0.60 | 0.50 | 30A | 1.2 | A2 | -- | | |
| Roca basáltica quebrada | D33X | 1.40-1.70 | 1.40 | -- | -- | -- | -- | | |
| Salvado | B26SW | 0.16-0.30 | 0.16 | 30A | 0.4 | A2 | -- | | |
| Sal, burda, seca | C26FL | 0.70-0.80 | 0.70 | 30B | 1.0 | B4 | 31 | | |
| Sal, fina, seca | B26FL | 1.10-1.20 | 1.10 | 30B | 1.7 | B4 | -- | | |
| Salicílico, ácido | B16L | 0.40 | 0.40 | 30A | 0.6 | A2 | -- | | |
| Sangre seca | D37 | 0.50-0.70 | 0.50 | 30B | 1.7 | B4 | -- | | |
| Sangre, sólida | A26 | 0.40 | 0.40 | 30A | 0.6 | A2 | -- | | |
| Sílice, gel | B28 | 0.70 | 0.70 | 15 | 1.7 | B4 | -- | | |
| Sodio, bicarbonato | A26 | 1.10-1.20 | 1.10 | 30A | 1.0 | A2 | 42 | | |
| Sodio, hidróxido | B27LNR | 1.40 | 1.40 | 30B | 1.8 | D4 | -- | | |
| Sodio, hidróxido (hojuelas) | C36 LNRTZ | 0.70 | 0.70 | 30A | 1.5 | D4 | -- | | |
| Sodio, aluminato | B27 | 1.10 | 1.10 | 30B | 1.0 | B4 | -- | | |
| Sodio, nitrato | B26S | 1.10-1.20 | 1.10 | 30A | 1.2 | A2 | 24 | | |
| Sodio, sulfato seco | C27 | 1.30 | 1.30 | 30B | 0.8 | B4 | 31 | | |
| Sodio, sulfato seco | B27 | 1.00-1.10 | 1.00 | 30B | 1.0 | B4 | -- | | |
| Sorgo (milo) | C26 | 0.90 | 0.90 | 30A | 0.4 | A2 | -- | | |
| Sorgo, semilla | B16 | 0.50-0.80 | 0.50 | 45 | 0.5 | A2 | -- | | |
| Soya, frijol entero | B17S | 0.70-0.80 | 0.70 | 45 | 0.5 | A2 | 22 | | |
| Soya, frijol quebrado | B26S | 0.50-0.60 | 0.50 | -- | -- | -- | 35 | | |
| Soya, torta de frijol | D26 | 0.60-0.69 | 0.60 | -- | -- | -- | 32 | | |
| Soya, hojuelas crudas o gastadas | C26W | 0.30-0.40 | 0.30 | -- | -- | -- | 25 | | |
| Soya, harina flor | -- | 0.40 | 0.40 | -- | -- | -- | 27 | | |
| Soya, harina fría | B26 | 0.60 | 0.60 | -- | -- | -- | -- | | |
| Soya, harina caliente | B26F | 0.60 | 0.60 | -- | -- | -- | -- | | |
| Sulfanilamida burda | -- | 1.20 | 1.20 | -- | -- | -- | 32 | | |
| Sulfanilamida polvo | -- | 0.80 | 0.80 | -- | -- | -- | 45 | | |

| MATERIAL | CLASE | DENSIDAD A GRANEL PESADA | TRANSF. CARGA | HUMI- DAD %V | SERIE COM. | AGE. REF. |
|--|--------|--------------------------------|------------------|--------------------|---------------|--------------|
| Sulfato ferroso | C26 | 0.80-1.00 | 30B | 1.0 | B4 | -- |
| Sulfuro ferroso (pirita) | C16 | 1.60-2.16 | 15 | -- | A2 | -- |
| Sulfuro ferroso (pirita) | A16 | 1.60-1.93 | -- | -- | A2 | -- |
| Tabaco, desperdicio | D26W | 0.24-0.40 | 30A | 0.0 | B4 | -- |
| Tabaco, polvo | D26W | 0.40 | 30B | 1.0 | B4 | -- |
| Tabaco, hojas secas | D26W | 0.20-0.75 | -- | -- | -- | -- |
| Tacafia, bolas | D26T | 1.00-2.00 | 15 | 0.0 | B4 | -- |
| Talco | A36Y | 0.64-0.96 | 30B | 0.0 | B4 | -- |
| Talco | C36Y | 1.20-1.44 | 30B | 0.0 | B4 | -- |
| Talco, esteatita | A36Y | 0.64-1.40 | 30B | 0.0 | B4 | -- |
| Tierra diatomacea (diato- mita) | A36YZ | 0.10-0.37 | 15 | 1.0 | C4 | -- |
| Tierra de moldec cuelta | B27 | 1.21 | 30B | 1.0 | B4 | -- |
| Tierra de fuller para fil- tro de aceite, quemada | B28 | 0.64 | 15 | 1.5 | C4 | -- |
| Tierra de fuller para fil- tro de aceite, cruda | B27 | 0.56-0.64 | 30B | 1.0 | B4 | 35 |
| Tierra de fuller para fil- tro de aceite, gastada, 35% de aceite | B28 | 0.96-1.04 | 15 | 0.0 | D4 | -- |
| Trebol, semilla | B16S | 0.72 | 45 | 0.4 | A2 | 28 |
| Trigo, harina flor | A36XS | 0.48-0.74 | 30A | 0.0 | A2 | -- |
| Trigo | C16S | 0.72-0.93 | 45 | 0.4 | A2 | 23 |
| Trigo quebrado | B26S | 0.50-0.72 | 30A | 0.4 | A2 | -- |
| Trigo, germen | B26S | 0.20-0.45 | 30A | 0.4 | A2 | -- |
| Uvas, bagazo | C37W | 0.24-0.32 | 30B | 1.0 | B4 | -- |
| Vermiculita expandida | C36Z | 0.25 | 30B | 0.5 | B4 | -- |
| Vermiculita, mineral | D26 | 1.20 | 30B | 0.0 | B4 | -- |
| Vidrio, desperdicio | D23 | 1.20-1.22 | 15 | 2.0 | D4 | -- |
| Vidrio, de hornada | D23 | 1.20-1.60 | 15 | 1.0 | D4 | -- |
| Yeso calcinado | C27 | 0.98-0.96 | 30B | 1.0 | B4 | -- |
| Yeso calcinado | B27 | 0.96-1.22 | 30B | 0.0 | B4 | -- |
| Yeso molido | A37YZ | 1.02-1.50 | 30B | 1.4 | B4 | 40 |
| Yeso quebrado | D37Z | 1.36-1.44 | 30B | 1.0 | B4 | 30 |
| Zinc, óxido pesado (-200M) | A36YZ | 0.30-0.56 | 30A | 1.0 | A2 | 38 |
| Zinc, óxido ligero (-200M) | A36WYZ | 0.16-1.04 | 30A | 0.0 | A2 | -- |
| Zinc, residuo concentrado | B28 | 1.20-1.22 | 15 | 1.0 | C4 | -- |

**SIGNIFICADO DE LAS LITERALES EN EL CALCULO DE TRANSPORTADORES
MOVIDOS POR CADENA (DE PALETAS Y DE TABLILLAS).**

A=factor de la siguiente tabla:

| Tipo de rodamiento de los rodillos de la cadena | Rodillos no lubricados | Rodillos engrasados | Rodillos aceitados |
|--|------------------------|---------------------|--------------------|
| Fierro fundido o acero sobre <u>acero acabado en frío.</u> | 0.50 | 0.35 | --- |
| Fierro o acero sobre <u>acero acabado en frío.</u> | 0.40 | 0.25 | 0.20 |
| Buje de bronce sobre <u>acero acabado en frío.</u> | --- | 0.20 | --- |
| Rodamientos de rodillos con canales endurecidas, lisas. | --- | 0.09 | --- |
| Rodamientos de bolas con canales endurecidas, lisas. | --- | 0.06 | --- |

B=diametro de la polea o catarina en la beta de un elevador de cangilones, cuando maneja material con pedruscos pequeños, en pg. O radio de la polea o catarina en la beta, cuando maneja material fino o suelto.

$C = \frac{Ad}{D}$, d = diámetro del buje o del perno sobre el cual gira el rodillo de la cadena, o diámetro del círculo de bolas o rodillos, en pg.

D = diámetro del rodillo de la cadena en pg.

F = 0.20 para cadena lubricada, corriendo sobre carril de acero.

= 0.33 para cadena no lubricada, sobre carril de acero.

f = factor en la tabla presentada adelante.

G = factor en la tabla citada anteriormente, cuando el material alcanza 6" o mas de profundidad.

H = Potencia en la flecha de cabeza o motriz.

h = profundidad del material que desliza contra el canalón o las rosaderas, en pg. (No necesita ser considerada para material con menos de 6" de profundidad).

K = 1.15 para cadena lubricada, y 1.20 para cadena no lubricada.

L = longitud, como se indique en los diseños, en pies.

M = peso del material por pie de transportador, en libras. = $\frac{33.33T}{3}$

N = tiro para tensar la cadena, en lbs, o tensión de la catenaria, en lbs. = $\frac{WU^2}{2Z} + WZ$.

P₁ = tiro máximo en la cadena o tiro ejercido sobre la cadena en la flecha de cabeza, en lbs.

P₂ = tiro requerido para tensar la cadena, en lbs.

P₃, P₄, etc. = tiro ejercido sobre la cadena en los puntos indicados en el diseño, en lbs.

Q = tiro adicional, en lbs., requerido para deslizar el transportador bajo objetos que están parados, u objetos que son empujados a través de sierras, etc.

R = elevación vertical de la parte inclinada del transportador, en pies.

S = velocidad en pies/min.

T = capacidad máxima, en tons/hr. (cortas).

U = distancia horizontal en que la cadena no va soportada, pies.

V = longitud real de la cadena menos U, en pies.

W = peso de cadena, tablillas, etc, por pie, por rama del transportador, en lbs.

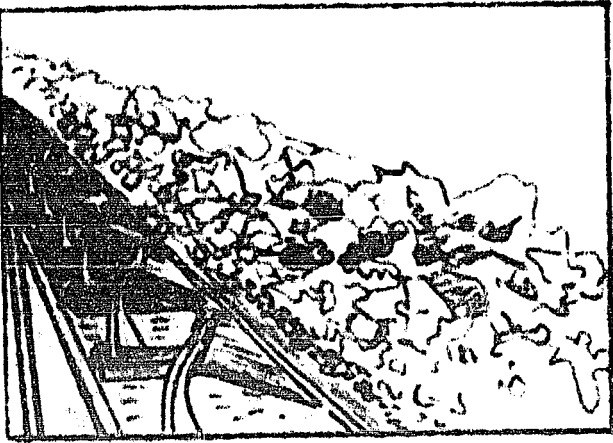
Y = longitud horizontal de la porción inclinada del transportador, en pies.

Z = colgamiento de la cadena, en pies = $\sqrt{0.375U^2}$.

TABLA DE FACTORES DE FRICCIÓN DE MATERIALES

| MATERIAL | DENSIDAD PROMEDIO lb/ft ³ | FACTOR f PRESION VERTICAL | FACTOR G PRESION HORIZONTAL |
|---------------------------------|--|---------------------------------|-----------------------------------|
| Arena, de fundición, mezclada | 90-100 | 0.70-0.90 | 0.066-0.070 |
| Arena, de fundición, agitada | 85-95 | 0.65-0.75 | 0.063-0.072 |
| Arena mojada | 110-130 | 0.80-0.90 | 0.160-0.170 |
| Arena seca | 90-110 | 0.55-0.65 | 0.130-0.140 |
| Alumbre con pedruscos | 50-60 | 0.25-0.45 | 0.035-0.040 |
| Algodón, semilla | 13-25 | 0.30-0.40 | 0.010-0.012 |
| Azerrín | 10-13 | 0.35-0.45 | 0.004-0.006 |
| Bagazo | 7-8 | 0.25-0.45 | 0.004-0.006 |
| Cenizas secas, -1/2" | 35-40 | 0.45-0.55 | 0.024-0.028 |
| Cenizas húmedas, -1/2" | 45-50 | 0.55-0.65 | 0.016-0.020 |
| Cenizas secas, -3" | 35-40 | 0.45-0.55 | 0.028-0.032 |
| Cenizas húmedas, -3" | 45-50 | 0.55-0.65 | 0.022-0.026 |
| Cemento portland | 75-85 | 0.65-0.70 | 0.052-0.090 |
| Carbón antracita grueso | 50-55 | 0.25-0.30 | 0.030-0.034 |
| Carbón antracita, para estufa | 50-55 | 0.30-0.35 | 0.036-0.040 |
| Carbón antracita, de mina | 50-55 | 0.35-0.40 | 0.048-0.052 |
| Carbón antracita, muy menudo | 50-60 | 0.40-0.45 | 0.060-0.064 |
| Carbón antracita, menudo | 55-65 | 0.50-0.55 | 0.070-0.075 |
| Carbón bituminoso, clasificado | 45-55 | 0.45-0.55 | 0.045-0.050 |
| Carbón bituminoso, de mina | 45-55 | 0.55-0.65 | 0.047-0.051 |
| Carbón bituminoso, cisco seco | 40-50 | 0.45-0.55 | 0.033-0.037 |
| Carbón bituminoso, cisco húmedo | 50-60 | 0.55-0.75 | 0.031-0.037 |
| Coke, clasificado | 23-32 | 0.35-0.45 | 0.018-0.022 |
| Coke, mezclado | 25-35 | 0.55-0.60 | 0.022-0.026 |
| Coke, cisco | 25-35 | 0.60-0.70 | 0.026-0.030 |
| Cal molida | 55-65 | 0.35-0.45 | 0.034-0.033 |
| Cal, perdigones | 55-60 | 0.45-0.55 | 0.062-0.068 |
| Frijoles enteros | 45-50 | 0.30-0.40 | 0.054-0.058 |
| Granos | 38-45 | 0.35-0.45 | 0.042-0.046 |
| Grava seca, cribada | 90-100 | 0.40-0.50 | 0.073-0.082 |
| Grava de banco | 100-125 | 0.55-0.65 | 0.086-0.090 |
| Hielo quebrado | 35-45 | 0.15-0.20 | 0.023-0.032 |
| Hielo, tortas | 57 | 0.06-0.10 | --- |
| Madera, virutas | 12-20 | 0.35-0.45 | 0.004-0.006 |
| Piedra en polvo | 75-85 | 0.45-0.55 | 0.085-0.090 |
| Piedra, pedruscos cribados | 35-90 | 0.55-0.65 | 0.110-0.115 |
| Piedra, pedruscos y finos | 35-90 | 0.60-0.70 | 0.105-0.110 |

TRANSPORTADORES DE BANDA



DESCRIPCION

Las unidades standard generalmente consisten de bandas de lona recubiertas de hule y hechas sin fin por medio de grapas o vulcanizado. La banda corre sobre rodillos embalcerados y sobre dos poleas extremas, una de las cuales sirve para impulsar la banda, mientras que la otra sirve para tensarla. El material se transporta sobre la banda plana o sobre bandas acanaladas por medio de rodillos inclinados.

FUNCION

Estos transportadores son capaces de realizar las siguientes funciones:

1. Pueden transportar horizontalmente o en pasos inclinados que pueden llegar hasta los 30° , dependiendo del ángulo de reposo del material manejado.
2. Pueden funcionar como alimentadores, constituyendo unidades independientes.
3. Pueden transportar en ambas direcciones invirtiendo la dirección de rotación del motor.
4. Pueden cargarse y descargarse en puntos intermedios por

medio de artefactos standard.

5. Es aplicable a operaciones de procesado.

6. Pueden transportar en ambas ramas, ida y retorno, en diseños especiales.

CAPACIDAD

La capacidad de las bandas planas está limitada por las características de los materiales, lo cual les impide ir mas alla de los 50m/min. Con bandas acanaladas la capacidad de transporte es inmensa, pudiendo llegar hasta las 5,000 ton/hr.

LONGITUD

Con bandas de alta resistencia a la tensión el límite de longitud para este tipo de transportadores es cuestión de kilómetros.

APLICACIONES Y

LIMITACIONES

Este tipo de equipo es casi universal en su aplicación. Puede recorrer kilómetros a velocidades arriba de 30 m/min. También pueden operar a distancias cortas a velocidades lo suficientemente bajas como para permitir operaciones manuales sobre lo transportado, con capacidades de unos pocos kgs por hora.

Los cambios de dirección sólo se pueden realizar en el plano vertical de la trayectoria de la banda.

La temperatura y la actividad química pueden ser factores que limiten o hagan imposible el empleo de una banda como medio transportador. Las bandas standard pueden ser destruidas rápidamente cuando se trabaja a altas temperaturas, y en estos casos conviene considerar algún tipo de transportador mas adecuada-

do. Los materiales pegajosos o húmedos pueden originar condiciones de descarga defectuosas porque el material se pega a la banda o a los ductos, sin contar los perjuicios ocasionados por el roce de la banda sucia con los rodillos de retorno. La capacidad también puede reducirse notablemente si la humedad esta presente en suficiente cantidad como para impartir propiedades de fluidez al material.

CALCULO SELECCION Y DISEÑO

Se requiere la siguiente información fundamental:

1. Características del material a manejar.
2. Capacidad de manejo en kgs o tons/hr.
3. Distancias horizontal y vertical a las que se requiere transportar el material. Trayectoria o forma de la unidad.
4. Naturaleza y localización de la carga y la descarga.
5. Condiciones de operación: Clima, ambiente, horas de servicio.

A partir de estas especificaciones básicas, se definirán las siguientes cuestiones:

6. Porcentaje de carga.
7. Velocidad de la banda.
8. Ancho de la banda.
9. Calidad requerida en la construcción del transportador.

Despues de realizar un diseño tentativo en base a las especificaciones anteriores, se podrá efectuar la selección o diseño del resto de los elementos que constituirán la unidad:

10. Potencia requerida para impulsar el transportador.

11. Especificaciones de la banda.
12. Espaciado de los rodillos.
13. Arreglo de las poleas impulsoras y auxiliares.
14. Sistema motriz, tipo y arreglo.
15. Poleas, tipo, diámetro, ancho.
16. Tamaño de las flechas de las poleas.
17. Tipo y tamaño de las chumaceras.
18. Tipo y arreglo de la transmisión entre el grupo motriz y las poleas de cabeza.
19. Tensor, tipo, localización.
20. Tipo y arreglo de la alimentación.
21. Tipo y arreglo de la descarga.
22. Sistema de limpieza de la banda, si se requiere.
23. Tipo de carro distribuidor, si se requiere.
24. Soportes y cubiertas.

CARACTERISTICAS DEL MATERIAL A MANEJAR. Aparte de las consideraciones generales que se hacen en el capítulo respectivo, aquí se señalará lo siguiente:

Tamaño de partícula. El tamaño de las partículas afecta a un transportador de banda en varias formas: Si son demasiado grandes en relación al ancho y espesor de la banda, los pedruzcos pueden ocasionar impactos al correr sobre los rodillos, con perjuicio de ambos, la banda y los rodillos. Cuando los pedruzcos van mezclados con finos, la acción de los pedruzcos es amortiguada en cierta extensión, permitiendo la presencia de pedruzcos grandes. En la siguiente tabla se muestra la relación del ancho de la banda al tamaño máximo de pedruzcos.

| ANCHO DE BANDA | | TAM. MAX. UNIFORME cm | PEDRUZCOS C/90% FINOS cm |
|----------------|-------|-----------------------------|--------------------------------|
| PG | cm | | |
| 12 | 30.5 | 5.08 | 7.62 |
| 14 | 35.6 | 5.08 | 7.62 |
| 18 | 45.7 | 7.62 | 12.70 |
| 24 | 61.0 | 11.43 | 20.32 |
| 30 | 76.2 | 15.24 | 27.94 |
| 36 | 91.4 | 20.32 | 38.10 |
| 42 | 106.7 | 25.40 | 45.72 |
| 48 | 121.9 | 30.48 | 53.34 |
| 54 | 137.2 | 35.56 | 60.96 |
| 60 | 152.4 | 40.64 | 71.12 |
| 66 | 167.6 | 45.72 | 81.28 |
| 72 | 182.9 | 50.80 | 91.44 |

Si los pedruzcos son demasiado grandes en relación con el ancho de la banda, hay peligro de que rueden fuera de ella; esta tendencia es mayor en una banda inclinada. El peligro de que los

pedruzcos se rueden se reduce disminuyendo la velocidad de la banda y trabajando con pendientes pequeñas, con curvas graduales en las pendientes mayores. Se puede obtener mucho beneficio diseñando la alimentación de tal manera que se asegure la descarga de los pedruzcos grandes en el centro de la banda.

Una banda cargada uniformemente puede operar a mayor inclinación que una cargada intermitentemente. En general, la pendiente de un transportador deberá ser 5 a 10° menor que el ángulo de reposo del material manejado. La presencia de pedruzcos grandes requiere un diseño especial del equipo de alimentación, para evitar daños a la banda.

Temperatura del material. Las bandas de hule ordinario son satisfactorias para materiales calientes abajo de 65°C, siempre y cuando esten operando en un ambiente normal; si el aire esta a aproximadamente la misma temperatura del material, el límite es de 52°C. Existe en el mercado tipos especiales de hule que resisten hasta 200°C. El hule natural se enciende a alrededor de 590°C, de una manera vigorosa y puede ser difícil controlarlo.

La humedad. La humedad en un porcentaje moderado vuelve pegajosos los materiales finos. El diseño de los conductos de alimentación y descarga debe ser adecuado al grado de pegajosidad. Puede requerirse aditamentos que mantengan limpia la banda y se debe suponer una mayor labor de mantenimiento en una unidad que trabaje en estas condiciones.

En general, se puede decir que son pocos los materiales deseñados pegajosos como para no poder transportarse con una banda, pero su operación satisfactoria requiere características de diseño especiales.

La humedad en grandes porcentajes puede impartir al material propiedades semejantes a las de los líquidos, por ejemplo: el concreto húmedo. Tales materiales pueden fluir hacia atrás aun con pendientes relativamente pequeñas, pero pueden ser transportados moviendo la banda a una velocidad mayor que la de retroceso del material.

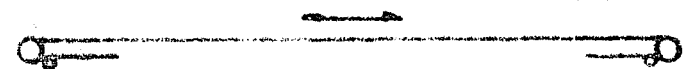
Actividad química. El hule natural es especialmente vulnerable al aceite. El neopreno y otros hules sintéticos son mucho más resistentes.

Materiales o ambientes altamente corrosivos que pueden no afectar a la banda, puede que si obliguen a un diseño especial en cuanto al resto de los elementos que forman la unidad.

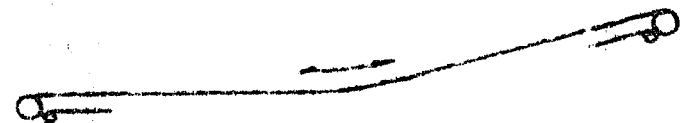
Abrasividad. Esta propiedad del material afecta principalmente en cuando al desgaste de la cubierta de la banda. El efecto de la abrasividad aumenta con el tamaño de partícula, con la velocidad de la banda, con el deslizamiento de material sobre la banda cargada y con cualquier deficiencia en la limpieza de la banda. Para compensar el desgaste de la banda, la cu-

bierta se elige más gruesa y de mejor calidad. En general, los transportadores de banda son mas adecuados para manejar materia les abrasivos que otros tipos de transportadores.

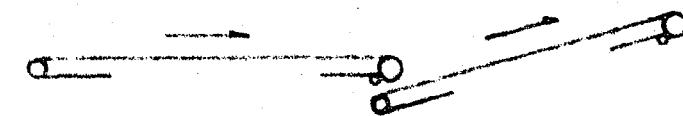
FORMA DEL TRANSPORTADOR. Se considerará este asunto en detalle al ocuparnos del diseño de la unidad; aquí sólo se muestra un esquema de las posibles trayectorias que puede asumir un transportador dado.



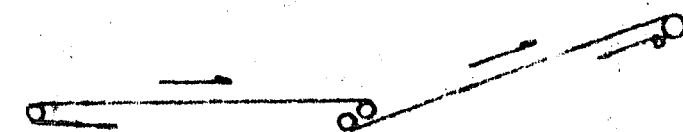
Trayectoria recta, horizontal, ascendente o descendente.



Trayectoria horizontal y ascendente, o descendente y horizontal; cuando el espacio permite una curva vertical, y la resistencia permite una sola banda.



Posible trayectoria horizontal y ascendente cuando el espacio no permite una curva vertical, como en el diseño anterior.



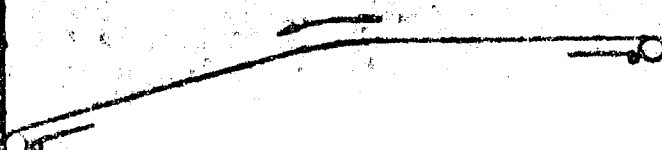
Posible trayectoria horizontal y ascendente cuando el espacio no permite la curva vertical pero la resistencia de la banda permite una sola banda.



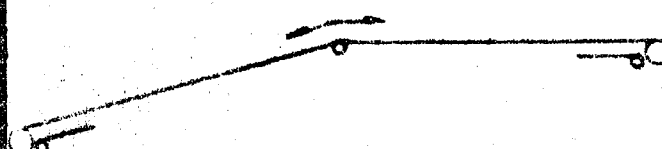
Posible trayectoria descendente y horizontal, cuando el espacio no permite una curva vertical.



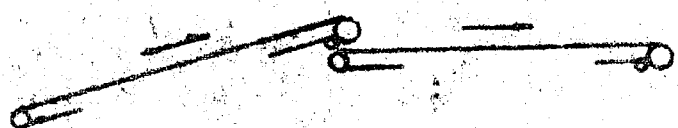
Posible trayectoria descendente y horizontal cuando el espacio no permite la curva vertical pero la resistencia de la banda permite una sola banda.



Trayectoria ascendente y horizontal, u horizontal y descendente, cuando la tensión permite una sola banda y el espacio permite una curva vertical.



Trayectoria ascendente y horizontal, u horizontal y descendente cuando el espacio no permite una curva vertical, pero se puede emplear una sola banda.



Trayectoria ascendente y horizontal, cuando resulta recomendable usar dos bandas.

CONDICIONES DE OPERACION. Clima. La selección de la banda, tanto como el tipo de cubierta que deberá usar, depende de los extremos de temperatura y de la ausencia o permanencia de una alta humedad.









Ambiente. Las altas o bajas temperaturas ambientales debidas a la proximidad de otros equipos, puede afectar las especificaciones de la banda. Lo mismo ocurre con condiciones de humedad extremas. Una atmosfera corrosiva puede afectar mas que cualquier otro factor la calidad general del equipo.

Horas de servicio. Se debe saber ambas, las horas por día y las horas por año. Si el equipo va a trabajar las 24 horas del día, se puede diseñar algunas partes de manera que permitan su mantenimiento sin parar la unidad. Las horas por año tienen un efecto decisivo en la calidad y economía de la construcción.

PORCENTAJE DE CARGA DE LA BANDA. Esto se refiere a la relación entre el area de transporte real y el area de transporte máxima a que podría transportarse en condiciones ideales. La practica común es la de cargar la banda a alrededor de un 65% de su límite absoluto, trabajando en condiciones ordinarias, y a un 80% del límite, cuando se trabaja en condiciones inusualmente buenas. Condiciones inusualmente buenas significan un tamaño de pedruzcos no mayor de la mitad del máximo permisible, pendientes al menos 5° menores que el máximo, equipo de alimentación especialmente diseñado o adaptado en el campo para concentrar la carga en la banda, uniformidad en las condiciones del material y en la velocidad de alimentación.

El area de transporte depende fundamentalmente del ángulo de reposo del material. El manual de Ingeniería de la empresa, Inc.

Belt, clasifica los porcentajes de carga en relación con la clase de material manejado, de acuerdo con la tabla que se muestra a continuación:

| TIPO DE CARGA | ANGULO MAXIMO CARGA | ACANALADO A 20° | ACANALADO A 45° | BANDA PLANA | CARACTER MATERIAL | MATERIAL TIPICO |
|---------------|---------------------|---|---|---|--|---|
| A | 50° |  |  | | Fluye muy bien, ángulo reposo menor de 30°, masa semi fluida o plana, muy húmedo o muy seco, pequeñas partículas esféricas | Grano entero, frijoles enteros, sílice seca, cemento, cenizas sueltas, hojuelas de mica, concreto. |
| B | 20° |  |  |  | Angulo de reposo entre 30 y 35°. Pedruscos grandes, de acuerdo con ancho de la banda | Carbón, cenizas, arena, grava, tierra, piedra, mineral, cal, yeso sal burda, grano quebrado. |
| C | 30° |  |  |  | Pedruscos tamaño medio. Angulo reposo mayor 40°. Tardosos, fibrosos, picados, hojuelas adherentes. | Si hay pedruscos considere se clase B. Viruta madera, cortezas, limaduras, bagazo, malta verde, lúpulo, caña picada, hule picado, arena fina y de fundición templada. |

VELOCIDAD DE LA BANDA. En el manual de ingeniería de la compañía Link-Belt se encuentra la siguiente información (7-pg. 1021):

Al transportar algunos materiales, particularmente los que son poco abrasivos, se encuentra que generalmente la combinación de la banda más angosta corriendo a la velocidad más alta posible, que sea capaz de manejar la capacidad requerida, es la combinación que resulta más económica. Sin embargo, con ciertos materiales, bajo ciertas condiciones, puede resultar provechoso el manejo a velocidades menores. Algunas de las características de los materiales y condiciones que influyen en cuanto a la velocidad de la banda son:

Materiales finos, ligeros y sueltos, tales como las virutas de sosa y las hojuelas de jabón, se deben manejar a una velocidad bastante más lenta para evitar que se vuelen de la banda o que su flujo se retarde debido al viento.

Materiales finos, secos y polvosos, tales como el carbón pulverizado se deben llevar a una velocidad bastante más lenta para evitar condiciones polvosas.

Materiales frágiles se deben conducir a velocidades bastante lentas, para evitar su degradación en los puntos de carga y descarga, especialmente cuando esto es peligroso para la utilidad o comerciabilidad del producto.

Materiales de flujo difícil, húmedos, tales como el carbón fino húmedo o la arena mojada, que pueden tener una tendencia a pegarse a la banda, se deben manejar a velocidades que ayuden a descargarse bien a la banda.

Materiales duros, pesados, agudos y mellados, tales como los pedruscos de mineral o de piedra, deben viajar a una velocidad

que prevenga perjuicios indebidos a la banda o a los ductos de carga.

Materiales abrasivos con pedruzcos de tamaño relativamente pequeño, limitan la velocidad de la banda por su grado de abrasividad.

Materiales granulares, de superficie uniforme, tales como los granos enteros y los frijoles, o materiales similares a las virutas de madera o la semilla de algodón, generalmente se llevan a velocidades mayores que la mayor parte de los demás materiales.

Ancho de la banda. También influencia la velocidad de la banda en cuanto a que las velocidades mayores ordinariamente se recomiendan para las bandas mas anchas.

Tensión de la banda. Algunas veces determina la velocidad de la banda dentro del rango limitado por otros factores. Una velocidad alta con un porcentaje de carga reducido puede permitir una banda mas económica.

El tipo de ductos, carros distribuidores y artefactos de carga y descarga también pueden influenciar la velocidad de la banda.

La trayectoria de descarga, que puede lanzar el material mas alla del ducto de descarga, o que lo puede dejar caer antes de dicho ducto.

Clase de rodillos de carga. Pueden afectar la velocidad de la banda si no emplean rodamientos de bolas o de rodillos, o si el tipo de rodamiento o el diametro de los rodillos difieren de lo estándar. La velocidad de las bandas que no corren sobre rodillos sino por arrastre, debe considerar la clase de material que se transporta, el tipo de banda y el material sobre el cual se deslizará la banda.

La siguiente tabla muestra las velocidades que la práctica y la experiencia indican como más efectivas y económicas. Estas indicaciones se deben usar sólo como una guía general para hacer una consideración junto con los demás factores, para obtener el diseño mejor equilibrado.

ANCHO DE LA BANDA. El ancho mínimo necesario para manejar el volumen requerido de material depende de la velocidad a la cual va a moverse la banda y del porcentaje de carga de la misma.

El volumen de material a manejar se expresa usualmente en términos de toneladas por hora, decímetros cúbicos por hora, o metros cúbicos por hora. Para que el transportador nunca sufra sobrecargas, es muy importante que la capacidad de diseño o selección sea la máxima a la cual se va a manejar el material en cualquier momento y no alguna capacidad promedio.

Para asegurarse de que el volumen alimentado nunca será mayor del planeado, se recomienda el uso de tolvas compensadoras y alimentadores, a menos que el flujo de material a la banda se regule en alguna otra forma.

La tabla de capacidades unitarias, mostrada en las siguientes paginas, registra la capacidad unitaria permisible para varios tipos de rodillos y para los varios tipos de carga en términos de dm³/hr de material cuando la velocidad de la banda es de 1 m/min, y el material es alimentado a la banda en una forma continua y uniforme. Estos valores también corresponden a 60 veces el volumen de material en un metro lineal de la banda.

Puesto que la velocidad permisible de la banda varía con diferentes condiciones y diferentes anchos de banda, puede requerirse mas de un cálculo para obtener la combinación adecuada de ancho y velocidad.

| MATERIAL | | VELOC. DE BANDA MAX. RECOMENDABLE m/min • | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------------------|--|---------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | | ANCHO DE BANDA (cm) | | | | | | | | | | | | |
| CARACTERISTICAS | | EJEMPLOS | 31 | 41 | 46 | 51 | 61 | 76 | 92 | 107 | 122 | 137 | 152 | 183 |
| Pedruzcos tamaño máximo, clasificados o sin clasificar | Regularmente abrasivo | Carbón, tierra | 92 | 92 | 122 | 122 | 137 | 153 | 168 | 183 | 183 | 199 | 199 | 199 |
| | Muy abrasivo, no agudo | Grava de banco | 92 | 92 | 122 | 122 | 137 | 153 | 168 | 168 | 183 | 183 | 183 | 183 |
| | Muy abrasivo, agudo y mellado | Piedra, mineral | 76 | 76 | 92 | 107 | 122 | 137 | 153 | 153 | 168 | 168 | 168 | 168 |
| Pedruzcos tamaño medio, clasificados o no clasificados | Regularmente abrasivo | Carbón, tierra | 92 | 92 | 122 | 122 | 153 | 183 | 199 | 214 | 214 | 214 | 214 | 214 |
| | Muy abrasivo | Escoria, coque, mineral, piedra, pedacaria de vidrio | 92 | 92 | 122 | 122 | 153 | 183 | 199 | 199 | 199 | 199 | 199 | 199 |
| Hojas | | Viruta maderera, coque, arena, pulpa | 122 | 137 | 137 | 153 | 183 | 214 | 244 | 244 | 244 | 244 | 244 | 244 |
| Granular, partículas de 0.32cm a 1.27cm | | Grano, carbón, semilla algodón, arena | 122 | 137 | 137 | 153 | 183 | 214 | 244 | 244 | 244 | 244 | 244 | 244 |
| Finos | Ligeros, sueltos secos, polvosos | cenizas sosa, carbón pulverizado | 67 a 76 m/min | | | | | | | | | | | |
| | Pesados | Cemento, polvo de chinena | 76 a 92 m/min | | | | | | | | | | | |
| Frágiles, degradación peligrosa | | Coke, carbón | 61 a 76 m/min | | | | | | | | | | | |
| | | Escamas jabón | 46 a 61 m/min | | | | | | | | | | | |

• Esta velocidad máxima se aplica a bandas que corren horizontalmente sobre rodillos con rodamientos de bolas o de rodillos. Para bandas de picado, la velocidad generalmente va de 15 a 30 m/min. Las bandas con arados de descarga no deben correr a más de 61 m/min. Cuando se maneja materiales que tienden a pegarse a la banda, se debe mantener una velocidad mínima de 92 m/min, para ayudar a lograr una buena descarga.

La velocidad de la banda se calculará mediante la fórmula:

$$V = \frac{C_r}{C_u}$$

donde C_r = Capacidad requerida, en dm^3/hr ; y C_u = Capacidad unitaria

| BANDA | | BANDA PLANA SOBRE ROD. | | RODILLOS A 20° | | | RODILLOS A 45° CON RODILLOS IGUALES | | | RODILLOS A 45°, RODILLOS DESIGUALES | | |
|-------|-------|------------------------|--------|----------------|--------|--------|-------------------------------------|--------|--------|-------------------------------------|--------|--------|
| Dg | cm | B | C | A | B | C | A | B | C | A | B | C |
| 14 | 35.6 | -- | -- | 311 | 602 | 602 | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| 16 | 40.6 | 343 | 538 | 468 | 781 | 855 | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| 18 | 45.7 | 491 | 788 | 641 | 1,000 | 1,170 | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| 20 | 50.8 | 676 | 1,080 | 822 | 1,250 | 1,470 | 1,290 | 1,730 | 1,970 | -- | -- | -- |
| 24 | 61.0 | 1,104 | 1,760 | 1,250 | 1,860 | 2,230 | 1,840 | 2,450 | 2,820 | -- | -- | -- |
| 30 | 76.2 | 1,670 | 2,660 | 2,100 | 3,000 | 3,620 | 2,970 | 3,960 | 4,650 | 3,350 | 4,460 | 5,040 |
| 36 | 91.4 | 2,520 | 4,000 | 3,110 | 4,370 | 5,490 | 3,860 | 5,130 | 6,500 | 4,920 | 6,580 | 7,440 |
| 42 | 106.7 | 3,540 | 5,630 | 4,420 | 6,040 | 7,520 | 5,340 | 7,140 | 8,920 | 6,920 | 9,250 | 10,800 |
| 48 | 121.9 | 4,480 | 7,100 | 5,850 | 8,180 | 10,200 | 7,250 | 9,650 | 11,770 | 9,670 | 13,000 | 13,850 |
| 54 | 137.2 | 5,490 | 8,800 | 7,440 | 10,600 | 13,300 | 9,290 | 12,400 | 14,600 | 12,550 | 16,730 | 17,930 |
| 60 | 152.4 | 6,910 | 11,700 | 9,100 | 13,400 | 16,730 | 11,150 | 14,960 | 18,600 | 16,100 | 21,500 | 22,600 |
| 72 | 182.9 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | 24,300 | 32,400 | 33,000 |

ria de la banda, obtenida de la tabla. Si con el ancho determinado por el tamaño de rodillos, la fuerza anterior indicara una velocidad mayor que la permisible en la tabla de velocidades, se seleccionará el ancho que corresponda a una capacidad unitaria suficiente para que la velocidad quede dentro de los límites recomendables.

CALIDAD REQUERIDA EN LA CONSTRUCCION DEL TRANSPORTADOR.

La especificación en cuanto a peso y calidad de construcción deberá resultar en la mayor economía total, recomienda el manual de Ingeniería de la Stephens Adamson (8). El peso ligero y bajo precio de las partes del transportador resultará en un bajo primer costo, pero estos ahorros pueden ser anulados por altos costos de operación o mantenimiento. El juicio en cuanto a si se debe aplicar un alto primer costo para obtener una construcción mas pesada y valiosa sólo se justificará de acuerdo con la severidad del trabajo y el tiempo de servicio.

El servicio es mas severo conforme el material es mas pesado y abrasivo, conforme los pedruzcos se hacen mayores, conforme las condiciones de carga implican mas impactos, y conforme la operación ocupa mas horas por día, con menos oportunidad para mantenimiento.

El tiempo en servicio puede ser de unos pocos meses en un trabajo en construcción a una permanencia tal como en las plantas de fuerza. Aunque cualquier parte del transportador se puede especificar mas pesada o mas ligera, nada se gana aumentando un peso que no se refleje en una mejor operación o menor costo de mantenimiento.

Por ejemplo, las riostras deben ser adecuadas para soportar el transportador y la carga al menos durante un día de operación; pero si son mejores de lo necesario, esto no repondrá el costo extra en muchos años de operación.

Las partes que son mayormente beneficiadas por una mejor calidad de construcción son: la banda, los rodillos de carga y de retorno, las poleas y las chumbreras de los cilindros de las

poleas.

Es necesario decidir el peso general y la calidad de la construcción en esta parte del diseño, para poder suponer el peso de las partes móviles y las condiciones de operación que nos permitan calcular la potencia.

CALCULO DE LA POTENCIA. Habiendo decidido el peso y la calidad general de los elementos móviles del transportador, se puede calcular la potencia mediante las siguientes formulas y tablas expuestas en el manual de Ingeniería de las Goodrich Euzkadi.

La tensión máxima se desarrolla cuando la banda trabaja con cargas máximas a la velocidad máxima. Existe una relación directa entre esta tensión y la potencia requerida para el funcionamiento de la banda, en tales condiciones. La potencia requerida resulta de los siguientes factores principales:

1. Potencia requerida para mover la banda vacía. Este factor, representado por "X", se calcula por la siguiente formula.

$$X = \frac{G F_s S L_c}{4,560}$$

2. La potencia necesaria para mover la carga en sentido horizontal se representa por "Y", y se calcula con la siguiente ecuación:

$$Y = \frac{L_c F_y C}{274}$$

3. La potencia requerida para levantar la carga se representará por "Z". Este valor será positivo o negativo según la inclinación, hacia arriba o hacia abajo que tenga la banda, y vale 0 cuando esta es horizontal. Se calcula

con la siguiente ecuación:

$$Z = \frac{H C}{274}$$

La potencia total requerida por la banda en la polea motriz es la suma de estos componentes: $PR = X + Y + Z$.

Significado de las literales:

G = Es un valor aproximado supuesto del peso de la banda, rodillos, poleas tensoras y poleas terminales movidas por la banda. Cuando no es posible calcular este valor a partir de datos reales, se puede emplear los valores de la siguiente tabla. Aunque, para instalaciones grandes se recomienda obtener los datos y efectuar el cálculo.

| Ancho de la banda | | Servicio liviano rodillos de 10cm \varnothing | Servicio regular rodillos de 12.7cm \varnothing | Servicio reg. Rod. de 15cm \varnothing bandas hasta 6 capas | Servicio pesado. Bandas de 7 a 10 capas. Rod. de 15.2cm a 17.8cm \varnothing |
|-------------------|----|---|---|---|--|
| cm | PG | | | | |
| 35.6 | 14 | 18 | 21 | -- | -- |
| 40.6 | 16 | 21 | 22 | 30 | -- |
| 45.7 | 18 | 22 | 25 | 33 | -- |
| 50.8 | 20 | 24 | 27 | 37 | -- |
| 61.0 | 24 | 28 | 36 | 45 | 48 |
| 76.2 | 30 | 37 | 46 | 57 | 67 |
| 91.4 | 36 | 43 | 55 | 70 | 86 |
| 106.7 | 42 | 51 | 64 | 82 | 106 |
| 121.9 | 48 | -- | 71 | 95 | 125 |
| 137.0 | 54 | -- | -- | 107 | 145 |
| 152.8 | 60 | -- | -- | 120 | 164 |
| 167.6 | 66 | -- | -- | 145 | 200 |

El valor de "G" se puede calcular sumando la longitud total de la banda, el peso de todas las poleas y rodillos tanto de

carga como de retorno, y dividiendo esta suma entre la distancia entre centros del transportador, lo cual nos dará un valor en kg/m.

F = Coeficiente de fricción de las piezas rodantes.

F_x = Es el valor de F considerando la potencia necesaria para mover la banda vacía. Este es un valor que depende de las características constructivas impartidas por cada fabricante. pero, en general, suele ser 0.03 para equipo nuevo y 0.035 cuando el equipo se encuentra ya en mal estado o viejo.

F_y = Es el valor de F cuando se calcula la potencia necesaria para mover la carga en sentido horizontal. Este valor toma en cuenta no sólo la fricción en los elementos móviles, sino la fricción interna del material y la del mismo material contra la banda. Comúnmente se le valúa en 0.04 para equipo nuevo y 0.045 para equipo viejo o en mal estado.

L = Longitud del transportador en metros, medida a lo largo de la banda, entre las poleas terminales.

L_0 = Longitud entre centros corregida. Esta es una forma de tomar en cuenta ciertos requerimientos de potencia constantes que se han determinado experimentalmente, y que se puede calcular mediante la siguiente ecuación:

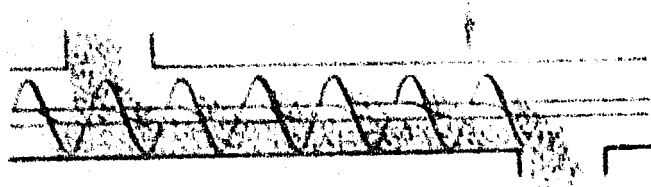
$$L_0 = 0.55L + 35.06$$

H = Distancia vertical en metros, entre los puntos de carga y descarga.

S = Velocidad de la banda en m/min.

C = Capacidad en ton/hr.

TRANSPORTADOR DE GUSANO



DESCRIPCION

Este transportador se considera como uno de los tipos mas simples y versátiles entre los equipos empleados para manejo de sólidos. Consiste de una helicoidal formada generalmente de placa de acero y montada en una flecha (usualmente de tubo standard), que gira dentro de un canalón en forma de "U". Conforme gira este elemento, el material alimentado se mueve hacia adelante, empujado por la parte inferior de la helicoidal, hasta descargar a través de aberturas practicadas en el fondo o en el extremo del canalón.

FUNCION

Adecuadamente diseñados, los transportadores de gusano pueden ofrecer las siguientes características:

1. Pueden transportar horizontalmente, verticalmente, en pesos inclinados, o en una combinación de pasos horizontal o inclinado.
2. Admiten aberturas de carga y descarga múltiples, pudiendo ajustarse ambas con válvulas de control. Esto significa que pueden funcionar como distribuidores de material.

3. Pueden hacerse herméticos con relativa facilidad.
4. Pueden funcionar como alimentadores o como una unidad independiente o como parte de un transportador, esto es, pueden ser autoalimentantes.
5. Pueden transportar en ambas direcciones en una misma undad, por medio de una combinación de gusanos derechos e izquierdos.
6. Se pueden adaptar a una amplia variedad de operaciones de procesado.

CAPACIDAD

A causa de la forma en que se mueve el material en un transportador de gusano, la velocidad y la carga permisibles son controladas por las características del material. De esta manera, materiales que son ligeros, que fluyen bien y que no son abrasivos, pueden llenar el canalón a bastante profundidad, permitiendo a la vez una velocidad de giro mayor que con materiales pesados y abrasivos. En general, dependiendo de las características del material, la capacidad de un transportador de gusano está limitada a alrededor de 1,400 m³/hr.

En el caso de transportadores inclinados, la capacidad disminuye rápidamente en función de la inclinación. Un gusano de paso standard, inclinado a 15° con la horizontal, tiene un 70% de su capacidad trabajando horizontalmente; si se inclina 25° la capacidad se reduce al 40%; y si se inclina 45°, el material aun se moverá a lo largo del piso del canalón, pero a una velocidad grandemente reducida. Para trayectorias inclinadas conviene que la helicoides tenga un paso corto y que el canalón

sea del tipo tubular. En estas condiciones, con una buena alimentación, un transportador inclinado a 45° puede exhibir un 50% de su capacidad horizontal.

LONGITUD

La longitud que puede transportarse un material en un transportador de gusano es función de la resistencia a la torsión de los elementos que transmiten esta fuerza, o sea las flechas, los tubos de la helicoides y los tornillos de acoplamiento. En general, se puede considerar recomendable este tipo de unidades para distancias desde unos pocos metros hasta varios cientos de metros. Teóricamente, dependiendo de las condiciones específicas, se podría llegar hasta cerca de los mil metros mediante diseños especiales, pero sólo el desarrollo completo de la ingeniería, decidirá en cada caso la longitud recomendable.

APLICACIONES Y

LIMITACIONES

La versatilidad de este tipo de transportadores ha inclinado a los ingenieros a emplearlo en ocasiones para manejar materiales difíciles, pero esto requiere de diseños y materiales de construcción especiales que afectan profundamente el aspecto económico de la selección. En general, las unidades estándar se recomiendan para materiales no abrasivos, que fluyen bien y que presentan partículas relativamente pequeñas.

Cuando se manejan cenizas húmedas o secas, las cenizas pueden resultar tan húmedas que se empiecen a pegar sobre la helicoides; mientras que las cenizas secas pueden resultar extrema-

damento abrasivas, desbastando la helicoides hasta tornarla inservible.

Algunos materiales fibrosos, tales como la viruta de aluminio, la viruta de madera o el bagazo de caña, son problemáticos porque tienden a enredarse en la helicoides.

No son del todo recomendables cuando se trata de manejar productos alimenticios o materiales susceptibles de contaminación, aun cuando en estos casos se puede proveer fondos falsos que faciliten la limpieza.

Empleando helicoides especiales con ranuras, con ranuras y dobleces o sustituida por una serie de paletas, se puede alcanzar casi cualquier grado deseado de mezcla. El empleo de helicoides de listón (ribbon) permite el manejo de materiales pegajosos, tales como las melazas, la brea caliente o el asfalto. Este tipo de construcción evita las acumulaciones a lo largo de la línea entre la helicoides y la flecha, donde ocasionaría una disminución en la capacidad de manejo.

Si el transportador va a manejar polvo facial, corcho húmedo u otros productos que pueden ser perjudicados por el contacto con la placa de acero, puede fabricarse las partes móviles de acero inoxidable, bronce, aluminio, etc.

Para cenizas, escorias, o algunos otros materiales abrasivos, la helicoides se puede confeccionar de secciones fundidas en fierro y atornilladas a la flecha, y el canalón puede ser hecho también de fierro fundido o de concreto endurecido superficialmente. La resistencia a la abrasión también se puede aumentar revistiendo los bordes de la helicoides de aleaciones especiales o sujetando los componentes a tratamientos endurecidos.

res en frío o en caliente. En ocasiones también se ha empleado el hule para aumentar la resistencia tanto contra el desgaste como contra algunos agentes químicos.

El empleo de gusanos huecos y tubos para circular fluidos calientes o fríos posibilita el uso de estas unidades para operaciones de calentamiento, enfriamiento, secado y fusión.

Los transportadores de gusano pueden ser sellados completamente, para operar en su propia atmósfera a presión positiva o negativa; y puede aislarse la caja para mantener temperaturas internas en áreas de temperatura ambiente alta o baja.

CALCULO SELECCION Y DISEÑO

En los Estados Unidos de Norteamérica, la C.E.M.A. (Asociación de fabricantes de equipo transportador, ha estandarizado con éxito el diseño de transportadores de gusano. En la presentación de este tópico, se emplea la información de algunas compañías pertenecientes a dicha asociación.

INFORMACION REQUERIDA. La información fundamental que se necesita para calcular, seleccionar o diseñar un transportador de gusano es la siguiente:

1. Características del material a manejar.
2. Capacidad de manejo en kgs ó tons/hr.
3. Distancia a que se requiere transportar el material.

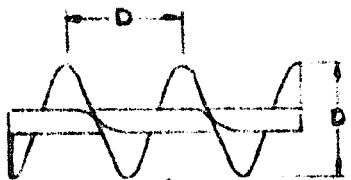
PROCEDIMIENTO. Se sugiere los siguientes pasos:

1. Selección del tipo de helicóide, basados en las características del material.
2. Determinación de la velocidad del transportador en función de la capacidad requerida, el porcentaje de carga

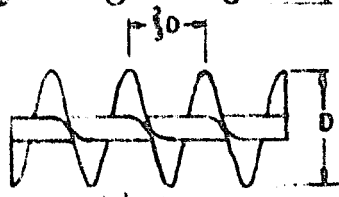
recomendado y el tamaño del material. Este paso implica la determinación del tamaño del transportador.

3. Selección del material y selección o diseño de las características generales de los componentes.
4. Cálculo de la potencia requerida.
5. Verificación de la capacidad de los elementos que tienen que resistir la torsión.

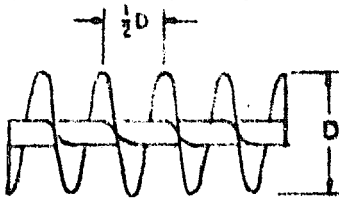
SELECCION DEL TIPO DE HELICOIDE. Guiados por las sugerencias ofrecidas en el parrafo de aplicaciones y limitaciones o de acuerdo con un estudio específico del problema se selecciona el tipo el tipo más adecuado al caso. Se presenta a continuación los tipos mas comunes y su aplicación usual:



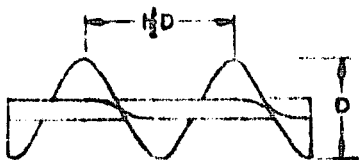
Paso standard. Son adecuados para muchos materiales, en aplicaciones convencionales.



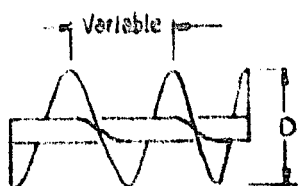
Paso corto. Recomendado para pasos inclinados o verticales. Usado en alimentadores. Retarda la fluidización.



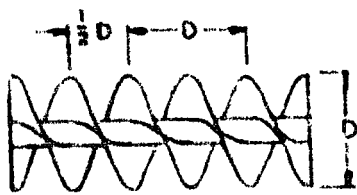
Paso medio. Similar en aplicación al de paso corto. Util para manejar materiales extremadamente fluidizables.



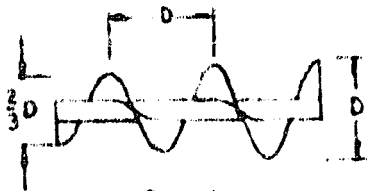
Paso largo. Util para agitar materiales fluidos o para mover rapido materiales demasiado fluidos.



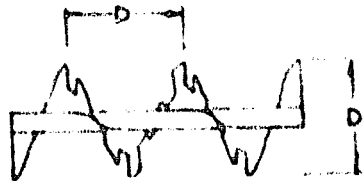
Paso variable. Usados en alimentadores para facilitar la extracción uniforme de finos muy fluidos en toda la entrada.



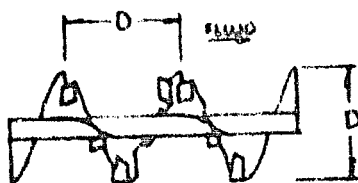
Doble helicoides, paso standard. Produce un flujo uniforme de material y movimiento uniforme de algunos.



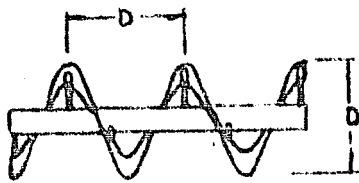
Helicoides conica, paso standard. Usada en alimentadores, extracción uniforme de materiales terronosos.



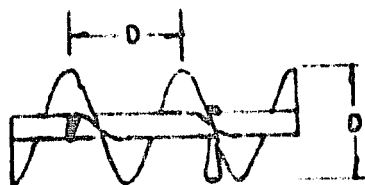
Ranura simple, paso standard. Para mezclar y agitar material en tránsito. Util con materiales empacables.



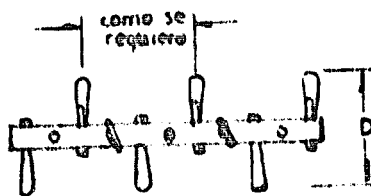
Ranura y doblez, paso standard. Los dobleces elevan y derraman el material. Excelente para calentar, enfriar o aerear sustancias ligeras.



Helicoides de listón. Excelente para manejar materiales pegajosos o viscosos. Acumulación de material eliminada.



Paso standard con paletas. Las paletas montadas en oposición al flujo producen mezcla completa.



Paletas. Las paletas ajustables producen una acción de mezclado óptima y un flujo de material controlado.

DETERMINACION DEL TAMAÑO Y VELOCIDAD DEL TRANSPORTADOR. Se requiere la siguiente información:

1. Capacidad requerida en dm^3/hr .
2. Porcentaje de carga recomendado.
3. Tamaño de partícula máximo.

Si se cuenta con datos de capacidad en peso, la capacidad

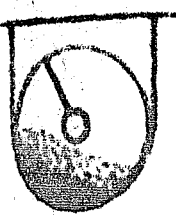
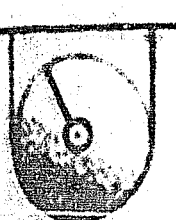
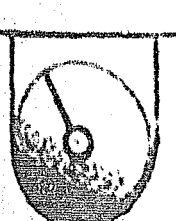
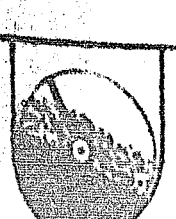
en dm^3 se puede determinar facilmente, dividiendo por la densidad a granel:

$$CV = \frac{\text{capacidad (en kg/hr)}}{\text{densidad a granel (en kg/dm}^3\text{)}}$$

Porcentaje de carga recomendado. Esto se refiere a la profundidad máxima en el canalón a la cual fluirá el material sin causar desgastes indebidos. Por esta causa, materiales muy abrasivos se deben transportar a una baja profundidad a fin de reducir el area de contacto del material con los componentes. Obviamente son las características del material las que deciden en que magnitud se debe cargar el transportador, y en el capítulo de propiedades de materiales se encontrará también los porcentajes de carga recomendados por los fabricantes.

Si se cuenta con el dato de tamaño de partícula máximo, se habrá reunido los tres factores indispensables para la selección del diametro de gusano. Procedase como se sugiere a continuación: Haciendo referencia a la tabla de capacidades, bajo la columna de capacidad correspondiente al porcentaje de carga recomendado, encuentre la capacidad a velocidad máxima (rpm) que iguale, o justamente exceda, la capacidad requerida. El diametro del transportador se encontrará en la columna correspondiente sobre el mismo renglón, así como el tamaño de partícula máximo que puede ser transportado con ese diametro de gusano. Si el tamaño de partícula máximo alistado para ese diametro es igual a o mayor que el tamaño máximo real del material a transportar, el diametro de gusano hallado será el adecuado. Si el tamaño de partícula real excede al alistado, coloque un transportador mayor cuyo tamaño de partícula máximo sea igual a o mayor que el del material en cuestión.

TABLA DE CAPACIDAD

| PORCENTAJE DE CARGA | diametro fusano | | tamaño max cm | rpm max | Capacidad en dm ³ /hr | |
|--|-----------------|------|---------------|---------|----------------------------------|---------|
| | PS | CM | | | a rpm max. | a 1rpm |
|  | 4 | 10.2 | 1.3 | 69 | 410 | 5.94 |
| | 6 | 15.2 | 1.9 | 66 | 1,402 | 21.24 |
| | 9 | 20.3 | 3.8 | 62 | 4,899 | 79.28 |
| | 10 | 25.4 | 4.4 | 60 | 6,286 | 104.7 |
| | 12 | 30.5 | 5.1 | 58 | 11,015 | 189.7 |
| | 14 | 35.6 | 6.4 | 56 | 16,650 | 297.3 |
| | 16 | 40.6 | 7.6 | 53 | 23,559 | 444.5 |
| | 18 | 45.7 | 8.3 | 50 | 32,139 | 642.7 |
| | 20 | 50.8 | 8.9 | 47 | 41,398 | 880.6 |
| 24 | 61.0 | 10.2 | 42 | 64,930 | 1,546.0 | |
|  | 4 | 10.2 | 1.3 | 139 | 1,614 | 11.61 |
| | 6 | 15.2 | 1.9 | 132 | 5,606 | 42.47 |
| | 9 | 20.3 | 3.8 | 122 | 19,340 | 158.5 |
| | 10 | 25.4 | 4.4 | 118 | 24,040 | 203.8 |
| | 12 | 30.5 | 5.1 | 111 | 41,800 | 376.6 |
| | 14 | 35.6 | 6.4 | 104 | 62,200 | 597.5 |
| | 16 | 40.6 | 7.6 | 97 | 86,250 | 889.1 |
| | 18 | 45.7 | 8.3 | 90 | 115,700 | 1,285.5 |
| | 20 | 50.8 | 8.9 | 82 | 144,190 | 1,758.4 |
| 24 | 61.0 | 10.2 | 68 | 210,270 | 3,092.0 | |
|  | 4 | 10.2 | 1.3 | 69 | 793 | 11.61 |
| | 6 | 15.2 | 1.9 | 66 | 2,803 | 42.47 |
| | 9 | 20.3 | 3.8 | 62 | 9,830 | 158.5 |
| | 10 | 25.4 | 4.4 | 60 | 12,230 | 203.9 |
| | 12 | 30.5 | 5.1 | 58 | 21,830 | 376.6 |
| | 14 | 35.6 | 6.4 | 56 | 33,470 | 597.5 |
| | 16 | 40.6 | 7.6 | 53 | 47,120 | 889.1 |
| | 18 | 45.7 | 8.3 | 50 | 64,280 | 1,285.5 |
| | 20 | 50.8 | 8.9 | 47 | 82,650 | 1,758.4 |
| 24 | 61.0 | 10.2 | 42 | 129,857 | 3,092.0 | |
|  | 4 | 10.2 | 1.3 | 190 | 3,285 | 17.27 |
| | 6 | 15.2 | 1.9 | 182 | 11,700 | 64.28 |
| | 9 | 20.3 | 3.8 | 170 | 38,510 | 226.5 |
| | 10 | 25.4 | 4.4 | 165 | 50,460 | 305.8 |
| | 12 | 30.5 | 5.1 | 157 | 85,800 | 546.5 |
| | 14 | 35.6 | 6.4 | 148 | 129,060 | 872.1 |
| | 16 | 40.6 | 7.6 | 140 | 184,730 | 1,319.5 |
| | 18 | 45.7 | 8.3 | 131 | 245,200 | 1,871.7 |
| | 20 | 50.8 | 8.9 | 122 | 328,200 | 2,690.0 |
| 24 | 61.0 | 10.2 | 105 | 496,500 | 4,729.0 | |

Determinación de la velocidad del transportador. Habiendo determinado el tipo y tamaño de gusano, podemos determinar la velocidad de trabajo del mismo por medio de la siguiente fórmula:

$$VR = \frac{CV}{CV_a \text{ 1rpm}}$$

donde CV es la capacidad volumetrica en dm³/hr.

Recomendación: Si el transportador de gusano a emplear con siste de helicoides múltiples igualmente espaciadas, se debe- ra emplear una helicoide individual para determinar la velo- cidad. Por ejemplo, si el transportador es de doble helicoi- de, paso standard, la velocidad se calculará como para una unidad standard de paso sencillo.

Cálculo de tamaño y velocidad para transportadores de paso especial o helicoide modificada. Los datos anteriores, estan basados en transportadores de helicoide standard, con paso standard. Los transportadores de tipo especial se seleccio- nan en la misma forma, pero empleando una capacidad "de dise- ño" modificada a traves de la multiplicación por uno o mas de los siguientes factores aplicables.

$$CD = CV \times FC$$

| Factores de capacidad para gusanos de paso especial | | |
|---|------------------|------|
| paso | descripción | FC |
| std. | paso = diam. | 1.00 |
| corto | paso = 2/3diam. | 1.50 |
| medio | paso = 1/2diam. | 2.00 |
| largo | paso = 1-1/2diam | 0.67 |

| Factores de capacidad para gusanos de helicoide especial | | | | |
|--|------------|------|------|------|
| tipo | % de carga | | | |
| | 15 | 30 | 45 | 95 |
| ranurada | 1.62 | 1.52 | 1.40 | 1.40 |
| ran. y doblada | 1.72 | 1.61 | 1.4 | 1.48 |

| FACTORES DE CAPACIDAD PARA HELICOIDES DE LISTON | | | | | |
|---|------|--------------|-------|------|------|
| DIAM. | | ANCHO LISTON | CARGA | | |
| IN | OD | | 15 | 30 | 45 |
| 6 | 15.2 | 2.54 | 1.32 | 1.52 | 1.79 |
| 9 | 20.3 | 3.81 | 1.34 | 1.54 | 1.81 |
| 10 | 25.4 | 3.81 | 1.45 | 1.67 | 1.96 |
| 12 | 30.5 | 5.08 | 1.32 | 1.52 | 1.79 |
| 14 | 35.6 | 6.35 | 1.11 | 1.27 | 1.50 |
| 16 | 40.6 | 6.35 | 1.27 | 1.45 | 1.71 |
| 18 | 45.7 | 7.62 | 1.55 | 1.69 | 1.90 |
| 20 | 50.8 | 7.62 | 1.33 | 1.53 | 1.80 |
| 24 | 61.0 | 7.62 | 1.60 | 1.75 | 1.96 |
| | | | 2.02 | 2.14 | 2.98 |

| FACTORES PARA TRANSPORTADORES CON PALETAS | | | | |
|---|------------------|------|------|------|
| | PALETAS POR PASO | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 |
| FACTOR | 1.08 | 1.16 | 1.24 | 1.32 |

SELECCION DEL MATERIAL Y SELECCION O DISEÑO DE LAS CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS COMPONENTES. En este respecto se requiere la siguiente información:

1. Serie de componentes recomendable.
2. Diametro del transportador de gusano.
3. Cualquier característica especial o importante que pueda influenciar en cuanto a los materiales de construcción o que requiera un arreglo mecanico especial.

Para conocer mejor este tipo de equipo se presenta a continuación una DESCRIPCION DE LOS COMPONENTES.

A. HELICOIDES. Hay dos tipos fundamentales ateniéndose a su forma de construcción: el tipo denominado simplemente helicoidal, el cual se fabrica rolando en frío una tira continua de placa de acero, para formar una helicoides del diametro, paso y espesor deseados. La helicoides se une al tubo por medio de orejas extremas, soldadas a la parte posterior de la tira y por soldaduras intermedias discontinuas. En este caso la helicoides es cónica en su sección transversal, teniendo en la parte superior aproximadamente la mitad del espesor de la base.

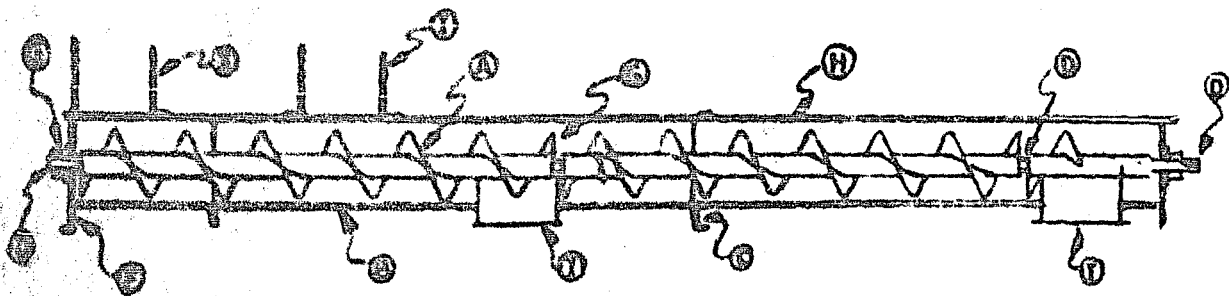


se. El otro tipo, denominado "seccional", se construye de secciones individuales troqueladas, unidas unas a otras por soldado o por traslape y remachado. El transportador helicoidal tiene la ventaja sobre el tipo seccional de que la tira continua agrega resistencia y no presenta grietas o huecos donde el material se pueda alojar. Las ventajas del tipo seccional son aparentes cuando se requieren características especiales tales como el diametro o espesor, helicoides endurecida o fabricada de materiales especiales.



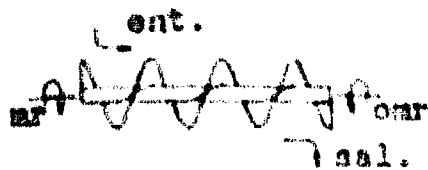
Las helicoides gastadas o inservibles se pueden cambiar mas facilmente en el tipo seccional.

Es recomendable emplear longitudes standard siempre que sea posible. Cuando se necesita una seccion corta especial para

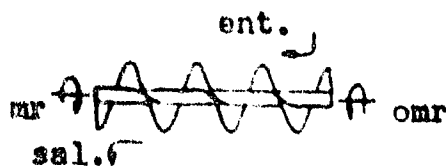


completar la longitud total, esta se coloca de preferencia en el extremo de descarga. Para asegurar un flujo continuo de material, los extremos de las helicoides en los puntos de unión, se deben colocar a 180° uno de otro.

La "mano del transportador", en conjunto con la dirección de rotación del mismo, determina la dirección de flujo del material. El diagrama que se presenta a continuación, ilustra la dirección de flujo para ~~guarncos~~ mano derecha y mano izquierda



mano izquierda



mano derecha

da, cuando giran en la dirección de las manecillas del reloj o en contra. Un gusano mano derecha empuja el material hacia el extremo que está siendo girado con las manecillas del reloj. La dirección de flujo se invierte cuando se invierte también la dirección de rotación. Una unidad mano izquierda empuja el material opuestamente al extremo que está siendo girado con las manecillas del reloj. También en este caso se invierte la dirección de flujo del material cuando se invierte la dirección de rotación.

B. CANALONES. Los canalones generalmente son hechos de placa de acero, laminada en frío para formar una sección transversal en "U", en secciones de 3.05m de longitud. La forma y el tamaño pueden ser variados para aplicaciones especiales.

C. SOPORTES. Los canalones de tipo común y los especiales, como los de tipo tubular, se deben sostener con soportes a la brida o al canalón, a intervalos máximos de 3.05m. Las bridas extremas también deben contar con soportes independientes para poder quitar los cabazales sin perjudicar el alineamiento.

D. FLECHAS. La consideración primaria al determinar el tipo y tamaño de cople y flecha motriz atiende a la capacidad de estos elementos para transmitir la potencia requerida. Normalmente resultan adecuadas las flechas laminadas en frío, pero en ocasiones puede requerirse flechas de alta resistencia. Cuando se va a manejar materiales corrosivos o contaminables

se puede emplear flechas de acero inoxidable. Los transportadores equipados con chumaceras colgantes de fierro no lubricado requieren flechas endurecidas o cementadas.

B. SELLOS DE FLECHAS. Estos se requieren cuando se emplean chumaceras de base en los cabezales, y sirven para evitar la contaminación del material transportado o el escape del mismo material al exterior.

P. CABEZALES. Generalmente son hechos de placa de acero, y forman las terminales del transportador, sirviendo a la vez para soportar las chumaceras extremas. Su diseño depende de la forma de canalón seleccionada principalmente.

G. CHUMACERAS. Estos transportadores emplean dos tipos generales de chumacera: las extremas, usualmente exteriores a la caja de la unidad, y las colgantes que sirven para soportar las diversas secciones de helicoides que forman el transportador. Las chumaceras colgantes están diseñadas en principio para soportar cargas radiales solamente. Por esta causa se debe permitir una tolerancia entre las chumaceras y los tubos de la hélice para evitar perjuicios por cargas axiales. Estas chumaceras también se pueden fabricar con materiales especiales. Las chumaceras extremas se seleccionan en función de las cargas radial y axial que tienen que soportar.

H. TAPAS. Las tapas, lo mismo que los canalones, se pueden diseñar en forma especial, o puede emplearse las formas estándar que generalmente consisten en una tira plana de lámina de acero.

I. BOQUILLAS DE CARGA Y DESCARGA. El diseño de estas partes del transportador depende de las características de la carga y

descarga del transportador, y no se emprende aquí por razones de espacio.

SERIES DE COMPONENTES. La serie de componentes recomendada para el material a transportar se puede encontrar en el capítulo de propiedades de materiales. El código alfabético se relaciona con las series de componentes generales y el código numérico se refiere a flechas de acoplamiento y chumaceras.

| SERIE | FLECHA DE ACOPLAMIENTO | MATERIAL DE CHUMACERA |
|-------|-----------------------------------|--|
| 1 | standard o alta resistencia | Babbit Madera Bronce |
| 2 | standard o alta resistencia | Babbit Madera Bronce De bolas |
| 3 | standard o alta resistencia | Babbit |
| 4 | templada o cementada | Fierro duro Cementada |

OTROS MATERIALES PARA CHUM.

bronce grafitado
plástico grafitado
nylon maquinado
nylon moldeado
bronce poroso
plástico-tela
teflón

CALCULO DE LA POTENCIA. Se requiere la siguiente información:

1. Longitud del transportador.
2. Diametro de la helicoido.
3. Velocidad del transportador en rpm.
4. Factor de potencia del material.
5. Tipo de chumacera colgante.
6. Capacidad del transportador en kgs/hr.

El factor de potencia es la "movilidad" relativa del material, y toma en cuenta los coeficientes de rozamiento internos del material y del mismo material contra los elementos del gusano. Este dato tambien se consigna en las tablas de propiedades de materiales en el capítulo respectivo.

Los requerimientos de potencia se pueden calcular por medio de las siguientes ecuaciones.

1. Potencia para vencer la fricción de los elementos móviles del transportador:
$$PF = \frac{FD \times FCC \times L \times V}{305,000}$$

2. Potencia para vencer la fricción del material:

$$PM = \frac{CD \times FM \times L}{135,075}$$

3. Potencia para elevar la carga cuando trabaja inclinado.

Esta se calculará modificando la capacidad de manejo requerida a una capacidad de diseño de acuerdo con la grafica que se muestra en la siguiente pagina.

La potencia total requerida será la suma de las potencias resultantes de las dos ecuaciones anteriores, habiendo empleado para el cálculo de la segunda no la capacidad requerida sino la capacidad de diseño, de acuerdo con el tercer inciso.

Significado de las literales:

PR potencia requerida

PF potencia por fricción de la unidad vacía.

PM factor de potencia del material.

PH potencia para mover el material

L longitud del transportador, m.

V velocidad del transportador, rpm.

FD factor que toma en cuenta el tamaño del transportador.

FCC factor relativo al tipo de chumacera colgante.

CD capacidad de diseño en kg/hr.

Recomendación: si la potencia debida al material resulta menor de SHF , se debe corregir por sobrecarga potencial. El valor de potencia corregida se puede determinar mediante el siguiente nomograma:

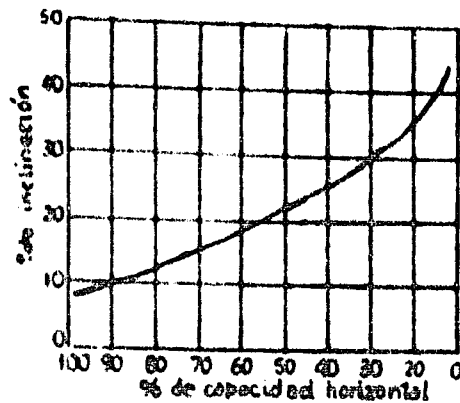
POTENCIA DEBIDA AL MATERIAL CALCULADA.



POTENCIA DEBIDA AL MATERIAL CORREGIDA.

| FACTORES RELATIVOS AL DIAMETRO DEL GUSANO | | |
|---|------|-----|
| DIAMETRO | | FD |
| PI | CM | |
| 4 | 10.2 | 12 |
| 6 | 15.2 | 18 |
| 9 | 20.3 | 31 |
| 10 | 25.4 | 37 |
| 12 | 30.5 | 55 |
| 14 | 35.6 | 78 |
| 16 | 40.6 | 106 |
| 18 | 45.7 | 135 |
| 20 | 50.8 | 165 |
| 24 | 61.0 | 235 |

| FACTORES DE CHUMACERA COLGANTE | | |
|--|--------|-------|
| TIPO | FACTOR | CLASE |
| Bolas Babbit Bronce | 1.0 | I |
| Bronce graf. Plastico laminado base tela Naylon Bronce poroso Madera | 1.7 | II |
| Plastico grafitado Naylon Teflon | 2.0 | III |
| Fierro duro Cementado | 4.4 | IV |



transportadores con helicoides modificadas. El procedimiento empleado para calcular la potencia con helicoides especiales o modificadas es igual al usado para transportadores standard, excepto en que la potencia debida al material se debe multiplicar por uno o varios de los siguientes factores aplicables.

| TIPO DE HELICOIDE | % CARGA | | | |
|-------------------|---------|------|------|-----|
| | 15 | 30 | 45 | 95 |
| con ranuras | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 |
| ranuras y dobles | 1.3 | 1.5 | 1.7 | 2.2 |
| listón | 1.05 | 1.14 | 1.20 | |

| TRANSPORTADORES CON PALETAS | | | | |
|-----------------------------|------------------|------|------|------|
| | PALETAS POR PASO | | | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 |
| FACTOR | 1.29 | 1.58 | 1.87 | 2.16 |

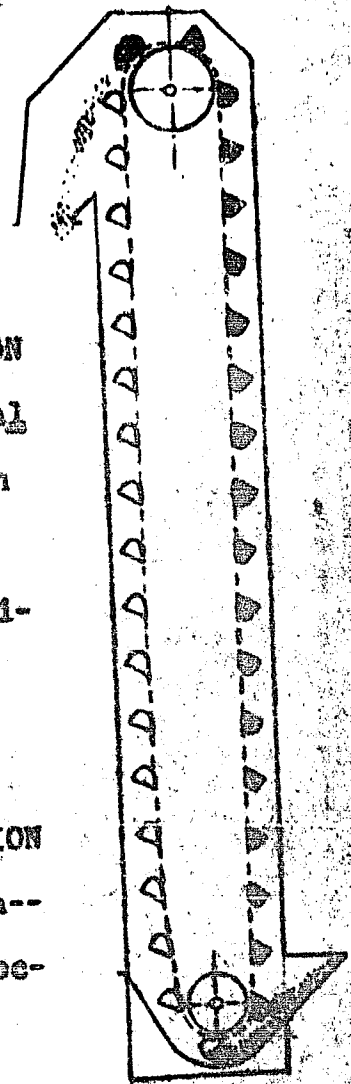
La potencia total se calcula agregando la potencia debida al material, multiplicada por los factores respectivos, a la potencia debida a la fricción del equipo.

Recomendación: Los transportadores cuya modificación consiste solamente en el paso no requieren consideración especial y su potencia se debe calcular como para unidades standard.

ELEVADORES DE CANGILONES

DESCRIPCION

Este tipo de transportador consiste fundamentalmente de una serie de recipientes que unidos a un elemento móvil, tal como una banda o una cadena, colocada en posición vertical o ligeramente inclinada de la vertical, son capaces de elevar una gran variedad de materiales a granel.



FUNCION

1. La función elemental de este tipo de unidades es la de elevar materiales en una dirección vertical o aproximadamente vertical.
2. Se pueden hacer relativamente herméticos.
3. Se prestan para auxiliar algunas operaciones de procesamiento.

CAPACIDAD

Dependiendo de las características del material manejado y del tipo de elevador seleccionado, la capacidad puede ir desde tan poco como 4 ton/hr, hasta aproximadamente 750 ton/hr.

ALTURA

Las unidades standard pueden elevar material hasta una altura aproximada de 35m, dependiendo del tipo seleccionado. Mediante

diseños especiales se pueden alcanzar alturas un poco mayores.

APLICACIONES Y LIMITACIONES

Los elevadores de cangilones pueden manejar casi cualquier material que fluya bien, siempre y cuando no presente pedruzcos demasiado grandes para los cangilones. Estas unidades no son adecuadas para manejar materiales pegajosos o que no fluyan bien, o que sean tan ligeros y sueltos, que pueda ocasionarse perjuicios por la acción de tiro en la caja del elevador.

Pueden manejar materiales relativamente calientes o corrosivos, pudiendo construirse en este último caso de acero inoxidable o algún otro material especial. En la actualidad se cuenta con cangilones fabricados de resinas fenólicas que resisten exitosamente los ambientes corrosivos y tienen la ventaja adicional de su ligereza.

El manejo de materiales abrasivos requiere materiales de construcción de mayor resistencia o mas pesados.

CALCULO SELECCION Y DISEÑO

INFORMACION REQUERIDA. Fundamentalmente se requiere:



QUIMICA

1. Características del material a manejar.
2. Capacidad de manejo en kg/hr o ton/hr.
3. Altura entre los puntos de carga y descarga del material.

PROCEDIMIENTO. Existen diversos tipos tandard de elevadores de cangilones, diseñados para manejar materiales de diversas características. Por esta razón, la selección o diseño de una unidad de este tipo se efectúa según la secuencia siguiente:

1. Selección del tipo de elevador mas adecuado para manejar

el material de que se trata, de acuerdo con las recomendaciones de los fabricantes; y capaz de manejar la capacidad requerida. En el capítulo general de propiedades de transporte de los materiales se encontrará la recomendación de los fabricantes en cuanto al tipo de elevador recomendable para un material dado, y en la tabla de preselección que se presenta mas adelante, se podrá verificar si el tipo seleccionado es capaz de manejar la potencia requerida o si habrá necesidad de hacer un diseño especial.

2. Selección o diseño de las características generales de los componentes.
3. Cálculo de la potencia requerida.
4. Verificación de la capacidad de elementos standard o diseño de elementos no standard, de caracter móvil.
5. Selección o diseño de accesorios.

SELECCION DEL TIPO DE ELEVADOR. En los siguientes parrafos se describen brevemente los diferentes tipos de elevadores standard y sus aplicaciones generales:

ELEVADORES DE CANGILONES DE DESCARGA CENTRIFUGA. Este tipo es adecuado para manejar materiales que fluyen bien, que son finos o contienen pequeños pedruzcos, tales como carbón, arena, arcilla, polvos y compuestos químicos aperdigonados o secados. Los cangilones montados a intervalos ora sobre una cadena o sobre una banda, pueden ser cargados ya sea directamente, o excavando en la bota del elevador. Las velocidades de operación recomendadas son bastante altas, para lograr la descarga del material mediante la fuerza centrífuga desarrollada al pasar los cangilones por la catarina o polea de cabeza. Velocidades mayores

aumentarán la fuerza centrífuga, ocasionando que el material salga de los cangilones demasiado rápido, pudiendo suceder que parte del material regrese a la caja del elevador. Por el contrario, si las velocidades son demasiado bajas, la fuerza de la gravedad tiende a hacer que el material se derrame en la parte superior de la polea o catarina de cabeza, haciendo que el material regrese a la caja del elevador.

Este tipo de elevador puede emplear una cadena o una banda como elemento transmisor del movimiento. La cadena se prefiere cuando las temperaturas de trabajo son relativamente altas (arriba de 94°C)

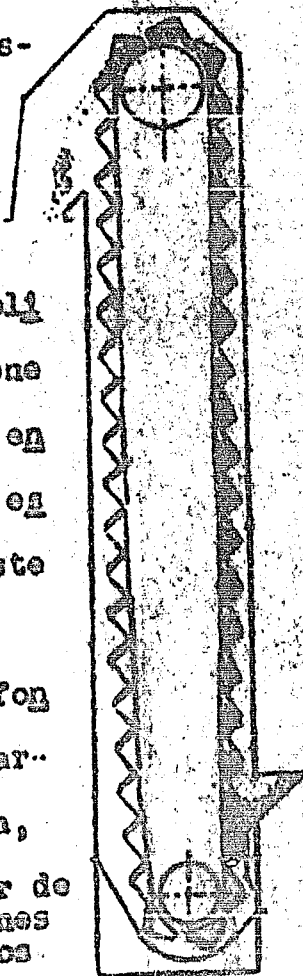
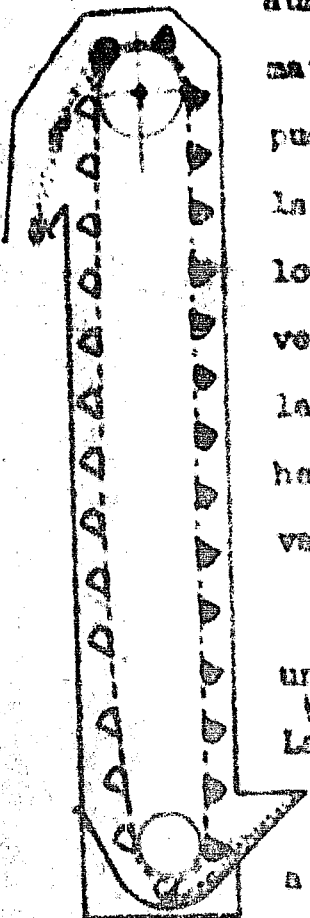
a menos que se especifique una banda es-

Elevador de
descarga
centrífuga

pecialmente resistente a la temperatu-
ra. Productos finos y altamente abra-
sivos, ocasionan menos desgaste a una banda cubier-
ta con hule que a una cadena metálica con su multipli-
cidad de articulaciones. Cuando el material contiene
pedruzcos duros y agudos, estos tienden a alojarse en-
tre los cangilones y la banda, pudiendo perjudicar en
este última al pasar sobre la polea de cabeza. En este
caso la cadena es una selección mejor.

La sección de bota está hecha con una placa de fon-
do curvo para ayudar a los cangilones a coger su car-
ga. Para tensar el lado flojo en la cadena, o banda,

Elevador de
cangilones
continuos



se emplean chumaceras tensoras que se pueden localizar ora en la flecha superior o de cabeza, o en la flecha de la bota, de acuerdo con las condiciones de operación. Si se debe evitar la rotura del material manejado, no es conveniente emplear este tipo de elevador. Usualmente el elevador se encierra en una caja metálica para proporcionar un medio soportante tanto como seguridad y retención del polvo.

ELEVADORES DE CANGILONES CONTINUOS. Este tipo, que se muestra esquemáticamente en la pagina anterior, igual que el tipo de descarga centrífuga, puede ser vertical o ligeramente inclinado, con los cangilones montados uno detras de otro sobre una o dos ranas de cadena, o sobre una banda. Estan diseñados de tal manera que el material se carga directamente dentro de los cangilones, a traves de una pierna o canalón de carga, con lo cual se trata de evitar la necesidad de excavarlo de la bota. La descarga sobre la catarina o polea de cabeza se efectúa transfiriendo el material del cangilón que descarga al frente del cangilón precedente, que actúa como un ducto móvil para con el ducto de descarga fijo..

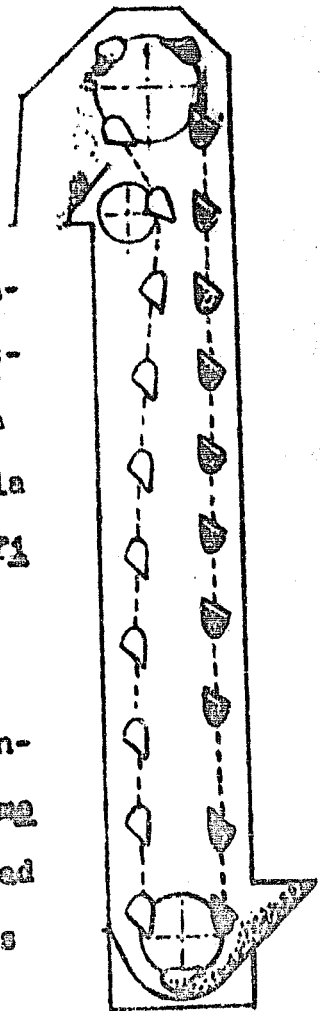
El elevador de cangilones continuos sobre cadena, es un artefacto operado preferiblemente a baja velocidad, especialmente cuando se maneja materiales altamente abrasivos. Cuando van montados sobre banda, se puede aumentar la velocidad de los cangilones, y cuando van inclinados pueden operar hasta una velocidad de 60m/min, aproximadamente. Aparte de las consideraciones hechas en el tipo anterior respecto de la selección entre banda y cadena, debe tenerse en cuenta que los materiales que tienden a apacarse o acumularse entre la banda y la polea también deben

evitarse; lo cual se logra en parte, empleando poleas autolimpia-
doras en la bota.

Los elevadores de cangilones continuos estan especialmente
bien adaptados cuando se debe minimizar la degradación del mate-
rial, o reducir las condiciones polvosas. A causa del método de
carga, pueden manejar materiales con pedruzcos relativamente
grandes. El punto de carga se encuentra localizado algo mas
arriba que en el tipo de descarga centrifuga. Tambien se requie-
re en este tipo de unidades chumaceras tensoras, para ajustar la
cadena o la banda.

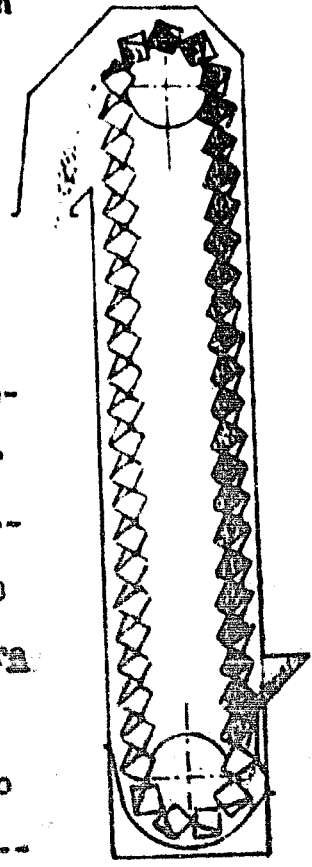
ELEVADORES DE CANGILONES DE DESCARGA POSITIVA. Este tipo es
recomendable cuando se maneja materiales que tienden
a pegarse o empacarse en los cangilones. En esencia
son iguales al tipo de descarga centrifuga excepto
en que los cangilones van montados en dos ramas de
cadena y en que al pasar debajo de la catarina de ca-
beza son invertidos completamente para lograr la des-
carga positiva. El ligero impacto del asiento de la
cadena sobre la catarina volteadora, combinado con la
inversión completa del cangilón, generalmente es sufi-
ciente para vaciar los cangilones completamente.

Estas unidades también excavan su material de la
bota. La velocidad de estas unidades es relativamen-
te baja y los cangilones deben ser mayores o estar ma-
s separados, para alcanzar los niveles de capacidad
del tipo centrifugo. Por la última condición, estas
unidades resultan mas caras que el tipo centrifugo



Elevador de
descarga
positiva

ELEVADORES DE CANGILONES DE SUPER CAPACIDAD. Son elevadores del tipo de cangilones continuos en el cual los cangilones van montados en dos ramas de cadenas, y son de un diseño que se prolonga hacia el centro del elevador; de esta manera aumentan su capacidad y admiten pedruzcos de mayor tamaño. Este tipo es adecuado para manejar materiales desmenzables, pesados o abrasivos, cuyo tamaño puede ir desde finos hasta grandes pedruzcos. Las velocidades de operación son bajas y, a causa de las cargas pesadas, usualmente se soporta la cadena en ambas ramas, la de carga y la de retorno.



Elevadores de supercapacidad

ELEVADORES DESCUBIERTOS. Los elevadores de tipo centrifugo, continuo y de super capacidad, se diseñan en ocasiones para funcionar al exterior, en cuyo caso la caja se sustituye por un bastidor que soporta los elementos de la unidad. En este diseño, los elevadores generalmente se disponen con cierta inclinación para mejorar las características de capacidad, dejando que la rama de retorno cuelgue libremente formando una curva catenaria.

CARACTERISTICAS GENERALES DE LOS COMPONENTES. Los componentes principales de un elevador de cangilones son los siguientes:

A. CANGILONES. Los fabricantes han desarrollado una enorme variedad de estos elementos de elevación, tratando de mejorar su diseño en el manejo de materiales específicos. Sólo algunos diseños se fabrican comercialmente, y estos son los que se consignan aquí.

El estilo "A" es el tipo de cangilón mas común, y generalmente se emplea para servicio ligero. El estilo

"AA" se usa en elevadores

standard de descarga centrífuga, montado ya sea sobre cadena o sobre banda.

Cuenta con un labio de refuerzo que aumenta su vida efectiva al manejar materiales arenosos. El

estilo "B" se usa generalmente en elevadores inclinados, cuando se maneja materiales burdamente

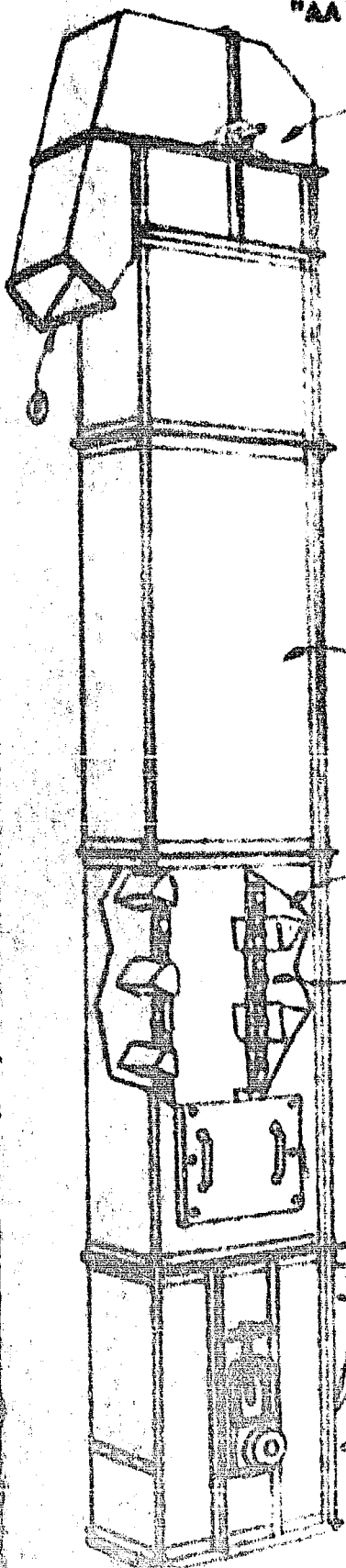
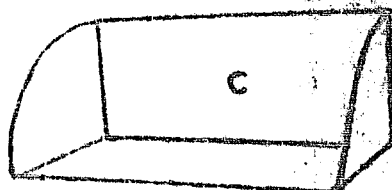
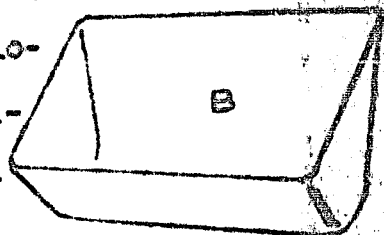
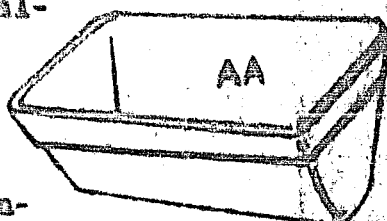
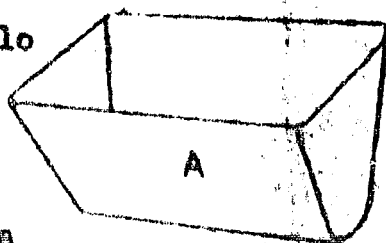
quebrados, tales como piedra, etc.

El estilo "C" se emplea para manejar materiales que tienden a pegarse o empacarse

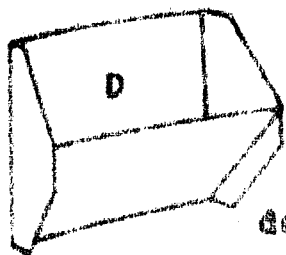
en otros tipos de cangilones, tales como arcilla, minerales finamente pulverizados y húmedos, azúcar, sal, etc.

Los cangilones tipo "aa" son semejantes al tipo A, pero difieren un poco en sus dimensiones. El estilo

"D", empleado en elevadores del tipo continuo, se usa extensamente para manejar piedra quebrada, arena, grava, carbón, etc.



Este tipo de cangilones se prolonga en sus lados hacia el frente, formando una especie de ducto que ayuda en la descarga del material.



Cualquiera de estos tipos de cangilones se puede construir de materiales especiales, cobre, bronce o aceros inoxidable.

B. CADENA O BANDA. Ya se mencionó en la discusión de los tipos standard de elevadores, los factores que se deben tomar en consideración para elegir entre una cadena y una banda, como medios de transmisión del movimiento.

Existe una extensa variedad de cadenas comerciales que pueden emplearse en un elevador de cangilones, pero sólo dos tipos son los que se emplean más frecuentemente en unidades standard, las cadenas del tipo de combinación y las del tipo con buje de acero.

En cuanto a bandas, existe también una variedad de estilos y materiales de construcción, cuya selección depende principalmente de la tensión máxima de trabajo y de las condiciones de operación. En la actualidad se cuenta con bandas comerciales de aramón construido enteramente de naylon, que resisten grandes tensiones; o recubiertas con hules sintéticos que resisten bien el manejo de materiales dificultosos.

C. CAJA DEL ELEVADOR. Esta generalmente se construye de laminas comerciales de acero al carbón, reforzada con perfiles angulares del mismo material. La unidad standard está constituida por tres partes principales: la sección de bota, donde se encuentra localizada la boquilla de carga, y donde el material es recogido por los cangilones. Las chumaceras tensoras generalmente se lo-

calisan en esta parte, pero cuando se requiere mantener una distancia fija de los cangilones al fondo de la bota, el tensado se puede efectuar en la sección de cabeza. La sección intermedia está constituida por secciones de caja de 3.05m de longitud, con bridas en los extremos para facilitar el ensamblado de la unidad. La sección de cabeza se construye en una dimensión que compense el tamaño de la sección de bota y las secciones intermedias, para dar la longitud total del elevador. La sección de cabeza (D), es la que lleva la boquilla de descarga y soporta la catarina o polea matriz. Esta sección también soporta el sistema matriz, y usualmente se provee de una plataforma de trabajo para prestar servicio a la unidad.

CALCULO DE LA POTENCIA REQUERIDA. Las siguientes ecuaciones nos permiten calcular un valor bastante aproximado de la potencia requerida para elevadores verticales y ligeramente inclinados. El valor resultante incluye las pérdidas normales por eficiencia de la transmisión y aceleración de la carga:

Para elevadores de descarga centrífuga y cangilones espaciados:

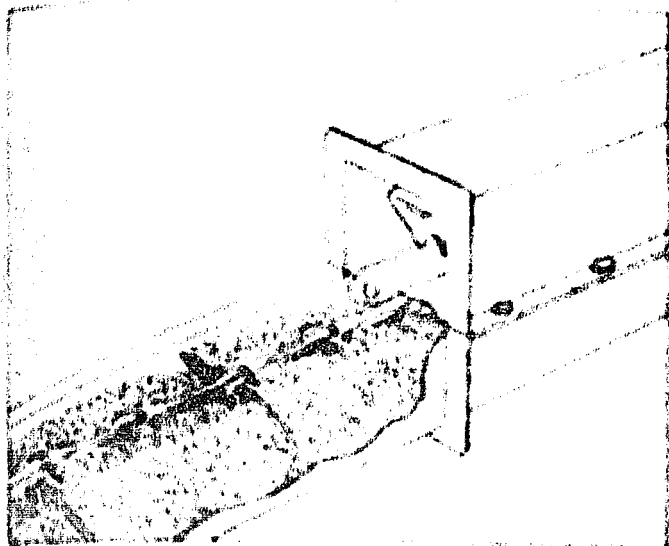
$$PR = \frac{T H}{138}$$

donde T = ton/hr, y H = elevación en m.

Para elevadores de cangilones continuos con pierna de carga:

$$PR = \frac{T H}{152}$$

las literales tienen el mismo significado.



TRANSPORTADORES DE FLUJO CONTÍNUO

DESCRIPCION

Este tipo de transportadores son artefactos en los cuales el material se mueve lentamente dentro de un ducto, como una masa continua; en contraste con la forma en que transportan el material los equipos comunes, tales como el transportador de gusano, de paletas, de banda, etc.

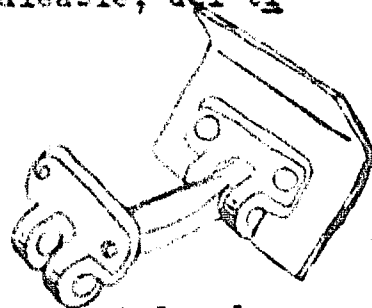
El material alimentado al ducto se mueve junto con el elemento móvil, no obstante la resistencia friccional que es mucho menor que el empuje del aditamento. Si el transportador corre verticalmente, el movimiento "en masa" continúa porque el ducto está llenado a toda su capacidad y el material no puede volver hacia atrás. En todos estos tipos de transportador el aditamento va completamente sumergido en el material manejado.

Estas unidades son diseñadas y construidas por unos pocos fabricantes, y sus características no son tan conocidas como las de los equipos más comunes. Su funcionamiento, relativamente especial, ha requerido cuidadosas investigaciones que sólo algunas compañías han podido desarrollar. Los tipos más conocidos

son los siguientes:

| TRANSPORTADOR | FABRICANTE |
|---------------|---------------------------|
| Bulk-Flo | Link-Belt Co. |
| Redler | Stephens Adamson Mfg. Co. |
| Unit-Flo | Chain-Belt Co. |
| Flo-Master | Gifford Wood Co. |
| Mass-Flo | Jeffrey Mfg. Co. |
| Helicoidal | Wulson |
| De cremallera | Stephens Adamson Mfg. Co. |

BULK-FLO. Consiste de una cadena de hierro maleable, del tipo desarmable, con una paleta de forma angular característica, unida a cada eslabón. Esta paleta tiene una sección transversal en forma de "V", especialmente adecuada cuando el transportador tiene secciones verticales; en secciones horizontales las paletas pueden ser planas, con una ligera inclinación hacia atrás para eliminar rechidos.



La paleta se proyecta fuera de la cadena, y casi todo el material descarga directamente, conforme surge del ducto. El pequeño residuo arrastrado se descarga a través de un deflector en forma de "A".

El Bulk-Flo es autoalineante y no se sobrecarga aunque recibe material en exceso.

REDLER. Consiste de una cadena de hierro maleable, del tipo desarmable, con aditamentos en forma de horquillas, equivalentes a las paletas del Bulk-Flo. Este tipo también

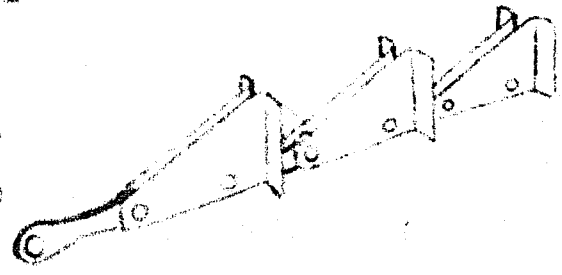


es autoalimentante, y no se sobrecarga aunque reciba material en exceso.

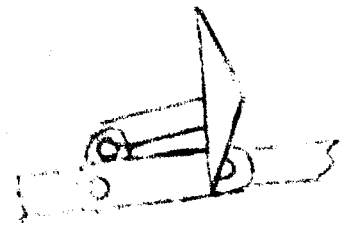
UNI-FLO. Este transportador también consiste de una cadena del tipo desarmable, que cuenta con aditamentos sobresalientes, colocados a intervalos espaciados, sobre los cuales descansa una paleta plana, perpendicular y pivotada. En este tipo, conforme van surgiendo las paletas del ducto, en el punto de descarga, son inclinadas hacia arriba por una leva rotatoria impulsada por la flecha de cabeza, que obliga al material a descargar hacia adelante.



FLO-MASTER. Este tiene una cadena de acero al carbón de 152 mm de paso, con paletas de acero remachadas a eslabones alternados, extendiéndose hasta aproximadamente medio paso del siguiente eslabón. Esto provee un ángulo inclinado de descarga, conforme la paleta entra a la estarina de cabeza.



MASS-FLO. Es similar al Bulk-Flo, excepto en que la paleta cuenta con un brazo pivoteado en el aditamento de la cadena. La descarga de cada "paquete" de material entre paletas se efectúa inclinando las paletas hacia afuera por medio de una leva estacionaria que se proyecta desde la parte posterior del ducto.



HELICOIDE. Este tipo de transportador consiste de una helicoide de acero, sin ffa, con secciones espaciadas, sobre las cuales es cargado el material. El material corre como una serie de helices en el interior, confinadas por las paredes del ducto.

El paso de la bobina de aumenta ligeramente del punto de carga al punto de descarga conforme aumenta la tensión, con lo cual se aminora la congestión de ducto. En el punto de descarga los "paquetes" de material revientan, y el material fluye radialmente hacia afuera.

DE CREMALLERA. Este tipo consiste de una banda de hule plana y sin fin, con dos bandas curvas interunidas, diseñada para formar un recipiente semicircular de alrededor de 102mm. Los bordes exteriores de las partes curvas tienen dientes de hule en cremallera, que se entrelazan cuando se cierra. El sistema cuenta con artefactos especiales para trabar y destrabar los dientes de la cremallera en los sitios de carga y descarga respectivamente. Cuando está vacío opera como un transportador de banda plana. Sobre corridas horizontal e inclinada, el material se puede descargar sobre la polea de cabeza; sobre corridas verticales puede descargar en la parte superior del mismo; en corridas horizontales puede descargar en puntos intermedios fijos, o por medio de un descargador móvil, que dispersará la carga horizontalmente.

FUNCION

1. Son capaces de transportar materiales en dirección horizontal, inclinada, vertical, en cualquier combinación de estas, o en circuitos cerrados.
2. Pueden funcionar como alimentadores (aunque no todos) ora formando parte de un transportador, o como unidades independientes. No se sobrecargan con alimentación excesiva.
3. Una sucesión de aberturas de alimentación tampoco puede sobrecargar este tipo de transportadores. El material se

alimentará a través de la primera abertura a la capacidad del ducto, automáticamente se detendrá la alimentación de las aberturas siguientes hasta que la primera abertura cese de alimentar. Siilarmente puede haber una sucesión de aberturas de descarga. Esto los hace muy útiles para funcionar como distribuidores.

4. Son inherentemente herméticos al polvo y a la atmosfera.

5. Se pueden enclaustrar (excepto el de cremallera), para conservar la temperatura del material manejado.

CAPACIDAD

La capacidad de este tipo de unidades depende de las características del material, del tamaño del ducto y de la velocidad a la cual conviene llevar el material. Puesto que los fabricantes no usan el mismo método para diseñar los tamaños de sus equipos, la siguiente tabla lista las unidades de acuerdo con el area del ducto.

La velocidad de trabajo se limita usualmente a alrededor de 25m/min, aunque se prefieren velocidades menores. Las capacidades del rango completo de tamaños varía hasta un máximo de aproximadamente 100,000 dm³/hr, a la velocidad máxima recomendable.

LONGITUD

La longitud de transporte está limitada por la resistencia a la tensión de los elementos transmisores del movimiento.

APLICACIONES Y LIMITACIONES

Los transportadores de flujo continuo pueden manejar cualquier material pulverizado o granular, excepto cuando sea activa

| TIPO DE TRANSPORTADOR | TAMANO | AREA DE LA CAJA | | PASO DE CADENA | |
|-----------------------|--------|-----------------|-----------------|----------------|-------|
| | | FG ² | dm ² | PG | mm |
| Redier | 3 | 10.5 | 0.68 | 3 | 76.2 |
| | 5 | 22.0 | 1.42 | 4 | 101.6 |
| | 7 | 40.7 | 2.63 | 5 | 127.0 |
| | 9 | 58.5 | 3.77 | 6 | 152.4 |
| | 11 | 85.2 | 5.50 | 7 | 177.8 |
| | 13 | 112.0 | 7.22 | 8 | 203.2 |
| | 15 | 144.0 | 9.29 | 9 | 228.6 |
| | 17 | 182.0 | 12.20 | 10 | 254.0 |
| | 19 | 240.0 | 15.50 | 11 | 279.4 |
| Buik-Flo | 35 | 22.0 | 1.42 | 4 | 101.6 |
| | 57 | 42.6 | 2.75 | 5 | 127.0 |
| | 610 | 69.8 | 4.50 | 6 | 152.4 |
| | 712 | 95.6 | 6.16 | 6 | 152.4 |
| | 911 | 136.5 | 8.80 | 8 | 203.2 |
| Flo-Master | 1 | 64.0 | 4.12 | 6 | 152.4 |
| | 2 | 96.0 | 6.19 | 6 | 152.4 |
| Tri-Flo | 5 | 29.0 | 1.80 | 5 | 127.0 |
| | 7 | 42.5 | 2.74 | 5 | 127.0 |
| | 9 | 53.5 | 3.45 | 5 | 127.0 |
| | 11 | 80.0 | 5.15 | 7 | 177.8 |
| | 13 | 133.0 | 8.58 | 9 | 228.6 |
| | 15 | 152.0 | 9.81 | 9 | 228.6 |
| Mass-Flo | 5 | 22.0 | 1.42 | 4 | 101.6 |
| | 7 | 37.5 | 2.38 | 5 | 127.0 |
| | 9 | 57.0 | 3.67 | 6 | 152.4 |
| | 11 | 85.2 | 5.50 | 7 | 177.8 |
| | 13 | 113.4 | 7.38 | 8 | 203.2 |
| | 15 | 145.7 | 9.39 | 9 | 228.6 |
| Cremallera | -- | -- | -- | -- | -- |

El transportador del tipo de cremallera forma un recipiente semicircular de alrededor de 101.6mm. Opera a velocidades arriba de 60 rpm, a la cual son capaces de manejar 396 dm³/min. Este tipo, en especial, difiere de los demas en que no degrada los materiales de manuable.

ente abrasivo, excesivamente frágil, o contenga pedruzcos no desmenuzables. Debe usarse con precaución con cualquier material que sea pegajoso y no fluya, o que sea corrosivo, a menos que se disponga de metales anticorrosivos. Puesto que el material está en contacto con las paredes del ducto, y está sujeto a poca o mucha compresión, según el caso, los materiales serán pulverizados en cierta extensión. Los pedruzcos duros se pueden trabar entre las paletas y la caja. El carbón no presenta dificultades si los pedruzcos no son demasiado grandes para entrar o descargar.

Puesto que los agitadores corren sumergidos en el material, las articulaciones pueden perjudicarse seriamente si el material es corrosivo o abrasivo.

Estos transportadores son muy adecuados cuando se trata de evitar la contaminación con lubricantes, o por exposición a la atmósfera, tal como es el caso en el manejo de alimentos o materiales que expiden humos o polvos nocivos.

La siguiente tabla agrupa los materiales en tres clases: los del grupo 1 son perfectamente manejables, los del grupo 2 se pueden manejar aunque con cierta dificultad, los del grupo 3 prácticamente no se pueden manejar con este tipo de unidades.

Grupo 1. Fácilmente manejable.

Carbón, si no es corrosivo

Café en grano

Granos, trigo, etc.

Copra

Mais molido

Corcho granulado

Hueso molido

Azúcar granulada, cuando no sea pegajosa

Azerrin

Sal seca

Virutas de madera

frijoles de soya y sus productos.

Cenizas sueltas, sin polvo de chimenea.

Cenizas de nose.

En general, todo material que fluya bien, ya sea granular o pulverizado, que no sea abrasivo ni corrosivo, y que no contenga pedruzcos no desmenuzables.

Grupo 2. Relativamente dificultosos.

| | | |
|-------------------------|---|----------------------------------|
| Bauxita | Sal caliente | Algunos almidones |
| Cal quemada | Carbón húmedo a la temperatura de congelación | Copra molida, cuando es pegajosa |
| Maiz descascarado | | |
| Residuos de combustible | Azúcar café | Polvo de fundición |
| | | Fomez |

Grupo 3. Extremadamente dificultosos.

| | |
|---------------------------------|---------------------------------|
| Todo material corrosivo | Piedra molida |
| Cenizas | Oxido de fierro |
| Hogazo, a menos que esté picado | Feldespató pulverizado |
| Hogre de humo, bolas | Molibdeno, concentrados |
| Cemento | Lodo de albañal |
| Borax | Granos de destilería, calientes |
| Polvos metalicos pesados | Semilla de algodón vellosa |
| Polvos de carbón o roca | Grava, arena, piedra quebrada |

CALCULO, SELECCION Y DISEÑO

No hay una forma general de diseño para este tipo de transportadores, ya que cada uno tiene características especiales. En la presente consideración se toma como ejemplo el Bulk-Flo de la Link Belt. Se requiere la siguiente información:

1. Características del material.
2. Capacidad de manejo en ton/hr (cortas).
3. Diseño o trayectoria de la unidad.

PROCEDIMIENTO:

Mediante la gráfica de selección que se presenta adelante, se determina el tamaño de la unidad y la velocidad de operación y posteriormente, mediante las formulas de cálculo que se indican para cada diseño, se determina la potencia necesaria para mover el sistema seleccionado. La gráfica de selección se emplea de acuerdo con la siguiente tabla que relaciona la clase de material con el tamaño y velocidad recomendados para la unidad, y que indica el factor de fricción que se empleará para el cálculo de la potencia mediante las ecuaciones respectivas. En la tabla, las columnas se identifican como sigue:

- I. Peso o densidad del material en lb/pie³
- II. Número de la unidad.
- III. Velocidad máxima recomendable, en pies/min.
- IV. Factor de potencia.

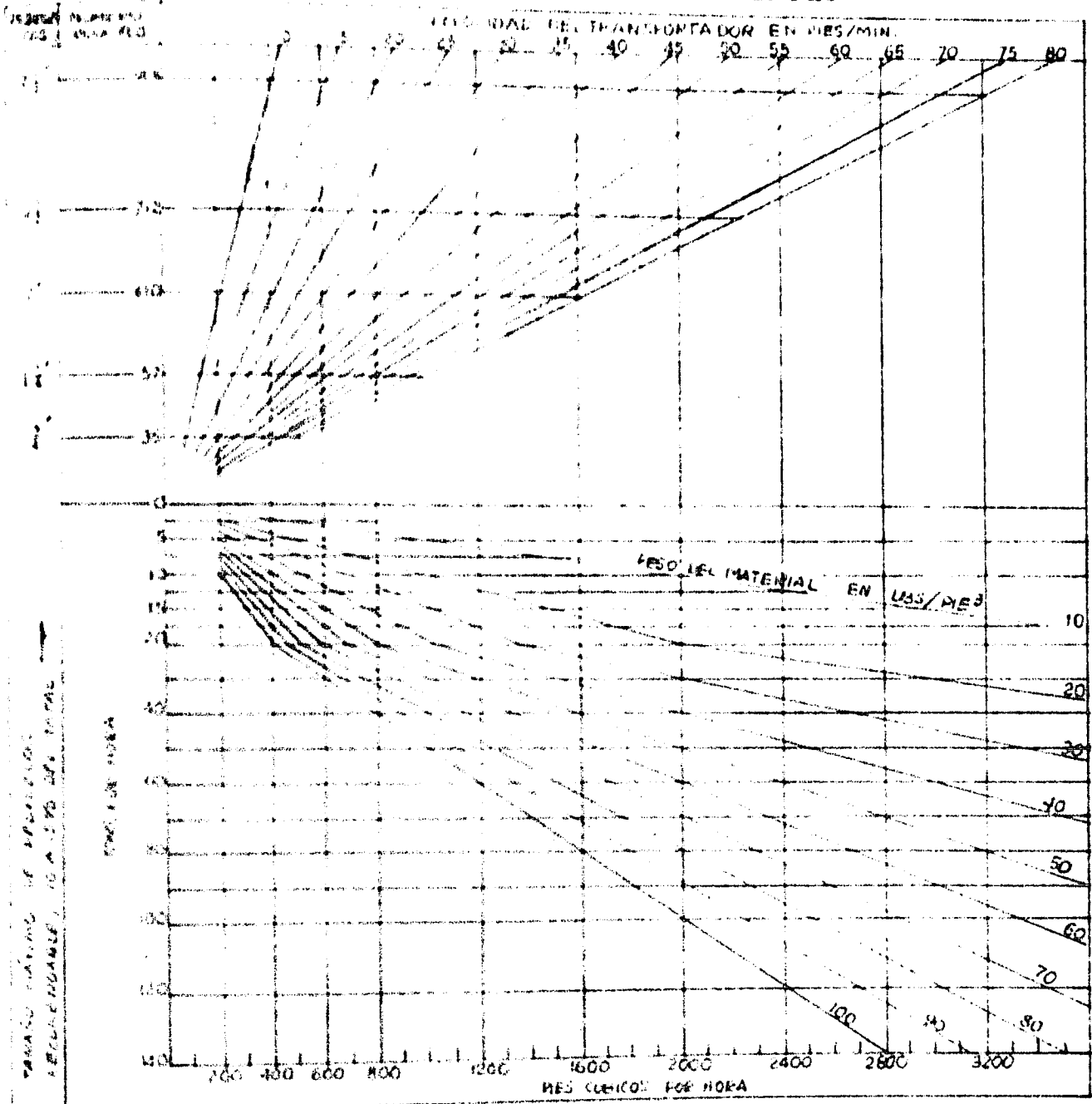
| I | Materiales clase A16 y B16 | | | Materiales clase A26 y B26 | | | Materiales clase A27 y B27 | | | Materiales clase A36 y B36 | | |
|-----|----------------------------|-----|-----|----------------------------|-----|-----|----------------------------|-----|-----|----------------------------|-----|-----|
| | II | III | IV | II | III | IV | II | III | IV | II | III | IV |
| 5 | 1 | 60 | 1.8 | 1 | 50 | 2.0 | 1,5 | 50 | 2.4 | 1 | 40 | 2.2 |
| 7 | 1 | 60 | 1.6 | 1 | 50 | 1.8 | 1,5 | 50 | 2.2 | 1 | 40 | 2.0 |
| 10 | 1 | 60 | 1.4 | 1 | 50 | 1.6 | 1,5 | 50 | 2.0 | 1 | 40 | 1.8 |
| 14 | 1 | 60 | 1.2 | 1 | 50 | 1.4 | 1,5 | 50 | 1.8 | 1 | 40 | 1.6 |
| 19 | 1 | 70 | 1.2 | 1 | 60 | 1.4 | 1,5 | 60 | 1.8 | 1 | 50 | 1.6 |
| 23 | 1 | 70 | 1.2 | 1 | 60 | 1.4 | 1,5 | 60 | 1.8 | 1 | 50 | 1.6 |
| 30 | 1 | 70 | 1.0 | 1 | 60 | 1.2 | 1,5 | 60 | 1.6 | 1 | 50 | 1.4 |
| 33 | 1 | 70 | 1.0 | 1 | 60 | 1.2 | 1,5 | 60 | 1.6 | 1 | 50 | 1.4 |
| 44 | 1 | 80 | 0.8 | 1 | 70 | 1.0 | 2,6 | 70 | 1.4 | 1 | 60 | 1.2 |
| 104 | 1 | 80 | 0.8 | 1 | 70 | 1.0 | 2,6 | 70 | 1.4 | 1 | 60 | 1.2 |

| Materiales clase A37 y B37 | | | | Materiales clase C16 | | | Materiales clase C26 | | | Materiales clase C27 | | |
|----------------------------|-----|-----|-----|----------------------|-----|-----|----------------------|-----|-----|----------------------|-----|-----|
| I | II | III | IV | II | III | IV | II | III | IV | II | III | IV |
| 5 | 1,5 | 40 | 2,6 | 1 | 70 | 2,6 | 1 | 60 | 2,2 | 1,5 | 50 | 2,6 |
| 6 | 1,5 | 40 | 2,4 | 1 | 70 | 1,8 | 1 | 60 | 2,0 | 1,5 | 50 | 2,4 |
| 10 | 1,5 | 40 | 2,2 | 1 | 70 | 1,6 | 1 | 60 | 1,8 | 1,5 | 50 | 2,2 |
| 14 | 1,5 | 40 | 2,0 | 1 | 70 | 1,6 | 1 | 60 | 1,6 | 1,5 | 50 | 2,0 |
| 19 | 2,6 | 50 | 2,2 | 1 | 80 | 1,4 | 2 | 70 | 1,6 | 1,5 | 60 | 2,0 |
| 23 | 2,6 | 50 | 2,0 | 1 | 80 | 1,4 | 2 | 70 | 1,6 | 1,5 | 60 | 2,0 |
| 28 | 2,6 | 50 | 1,8 | 1 | 80 | 1,2 | 2 | 70 | 1,4 | 1,5 | 60 | 1,8 |
| 33 | 2,6 | 50 | 1,8 | 1 | 80 | 1,2 | 2 | 70 | 1,4 | 1,5 | 60 | 1,8 |
| 38 | 2,6 | 60 | 1,6 | 2 | 80 | 1,0 | 2 | 80 | 1,2 | 2,6 | 70 | 1,6 |
| 44 | 2,6 | 60 | 1,6 | 2 | 80 | 1,2 | 2 | 80 | 1,2 | 2,6 | 70 | 1,6 |

| Materiales clase C16 | | | | Materiales clase C17 | | | Materiales clase D16 | | | Materiales clase D26 | | |
|----------------------|-----|-----|-----|----------------------|-----|-----|----------------------|-----|-----|----------------------|-----|-----|
| I | II | III | IV | II | III | IV | II | III | IV | II | III | IV |
| 1 | 2,5 | 50 | 2,4 | 1,5 | 40 | 2,8 | 1 | 60 | 2,2 | 1,5 | 50 | 2,4 |
| 2 | 2,5 | 50 | 2,2 | 1,5 | 40 | 2,6 | 1 | 60 | 2,0 | 1,5 | 50 | 2,2 |
| 10 | 2,5 | 50 | 2,0 | 1,5 | 40 | 2,4 | 1 | 60 | 1,8 | 1,5 | 50 | 2,0 |
| 14 | 2,5 | 50 | 1,8 | 1,5 | 40 | 2,2 | 1 | 60 | 1,8 | 1,5 | 50 | 1,8 |
| 19 | 2,5 | 60 | 1,8 | 2,6 | 50 | 2,2 | 1,5 | 70 | 1,6 | 1,5 | 60 | 1,8 |
| 23 | 2,5 | 60 | 1,8 | 2,6 | 50 | 2,2 | 1,5 | 70 | 1,6 | 1,5 | 60 | 1,8 |
| 28 | 2,5 | 60 | 1,6 | 2,6 | 50 | 2,2 | 1,5 | 70 | 1,4 | 1,5 | 60 | 1,6 |
| 33 | 2,5 | 60 | 1,6 | 2,6 | 50 | 2,0 | 1,5 | 70 | 1,4 | 1,5 | 60 | 1,6 |
| 38 | 2,5 | 70 | 1,4 | 2,6 | 60 | 1,8 | 1,5 | 80 | 1,2 | 2,6 | 70 | 1,4 |
| 44 | 2,5 | 70 | 1,4 | 2,6 | 60 | 1,8 | 1,5 | 80 | 1,2 | 2,6 | 70 | 1,4 |

| Materiales clase D27 | | | | Materiales clase D36 | | | Materiales clase D37 | | |
|----------------------|-----|-----|-----|----------------------|-----|-----|----------------------|-----|-----|
| I | II | III | IV | II | III | IV | II | III | IV |
| 5 | 2,6 | 50 | 3,0 | 2,5 | 40 | 2,8 | 2,6 | 40 | 3,2 |
| 6 | 2,6 | 50 | 2,8 | 2,5 | 40 | 2,6 | 2,6 | 40 | 3,0 |
| 10 | 2,6 | 50 | 2,6 | 2,5 | 40 | 2,4 | 2,6 | 40 | 2,8 |
| 14 | 2,6 | 50 | 2,4 | 2,5 | 40 | 2,2 | 2,6 | 50 | 2,6 |
| 19 | 2,6 | 60 | 2,4 | 2,5 | 50 | 2,2 | 2,6 | 50 | 2,6 |
| 23 | 2,6 | 60 | 2,4 | 2,5 | 50 | 2,2 | 2,6 | 50 | 2,6 |
| 28 | 2,6 | 60 | 2,0 | 2,5 | 50 | 1,8 | 2,6 | 50 | 2,2 |
| 33 | 2,6 | 60 | 2,0 | 2,5 | 50 | 1,8 | 2,6 | 50 | 2,2 |
| 38 | 2,6 | 70 | 1,8 | 2,5 | 60 | 1,6 | 2,6 | 60 | 2,0 |
| 44 | 2,6 | 70 | 1,8 | 2,5 | 60 | 1,6 | 2,6 | 60 | 2,0 |

GRAFICA PARA SELECCION DE TRANSPORTADORES BULK-FLO



PROCEDIMIENTO.

Para determinar el tamaño del Bulk-Flo y la velocidad de operación para una capacidad y peso dados del material: localise el punto correspondiente a la capacidad en tons/hr en la parte inferior izquierda de la gráfica; siga la línea horizontal que pasa por este punto hasta intersectar la línea inclinada, correspondiente al peso volumétrico del material. Desde este punto dirija se verticalmente hasta la intersección con la línea horizontal

que determine el tamaño recomendable del Bulk-Plo, en la parte superior de la gráfica.

El tamaño de la unidad se leerá en la parte superior izquierda de la gráfica. La velocidad del transportador se obtendrá proyectando una línea a través de la ordenada cero y el último punto de intersección, hasta la línea superior de la gráfica.

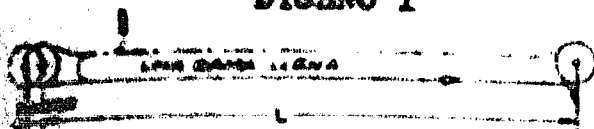
Si se conoce la capacidad en pies³/hr, esta se podrá localizar en la parte inferior de la gráfica, y proyectando una línea vertical a la parte superior de la gráfica, se intersectará con la línea que nos informa el tamaño de la unidad. El tamaño y la velocidad de operación se podrán obtener como se describió anteriormente.

La velocidad obtenida en esta forma deberá exceder la máxima recomendada en la tabla 1. Para operar a una velocidad menor de la máxima recomendada, se repite el procedimiento de selección, eligiendo la unidad de tamaño inmediato superior, con lo cual se encontrará una velocidad de trabajo correspondientemente reducida.

El tamaño máximo de pedruscos que puede ser manejado en cada tamaño del Bulk-Plo se puede localizar a la izquierda del número de la unidad en la misma gráfica. Se recomienda que la cantidad de pedruscos no pase de un 10 a 15% del total del material.

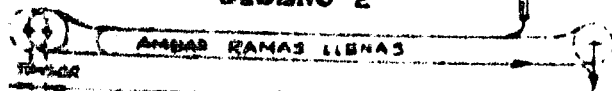
DISEÑOS

DISEÑO 1



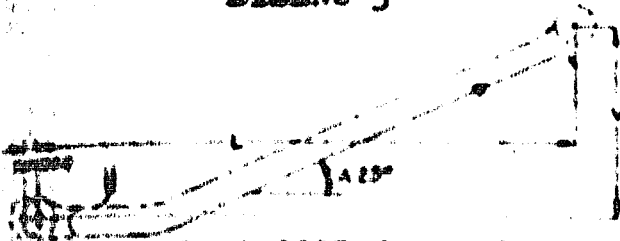
$$H = 0.002TC L$$

DISEÑO 2



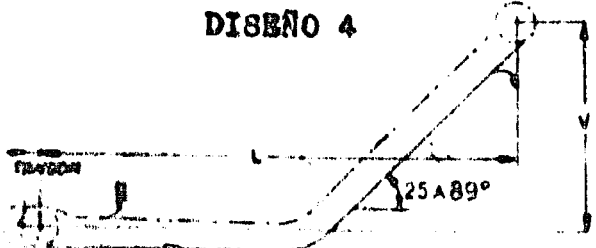
$$H = 0.004TC L$$

DISEÑO 3



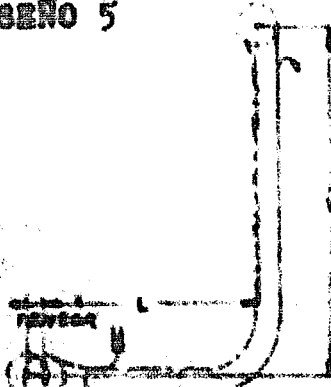
$$H = 0.001TC (2L + V)$$

DISEÑO 4



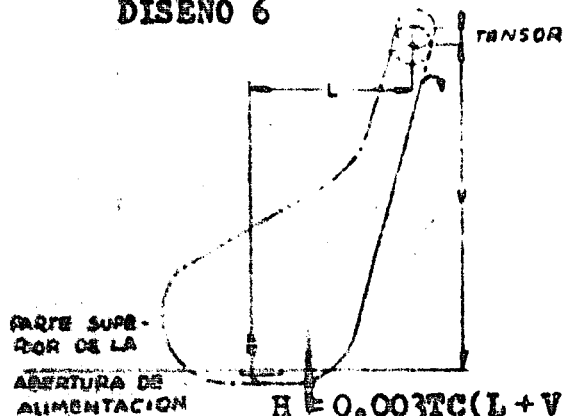
$$H = 0.001TC (2L + V)$$

DISEÑO 5



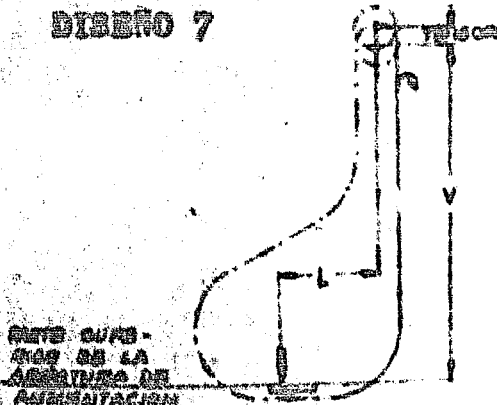
$$H = 0.003TC (L + V)$$

DISEÑO 6



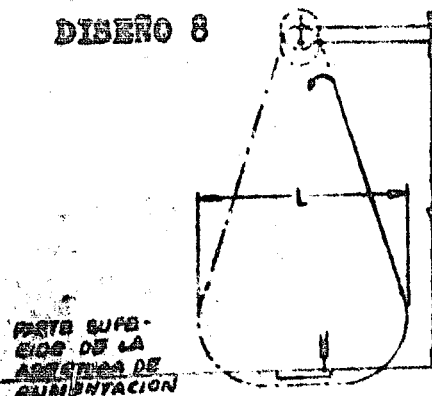
$$H = 0.003TC (L + V)$$

DISEÑO 7



$$H = 0.003TC (L + V)$$

DISEÑO 8



$$H = 0.003TC (L + V)$$

La potencia requerida para operar un Bulk-Flow es una función del peso, la capacidad y las características físicas del producto manipulado. Al calcular las potencias de entrada, use siempre la capacidad real para la velocidad determinada de la tabla A. Las fórmulas indicadas dan potencias muy aproximadas para los varios diseños mostrados. En ellas: H=potencia de entrada, T-ton/pies diseños mostrados. En ellas: H=potencia de entrada, T-ton/pies reales para la velocidad seleccionada, C-factor de potencia de la tabla, L=longitud horizontal c/d, V=altura vertical c/cq en pies. (Las toneladas son cortas o de 2,000 lbs.)

TRANSPORTADORES NEUMÁTICOS

DESCRIPCIÓN

Es en este campo (B) en el que se han hecho avances más rápidos en años recientes, que en cualquier otro campo del manejo de materiales. La lista de materiales que pueden ser manejados exitosamente con aire, crece rápidamente, y se está desarrollando equipo mecánico para hacer estos sistemas más versátiles y económicos.

El principio básico que fundamenta la operación de este tipo de transportadores es el siguiente: cuando (B) la velocidad superficial de un fluido excede a la velocidad de libre asentamiento de las partículas sólidas, las partículas adquieren un movimiento relativo al recipiente, en la misma dirección del movimiento del fluido. En una acción similar a la del viento cuando levanta el polvo de las calles, el aire que corre por el ducto, arrastra y mantiene en suspensión las partículas sólidas que encuentra a su paso.

El modo de transporte en sí es muy sencillo, consistiendo esencialmente de ductos por los cuales corre el material en suspensión; lo que complica un poco el sistema es una serie de adaptaciones que se agrupan para hacer más adecuado el sistema a diferentes funciones.

FUNCIÓN

1. Los transportadores neumáticos son capaces de transportar casi cualquier material, en lo cual son especialmente ventajosos, evitando los accidentes de la trayectoria en una forma que no puede igualarse por ningún transportador de tipo mecánico.
2. Admite puntos de carga y descarga múltiples, mediante valvulas especiales, pudiendo funcionar así como distribuidores de material.
3. Se presta para auxiliar algunas operaciones en el proceso de del material.
4. Pueden descargar el material de recipientes sin abertura inferior, por succión.

CAPACIDAD

La capacidad de manejo de los transportadores neumáticos generalmente no es muy alta en comparación con los transportadores mecánicos, debido sobre todo a los grandes requerimientos de potencia. De acuerdo con la distancia de transporte y las características del material, puede ser de varios cientos de toneladas por hora.

LONGITUD

La longitud de transporte en las unidades neumáticas generalmente está limitada a varios cientos de metros.

APLICACIONES

Y LIMITACIONES

El funcionamiento de una corriente de aire a alta velocidad es tan silenciosa que la succión le confiere otro tipo de

transportación. Algunos materiales inapropiados se tornan
algunos a causa de la acción de la sencilla de litasa, que tiene una
acción abrasiva y actúa a la vez en el aire abrasivo, y que es ca-
paz de perforar conductos en unos pocos días. La arena se maneja
fácilmente, pero la turbulencia perjudica la venta del grano.
El fosfato ácido se pega rápidamente en los codos y es muy difícil
desalojarlo. La sencilla de algodón parece un material ideal
para transportarse neumáticamente; sin embargo es muy difícil ma-
nejarlo debido a que no fluye en la tobera de succión. La pelu-
ca hace del material una sola masa, y la tobera sólo puede hacer
agujeros en ella. La descarga neumática de cobre es posible y
se practica, pero tiende a ocasionar la exudación del aceite
esencial; el aceite se deposita en las paredes del recipiente, y
si no se retorna a la copra su calidad se reduce.

La ventaja sobresaliente del transportador neumático es su
flexibilidad. El ducto puede seguir casi cualquier trayectoria
alrededor de codos, bajo y sobre obstrucciones, llenando condi-
ciones que son imposibles para casi cualquier otro tipo de trans-
portador neumático. Puede manejar materiales corrosivos y abrasi-
vos, siempre y cuando no sean demasiado abrasivos y además opera
sin ruido.

CALCULO, SELECCION Y DISEÑO

La experiencia obtenida por las compañías que se han especia-
lizado en este tipo de equipo, ha dado lugar a formulas empíricas
para la velocidad del aire, volumen de aire por unidad de peso
del material, potencia, etc. y ha determinado los materiales que

puedes e no ser sencillos con éxito. En adelante se concipian
de procedimiento de adición, basado en una serie de ecuaciones
empíricas de William G. Nelson.

Existen varias formas de realizar el transporte neumático:

EL TIPO DE EXPLUSION. Probablemente constituye el sistema
de transporte neumático más primitivo. En su forma más simple
consiste de un recipiente a presión con una abertura de alimenta-
ción que puede ser sellada después de que el material se le ha
permitido salir dentro; el sistema incluye también una fuente
de aire comprimido y una válvula de descarga rápida. El tanque
se llena, se sella, se deja subir la presión dentro de él, y en-
tonces se abre la válvula de descarga repentinamente para dejar
salir el material. La acción de transporte resultante va a tra-
ves de un número de etapas que ilustran los varios conceptos usa-
dos comúnmente en los sistemas de transporte neumático modernos.

La apertura repentina de la válvula de descarga del tanque de
explosión resulta en lo que esencialmente es una explosión con-
trolada, que fuerza el material a través de la línea de transpor-
te de manera semejante a una bala en un cañón de pistola. La ve-
locidad inicial y la fricción entre el material y la pared del
tubo determinan la distancia que puede ser transportado un mate-
rial. Este principio aún está en uso en sistemas transportado-
res para manejo de materiales pesados y pegajosos.

Después de la explosión inicial, usualmente hay una cierta
cantidad de material granular más fino que ha arrastrado aire en
el proceso de presurización. Debido a esto ocasiona que la mez-
cla aire sólido tiene propiedades de fluido, fluirá a través de
la línea del transportador de manera semejante a un líquido bajo

presión. Esto es, en términos simples lo que se conoce como el método de fluidizado, el cual es de uso corriente con materiales tales como la flor de harina. Se ha desarrollado equipo mecánico especial, particularmente alimentadores, para ayudar al material a arrastrar aire en una forma continua. De esta manera se puede mantener un flujo uniforme de material con requerimientos de aire y potencia relativamente bajos.

Otro factor en la operación del tanque de explosión es la caída de presión entre las superficies de una partícula sólida conforme el aire pasa a través de los orificios creados entre las partículas individuales. Varios transportadores basados en este principio se han usado para manejar catalizadores en el procesamiento del petróleo; pero el resultado de pruebas con diferentes materiales ha sido demasiado errático como para hacerlo de un uso práctico general.

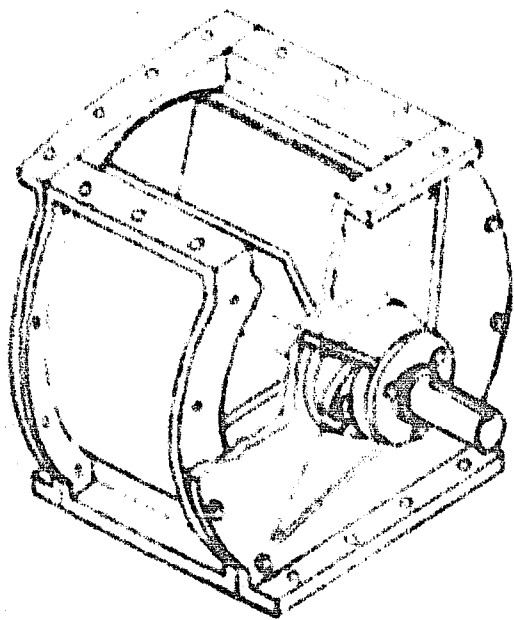
La acción última de transporte que ocurre en el viejo diseño del tanque de explosión depende enteramente de la velocidad del aire escapado. En la etapa final hay poco material restante en el tanque, y el aire puede escapar a alta velocidad. La fricción de arrastre del aire sobre el material es así suficiente para arrastrar algún material con él. Este es el sistema de transporte en mayor uso común.

SISTEMAS DE TRANSPORTE NEUMÁTICO CONVENCIONAL. (Aquellos que dependen de la velocidad del aire). Pueden operar como sistemas a presión o a succión. El último obviamente es el sistema mejor adaptado para descargar furgones y camiones que no tienen aberturas en el fondo para descargar por gravedad. Los sistemas a baja presión usualmente operan a una presión de aire de alrededor de 1.5 a 2.0 lb. por pulg. cuadrado.

de 0.5 lb/pg^2 , y dejando de grandes ventiladores para su suministro de aire. Son adecuados sólo para materiales ligeros (tales como el salvado) y operan más comúnmente como una combinación de sistemas a presión y a vacío, empujando el material a través del ventilador. Su aplicación principal es en la industria de granos alimenticios. Requieren un alto volumen de aire para cantidades relativamente pequeñas de material; filtros y o separadores ciclónicos para separar el material del aire transportante. Los sistemas de presión media trabajan a alrededor de 5 lb/pg^2 y pueden operar a presión o a succión, o en una combinación de las dos. El aire se suministra por medio de un ventilador centrífugo, y se requieren filtros y alimentadores rotatorios especiales. La siguiente figura ilustra el diseño general de un alimentador de paletas rotatorias, con tolerancias mínimas que proveen la necesaria cámara de aire. El sistema de presión media puede operar en circuito cerrado, haciendo posible la introducción de un gas inerte para transportar materiales peligrosos. Los requerimientos de aire son de 3 a 30 pies^3 por libra de material transportado. Los sistemas a alta presión trabajan a presiones arriba de 25 lb/pg^2 y a relaciones material/aire que pueden ser tan altas como 30/1. El aire se suministra de bombas rotatorias de desplazamiento positivo, y los sistemas operan a presión solamente. Se requiere un alimentador de paletas rotatorias y en los sistemas más eficientes hay algo de fluidizado como resultado del arrastre de aire por el material.

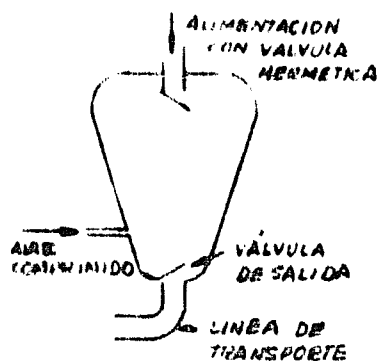
LOS SISTEMAS DE FLUIDIZADO dependen para su acción de transporta primeramente de la habilidad del material para arrastrar aire y asumir las propiedades de un fluido. Estos sistemas pue-

don ser intermitentes o continuos. En la figura que se muestra abajo, a la derecha, se presenta una versión simplificada de un recipiente fluidizante intermitente.



Alimentador de paletas rotatorias

El tipo continuo opera con un alimentador de caja de aire que está diseñado para admitir aire al ma-



terial para fluidizarlo conforme entra a la línea de transporte. A causa de las estrechas tolerancias requeridas en el alimentador para evitar

la pérdida de aire, los materiales abrasivos no se prestan para este tipo de transporte. Algunos de los sistemas de transporte neumático mas grandes han sido construidos en el tipo intermitente. En un caso el material es transportado alrededor de 2,300m. La presión en el tanque puede ser tan elevada como 100 lb/pg^2 , pero normalmente está limitada a alrededor de 30 lb/pg^2 .

Una de las aplicaciones mas importantes del principio de fluidizado es un transportador del tipo de gravedad. Este diseño fluidiza el material conforme ontra a la línea de transporte y le permite fluir en muy ligeras inclinaciones, sobre una superficie permeable que permite al aire filtrarse a través del material a lo largo de la línea de transporte, para mantener su estado fluidizado. Desarrollado para la industria del cemento, el sistema de fluidizado a gravedad ha sido ampliamente usado para otros materiales finamente pulverizados y granulares.

CALCULO. De Miller J. Wilson (4) es el procedimiento de cálculo que se usó en la continuación, y que se aplica a sistemas neumáticos de gran volumen y a baja presión.

Sistemas, Principales. Hay dos sistemas de transporte por aire. Un uno es gran volumen de aire a baja velocidad y baja presión, el otro es pequeño volumen de aire a alta velocidad. En sistemas a succión el primero es mas eficiente puesto que el medio transportado es mas denso; tiene mayor capacidad de carga que el aire comprimido; también las pérdidas friccionales en el tubo y en el extractor son menores. Alta presión significa un mayor deshidratante y pérdidas térmicas en el extractor. Sin embargo ciertos materiales requieren un corriente de aire a alta velocidad.

La cantidad de aire depende del peso específico del material y de la capacidad de manejo requerida. La transportación neumática no es una ciencia exacta, y el valor de peso específico empleado no corresponde al teórico, sino se aumenta a un grado que de acuerdo con la experiencia se estima como recomendable. Por ejemplo, el carbón bituminoso tiene una densidad a granel de 0.9 kg/dm³, y un peso específico de 1.23. Sin embargo es un material difícil de fluidizar y se recomienda emplear un valor de peso específico no menor de 1.44. La sal tiene una densidad a granel de 0.72 a 0.90 kg/dm³ y un peso específico de 1.97. Fluye difícilmente, y se debe usar un peso específico de 3.13. La ceniza de liuzza fluye facilmente, y el valor de su peso específico es de 1.37 contra una densidad a granel de 0.72 kg/dm³. Las cenizas sueltas fluidizan facilmente. Su peso a granel es de 0.76 a 0.64 y un valor de peso específico de 0.9 es

satisfactorio.

Se le aconseja experimentalmente que una fórmula muy simple le sea útil, así como la capacidad del volumen de aire requerido para transportar el material. Esta es: $Q = W \times T$

donde Q = pies de aire libre por minuto

W = peso específico del material en lb/ft³

T = toneladas transportadas por hora.

PROCEDIMIENTO.

1. Determine la cantidad de aire requerido por libra del material. $Q = WT$ $Q = 33.100$ pies³/lb de material.
2. De termine de las tablas la velocidad del aire, teniendo en consideración el diseño de la línea (si es recta o con codos).

| | | velocidad de equi- librio | velocidad en la lí- nea * | velocidad en la ran- guera * |
|-----------------------------------|-------------------------|---------------------------------|------------------------------|---------------------------------|
| Ductos horizontales y rectos | Materiales polvosos | $5\sqrt{\frac{W \cdot L}{C}}$ | $10\sqrt{W}$ | $16\sqrt{W}$ |
| | Granos | $6\sqrt{\frac{W \cdot L}{C}}$ | $12\sqrt{W}$ | $20\sqrt{W}$ |
| | Arenoso desiguales | $7.5\sqrt{\frac{W \cdot L}{C}}$ | $15\sqrt{W}$ | $24\sqrt{W}$ |
| Ductos con codos y elevaciones | Materiales polvosos | $10\sqrt{\frac{W \cdot L}{C}}$ | $12.5\sqrt{W}$ | $20\sqrt{W}$ |
| | Granos | $12\sqrt{\frac{W \cdot L}{C}}$ | $15\sqrt{W}$ | $24\sqrt{W}$ |
| | Arenoso y desiguales | $15\sqrt{\frac{W \cdot L}{C}}$ | $18.75\sqrt{W}$ | $30\sqrt{W}$ |

* $\pm 6\%$

3. Seleccione el tamaño de tubo que con Q pies de aire por minu-
to proveerá la velocidad determinada.
4. Ajuste el volumen, la velocidad del aire para adecuarse a
un tamaño de tubo standard.
5. Determine las pérdidas de presión del aire que son:

- a) Pérdidas de presión en el orificio: $\left(\frac{V}{100}\right)^2 \times 5$ en oz/pg²
 b) Pérdidas de presión en la manguera: $\left(\frac{V}{100}\right)^2 \times \frac{35 \times P}{100}$ en oz/pg².
 (V es la velocidad en la manguera y 35 es la longitud de manguera promedio).

- c) Pérdidas de presión en la línea: $\left(\frac{V}{100}\right)^2 \times \frac{L}{100} \times \text{coeficiente}$
 (para este cálculo se emplea el coeficiente experimental de Fanning, que se determina como sigue:

Pérdidas de presión en oz/pg², para V = 100 pies/sog,
 L = 100 pies

| diametro D | coeficiente Fanning | diametro D | coeficiente Fanning |
|---------------|------------------------|---------------|------------------------|
| 4 | 2.5 | 12 | 1.73 |
| 5 | 2.25 | 13 | 1.76 |
| 6 | 2.0 | 14 | 1.60 |
| 7 | 1.75 | 16 | 1.38 |
| 8 | 1.5 | 18 | 1.20 |
| 9 | 1.375 | 20 | 1.07 |
| 10 | 1.25 | 24 | 0.865 |
| 11 | 1.14 | | |

para pérdidas de presión cuando la velocidad sea V, y la longitud sea L, se determina con la siguiente ecuación;

$$P_c = P \times \left(\frac{V}{100}\right)^2 \times \frac{L}{100}$$

- d) Pérdidas de presión en el tanque o recipiente (+ oz por tanque, promedio)
 e) Pérdidas de presión en la línea de aire entre el extractor y el separador o entre el separador y el colector de polvo. (3 oz promedio).
 La pérdida de presión total será: a + b + c + d + e, oz/pg² (A).

c. Pérdidas de presión por el material. Suponemos que la velocidad del material es un 90% de la velocidad de la corriente de aire en el cual flota, y que esta velocidad es alcanzada desde el reposo en 1 seg, por la aceleración ocasionada por el aire en la tobera y la manguera.

$$V_1 = \text{velocidad en la tobera} = 1.67$$

$$\text{Velocidad del aire en el extremo de la manguera} = \\ = V_1 \cdot 2 = 3.34$$

Entonces:

f) Pérdida de presión debida a la inercia: $\frac{MV_1^2}{2 \times 550} = \frac{TV^2}{100,000}$ en HP

g) Pérdida de presión en la manguera, sujeta como 0.5F = $\frac{TV^2}{200,000}$

h) Pérdida de presión en la línea del transportador = $\frac{T}{1000} \left(H^2 + \frac{L}{5} \right)$ en HP

k) Pérdida de presión en cada codo a 90°: $\frac{TV^2}{200,000}$ en HP.

e) potencia total inicial requerida por el material = f + g + h + k.

Para convertir la potencia inicial en presión, $\frac{m \times 3,200}{Q}$ oz./pg² (N)

a) La pérdida de presión total es A + N en oz./pg², o sea la suma de las pérdidas de presión de aire en la línea desde la pérdida de presión en el orificio hasta las pérdidas en el tanque receptor.

Para convertir (a) en libras, la pérdida de presión total es (A + N)/16 lb./pg² (P).

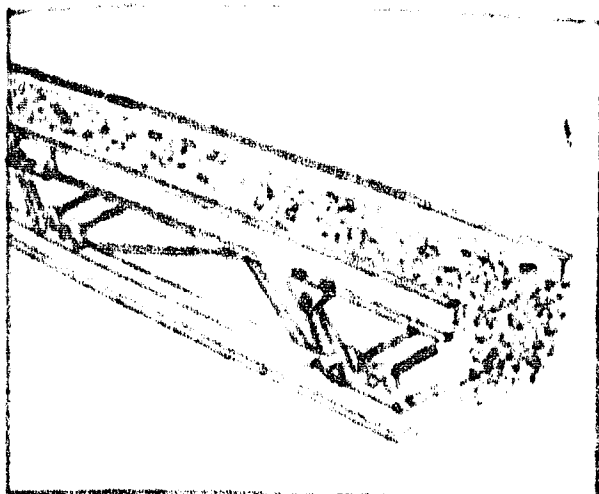
Para sistemas a presión

$$HP = \frac{Q \times P}{175}$$

Para sistemas a succión

$$HP = \frac{Q \times P}{175} \times \left(\frac{14.7 + P}{14.7} \right)$$

De estas dos ecuaciones se determina el tamaño del ventilador.



TRANSPORTADORES VIBRATORIOS

DESCRIPCION

Este tipo de transportadores es uno de los adelantos más recientes en el campo del manejo de sólidos. La mayor parte son unidades de "lanzamiento direccional", que consisten de un canal horizontal, soportado en resortes, que vibra por medio de un brazo excéntrico conectado directamente, por medio de pesos excéntricos girando, o por medio de cilindros hidráulicos o neumáticos. El movimiento impartido a las partículas del material puede variar, pero su propósito esencial es arrojar el material hacia arriba y hacia adelante, de manera que viaje a lo largo del transportador en una serie de saltos cortos.

FUNCION

1. Son capaces de transportar material en dirección horizontal, y algunos tipos pueden operar en pasos ascendentes, aunque la capacidad se reduce apreciablemente.
2. Pueden funcionar como alimentadores, como unidades separadas.
3. Para operaciones de procesamiento se estima como una de las unidades más fácilmente adaptables a la solución de problemas de este tipo.

CAPACIDAD

La capacidad de los transportadores vibratorios de movimiento direccional es determinada por el tamaño del canalón, la frecuencia de este desplazamiento, el ángulo de lanzamiento, la inclinación del canalón y la habilidad del material para recibir y transmitir a través de su masa el golpe direccional del canalón. El material mismo es el factor más importante. Para transportar adecuadamente debe tener un alto factor de fricción interno, de manera que la acción transportante se transmita a través de toda la profundidad del material. Por esta causa las cargas grandes tienden a moverse mas lentamente que las ligeras. El material tambien debe ser bastante denso para minimizar el efecto de la resistencia del aire en su trayectoria, no debe ser aereable. La experimentación ha demostrado que los materiales granulares se manejan mejor que los pulverizados, y las formas planas o irregulares que las esféricas.

La capacidad de los transportadores vibratorios es extremadamente amplia y puede ir desde unos pocos kilogramos, hasta mas de mil toneladas por hora.

LONGITUD

La longitud de este tipo de transportadores está limitada a alrededor de 60 m, con unidades metrices múltiples, y a aproximadamente 30 m, cuando cuentan con una sola unidad metriz. Hay muchas excepciones a estas limitaciones generales, por lo cual no se debe tener prejuicios al estudiar problemas específicos donde este tipo de transportador parece recomendable.

APLICACIONES Y LIMITACIONES

Como se comentó en párrafos anteriores, este tipo de unidades está limitada en su trayectoria, que generalmente es horizontal; y en la distancia de transporte, que sólo puede ser aumentada mediante la combinación de unidades múltiples, lo cual puede resultar impráctico.

Este transportador puede manejar algunos materiales de naturaleza difícil que no pueden manejarse exitosamente con otros tipos. En algunos casos reemplazan a otros tipos de unidades por la simplicidad de su construcción y su facilidad de mantenimiento.

Los materiales difíciles (tales como los que son de naturaleza fibrosa, alargada, granulada, caliente o abrasiva, finos o con gránulos) se transportan fácilmente y sin perjuicios.

En estos transportadores se puede llevar a cabo operaciones de procesamiento de muchos tipos, a causa de sus canalones sencillos que se pueden modificar con facilidad. Aunque los canalones tubulares y los planos son los más comunes, es posible fabricarlos en una variedad de tamaños y formas. Aunque la acción transportante generalmente es suave para evitar problemas con la abrasión, en caso necesario se puede emplear materiales o recubrimientos especiales.

Los canalones se pueden sellar fácilmente para evitar la contaminación, o para operarlos a presión positiva o negativa. Con cribas o placas perforadas se prestan para la eliminación de líquidos, para operaciones primarias de cribado, para escalpado y para secado. Se puede proporcionar calentamiento o enfriamiento

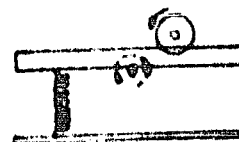
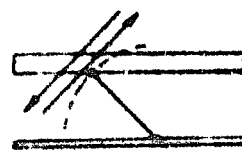
al material, usando corrientes de aire que soplan sobre o a través del material, tableros infrarrojos, tableros calentados por medio de resistencias o poniéndolo en contacto con aire o agua, calientes o frías, circulando en chaquetas a propósito. Puesto que los canalones se pueden construir de materiales resistentes a la corrosión, y se pueden tapar herméticamente, las sustancias combustibles y los compuestos químicos tóxicos se pueden transportar sin miedo a que se contaminen o expidan humos o polvos nocivos. El canalón es completamente autolimpiante, evitando la posibilidad de mezcla con otros materiales.

CALCULO, SELECCION Y DISEÑO

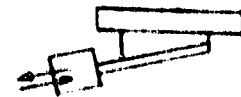
Como se comentaba al hablar de la capacidad, hay tantas variables que afectan la habilidad de estos transportadores para ejecutar su trabajo, que no hay una fórmula simple para calcular la capacidad o la potencia. Por esta causa, en la presente exposición, sólo se hará una breve descripción de estos transportadores en relación con su selección o diseño.

A continuación se ilustran algunos principios básicos de operación de transportadores vibratorios:

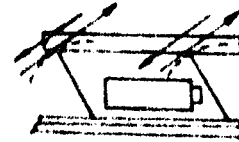
1. Un brazo articulado oscilante, da al canalón un movimiento en arco, recíproco, casi en línea recta.
2. Un soporte constituido por un resorte permite al canalón moverse en una trayectoria establecida por el peso o la flecha excéntrica.



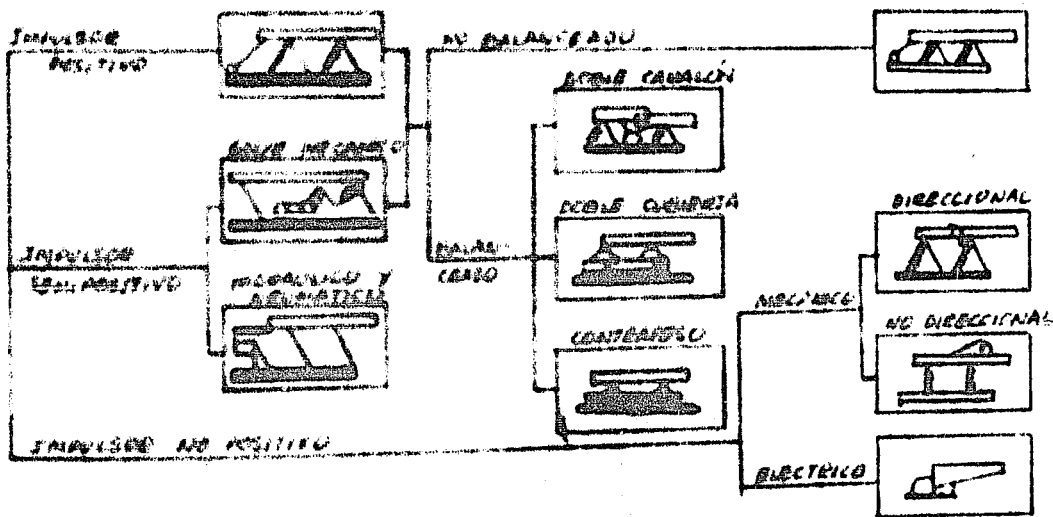
3. Una fuerza magnética imparte, imparte un movimiento en línea recta, a intervalos, al soporte inclinado.



4. La fuerza magnética, actuando sobre resortes de solera, origina un movimiento en arco similar al del brazo oscilante.



Una clasificación de los transportadores vibratorios se puede basar probablemente mejor en las características del sistema motor, como se indica en la siguiente figura.



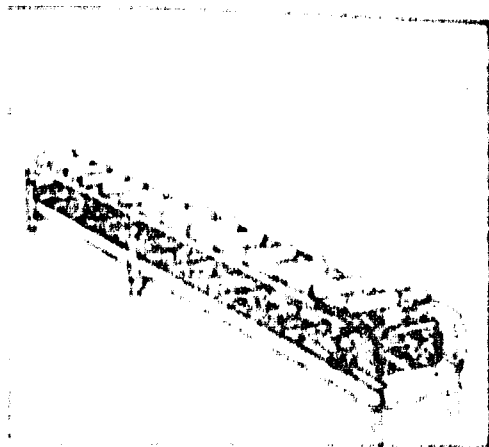
Todos estos tipos transmiten la vibración a su estructura soportante, pero el tipo de impulsión directa o positiva es el pé- simo en este sentido, por lo cual debe montarse en una pesada es- tructura soportante, si es que no puede ser contrabalanceada. Los impulsores de tipo semipositivo y no positivo reducen los efectos vibratorios a causa de que transmiten su empuje a través de la longitud entera del transportador, mas bien que a través de un punto específico. Sin considerar el tipo de sistema mo-

triz, se debe tener cuidado de montar el transportador adecuadamente, de manera que no se perjudique la estructura soportante. La frecuencia de vibración del transportador en ningún caso debe estar cerca de la frecuencia natural de la estructura soportante.

Los transportadores vibratorios mecánicos se diseñan para operar a frecuencias específicas y no trabajan bien a otras frecuencias sin alteraciones cuidadosas en el diseño. Por esta causa no son adaptables a cambios frecuentes de capacidad, excepto por la variación de la profundidad del material alimentado al canalón. Los impulsores excéntricos positivos mantienen su frecuencia y magnitud de desplazamiento sin consideración de la carga, y pueden resultar serios perjuicios con una sobrecarga.

Resos excéntricos girando también pueden suministrar la fuerza motriz, y aunque mantienen una frecuencia constante, la magnitud de su desplazamiento se ve afectada definitivamente por la carga. Los transportadores de lanzamiento direccional se emplean primariamente como transportadores, y generalmente no se les usa como alimentadores.

Los transportadores vibratorios eléctricos se caracterizan por el hecho de que no hay contacto entre el sistema impulsor y el medio transportante. Operan en un ciclo de "empuja y suelta" por medio de electromagnetos pulsantes de corriente directa, o magnetos permanentes o electromagnetos de corriente alterna. Aunque la mayoría de las unidades vibratorias eléctricas se usan como alimentadores, funcionan bien también como transportadores. La mayoría ofrece la ventaja de la regulación de capacidad a través del control de la corriente eléctrica por medio de reóstatos.



TRANSPORTADORES DE PALETAS

DESCRIPCION

Esta es una máquina mas antigua que el transportador de banda. La forma de transporte básica en este tipo de unidad es por arrastre. El material a transportar es confinado en canales de forma muy variable, y empujado a lo largo del trayecto por placas, denominadas paletas o rastras, de forma correspondiente a la del canalón, que van unidas convenientemente a una cadena u otro elemento transmisor del movimiento. La diferencia entre rastras y paletas estriba en que las primeras trabajan en contacto directo con el canalón, arrastrándose sobre el mismo, mientras que las segundas cuentan con elementos de deslizamiento, ya sea la cadena misma, o zapatas de desgaste, que impiden el contacto directo de la paleta con el canalón.

FUNCION

Adecuadamente diseñados, los transportadores de paletas pueden realizar las siguientes funciones:

1. Transportar horizontalmente y en pasos inclinados, hasta de 45°, o en combinaciones de ambas trayectorias.
2. Pueden transportar material en ambas ramas, la ida y el retorno.

3. admiten aberturas de carga y descarga múltiples, pudiendo distribuirse entre ellas a varios puntos fijos.
4. Facilitan auxiliar algunas operaciones simples de procesado.

CAPACIDAD

La capacidad en los transportadores de paletas o rastras es menor que en otros tipos de transportadores, tales como los de banda o los de tablillas, porque en los de paletas, las propiedades de fluidez y ángulo de reposo del material limitan más la capacidad efectiva del equipo. Mientras más fluido sea un material, menor será la cantidad retenida entre paletas.

La velocidad máxima recomendable para este tipo de unidades es de 30 r/min.

Dependiendo de las características del material, estos transportadores son capaces de manejar más de 200 m³/hr, que para materiales de 1 kg/m³ de densidad a granel significaría una capacidad de manejo de 200 ton/hr.

LONGITUD

Como en el caso de todos los transportadores movidos por cadena, los de paletas también están limitados en su longitud de transporte por la resistencia de la propia cadena. Además, el hecho de que el material se arrastra contra el canalón implica una mayor tensión de trabajo para la cadena. Para las mismas condiciones de trabajo, los transportadores de paletas alcanzan menores distancias que los transportadores de tablillas: algunos cientos de metros.

APLICACIONES

Y LIMITACIONES

A causa de que el material es arrastrado a lo largo de un canalón, esta unidad no es recomendable para materiales abrasivos. Cuando no hay otra alternativa, se pueden emplear materiales resistentes a la abrasión para su manufactura, no sin elevar tremendousamente su costo. Una excepción a lo anterior es el transportador de cadena arrastrante (drag chain), como se expone adelante.

Este transportador es adecuado para manejar materiales calientes y abrasivos, tales como las cenizas y el clinker de cemento, o algunos compuestos químicos de características similares. También se emplea para manejar aserrín o pulpa de madera, en cual caso puede reducirse su costo empleando cadena standard de hierro maleable y eslabones anchos. En general, puede emplearse para una variedad de materiales de las clases B, C, D, 2, 3, 7, 8, P y X, según la clasificación de Link-Belt, citada en el capítulo de materiales. El canalón se construye de acero, fierro blanco o concreto, de acuerdo con el material manejado.

Las aplicaciones más comunes de los transportadores de paletas son en el manejo de carbón y de bagazo de caña. Las dimensiones de las paletas difiere bastante, para carbón o materiales semejantes, son angostas y profundas, y para materiales similares al bagazo de caña, generalmente son anchas y poco profundas.

Los transportadores de paletas pueden operar en inclinaciones de 40 y 45°, aunque a una capacidad grandemente reducida. Si la pendiente es de 25°, la paleta deberá tener suficiente profundidad para evitar el derrame de material. En pendientes inclina-

das hacia abajo, el transportador se puede usar para retardar el movimiento del material.

CALCULO, SELECCION Y DISEÑO

Se requieren los siguientes datos fundamentales: 

1. Características del material.
2. Longitud de transporte.
3. Capacidad de manejo.

Para trabajo moderado, pequeñas capacidades y pedruzcos también pequeños, es suficiente el transportador de rastras de una sola cadena. Para grandes capacidades y servicio activo, se puede seleccionar un transportador de paletas colgantes con doble rama de cadena y partes desgastables reemplazables; en estas condiciones debe considerarse el transportador de banda como una alternativa posible. Las paletas anchas unidas a una sola cadena son inseguras y pueden romper el aditamento. Con dos ramas, la paleta es soportada en ambos extremos y el aditamento trabaja más seguro.

El transportador de una sola cadena bloquea en parte la alimentación al canalón y por ello está limitado a materiales con pocos y pequeños pedruzcos. El espaciado de las paletas es variable para ajustarse al tamaño de los pedruzcos y a la capacidad y pendiente del transportador. Las unidades de doble cadena y con paletas bastante espaciadas, son más adecuadas para pedruzcos grandes.

Los transportadores de cadena arrastrante se pueden cargar a una profundidad limitada. La velocidad debe ser baja.

La siguiente tabla muestra la capacidad para varios anchos de cañalón, con una profundidad de material de 150 mm y una velocidad de 3 m/min, para material de 0.8 kg/dm³.

| ANCHO CAÑALÓN cm | CAPACIDAD ton/hr |
|---------------------|---------------------|
|---------------------|---------------------|

26.7

4.1

33.0

5.5

40.6

6.8

50.8

8.6

CALCULO. El cálculo de la potencia

requerida por este tipo de unidades

implica la determinación experimental

de los diferentes coeficientes

de fricción implicados. Esto

explica la diferencia encontrada en

tre las formulas de los diversos fabricantes y lo cual nos lleva

a referirnos al procedimiento de cálculo de un fabricante en es-

pecial. El procedimiento que sigue es el sugerido por la compa-

ña Link-Belt.

De acuerdo con las características del material y la capacidad

requerida, se selecciona el material de construcción del tr-

ansportador así como las dimensiones de las paletas. En esta

selección el factor calidad puede resultar en un aumento en el

peso general de las partes móviles de la unidad, lo cual se tra-

ducirá en un mayor requerimiento de potencia tanto como en la ne-

cesidad de disponer de una cadena de mayor resistencia. convie-

ne, por tanto, antes de hacer un cálculo tentativo, hacer una se-

lección de elementos móviles de acuerdo con la calidad requerida

del equipo.

Contando con una descripción elemental de las partes móviles,

la potencia requerida se puede calcular con las formulas que se

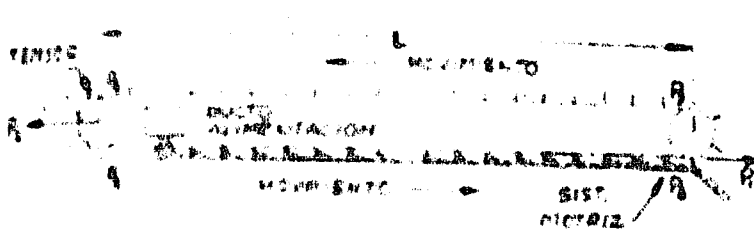
ofrecen a continuación. El significado de las literales y el va-

lor de los coeficientes se puede encontrar en el capítulo de pro-

piedades de los materiales.

Investiguo a que diseño corresponde su caso particular y apli que las formulas respectivas:

DISENO A. La cadena y el material arrastran.



$$H = \frac{P_1 SK}{33,000}$$

$$P_1 = P_6 - P_3 = L(2.2FW + FM + h^2G) + 0.2N$$

$$P_2 = 2.2P_4, \quad P_3 = N, \quad P_4 = P_3 + LFW$$

$$P_5 = 1.2P_4, \quad P_6 = P_5 + L(FW + FM + h^2G)$$

DISENO B. La cadena rueda y el material arrastra.



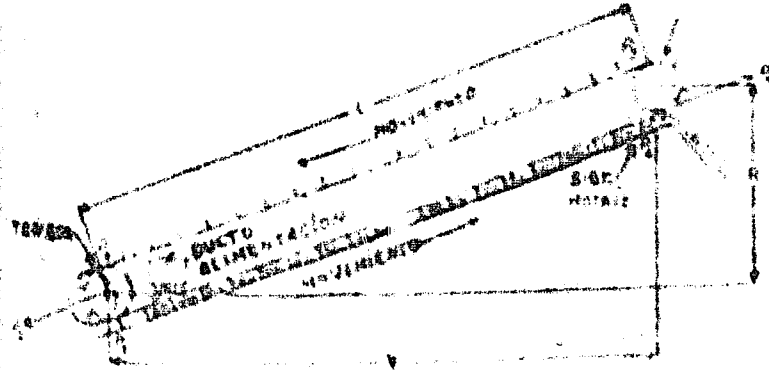
$$H = \frac{P_1 SK}{33,000}$$

$$P_1 = P_6 - P_3 = L(2.2CW + FM + h^2G) + 0.2N$$

$$P_2 = 2.2P_4, \quad P_3 = N, \quad P_4 = P_3 + LCW$$

$$P_5 = 1.2P_4, \quad P_6 = P_5 + L(CW + FM + h^2G)$$

DISENO F. La cadena y el material arrastran.



$$H = \frac{P_1 SK}{33,000}$$

$$P_1 = P_6 - P_3, \quad P_2 = 2.2P_4$$

$$P_3 = N, \text{ cuando } \frac{R}{Y} \text{ es menor que } F$$

$$P_3 = N + W(R - FY) \text{ cuando } \frac{R}{Y} \text{ es mayor que } F$$

$$P_4 = N + W(FY - R) \text{ cuando } \frac{R}{Y} \text{ es menor que } F,$$

$$P_4 = N, \text{ cuando } \frac{R}{Y} \text{ es mayor que } F, \quad P_5 = 1.2 P_4$$

$$P_6 = P_5 + Y(FW + FM + h^2G) + R(W + N)$$

DISEÑO G. Cadena rodando y material arrastrando.

$$H = \frac{P_1SK}{33,000}$$

$$P_1 = P_6 - P_3, \quad F_2 = 2.2P_4,$$

$$P_3 = N \text{ si } \frac{R}{Y} \text{ menor que } C,$$

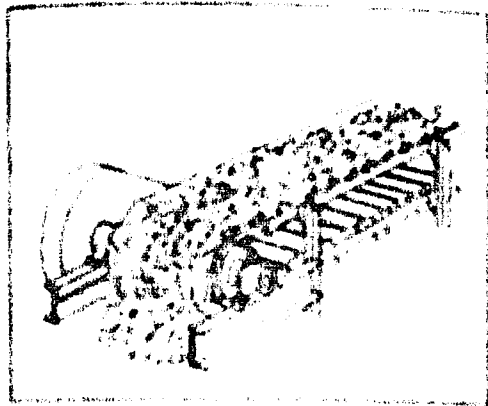
$$P_3 = N + W(R - CY) \text{ si } \frac{R}{Y} \text{ mayor que } C,$$

$$P_4 = N + W(CY - R) \text{ si } \frac{R}{Y} \text{ menor que } C,$$

$$P_4 = N \text{ si } \frac{R}{Y} \text{ mayor que } C.$$

$$F_5 = 1.2P_4,$$

$$P_6 = F_5 + Y(CW + TM + h^2G) + R(W + X).$$



TRANSPORTADORES DE TABLILLAS

DESCRIPCION

Este tipo de unidades consiste de una serie de tablillas, generalmente de acero, sobre las cuales se transporta el material. Las tablillas se diseñan en formas que facilitan su traslape, y van unidas a dos ramas de cadena de rodillos que actúa como elemento transmisor del movimiento. El sistema constituido de esta manera corre, por medio de los rodillos de la cadena, sobre carriles dispuestos a propósito.

FUNCION

1. Pueden transportar material en una trayectoria horizontal, inclinada, o en combinaciones de ambas; aunque siempre en un plano vertical.
2. Pueden funcionar como alimentadores, como unidades separadas.

CAPACIDAD

La velocidad máxima recomendable para este tipo de transportadores es de 30 m/min, y de 3 a 9 m/min cuando se trate de alimentadores.

Las tablillas se fabrican usualmente en anchos que varían de 30 hasta 140 cm, y en algunos casos se diseñan con cantoneras (placas laterales) o con rozadoras, que aumentan la capacidad de carga del transportador.

De acuerdo con las características del material, son capaces de manejar mas de 750 m³/hr, que para un sólido de 1 kg/dm³ de densidad a granel se traduce en 750 ton/hr.

LONGITUD

La longitud que puede tener un transportador de tablillas depende fundamentalmente de la resistencia de la cadena. La longitud alcanzable será bastante menor que en los transportadores de banda, cuyos requerimientos de potencia son menores. En general, su distancia de transporte puede llegar hasta algunos cientos de metros.

APLICACIONES

Y LIMITACIONES

Estan limitados en la inclinación cuando la trayectoria es cóncava, tanto por el ángulo de reposo del material como por el diseño de las tablillas, cuyo traslape generalmente sólo admite ángulos menores de 30°. Este problema se disminuye en parte por el empleo de curvas con radios adecuados.

Pueden construirse en diseños para trabajo ligero o pesado, dependiendo de la severidad del servicio requerido. En trabajos severos y manejando pedruzcos grandes, tienen mayor resistencia que otros tipos de transportadores. En este último respecto hallan aplicación particular como alimentadores, extrayendo materiales de arcones o tolvas.

Para manejar materiales a alta temperatura, donde otros transportadores no pueden emplearse, el transportador de tablillas ofrece grande ventaja. Y en el caso de materiales que, además de estar a alta temperatura son abrasivos, tiene ventaja aún so-

bre los transportadores de paletas y de gusano, que arrastran el material contra una superficie.

Existe un tipo de estos transportadores, de un diseño que pone especial cuidado en obtener un traslape lo más cerrado posible, para evitar fugas de materiales con partículas muy pequeñas y en el cual las tablillas cuentan con cantoneras integrales.

CALCULO, SELECCION Y DISEÑO

Se requieren los siguientes datos generales:

1. Características del material.
2. Distancia de transporte.
3. Capacidad de manejo.

Para la selección o diseño, el manual de ingeniería de la compañía Hewitt-Robins (9) da las siguientes recomendaciones generales:

La selección de un transportador para condiciones especificadas implica una selección de entre varias soluciones posibles. Pero cuando se desarrolla la ingeniería del sistema, la selección final generalmente es gobernada por condiciones particulares a la instalación considerada.

El paso de la cadena debe ser tan grande como sea posible, a causa de que entre mayor sea el paso, se requerirán menos partes por unidad de longitud del transportador y será mayor la economía.

Se considera comunmente que el ancho mínimo de un transportador de este tipo, no debe ser menor de 2-1/2 a 3 veces el tamaño de la pieza o pedrusco mas grande del material a manejar. Por

ejemplo: para manejar piedra no clasificada con un tamaño máximo de pedruscos de 20.3 cm, el transportador de tablillas debe tener un ancho mínimo de 61 cm. Este sería un transportador relativamente estrecho. Como un ancho mínimo para selección preliminar, se sugiere que en transportadores angostos se seleccione un ancho de tres veces el tamaño de pedrusco máximo; pero en transportadores anchos esto se puede reducir a 2-1/2 veces el tamaño de la piedra máxima.

La potencia no se gasta en fricción del material contra las resaderas del transportador y el diseño del transportador se simplifica si el material puede ser contenido completamente dentro de las tablillas y sus cacheteras. Es una buena práctica evitar que la altura de las cacheteras exceda el paso de la cadena.

Cuando se desea aumentar la profundidad del material transportado se puede agregar resaderas estacionarias, pero estas no deben exceder una altura de 2/3 del ancho del transportador. Mas allá de esto, se reduce la capacidad del transportador y la economía desaparece.

Un breve estudio de la tabla que se presenta adelante, muestra que las velocidades permisibles del transportador disminuyen con un aumento en el paso de la cadena, y la reducción en el número de dientes de la cadena. Esto parece reducir la capacidad y contradecir la primera sugerencia de que el paso sea tan grande como sea práctico. Pero cuando se recuerda que los pasos mas grandes tienden a combinarse mas facilmente con tablillas mas anchas, y que los pasos mas pequeños son mas costosos, se notará que la mayor economía aún está del lado de los transportadores con el mayor paso práctico. "práctico", en el sentido de que

las limitaciones de espacio pueden dictar el empleo de una cadena de paso menor que el óptimo, debido a los diámetros de las carinas.

Un transportador de tablillas de ancho, profundidad y velocidad dadas, manejará varios tonelajes de material, debido a los pesos específicos variables de los materiales manejados. Pero su capacidad en volumen por hora permanece constante.

Las capacidades de los transportadores de tablillas varían de unas pocas toneladas a cientos de toneladas por hora. El tamaño máximo de las piezas manejadas determina el ancho y la profundidad de las tablillas requeridas, y de esta manera determina la capacidad requerida del transportador. Las siguientes formulas se emplean para calcular la capacidad de los transportadores de tablillas:

$$C = 750 \times h \times A \times S$$

$$T = \frac{600d}{1000}$$

donde C = capacidad, m³/min

h = profundidad de material, m.

A = ancho de la tablilla, m.

S = velocidad en m/min.

T = tons/hr.

d = densidad a granel del material, ton/m³

CALCULO DE LA POTENCIA. Como se indica en el cálculo de los transportadores de paletas, el calculo de la potencia implica ciertos coeficientes de fricción determinados experimentalmente y que asumen diferentes valores para diferentes fabricantes. Su aplicación en otras circunstancias que las creadas por los fabricantes específicos puede dar lugar a resultados erróneos; las ecuaciones que aquí se consignan se ofrecen sólo como un ejemplo

VELOCIDADES MAXIMAS RECOMENDADAS

8

| No. dientes | 101mm (4") P.A.S.C. | | | 152mm (6") P.A.S.C. | | | 229mm (9") P.A.S.C. | | | 305mm (12") P.A.S.C. | | | 381mm (15") P.A.S.C. | | |
|-------------|---------------------|------|----------|---------------------|------|----------|---------------------|------|----------|----------------------|------|----------|----------------------|------|----------|
| | Max. RPM | D.P. | Max. RPM | Max. RPM | D.P. | Max. RPM | Max. RPM | D.P. | Max. RPM | Max. RPM | D.P. | Max. RPM | Max. RPM | D.P. | Max. RPM |
| 6 | 90 | 27.3 | 54.9 | 49 | 305 | 44.7 | 26.7 | 457 | 36.6 | 17.3 | 6.9 | 37.0 | 9.43 | 914 | 24.9 |
| 7 | " | 34.4 | 64.2 | " | 351 | 51.9 | " | 527 | 42.7 | " | 702 | 36.6 | " | 1050 | 30.5 |
| 8 | " | 42.7 | 73.2 | " | 398 | 57.4 | " | 597 | 46.8 | " | 790 | 41.7 | " | 1174 | 35.1 |
| 9 | " | 497 | 82.3 | " | 445 | 67.1 | " | 666 | 54.9 | " | 891 | 47.1 | " | 1330 | 38.1 |
| 10 | " | 529 | 91.5 | " | 494 | 74.7 | " | 739 | 61.0 | " | 976 | 53.4 | " | 1450 | 42.7 |
| 11 | " | 361 | 100.5 | " | 541 | 82.4 | " | 811 | 67.1 | " | 1082 | 57.9 | " | 1623 | 47.3 |
| 12 | " | 392 | 109.8 | " | 587 | 90.0 | " | 883 | 73.2 | " | 1172 | 62.8 | " | 1767 | 51.9 |
| 13 | " | 424 | 119.0 | " | 637 | 97.6 | " | 955 | 79.3 | " | 1273 | 68.6 | " | 1910 | 56.4 |
| 14 | " | 457 | 128.2 | " | 684 | 105.3 | " | 1027 | 85.4 | " | 1370 | 73.2 | " | 2055 | 61.0 |
| 15 | " | 489 | 137.3 | " | 733 | 111.3 | " | 1100 | 91.5 | " | 1467 | 79.3 | " | 2152 | 64.1 |

Para transportadores cargados muy pesadamente use sólo el 75% de las velocidades anteriores

y no como un método de cálculo general. Dichas ecuaciones han sido tomadas del manual de ingeniería de la compañía Link-Belt, y los valores de los coeficientes se podrán ver en el capítulo de propiedades de los materiales.

DISCRO C. Cadena rodando y material cargado.

$$H = \frac{P_1 S K}{33,000}$$

$$P_1 = P_6 - P_3 = L(2.2CW + CM + h^2G) + 0.2N$$

$$P_2 = 2.2P_4, P_3 = N, P_4 = P_3 + LCW$$

$$P_5 = 1.2P_4, P_6 = P_5 + L(CW + CM + h^2G)$$

DISCRO H. Cadena rodando y material cargado.

$$H = \frac{P_1 S K}{33,000}$$

$$P_1 = P_6 - P_3, P_2 = 2.2P_4,$$

$$P_3 = N \text{ si } \frac{R}{Y} \text{ menor que } C,$$

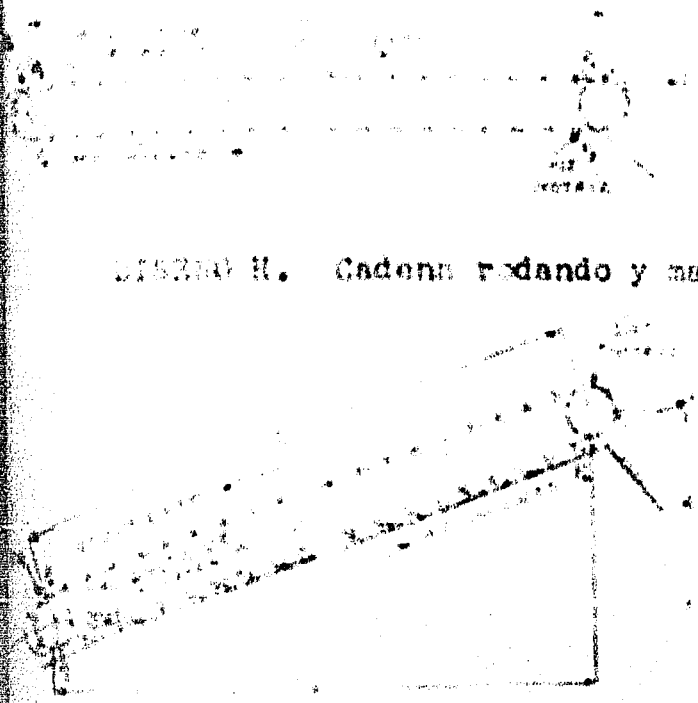
$$P_3 = N + W(R - CY) \text{ si } \frac{R}{Y} \text{ mayor que } C,$$

$$P_4 = N + W(CY - R) \text{ si } \frac{R}{Y} \text{ menor que } C,$$

$$P_4 = N \text{ si } \frac{R}{Y} \text{ mayor que } C.$$

$$P_5 = 1.2P_4$$

$$P_6 = P_5 + Y(CW + CM + h^2G) + R(W + N).$$



BIBLIOGRAFIA

1. INTRODUCTION TO CHEMICAL ENGINEERING. W. L. Badger and J. T. Banchero. Mc. Graw Hill. 1955. Pags. 687-715.
2. CHEMICAL ENGINEERS HANDBOOK. John H. Perry. Mc. Graw Hill. Fourth edition. 1963. Section 7.
3. UNIT OPERATIONS. George Granger Brown. Wiley and Sons Inc. 1956. Pags 7-9 y 49-65.
4. CONVEYORS AND RELATED EQUIPMENT. Wilbur G. Hudson. Wiley and Sons Inc. 3rd edition. 1954.
5. LINK-BELT. Catálogos generales números 900 y 1050.
6. CONVEYORS AND ELEVATORS. Chemical Engineering Report-april 1954.
7. STEPHENS ADAMSON. Catálogo general No 66.
8. HEWITT-ROBINS. Catálogo A-4a, Drive and Conveying Chain; boletín 175, Conveyor Belt Engineering.
9. PRINCIPLES OF UNIT OPERATIONS. Alan S. Foust. John Wiley & Sons Inc. 1960. Pags. 480-484.
10. JEFFREY. Bucket Elevators. Catalog 950.
11. EHRSAM. Industrial Type Bucket Elevators. Catalog number 3A.

12. GOODRICH KUZKADI. Cómo seleccionar correctamente una banda transportadora.
13. JEFFREY. Belt Conveyors. Catalog 852.
14. CAMBRIDGE. Conveyor Belts for the Conveying and Treatment of Industrial Products.
15. MATERIALS MANAGEMENT. Chemical Engineering Report. December 7, 1966. Pg. 117. Vol 73. No 25.
16. HEATING & COOLING OF SOLIDS. Chemical Engineering Report. October 23, 1967. Vol 74. No 22. Pg. 145.
17. PRACTICAL PNEUMATIC CONVEYOR DESIGN. John Fischer. Chemical Engineering. June 2, 1958. Pg. 114.
18. INDUSTRIAL MACHINERY CO. INC. Catalog and Engineering Manual. Screw Conveyor Equipment. Catalog No 5000.