

881202

21  
24

**UNIVERSIDAD ANAHUAC**

**ESCUELA DE INGENIERIA**

**ESTUDIO DE UN SISTEMA PARA TRANSPORTAR  
DETERGENTE DE TORRES DE SECADO A SILOS  
DE ALMACENAMIENTO EN UNA FABRICA DE  
JABON Y DETERGENTE**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA**

**P R E S E N T A :**

**JOSE SANTIAGO PALLAS GUZMAN**

MEXICO, D. F.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

1986



Universidad Nacional  
Autónoma de México

UNAM



## **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 está 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.

## CONTENIDO

ESTUDIO DE UN SISTEMA PARA TRANSPORTAR DETERGENTE DE TORRES DE SECADO A SILOS DE ALMACENAMIENTO EN UNA FABRICA DE JABON Y DETERGENTE.

	<u>Pag.</u>
CAPITULO I	
- Introducción y objetivos	3
CAPITULO II	
- Generalidades del detergente	5
CAPITULO III	
- Características del detergente y cuidados necesarios en su manejo.	12
3.1. Componentes del detergente	12
3.2. Características físicas del detergente	20
3.3. Cuidados necesarios en el manejo del detergente	22
CAPITULO IV	
- Secuencia del movimiento del detergente y descripción del lugar en donde se va a manejar.	24
4.1. Descripción del lugar en donde se va a manejar el <u>pro</u> ducto	24
4.2. Secuencia del movimiento del producto	25
CAPITULO V	
- Análisis de la naturaleza del trabajo que el equipo va a desarrollar.	28

	<u>Pag</u>
5.1 Localización de los diferentes equipos que intervienen en el sistema.	28
5.2 Limitaciones de espacio.	29
5.3 Limitaciones de la naturaleza del producto	32
 CAPITULO VI	
- Selección del Equipo	36
6.1 Diferentes tipos de transporte para el manejo de materiales a granel.	36
6.2 Selección del equipo	48
 CAPITULO VII	
- Diseño del Sistema de Transporte Requerido.	52
7.1 Trayectorias y longitudes de los transportadores	52
7.2 Volúmenes a manejar	60
7.3 Ancho de bandas y velocidades	62
7.4 Características de los transportadores	70
 CAPITULO VIII	
- Estudio de Costos	119
 CAPITULO IX	
- Conclusiones	124
 BIBLIOGRAFIA	
	129

## CAPITULO I

### INTRODUCCION Y OBJETIVOS

#### 1.1. OBJETIVO

El objetivo de este estudio, es diseñar un sistema capaz de mover detergente a granel dentro de una planta de producción.

En el manejo de este producto se requieren ciertos cuidados e implica ciertos problemas.

Ya que la producción es constante, este sistema debe mover constantemente la cantidad de producción que cae de la torre de secado y transportarlo a través de la planta de producción entre varios procesos como son: enfriado, cribado, perfumado, agregado de encimas y detergente pigmentado, hasta llegar a silos de almacenamiento.

Se busca entonces el sistema más eficiente y práctico.

#### 1.2. JUSTIFICACION

Se podría pensar en varios sistemas para el manejo de material a granel, como elevadores de cangilones, carros sobre rieles, transportadores de cadena, con canastillas colgantes, transportadores de banda, transportadores de rastras, neumáticos, o también el acarreo manual por medio de operadores. Pero sistemas como éste, acarrearía altos costos de mano de obra y se requerirían otros equipos auxiliares, así que tendrá que encontrarse el sistema más viable tratando de reducir al máximo la mano de obra, ya que ésta implica tiempos muertos, aumento de operaciones y el incremento de problemas sindicales, esto por consiguiente repercute en los

costos.

Se tratará aquí de encontrar el sistema más económico y que no implique una degradación del producto o merma.

### 1.3. ALCANCE

El aumento acelerado de la población, provoca el incremento del consumo del producto, esto a su vez obliga al aumento de capacidad de producción, viendo esto, se proyectó la adquisición de equipo de mayor capacidad, esto hace que métodos tradicionales de operación se vuelvan incosteables e imprácticos teniendo así que modernizar los sistemas.

La capacidad de almacenamiento actual de detergente terminado es mínima, esto provoca que se requiera trabajar simultáneamente los departamentos de envasado y producción, así que se pensó en incrementar considerablemente la capacidad de almacenamiento de producto terminado con objeto de poder hacer una programación, tanto de envasado de producto como de producción, reduciendo horas extras y ayudando así a hacer un buen mantenimiento de los equipos.

Todas estas modificaciones hacen que el sistema actual quede obsoleto e inoperante.

Por otro lado, la crisis actual ha provocado el control de precios y la escasez de materias primas, ya que éstas son de importación en un gran porcentaje, esto minimiza el margen, creando así la necesidad de bajar costos y eficientar las plantas de producción, esto puede lograrse trando de buscar poco a poco una automatización.

El aumento de la productividad puede reflejarse en una mayor penetración en el mercado, ganándole terreno a la competencia.

## CAPITULO II

### 2.1. GENERALIDADES DEL DETERGENTE

Se dice que un detergente es cualquier agente que limpia.

Esta definición es bastante más general y más amplia de lo que el uso tecnológico del término parece indicar. La palabra detergente se define como la capacidad para limpiar las superficies de un objeto sólido por medio de un baño líquido.

Aclarando que el proceso de limpieza involucra la acción de un agente especial, que es el detergente. Se menciona lo anterior para establecer que no se considera como detergen-cia el hecho de disolver únicamente la mugre. Por ejemplo, cuando se lavan con agua los residuos de azúcar en una cuchara, no se efectúa una detergencia.

Por tanto, la detergencia es en general, el efecto de la limpia extraordinariamente intensificado, en un baño líquido, causado principalmente por un agente especial que es el detergente, el cual actúa alterando las condiciones de la mugre en el sistema de lavado.

Por lo general, los detergentes se aplican al substracto su-cio en forma de un baño muy diluído. Sin embargo, los deter-gentes se fabrican y se venden en gran variedad de formas fí-sicas en relación con usos especiales y problemas específi-cos de producción y formulación. En muchos casos, se inclu-ye un ingrediente en la fórmula del detergente con el único fin de modificar o controlar la forma física.

Según la forma, la mayoría de los detergentes pertenecen a uno de los siguientes grupos: polvos, barras, pastas, líquidos o escamas.

Varias condiciones importantes rigen el éxito de la formulación de detergentes. En primer lugar, claro que el detergente no debe dañar el sustrato en que se hace la aplicación, requisito que no siempre puede lograrse, y de ahí la necesidad de mejorar la suavidad del detergente. Segundo, el detergente debe limpiar eficazmente con un mínimo de acción mecánica. En algunos casos, el preparador de la fórmula se ve comprometido a sacrificar algunas propiedades con tal de destacar otras.

Las condiciones más importantes de aplicación que rigen la formulación de un detergente son: temperatura del baño, la relación entre el peso del baño y el peso de la mugre y el sustrato; limitaciones de enjuague y acción mecánica, dureza o la condición del agua. Una consideración final en la formulación de todos los tipos de detergentes es la compatibilidad de los ingredientes y la estabilidad del producto; esto es: que no ocurran alteraciones de tipo físico o químico en las condiciones normales de almacenamiento, transporte y uso.

Para apreciar de una manera más práctica como actúan los detergentes, es conveniente aclarar primero en que consiste el ensuciamiento del sustrato. Lo que puede ocurrir de las siguientes formas: atrapamiento mecánico de la suciedad, unión electrostática y unión de las partículas con las fibras por medio de una capa adherente de suciedad aceitosa.

Se ha comprobado que la fijación de la suciedad, ocurre en



parte porque existen partículas de mugre tan pequeñas que se incrustan en las irregularidades de la superficie de la fibra. Sin embargo, estos hechos podrían explicarse suponiendo que existen unas fuerzas de unión que controlan la fijación de las partículas de mugre a la fibra.

Unos investigadores demostraron la existencia de esas fuerzas como la principal causa de fijación de la suciedad.

De lo anterior deducimos que el proceso de detergencia consiste concretamente en la eliminación o reducción de las fuerzas que unen a la mugre con el substrato, permitiendo el desprendimiento de la suciedad.

El compuesto encargado de separar la suciedad del substrato es el agente tenso-activo que actúa en la interfase facilitando la separación de las dos fases.

Existen varios métodos para la fabricación de detergentes sintéticos. Refiriéndonos al caso de los fabricados a base de alquil aril sulfonatos, las diferencias entre los diversos métodos de fabricación, consisten básicamente en los mecanismos de sulfonación utilizados.

El más grande avance en las técnicas de sulfonación en años recientes, es el uso de trióxido de azufre ( $SO_3$ ) como agente sulfonante.

Por las múltiples ventajas que tiene la técnica de sulfonación con  $SO_3$  respecto a la sulfonación con oleum, se optó por seleccionar el proceso Sulfurex, como también es conocido el proceso de  $SO_3$ , para la fabricación del agente tenso-activo.

Dentro de la gran diversidad de detergentes sintéticos, los alquil aril sulfonatos son los más importantes.

Existen muchas razones para esto. Las materias primas utilizadas son las más fáciles de conseguir.

En la actualidad, el alquil aril más importante en la fabricación de detergentes, es el dodecil benceno (DDB). Siendo éste el material sulfonable usado por la Empresa.

La principal fuente de DDB es la industria petrolera.

Una breve descripción del proceso de elaboración del detergente se muestra a continuación. (Ver Fig. 2.1)

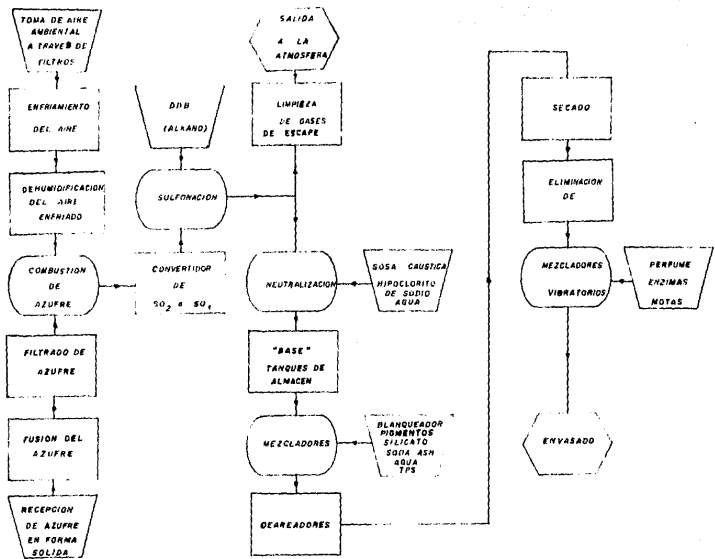
El azufre se recibe en estado sólido, con una pureza aproximada de 95%, siendo transferido a un tanque disolvedor, donde por medio de serpentines con vapor, es fundido y mantenido a una temperatura aproximada de 140°C. Debe ser a esta temperatura, porque en esas condiciones presenta una viscosidad mínima, facilitando su transporte a través de tuberías.

Una vez disuelto, el azufre es filtrado y bombeado a tanques de almacenamiento, de donde posteriormente se tomará para el proceso.

El aire empleado en el proceso debe estar limpio y libre de humedad, ya que ésta propicia la formación de ácido sulfúrico, compuesto que es altamente corrosivo, alterando además las características de los productos principales.

La humedad del aire es eliminada por medio de enfriamiento y absorción.

El aire es primeramente enfriado hasta 2°C, condensándose una parte de humedad. Esto se consigue con una unidad frigorífica que emplea un tipo especial de salmuera como agente enfriador del aire, siendo a su vez enfriada constantemente por medio de gas Freón.



**ELABORACION DE DETERGENTE. FIGURA 2.1**

Esta salmuera que contiene etilenglicol, se emplea porque \_  
tiene un punto de congelación muy por abajo de cero grados \_  
centígrados, en tanto que el agua se congela a cero grados \_  
centígrados normalmente.

La humedad que no se condensa en la unidad frigorífica, es \_  
absorbida por medio de sílica gel en secadores posteriores.

Una vez que la sílica gel está saturada de humedad, se rege-  
nera secándose con aire caliente.

El aire seco se emplea para quemar el azufre, obteniendo  $SO_2$ .

La combustión es altamente exotérmica (generadora de calor)  
saliendo la corriente gaseosa del quemador, con una tempera-  
tura aproximada de  $600^{\circ}C$ . Posteriormente, la corriente ga-  
seosa proveniente del quemador de azufre, es introducida a \_  
un convertidor catalítico para convertir el  $SO_2$  en  $SO_3$ .

El convertidor catalítico consta de tres lechos de Pentóxido  
de Vanadio, que es el compuesto que permite la conversión de  
 $SO_2$  en  $SO_3$ . Esta conversión también es exotérmica, por lo \_  
que en cada caso, se elevará la temperatura de la corriente  
gaseosa. Las características de la conversión, indican que  
la corriente gaseosa no debe exceder de  $450^{\circ}C$ , por lo cual,  
se debe enfriar hasta una temperatura comprendida en el in -  
tervalo de  $400$  a  $450^{\circ}C$  a la entrada de cada uno de los tres  
pasos del convertidor.

Después de la obtención del  $SO_3$ , el paso siguiente en el pro-  
ceso, es la sulfonación del DDB. Esto se lleva a cabo en u-  
na serie de reactores en los que se alimentan simultáneamen-  
te y en forma continua el  $SO_3$  y el DDB. El producto que se  
obtiene es el ácido dodecil bencen sulfónico, usualmente de-  
nominado ácido sulfónico simplemente.

El ácido sulfónico es una pasta viscosa de color café oscuro y olor característico, que al neutralizarlo con sosa cáustica, produce el dodecil bencen sulfonato de sodio, conocido también como sulfonato de sodio o simplemente como Base.

La base es el ingrediente principal de los detergentes, ya que será el material activo.

Por lo anterior, cuando se hable del contenido del activo en la Base y en los detergentes, nos estaremos refiriendo al contenido de sulfonato de sodio en los mismos.

La Base junto con los demás ingredientes, es mezclada en proporción adecuada para cada tipo de detergente.

La pasta que se obtiene en los mezcladores, es pasada a través de deareadores, en donde se les elimina el aire para mejorar el proceso de secado. Después de los deareadores, la pasta es bombeada a las torres de secado, en donde por medio de espreas, se forma una lluvia que es secada por medio de aire caliente que es alimentado usualmente por la parte inferior de la torre .

El detergente seco sale por la parte inferior de la torre, mientras que el aire húmedo sale por la parte superior. El aire húmedo arrastra gran cantidad de partículas finas de detergente, las cuales son separadas por medio de separadores ciclónicos, ya que no deben ser emitidas a la atmósfera. El polvo que se recoge en los ciclones, se conoce como polvo de ciclón o como los "finos" del detergente.

El detergente en polvo que sale de la torre de secado es succionado por medio de un elevador neumático (air lift), enfriándose para poder ser envasado sin problemas.

Del air lift, cae a unos separadores mecánicos (zarandas), don

de le son eliminadas las partículas grandes de detergente.

Una vez que sale de las zarandas, el detergente es llevado al departamento de envasado. En el transcurso, le son adicionados el perfume, las motas de color y las enzimas, ya que estas materias no deben de ser expuestas a las condiciones que se necesitan en la torre de secado.

El detergente que no reúne los requisitos necesarios para envasarse es reprocesado.

El proyecto que se desarrollará constituye una parte de la solución del aspecto mecánico perteneciente a este proceso y consiste en determinar las características principales del sistema de transportación con una capacidad de 15 toneladas por hora de detergente que salen en cada torre de secado a llevarlo hasta silos de almacenamiento.

Este sistema y el tipo de transportadores mencionados aquí pueden ser muy similares a los que se usarían en plantas productoras de detergente, o de materiales semejantes a éstos.

Por tanto se realizaría un estudio semejante a éste dependiendo de la capacidad de manejarse.

### CAPITULO III

#### CARACTERISTICAS DEL DETERGENTE Y CUIDADOS NECESARIOS EN SU MANEJO.

##### 3.1. Componentes del Detergente

El detergente típico es una mezcla de varios componentes, cada uno de los cuales realiza una función específica. Se formulan los detergentes para que actúen en las condiciones de lavado y para que llenen las exigencias del substrato que va a lavarse.

Algunos detergentes, por ejemplo el sulfonato de sodio, son formados por un solo componente, pero por lo general, los detergentes mixtos de fórmula adecuada producen mejor efecto de lavado que el mejor detergente formado por una sola sustancia. Las numerosas sustancias que se usan en las fórmulas de los detergentes pueden dividirse en los siguientes grupos:

a) Surfactantes.- Estas sustancias se caracterizan por actuar sobre la superficie del sistema substrato-contaminante. También se conocen como agentes de superficie activa o agentes tensoactivos.

Dentro de estos agentes tensoactivos, están incluidos los jabones y las sustancias sintéticas de superficie activa. Dentro de la formulación de los detergentes que se fabrican en esta fábrica, el agente tensoactivo está constituido por el Dodecilbencen-sulfonato de sodio, también conocido como sulfonato de sodio o simplemente como "Base".

b) Sales, ácidos y bases inorgánicas.- Estos componentes se llaman coadyuvantes si contribuyen significativamente para mejorar el fenómeno de detergencia de la mezcla, si no contribuyen, se llaman diluyentes o rellenos.

Los ingredientes alcalinos son indispensables en muchos de -  
tergentes que se emplean para lavar sustratos fibrosos y de  
superficie dura; en algunos casos pueden utilizarse ellos \_\_  
mismos como agentes limpiadores.

Los componentes inorgánicos más importantes de los detergen-  
tes pueden agruparse en seis categorías: álcalis, fosfatos  
silicatos, sales neutras solubles, ácidos y coadyuvantes i-  
norgánicos.

Los álcalis no atrapan las partículas de metales pesados, y  
su efecto suspensor sobre la mayoría de los sólidos de conta  
minantes es muy escaso. Mantiene elevado el PH y producen  
buen efecto limpiador en la mayoría de los objetos de cerámi  
ca y de vidrio.

En los detergentes, son varias las sustancias que influyen en  
la alcalinidad, sin embargo, el producto más usado para tal\_  
fin es el carbonato de sodio, más conocido industrialmente co  
mo "Soda ash".

Desde hace mucho tiempo se sabe que la adición de álcalis dé-  
biles (Soda ash), aumenta considerablemente la acción de de-  
tergencia en los lavados. Esto se logra porque la Soda ash  
neutraliza la acidez del contaminante, evitando que se des-  
componga el agente tensoactivo.

Como conclusión de muchos estudios, se determinó que los la-  
vados encuentran su máxima efectividad con pH alto; encontran  
do que para las condiciones de lavandería comunes, el inter-



valo óptimo de pH es de 10.5 a 11.0.

La Soda ash no da valores de pH muy altos, incluso en altas concentraciones, pero mantiene bien esos valores de pH cuando baja la concentración, manteniendo así condiciones óptimas de lavado. La sosa caústica da un valor demasiado alto de pH con solo unas cuantas décimas de por ciento; pero este valor de pH es reducido a un valor muy bajo e ineficaz por pequeñas cantidades de un ácido. Además la presencia de sosa en forma excesiva, disminuye el poder de detergencia en los lavados.

El coadyuvante más usado en la formulación de detergentes sintéticos es el tripolifosfato de sodio (TPS), que por sus propiedades es un compuesto básico para aquellos detergentes destinados a servicio pesado en limpieza de todo tipo de telas. Su poder de suspensión y secuestro del contaminante es bastante alto en comparación con el de otras sustancias usadas para el mismo fin. Además, el TPS por su excelente acción secuestradora, se usa mucho en los detergentes comerciales.

Además el TPS favorece la acción del surfactante, actúa como emulsificante de grasas y como estabilizador de los sólidos en suspensión.

Originalmente, los silicatos sódicos se usaban mucho en las fórmulas de jabones para lavandería como efectivos coadyuvantes. Recientemente se ha averiguado que son de mayor utilidad en la preparación de detergentes distintos al jabón.

El silicato es el ingrediente limpiador más importante en los productos que se utilizan para lavar platos, además son inhibidores efectivos de la corrosión y reducen notablemente

la acción corrosiva que tienen los agentes coadyuvantes alcalinos sobre el aluminio, latón y otros metales que se usan en las máquinas lavadoras. Por esta razón se emplean extensamente en la elaboración de productos para lavado de ropa en el hogar y para lavar platos.

Otra de las propiedades del silicato, es la de facilitar la acción de las perlas del detergente en polvo cuando se emplean torres de secado por aspersión, ya que actúan como aglutinante de los diversos componentes de los detergentes sintéticos.

Se ha discutido mucho si las sales solubles neutras, como el sulfato de sodio y el cloruro de sodio (sal común), se comportan como coadyuvantes o como diluyentes en las preparaciones de detergentes sintéticos. En realidad, el sulfato de sodio actúa como excelente diluyente y como compuesto de normalización del efecto de lavado. Además reduce la concentración necesaria de surfactante, y en consecuencia, reduce la cantidad requerida de detergente para realizar un buen lavado. Por otro lado, la presencia de sulfato de sodio en el detergente, origina que se aumente la redeposición de contaminantes en el sustrato, de manera que el resultado final de la adición de sulfato de sodio al surfactante no es siempre favorable.

Por lo anterior, es que la cantidad de sulfato en el detergente debe ser cuidadosamente determinada, de tal manera que el efecto final de la presencia de sulfato en los lavados, sea positiva.

Los surfactantes que mayor beneficio reciben por la adición de sulfato son los sulfonantes, incrementando sus propiedades solubilizadoras y deterativas.

La tendencia que tienen los detergentes a la división extremadamente fina es indeseable y se contrarresta por la adición de una sustancia aglutinante. La tendencia a formar grumos o el apelmasamiento es también indeseable en los detergentes en polvo. Suele contrarrestarse con sulfato sódico, pero hay otras sustancias antiaglomerantes que se usan en la preparación de detergentes especiales.

Algunas veces se agregan ácidos a los detergentes con el fin de disolver o aflojar por acción química al contaminante, que de otra manera sería muy difícil de desprender. Los ácidos son empleados también para controlar el pH de los cosméticos y de otros detergentes que deben tener un pH notablemente menor de 7.0. Con este fin se emplean ácidos orgánicos como el acético y el cítrico.

Algunos detergentes incluyen como componentes a algún tipo de coadyuvantes inorgánicos insolubles; tales como el caolín y las arcillas.

En condiciones favorables, por ejemplo, con agua blanda, que contiene pocos sólidos disueltos, las suspensiones de arcilla la favorecen la detergencia en el lavado de telas ordinarias.

c) Reforzadores orgánicos.- Son sustancias que no poseen propiedades tensoactivas, pero aumentan notablemente la detergencia y otras buenas propiedades de los detergentes.

Generalmente los detergentes sólo incluyen pequeñas cantidades de estos compuestos, que son incorporados para realizar algunas de las siguientes funciones:

- Disminuir la redeposición del contaminante al sustrato

- Aumentar el poder espumante y la estabilidad de la espuma.
- Aumentar el poder limpiador.
- Inhibir efectos nocivos del detergente sobre el sustrato.
- Evitar la irritación de la piel.

La carboximetilcelulosa sódica es la mejor sustancia que mantiene en suspensión el contaminante y evita el reddepósito sobre el sustrato en el proceso de lavado. Generalmente esta sustancia se conoce por medio de la abreviatura NaCMC, siendo la única sustancia que se emplea en gran escala para el fin anteriormente expresado.

d) Aditivos especiales.- Son sustancias que modifican o mejoran la forma física de los detergentes, también pueden ser sustancias de blanqueo, bactericidas, degradantes biológicos y aromatizantes.

Dentro de las sustancias que se utilizan con la finalidad de mejorar la forma física de los detergentes, se encuentran los colorantes.

Existen dos clases de aplicación de colorantes a los detergentes en polvo: por teñido total y por moteado. En el primer caso, todo el detergente es teñido de determinado color, agregando el pigmento a la pasta húmeda antes de ser secada.

En el segundo caso, se tiñe una parte de detergente que después será añadida en pequeña proporción al detergente final. Estas partes tienen la misma formulación que la masa de detergente restante.

La mayoría de los pigmentos utilizados, se concretan únicamente a mejorar el aspecto del detergente, ya que no poseen propiedades que influyan en el proceso de detergencia.

En la práctica de formulación de detergentes modernos para lavar ropa, es costumbre incluir un agente de blanqueo óptico. Estas sustancias son colorantes que no absorben o no reflejan normalmente la luz de la región visible del espectro. No obstante, cuando la tela en la que se ha depositado el blanqueador óptico se expone a la luz solar, refleja las radiaciones azul y violeta, dando un aspecto de mayor blancura. La concentración de este compuesto dentro de la formulación de los detergentes es muy pequeña, debido a las propiedades que presenta de ser acumulativa y permanente; es decir que cada vez que se lava una prenda con detergente que contenga blanqueadores ópticos, éste se adhiere a los tejidos, acumulándose lavada tras lavada.

El desarrollo más significativo de la industria de los detergentes en los últimos años, lo constituyen la adición de enzimas a la formulación de detergentes domésticos.

La enzima es una sustancia producida por micro-organismos para descomponer o transformar algunas materias orgánicas, tales como proteínas, almidones y grasas o aceites.

Las mencionadas facultades de las enzimas son aprovechadas para mejorar las propiedades de los detergentes, ya que éstas transforman la proteína en compuestos fáciles de disolver en agua, y en el caso de que no transformen toda la proteína contenida en el contaminante, la degradan de tal forma que facilitan el mecanismo de lavado.

Un hecho importante, es que la acción de la enzima es independiente del tipo de fibra al cual está adherido el contami

nante.

De acuerdo con lo anterior, y considerando que gran parte \_\_ del contaminante que se adhiera a la prenda es de origen bio lógico, la enzima es de gran utilidad para facilitar el lava do de las prendas contaminadas que incluyan sustancias como sangre, azúcar, carbohidratos, etcétera.

Por último, a los detergentes se les suele agregar algún ti po de perfume, con la única finalidad de mejorar la presen tación del producto, haciéndolo más atractivo para el consu midor.

### 3.2. CARACTERISTICAS FISICAS DEL DETERGENTE

El detergente está formado por pequeñas perlas con forma indefinida siendo éstas muy porosas. Se podría imaginar una semejanza a la estructura de una esponja, teniendo al mismo tiempo 8% de humedad aprox.

Por su misma característica de porosidad y fragilidad es comprensible.

El contenido en gran porcentaje de silicato de sodio lo hace muy adherente tanto consigo mismo, como con cualquier otra superficie que esté en contacto.

Este material es muy ligero puesto que tiene una densidad de 300 grs. por litro, por lo que tiene algunas ventajas en cuanto a su transporte y almacenamiento.

Una desventaja de este producto debido al procedimiento usado para el secado, es la de que no todas las partículas alcanzan a formar una perla, además, algunas perlas en su transporte se rompen. Todas estas partículas al tener movimiento considerable el detergente, se desprenden formando así un fino polvo dañino al organismo.

En el secado se utiliza aire caliente, esto hace que la temperatura a la que sale el detergente sea de 75°C, posteriormente es bajada la temperatura considerablemente por medio de un transportador vertical ascendente, aquí se aprovecha tanto para elevar el producto como para enfriarlo, puesto que se toma aire del ambiente, resultando así que la temperatura a la salida de este equipo es de 35°C. De ahí hasta su almacenamiento, durante su transporte sigue perdiendo un poco de temperatura que está entre los 2 y 5°C.

La granulometría del producto es la siguiente:

En malla 14  $\varnothing$  1,19 mm. se queda un 12.5%

En malla 20  $\varnothing$  0.84 mm. se queda un 27.5%

En malla 30  $\varnothing$  0.59 mm. se queda un 35%

y el restante 25% pasa esta malla.

Es importante saber sobre todo para este estudio que el ángulo de reposo del detergente es aproximadamente de  $35^\circ$  (es el ángulo que hay entre la horizontal y la superficie inclinada que queda el dejar caer material de alguna altura).



### 3.3. CUIDADOS NECESARIOS EN EL MANEJO DEL DETERGENTE

En el manejo del detergente se requiere tener ciertos cuidados, tanto para evitar degradación en el producto, como para prevenir daños al organismo del ser humano y contaminación en el ambiente.

En el transporte del detergente debe cuidarse que la perla que se forma no se rompa al ser golpeada, esto aumentaría la densidad del producto, por tanto si se transporta a baja velocidad y cae suavemente no es afectado como es el caso del transporte neumático vertical ascendente, en el cual el producto sube lentamente y se deposita al llegar a la parte superior al de reposo del producto mínimo de 5° más, con el objeto de que fluya y sea descargado.

Suponiendo que se utilizara un transportador neumático en el que viajara el producto horizontalmente, o se utilizaran codos, se tiene que aumentar la velocidad, esto mismo hace que las tuberías resulten estrechas. Todo esto produce choques del material contra las paredes, rompiendo la perla. De este modo no es recomendable este tipo de transporte.

Una vez que se le ha aplicado el perfume al detergente, es necesario evitar que tenga mucho movimiento y que el tiempo que pasa en transporte sea lo más corto posible, ya que el perfume tiene la característica de ser muy volátil, por lo cual hay pérdida de éste. Por la misma razón, no podrá utilizarse ningún tipo de transporte neumático, al haber demasiado contacto con el aire se perdería gran cantidad de perfume.

En la formulación de detergentes biológicos intervienen las enzimas, las cuales solubilizan a los contaminantes proteí-

nicos que se encuentren en el sustrato. Debido a esa misma propiedad atacan a compuestos que se encuentran en el organismo humano. Por esta razón una vez que se le han agregado las enzimas al detergente deben extremarse los cuidados como en el rompimiento de las partículas, ya que se facilita que se levanten con el aire y también procurar que el sistema de transporte vaya cubierto.

En general, no es deseable tener polvo en el ambiente. Además del problema de las enzimas es necesario tener un ambiente respirable y limpieza en la planta.

La propiedad que se tiene de adherencia del producto, es un factor importante en lo que se refiere a la limpieza de los equipos para su buen funcionamiento, así como también limpieza de la planta en general.

En el caso de utilizarse transportadores de banda, al ser usados con una inclinación para elevar producto, debe tomarse en cuenta el ángulo de reposo de éste, ya que si la superficie sobre la que es conducido el material tiene una inclinación igual o mayor al ángulo de reposo, tendería el producto a desplazarse hacia abajo, así que es conveniente dar una tolerancia de unos 5° por debajo del ángulo de reposo del material.

## CAPITULO IV

SECUENCIA DEL MOVIMIENTO DEL DETERGENTE Y DESCRIPCION DEL LUGAR EN DONDE SE VA A MANEJAR.

### 4.1. DESCRIPCION DEL LUGAR DONDE SE VA A MANEJAR EL DETERGENTE

El sistema de transporte para detergente, puesto que la planta no es nueva sino una modificación sobre el equipo que ya está trabajando, tiene que sortear muchos obstáculos como son: tanques, estructura, algunos equipos de plantas existentes y equipos de plantas nuevas. Existen tres líneas de producción, cada una produce 15 toneladas por hora de detergente.

Los puntos donde comienza el sistema de transporte son las descargas de la torre de secado ( en las figuras 4.1 y 4.2), que son los puntos A, A' y A'', de ahí debe transportarse y pasar por equipos de secado, cribado y mezclado con otros productos hasta su almacenamiento. En el lugar por el que debe ser transportado existen un sin número de equipos pertenecientes al mismo proceso del detergente, solamente que en diferentes etapas estos grupos de equipos se encuentran a diferentes niveles. Ahora bien, los mismos equipos con los que se tienen que conectar los transportadores, tienen que respetar cierto nivel y cierta localización, ya que así lo requiere el proceso, o bien porque es el lugar más adecuado por su trabajo o por espacio. Algunos de los equipos ya estaban trabajando y otros son nuevos, que se requieren para el aumento de la producción.

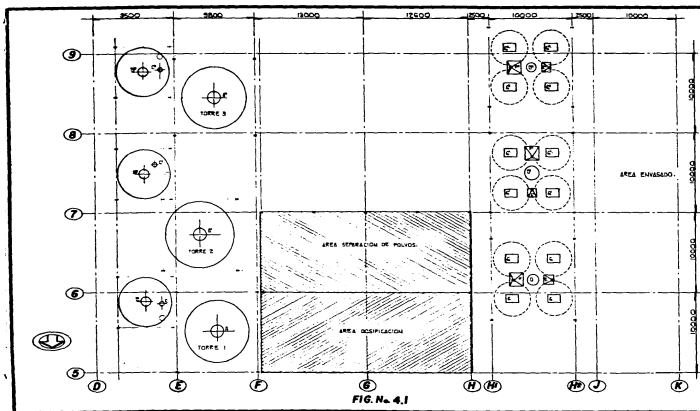


FIG. No. 4.1

<b>UNIVERSIDAD ANAHUAC</b>	
PLANTA LOCALI-	ACOT: mm
ZACION DE	ESCALA 1:20
EQUIPOS.	INSTRUMENTADO P.M.



El área más conflictiva y donde existen más equipos es la más próxima a las torres de secado, por el mismo motivo hay una gran cantidad de tuberías de proceso, de servicios y eléctricas, así como también escaleras, pasillos, barandales, partes de estructura, etc.

Por otro lado, los lugares por donde pueden pasar los transportadores, algunos se encuentran bajo techo y otros en áreas abiertas. De cualquier modo, dependiendo del tipo de transportador que se trate, debe techarse o llevar una cubierta el transportador. El objeto de esto es que el material no sea expuesto a la intemperie o a medios que lo afecten, como son lluvia, corrientes de aire o ambientes húmedos.

#### 42. SECUENCIA DEL MOVIMIENTO DEL DETERGENTE

Este estudio comprende el movimiento del detergente desde el momento en que son formados los gránulos o perlas en la torre de secado, hasta que es almacenado en silos.

El sistema principia con la caída del producto de la torre de secado, de donde se tiene que enviar a la alimentación del eyector del elevador neumático, el cual por medio de vacío hace subir el detergente hacia el tanque colector que se encuentra en la parte más alta de la planta. Este tanque recibe el producto y lo descarga por su parte inferior. En su parte superior, por medio de un sistema de vacío son extraídas las partículas finas que se desprenden, éstas son pasadas a través de un sistema de colección de polvo, el aire pasa por el extractor a la atmósfera y el polvo regresa por medio de un transporte neumático a la torre de secado. Debido al vacío

que se maneja en el tanque colector, debe haber en la descarga un sello para no perder este vacío, este sello se logra con válvulas de doble compuerta que abren y cierran alternativamente para permitir el paso del producto.

El detergente por sus mismas características tiende a formar apelmazamientos de gránulos que necesitan separarse para que así sigan adelante las partículas finas. Entonces el producto es alimentado a unas cribas oscilatorias que dejan pasar partículas con un diámetro máximo de 3 mm. así las partículas de mayor diámetro se vuelven a procesar. Después del cribado pasa el producto por un registrador de densidad que de una ramificación de la línea principal de bajada pasa a través de un recipiente báscula con una abertura en la parte inferior para mantener un flujo continuo y constantemente tener un registro, este flujo vuelve a regresar a la línea principal.

Posteriormente el material debe ser elevado para que le sea aplicado el perfume. Esto se hace en un recipiente cilíndrico donde se provoca una cortina de detergente, y el perfume que es bombeado desde otro recipiente por medio de unos aspersores, es rociado sobre la cortina de detergente. El siguiente paso después de serle aplicado el perfume, es pasar a un mezclador vibratorio donde le es agregado por un lado las enzimas y por otro lado el detergente pigmentado que le dá el aspecto de tener motas azules. Este producto lleva el mismo proceso que el detergente blanco, sólo que es pigmentado antes de entrar a la torre de secado. El mezclador por ser alimentado con tres productos diferentes, puesto que los tres recipientes no pueden estar lo suficientemente cerca, debe buscarse algún tipo de transporte que acerque el producto al mezclador. Una

vez que el detergente ha terminado el proceso de configuración, tiene que ser transportado a silos de almacenamiento, que son cuatro tanques cilíndricos con fondo cónico.

De modo que al ser una descarga de mezclador vibratorio, se tiene que formular un sistema de transporte que alimente a los cuatro silos haciendo esto, uno a la vez. En la descarga de los silos está acoplada una tolva, la cual divide en dos la descarga del producto, de donde ya es tomado directamente por unos carritos, que son llevados manualmente y colocados en la alimentación de las máquinas de envasado. En este punto es difícil y resultaría muy costoso el tener un sistema de transporte que tomara el producto de las tolvas y descargarlos directamente en las máquinas de envasado. Esto se debe a que hay una gran variedad de productos y al mismo tiempo una gran diversidad de presentaciones.



## CAPITULO V

ANALISIS DE LA NATURALEZA DEL TRABAJO QUE EL EQUIPO VA A DESARROLLAR.

### 5.1. LOCALIZACION DE LOS DIFERENTES EQUIPOS QUE INTERVIENEN EN EL SISTEMA.

Es de suma importancia la localización exacta de los equipos ya que para el diseño del sistema se requieren distancias y alturas en las que se alimentan y descargan los transportadores y así poder elegir el medio de transporte más adecuado. Como puede apreciarse en las figuras(4.1y4.2)existen tres líneas de producción que trabajan paralelamente y son totalmente independientes ya que en ningún momento debe haber un intercambio de materiales de producción, o tanques de dosificación, o incluso ni tanques de almacenamiento, la idea es trabajar tres productos diferentes a un tiempo.

El punto en donde parte el sistema, es la descarga de producto de las torres 1, 2 y 3, que ocurre en los puntos A, A' y A", esto ocurre entre 1.70 y 1.80 mts. a partir del nivel 0.00 (piso). El siguiente paso del proceso es enfriar al mismo tiempo que elevar el detergente, esto ocurre por medio de un largo tubo que en su parte más alta descarga por el centro del tanque receptor, que a su vez por su parte superior se conecta a un extractor que al producir una fuerte corriente de aire, crea un vacío el cual hace elevar el material.

En el extremo inferior del tubo posee una tovera que acelera

el flujo de aire, inmediatamente arriba una pequeña tolva hace entrar la carga del material que viene directamente de la torre de secado y así hacerlo subir. El material tiene que ser descargado aproximadamente sobre el nivel 4.00 mts. y sobre un costado del tubo localizado como los puntos B, B' y B".

Posteriormente del tanque receptor el material se desliza dentro de éste hacia la descarga en la parte inferior, para pasar después por una criba, donde se separan los gruesos de los finos. Estos últimos son descargados ahí, puntos en el plano general C, C' y C". De este lugar el material tiene que transportarse por largo trayecto hasta llegar a la parte superior de cada una de las tres baterías de silos correspondiente a cada línea de producción. El material tiene que ser alimentado primeramente a los recipientes donde será perfumado el detergente, en el plano puntos D, D' D". De donde por gravedad será descargado directamente en los mezcladores vibratorios. Al mismo tiempo de dos silos diferentes uno de enzimas, puntos E, E' y E". Y otro de detergente pigmentado, puntos F, F' y F". Deben ser transportados para alimentar también el mezclador vibratorio, aquí se mezclan estos tres elementos y queda listo para ser almacenado en silos de detergente terminado. Para esto, de la descarga de cada mezclador, se alimentará a cuatro silos, uno a la vez, en el plano G, G' y G".

## 5.2. LIMITACIONES DE ESPACIO.

Un problema que se tiene que tomar en cuenta para determinar la trayectoria del sistema de transporte, son los obstáculos

que se encuentran en el camino de dichas trayectorias, que son partes estructurales como columnas, vigas, tirantes, y los mismos equipos de producción de este proceso, y equipos de otros procesos relacionados con la fabricación del detergente.

En primer lugar partiendo de la torre uno en el punto (A) hacia el punto (B), no existe ningún obstáculo.

En la torre dos, punto (A') hacia el punto (B'') existe un pequeño obstáculo que es una de las cuatro columnas de soporte de la torre dos, que es la sureste, aquí, dependiendo del ancho del transportador podría desviarse un poco la trayectoria, sin embargo no obstaculiza completamente el paso. En el plano sin embargo, contigua a esta columna al occidente, se ve otra columna que aparentemente obstaculizaría completamente el paso de un transportador, pero esta columna no parte desde el piso sino que aprovechando una de las travesaños de amarre de la estructura de la torre dos, se toma como apoyo y de ahí hacia arriba parte la estructura de soporte del tanque receptor de producto del air lift (equipo de elevación y enfriado de producto). De este modo además del primer obstáculo mencionado, no existe otro. En la trayectoria que une la descarga de la torre tres, punto (A''), al punto de alimentación (B''), no existe ningún obstáculo.

Los siguientes puntos a tratar una vez que el detergente ha sido elevado, enfriado y pasado por cribas vibratorias, son las descargas de estas cribas las que ya lo dejan preparado para ser almacenado, en las figuras puntos C, C' y C''. Aquí el problema se complica un poco más, ya que de estos puntos tiene que transportarse directamente a los tanques

de perfumado puntos D, D' y D'' correspondientes a cada línea, los cuales se encuentran en la parte alta de cada grupo de cuatro silos. Esto quiere decir que se necesita un transportador que parta del punto C, hasta el punto D, aquí una trayectoria recta sería demasiado complicada, ya que existe una gran cantidad de obstáculos, se tendría que librar un edificio repleto de equipos por un lado de dosificación, y por otro de colección de polvo, en el primero grandes tolvas de diferentes materias primas y tuberías de alimentación. En el segundo, grupos de ciclones conectados entre sí, grandes tuberías y ventiladores. Además que se restringiría mucho por partes estructurales del mismo edificio. En este caso la solución más viable sería evitar completamente el edificio, ya sea pasando por encima de él, que sería librar una altura considerable, o bien darla la vuelta.

En cuanto se refiere a la unión entre los puntos C' y D' no existe ningún obstáculo ya que entre los ejes 7 y 8, una parte del eje "D" al eje "F" existe loza de concreto y del eje "F" al eje "H<sub>1</sub>" no existe a ese nivel ni estructura, ni edificio en el que se pueda apoyar algún transportador, por consiguiente será necesario utilizar alguna estructura especial. Por otro lado, al unir los puntos C" y D", al trazar una trayectoria recta choca con la torre de secado #3, y lo mismo que en el caso anterior, del eje "F" al eje "H<sub>1</sub>" tampoco existe estructura alguna, en este caso habría que librar la torre de secado y posteriormente fabricar una estructura especial para soportar el transportador.

En el tramo que comprende entre el eje "H<sub>1</sub>" y la mitad de la distancia hacia el eje "H<sub>2</sub>" que es donde se descarga a

los puntos D, D' y D", aunque están los equipos hacia el \_\_\_ mezclador vibratorio; los transportadores podrían pasar por encima de ellos.

Una vez que el producto es perfumado en el recipiente que se encuentra en los puntos D, D' y D" pasan inmediatamente después a los mezcladores vibratorios que se encuentran exactamente abajo de los recipientes de perfumado.

Ahora bien, en los mezcladores vibratorios debe mezclarse a la vez este detergente perfumado, el detergente pigmentado y las enzimas. Estos dos últimos productos son descargados de sus respectivas tolvas que se encuentran una a cada lado de recipientes de perfumado. Las tolvas de enzima se encuentran en los puntos E, E' y E" y las tolvas que contienen el detergente pigmentado son los puntos F, F' y F". Para unir todas estas descargas en los mezcladores vibratorios se necesita el auxilio de algún medio de transporte y para esto no existe ninguna restricción de espacio.

### 5.3. LIMITACIONES DE LA NATURALEZA DEL PRODUCTO

El transporte del detergente por sus propias características físicas y químicas tiene ciertas limitantes, las cuales van restringiendo alternativas con las que se puede jugar para poder llevar a cabo un posible diseño.

En primer lugar tenemos la propiedad de fragilidad del producto, esto tiene la limitante de no poderse transportar ni por transportadores de arrastre, ni por transportadores neumáticos horizontales o inclinados. En el primer caso, al a

arrastrarlo y rozar con otros elementos del transportador, trituraría la perla y la rompería, en el segundo caso las partículas que se encuentran en suspensión en el aire, con la velocidad a la que viajan al chocar con las paredes y sobre todo al encontrarse con un cambio de dirección, la perla se pulveriza.

Otra propiedad importante del detergente que hay que considerar, es la adhesividad, ya que el paso del detergente por cualquier superficie sobre todo si ésta ejerce alguna presión sobre el producto, éste tiende a adherirse sobre las paredes formando piedras, o bien disminuyendo el flujo del producto, o creando problemas, esto puede ser más representativo en objetos que se encuentren en movimiento como son transmisiones, hélices, rodillos, ciertos lugares de recipientes, artezas, mallas, etc.

La ligereza del material puede ser una característica que bien puede tener ventajas y desventajas. Ventajas desde el punto de vista de su baja densidad, ya que no se requiere que el transportador sea muy robusto, y por lo mismo muy costoso tanto en inversión inicial, como en el mantenimiento. Contradictoriamente a esto, su baja densidad ocasiona que sea mucho el volumen que se transporta respecto al peso ya que por cada decímetro cúbico sólo 300 gramos de producto son movidos. Además de esto, la ligereza aunada a la adhesividad, es problemático debido a que siempre existen partículas de polvo en el mismo material a transportarse, las cuales con alguna corriente de aire o bien al dejarse caer se desprenden y viajan en el aire hasta depositarse en cualquier objeto ocasionando algunas veces transtornos en u nos equipos o también creando un ambiente contaminado.

Una vez que el producto le son adicionadas las enzimas, los cuidados deben extremarse ya que las enzimas que son partículas orgánicas atacan a las proteínas degradándolas, esto es benéfico en cuanto se refiere a la limpieza de sustancias orgánicas que se encuentran en el objeto que se pretende descontaminar, sin embargo si se trata del organismo humano, es atacado por dichas enzimas mermando la salud, principalmente en las vías respiratorias y pulmonares. De ahí que el sistema de transporte a partir de aquí deberá ir cubierto completamente.

El detergente una vez que ha salido de la torre de secado, lleva una temperatura de 75°C, y después de salir del sistema de enfriado y secado su temperatura está alrededor de los 35°C, de acuerdo a esto, los materiales que estén en contacto con el producto deben tener una resistencia a la degradación suficiente considerando también la humedad que contiene siendo ésta de un 8%.

Debido al alto contenido de sulfato de sodio que se encuentra en el detergente, éste se vuelve un tanto abrasivo y si por el diseño del sistema de transporte existe deslislamiento del producto sobre diversas superficies habrá un deterioro debido al desgaste ocasionado por el paso constante. Otro punto a cuidarse por este fenómeno son las partes motrices que mueven estos sistemas como son los rodamientos.

Al adicionarse el perfume al detergente adquiere otra característica a cuidar. El perfume contiene solvente, el cual posee la propiedad de atacar a la mayoría de los materiales que comunmente se utilizan en la construcción de transportadores, así que en este punto deben elegirse los materiales

más adecuados. Otros compuestos que también poseen solven-  
te son los llamados insulfonables, que son sustancias que  
contienen las materias primas, y no se pueden eliminar en \_  
el proceso.

El efecto alcalino del producto reduce la posibilidad de uti-  
lización de algunos elastómetros, ya que con el contacto\_  
continuo los reseca y los vuelve quebradizos.

Otro punto a tomarse en cuenta es que el mismo peso del pro-  
ducto ya considerando cierta altura comprime a éste y por \_  
su naturaleza porosa tiende a aglutinarse, y al momento de\_  
pretender ponerlo en movimiento ofrecerá resistencia a éste,  
y al mismo tiempo va a cambiar su densidad. Por experiencia  
en el manejo de este producto, la máxima altura recomendable  
que debe tener el detergente es de dos metros. Ahora bien,  
si quiere aprovecharse más altura para almacenamiento, debe\_  
rá recurrirse a dispositivos que rompan la presión que se e\_  
jerce por la altura sobre el material que se encuentre en \_  
la parte inferior.



## CAPITULO VI

### SELECCION DEL EQUIPO

#### 6.1. DIFERENTES TIPOS DE TRANSPORTADORES PARA EL MANEJO DE MATERIALES A GRANEL.

Los transportadores más comunmente usados para el manejo de materiales a granel son:

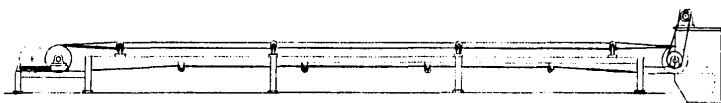
- a) Transportadores de banda
- b) Transportadores de cangilones
- c) Transportadores de rastras o REDLER
- d) Transportadores helicoidales
- e) Transportadores neumáticos
- f) Transporte por medios manuales

##### a) TRANSPORTADORES DE BANDA

Un transportador de banda, consta básicamente de una banda sinfín sobre la cual descansa el material que ha de ser desplazado de un punto a otro, por el movimiento de esa banda.

Esta banda es impulsada por una polea y conducida por otra, apoyándose en rodillos a lo largo de su desplazamiento en el ramal cargado como el vacío, pudiendo ser alimentado normalmente cerca de la polea de cola en forma manual, mediante una tolva o algún otro medio, descargando el material en la polea terminal o en zonas intermedias a lo largo del transportador, mediante desviadores de material, (ver Fig.6.1)

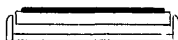
Los componentes que forman un transportador de banda son



**TRANSPORTADOR DE BANDA.**



**RODILLOS DE CARGA .**



**RODILLO DE CARGA.**



**RODILLO DE RETORNO.**

**FIGURA N° 6.1**

los siguientes:

- 1) La banda sobre la cual viaja el material y transmite la potencia.
- 2) Los rodillos que forman el apoyo y perfil de la banda.
- 3) Las poleas que impulsan y guían la banda.
- 4) La unidad motriz que imparte la fuerza para mover la banda y su carga.
- 5) La estructura que sostiene los rodillos, poleas, unidad motriz y accesorios.
- 6) Accesorios en los que quedan comprendidos:
  - Mecanismos para tensionar la banda.
  - Tolvas de carga, descarga y desviadores.
  - Limpiador y protecciones.

Los transportadores de banda son usados para desplazar toda clase de materiales a granel, desde los más ligeros, hasta los más pesados, húmedos o secos, fríos o calientes, aceitosos, etc.

Los transportadores de banda son para el trabajo pesado, capaces de manejar grandes tonelajes en trayectorias de rangos que van mucho más allá de cualquier otro tipo de transportador mecánico. La capacidad puede ser de varios miles de toneladas por hora y a distancias de varios kilómetros. Pueden ser inclinados, ya sean ascendentes o descendentes, o bien una combinación de éstos, el límite de la inclinación es alcanzado cuando el material tiende a deslizar sobre la superficie de la banda. Existen algunas bandas especiales

con diseños moldeados que ayudan a que el material permarezca sobre la banda y no deslice al estar inclinada, como por ejemplo, banda rugosa, banda con pestañas, etc.

#### b) TRANSPORTADORES DE CANGILONES

Estos transportadores ó elevadores de cangilones son usados para manejar capacidades moderadas de material a granel en un espacio reducido, sean en forma vertical o inclinada, clasificándose principalmente en dos grupos, de acuerdo con la disposición de los cangilones.

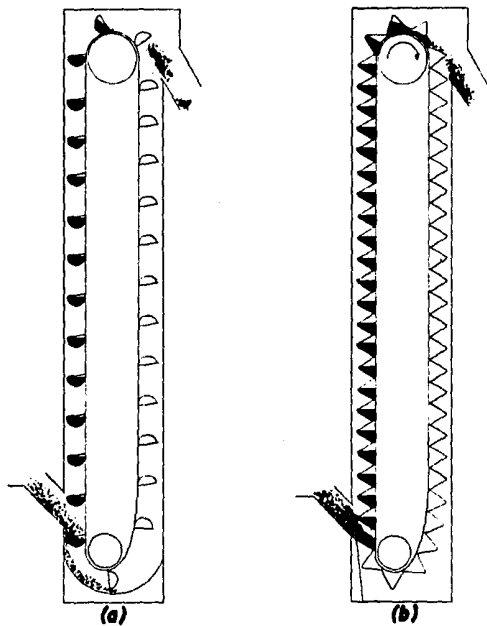
1. Elevador con cangilones espaciados o de descarga centrífuga. (Ver Fig. 6.2a)
2. Elevador con cangilones continuos (Ver. Fig. 6.2b)

Elevador de descarga centrífuga.- Debido a la alta velocidad con que trabaja este tipo de elevadores, el material es lanzado por la acción de la fuerza centrífuga fuera de los cangilones al pasar éstos por la polea de cabeza, cayendo en la tolva o ducto de descarga. Los cangilones de este tipo de elevador son con fondos redondeados y siempre van montados en forma espaciada.

Los elevadores de este tipo son los más usados en el manejo del material a granel.

Elevador de cangilones continuos.- Este tipo de elevador a diferencia del centrífugo se mueve a bajas velocidades. Los cangilones se localizan uno a continuación del otro, existiendo un espacio mínimo entre ellos; los cangilones son de

## ELEVADORES DE CANGILONES.



DESCARGA CENTRIFUGA.    DESCARGA CONTINUA.

FIGURA N° 6.2

sección triangular, la descarga del material es ligeramente ayudada por la fuerza centrífuga, el contenido de cada cangilón es vertido sobre el cangilón precedente, que actúa como guía para que el material fluya hasta la tolva de descarga del elevador.

La velocidad de operación de los elevadores de cangilones espaciados de descarga centrífuga, es mayor en un 50% que la de los elevadores de cangilones continuos.

El arreglo en cualquiera de los dos tipos de elevadores puede ser de cadena a una o dos cadenas; y de bandas y cangilones, en los que éstos están sujetos a bandas elevadoras. El número de hileras de cangilones depende de la capacidad del material por desglozar y la velocidad limitada para un material dado.

Básicamente un elevador de banda de cangilones, está formado de los siguientes elementos:

1. Los cangilones que soportan el material.
2. La banda para elevar los cangilones y transmitir la tensión.
3. Medios para impulsar la banda (poleas y equipo motoriz).
4. Accesorios para cargar los cangilones, recibir el material descargado, mantener la tensión de la banda y protecciones para elevador.

Los requisitos generales que deben cumplir los cangilones de un elevador son los siguientes:

- 1). Dimensiones lo suficiente amplias para recoger, man tener y descargar el material de mayor dimensión ma nejado.
- 2). Suficiente volumen para dar la capacidad deseada en Kg/Min. o Ton/Hr., tomando en consideración la velo cidad de la banda, el espaciamiento de los cangilo nes, la regularidad o la irregularidad de la carga y el probable llenado incompleto de los cangilonos.
- 3). Resistencia y rigidez para recoger la carga sin a-  
plastarla o deformarla.
- 4). Suficiente espesor del material para resistir el  \_ desgaste.
- 5). Interior del cangilón bien acabado para evitar que el material se quede dentro de éste y no se descar gue.

Por lo que a la banda elevadora se refiere, deben cumplirse los siguientes requisitos generales:

- 1). Suficiente capacidad para soportar la frecuente fle xibilidad a que está sometida al enrollarse en las poleas inferior y superior.
- 2). Ancho suficiente para soportar los cangilonos debi-  
damente y evitar el torcimiento o volteamiento en el ascenso.
- 3). Suficiente resistencia unitaria para transmitir la tensión de trabajo requerida.
- 4). Cuerpo suficiente para sostener los cangilonos sin

que la banda se rasgue debido a la acción de los \_  
tornillos.

- 5). Cubierta de protección adecuada para resistir la \_  
acción de los materiales abrasivos.

c) TRANSPORTADORES DE RASTRAS O REDLER

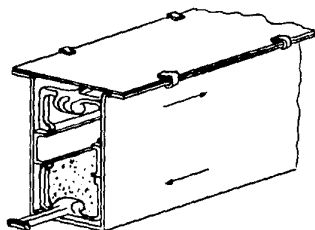
Este transportador posee una armazón a base de impulsores, los cuales tienen forma de "U", que mueven el material en el que están sumergidos ya que la resistencia para su deslizamiento a través del elemento es más grande que el arrastre con las paredes del ducto. (Ver Fig. 6.3).

Ya que las partes en movimiento se encuentran en contacto \_ constante con el material a manejarse, los materiales de fabricación deben ser los óptimos para resistir corrosión y a brasión tales como bronce, monel o aceros inoxidable.

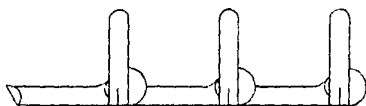
Cuando un transportador simple es requerido con múltiples \_ puntos de alimentación y algunas cargas excesivas de recirculación, ahí dará buen servicio el Redler. El cuerpo en \_ forma de "U" evade, no comprime la carga, al moverse conservan un paralelismo, pero al llegar a la rueda terminal y regresar se separan.

Como un elevador, este transportador maneja lentamente materiales que no fluyen fácilmente. Cuando estos transportadores son del tipo horizontal o inclinado, generalmente son autolimpiables, y cuando son verticales pueden hacerse autolimpiables usando escapes especiales, excepto cuando se trata \_ de materiales viscosos.





**CORTE DE UN DUCTO DONDE SE APRECIA  
LA CADENA DE RASTRAS DE IDA CON-  
CARGA Y DE REGRESO VACIO.**



**VISTA LATERAL DE LA CADENA DE RASTRAS.**

**TRANSPORTADOR TIPO REDLER "U"**

**FIGURA N° 6.3**

Estos transportadores y elevadores de flujo continuo, no requieren de alimentadores, ellos son autoalimentados a su capacidad y no se sobrecargan aunque tenga algunas aberturas, desde donde es llenado el ducto en la primera abertura, automáticamente no permite la entrada de material adicional en las subsecuentes aberturas.

Los ductos pueden ser fácilmente aislados por medio de asbesto o cemento para reducir el enfriamiento. El material es protegido de la exposición y contaminación o del contacto con lubricantes. La capacidad de tramos horizontales o inclinados cerca del ángulo de reposo del material es aproximadamente el cien por ciento del volumen acarreado por el movimiento del elemento. Para grandes pendientes o para elevadores oscila entre el 50 y el 90 por ciento. Si el material es algo abrasivo o corrosivo el ducto deberá fabricarse de acero resistente a la corrosión y con un espesor mayor, lo mismo pasa con los pernos de la cadena que deberán ser extremadamente duros y también resistentes a la corrosión.

#### d) TRANSPORTADORES HELICOIDALES

Los transportadores helicoidales o de espiral son usados extensamente para manejar materiales granulares o pulverizados, no corrosivos, no abrasivos, cuando la capacidad es moderada, cuando la distancia no es mayor de aproximadamente sesenta metros y cuando la trayectoria no es muy inclinada. Su costo usualmente es menor comparado con otros tipos de transportadores y en el caso que se levante mucho polvo,

simplemente puede cubrirse con una tapa, (Ver Fig. 6.4)

El transportador manejará trozos grandes, si éstos no son en proporción más grandes que el diámetro de la hélice. Si la longitud recomendable es excedida por un solo transportador, pueden colocarse dos o más transportadores acomodados en cascada. También estos transportadores pueden colocarse inclinados. Un paso estándar de la hélice manejará material hasta un ángulo de inclinación de 35°. La reducción en capacidad a una cierta inclinación comparada con la capacidad cuando se encuentra horizontal es indicada con la tabla siguiente:

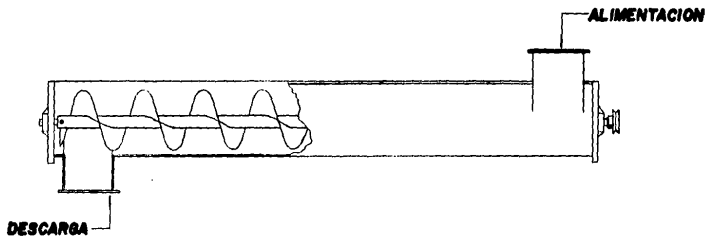
GRADOS DE INCLINACION	10	15	20	25	30	35
REDUCCION DE LA CAPAC. EN %	10	26	45	58	70	78

Los materiales abrasivos pueden ser manejados con una apropiada construcción de la hélice y de la arteza.

Un transportador helicoidal con un paso estándar de la hélice, tiene un paso aproximadamente igual al diámetro exterior de la hélice. Variaciones a estos últimos, se dan en casos especiales cuando el material a manejarse así lo requiera. Pasos cortos son recomendables para una inclinación que esté sobre los 29°.

También se construyen transportadores con paso variable con un paso corto al final de la alimentación, automáticamente regula el flujo para que la carga sea correctamente proporcionada.

Cuando existe una sección corta, ya sea con un diámetro pequeño o bien con un paso corto, el transportador se alimen-



**TRANSPORTADOR HELICOIDAL.**

**FIGURA N° 6.4**

ta por sí mismo y no requiere un alimentador.

Cuando el material es distribuido en un depósito, el transportador tiene una abertura en la base de la arteza para así descargar progresivamente sobre la cresta de la pila formada. Esta arteza reduce la capacidad, e incrementa la potencia requerida, así también cuando el material arrastra sobre el mismo material en lugar de una arteza pulida.

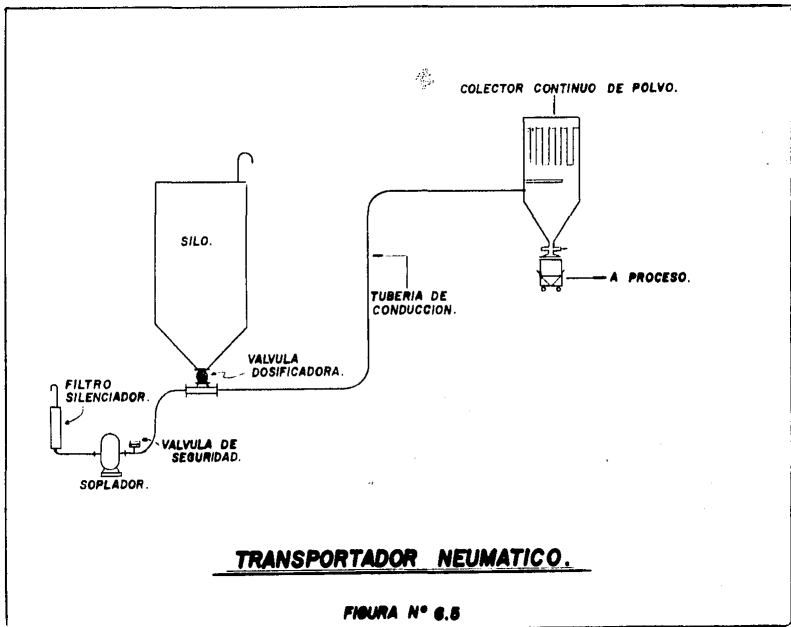
Si el material contiene grumos irrompibles, el claro entre la arteza y la hélice deberá ser un poco mayor tomando un promedio del diámetro de los grumos.

Para una capacidad dada, un transportador de un tamaño grande y baja velocidad, es preferible a un transportador de tamaño pequeño y máxima velocidad.

Para grandes capacidades y longitudes deberá considerarse otro tipo de transportadores como pueden ser los transportadores de banda.

#### e) TRANSPORTADORES NEUMATICOS

Los transportadores neumáticos son utilizados para el transporte de materiales granulares, secos, que fluyen libremente, estos materiales viajan en suspensión a través de tuberías o ductos en una masa de aire a gran velocidad o por medio de energía de expansión de aire comprimido dentro de una columna comparablemente densa de material fluidizado o aireado, (ver Fig. 6.5)



Los principales usos son: colección de polvo, transporte de materiales ligeros, tales como granos, alimentos secos, productos químicos, acerrín, carbón, rebabas, etc. También el manejo de materiales abrasivos como cemento, fosfatos, ceniza ligera, etc.

Un punto importante en este tipo de transportadores es el manejo de materiales libre de contaminación, ya que son sistemas completamente cerrados.

Cuando el material viaja verticalmente los trayectos deben ser cortos en comparación con los trayectos donde el material viaja horizontalmente, la medida del tubo ascendente tiene que ser restringida, pero puede aumentar la velocidad del aire y producir suficiente potencia para elevar el material.

Para el transporte de materiales ligeros, se utiliza un ventilador para crear una succión. El material en suspensión es colectado en el punto terminal por un separador colocado antes del ventilador. El material puede ser movido de un lugar a otro, o bien utilizarse para la descarga de una tolva o de un carro de ferrocarril. La velocidad de transporte requerida está entre los rangos de 10.2 mts/sg. para materiales ligeros a 15.2 a 20.3 mts/sg. para materiales de peso medio. Si la abrasión no es problema, podrán usarse satisfactoriamente tubos de acero o bien ductos de metal galvanizado.

La potencia requerida para transportadores neumáticos es mucho mayor en comparación con la de los transportadores mecánicos de igual capacidad, pero el ducto puede llevarse prácticamente

ticamente por cualquier trayectoria. No hay partes en movimiento y por lo mismo no hay peligro de algún accidente sobre todo de las personas que se ocupan de su operación.

Los sistemas negativos o de vacío tienen una gran importancia, sobre todo cuando se trata de la descarga de carros tipo caja, en los cuales se utiliza una boquilla conectada con una manguera flexible. Algunos materiales tienden a crear cargas de electricidad estática y dependiendo del producto que se maneje habrá el peligro de una explosión. Los materiales fibrosos tienden a aglomerarse en los codos, por tanto no es recomendable transportarlo por este medio. Todo es de tomarse en cuenta antes de decidir la utilización de este sistema.

La operación de un transportador neumático no se puede predecir con exactitud como lo es con otros tipos de transportadores mecánicos y elevadores.

#### f) TRANSPORTE POR MEDIOS MANUALES

Al hablar de medios manuales para el transporte de materiales, inmediatamente hace pensar en altos costos de mano de obra y métodos rudimentarios para este manejo, sin embargo muchas veces no resulta tan costoso comparado con la gran inversión que implica adquirir y mantener en operación maquinaria, ya sea muy sofisticada, o bien gran cantidad de ésta, que realice las mismas funciones de unos cuantos operadores. En otras ocasiones el espacio es muy deficiente o las condiciones de operación no ameritan el reemplazo de mano de obra por maquinaria.



En este caso, se utiliza actualmente carritos tolva que son manejados por una persona, éstos son alimentados por una banda transportadora y se utilizan como almacenaje. Posteriormente son descargados por su parte inferior para alimentar a las máquinas de envasado. Contando en un futuro cercano con silos de almacenamiento se evita el primer movimiento antes mencionado.

Para realizar la secuencia de la trayectoria del movimiento del material que estamos estudiando se requerirían algunos elevadores en los que se subirían los carritos, además de pasillos especiales para permitir el paso de éstos, tanto de ida como de regreso, y principalmente se requeriría de un ejército de operadores. Sin contar con que habría que tomar en cuenta más espacio para evitar congestionamientos y cuellos de botella en lugares críticos como acceso de elevadores, etc.

## 6.2. SELECCION DEL EQUIPO

El material a manejarse por este sistema de transporte es muy especial por los problemas mencionados en el capítulo anterior como fragilidad, adhesividad, viscosidad, ligereza, humedad, etc. Las distancias a las cuales debe moverse el producto van desde 1.9 metros hasta 45 metros o más si el transportador no es mecánico. El trabajo que va a desarrollarse es pesado y su funcionamiento es por 24 horas y en su mayoría manejarán gran cantidad de producto alrededor de 15 toneladas por hora.

El transporte por medios manuales para este producto puede utilizarse puesto que de hecho actualmente se utiliza en partes del proceso por medio de carritos. Pero aplicando este método a nuestro sistema resultaría lento, se requeriría gran cantidad de personal y el costo del equipo no resultarían tan económicos, además sería necesario disponer lugar para el movimiento de dichos carritos. El alto costo de operación de este sistema, la falta de funcionalidad y el incremento de problemas laborales que traen como consecuencia el aumento de personal son principalmente las razones por lo que no es el método más apropiado.

Los transportadores neumáticos que es otro medio de transporte para el manejo de materiales a granel, tiene la ventaja de ser totalmente cerrado y por lo mismo no desprende polvo al exterior, también tiene gran capacidad de manejo de producto y puede seguir casi cualquier trayectoria, pero su consumo de potencia es alto. Su característica de llevar en suspensión partículas a gran velocidad no conviene para el

acarreo de detergente ya que al chocar la perla del detergente con las paredes de la tubería se pulveriza y cambia su densidad, debido a estas circunstancias no es recomendable este sistema.

En lo que se refiere a transportadores helicoidales, son muy funcionales, pero con otros productos y otro tipo de trabajo. Algunas trayectorias en estudio son largas y como estos transportadores por su naturaleza no pueden ser de mucha longitud, se tendrían que colocar varios, uno tras otro, de este modo sería mucho equipo en movimiento. Por otro lado, el helicoidal oprimiría al detergente aglomerándolo y rompiéndolo, además habría mucho desgaste de piezas debido a su abrasividad. La capacidad de estos sistemas es muy reducida en comparación con otros sistemas, por lo cual no es muy adecuado.

El caso de los transportadores de rastras o Redler trabajan básicamente por medio de fricción, ya que los elementos que conducen el material están sumergidos en él, agregando la abrasividad del detergente habría mucho desgaste de partes. Por la razón de que los elementos están en choque constante con el producto, la perla del detergente tiende a partirse y formar polvo. Estos transportadores son usados más frecuentemente para el manejo de materiales pastosos, fibrosos o bien cuando se acarrean sólidos de buen tamaño. Para detergente no es muy apropiado.

Los transportadores o elevadores de cangilones son muy usados para el manejo de materiales a granel sobre todo en trayectorias verticales. También se utilizan en algunas ocasiones en trayectorias inclinadas pero pierden algo de capacidad.

En nuestro caso las trayectorias son en su mayoría inclinadas y horizontales. Los ángulos de inclinación serían muy bajos. Otra solución sería una combinación de elevadores de cangilones para elevar el producto y descargar sobre un transportador de banda, en este caso intervienen ya dos transportadores lo cual no sería muy adecuado. Los cangilones son fijados en bandas, debido a esto, la carga constante tiende a desgarrar la banda en los puntos de fijación de los cangilones.

Por último, los transportadores de banda es uno de los medios de transporte más económico, tanto como inversión inicial, como costo de operación ya que la potencia consumida generalmente es muy baja y no tiene altos costos de mantenimiento. Este tipo de transportadores son recomendados para manejar grandes capacidades y grandes distancias. También pueden trabajar completamente cerrados. Este producto con un buen contenido de humedad afectaría a otro tipo de transporte, lo que no tiene importancia para las bandas, ya que no les afecta.

Una gran ventaja es la de poder viajar por trayectorias inclinadas teniendo como límite el deslizamiento del producto sobre la banda que viene siendo un ángulo aproximado al ángulo de reposo. Así con un solo transportador puede elevarse lo suficiente al mismo tiempo que trasladar producto horizontalmente a grandes distancias, lo que en otro tipo de transportadores equivaldría a colocar dos o más equipos en serie.

En conclusión: Los transportadores de banda resultan el medio más adecuado para manejo de detergente a granel, debido

a que maneja el producto teniendo éste mínimo movimiento, no tritura la perla y por lo mismo hay menos desprendimiento de polvo, soporta la temperatura y humedad. Tampoco le afecta la abrasividad y la viscosidad del producto, puede trabajar totalmente cerrado y los costos de operación y mantenimiento son bajos en comparación con otros transportadores.

## CAPITULO VII

### DISEÑO DEL SISTEMA DE TRANSPORTE REQUERIDO.

#### 7.1. TRAYECTORIAS Y LONGITUDES DE LOS TRANSPORTADORES.

Las trayectorias y las longitudes que van a describir los transportadores son indispensables para determinar las características que deben tomarse en cuenta en el diseño de un transportador.

En primer lugar debemos recordar que el ángulo de reposo del material es de  $30^\circ$ , el cual no debe rebasar las superficies de las bandas transportadoras, incluyendo una tolerancia de unos cinco grados.

Los primeros puntos a tratar son las descargas de las torres de secado, en las Figs.(4.1y4.2) puntos A, A' y A". El transportador debe llevar el material hasta las tolvas de alimentación de los elevadores neumáticos en los puntos B, B' y B".

Estos puntos comprenden las trayectorias de (A) a (B) le llamaremos (1TI), de (A') a (B'), (2TI), y de (A") a (B") será (3TI)

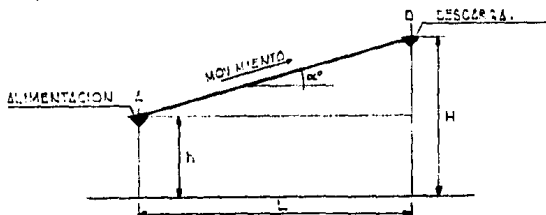


Figura 7.1

En la figura 7.1 el punto "A" es el lugar en donde se alimenta el transportador, y el punto "D" es la descarga de éste.

Para las tres trayectorias mencionadas, los transportadores deben realizar funciones similares siendo también así las trayectorias. Las características de dichas trayectorias se mencionan a continuación:

EN MILIMETROS

<u>TRAYECTORIA</u>	<u>ALTURA DE ALIMENT "h"</u>	<u>ALTURA DE DESCARGA "H"</u>	<u>LONGITUD HORIZ. "L"</u>	<u>ANGULO DE INCLIN. <sup>α</sup></u>
1TI	961	4000	8142	20.47°
2TI	1881	5340	8870	22.26°
3TI	961	4000	8142	20.47°

TABLA 7.1

Una vez que el material es elevado por medio de elevador neumático por gravedad, cae a las cribas vibratorias y de esos puntos, en las figuras(4.1y4.2);C, C' y C" tendrá que ser transportado hasta los puntos D, D' y D", pero como se vió anteriormente no pueden describirse trayectorias rectas, por este motivo la trayectoria que une los puntos C y D tendrá que darle la vuelta al edificio de separación de polvos y dosificación, así como también a la torre No. 2, de este modo se tendrá que dividir esta trayectoria en tres, una que parta del punto de alimentación al transportador (C) que vaya hacia el sur (trayectoria 1T2) y descargue en otro transportador que partiendo de ahí se dirija rumbo al occidente (trayectoria IT3) el que a su vez descargará en un tercer transportador (trayectoria IT4), el cual su descarga alimentará al tanque de perfumado (punto D).

Para la trayectoria que une los puntos de alimentación al transportador C' y de descarga D' directamente al tanque perfumado de detergente le llamaremos (trayectoria 2T2), esta trayectoria en especial puede cubrirse con un solo transportador, ya que no existe algún equipo o elemento que obstruya su paso directo.

Y por último, la trayectoria que unirá la salida de material C" con la descarga al tanque de perfumado D", ésta también como la primera tendrá que dividirse en tres partes, una que toma el producto de la salida del cribado y lo lleva hacia el norte (trayectoria 3T2) hasta descargar sobre un segundo transportador que irá en dirección occidente (trayectoria 3T3) ésta a su vez descargará en un tercer transportador (trayectoria 3T4), el cual ya descargará directamente en el tanque de perfumado.

Ahora bien, tenemos tres trayectorias: 1T3, 2T2 y 3T3, las que tendrán que librar un claro vacío comprendido entre los ejes "F" y "H", de aproximadamente 27.5 metros, en los que no existen apoyos para soportar estos equipos. En estos casos se acostumbra fabricar una armadura para cada transportador y una cubierta para protegerlo, sin embargo, ya que tenemos transportadores con trayectorias contiguas y paralelas será conveniente construir una sola armadura techada y cubierta totalmente a manera de túnel provista con pasillos.



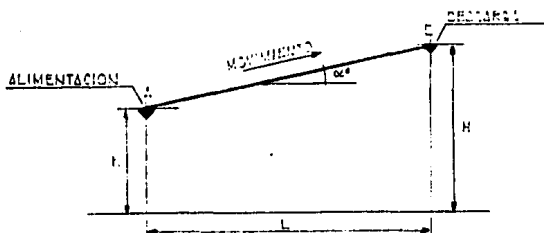


FIGURA 7.2

Las trayectorias antes mencionadas de acuerdo con la figura 7.2, tendrán las características mencionadas a continuación:

EN MILIMETROS

TRAYECTORIA	ALTURA DE ALIMENTACION "h"	ALTURA DE DESCARGA "H"	LONGITUD HORIZONTAL "L"	ANGULO DE INCLINACION $\alpha$ °
1T2	1337	3883	13944	12.00
1T3	1570	14722	41319	18.21
1T4	1176	2633	12323	8.47
2T2	1560	15774	44564	18.21
3T2	1418	3180	8530	14.40
3T3	1570	14722	41319	18.21
3T4	1176	2633	10024	10.38

TABLA 7.2

Como ya se mencionó antes, el detergente en su presentación consta de tres componentes que son el principal, detergente ya perfumado y los agregados, detergente pigmentado (mota) y las enzimas. Estos se combinan en un mezclador vibratorio. Las tolvas en las que se encuentra el detergente perfumado



EN MILIMETROS

<u>TRAYECTORIA</u>	<u>ALTURA DE ALIMENTACION "h"</u>	<u>ALTURA DE DESCARGA "H"</u>	<u>LONGITUD HORIZONTAL "L"</u>
1T5	1450	630	1910
1T6	1222	530	3400
2T3	1450	630	1910
2T4	1222	530	5400
3T5	1450	630	1910
3T6	1222	530	5400

TABLA 7.3 (b)

Una vez que el detergente ha sido mezclado con todos sus componentes en los mezcladores vibratorios, tendrá que ir directamente a almacenamiento.

Habrán tres mezcladores vibratorios uno para cada línea de producción, de cada mezclador tendrá que repartirse en un grupo de cuatro silos, pero se alimentará solamente uno a la vez, de este modo, para cada grupo de cuatro silos la solución más viable será utilizar tres transportadores que tengan movimiento en dos sentidos, de manera que el mezclador vibratorio descargue en el centro de un transportador, el cual cuando se mueva en un sentido descargará en el centro de un segundo transportador, y cuando se mueva en sentido contrario alimentará a un tercer transportador en el centro, el segundo transportador una vez alimentado en el centro, si gira en un sentido descarga en un silo y girando en el otro sentido descargará en otro silo. El tercer transportador se comportará igual que el segundo únicamente que descargará en otros dos silos diferentes, uno a la vez.

Entonces para la línea de la torre No. 1 la trayectoria que

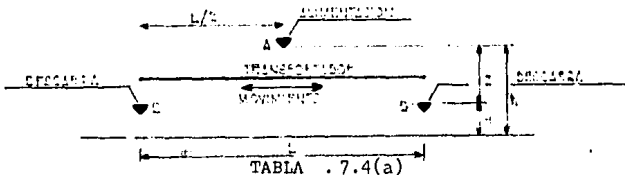
une al punto D t descargará en el centro de los otros dos transportadores le llamaremos 1T7, y las otras dos trayectorias que descargar en los puntos (G) y son alimentadas cada una en el centro se llamarán: una que descarga en los dos silos orientados al norte será (1T8) y la otra que descarga en los dos silos orientados al sur será (1T9).

Para la línea de la torre No. 2 la trayectoria que une al punto D' y descarga en el centro del segundo y tercer transportador se llamará (2T5). Y las otras dos trayectorias que descargan en los puntos G' y son alimentadas cada una en el centro se llamarán: una que descarga en los dos silos orientados al norte será(2T6) y la otra que descarga en los dos silos orientados al sur será(2T7)

Y para la línea de la torre No. 3 la trayectoria que une al punto D'' y descarga en el centro del segundo y tercer transportador se llamará(3T7). Para el segundo y tercer transportador alimentados en el centro y descargando por ambos lados a los puntos G'' les llamaremos para el que descarga en los dos silos orientados al norte(3T8)y para el que descarga en los dos silos orientados al sur (3T9).

Las características de estas trayectorias serán:

Podrán ser todas las trayectorias de los transportadores horizontales, ver Fig. 7.4



EN MILIMETROS

<u>TRAYECTORIA</u>	<u>ALTURA DE ALIMENTACION "h"</u>	<u>ALTURA DE DESCARGA "H"</u>	<u>LONGITUD HORIZONTAL "L"</u>	<u>ALTURA "Z" (h-H)</u>
1T7	-	-	5000	1100
1T8	1250	150	5000	1100
1T9	1250	150	5000	1100
2T5	-	-	5000	1100
2T6	1250	150	5000	1100
2T7	1250	150	5000	1100
3T7	-	-	5000	1100
3T8	1250	150	5000	1100
3T9	1250	150	5000	1100

TABLA 7.4 (b)

Todas estas trayectorias, alturas y dimensiones definidas anteriormente deben tomarse como base para el diseño de los transportadores.

## 7.2. VOLUMENES A MANEJAR

El volumen de producción máxima de detergente por cada una de las tres torres es de 15 toneladas por hora, haciendo un total de 45 toneladas por hora. De este modo la capacidad que debe tomarse en cuenta para el cálculo de cada uno de los transportadores, partiendo desde los puntos A, A' y A" hasta los puntos D, D' y D" es de 15 toneladas por hora, siendo éstos:

<u>LINEA 1</u>	<u>LINEA 2</u>	<u>LINEA 3</u>
1T1	2T1	3T1
1T2		3T2
1T3	2T2	3T3
1T4		3T4

En los puntos D, D' y D" que es el punto donde se le aplica el perfume al detergente, también es el punto en donde se agregan enzimas y motas.

La capacidad que deberán mover los transportadores para dosificar enzimas será un máximo de 100 kilos por hora, que son:

<u>LINEA 1</u>	<u>LINEA 2</u>	<u>LINEA 3</u>
1T5	2T3	3T5

Y el detergente pigmentado (motas) se agregarán con un máximo de 600 kilos por hora, siendo éstos:

<u>LINEA 1</u>	<u>LINEA 2</u>	<u>LINEA 3</u>
1T6	2T4	3T6

Una vez que se le han agregado las enzimas y las motas al detergente es mezclado en los mezcladores vibratorios y cae en otro transportador que a su vez descarga en un extremo al centro de un transportador ó en el otro extremo al centro de otro transportador, estos dos últimos descargan a los silos de almacenamiento, en estos transportadores deberá tomarse en cuenta la suma de todas las capacidades máximas del detergente y sus agregados, 15,000 kilos por hora de detergente, más 100 kilos por hora de enzimas, más 600 kilos por hora de motas, a esto es conveniente darle un margen para el cálculo de dichos transportadores. De este modo la suma resulta en 15,700 kilos por hora y tomaremos para cálculo 16,000 kilos por hora.

Los transportadores involucrados en esta capacidad son:

<u>LINEA 1</u>	<u>LINEA 2</u>	<u>LINEA 3</u>
1T7	2T5	3T7
1T8	2T6	3T8
1T9	2T7	3T9

Este es el punto final, los silos de almacenamiento donde termina el transporte de detergente.

### 7.3. ANCHO DE BANDAS Y VELOCIDADES.

Todas las características del transportador, son funciones directas de la velocidad lineal de la banda, de ahí la importancia de acercarse al valor más adecuado para un buen funcionamiento de las partes componentes.

Unas características importantes del material a ser transportado que se toman como base para el cálculo son:

El ángulo de reposo de un material, es el ángulo que se forma con la horizontal y la superficie de una pila de material libremente formada.

El ángulo de sobrecarga, es el ángulo que se forma con la horizontal y la superficie que asume el material, mientras se encuentra en reposo sobre la banda en movimiento. Este ángulo usualmente es de  $5^\circ$  a  $15^\circ$  menor que el ángulo de reposo, aunque en algunos materiales éste puede ser aproximadamente  $20^\circ$  menor.

La capacidad de flujo, es medida por estos ángulos de reposo y de sobrecarga, determinan la sección transversal de la carga del material, el cual puede ser llevado seguramente sobre la banda. Es también un indicador del ángulo seguro de inclinación del transportador de banda.

Esta capacidad de flujo es determinada por las características del material como la medida del tamaño de las partículas finas y terrones, rugosidad o tersura de la superficie de las partículas, proporción de finos y terrones presente, y la humedad contenida. La tabla 7.5 muestra la relación de estas propiedades y las características generales de los materiales.






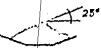

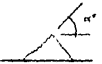
CAPACIDAD DE FLUJO		ANGULO DE SOBREPESO		ANGULO DE REPOSO	
FLUJO LIBRE	FLUJO FACIL	FLUJO MEDIO		FLUJO PESADO	ARREGLO BANDA PLANA
5° Ang. de sobrepeso	10° Ang. de sobrepeso	20° Ang. de sobrepeso	25° Ang. de sobrepeso	30° Ang. de sobrepeso	Ang. de sobrepeso
					
0-20° Ang. de reposo	20-30° Ang. de reposo	30-35° Ang. de reposo	35-40° Ang. de reposo	40°-Mayores	Otros Angulos
CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES					
1	2	3	4	5	6
Medida uniforme, partículas redondas muy pequeñas, ya sean muy secas o muy húmedas. Tales como arena sílica seca, cemento, concreto húmedo, etc.	Partículas pulidas secas, redondas de peso medio, tales como semillas y frijoles	Forma irregular, granulada o materiales aglomerados, de peso medio, tales como carbón de piedra, harina no molida, arcilla, etc.	Materiales comunes, tales como carbón bituminoso, piedras, minerales, etc.	Forma irregular duros, fibrosos materiales entrelazados, tales como astilla de madera, bagazo, arcilla, arena de fundición, etc.	Puede ser incluida cualquier característica mostrada en la designación del 1 al 6.

TABLA 7.5

Teniendo un ángulo de reposo de 30°. el ángulo de sobrepeso del material es de 15°.

El ancho de la banda está limitado, ya que está gobernado por el tamaño del material manejado, y así para un ángulo de sobrepeso de 20°, observamos que en nuestro caso, podemos usar cualquier ancho de banda debido a que el tamaño promedio de las partículas es de un milímetro. Ver. Fig. 7.7

La velocidad recomendada para el manejo de polvos está entre 15 y 30 mts/min. (50 a 100 ft/min).

De las tablas siguientes se escogerá la velocidad, el ancho de banda y el ángulo de arteza que tendrán los rodillos laterales respecto de la horizontal tomando un ángulo de sobrepeso de 15° y una densidad de 0.3 kg/litro.

Entonces la capacidad en kilogramos por hora será para los anchos más comerciales y los ángulos de arteza más comunes. según la tabla 7.6

VELOCIDAD 15 MTS/MIN. (50 FT/MIN.)				
ARTEZA BANDA	20°	35°	45°	0°
8"	---	---	--	221
18"	3,766	4,968	5,478	1,581
24"	7,217	9,524	10,485	2,984
30"	11,781	15,547	17,099	4,845
36"	17,455	23,031	25,309	7,140

TABLA 7.6 (a)

VELOCIDAD 20 MTS/MIN. (65 FT/MIN.)

ARTEZA BANDA	20°	35°	45°	0°
8"	---	---	---	287
18"	4,895	6,459	7,122	2,055
24"	9,381	12,382	13,630	3,879
30"	15,315	20,211	22,227	6,299
36"	22,691	29,940	32,901	9,282

VELOCIDAD 25 MTS/MIN. (82 FT/MIN.)

ARTEZA BANDA	20°	35°	45°	0°
8"	---	---	---	362
18"	6,175	8,148	8,984	2,593
24"	11,835	15,620	17,195	4,893
30"	19,321	25,496	28,040	7,946
36"	28,626	37,770	41,506	11,710

VELOCIDAD 30MTS/MIN. (100 FT/MIN)

ARTEZA BANDA	20°	35°	45°	0°
8"	---	---	---	441
18"	7,531	9,937	10,957	3,162
24"	14,433	19,049	20,970	5,967
30"	23,562	31,093	34,196	9,690
36"	34,910	46,062	50,618	14,280

TABLA 7.6 (b)

Al elegir el ancho de banda, la velocidad y el ángulo de arteza, habrá que tomar en cuenta que la banda tendrá más duración en cuanto el ángulo de arteza y la velocidad sean meno-

res y tratando también que el detergente viaje lo más extendido posible para aprovechar que en el trayecto baje un poco su temperatura.

Por otro lado, se tratará que hasta donde sea posible estandarizar el ancho de banda con el objeto de tener almacenadas la menor cantidad posible de bandas de repuesto y al mismo tiempo tener el ancho menor posible para consumir menor caballaje.

De este modo habrá diez transportadores que llevarán el material desde la caída de las torres de secado hasta los tanques en los que se les aplica el perfume al detergente, en las figuras 4.1 y 4.2 puntos D, D' y D'', los cuales deberán ser capaces de mover 15,000 Kg/hra.

También habrá nueve transportadores que llevarán el detergente ya perfumado y mezclado con enzima y mota de la salida de los mezcladores vibratorios y se repartirá en cada uno de los silos de almacenamiento puntos G, G' y G'', los que llevarán 16,000 Kg/hra. de producto.

Para la dosificación de mota (detergente pigmentado), tendremos tres transportadores que serán alimentados por las tolvas de almacenamiento puntos F, F' y F'', llevando el producto a los mezcladores vibratorios puntos D, D' y D'' con una capacidad de 600 Kg/hra. de producto.

Viendo las tablas anteriores nos damos cuenta que para una capacidad de 15,000 Kg/hra. el ancho de banda, la velocidad y el ángulo de arteza estarán entre una velocidad de 20 Mts/Min. un ancho de 30", un ángulo de 20° y una velocidad de 25 Mts/Min., un ancho de 24" y un ángulo de arteza de 35°

Para una capacidad de 16,000 Kg/hra. el ancho de banda, la velocidad y el ángulo de arteza estarán entre una velocidad de 20 mts/min, un ancho de 30", un ángulo de 35° y una velocidad de 25 mts/min., un ancho de 30" y un ángulo de arteza de 20°.

Entonces conviene aquí estandarizar el ancho de banda, la velocidad y el ángulo de arteza, siendo el más apropiado 30 \_\_\_ pulgadas de ancho, una velocidad de 25 metros por minuto y un ángulo de arteza de 20°.

Los transportadores de mota de una capacidad de 600 kg/hra. convendrá fabricarlos con un ancho de banda de 18 pulgadas de ancho, a una velocidad de 15 metros por minuto y un ángulo de arteza de cero grados.

Habrá que tomar en cuenta tres transportadores para dosificar enzima, siendo alimentados en la salida de las tolvas de almacenamiento puntos E, E' y E" y descargando en los mezcladores vibratorios, puntos D, D' y D", siendo estos transportadores de una capacidad de 100 Kg/hra.

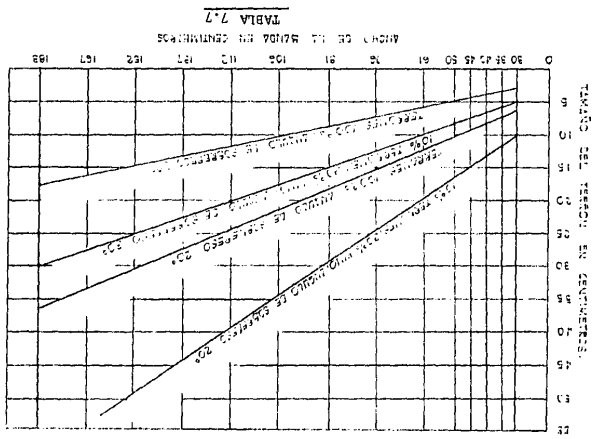
La enzima tiene una densidad de 0.8 Kg/litro y un ángulo de sobrepeso de 15° como es de tan poca capacidad no habrá necesidad de artezar la banda, así tomaremos un ángulo de arteza de cero grados y anchos de banda comerciales.

Entonces la capacidad en kilogramos será:

BANDA	VELOCIDAD EN MTS/MIN			
	10	15	20	25
8"	386	588	765	965
18"	2,757	4,203	5,463	6,892
24"	5,216	7,952	10,337	13,041

Así se deduce que deberá tener un ancho de banda de ocho pulgadas y moverse a la menor velocidad de diez metros \_ por minuto.

ANCHO DE LA BANDA NECESARIO PARA UN TAMAÑO DE TERRON DADO, PARA VARIAS PROPORCIONES DE TERRONES Y PINOS, Y PARA VARIOS ANGULOS DE SOBREPESO.



#### 7.4 CARACTERISTICAS DE LOS TRANSPORTADORES

RODILLOS.- La selección se hace basándose en tres condiciones: el tipo de servicio, que en nuestro caso es continuo, las características del material que se va a manejar y la velocidad de la banda.

Los de carga son del tipo plano, formados por tres rodillos, los laterales inclinados a 20° y el central horizontal, los de retorno serán planos.

Para este caso conviene elegir un diámetro de 102 mm. exterior (4 pulgadas) para trabajo pesado, con un espesor de 4.7mm (3/16") y con tapas planas soldadas también de 4.7 mm. (3/16") de espesor y con una flecha de acero de 19 mm (3/4") de diámetro. Llevando en cada extremo del rodillo un rodamiento prelubricado de por vida y cubierto, ya que el material que se maneja desprende polvo. Todas estas dimensiones son standard en México, además para tener bajos inventarios de refacciones será adecuado utilizar el mismo tipo de rodillos en todos los transportadores.

La separación entre rodillos de carga y rodillos de retorno, está determinado en función de peso del material manejado, más el peso de la banda y la flecha que la banda forma entre los rodillos. Normalmente el valor máximo de la flecha permitido, es de 3% del valor del espaciamiento entre dos rodillos de carga. La tabla 7.8 nos indica los espaciamientos usados comúnmente.

El peso de los materiales que se manejarán son de:

300 Kg/mt <sup>3</sup>	para detergente
300 Kg/mt <sup>3</sup>	para detergente pigmentado (mota)
800 Kg/mt <sup>3</sup>	para enzima



que realmente son pesos bajos y la distancia máxima recomendada entre rodillos para banda de 18" de ancho es de 1,680 milímetros, para banda de 30" es de 1,520 milímetros y para banda de 8" asumimos la distancia de 1,680 milímetros.

Para la distancia máxima entre la polea inicial con el primer rodillo y el último rodillo con la polea final, puede tomarse la misma distancia que se recomienda entre rodillo y rodillo.

ESPACIAMIENTO NORMAL PARA RODILLOS DE CARGA Y RODILLOS  
DE RETORNO EN METROS.

ANCHO DE BANDA PULG (CM)	RODILLOS DE CARGA ARTESADOS PESO DEL MATERIAL MANEJO EN KG/M <sup>3</sup>						RODILLOS DE RETORNO
	480	800	1200	1600	2400	3200	
18 (45.7)	1.68	1.68	1.68	1.68	1.38	1.38	3.00
24 (60.9)	1.52	1.38	1.38	1.22	1.22	1.22	3.00
30 (76.2)	1.52	1.38	1.38	1.22	1.22	1.22	3.00
36 (91.4)	1.52	1.38	1.22	1.22	1.22	1.06	3.00
42(106.6)	1.38	1.38	1.22	1.06	0.92	0.92	3.00

TABLA 7.8

En la zona donde cae el material sobre la banda llamada zona de carga usualmente para materiales ligeros, se colocan rodillos a la mitad de la distancia que el resto de los rodillos.

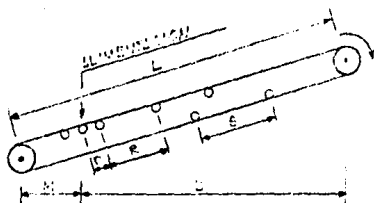
Y por último, los rodillos de retorno que son de una sola pieza, o sea no son artezados siendo del mismo diámetro, al no llevar carga alguna más que el peso de la banda, se recomienda una distancia entre ellos de 3000 milímetros.

Ya sabiendo la distancia y altura de los puntos de alimentación y descarga de los transportadores, se determina la distancia entre poleas, tomando en cuenta también una distancia entre el centro de la polea terminal y la caída del material, así como también una distancia entre la polea inicial y el punto donde es alimentado el transportador y para los transportadores inclinados una distancia entre el piso y la polea inicial, tomando en cuenta que habrá que dejar libertad para que corra ésta al tensionar la banda que por la longitud de estos transportadores conviene tensarlos por medio de tornillo.

Teniendo la distancia entre poleas se podrá establecer la distancia entre rodillos de carga y de retorno, tomándose las poleas para efectos prácticos como otro rodillo. La distancia entre rodillos no forzosamente tiene que irse al máximo, sino por el contrario entre más cercanos se encuentren tendrá más duración la banda y el transportador. El ajuste de la distancia conviene hacerlo en los extremos.

Entonces los transportadores quedan así:

a) Transportadores inclinados de carga constante Fig. 7.9



MILIMETROS

TRAYECTORIA	LONGITUD ENTRE PUNTOS DE CARGA Y DESCARGA "D"	LONGITUD ADICIONAL DE AJUSTE "M"	DISTANCIA ENTRE POLEAS "L"	DISTANCIA ENTRE RODILLOS ZONA DE CARGA "x"	DISTANCIA NORMAL ENTRE RODILLOS "R"	DISTANCIA ENTRE RODILLOS DE RETORNO "S"
1T1	8,142	1,500	10,292	600	1,200	3,000
2T1	8,870	1,500	11,205	600	1,200	3,000
3T1	8,142	1,500	10,292	600	1,200	3,000
1T2	13,944	1,600	15,497	600	1,200	3,000
1T3	41,319	1,100	44,371	600	1,200	3,000
1T4	12,323	1,350	13,430	600	1,200	3,000
2T2	44,564	1,100	47,675	600	1,200	3,000
3T2	8,530	1,600	10,064	600	1,200	3,000
3T3	41,319	1,100	44,371	600	1,200	3,000
3T4	10,024	1,350	11,563	600	1,200	3,000

TABLA 7.9

b) Transportadores horizontales de dosificación carga variable  
Fig.7.10

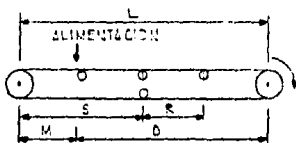


FIG. 7.10(a)

MILIMETROS

TRAYECTORIA.	LONGITUD ENTRE PUNTOS DE CARGA Y DESCARGA "D"	LONGITUD AJUSTE "M"	DISTANCIA ENTRE POLEAS "L"	DISTANCIA ENTRE RODILLOS ZONA DE CARGA "r"	DISTANCIA NORMAL ENTRE RODILLOS "R"	DISTANCIA ENTRE RODILLOS DE RETORNO "S"
1T5	1,910	274	2,100	525	525	---
1T6	3,400	800	4,000	600	600	2,000
2T3	1,910	274	2,100	525	525	---
2T4	5,400	900	6,100	600	600	3,050
3T5	1,910	274	2,100	525	525	---
3T6	5,400	900	6,100	600	600	3,050

TABLA 7.10 (b)

Como la distancia entre poleas es pequeña, la distancia entre rodillos de carga normal y zona de carga será la misma, pero más estrecha por ser planos a diferencia de los artezados y los rodillos de retorno uno a la mitad de la distancia entre poleas, cuando es ésta mayor de 3000 mm.

- c) Transportadores horizontales reversibles de carga constante Fig. 7.11

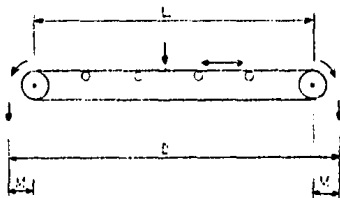


FIG. 7.11 (a)

## MILIMETROS

TRAYEC- TORIA.	LONGI- TUD EN TRE PUN- TOS DE CARGA Y DESCARGA "D"	LONGI- TUD A- DICIO- NAL DE AJUSTE "M"	DISTAN- CIA EN TRE PO- LEAS "L"	DISTAN- CIA EN TRE RO- DILLOS ZONA DE CARGA "X"	DISTAN- CIA NOR- MAL EN- TRE RO- DILLOS "R"	DISTAN- CIA EN TRE RO- DILLOS DE RE - TORNO "S"
1T7	5,000	203	4,594	1,149	1,149	2,297
1T8	5,000	203	4,594	1,149	1,149	2,297
1T9	5,000	203	4,594	1,149	1,149	2,297
2T5	5,000	203	4,594	1,149	1,149	2,297
2T6	5,000	203	4,594	1,149	1,149	2,297
2T7	5,000	203	4,594	1,149	1,149	2,297
3T7	5,000	203	4,594	1,149	1,149	2,297
3T8	5,000	203	4,594	1,149	1,149	2,297
3T9	5,000	203	4,594	1,149	1,149	2,297

TABLA 7.11 (b)

La distancia entre el punto de alimentación y las poleas es pequeña, así la distancia entre rodillos puede conservarse igual y para el retorno de la banda será suficiente con un rodillo a la mitad de la distancia.

## POTENCIA.-

El cálculo de la potencia de un transportador de banda se compone de:

Potencia requerida en la flecha de la polea motriz, más un factor por pérdidas en la transmisión de la polea motriz con el motor, dependiendo del tipo de transmisión, más un factor de servicio que la mayoría de los fabricantes de transporta-

dores toman como 1.25 para un trabajo normal.

Entonces la potencia requerida en la flecha de la polea motriz consta de:

- 1° Potencia requerida para mover un transportador en vacío.
- 2° Potencia requerida para mover el material horizontalmente
- 3° Potencia requerida para mover el material verticalmente, siendo esta última positiva (+) si el material asciende y negativa (-) si el material desciende.

Donde: C= Factor de fricción según la clase de equipo.

Q= Peso en kilos de partes en movimiento y banda por metro.

L= Distancia entre centros de poleas en metros.

Lo= Constante de longitud en metros.

V= Velocidad de la banda en metros por minuto.

T= Ton. por hora de material en miles de kilos.

H= Altura en metros entre puntos de carga y descarga de material.

1° La potencia para mover un transportador en vacío será:

$$\text{Potencia HP} = \frac{c(L+Lo) (0.03Q V)}{990} \text{ -----(1)}$$

En unidades inglesas: pies, libras y pies por minuto.

Convirtiendo al sistema métrico.

$$\text{HP} = \frac{c(L+Lo) (0.03 QV)}{990} \times 3.281 \times 2.205 \times 3.281$$

Quedando la potencia así:

$$\text{Potencia HP} = \frac{c(L+Lo) QV}{1390} \quad (\text{metros, kilos, metros/min.}) \text{--(2)}$$

2° La potencia para mover el material horizontalmente será:

$$\text{Potencia HP} = \frac{c(L+Lo) T}{990} \text{-----(3)}$$

En unidades inglesas: pies y toneladas de 2000 libras

Convirtiendo al sistema métrico:

$$\text{HP} = \frac{c(L+Lo) T}{990} \times 3,281 \times 1.1016$$

Quedando la potencia así:

$$\text{Potencia HP} = \frac{c(L+Lo) T}{274} \quad (\text{metros, toneladas métricas}) \text{--(4)}$$

3° La potencia requerida para mover el material verticalmente será:

$$\text{Potencia HP} = \frac{TH}{990} \text{-----(5)}$$

En unidades inglesas: toneladas de 2000 libras y pies

Convirtiendo al sistema métrico:

$$\text{HP} = \frac{T H}{990} \times 1.1016 \times 3,281$$

Quedando la potencia así:

$$\text{Potencia HP} = \frac{T H}{274} \quad (\text{toneladas métricas, metros}) \text{--- (6)}$$

La potencia total requerida en la flecha de la polea motriz



será la suma de las tres potencias antes mencionadas  
Ecuaciones 2, 4 y 6

$$\text{Potencia Total HP} = \frac{c(L+L_0)QV}{1390} + \frac{c(L+L_0)T}{274} + \frac{T H}{274} \quad \text{--- (7)}$$

FACTORES DE FRICCIÓN "C"	
CLASE DE EQUIPOS	FACTOR DE FRICCIÓN "C"
A.- Cargadores antifricción promedio, alineación imperfecta (instalaciones temporales, estructuras temporales, alineación imperfecta)	0.03
B.- Cargadores alto grado antifricción bien alineados (instalaciones permanentes, estructuras bien alineadas).	0.022

FACTORES DE LONGITUD CONSTANTE "Lo"	
INSTALACION Y TIPO DE RODAMIENTOS EN POLEAS TERMINALES	LONGITUD CONSTANTE (MTS.)
C.- Rodamientos en Babbitt (condiciones promedio de equipo y mantenimiento)	45.7
D.- Rodamientos antifricción (condiciones ideales de equipo y mantenimiento)	36.6

TABLA 7.12

En nuestro caso conviene usar un factor de fricción "C" del tipo A, siendo de 0.03. El factor de longitud constante "Lo" será de 45.7, de la tabla 7.12.

ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA

Para el cálculo de la potencia consideramos un peso de banda con un espesor de  $\frac{1}{8}$ " (6.35 m m).

<u>ANCHO DE BANDA</u>	<u>PESO KG/Mt.</u>
8" (203 mm )	2.6
18" (457 mm )	5.86
30" (762 mm )	9.75

Los rodillos de carga tienen un peso total de:

<u>ANCHO DE BANDA</u>	<u>ANCHO RODILLOS</u>	<u>TIPO</u>	<u>No. DE PZAS</u>	<u>PESO TOTAL Kg.</u>
8" (203 mm )	280	rectos	1	4
18" (457 mm )	535	rectos	1	6.7
30" (762 mm )	850	artezados	3	11.1
30" (762 mm )	840	rectos	1	10.1

El peso de las partes en movimiento será (tabla 7.13):

TRANSPORTADORES

<u>TRANS</u> <u>PORTA</u> <u>DOR</u>	<u>DIST.</u> <u>PROM.</u> <u>ENTRE</u> <u>RODI-</u> <u>LLOS</u> <u>CARGA</u> <u>MTS.</u>	<u>DISTAN</u> <u>CIA</u> <u>PROME-</u> <u>DIO EN</u> <u>TRE RO</u> <u>DILLOS</u> <u>RETOR-</u> <u>NO MTS.</u>	<u>NUME-</u> <u>RO DE</u> <u>RODI-</u> <u>LLOS</u> <u>CARGA</u>	<u>NUME-</u> <u>RO DE</u> <u>RODI-</u> <u>LLOS</u> <u>RETOR</u> <u>NO</u>	<u>ANCHO</u> <u>DE</u> <u>BANDA</u> <u>PULG.</u>	<u>PESO</u> <u>DE</u> <u>PANDA</u> <u>POR 2</u> <u>MT .</u> <u>KG.</u>	<u>PESO</u> <u>POR</u> <u>RODI</u> <u>LLOS</u> <u>DE</u> <u>CARGA</u> <u>KG./MT.</u>	<u>PESO</u> <u>POR</u> <u>RODI</u> <u>LLOS</u> <u>DE</u> <u>RETOR</u> <u>NO</u> <u>KG/MT</u>	<u>VALOR</u> <u>PESO</u> <u>PAR-</u> <u>TES</u> <u>EN MO</u> <u>VIMIEN</u> <u>TO</u> <u>KG.</u>	<u>VELO</u> <u>CI-</u> <u>DAD</u> <u>DEL</u> <u>TRANS</u> <u>PORTA</u> <u>DOR.</u> <u>MT/MIN</u>
1T1	1.029	2.573	9	3	30	19.5	10.8	3.9	34.2	25
2T1	1.019	2.801	10	3	30	19.5	10.9	3.6	34.0	25
3T1	1.029	2.573	9	3	30	19.5	10.8	3.9	34.2	25
1T2	0.969	2.583	15	5	30	19.5	11.5	3.9	34.9	25
1T3	1.138	2.773	38	15	30	19.5	9.8	3.6	32.9	25
1T4	1.033	2.686	12	4	30	19.5	10.7	3.8	34.0	25
2T2	1.135	2.804	41	16	30	19.5	9.8	3.6	32.9	25

TABLA 7.13 (a)  
- 80 -

TRANSPORTADORES

TRANSPORTADOR	DIST. PROM. ENTRE RODILLOS CARGA MTS.	DIST. PROM. ENTRE RODILLOS RETORNO MTS.	NUMERO DE RODILLOS DE CARGA	NUMERO DE RODILLOS DE RETORNO	ANCHO DE BANDA PULG.	PESO DE BANDA POR X Mt KG.	PESO POR RODILLOS DE CARGA KG/MT	PESO POR RODILLOS DE RETORNO KG/MT	VALOR PESO PAR- TES EN MO VIMIENTOS KG.	VELOCIDAD DEL TRANSPORTADOR V MT/MIN
3T2	0.915	2.516	10	3	30	19.5	12.1	4.0	35.6	25
3T3	1.138	2.773	38	15	30	19.5	9.8	3.6	32.9	25
3T4	1.051	2.891	10	3	30	19.5	10.6	3.5	33.6	25
1T5	0.525	--	3	-	8	5.2	7.6	-	12.8	10
1T6	0.571	2.0	6	1	18	11.7	11.7	3.4	26.8	15
2T3	0.525	--	3	---	8	5.2	7.6	--	12.8	10
2T4	0.610	3.05	9	1	18	11.7	11.0	2.2	24.9	15
3T5	0.525	--	3	--	8	5.2	7.6	--	12.8	10
3T6	0.610	3.05	9	1	18	11.7	11.0	2.2	24.9	15
1T7	1.149	2.297	3	1	30	19.5	9.7	4.4	33.6	25
1T8	1.149	2.5	3	1	30	19.5	9.7	4.0	33.2	25
1T9	1.149	2.5	3	1	30	19.5	9.7	4.0	33.2	25
2T5	1.149	2.297	3	1	30	19.5	9.7	4.4	33.6	25
2T6	1.149	2.5	3	1	30	19.5	9.7	4.0	33.2	25
2T7	1.149	2.5	3	1	30	19.5	9.7	4.0	33.2	25
3T7	1.149	2.297	3	1	30	19.5	9.7	4.4	33.6	25
3T8	1.149	2.5	3	1	30	19.5	9.7	4.0	33.2	25
3T9	1.149	2.5	3	1	30	19.5	9.7	4.0	33.2	25

TABLA 7.13 (b)

Una vez obtenida la potencia en la flecha de la polea mortriz tendrá que tomarse en cuenta las pérdidas de potencia por los diferentes tipos de transmisión mecánica, viendo la eficiencia en la tabla 7.14.

EFICIENCIAS MECANICAS DE MECANISMOS DE REDUCCION DE VELOCIDAD

TIPO DE MECANISMO DE REDUCCION DE VELOCIDAD	EFICIENCIA MECANICA APROXIMADA
Bandas en "V" y Poleas	0.94
Cadena y Catarinas Guarda abierta	0.93
Cadena y Catarina sumergida en aceite	0.95
Reducción simple helicoidal o reductor angular o motorreductor	0.95
Doble reducción helicoidal o reductor angular o motorreductor	0.94
Triple reducción helicoidal o reductor angular o motorreductor	0.93
Doble reducción engranes helicoidales, reductores montados en la flecha.	0.94
Reductores rango bajo (hasta 20:1) corona sinfin	0.90
Reductores rango medio (de 20:1 a 60:1) corona sinfin	0.70
Reductores rango alto (de 60:1 a 100:1) corona sinfin	0.50
Engranes de corte recto	0.90
Engranes rectos de fundición	0.85

TABLA 7.14

En nuestro caso las velocidades de los transportadores son bajas por lo cual habrá que instalar reductores, los más comunes en el mercado y apropiados para este trabajo son de corona y sinfin, sin embargo como se manejan velocidades estándar se tendrá que ajustar con otra reducción que podrá ser del tipo cadena y catarinas guarda abierta. Así que se tomarán dos factores. Entonces la potencia total en la flecha de la polea motriz será (tabla 7.15)

$$POTENCIA TOTAL HP = \frac{C(L+L_0)QV}{1390} + \frac{C(L+L_0)T}{274} + \frac{T H}{274} \text{ - - - - - (7)}$$

Si el factor de fricción "C" es igual a 0.03 y el factor de longitud constante "Lo" será de 45.7 mts., la pérdida de eficiencia en la 1a. reduc. reductor corona sin fin rango medio es de 30% y en la segunda reducción cadena y catarinas guardada abierta es de 7%, y el factor de servicio será de 1.25

SOLUCION A LA ECUACION (7)

TRANS PORTA DOR.	DISTAN CIA EN TRE PO LEAS L (MTS.)	ALTU RA EN TRE PUNTOS DE DES - CARGA H (MTS)	CAPA- CIDAD T TON/H	PESO DE PAR- TES EN MOVI MIEN TO Q EN K.	VELO- CIDAD DE LA BANDA V MT/MIN	POTEN- CIA HP TOTAL EN LA FLECHA DE LA POLEA MOTRIZ	POTEN- CIA HP TOTAL REQUE- RIDA EN EL MOTOR	MOTOR COMER- CIAL
1T1	10.29	3.04	15	34.2	25	1.29	2.25	3
2T1	11.20	3.46	15	34.0	25	1.33	2.31	3
3T1	10.29	3.04	15	34.2	25	1.29	2.25	3
1T2	15.50	2.55	15	34.9	25	1.39	2.42	3
1T3	44.37	13.15	15	32.9	25	2.47	4.29	5
1T4	13.43	1.46	15	34.0	25	1.26	2.19	3
2T2	47.68	14.21	15	32.9	25	2.59	4.5	5
3T2	10.06	1.76	15	35.6	25	1.26	2.19	3
3T3	44.37	13.15	15	32.9	25	2.47	4.29	5
3T4	11.56	1.46	15	33.6	25	1.21	2.11	3
1T5	2.1	-	0.1	12.8	10	0.13	0.23	1
1T6	4.0	-	0.6	26.8	15	0.43	0.76	1
2T3	2.1	-	0.1	12.8	10	0.13	0.23	1
2T4	6.1	-	0.6	24.9	15	0.42	0.73	1
3T5	2.1	-	0.1	12.8	10	0.13	0.23	1
3T6	6.1	-	0.6	24.9	15	0.42	0.73	1
1T7	4.59	-	16	33.6	25	1.00	1.74	2

TABLA 7.15 (a)

SOLUCION A LA ECUACION (7)

TRANS PORTA DOR.	DISTAN CIA EN TRES FO LEAS L (MTS.)	ALTU- RA EN TRES PUNTOS DE DES CARGA H (MTS)	CAPA- CIDAD T TON/ HRS.	PESO DE PAR- TES EN MOV. Q EN Kg	VELO- CIDAD DE LA BANDA V MT/MIN	POTEN- CIA HP TOTAL EN LA FLECHA DE LA POLEA MOTRIZ	POTEN CIA HF TOTAL REQUE- RIDA EN EL MO- TOR	MOTOR COMER CIAL
1T8	4.59	-	16	33.2	25	1.00	1.74	2
1T9	4.59	-	16	33.2	25	1.00	1.74	2
2T5	4.59	-	16	33.6	25	1.00	1.74	2
2T6	4.59	-	16	33.2	25	1.00	1.74	2
2T7	4.59	-	16	33.2	25	1.00	1.74	2
3T7	4.59	-	16	33.6	25	1.00	1.74	2
3T8	4.59	-	16	33.2	25	1.00	1.74	2
3T9	4.59	-	16	33.2	25	1.00	1.74	2

TABLA 7.15 (b)

TENSIONES EN LA BANDA.-

La potencia calculada anteriormente es la que se tiene que proporcionar a la polea motriz, para que la banda pueda trabajar en las condiciones de carga y velocidad especificados. La tensión desarrollada en la banda por esa potencia, está expresada por la siguiente ecuación:

$$T_e = \frac{cv \text{ flecha} \times 4500}{v} \text{ --- (8)}$$

En donde:  $T_e$  = tensión efectiva en Kg.

$v$  = velocidad en M./Min.

Sin embargo ésta no es la tensión total de la banda, sino que se tiene otra tensión adicional en el lado de retorno, ya que de no existir esta tensión, se deslizará la banda

en la polea motriz. Esta tensión la designamos por T2; por consecuencia la tensión total de la banda está dada por la fórmula siguiente:

$$T_1 = T_e + T_2 \text{ --- (9)}$$

La tensión efectiva por tanto es la diferencia entre las tensiones de la banda en el lado de carga (lado tenso), y el retorno (lado flojo), es decir:

$$T_e = T_1 - T_2 \text{ --- (10)}$$

Las tensiones se muestran en las figuras siguientes:

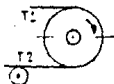
Polea motriz simple con 180° de arco de contacto.

$$T_e = T_1 - T_2$$



Polea compuesta con 210° a 270° de arco de contacto

$$T_e = T_1 - T_2$$



Como ya se ha mencionado para mover la banda, la polea motriz ejerce una fuerza sobre la banda. Esta fuerza depende de tres factores que son:

- 1) La tensión de la banda.
- 2) El arco de contacto entre la polea y la banda
- 3) El coeficiente de fricción entre la banda y la polea.

La relación de estos tres factores está expresada en la fórmula básica siguiente, cuando la banda está en operación:

$$\frac{T_1}{T_2} = e^{f\alpha} \text{ --- (11)}$$

Donde:

$e$  = logaritmo natural de base 2.718

$f$  = coeficiente de fricción

$\alpha$  = arco de contacto de la banda en la polea, en radianes ( $180^\circ = 3.1416$  radianes)

$$\text{Si } T_1 = T_e + T_2$$

Sustituyendo tenemos:

$$\frac{T_1}{T_2} = \frac{T_e}{T_2} + \frac{T_2}{T_2}$$

$$\frac{T_1}{T_2} = \frac{T_e + T_2}{T_2} \quad \therefore \quad e^{f\alpha} = \frac{T_e + T_2}{T_2}$$

$$e^{f\alpha} - 1 = \frac{T_e}{T_2} \quad \therefore$$

$$T_2 = \frac{1}{e^{f\alpha} - 1} T_e \text{ ----- (12)}$$

Que es la tensión de la banda en el lado de retorno en Kg.

Por otro lado:

$$\text{Si } T_2 = T_1 - T_e$$

$$\frac{T_2}{T_1} = 1 - \frac{T_e}{T_1} \quad \therefore \quad 1 - \frac{1}{e^{f\alpha}} = \frac{T_e}{T_1}$$

$$T_1 = \frac{T_e}{\frac{e^{f\alpha} - 1}{e^{f\alpha}}} \quad \therefore \quad T_1 = \frac{e^{f\alpha}}{e^{f\alpha} - 1} T_e \text{ ----- (13)}$$

Tensión de la banda en el lado de carga en Kg.

El término  $\frac{1}{e^{f\alpha} - 1}$  es el factor motriz "K", el cual multiplicado por la tensión efectiva  $T_e$  nos produce la tensión en el lado de retorno. Las tensiones de la banda son entonces:



$T_1 = (1 + K) T_e$  -- (14) Tensión total de la banda en Kg.

$T_2 = K T_e$  ----- (15) Tensión en el lado de retorno en Kg.

El factor K, varía de acuerdo con el coeficiente de fricción y el arco de contacto entre la banda y la polea. Para poder mover la banda, es necesario tener la tensión en el lado de retorno y esta tensión se logra dar a la banda por medio de un tensor del tipo de tornillo o del llamado de gravedad \_\_\_ con contrapeso.

El ángulo de contacto de la banda con la polea es de 180° y la polea motriz es lisa, es decir no lleva recubrimiento de hule.

El tensor tipo tornillo se recomienda cuando los transportadores son relativamente cortos, que además resultaría impráctico un tensor automático ya que ocuparía mucho espacio. Ver tabla 7.17

Entonces el valor de K es de 0.97 Ver tabla 7.17

$$\text{Si } T_e = \frac{\text{HP flecha} \times 4500}{V}$$

$$T_1 = (1 + K) T_e$$

$$T_2 = K T_e$$

La tensión máxima unitaria  $T_u = \frac{\text{tensión máxima } T_1 \text{ (Kg)}}{\text{ancho de banda (cm)}} = \text{Kg/cm}^2$  (16)

Por lo tanto las tensiones serán (tabla 7.16)

SOLUCION A ECUACIONES (14), (15) y (16)

TRANSPOR TADOR.	ANCHO DE BANDA CM.	H P FLECHA	VELOCIDAD MTS/MIN.	Te Kg	T1 Kg	T2 Kg	Tu Kg/cm
1T1	76.2	1.29	25	232.2	457.4	225.2	6.0
2T1	76.2	1.33	25	239.4	471.6	232.2	6.2
3T1	76.2	1.29	25	232.2	457.4	225.2	6.0
1T2	76.2	1.39	25	250.2	492.9	242.7	6.5
1T3	76.2	2.47	25	444.6	875.9	431.3	11.5
1T4	76.2	1.26	25	226.8	446.8	220.0	5.9
2T2	76.2	2.59	25	466.2	918.4	452.2	12.1
3T2	76.2	1.26	25	226.8	446.8	220.0	5.9
3T3	76.2	2.47	25	444.6	875.9	431.3	11.5
3T4	76.2	1.21	25	217.8	429.1	211.3	5.6
1T5	20.3	0.13	10	58.5	115.2	56.7	5.7
1T6	45.7	0.43	15	129.0	254.1	125.1	5.6
2T3	20.3	0.13	10	58.5	115.2	56.7	5.7
2T4	45.7	0.42	15	126.0	248.2	122.2	5.4
3T5	20.3	0.13	10	58.5	115.2	56.7	5.7
3T6	45.7	0.42	15	126.0	248.2	122.2	5.4
1T7	76.2	1.00	25	180.0	354.6	174.6	4.7
1T8	76.2	1.00	25	180.0	354.6	174.6	4.7
1T9	76.2	1.00	25	180.0	354.6	174.6	4.7
2T5	76.2	1.00	25	180.0	354.6	174.6	4.7
2T6	76.2	1.00	25	180.0	354.6	174.6	4.7
2T7	76.2	1.00	25	180.0	354.6	174.6	4.7
3T7	76.2	1.00	25	180.0	354.6	174.6	4.7
3T8	76.2	1.00	25	180.0	354.6	174.6	4.7
3T9	76.2	1.00	25	180.0	354.6	174.6	4.7

TABLA 7.16

Esta tabla da los valores para la tensión total y la tensión en el lado de retorno dentro de un rango usual de arco de contacto entre la polea y la banda. Estos valores están basados en coeficientes de fricción de  $f = 0.30$  para poleas de fierro sin recubrimiento y  $f = 0.35$  para poleas de fierro recubiertas de hule.

VALOR "K"

ARCO DE CONTACTO GRADOS	TENSOR AUTOMATICO				TENSOR DE TORNILLO			
	TENSION EN KG.				TENSION EN KG.			
	LADO TENSO T1		LADO FLOJO T2		LADO TENSO T1		LADO FLOJO T2	
	POLEA SIN RECUBRIR	POLEA RECU-BIERTA	POLEA SIN RECUBRIR	POLEA RECU-BIERTA	POLEA SIN RECUBRIR	POLEA RECU-BIERTA	POLEA SIN RECUBRIR	POLEA RECU-BIERTA
180	1.64	1.50	0.64	0.50	1.97	1.80	0.97	0.80
210	1.50	1.38	0.50	0.38	1.80	1.66	0.80	0.66
240	1.40	1.30	0.40	0.30	1.68	1.56	0.68	0.56
270	1.32	1.24	0.32	0.24	1.58	1.49	0.58	0.49
300	1.26	1.19	0.26	0.19	1.51	1.43	0.51	0.43
330	1.22	1.16	0.22	0.16	1.46	1.40	0.46	0.40
360	1.18	1.13	0.18	0.13	1.42	1.36	0.42	0.36
390	1.15	1.11	0.15	0.11	1.39	1.33	0.39	0.33
420	1.13	1.09	0.13	0.09	1.36	1.31	0.36	0.31
450	1.11	1.07	0.11	0.07	1.33	1.29	0.33	0.29
480	1.09	1.06	0.09	0.06	1.31	1.27	0.31	0.27

TABLA 7.17

## BANDA TRANSPORTADORA

La banda transportadora es uno de los principales elementos del transportador de banda. Ya que en ella se transportará el producto desde el punto de carga hasta la descarga, y al seleccionarla se debe hacer en forma cuidadosa para que la banda elegida satisfaga los requerimientos necesarios para un buen funcionamiento.

La banda transportadora está formada por lo que se ha dado en nombrar el esqueleto y las cubiertas de hule.

El esqueleto es un conjunto de capas colocadas una arriba de otra y debe ser capaz de resistir la tensión máxima.

Las cubiertas de hule forman una capa que protege al esqueleto, más no ayuda a absorber parte de la tensión que soporta la banda.

La selección del esqueleto, determina la cantidad y el tipo de capas y está basado en lo siguiente:

- 1.- La tensión apropiada para soportar la tensión máxima.
- 2.- Flexibilidad transversal para conformarse a los rodillos, tanto con carga, como sin carga.
- 3.- Capacidad para resistir el impacto en la zona de carga.
- 4.- Cubiertas de hule adecuadas.
- 5.- Flexibilidad longitudinal para que la banda se flexione en las poleas, ya sea motriz, conducida o de ayuda.

En las tablas siguientes para tres tipos de banda, se puede escoger el número de capas y el tipo de empalme. (tabla 7.18)

EMPALME VULCANIZADO

TENSION DE TRABAJO PERMISIBLE KG/CM (Lb/PULG)			
NUM. DE CAPAS	FLEXSEAL "M"	FLEXSEAL "H"	FLEXSEAL "XH"
2	26.7 (150)	35.7 (200)	42.8 (240)
3	48.2 (270)	58.9 (330)	76.4 (400)
4	64.2 (360)	85.7 (480)	110.7 (620)

EMPALME CON GRAPAS

TENSION DE TRABAJO PERMISIBLE KG/CM (Lb/PULG)			
NUM. DE CAPAS	FLEXSEAL "M"	FLEXSEAL "H"	FLEXSEAL "XH"
2	22.0 (122)	30.0 (167)	36.0 (201)
3	40.1 (225)	53.5 (300)	64.2 (360)
4	53.5 (300)	71.4 (400)	85.7 (480)

TABLA 7.18

Debido a que las tensiones unitarias máximas obtenidas anteriormente, la mayor es de 12.1 Kg/cm así que se podrá elegir empalme de grapas, utilizando banda y tipo flexseal "M" de dos capas que resiste una tensión de 22.0 Kg/cm (valor más grande del requerido).

Esta banda flexseal es una banda de cantos cortados, sellados que utiliza la tela multi-warp, cuya construcción es tal que permite una combinación de fuerza y resistencia al impacto de una banda de capas múltiples con la flexibilidad de la banda de una capa.

La calidad de las cubiertas de la banda se elige de acuerdo al tipo de características del material por transportar.

Las cubiertas de la banda se fabrican para varias clases de servicios y operación. El tamaño, tipo y calidad del material, así como los diversos tipos de carga, velocidad y otras condiciones de operación requieren cubiertas de diferentes clases, ya sea al corte, al desgarramiento o a la abrasión.

Para ciertas instalaciones especiales, ambas componentes de esqueleto y cubierta deben ser resistentes a los aceites, grasas, calor, etc.

Para mayor facilidad las cubiertas se han clasificado en clase 1, clase 2, clase 3.

La clase 1.- Llamada cubierta calidad super long-life se emplea para servicio extremadamente severo, donde debido al material transportado y a las condiciones de carga, el esqueleto

to requiere máxima protección. Es adecuada para resistir im pactos de materiales de alta densidad; al corte debido a los materiales de extremos cortantes y además ofrece la máxima resistencia al desgaste y a la abrasión.

La clase 2.- Calidad long-life se utiliza para servicios me nos severos, donde el impacto es menor, ya que el material \_ transportado es de dimensiones pequeñas, lo cual ayuda a que tenga resistencia al corte. Esta clase es usada por su adap t tabilidad a muchos materiales, los cuales han sido reducidos a tamaños convenientes para su manejo y proceso.

La clase 3.- Cubierta calidad maxecón, es un tipo de cubier r ta de utilidad general que se emplean donde existen relativas condiciones de cargas ligeras y donde el simple transporte \_ del material es todo lo que requiere. Se utiliza para resis tir el impacto de pequeños terrones de cualquier textura y también a la abrasión de materiales finamente quebrados.

La tabla siguiente es una guía para conocer la clase y espe s sor de la cubierta superior para diferentes tipos de mate - riales. (tabla 7.19)

CLASES Y ESPESORES DE CUBIERTAS

TIPO DE MATERIAL	ESPESOR DE LA CUBIERTA SUPERIOR MM (PULG)	TIPO O CALIDAD DE LA BANDA
Materiales no abrasivos, tales como astillas de madera, polvos, talcos o carbón de grano fino	1.6 (1/16) 2.4 (3/32) 3.2 (1/8)	Long life Long life o maxecón Maxecón cón
Materiales algo abrasivos tales como arena, tierra, carbón bituminoso de tamaño menor de 7.62 cm (3")	3.2 (1/8) 4.0 (5/32) 4.8 (3/16)	Super long life Long life o maxecón Maxecón cón
Materiales abrasivos, tales como carbón de antracita, mineral de cobre o sinter, carbón mineral hasta un tamaño de 25.4 cm (10") minerales de hierro o cobre de menos de 15.24cm (6")	4.8 (3/16) 5.6 (7/32) 6.3 (1/4)	Super Long life Long life o maxecón Long life cón
Materiales pesados y abrasivos tales como minerales de hierro, cobre, zinc, plomo, piedra o escoria de tamaño menor de 22.86 cm (9")	6.3 (1/4) 7.1 (9/32) 7.9 (5/16)	Super long life Long life o super long life Long life
Materiales pesados y altamente abrasivos tales como roca de cuarzo, pedacera de vidrio; cualquier mineral duro y filoso en tamaños mayores de 22.86 cm (9")	7.9 (5/16) a 9.5 (3/8)	Super long life

TABLA 7.19

La cubierta superior de todos los transportadores convendrá que sea de 3.2 mm (1/8") y para la cubierta inferior de 1.6 mm (1/16")



## DIAMETROS DE LAS POLEAS

La tensión de operación de la banda (tensión máxima unitaria "Tu") es de 12.1 Kg/cm y la tensión que resiste la banda flexseal "M" de 2 capas es de 22.0 Kg/cm.

% de tensión normal de la banda =  $\frac{\text{tensión máxima unitaria}}{\text{tensión de trabajo permisible}}$

$$= \frac{T_u}{T_{tp}} \times 100 \text{ --- (17)}$$

Para escoger los diámetros de las poleas se tratará de estandarizar éstos lo más posible, conviene asignar un diámetro mayor del mínimo recomendado, ya que así se flexiona menos la banda y tiene una mayor duración. Por otro lado habrá que tomar en cuenta la longitud del transportador, de este modo un transportador de gran longitud llevará poleas un poco mayores y uno de poca longitud podrá reducirse el diámetro de las poleas. También por estandarización convendrá establecer un diámetro de la polea conducida igual al de la polea motriz.

DIAMETRO DE LAS POLEAS CM(PULG) BANDA FLEXSEAL

NUMERO DE CAPAS	% DE LA TENSION NORMAL DE LA BANDA			
	80 a 100%	60 a 80%	40 a 60%	20 a 40%
2	40.6 (16)	35.5 (14)	30.4 (12)	25.4 (10)
3	58.8 (20)	45.7 (18)	40.6 (16)	35.5 (14)
4	60.9 (24)	50.8 (20)	45.7 (18)	40.6 (16)

GUIA PARA SELECCIONAR EL DIAMETRO DE LAS POLEAS DE UN TRANSPORTADOR DE BANDA CONSIDERANDO EL DIAMETRO MINIMO TOMANDO COMO BASE EL % DE CARGA.

TABLA 7.20

En cuanto a la longitud de las poleas, se recomienda que cuando el ancho de banda sea menor de 106.8 cm (42") deberá tener la polea una longitud mayor que el ancho de banda en 2.54 cm (1") por lado, y para un ancho de banda mayor a 106.8 cm (42") una longitud mayor en 3.8 cm (1½") por lado.

En nuestro caso se aumentará 2.54 cm por lado, en total 5.08 cm (2").

Entonces las características de las poleas tomando en cuenta las características de la tabla 7.20) será (tabla 7.21):

DIMENSIONES DE POLEAS

TRANSPOR- TADOR	% DE TENSION NORMAL	DIAMETRO DE POLEAS CM.	ÁNCHO DE BANDA (CM)	LONGITUD DE POLEAS CM.
1T1	27.3	40.6	76.2	81.3
2T1	28.2	40.6	76.2	81.3
3T1	27.3	40.6	76.2	81.3
1T2	29.5	40.6	76.2	81.3
1T3	52.3	50.8	76.2	81.3
1T4	26.8	40.6	76.2	81.3
2T2	55.0	50.8	76.2	81.3
3T2	26.8	40.6	76.2	81.3
3T3	52.3	50.8	76.2	81.3
3T4	25.5	40.6	76.2	81.3
1T5	25.9	25.4	20.3	25.4
1T6	25.5	35.6	45.7	50.8
2T3	25.9	25.4	20.3	25.4
2T4	24.5	35.6	45.7	50.8
3T5	25.9	25.4	20.3	25.4
3T6	24.5	35.6	45.7	50.8
1T7	21.4	40.6	76.2	81.3
1T8	21.4	40.6	76.2	81.3
1T9	21.4	40.6	76.2	81.3
2T5	21.4	40.6	76.2	81.3
2T6	21.4	40.6	76.2	81.3
2T7	21.4	40.6	76.2	81.3
3T7	21.4	40.6	76.2	81.3
3T8	21.4	40.6	76.2	81.3
3T9	21.4	40.6	76.2	81.3

TABLA 7.21

Las poleas tendrán un abombamiento a partir del centro con el

fin de lograr un mejor centrado de la banda, la corona máxima recomendada es 1% (1 centímetro por metro de ancho ó 1/8" por pie de ancho).

#### DIAMETROS DE LAS FLECHAS DE LAS POLEAS MOTRIZ Y CONDUCTIDA.

El diseño de la flecha se hará considerando que la polea motriz causa esfuerzos de torsión y de flexión. La torsión debida a la potencia que transmite y la flexión producida por las tensiones en la banda y los pesos que actúan en la flecha.

El diámetro de la flecha que trabaja en estas condiciones está dado por la siguiente expresión:

$$d_m^3 = \frac{16}{\pi S_s} \sqrt{(K_b M_b)^2 + (K_t \bar{z})^2} \quad \text{--- (18)}$$

Para el diámetro de la flecha de la polea conducida se considera que únicamente está sometida a esfuerzos de flexión y está dado por la siguiente fórmula:

$$d_c^3 = \frac{32 M_b K_b}{\pi S_s} \quad \text{--- (19)}$$

En las cuales:

$S_s$  = Esfuerzo máximo de corte en Kg/cm<sup>2</sup>

$M_b$  = Momento flexionante máximo en la flecha en Kg-cm.

$S_b$  = Esfuerzo de tensión Kg/cm<sup>2</sup>

$\bar{z}$  = Momento de torsión en Kg-cm.

$K_b$  = Factor que toma en consideración los choques y fatigas combinadas y que debe aplicarse en cada caso para calcular el momento flexionante.

$K_t$  = Factor que toma en consideración los choques y fatigas combinados y que debe aplicarse en cada caso para calcular el momento de torsión a la potencia.

Los valores de  $K_b$ ,  $K_t$ , pueden tomarse de la tabla siguiente (tabla 7.22):

NATURALEZA DE LA CARGA	$K_b$	$K_t$
a) Flechas estacionarias: gradualmente aplicada	1.0	1.0
súbitamente aplicada	1.5 a 2.0	1.5 a 2.0
b) Flechas en movimiento: gradualmente aplicada	1.5	1.0
ó constante		
Súbitamente aplicada (choques pequeños)	1.5 a 2.0	1.0 a 1.5
Súbitamente aplicada (choques pesados)	2.0 a 3.0	1.5 a 3.0

TABLA 7.22

Para flechas en movimiento con carga constante  $K_b = 1.5$  y  $K_t = 1.0$ .

El valor de  $S_s$  de la tabla ( 7.23)

VALORES DE ESFUERZOS PARA FLECHAS

CLASIFICACION DE MATERIAL PARA FLECHAS DE ACERO	ESFUERZO ULTIMO A LA TENSION <sub>2</sub> APROX. KG/CM <sup>2</sup>	VALORES DE $S_s$ KG/CM <sup>2</sup>	
		FLECHA CON CUÑERO	FLECHA SIN CUÑERO
C1018	4,571	422	563
C1042	6,892	563	750
4140	6,259	703	938

TABLA 7.23

Utilizando acero C1042 con cuñero resulta

$$S_s = 563 \text{ Kg/cm}^2$$

El momento de torsión máximo en la flecha motriz está dado por  $T$  en Kg-cm

$$\tau = T_e \times R \text{ ----- (20)}$$

Donde:

$T_e$  = tensión efectiva en Kg.

$R$  = radio de la polea motriz en cm.

Momento Flexionante.-

Para la determinación del momento máximo flexionante al que está sujeto la flecha motriz analizaremos las fuerzas horizontales y verticales, debidas a las tensiones y pesos que actúan sobre ésta ver figuras 7.24 y 7.25

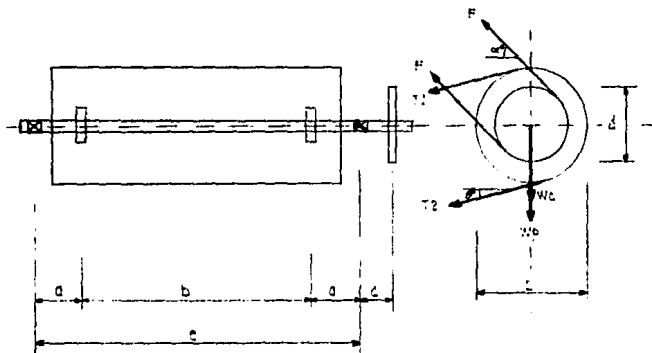


FIG. 7.24 (a)

SOLUCION ECUACION (20) Y DIMENSIONES POLEA MOTRIZ

TRANS PORTA DOR	DIAME TRO POLEA D(cm)	DIAME TRO CATA RINA d(cm)	ANGU LO $\theta^\circ$	ANGU LO $\alpha^\circ$	a (cm)	b (cm)	c (cm)	e (cm)	RADIO POLEA R(cm)	TEN SION Te(Kg)	MOMEN TO DE TOR - SION- Kg-cm
1T1	40.6	34	20.47	45	16.4	67.3	12	100	20.3	232.2	4,714
2T1	40.6	34	22.26	45	16.4	67.3	12	100	20.3	239.4	4,860
3T1	40.6	34	20.47	45	16.4	67.3	12	100	20.3	232.2	4,714
1T2	40.6	38	12	45	16.4	67.3	12	100	20.3	250.2	5,079
1T3	50.8	48	18.21	90	16.4	67.3	12	100	25.4	444.6	11,293
1T4	40.6	38	8.47	45	16.4	67.3	12	100	20.3	226.8	4,604
2T2	50.8	48	18.21	90	16.4	67.3	12	100	25.4	466.2	11,841
3T2	40.6	38	14.4	45	16.4	67.3	12	100	20.3	226.8	4,604
3T3	50.8	48	18.21	90	16.4	67.3	12	100	25.4	444.6	11,293
3T4	40.6	38	10.38	45	16.4	67.3	12	100	20.3	217.8	4,421
1T8	40.6	31	0	30	16.4	67.3	12	100	20.3	180.0	3,654
1T9	40.6	31	0	30	16.4	67.3	12	100	20.3	180.0	3,654
2T6	40.6	31	0	30	16.4	67.3	12	100	20.3	180.0	3,654
2T7	40.6	31	0	30	16.4	67.3	12	100	20.3	180.0	3,654
3T8	40.6	31	0	30	16.4	67.3	12	100	20.3	180.0	3,654
3T9	40.6	31	0	30	16.4	67.3	12	100	20.3	180.0	3,654

TABLA 7.24 (b)

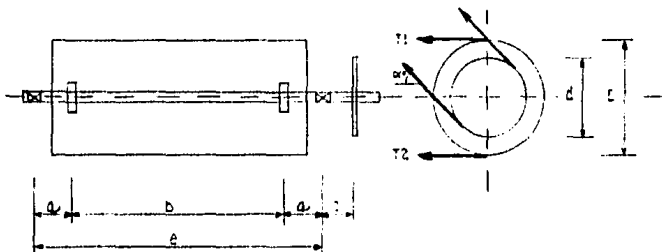


FIG. 7.25 (a)

SOLUCION ECUACION (20) Y DIMENSIONES POLEA MOTRIZ

TRANS PORTA DOR	DIAME TRO POLEA D(cm)	DIAME TRO CATA- RINA d(cm)	ANGU LO $\alpha^\circ$	a (cm)	b (cm)	c (cm)	e (cm)	RADIO POLEA R(cm)	TEN- SION Te (Kg)	MOMENTO DE TOR- SION $\phi$ Kg/cm
1T5	25.4	28	30	16.4	17.2	12	50	12.7	58.5	743
1T6	35.6	23	30	15.6	38.8	12	70	17.8	129.0	2296
2T3	25.4	28	30	16.4	17.2	12	50	12.7	58.5	743
2T4	35.6	23	30	15.6	38.8	12	70	17.8	126.0	2243
3T5	25.4	28	30	16.4	17.2	12	50	12.7	58.5	743
3T6	35.6	23	30	15.6	38.8	12	70	17.8	126.0	2243
1T7	40.6	31	30	16.4	67.3	12	100	20.3	180.0	3654
2T5	40.6	31	30	16.4	67.3	12	100	20.3	180.0	3654
3T7	40.6	31	30	16.4	67.3	12	100	20.3	180.0	3654

TABLA 7.25 (b)

Se necesitará determinar el valor de F sobre la catarina.

$$\text{Velocidad angular "W"} = \frac{\text{Velocidad de la banda "Vt" (mts/Min)}}{\text{Radio de la Polea "r" (mts)}} = \frac{\text{RAD}}{\text{Min}} \quad (21)$$

$$\text{Entonces } W = \frac{\text{RAD/MIN}}{2} = \text{REV/MIN (RPM)} \quad (22)$$



El torque en la polea motriz "T" =  $\frac{HP \times 726.35}{RPM}$  = Kg-m - - - (23)

726.35 = factor de conversión.

La fuerza sobre la catarina "F" =

$$F = \frac{\text{Torque en la polea motriz "T" (kg-m)}}{\text{Radio de la catarina conducida "U" (mt)}} = \text{Kgf.} - - (24)$$

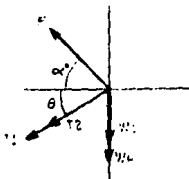
Solución tabla 7.26

SOLUCION A LAS ECUACIONES (21), (22), (23) y (24)

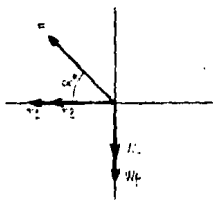
TRANSPOR TADOR	VELOCID. DE LA BANDA (MTS/MIN)	RADIO DE LA POLEA r (MTS)	W (RPM)	POTENCIA EN EL MO TOR HP	T (KG-m)	RADIO DE LA CARA- RINA U (MTS)	F (kgf)
1T1	25	0.203	20	2.25	83	0.17	490.5
2T1	25	0.203	20	2.31	86	0.17	503.6
3T1	25	0.203	20	2.25	83	0.17	490.5
1T2	25	0.203	20	2.42	90	0.19	472.0
1T3	25	0.254	16	4.29	199	0.24	828.8
1T4	25	0.203	20	2.19	81	0.19	427.1
2T2	25	0.254	16	4.5	209	0.24	869.4
3T2	25	0.203	20	2.19	81	0.19	427.1
3T3	25	0.254	16	4.29	199	0.24	828.8
3T4	25	0.203	20	2.11	78	0.19	411.5
1T5	10	0.127	13	0.23	13	0.14	95.2
1T6	15	0.178	13	0.76	41	0.11	374.2
2T3	10	0.127	13	0.23	13	0.14	95.2
2T4	15	0.178	13	0.73	40	0.11	359.4
3T5	10	0.127	13	0.23	13	0.14	95.2
3T6	15	0.178	13	0.73	40	0.11	359.4
1T7	25	0.203	20	1.74	64	0.15	429.9
1T8	25	0.203	20	1.74	64	0.15	429.9
1T9	25	0.203	20	1.74	64	0.15	429.9
2T5	25	0.203	20	1.74	64	0.15	429.9
2T6	25	0.203	20	1.74	64	0.15	429.9
2T7	25	0.203	20	1.74	64	0.15	429.9
3T7	25	0.203	20	1.74	64	0.15	429.9
3T8	25	0.203	20	1.74	64	0.15	429.9
3T9	25	0.203	20	1.74	64	0.15	429.9

TABLA 7.26

Para la polea motriz



Para transportadores inclinados



Para transportadores horizontales

Fuerzas verticales

$$Y_1 = T_1 \operatorname{sen} \theta = \text{Kg}$$

$$Y_2 = T_2 \operatorname{sen} \theta = \text{Kg}$$

$$Y_3 = F \operatorname{sen} \alpha = \text{Kg}$$

$$W_p = \text{Peso de la polea} = \text{Kg}$$

$$W_c = \text{Peso de la catarina} = \text{Kg}$$

Solución tablas 7.27 y 7.28

Fuerzas horizontales

$$X_1 = T_1 \operatorname{cos} \theta = \text{Kg}$$

$$X_2 = T_2 \operatorname{cos} \theta = \text{Kg}$$

$$X_3 = F \operatorname{cos} \alpha = \text{Kg}$$

Solución tabla 7.29

DIAGRAMA DE FUERZAS PLANO VERTICAL POLEA MOTRIZ

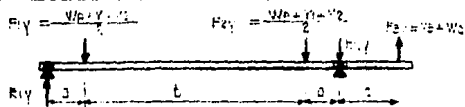


DIAGRAMA DE CORTANTES

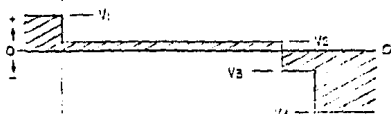
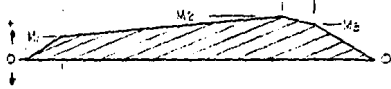


DIAGRAMA DE MOMENTOS



$$F1y = \frac{Wp + Y1 + Y2}{2} \quad F2y = \frac{Wp + Y1 + Y2}{2} \quad F3y = Y3 + Wc$$

$$\sum M R2y = R1y (2a + b) - F1y (a+b) - F2y (a) - F3y (c)$$

De aquí se obtiene R1y

$$\sum M R1y = F1y (a) + F2y (a + b) + R2y (2a + b) - F3y (2a+b+c)$$

De aquí resulta R2y

Solución tablas 7.27 y 7.28

CORTANTE Y MOMENTO FLEXIONANTE EN EL PLANO VERTICAL

TRANSPORTADORES INCLINADOS

TRANSPOR TADOR	Y1 Kg	Y2 Kg	Y3 Kg	Wp Kg	Wc Kg	F1y=F2y Kg	F3y Kg	R1y Kg	R2y Kg	V1y Kg	V2y Kg	V3y Kg	V4y Kg	M1y Kg- cm.	M2y Kg- cm.	M3y Kg- cm.	M Max Kg- cm.
1T1	160	79	347	75	15.1	157	332	197	-215	197	40	-117	-332	3225	5899	3977	5899
2T1	170	88	356	75	15.1	171	341	212	-211	212	41	-130	-341	3472	6223	4092	6223
3T1	160	79	347	75	15.1	157	332	197	-215	197	40	-117	-332	3225	5901	3981	5901
1T2	102	50	334	75	16.9	114	317	152	-241	152	38	-76	-317	2492	5048	3802	5048
1T3	274	135	829	109	26.4	259	802	355	-640	355	96	-163	-802	5821	2295	9629	2295
1T4	66	32	302	75	16.9	87	285	121	-233	121	34	-52	-285	1981	4281	3421	4281
2T2	287	141	869	109	26.4	269	843	370	-675	370	101	-168	-843	6063	2865	10116	2865
3T2	111	55	302	75	16.9	120	285	155	-199	155	34	-86	-285	2535	4836	3421	4836
3T3	274	135	829	109	26.4	259	802	355	-640	355	96	-163	-802	5821	2295	9629	2295
3T4	77	38	291	75	16.9	95	274	128	-212	128	33	-62	-274	2100	4311	3289	4311
1T8	0	0	215	75	13.7	38	201	62	-188	62	24	-13	-201	1011	2634	2415	2634
1T9	0	0	215	75	13.7	38	201	62	-188	62	24	-13	-201	1011	2634	2415	2634
2T6	0	0	215	75	13.7	38	201	62	-188	62	24	-13	-201	1011	2634	2415	2634
2T7	0	0	215	75	13.7	38	201	62	-188	62	24	-13	-201	1011	2634	2415	2634
3T8	0	0	215	75	13.7	38	201	62	-188	62	24	-13	-201	1011	2634	2415	2634
3T9	0	0	215	75	13.7	38	201	62	-188	62	24	-13	-201	1011	2634	2415	2634

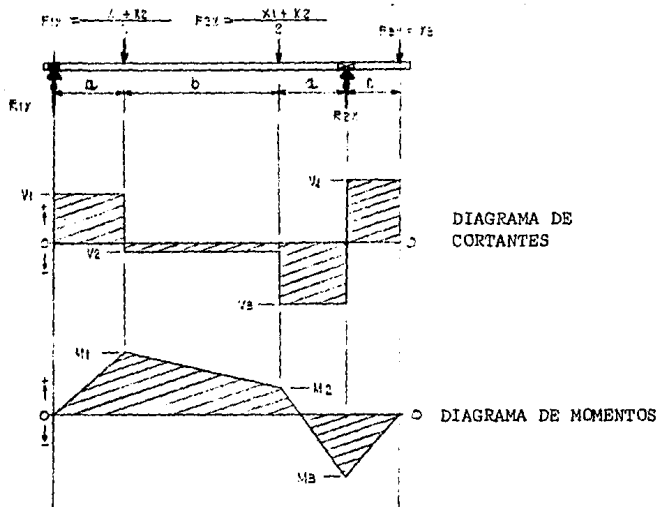
TABLA 7.27

TRANSPORTADORES HORIZONTALES

TRANSPOR TADOR	Y1 Kg	Y2 Kg	Y3 Kg	Wp Kg	Wc Kg	F1y=F2y Kg	F3y Kg	R1y Kg	R2y Kg	V1y Kg	V2y Kg	V3y Kg	V4y Kg	M1y Kg- cm.	M2y Kg- cm.	M3y Kg- cm.	MMax Kg- cm.
1T5	0	0	48	14	6.7	7	41	17	-44	17	10	3	-41	276	445	491	491
1T6	0	0	187	39	8.7	20	178	50	-189	50	31	11	-178	781	1968	2141	2141
2T3	0	0	48	14	6.7	7	41	17	-44	17	10	3	-41	276	445	491	491
2T4	0	0	180	39	8.7	20	171	49	-181	49	29	10	-171	762	1899	2052	2052
3T5	0	0	48	14	6.7	7	41	17	-44	17	10	3	-41	276	445	491	491
3T6	0	0	180	39	8.7	20	171	49	-181	49	29	10	-171	762	1899	2052	2052
1T7	0	0	215	75	13.7	38	201	62	-188	62	24	-13	-201	1011	2634	2415	2634
2T5	0	0	215	75	13.7	38	201	62	-188	62	24	-13	-201	1011	2634	2415	2634
3T7	0	0	215	75	13.7	38	201	62	-188	62	24	-13	-201	1011	2634	2415	2634

TABLA 7.28

DIAGRAMA DE FUERZAS PLANO HORIZONTAL POLEA MOTRIZ



$$F1x = \frac{X1 + X2}{2}$$

$$F2x = \frac{X1 + X2}{2}$$

$$F3x = X3$$

$$\sum M_{R2x} = R1x (2a+b) - F1x (a+b) - F2x (a) + F3x (c)$$

De aquí se obtiene  $R1x$

$$\sum M_{R1x} = F1x (a) + F2x (a+b) - R2x (2a+b) + F3x (2a+b+c)$$

De aquí se obtiene  $R2x$

Solución Tabla 7.29

CORTANTE Y MOMENTO FLEXIONANTE EN EL PLANO HORIZONTAL

TRANSPORTADORES INCLINADOS

TRANSPORTADOR	X1 Kg	X2 Kg	X3=F3x Kg	F1x=F2x Kg	R1x Kg	R2x Kg	V1x Kg	V2x Kg	V3x Kg	V4x Kg	M1x Kg-cm.	M2x Kg-cm.	M3c Kg-cm.	M Max. Kg-cm.
1T1	429	211	347	320	278	708	278	-42	-361	347	4563	1763	-4164	4563
2T1	436	215	356	326	283	724	283	-43	-368	356	4641	1768	-4273	4641
3T1	429	211	347	320	278	708	278	-42	-361	347	4562	1764	-4162	4562
1T2	482	237	334	360	320	734	320	-40	-400	334	5244	2551	-4005	5244
1T3	832	410	0	621	621	621	621	0	-621	0	10182	0182	0	10182
1T4	442	218	302	330	294	668	294	-36	-366	302	4814	2378	-3624	4814
2T2	872	430	0	651	651	651	651	0	-651	0	10676	0676	0	10676
3T2	433	213	302	323	287	661	287	-36	-359	302	4702	2266	-3624	4702
3T3	832	410	0	621	621	621	621	0	-621	0	10182	0182	0	10182
3T4	422	208	291	315	280	641	280	-35	-350	291	4593	2246	-3492	4593
1T8	355	175	372	265	220	682	220	-45	-309	372	3607	604	-4468	4468
1T9	355	175	372	265	220	682	220	-45	-309	372	3607	604	-4468	4468
2T6	355	175	372	265	220	682	220	-45	-309	372	3607	604	-4468	4468
2T7	355	175	372	265	220	682	220	-45	-309	372	3607	604	-4468	4468
3T8	355	175	372	265	220	682	220	-45	-309	372	3607	604	-4468	4468
3T9	355	175	372	265	220	682	220	-45	-309	372	3607	604	-4468	4468

TRANSPORTADORES HORIZONTALES

1T5	115	57	82	86	66	188	66	-20	-106	82	1085	745	-989	1085
1T6	254	125	324	190	134	569	134	-56	-245	324	2091	-64	-3889	3889
2T3	115	57	82	86	66	188	66	-20	-106	82	1085	745	-989	1085
2T4	248	122	311	185	132	550	132	-53	-239	311	2057	-14	-3735	3735
3T5	115	57	82	86	66	188	66	-20	-106	82	1085	745	-989	1085
3T6	248	122	311	185	132	550	132	-53	-239	311	2057	-14	-3735	3735
1T7	355	175	372	265	220	682	220	-45	-309	372	3607	604	-4468	4468
2T5	355	175	372	265	220	682	220	-45	-309	372	3607	604	-4468	4468
3T7	355	175	372	265	220	682	220	-45	-309	372	3607	604	-4468	4468

TABLA 7.29



Habiendo obtenido los momentos máximos tanto en el plano vertical como en el horizontal se obtiene el momento resultante  $M_b$

$$M_b = \sqrt{(M_v)^2 + (M_h)^2} = \text{Kg - cm.} \quad \text{--- (25)}$$

Donde:

$M_b$  = momento resultante

$M_v$  = momento máximo en el plano vertical

$M_h$  = momento máximo en el plano horizontal

Entonces el diámetro de la flecha de la polea motriz será:

$$d_m^3 = \frac{16}{\pi S_s} \sqrt{(K_b M_b)^2 + (K_t Z)^2} \quad \text{--- (18)}$$

$$d_m = \sqrt[3]{\frac{16}{\pi S_s} \sqrt{(K_b M_b)^2 + (K_t Z)^2}} \quad \text{--- (26)}$$

Solución tabla 7.30

De aquí se selecciona un acero comercial cold-rolled, el diámetro y el cuñero.

SOLUCION A ECUACIONES (25) y (26)

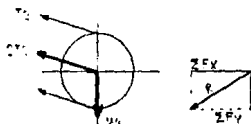
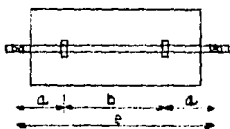
TRANS PORTA DOR	Mv Kg-cm	Mh Kg-cm	Mb Kg-cm	Diámetro dm flecha cm(pulg)	Diámetro seleccio nado cm(pulg)	Cuñero mm(pulg)
1T1	5899	4563	7458	4.79 (1.89)	5.56 (2.19)	1.27 (0.5)
2T1	6223	4641	7763	4.85 (1.91)	5.56 (2.19)	1.27 (0.5)
3T1	5901	4562	7459	4.79 (1.89)	5.56 (2.19)	1.27 (0.5)
1T2	5048	5244	7279	4.78 (1.88)	5.56 (2.19)	1.27 (0.5)
1T3	12295	10182	15964	6.21 (2.44)	7.46 (2.94)	1.91 (0.75)
1T4	4281	4814	6443	4.59 (1.81)	5.56 (2.19)	1.27 (0.5)
2T2	12865	10676	16718	6.31 (2.48)	7.46 (2.94)	1.91 (0.75)
3T2	4836	4702	6745	4.65 (1.83)	5.56 (2.19)	1.27 (0.5)
3T3	12295	10182	15964	6.21 (2.44)	7.46 (2.94)	1.91 (0.75)
3T4	4311	4593	6300	4.55 (1.79)	5.56 (2.19)	1.27 (0.5)
1T5	491	1085	1191	2.60 (1.02)	3.65 (1.44)	1.59 (0.63)
1T6	2141	3889	4439	3.99 (1.57)	4.92 (1.94)	1.27 (0.5)
2T3	491	1085	1191	2.60 (1.02)	3.65 (1.44)	1.59 (0.63)
2T4	2052	3735	4262	3.94 (1.55)	4.92 (1.94)	1.27 (0.5)
3T5	491	1085	1191	2.60 (1.02)	3.65 (1.44)	1.59 (0.63)
3T6	2052	3735	4262	3.94 (1.55)	4.92 (1.94)	1.27 (0.5)
1T7	2634	4468	5186	4.27 (1.68)	4.92 (1.94)	1.27 (0.5)
1T8	2634	4468	5186	4.27 (1.68)	4.92 (1.94)	1.27 (0.5)
1T9	2634	4468	5186	4.27 (1.68)	4.92 (1.94)	1.27 (0.5)
2T5	2634	4468	5186	4.27 (1.68)	4.92 (1.94)	1.27 (0.5)
2T6	2634	4468	5186	4.27 (1.68)	4.92 (1.94)	1.27 (0.5)
2T7	2634	4468	5186	4.27 (1.68)	4.92 (1.94)	1.27 (0.5)
3T7	2634	4468	5186	4.27 (1.68)	4.92 (1.94)	1.27 (0.5)
3T8	2634	4468	5186	4.27 (1.68)	4.92 (1.94)	1.27 (0.5)
3T9	2634	4468	5186	4.27 (1.68)	4.92 (1.94)	1.27 (0.5)

TABLA 7.30

### FLECHA DE LA POLEA CONDUCTIDA

Se considera que esta flecha únicamente está sometida a esfuerzos de flexión. Además las poleas conducidas tendrán las mismas características que las poleas motrices.

Las fuerzas que actúan en esta flecha son:



$$\Sigma F_x = 2T_2 \cos \theta = K_g$$

$$\Sigma F_y = 2T_2 \sin \theta - W_p = K_g$$

La resultante de las fuerzas será

$$R = \sqrt{(\Sigma F_x)^2 + (\Sigma F_y)^2} = K_g \quad \text{---(27)}$$

Entonces la fuerza "F" es

$$F = \frac{R}{2} = K_g \quad \text{---(28)}$$

$$R_A = R_B = F$$

Los momentos serán

$$M_{F1} = M_{F2} = M_b$$

Entonces el diámetro de la flecha será

$$d_c^3 = \frac{32 M_b K_b}{\pi S_s} \quad \text{---(19)}$$

$$d_c = \sqrt[3]{\frac{32 M_b K_b}{\pi S_s}} \quad \text{---(29)}$$

Diagrama de cortantes

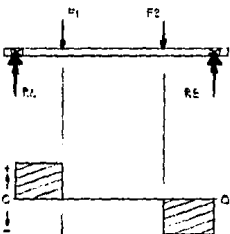


Diagrama de momentos



Solución Tabla 7.31

De aquí se selecciona un acero comercial cold-rolled, el diámetro y el cuñero

SOLUCION A ECUACIONES (27), (28) y (29)

TRANS- PORTA- DOR	$\Sigma F_x$ Kg	$\Sigma F_y$ Kg	RESUL- TANTE R Kg.	F Kg	Mbc Kg-cm	DIAMETRO DE FLECHA cm(pulg)	DIAMETRO SELECCIO- NADO cm(pulg)	CUÑERO cm(pulg)
1T1	422	158	450	225	3693	4.65(1.83)	5.56(2.19)	1.27(0.5)
2T1	430	176	464	232	3808	4.69(1.85)	5.56(2.19)	1.27(0.5)
3T1	422	158	450	225	3693	4.65(1.83)	5.56(2.19)	1.27(0.5)
1T2	475	101	485	243	3980	4.76(1.87)	5.56(2.19)	1.27(0.5)
1T3	819	270	863	431	7073	5.77(2.27)	7.46(2.94)	1.91 (0.75)
1T4	435	65	440	220	3608	4.61(1.81)	5.56(2.19)	1.27(0.5)
2T2	859	283	904	452	7416	5.86(2.31)	7.46(2.94)	1.91(0.75)
3T2	426	109	440	220	3608	4.61(1.81)	5.56(2.19)	1.27(0.5)
3T3	819	270	863	431	7073	5.77(2.27)	7.46(2.94)	1.91(0.75)
3T4	416	76	423	211	3465	4.55(1.79)	5.56(2.19)	1.27(0.5)
1T5	113	0	113	57	930	2.93(1.15)	3.65(1.44)	1.59(0.63)
1T6	250	0	250	125	1952	3.76(1.48)	4.92(1.94)	1.27(0.5)
2T3	113	0	113	57	930	2.93(1.15)	3.65(1.44)	1.59(0.63)
2T4	244	0	244	122	1906	3.73(1.47)	4.92(1.94)	1.27(0.5)
3T5	113	0	113	57	930	2.93(1.15)	3.65(1.44)	1.59(0.63)
3T6	244	0	244	122	1906	3.73(1.47)	4.92(1.94)	1.27(0.5)
1T7	349	0	349	175	2863	4.27(1.68)	4.92(1.94)	1.27(0.5)
1T8	349	0	349	175	2863	4.27(1.68)	4.92(1.94)	1.27(0.5)
1T9	349	0	349	175	2863	4.27(1.68)	4.92(1.94)	1.27(0.5)
2T5	349	0	349	175	2863	4.27(1.68)	4.92(1.94)	1.27(0.5)
2T6	349	0	349	175	2863	4.27(1.68)	4.92(1.94)	1.27(0.5)
2T7	349	0	349	175	2863	4.27(1.68)	4.92(1.94)	1.27(0.5)
3T7	349	0	349	175	2863	4.27(1.68)	4.92(1.94)	1.27(0.5)
3T8	349	0	349	175	2863	4.27(1.68)	4.92(1.94)	1.27(0.5)
3T9	349	0	349	175	2863	4.27(1.68)	4.92(1.94)	1.27(0.5)

TABLA 7.31

## EQUIPO MOTRIZ

Los motores eléctricos seleccionados para 220/440 volts, 3 fases, 60 ciclos/segundo, 1750 RPM, totalmente cerrados, con ventilación exterior con potencias antes mencionadas.

Relación total de reducción

$$R = \frac{\text{RPM del Motor}}{\text{RPM de la Polea}} = \frac{750}{\text{RPM Polea}} \text{ --- (30)}$$

Solución tabla 7.32

## SELECCION DEL REDUCTOR DE VELOCIDAD

Potencia equivalente (PER) = HP Flecha x factor de servicio

$$\text{PER} = \text{HP flecha} \times 1.3 \text{ --- (31)}$$

Para todos los casos se selecciona reductor marca Raisa con una relación de reducción (RR) 40:1 modelo indicado en la tabla 7.32 (MR)

Solución tabla 7.32

## SELECCION DE CATARINAS Y CADENA

$$\text{Relación de catarinas (RC)} = \frac{\text{RPM Salida reductor}}{\text{RPM Polea}} = \frac{43.75}{\text{RPM Polea}} \text{ --(32)}$$

Con la relación de catarinas se seleccionan el número de dientes de las catarinas motriz (NDCM) y conducida (NDCC).

Potencia equivalente catarinas (PEC)

$$\begin{aligned} \text{PEC} &= \text{HP flecha} \times \text{pérdida eficiencia} \times \text{factor de servicio} \\ \text{PEC} &= \text{HP flecha} \times 1.07 \times 1.25 \text{ --- (33)} \end{aligned}$$

Con el número de dientes de la catarina conducida y la potencia equivalente se elige entonces el número de cadena (NC)

Solución tabla 7.32

SELECCION DEL COPLE

Potencia equivalente cople (PECO)

PECO = HP flecha x factor de servicio x factor K por velocidad

PECO = HP flecha x 1.25 x 1.29 - - - - - (34)

Entonces tomando las revoluciones de la flecha de salida del reductor y la potencia equivalente se escoge el tipo de cople (TC) en nuestro caso marca Falk tipo F (flexibles).

Solución tabla 7.32

SOLUCION A ECUACIONES (30), (31), (32), (33) y (34)

TRANS PORTA DOR	R	PER	MR	RR	RC	PEC	NDCM	NDCC	NC	PECC	TC
1T1	87.5	1.68	65.127	40:1	2.19	1.73	16	35	80	2.06	7F
2T1	87.5	1.73	65.127	40:1	2.19	1.78	16	35	80	2.14	7F
3T1	87.5	1.68	65.127	40:1	2.19	1.73	16	35	80	2.08	7F
1T2	87.5	1.81	65.127	40:1	2.19	1.86	16	35	80	2.24	7F
1T3	109.4	3.21	65.178	40:1	2.73	3.3	11	30	100	3.98	8F
1T4	87.5	1.64	65.127	40:1	2.19	1.69	16	35	80	2.03	7F
2T2	109.4	3.37	65.178	40:1	2.73	3.46	11	30	100	4.18	8F
3T2	87.5	1.64	65.127	40:1	2.19	1.69	16	35	80	2.03	7F
3T3	109.4	3.21	65.178	40:1	2.73	3.3	11	30	100	3.98	8F
3T4	87.5	1.57	65.127	40:1	2.19	1.62	16	35	80	1.95	7F
1T5	134.6	0.17	U65.76	40:1	3.37	0.17	12	40	60	0.21	3F
1T6	134.6	0.56	U65.76	40:1	3.37	0.58	12	40	60	0.69	5F
2T3	134.6	0.17	U65.76	40:1	3.37	0.17	12	40	60	0.21	3F
2T4	134.6	0.55	U65.76	40:1	3.37	0.56	12	40	60	0.68	5F
3T5	134.6	0.17	U65.76	40:1	3.37	0.17	12	40	60	0.21	3F
3T6	134.6	0.55	U65.76	40:1	3.37	0.56	12	40	60	0.68	5F
1T7	87.5	1.3	U65.102	40:1	2.19	1.34	16	35	80	1.61	7F
1T8	87.5	1.3	U65.102	40:1	2.19	1.34	16	35	80	1.61	7F
1T9	87.5	1.3	U65.102	40:1	2.19	1.34	16	35	80	1.61	7F
2T5	87.5	1.3	U65.102	40:1	2.19	1.34	16	35	80	1.61	7F
2T6	87.5	1.3	U65.102	40:1	2.19	1.34	16	35	80	1.61	7F
2T7	87.5	1.3	U65.102	40:1	2.19	1.34	16	35	80	1.61	7F
3T7	87.5	1.3	U65.102	40:1	2.19	1.34	16	35	80	1.61	7F
3T8	87.5	1.3	U65.102	40:1	2.19	1.34	16	35	80	1.61	7F
3T9	87.5	1.3	U65.102	40:1	2.19	1.34	16	35	80	1.61	7F

TABLA 7.32

### TENSOR DE TORNILLO

Se utilizará un tensor de tornillo en virtud de que la distancia entre centros de poleas es relativamente corta y debido también a que no se necesita un ajuste frecuente en la tensión de la banda. La carrera del tensor mínima recomendada es del 2% de la distancia entre centros de poleas.

### ESTRUCTURA

La estructura o bastidor del transportador de banda estará formado por dos canales de 15.64 x 0.6 cm (6" x  $\frac{1}{4}$ " ) unidos entre sí por ángulos de fierro de 76.2 x 6.3 (3" x  $\frac{1}{4}$ " ), los cabezales motriz y conducido serán fabricados en los mismos materiales, así también como los soportes.



## CAPITULO VIII

### ESTUDIO DE COSTOS

Por medio del estudio económico se obtuvo el costo total del equipo utilizado en el sistema de transportadores de banda.

Dicho estudio se ha efectuado analizando todas y cada una de las partes que componen los transportadores.

El análisis consistió en obtener un costo directo, que es la suma del precio de compra de los materiales más la mano de obra necesaria para la fabricación del equipo. A esto se le adicionó un porcentaje de indirectos y una ganancia, lo cual dió por resultado un valor que representa el precio de adquisición de los transportadores.

A continuación se describen los componentes de los transportadores con sus respectivos precios (tabla 8.1)

\*Los precios de los equipos son valuados en abril de 1985.

TRANS PORTA DOR.	ANCHO DE BANDA PUIG.	RODILLOS TRIPLES DE CARGA ARTEZA- DOS 102 mm (4")			RODILLOS PLANOS DE CARGA 102 mm (4")			RODILLOS PLANOS DE RETORNO 102 mm (4")			POLEA MOTRIZ CON FLECHA		POLEA CONDUCTIDA CON FLECHA	
		Nº Pzas	KG	Precio	Nº pzas	KG	Precio	Nº pzas	KG	Precio	KG	Precio	Kg	Precio
1T1	30	9	100	214,047				3	30	32,916	75	115,407	75	115,407
2T1	30	10	111	237,830				3	30	32,916	75	115,407	75	115,407
3T1	30	9	100	214,047				3	30	32,916	75	115,407	75	115,407
1T2	30	15	167	356,745				5	51	54,860	75	115,407	75	115,407
1T3	30	38	422	903,754				15	152	164,580	109	156,814	109	156,814
1T4	30	12	133	285,396				4	40	43,888	75	115,407	75	115,407
2T2	30	41	455	975,103				16	162	175,552	109	156,814	109	156,814
3T2	30	10	111	237,830				3	30	32,916	75	115,407	75	115,407
3T3	30	38	422	903,754				15	152	164,580	109	156,814	109	156,814
3T4	30	10	111	237,830				3	30	32,916	75	115,407	75	115,407
1T5	8				3	12	21,546				14	33,449	14	33,449
1T6	18				6	40	57,882	1	7	9,647	39	49,888	39	49,888
2T3	8				3	12	21,546				14	33,449	14	33,449
2T4	18				9	60	86,823	1	7	9,647	39	49,888	39	49,888
3T5	8				3	12	21,546				14	33,449	14	33,449
3T6	18				9	60	86,823	1	7	9,647	39	49,888	39	49,888
1T7	30	3	33	71,349				1	10	10,972	75	115,407	75	115,407
1T8	30	3	33	71,349				1	10	10,972	75	115,407	75	115,407
1T9	30	3	33	71,349				1	10	10,972	75	115,407	75	115,407
2T5	30	3	33	71,349				1	10	10,972	75	115,407	75	115,407
2T6	30	3	33	71,349				1	10	10,972	75	115,407	75	115,407
2T7	30	3	33	71,349				1	10	10,972	75	115,407	75	115,407
3T7	30	3	33	71,349				1	10	10,972	75	115,407	75	115,407
3T8	30	3	33	71,349				1	10	10,972	75	115,407	75	115,407
3T9	30	3	33	71,349				1	10	10,972	75	115,407	75	115,407

a

b

c

d

e

TABLA 8.1 (a)

TRANS PORTA DOR	CHUMACERAS MARCA DODGE TIPO "SCM" 4 pzas POR TRANS PORTADOR		BANDA MARCA GOODRICH EUSKADI FLEAXIL "M"			MOTOR MARCA "US" TOTAL- MENTE CERRA DO 3 FASES 1750 RPM		REDUCTOR MARCA RAISA TIPO CO- RONA SINFIN RE DUCCION 40:1		COPLA MARCA FALK-FLEXIBLE		
	DIAMETRO		PRECIO	ANCHO Pulg.	LARGO Mts.	PRECIO	HP	PRECIO	TIPO	PRECIO	TIPO	PRECIO
	cm	pulg.										
1T1	5.56	2 3/16	73,600	30	21.9	590,315	3	61,705	65-127	184,395	7F	23,250
2T1	5.56	2 3/16	73,600	30	23.7	638,834	3	61,705	65-127	184,395	7F	23,250
3T1	5.56	2 3/16	73,600	30	21.9	590,315	3	61,705	65-127	184,395	7F	23,250
1T2	5.56	2 3/16	73,600	30	32.3	870,647	3	61,705	65-127	184,395	7F	23,250
1T3	7.46	2 5/16	137,184	30	90.3	2434,037	5	74,858	65-178	267,567	8F	31,340
1T4	5.56	2 3/16	73,600	30	28.1	757,436	3	61,705	65-127	184,395	7F	23,250
2T2	7.46	2 5/16	137,184	30	96.9	2611,940	5	74,858	65-178	267,567	8F	31,340
3T2	5.56	2 3/16	73,600	30	21.4	576,837	3	61,705	65-127	184,395	7F	23,250
3T3	7.46	2 5/16	137,184	30	90.3	2434,037	5	74,858	65-178	267,567	8F	31,340
3T4	5.56	2 3/16	73,600	30	24.4	657,702	3	61,705	65-127	184,395	7F	23,250
1T5	3.65	1 7/16	48,760	8	5.0	38,780	1	40,628	U65-76	75,154	3F	13,764
1T6	4.92	1 5/16	69,400	18	9.1	147,256	1	40,628	U65-76	75,154	5F	19,995
2T3	3.65	1 7/16	48,760	8	5.0	38,780	1	40,628	U65-76	75,154	3F	13,764
2T4	4.92	1 5/16	69,400	18	13.3	215,221	1	40,628	U65-76	75,154	5F	19,995
3T5	3.65	1 7/16	48,760	8	5.0	38,780	1	40,628	U65-76	75,154	3F	13,764
3T6	4.92	1 5/16	69,400	18	13.3	215,221	1	40,628	U65-76	75,154	5F	19,995
1T7	4.92	1 5/16	69,400	30	10.5	283,028	2	52,668	U65-102	126,910	7F	23,250
1T8	4.92	1 5/16	69,400	30	10.5	283,028	2	52,668	U65-102	126,910	7F	23,250
1T9	4.92	1 5/16	69,400	30	10.5	283,028	2	52,668	U65-102	126,910	7F	23,250
2T5	4.92	1 5/16	69,400	30	10.5	283,028	2	52,668	U65-102	126,910	7F	23,250
2T6	4.92	1 5/16	69,400	30	10.5	283,028	2	52,668	U65-102	126,910	7F	23,250
2T7	4.92	1 5/16	69,400	30	10.5	283,028	2	52,668	U65-102	126,910	7F	23,250
3T7	4.92	1 5/16	69,400	30	10.5	283,028	2	52,668	U65-102	126,910	7F	23,250
3T8	4.92	1 5/16	69,400	30	10.5	283,028	2	52,668	U65-102	126,910	7F	23,250
3T9	4.92	1 5/16	69,400	30	10.5	283,028	2	52,668	U65-102	126,910	7F	23,250

TABLA 8.1 (b)

TRANS PORTA DOR.	CATARINA MOTRIZ PARA CADENA DE RODILLOS			CATARINA CONDUCCIDA PARA CADENA DE RO- DILLOS			CADENA DE RODILLOS REMACHADA TIPO RC			ESTRUCTURA DEL TRANS- PORTADOR DE 2 CANA- LES DE 6" (152MM)CON REFUERZOS DE ANGULO		ESTRUCTURA PARA UNI- DAD MOTRIZ Y CUBRECA- DENA		COSTO TO- TAL DEL TRANSPOR- TADOR
	Nº Die	Tipo RC	Precio	Nº Die.	Cadena Nº	Precio	Largo Mts.	Cadena Nº	Precio	Kg.	Precio	Kg.	Precio	
1T1	16	80	2,573	35	80	6,727	3.05	80	23,183	322	236,573	75	52,373	1'732,471
2T1	16	80	2,573	35	80	6,727	3.05	80	23,183	322	236,573	75	52,373	1'804,773
3T1	16	80	2,573	35	80	6,727	3.05	80	23,183	322	236,573	75	52,373	1'732,471
1T2	16	80	2,573	35	80	6,727	3.05	80	23,183	483	354,860	75	52,373	2'295,732
1T3	11	100	2,987	30	100	9,569	4.22	100	52,235	373	1'008,743	87	60,752	5'461,234
1T4	16	80	2,573	35	80	6,727	2.77	80	21,055	417	306,370	75	52,373	2'049,582
2T2	11	100	2,987	30	100	9,569	4.22	100	52,235	474	1'082,948	87	60,752	5'795,663
3T2	16	80	2,573	35	80	6,727	3.05	80	23,183	318	233,635	75	52,373	1'739,838
3T3	11	100	2,987	30	100	9,569	4.22	100	52,235	373	1'008,743	87	60,752	5'461,234
3T4	16	80	2,573	35	80	6,727	2.77	80	21,055	361	265,227	75	52,373	1'850,167
1T5	12	60	1,125	40	60	4,379	1.49	60	6,237	77	56,572	36	25,139	398,982
1T6	12	60	1,125	40	60	4,379	1.34	60	5,609	122	89,633	31	21,647	642,131
2T3	12	60	1,125	40	60	4,379	1.49	60	6,237	77	56,572	36	25,139	398,982
2T4	12	60	1,125	40	60	4,379	1.30	60	5,442	188	138,124	31	21,647	787,361
3T5	12	60	1,125	40	60	4,379	1.49	60	6,237	77	56,572	36	25,139	398,982
3T6	12	60	1,125	40	60	4,379	1.30	60	5,442	188	138,124	31	21,647	787,361
1T7	16	80	2,573	35	80	6,727	2.45	80	18,622	161	118,287	61	42,596	1'057,196
1T8	16	80	2,573	35	80	6,727	3.31	80	25,159	161	118,287	61	42,596	1'063,733
1T9	16	80	2,573	35	80	6,727	3.31	80	25,159	161	118,287	61	42,596	1'063,733
2T5	16	80	2,573	35	80	6,727	2.45	80	18,622	161	118,287	61	42,596	1'057,196
2T6	16	80	2,573	35	80	6,727	3.31	80	25,159	161	118,287	61	42,596	1'063,733
2T7	16	80	2,573	35	80	6,727	3.31	80	25,159	161	118,287	61	42,596	1'063,733
3T7	16	80	2,573	35	80	6,727	2.45	80	18,622	161	118,287	61	42,596	1'057,196
3T8	16	80	2,573	35	80	6,727	3.31	80	25,159	161	118,287	61	42,596	1'063,733
3T9	16	80	2,573	35	80	6,727	3.31	80	25,159	161	118,287	61	42,596	1'063,733

TABLA 8.1 (c)

Para obtener el costo total "p" de cada transportador, simplemente se hace la adición del costo de las partes móviles, columnas

a, b, c, d, e, f, g, h, i, j, k, l, m

Más las partes fijas, columnas

n, o

Este es un costo individual por transportador, ahora bien; se ha hablado anteriormente de que son tres líneas de producción, para obtener el costo por línea de producción simplemente se suma el costo de cada transportador que interviene en cada una de las líneas de producción.

Para la línea 1

1T1, 1T2, 1T3, 1T4, 1T5, 1T6, 1T7, 1T8 y 1T9

Obteniendo un costo de: \$ 15'764,794.00

Para la línea 2

2T1, 2T2, 2T3, 2T4, 2T5, 2T6 y 2T7

Obteniendo un costo de: \$ 11'971,441.00

Para la línea 3

3T1, 3T2, 3T3, 3T4, 3T5, 3T6, 3T7, 3T8 y 3T9

Obteniendo un costo de : \$ 15'154,715.00

Finalmente el costo de todo el sistema de transporte resultará de la suma de los costos, de las tres líneas de transporte, siendo éste de:

\$ 42,890,950.00

## CAPITULO IX

### CONCLUSIONES

De lo analizado anteriormente y de acuerdo a los resultados observados en la práctica, se pueden considerar como conclusiones más importantes de esta tesis las siguientes, así como también el cuadro comparativo de ventajas y desventajas de los diferentes sistemas de transporte.

1. El detergente es un material muy delicado en su manejo, por sus características como fragilidad, por el desprendimiento de polvo, abrasión, apelmamiento, etc.
2. Las trayectorias por donde viaja el producto a través del edificio resultan un poco complejas, debido a que tienen que utilizarse un buen número de transportadores, sin embargo es el mínimo número de equipos necesarios y el buscar otros caminos implicaría un reacomodo de grandes equipos y por consiguiente obra civil, repercutiendo en altos costos.
3. En la selección del tipo de transportador intervienen varios factores como el costo por tonelada por hora de material, versatilidad del equipo, seguridad en su operación, capacidad, rapidez, mantenimiento, durabilidad y principalmente debe elegirse tomando muy en cuenta las características físicas del detergente para evitar mermas de éste en su manejo. Así resulta la siguiente tabla:

TIPO DE TRANSPORTADOR	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Transportador de banda	Gran capacidad Facilidad manten. Gran versatilidad Apropiado para el producto	Alto costo inicial Muchas partes en movimiento
Transportador de cangilones	Buena capacidad Poco mantenimiento Apropiado para el producto	Poca versatilidad
Transportador de Rastras o Redler	Buena versatilidad	Poca capacidad Mucho desgaste Deteriora el producto
Transportadores Helicoidales	Buena capacidad Facilidad de mantenimiento Bajo costo de operación	Poca durabilidad Poca versatilidad Deteriora el producto
Transportadores Neumáticos	Gran capacidad Poco mantenimiento Gran versatilidad	Alto costo de operación Deteriora el producto
Transportadores por medios manuales	Gran versatilidad Apropiado para el producto	Alto costo de operación Mucha disponibilidad de espacio Poca capacidad

CUADRO 9.1 ANALISIS DE LAS VENTAJAS Y DESVENTAJAS PARA LOS DIVERSOS TIPOS DE TRANSPORTADORES.

De aquí se ve que el transportador de banda resulta ser el me  
dio más adecuado para mover detergente, ya que al caer sobre  
el transportador permanece inmóvil hasta llegar a su descarga  
por lo que no sufre ningún deterioro, el transportador es \_  
muy versátil, ya que puede tener trayectorias horizontales e  
inclinadas que en este caso son útiles y además tiene gran \_  
capacidad de transporte de material.

Todas estas características superan las de otro tipo de trans  
portadores en el manejo de este producto en especial.

- 4.- Un transportador de banda puede aumentar su capacidad de mover material aumentando su ángulo de arteza y también aumentando la velocidad.
  
- 5.- Por último se observa una gran mayoría de partes de los equipos tienen características en común entre diferentes \_ transportadores como por ejemplo; dimensiones de poleas, rodillos, flechas, bandas, etc., así como el equipo mo - triz. Esto resulta benéfico y además es intencional, ya que el estandarizar o sea piezas iguales en varios trans - portadores baja costos de inventario de refacciones y mano de obra.



INDICE DE FIGURAS Y TABLAS

FIGURA		<u>PAG.</u>
2.1	Diagrama de flujo de elaboración de detergente	9
4.1	Planta localización de equipos	25
4.2	Diagrama de localización de equipo	25
6.1	Croquis de un transportador de banda	37
6.2	Croquis de transportadores de cangilones	39
6.3	Croquis de un transportador tipo Redler "U"	42
6.4	Croquis de un transportador helicoidal	44
6.5	Croquis de un transportador neumático	45
7.1	Croquis transportadores 1T1, 2T1, 3T1	52
7.2	Croquis transportadores 1T2, 1T3, 1T4, 2T2, 3T2 3T3 y 3T4	55
7.3	Croquis transportadores 1T5, 1T6, 2T3, 2T4, 3T5 y 3T6	56
7.4	Croquis transportadores 1T7, 1T8, 1T9, 2T5, 2T6 , 2T7 3T7, 3T8 y 3T9	58
7.5	Tabla de relación, capacidad de flujo, ángulo de sobrepeso y ángulo de reposo	63
7.6	Tabla para obtener capacidad de transporte	64
7.7	Diagrama relación ancho de banda, tamaño de terrón	69
7.8	Tabla de espaciamiento normal para rodillos de carga y rodillos de retorno	72
7.9	Croquis de dimensiones de transportadores inclinados de carga constante	74
7.10	Croquis de dimensiones de transportadores horizontales de dosificación carga variable	74
7.11	Croquis de dimensiones de transportadores horizontales reversibles de carga constante	75
7.12	Tabla de factores de fricción y longitud constante	79

	<u>PAG.</u>	
7.13	Tabla de valores de peso de partes en movimiento	80
7.14	Tabla de eficiencias mecánicas de mecanismos de reducción de velocidad	82
7.15	Tabla de solución a la ecuación (7)	83
7.16	Tabla de solución a ecuaciones (14), (15) y (16)	88
7.17	Tabla para obtener el valor "K"	89
7.18	Tabla para elegir el tipo de banda	91
7.19	Tabla para determinar clase y espesor de cubierta	94
7.20	Tabla para elegir diámetro de poleas	96
7.21	Tabla de dimensiones de poleas	97
7.22	Tabla de valores de Kb y Kt	99
7.23	Tabla de valores de esfuerzos para flechas	99
7.24	Solución ecuación (20) y dimensiones polea motriz	100
7.25	Solución ecuación (20) y dimensiones polea motriz	102
7.26	Solución a las ecuaciones (21), (22), (23) y (24)	104
7.27	Solución a cortante y momento flexionante en el plano vertical transportadores inclinados	107
7.28	Solución a cortante y momento flexionante en el plano vertical transportadores horizontales	108
7.29	Solución a cortante y momento flexionante en el plano horizontal	110
7.30	Solución a ecuaciones (25) y (26)	112
7.31	Solución a ecuaciones (27), (28) y (29)	114
7.32	Solución a ecuaciones (30), (31), (32), (33) y (34)	117
8.1	Tabla de precio de partes y costo total de cada transportador	120
9.1	Cuadro de análisis de ventajas y desventajas para los diversos tipos de transportadores	125

## BIBLIOGRAFIA

1. AHMSA  
Manual AHMSA, Construcción de acero  
México, D. F. ; 1977
2. BOLZ Harold A. & Hagermann George E.  
Materials Handling Handbook  
A Ronald Press Publication  
New York, U. S. A. ; 1976
3. Conveyor Equipment Manufacturers Association  
Belt Conveyors for Bulk Materials  
CBI Publishing Company, Inc; Second Edition  
Boston, Massachusetts, U. S. A. ; 1979
4. Catálogo B.F. Goodrich Eumkadi  
México, D. F.; 1983
5. Catálogo Morse  
New York, U. S. A. ; 1976
6. Catálogo Reductores Raisa  
México, D. F. ; 1984
7. Catálogo Motores US  
Connecticut, U. S. A. ; 1980
8. Catálogo Mecánica Falk  
México, D. F. ; 1979
9. Catálogo IBSA  
México, D. F. ; 1984
10. Dodge D66  
Catálogo Mechanical Power Transmission Equipment  
Indiana, U. S. A. ; 1966
11. Faired Virgil Moring  
Design of Machine Elements  
Collier Macmillan ; Fourth Edition  
New York, U. S. A. ; 1970
12. Gates  
Manual de Banda Transportadora y Elevadora  
México, D. F. ; 1983

13. Marks  
Standard Handbook for Mechanical Engineers  
Baumeister Avallone & Baumeister; Eighth Edition  
New York, U. S. A. ; 1978
  
14. Nash William A  
Resistencia de Materiales  
Mc. Gran-Hill (Serie Schaum); First Edition  
New York, U. S. A. ; 1970
  
15. Oberg Erik, Jones Franklin D. & Horton Holbrook L.  
Machinery's Handbook  
Industrial Press ; Twenty-First Edition  
New York, U. S. A. ; 1980