

T
621.54
P746.
C.2



ESCUELA ~~SUPER~~ POLITECNICA DEL LITORAL



Facultad de Ingeniería Mecánica



"CONSTRUCCION DE UN TRANSPORTADOR NEUMATICO
PARA TAPAS CORONA"

INFORME TECNICO

Previo a la Obtención del Título de

INGENIERO MECANICO

Presentado por:

Luis Fernando Pogo Jara



Guayaquil

.

Ecuador

1991

AGRADECIMIENTO

Al Ing. MANUEL HELGUERO, Director de Informe Técnico, por su ayuda y colaboración para la realización de este trabajo.

DEDICATORIA

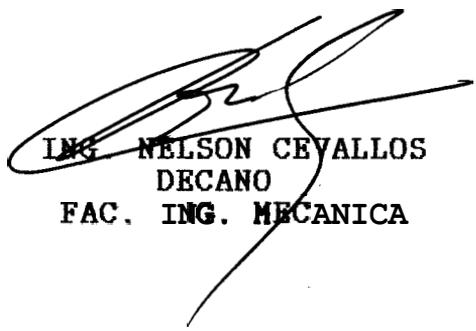
A MIS PADRES

A MI ESPOSA

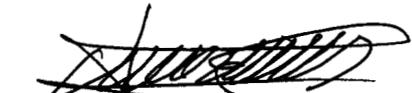
A MIS HIJOS



BIBLIOTECA


ING. NELSON CEVALLOS
DECANO
FAC. ING. MECANICA


ING. MANUEL HELGUERO
DIRECTOR
INFORHE TECNICO


ING. EDMUNDO VILLACIS
MIEMBRO TRIBUNAL

DECLARACION EXPRESA

Declaro que:

Este Informe Técnico corresponde a la resolución de un problema práctico relacionado con el pct-fil profesional de la Ingeniería Mecánica".

(Reglamento de graduación mediante la elaboración de Informe Técnico).

L. F. Pogo Jara

.....
Luis Fernando Pogo Jara

RESUMEN

El Informe! recoge la situación que se presentó en la empresa TACDENSEA en las líneas de producción de tapas coronas, las mismas que son destinadas al mercado del envasado de cervezas y gaseosas en el país y el extranjero.

La maquinaria diseñada por la compañía italiana SACMI; contempla la alimentación de las tapas, hasta las tolvas de las máquinas inyectoras-moldeadoras; para que reciban el recubrimiento de plástico; con la utilización de elevadores a pista magnética, tipo inclinado.

Las características de operación y los costos de mantenimiento de cada elevador, eran complicados y caros, motivo por el cual estudié una alternativa idónea, para que la alimentación de las tapas, se produzca sin que ocurran alteraciones; sobre todo en sus características dimensionales.

Esta alternativa fue la de construir un transportador neumático que transporte la mezcla aire-tapas; impulsadas

por un ventilador a través de una tubería, al final de la misma se ubica un separador ciclónico, que tenga por característica lograr que la velocidad de las tapas arrastradas sea nula, para que se depositan en las tolvas, sin efectos perniciosos para la estructura de las tapas.

Cabe destacar que el ahorro energético ha sido tomado en cuenta, así como el de eliminar la importación de equipos con el Consiguiente ahorro para la empresa donde presto mis servicios profesionales, como al país. Además se cuenta con un sistema económico, construido con materiales de calidad, disponibles en el mercado local; y con base en una sólida preparación y experiencia del profesional preparado por la Escuela Superior Politécnica del Litoral; con el que se puede aceptar el reto de lograr una auténtica industria nacional.

INDICE GENERAL

6

	Pág.
Resumen	4
Indice general	6
Indice de figuras	8
Indice de tablas	9
Capitulo 1 . Antecedentes	10
1.1 Historia	10
1.2 Justificación	15
1.3 Objetivos	18
Capitulo 2 . Definicion del problema	
2.1 Breve descripción del proceso de fabricación de tapa.; corona	19
2.1.1 Selección de las materias primas	20
2.1.2 Transportación y corte de la bobina	20
2.1.3 Impresión litográfica y barnizado	21
2.1.4 Corte y desbaste de la lámina litografiada	22
2.1.5 Curte, embutición y formado de la tapa	22
2.1.6 Almacenaje en tolvas móviles	22
2.1.7 Ensamblado del disco plástico en la inyector-a moldeadora	23
2.1.8 Contaje y embalaje	24
2.1.9 Control de calidad	24
2.2 Inconvenientes del sistema elevador existente	25
2.3 Alternativas de soluciones	28

Capitulo 3. El transportador neumático	30
3.1 Consideraciones técnicas para la construcción del transportador neumático	30
5.2 Cálculo del diámetro óptimo para la tubería del transportador neumático	39
3.2.1 Pérdida de presión en el ducto	40
3.2.2 La pérdida total: Selección del ventilador. Potencia	47
Capitulo 4 Construcción del transportador neumático	51
4.1 Mecanización de los componentes: ducto, colector	51
4.2 Montaje, instalación, pruebas y puesta a punto	55
4.3 Análisis económico de la solución	60
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	63
APENDICE	66
BIBLIOGRAFIA	





INDICE DE FIGURAS

	<u>Pág.</u>
1. ESQUEMA DEL PROCESO DE PRODUCCION	11
2. DIAGRAMA DE FABRICACION DE TAPAS	20
3. DIAGRAMA DEL ELEVADOR MAGNETICO	25
4. SEPARADOR CICLONICO	36
5. CURSO CARACTERISTICO DE UNA PERDIDA DE CARGA DE UNA MEZCLA HETEROGENEA	38
6. CURVAS CARACTERISTICAS PARA TRANSPORTE NEUMATICO	45
7. CURVAS CARACTERISTICAS DEL VENTILADOR	48
8. PARAMETROS DE OPERACION DEL VENTILADOR	49



INDICE DE TABLAS

Pág.

I. GUIA PARA SELECCION DE VENTILADORES

47

CAPITULO 1

ANTECEDENTES

1.1 HISTORIA

A medida que crece nuestra sociedad, aumenta el número de personas que compran artículos industriales y cada una, influenciada por la publicidad y el cambio de nuestros valores sociales, desean obtener más de dichos productos y servicios disponibles.

La satisfacción de éstos han originado las dinastías industriales que se basan en procesos especializados de producción.

Para cubrir esta demanda y acogidos al modelo de sustitución de las importaciones; se importan en 1975 una línea de producción de tapas, mismas que tienen la propiedad de sellar una botella reteniendo la presión para mantener la bebida fresca e higiénica en todo momento.

Las tapas corona se están utilizando desde 1982; está fabricada de lámina acerada con bajo contenido de carbono y con recubrimiento de estaño o cromo en ambos lados; que una vez formada tiene en su interior una capa de laca, especialmente para protegerla de la corrosión y que a su vez permita la adherencia del plástico en el lado exterior, litografía y barniz.

Las tapas no son planas completamente, tiene un pequeño radio exterior que les permite deslizarse con facilidad, contiene en sus extremos 21 corrugaciones y dada su forma, toma su nombre.

Una breve descripción de la línea de producción que se visualiza en forma esquemática en la figura 1.

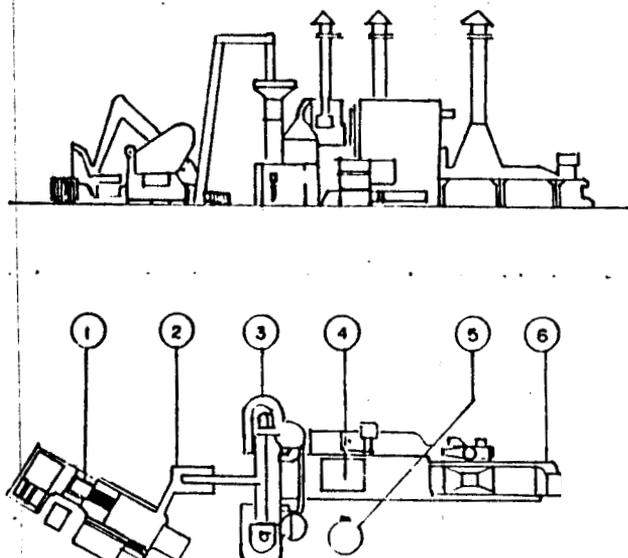


Fig. 1: Esquema de la línea de producción

- 1.- Prensa excéntrica acoplada con un troquel de 15 formadores.
- 2.- Elevador a pista magnética.
- 3.- Máquina inyectora, dosificadora y moldeadora.
- 4.- Horno de curado, zona de enfriamiento e inspección.
- 5.- Bomba de alimentación de la resina para la guarnición de la tapa.
- 6.- Contador electrónico y vibrador.

La característica fundamental de esta línea de producción reside en la posibilidad de moldear resinas termoplásticas directamente en el interior de la tapa.

Los sectores de empleo de las tapas son variados, entre ellos citamos, bebidas carbonatadas y con contenido alcohólico que luego son pasteurizados.

La firma SACMI, de origen italiano, realizó el montaje y puso a punto la maquinaria con personal técnico extranjero, debido al contrato establecido entre las empresas compradora y suministradora.

Al pasar los años se realizan las compras e instalación de otras líneas de producción de tapas coronas del mismo origen y esta vez el montaje y la puesta en marcha correspondió a profesionales ecuatorianos.

Cabe destacar que como se aprecia en la Fig. 1, la línea de producción puede ser operada por un solo hombre, pero debido al grado de dificultad de la operación sobre todo de la prensa 1, y además para darle la autonomía a la operación de este equipo se decide que debe trabajar, en forma separada, por lo que el producto debe ser almacenado en tolvas móviles para cubrir la distancia entre la prensa y las inyectoras.

El producto de las prensas con ayuda de un elevador a pista magnética, se alimentaban a la tolva de la inyectora-moldeadora, para que reciban la guarnición de PVC y conformar así el producto que es vendido a las embotelladoras de bebidas carbonatadas y cervezas establecidas en el país y en el extranjero.

Con el incremento a cuatro de las líneas de producción, existió la necesidad de situar los contadores al final de cada línea a una altura adecuada para que la tarea de extracción de la caja, conteniendo diez mil unidades y con un peso de 24 kilos; sea recogida sin esfuerzos físicos que dificulten esta tarea, colocada sobre un riel, donde es cerrada convenientemente para su posterior despacho.

El establecimiento de un sistema de control de calidad se impuso, la confianza de los clientes embotelladores por el apego a las especificaciones creció, pero

también crecieron los problemas, tales como:

- a) Con cada cambio de producto, ésto es, con tapas de distinto diseño en su litografía, debía limpiarse el transportador que por su magnitud representaba una dificultad adicional a las tareas de operación.
- b) Otro de los inconvenientes consistía en la frecuencia con que la banda de lona vulcanizada se despegaba de su unión, el reemplazo de una nueva acarrearba problemas creándose tiempos muertos que la inyectora-moldeadora debía absorberlo, con perjuicio para el rendimiento integral de la planta, y por ende con pérdidas de orden económica.

Para solucionar el problema de alimentación de tapas desde las tolvas móviles, los italianos de SACMI, diseñadores y constructores de la maquinaria, promovieron el cambio de los elevadores, por otros de mayor capacidad; pero de similares características. Es cuando se plantea el problema y se decide por un sistema diferente al convencional, para lo cual se tomarán en cuenta los materiales disponibles en el mercado con el correspondiente ahorro para la empresa.

1.2 JUSTIFICACION

BIBLIOTECA

El personal técnico de TACOENSA, que dirijo, para poder cubrir el objetivo de cambiar el sistema convencional de alimentación de tapas desde las tolvas móviles, hasta las tolva.; de las inyectoras moldeadoras, realizó diferentes estudios, que permitan solucionar este problema do manera eficiente.

Desde el punto de vista técnico, tenemos que señalar:



BIBLIOTECA

- a) De ser posible la alimentación.podría ser ágil e intermitente y no constante como el caso del transportador a pista magnética, para lograr el ahorro energético.
- b) Además, el sistema de transporte debía reunir las con las condiciones que garanticen que la tapa no sufra cambios en sus características fundamentales; ésto es, que por los choques no se doble o deteriore para que no sufra atascamientos en la carrilera de la máquina inyectora-moldeadora; perjudicando el rendimiento de la misma.
- c) La limpieza riel sistema de transportación debía ser efectivo y no debía consumir esfuerzos físicos por parte del personal destinado a la operación de

los equipos.,

Y desde el punto de vista económico señalaremos que:

- a) el consiguiente ahorro de divisas del país. Esto se desprende que al continuar con el sistema convencional o implantar el cambio sugerido por los fabricantes de la maquinaria, las compras debían efectuarse en dólares.
- b) El resultado positivo esperado, hace pensar que con la confección de 2 sistemas transportadores se pueden alimentar las E tolvas con que cuentan las líneas de producción, montándolos convenientemente sobre rieles que permitan su traslado.

Además, se deben considerar las alternativas de:

- 1) Compra de 1 ó más elevadores a pista magnética, con sus repuestos y partes; y,
- 2) Compra de un elevador a pista magnética de mayor capacidad que venía siendo promocionado por los fabricantes de la maquinaria.

Cabe destacar que el análisis económico efectuado a cada una de las alternativas, arrojan los siguientes resultados:

En la alternativa 1, un elevador convencional, había sido cotizado por SACMI en la suma de 2350 dólares, es de hacer notar que el precio unitario de una banda de repuesto es de 330,80 dólares.

En la alternativa 2, el elevador promocionado por los fabricantes de la maquinaria, había sido cotizado en 3200 dólares, el tiempo de entrega en ambos casos fue fijado en seis meses a partir de la confirmación de la carta de crédito.

La alternativa adicional era la confección de un sistema de transportación neumática a nivel local, de acuerdo a los siguientes costos:

Costos de fabricación de un sistema de transportación neumática para tapas coronas:

1 Motor-Ventilador	345 US	241500
3 Mts. tubería galvanizada 100 mm.		56760
2 Codos EMT, radio largo		73722
3 Angulos		19200
1 Plancha Galvanizada e = 1,5 mm.		30718
5 Kgs. Soldadura 6011		25000
5 Mts. Cable eléctrico No. 8		15000
Doblado del cuerpo y cóno del ciclón		15000
Varios		23100
TOTAL		500000

Lo cual demuestra que económicamente es la más rentable.

t.3 OBJETIVOS

Con la construcción de un sistema transportador neumático; permite brindar una alternativa idónea para el reemplazo del sistema convencional de alimentación de tapas coronas, mediante el uso de un elevador a pista magnética; hasta las tolvas de las máquinas inyectoras moldeadoras, donde reciben la guarnición de FVC, que sirve para brindar la hermeticidad a la bebida.

Uno de los factores importantes es que mediante el uso de un sistema de transportación como el propuesto, la tapa corona no debe sufrir cambios en sus características fundamentales; además que debe tomarse en cuenta el ahorro, así como también el esfuerzo físico, al momento de evaluar el sistema.

CAPITULO II

DEFINICION DEL PROBLEMA

2.1 BREVE DESCRIPCION DEL PROCESO DE FABRICACION DE TAPAS CORDONAS

Las tapas coronas se están utilizando desde 1892, con pequeñas modificaciones, pero en general siempre ha sido la misma. El corcho con sus muchos inconvenientes, llevó a la industria a buscar un compuesto que pudiera sustituirlo, y es así, como desde 1962, empiezan a fabricar tapas con recubrimiento plástico, formado de PVC o polietileno, con resultados muy superiores al corcho, más económico, más higiénico y mejor retención del gas de la bebida. Hoy en día se llevan a cabo ensayos para reemplazar el metal de la tapa, debido al alto costo del estaño para producir la totalmente plástica.

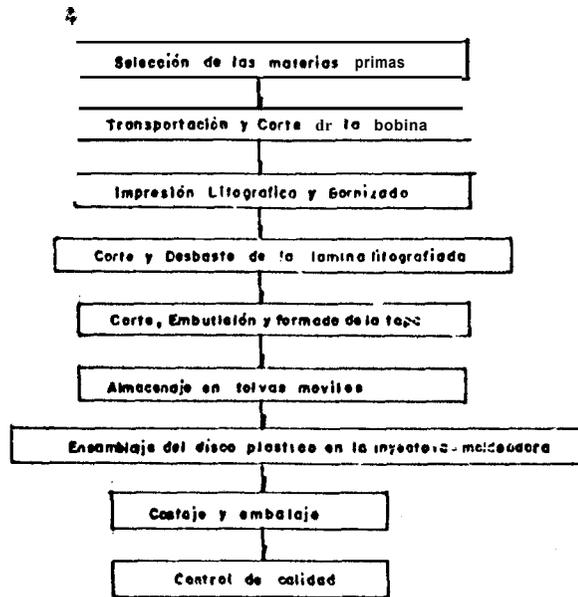


Fig. 2: Diagrama de fabricación de tapas

Los diferentes procesos para la elaboración de una tapa corona, son las siguientes:

2.1.1 Selección de las materias primas

Puede decirse, en general, que para garantizar un buen producto es necesario verificar una buena calidad de la materia prima. Esta debe ser confiable y en el caso particular de TACDENSA, los requisitos que sus insumos deben cumplir se hacen más rigurosos a los usos a los que se destina sus productos.

2 Transportación y corte de la bobina.-



Existen normas en particular para el manejo de los rollos de láminas que son en esencia la mercadería más delicada y básica. Luego de garantizar el mejor manejo por parte de quienes intervienen en todo el proceso de transporte hasta la planta, se corta la misma a una dimensión de 1.006 por 710 mm. En esta parte se efectúa una selección de la lámina que cumpla con las especificaciones para que la impresión litográfica sea efectiva, los agujeros, los rechupes y fallas en los filos y sobre todo el espesor es tomado en cuenta.

2.1.3 Impresión litográfica y barnizado.-

La calidad de la decoración que puede impartirse a una superficie de hojalata, ha sido siempre un aspecto muy importante de su atractivo como material para el envasado, aspecto que en la actualidad más que nunca debe tenerse en cuenta en el mercado moderno, donde la industria del envasado es extremadamente competitiva, y donde una variedad de productos han de venderse así mismo a través de su propio aspecto.

Afortunadamente, la hojalata ofrece una excelente superficie para la impresión gráfica, que al menos iguala, y frecuentemente sobrepasa, la que puede obtenerse sobre los otros materiales.

2.1.4 Corte y desbaste de la lámina litografiada.-

Este proceso consiste en eliminarle a la lámina el sobrante, para dejarla en la medida exacta y en ángulos de 90 para el proceso, consiguiéndose un formato de 500 x 699,7 mm.

2.1.5 Corte, embutición, y formado de la tapa.-

Este proceso es la formación de la tapa propiamente dicha; se hace por medio de una máquina troqueladora, que consiste de un alimentador, rodillos lubricadores, dos hileras de troqueles; cada troquel se compone de un troquel macho y un formador, y la otra un troquel hembra, un formador y un botador. La lámina se lubrica y en los troqueles es cortada, embutida y formada.

2.1.6 Almacenaje en tolvas móviles.-

La descarga de las tapas era llevada mediante

elevadores a pista magnética hasta las tolvas móviles, en ocasiones almacenadas o trasladadas hasta las máquinas inyectoras para completar el ciclo de fabricación.

2.1.7 Ensamblado del disco plástico en la inyectora, moldeadora.-

En este proceso se alimenta, dosifica y moldea el plástico para el recubrimiento de cada tapa.

La alimentación del plástico se realiza por medio de una bomba, hacia el conjunto de inyectoras, que dosifican una determinada cantidad del compuesto a una gravedad específica determinada.

La tolva alimenta de tapa a la inyectora a través de una bajante; de allí una estrella poseionadora la transporta, una gota de plástico se deposita en la tapa y luego es transportada por otra estrella poseionadora, hasta la rueda de moldeadores, que sometidos a una temperatura de alrededor de 180 C., fijan a la tapa el plástico, dando la forma al recubrimiento que se ha estandarizado para luego ingresar en un horno para el curado. La tapa es

transportada por una cadena metálica, enfriada y revisada en su totalidad al final de la cadena.

2.1.8 Contaje y embalaje.-

La tapa se empaqueta en cajas de cartón con capacidad de 10.000 unidades, contadas electrónicamente y acomodadas a través de sarandeo. Las cajas de cartón se grapán por una de sus caras y por la otra se pegan con una cinta engomada.

2.1.9 Control de calidad.-

En las diversas etapas del proceso de fabricación de la tapa corona, se realiza un control total que permite dar seguridad al proceso en sí, una vez terminada la tapa es sometida a pruebas de laboratorio, mucho más drásticas que las que va a soportar en el proceso de embotellado, por lo tanto los estándares establecidos son superiores; las que no cumplan con estas normas son retenidas y a veces destruidas para darle seguridad a quienes la consumen.

2.2 INCONVENIENTES DEL SISTEMA ELEVADOR EXISTIENTE

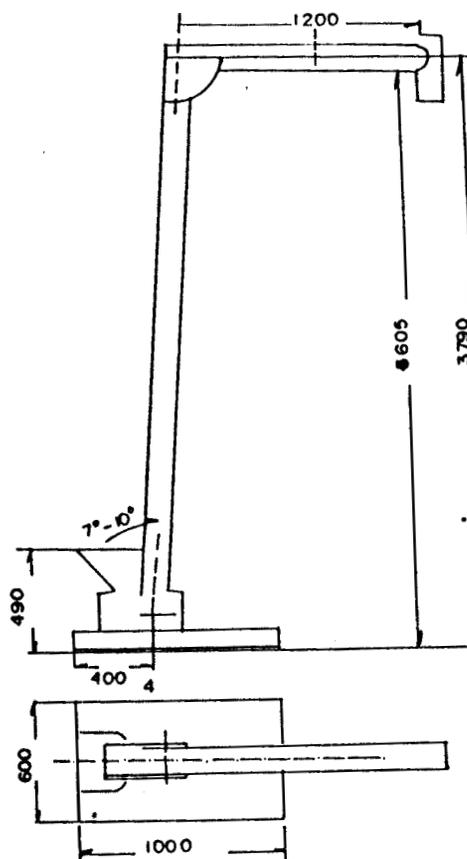


Fig. 3: Diagrama del elevador magnético

Como se puede apreciar en la figura 3, el sistema elevador a pista magnética usado para llevar las tapas desde las tolvas móviles hasta las máquinas inyectoras para que reciban el disco plástico, consta de elementos matrices de transmisión, bandas transportadoras e imanes permanentes.

Estaba compuesto de dos tramos, uno vertical y el otro horizontal, la banda viaja sobre rodillos transportando las tapas coronas. La altura total del elevador es de 3.700 mm., medidos desde el suelo hasta la parte superior del elevador y éste tenía una inclinación de hasta 10° con respecto a la vertical.

Este sistema de elevación de las tapas coronas originaba serios inconvenientes en la producción, por ejemplo:

- La limpieza debido a la longitud se dificulta sobre todo cuando se realiza producción de tapas con decoración litográfica distinta.
- La escasa capacidad de transporte desde las tolvas móviles hasta las tolvas de las máquinas inyectoras, el operario debía encargarse de controlar más el elevador descuidando otros aspectos de la producción.
- La frecuencia de cambio de la banda de transporte, debido al desgaste.
- El recambio de la banda de transporte tomaba tiempo, lo que provocaba tiempos muertos en la producción.

- Otro de los inconvenientes que se debèn señalar, es que ni el elevador fallaba por algún desperfecto electromecánico, no existía en bodega otro para su reemplazo.

Por todo ésto, de acuerdo al análisis efectuado a cada uno de los factores, exigieron cambiar el sistema.

2.3 ALTERNATIVAS DE SOLUCIONES

Tomando en cuenta lo; muchos inconvenientes que se nos presentaban al utilizar el sistema convencional para la elevación de tapas desde las tolvas móviles hasta las tulvas de las máquinas inyectoras, esto es, hasta la cota de 3.700 mm. Las alternativas de solución son:

- Tener en bodega, uno o más elevadores a pista magnética.
- Contar con un inventario apropiado de bandas transportadoras y de uniones mecánicas para superar el problema de fallas en la adhesión de los extremos de las mismas.
- Adquirir uno de los nuevos modelos de elevadores a pista magnética que transportan una mayor cantidad de tapas y en las que se contempla la incorporación de ventanillas de inspección, para la limpieza sobre todo de productos de distinta decoración litográfica.
- Construir un nuevo sistema de transportación.

Para encontrar la alternativa más idónea, para cubrir el objetivo es necesario analizar cada una de ellas.

La inversión de adquirir otros elevadores convencionales y repuestos es alta, acompañada de la demora en la tramitación de los permisos de importación.

La adquisición de un nuevo modelo de elevador promocionado por los fabricantes de la maquinaria, no elimina la base del problema, es decir, la pista magnética con toda su secuela de inconvenientes.

Con este análisis llegamos a la conclusión que la alternativa a desarrollar, por considerarse la más idónea y económica, es la construcción de un sistema neumático para la transportación de las tapas corona, en la fase de ensamble del disco plástico.

CAPITULO III

EL TRANSPORTADOR NEUMATICO

3.1 CONSIDERACIONES TECNICAS PARA LA CONSTRUCCION DEL TRANSPORTADOR NEUMATICO

Además de los fluidos que se encuentran en una fase pura, también pueden ser transportados a través de tuberías, partículas de materias sólidas en una corriente de líquido o gas.

El transporte de tales fluidos que representan una mezcla heterogénea, tiene vastos campos de aplicación y han alcanzado gran importancia práctica dentro de los servicios en las fábricas.

La conducción de materias sólidas por tuberías se realiza actualmente a grandes distancias, frente a los sistemas tradicionales de transporte. Esta variedad tiene la ventaja de que el tendido de la vía de

transporte es más sencillo, pues se superan fácilmente obstáculos, tiene además la ventaja de requerir de menor espacio y sobre todo en grandes distancias, de costos más bajos de transporte.

Frente a esto también se tiene de tener en cuenta los inconvenientes, como la necesidad de una impulsión continua, el tamaño limitado de las partículas sólidas y ciertas dificultades técnicas en la ejecución del transporte.

Estas últimas se refieren principalmente al problema del producto a transportar, sobre todo debida a que hasta ahora sólo existen escasas experiencias técnicas.

Seguidamente se tratarán por una parte, los problemas técnicos en la conducción de fluidos heterogéneos aún no resueltos totalmente, y por otro, reunir en forma adecuada los coeficientes orientativos empíricos, que permitan llevar a cabo los cálculos aproximados.

Las fórmulas para el flujo en tuberías son válidas si para el fluido que circula, se cumple el principio de Newton. Esto es, siempre en caso cuando un producto se encuentra en una sola fase, o en el caso de una mezcla, si la segunda fase se presenta en solución pura, como por ejemplo, aire disuelto en agua. Todas las demás mezclas de diversas fases no se encuentran en solución

completa, se consideran como no Newtoniana.

Son de especial interés práctico las mezclas heterogéneas de partículas sólidas con gas, casi siempre aire en el que están en suspensión.

En la conducción de tales mezclas heterogéneas, las partículas más pequeñas de 50 micras hasta 0.2 mm. son transportadas por emulsión, mientras que las mayores de 2 mm. son arrastradas.

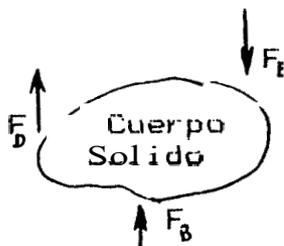
Entre los 0.2 y 2 mm. se encuentra en una zona de transición, dado a que en la práctica existen casi siempre todos los tamaños de partículas, no tiene importancia la diferenciación.

Si consideramos el movimiento de una partícula a través de un fluido en una sola dimensión, bajo la influencia de una fuerza externa. Esta fuerza externa puede deberse a la gravedad o puede ser una fuerza centrífuga. La teoría básica de sólidos a través de fluidos, se apoya en el concepto de movimiento libre de los cuerpos:

$$F = m \, dv/dt$$

donde F es la fuerza resultante que actúa sobre cualquier cuerpo, y dv/dt es la aceleración del cuerpo y m es la masa de éste.

En la figura, las fuerzas que actúan sobre un cuerpo que cae;



El empuje hacia arriba F_B la fuerza externa F_E la fuerza de resistencia F_D debida a la fricción del fluido, en la dirección de la velocidad del fluido relativa a la partícula.

Entonces :

$$F_E - F_D - F_B = m \, dv/dt \quad (A)$$

La fuerza externa F puede ser expresada por la ley de Newton, como :

$$F_E = m \, a_E \quad (B)$$

El principio de Arquímedes determina al empuje el empuje hacia arriba. La masa del fluido desplazado por el sólido es $(m / \rho_s) \rho_w$ donde ρ_s y ρ_w son las densidades del sólido y la del fluido respectivamente.

Por tanto:

$$F_B = \left(\frac{m}{\rho_s} \right) \rho_w \, a_E \quad (C)$$

Para flujo estable de un fluido a través de un sólido, se establecen capas fronterizas y se ejerce una fuerza sobre el sólido debido al fluido. Esta fuerza es una combinación de la resistencia de la capa fronteriza y de la resistencia de la forma y puede ser expresada en términos de un coeficiente de resistencia.

$$C_D = \frac{2 F_D}{v_{fs}^2 \rho S}$$

de donde:

$$F_D = \frac{C_D v_{fs}^2 \rho S}{2} \quad (D)$$

F_D es la fuerza que actúa sobre el sólido, v_{fs} es la velocidad de fluido libre, relativa a la partícula y S es el área proyectada del sólido normal al flujo.

Esta ecuación resulta importante siempre que debamos examinar una transferencia de cantidad de movimiento en una frontera fluido-sólido. Por consiguiente la podemos aplicar al equipo separador de partículas, así como a los sistemas de tuberías.

Sustituyendo las ecuaciones (B), (C) y (D) en (A) se obtiene:

$$\frac{dv}{dt} = a_c - \frac{\rho a_c}{\rho_s} - \frac{C_D v_{fs}^2 \rho S}{2m} \quad (E)$$

La ecuación (E) es una ecuación general para la fuerza total que actúa sobre un cuerpo en cualquier campo de fuerzas. Su solución requiere de un conocimiento de la naturaleza de la fuerza externa y el coeficiente de resistencia.

Si la fuerza externa es la gravedad Q_g es igual a la aceleración de la gravedad g , la ecuación (E) se convierte en:

$$\frac{dv}{dt} = g \left(1 - \frac{P}{P_s} \right) - \frac{C_D v^2 P_s}{2m} \quad (F)$$

Si la fuerza externa se refiere al campo centrífugo $Q_g = r \omega^2$, donde r es el radio de la trayectoria y ω la velocidad angular en radianes por segundo, para éste segundo caso, la ecuación (E) se convierte en:

$$\frac{dv}{dt} = r \omega^2 \left(1 - \frac{P}{P_s} \right) - \frac{C_D P v^2 s}{2m} \quad (G)$$

Las ecuaciones (F) y (G) son importantes para resolver problemas de separación mecánica.

El equipo más ampliamente usado para la separación tipo centrífuga es el separador ciclónico (figura 4).

La siguiente figura muestra las características dimensionales fundamentales de éste tipo de separador de partículas sólidas.

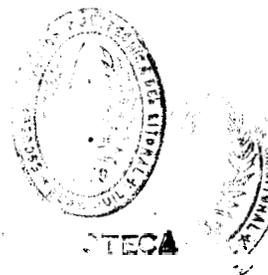
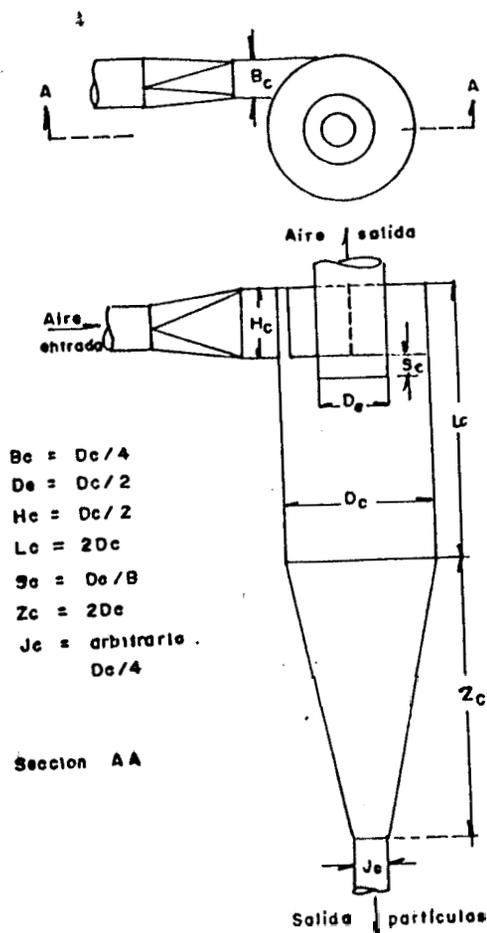


Fig.4. Separador ciclónico

La alimentación entra al ciclón tangencialmente cerca de la parte superior y recibe un movimiento giratorio conforme entra a la cámara propiamente dicha. La velocidad tangencial de las partículas tiende a desplazarlas hacia la periferia. El movimiento espiral del fluido, da como resultado cierta aceleración radial

hacia adentro, mientras que simultáneamente la fuerza gravitacional le imparte una aceleración hacia abajo.

Después las partículas continúan moviéndose hacia abajo en una trayectoria espiral y el aire libre de sólidos, se mueve hacia arriba por el núcleo central.

Otros de los aspectos técnicos a considerarse en el manejo de materiales a través de ductos es que en todas las mezclas heterogéneas la influencia de la gravedad conduce a la sedimentación de las partículas sólidas.

Por lo tanto, es necesario una velocidad mínima para mantener una conducción correcta y libre de perturbaciones, ésta se ha de encontrar muy por encima del número de Reynolds crítico. Re_c Si es inferior, las partículas sedimentadas tienden a obturar la sección del tubo.

La velocidad mínima determina también el límite de obturación, esta depende esencialmente de la proporción de mezcla y del coeficiente de Froude.

En la Fig. 5 está representado el curso característico de la pérdida de carga en función de la velocidad media de la mezcla, para proporción de mezcla constante. La pérdida de carga en el límite de obturación es grande en relación a la correspondiente al fluido portador puro.

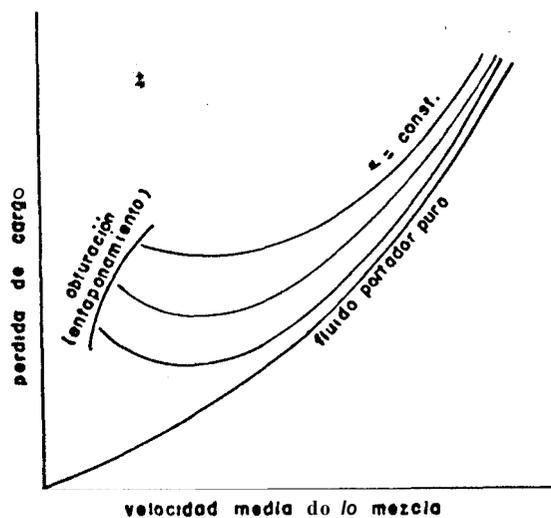


Fig. 5: Curso característico de la pérdida de carga de una mezcla heterogénea

En la zona intermedia las curvas discurren hacia un valor mínimo que representa el transporte más económico con una determinada proporción constante.

3.2 CALCULO DEL DIAMETRO OPTIMO PARA LA TUBERIA DEL TRANSPORTADOR NEUMÁTICO

Una tubería estará correctamente dimensionada si para un caudal dado, los costos de conducción son mínimos.

Estos últimos se componen principalmente del consumo de energía, la amortización de capital, mantenimiento de la instalación y el capital necesario para el tendido de la tubería.

bado que el consumo de energía taja con el aumento del diámetro óptimo para el cual la suma de ambos costos parciales es más baja.

Conocidos por la publicación realizada en Transporte de Fluidos por Tuberías de Fitz Herning; el coeficiente de Froude para pedacería metálica parecida a las tapas coronas está entre 32 y 38; entonces:

Si

$$Fr = \frac{v}{\sqrt{g d}}$$

y $Q = 3600 \text{ V.A.}$

Entonces:

$$Fr = \frac{Q}{900 \pi \sqrt{g d^3}}$$

$$d_{op} = \left[\left(\frac{Q}{900 \pi Fr} \right)^2 \frac{1}{g_c} \right]^{1/5}$$

$$d_{op} = \left[\left(\frac{100 \text{ Kg./hr}}{900 \times 3.1416 \times 36} \right)^2 \frac{1}{9.81 \text{ Kg. m/seg}^2} \right]^{1/5}$$

$$d_{op} = 0.099 \text{ mts.} \quad \text{---} \quad 100 \text{ mm.}$$

Luego el diámetro más favorable para la tubería, es decir, el diámetro a considerar deberá ser de 100 mm.

3.2.1. Pérdida de presión en el ducto.-

El cálculo numérico exacto de la pérdida en el ducto no está todavía resuelto. Por diversos investigadores han sido dadas fórmulas de flujo en tuberías, las cuales, sin embargo, se diferencian en factores importantes y por ello no pueden ser unificadas, lo importante aquí es mostrar cada uno de los factores influyentes y se puede proceder de la siguiente forma con resultados aproximados.

Siendo ΔP_w la pérdida de carga del medio puro y la pérdida adicional ocasionada por las partículas sólidas, la pérdidas de presión de la mezcla puede ser considerada aproximadamente igual a la suma de las partes:

$$\Delta P = \Delta P_w + \Delta P_s$$

Para un medio portador puro gaseoso, es decir,

para fluidos compresibles, la perdida de carga viene dada por:

$$\Delta P_w = \lambda_w \frac{lv^2 \rho_w}{2d}$$

La pérdida de carga admisible para la mezcla, debido a las partículas sólidas se puede plantear de forma similar utilizando la densidad ρ_z .

$$\Delta P_z = \lambda_z \frac{lv^2}{2d} (\rho_z - \rho_w)$$

A la relación de densidad del fluido portador y el sólido se denomina con:

$$E_o = \frac{\rho_w}{\rho_z}$$

Sustituyendo se obtiene:

$$\Delta P_z = \lambda_z \frac{lv^2}{2d} \left(\frac{1 - E_o}{1/E + E_o} \right)$$

Con ello la pérdida total de carga:

$$\Delta P = \left(\lambda_w + \lambda_z \frac{1 - E_o}{1/E + E_o} \right) \frac{lv^2 \rho_w}{2d}$$

Siendo:

- ΔP : Caída de presión N/m entre el punto 1 y 2 de la tubería
- l = Longitud de la tubería en mts.
- d = Diámetro de la tubería en mts.
- v = Velocidad de flujo de la mezcla en m/seg.
- ρ_z = Densidad de la mezcla en Kg/m
- ρ_w = Densidad del fluido portador puro en Kg/m
- E_o = Relación de densidad
- λ_w = Cc
- λ_z = Cc

portador puro

λ_2 = Coeficiente de resistencia para las partículas sólidas.

ϵ = Proporción de mezcla q_{mt}/q_{mv} Masa de partículas sólidas impulsadas por unidad de tiempo, con respecto a la masa del medio portador puro.

Si se trata de un portador gaseoso, como por ejemplo el aire; dada que el transporte neumático con aire la relación de densidad ϵ_0 es prácticamente 0, se obtiene:

$$\Delta P = (\lambda_w + \epsilon \lambda_2) \frac{1}{d} v^2 \frac{\rho_w \rho_l}{\rho}$$

Para el empleo de esta ecuación son necesarios todavía datos más exactos sobre λ_w , λ_2 .

Dado que en el transporte neumático se ha de contar con $K=0$, es decir a comportamiento hidráulico liso, vale $\lambda_w = Re$, correspondiente a la ley de Prandtl-Karman.

Mientras que en fluidos portadores puros los fenómenos de flujo son semejantes si la relación de las fuerzas de inercia y rozamiento es igual, en el transporte de materiales se ha de contar adicionalmente con la gravedad por lo que resulta necesario considerar un nuevo coeficiente que exprese la relación de las fuerzas de inercia respecto a la gravedad. Este coeficiente llamado de Froude es:

$$Fr = \frac{v}{\sqrt{g d}}$$

La semejanza de los fenómenos de flujo puede ser alcanzada mediante la correspondiente variación de V y D .

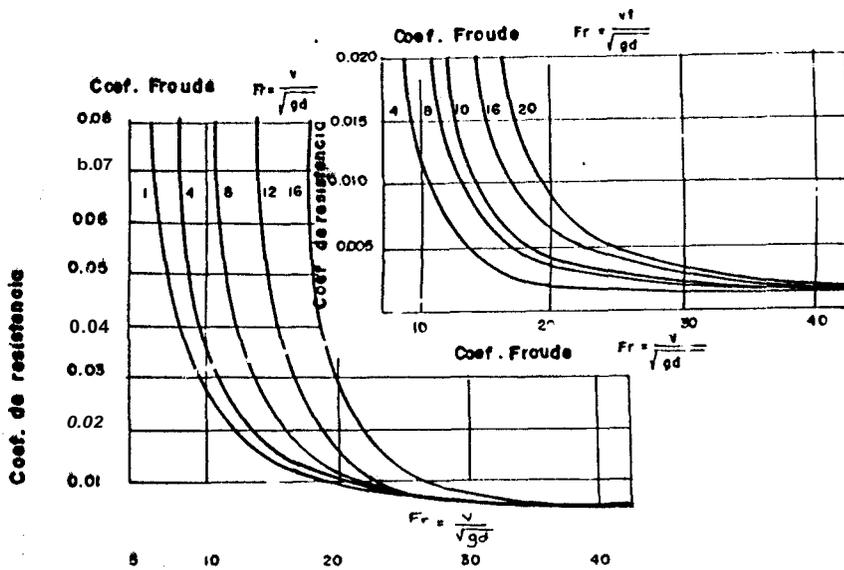
NO obstante se han de tener en cuenta otros requisitos de la semejanza geométrica; una es la constancia en la relación del diámetro de las partículas respecto al diámetro del tubo ; ya que en la práctica el conjunto de sólidos a impulsar en el medio portador presenta una serie muy diversa de diámetros de partículas; por ello se toma la velocidad media de caída v_f como magnitud sustitutiva y se introduce el coeficiente de Froude modificado:

$$Fr^* = \frac{v_f}{\sqrt{g d}}$$

Otro requisito necesario para que se de la semejanza geométrica es que la carga de material sea constante. En forma simplificada se puede aceptar, sin embargo un aumento lineal de ΔP_2 con ϵ , de manera que λ_z llega a ser independiente de ϵ . Bajo este supuesto, el coeficiente de resistencia depende solamente de los coeficientes de Froude:

$$\lambda = (Fr, Fr^*)$$

En la siguiente figura esta representada la función para transporte neumático, en la que se ha elegido a Fr^* , como parámetro:



Coefficientes orientativos para λ_z en función de los Coeficientes de Froude Fr y Fr^* para transporte neumático, arriba: en tuberías horizontales y a la izquierda en tuberías verticales.

Fig 6. CURVAS CARACTERISTICAS PARA T. NÉUMATICO

Con ayuda de los valores de λ_z indicados se pueden realizar cálculos aproximados sobre la pérdida de carga en tuberías.

La selección correcta del coeficiente de la velocidad de caída V_f necesaria para el cálculo de Fr^* causa ciertas dificultades. Dado que su influencia es muy pequeña frente a la velocidad de mezcla V contenida en Fr , son suficientes los coeficientes aproximados.

Si ambos coeficientes de Froude son conocidos, se conoce también λ_z . El coeficiente de rozamiento del tubo λ_w se obtienen del gráfico 1 para Re_0 , con ayuda del número de Reynolds, se puede determinar numéricamente la pérdida total.

Conocido el diámetro más favorable para la tubería, es decir el diámetro a considerar, la velocidad de la corriente se puede determinar:



BIBLIOTECA

$$Q = 3600 \text{ V.L.A}$$

$$V = \frac{4Q}{3600 \pi d^2}$$

$$V = 10 \text{ m/seg}$$

El coeficiente real de Froude es:

$$Fr = \frac{V}{\sqrt{gd}} = 10$$

El número de Reynolds

$$Re = \frac{V \cdot d}{\nu}$$

$$= \frac{10 \text{ m/seg} \times 0.1 \text{ mts}}{18,15 \times 10^{-6}}$$

$$= 55096,41$$

De la gráfica 1 con Re y $E=0$; se obtiene el valor del coeficiente de resistencia del tubo.

$$\lambda_w = 0,036$$

Luego con ayuda del gráfico (λ_2, Fr^*)

$$\lambda_2 = 0,015$$

$$E_0 = \frac{P_w}{P_2}$$

$$= \frac{1,295 \text{ Kg/m}}{752,68 \text{ Kg/m}}$$

$$= 1,717 \times 10^{-3}$$

$$\Delta P = (\lambda_w + E\lambda_2) \frac{1V^2 P_w P_1}{d}$$

$$= 10,036 + 50(0,015) \frac{1,5 \times 10^2 \times 1,293 \times 1000}{0,1}$$

$$= 5,08 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{m}^2$$

$$\Delta P = 0,51 \times 10^6 \text{ kg/m}^2$$

3.2.2 . La Pérdida Total: Selección del Ventilador: Potencia

Pocos equipos tienen una gama tan amplia de aplicación como los ventiladores; si se tiene en cuenta que tienen usos tan variados, pueden ser considerados como equipos básicos.

El tipo más usado en Plantas Industriales es el ventilador de tipo centrífugo; éstos se clasifican según el tipo de configuración de las aspas.

A continuación se muestra una tabla donde constan los distintos tipos de ventiladores para su correspondiente aplicación.

Tabla 1 **GUIA PARA SELECCION DE VENTILADORES**

APLICACION	TIPO DE VENTILADOR					
	TUBOAXIAL	AXIAL CON ALETAS DE GUIA	RADIAL	CON CURVATURA AL FRENTE	CON CURVATURA HACIA ATRAS	AERODINAMICO
Sistema de transportación			X		X	
Suministro de aire a quemadores de petróleo y gas y hogares	X	X	X	X	X	X
Reforzamiento de presiones de gas			Y		X	X
Ventilación de la planta	X	X			X	X
Calderas tiro forzado		X			X	X
Calderas tiro inducido			X	X		
Escape de horno rotativo			X	X		
Alimentación de hornos rotatorios		X			X	X
Torres de enfriamiento	X					
Colectores de polvo y precipitadores electrostáticos			X	X		
Secado en procesos	X	X	X		X	X
Gases de descarga de reactores o humo en chimeneas			X	X		

El de tipo de aspas radiales, tiene un buen rendimiento en muchas aplicaciones, que van desde transportación neumática, hasta extracción de aire en sistemas de alta resistencia.

Los ventiladores de aspas radiales son el caballo de batalla de la industria, pues son los más comunes para manejar volúmenes bajos y medianos a altas presiones.

Sus aplicaciones van desde mover aire limpio, hasta el transporte de polvos, astillas de madera e incluso pedazos de metal.

Por lo general, los ventiladores de aspas radiales son estables desde la apertura máxima hasta el cierre, como lo indica la figura. 7

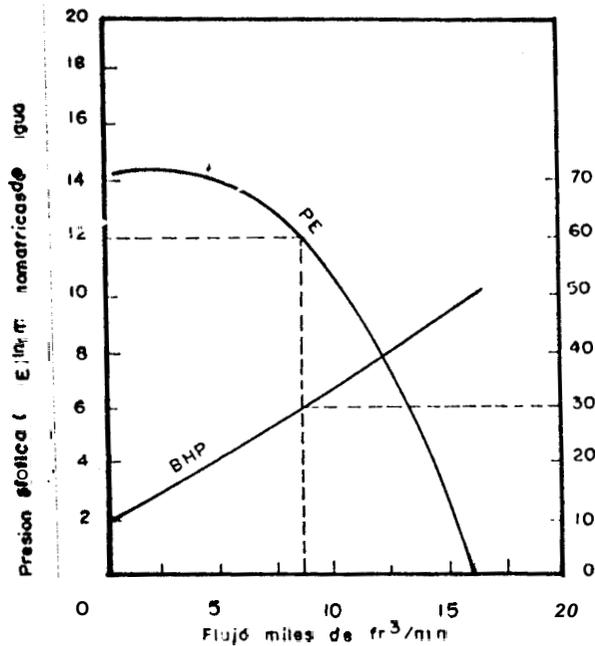


Fig 7. CURVAS CARACTERÍSTICAS DEL VENTILADOR

Esto es importante al manejar aire contaminado cu densidad puede variar, porque es posible que el ventilador

deba funcionar con una amplia gama (rango) de flujos de aire.

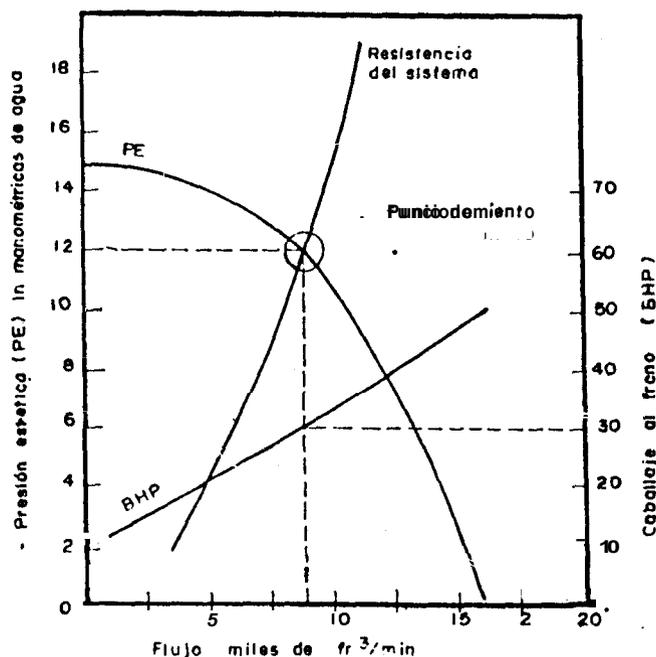
Tambien se debe considerar, el incremento de flujo, aumentará el cabalaje al freno.

La eficiencia no suele ser el criterio clave al seleccionar un ventilador de aspas radiales, en los diseños más comunes se sacrifica eficiencia en favor de la capacidad en el manejo de materiales.

Fig 8

PARAMETROS DE OPERACION DEL VENTILADOR

El punto real de funcionamiento del ventilador está en la intersección de su curva de Presión estática y la resistencia del sistema.



Para formarse un juicio sobre la rentabilidad de un transporte neumático junto con el capital necesario para el montaje de la conducción: el consumo de energía requerido resultará un factor decisivo de mayor magnitud que en el caso de fluidos homogéneos.

Para contrarrestar la pérdida de carga, es decir, para mantener un transporte continuo en una tubería, se ha de

aportar una determinada energía mediante una máquina impulsora; que referida al flujo másico de las partículas sólidas y con ayuda de un rendimiento η_P , resulta:

$$E = \frac{q_{vg} \Delta P}{q_{mt} \eta_P}$$

$$q_{vg} = \frac{q_{mt}}{P_t} - \frac{q_{mw}}{P_w} = q_{mt} \left(\frac{1}{P_t} + \frac{q_{mw}}{q_{mt} P_w} \right)$$

$$q_{vg} = q_{mt} \left(\frac{1}{P_t} + \frac{1}{EP_w} \right)$$

$$E = \frac{\Delta P}{\eta_P} \left(\frac{1}{P_t} + \frac{1}{EP_w} \right)$$

Introduciendo el flujo másico de las partículas en Ton/horas, resulta finalmente, el consumo específico de energía Kw-Hr/Km-ton.

$$E = 0,00272 \eta_P \left(\frac{1}{P_t} + \frac{1}{EP_w} \right)$$

$$E = 0,00272 \left(\frac{0,51 \times 10^6}{5 \times 10^3 \times 0,7} \left[\frac{1}{752,69} + \frac{1}{50(1,293)} \right] \right)$$

$$E = 6,09 \times 10^3 \frac{\text{Kw} \cdot \text{hr}}{\text{Kg} \cdot \text{m}}$$

El consumo de energía es directamente proporcional a la pérdida de carga por unidad de longitud, éste disminuye con el aumento de la carga del material.

CAPITULO IV

CONSTRUCCION DEL TRANSPORTADOR NEUMATICO

4.1 MECANIZACION DE LOS COMPONENTES: DUCTO, COLECTOR

Para iniciar la construcción de los diferentes elementos o piezas que componen el transportador neumático, es necesario:

- a) Un dibujo definitivo de las piezas con sus respectivas dimensiones, además se debe hacer constar la calidad del material.
- b) Cantidad de elementos a construir.
- c) Capacidad de producción diaria de los elementos
- d) Maquinaria disponible
- e) Utillaje disponible
- f) Utilización de maquinaria desplazada a posiciones más convenientes.

Además de establecer ciclos de fabricación, donde se

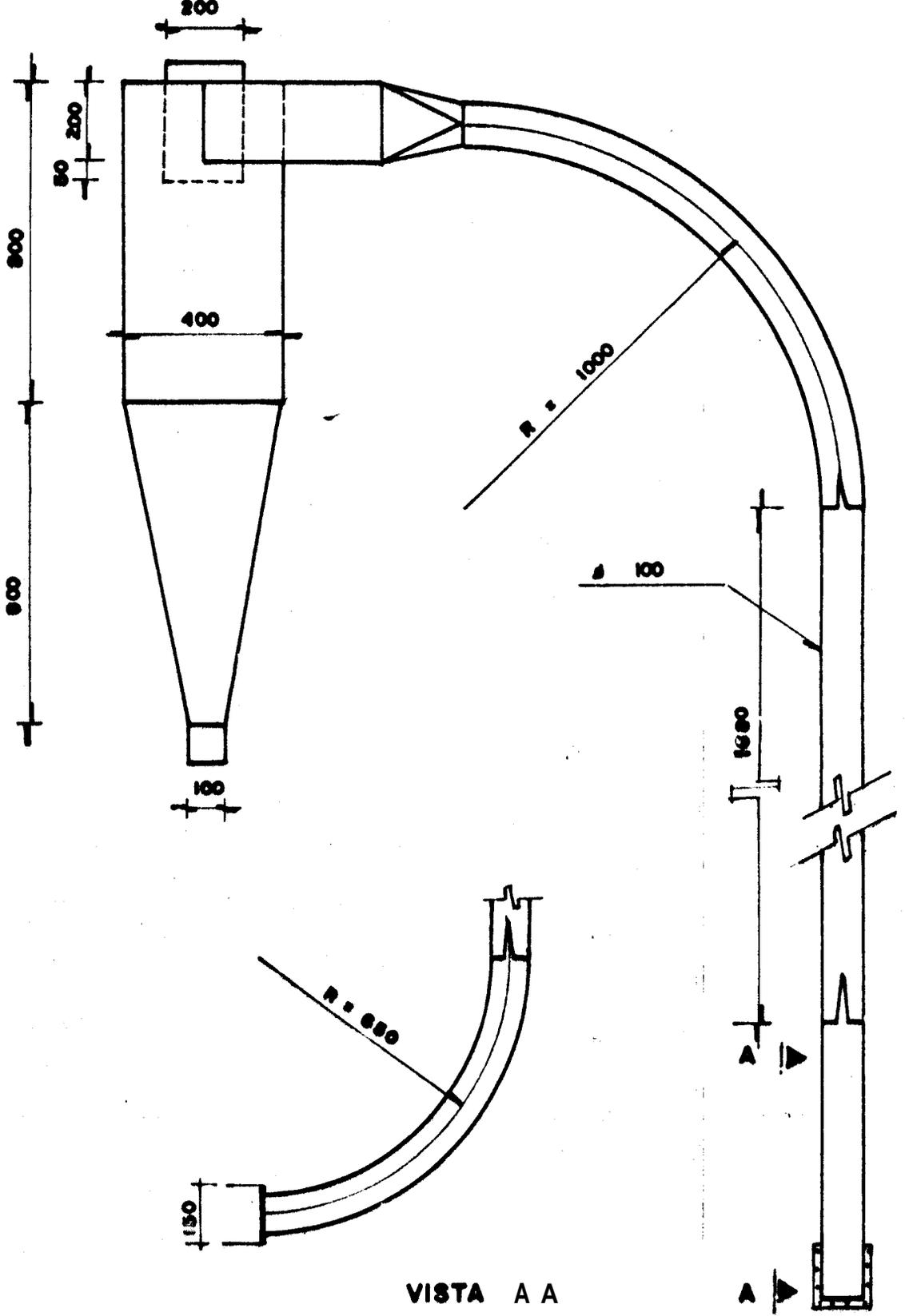
detallen; el nombre del componente a fabricarse; la cantidad de piezas que han de concluirse, el nombre del material a emplearse, el número de operarios que se requerirían para la elaboración, nombre de la maquinaria a utilizarse, la descripción de las operaciones, que se realizarían con cada maquinaria, un croquis de la pieza a construirse con sus respectivas medidas, datos técnicos de la maquinaria, cuando se realiza la mecanización y el tiempo estimado para la elaboración.

Una vez realizada la mecanización de los componentes del transportador neumático, se procede con el ensamblaje de las partes.

CICLO DE FABRICACION						
Producto : Transportador Neumatico poro Tapar Coronas.						
Denominación de la pieza	Cantidad	Materia utilizado	Maquinas Herramientas utilizadas	Descripción de la operación	Personal	Tiempo min
Base	1	Angulo de hierro 2.5 x 2.5 x 2	Flexómetro Corte de Sierra Soldadora Esmaril Cepillo de alambre.	Medición Corte construcción Esmarilado Limpieza y Control de calidad.	1	120
Estructura para el ducto	1	Angulo de hierro 2.5 x 2.5 x 2	Flexómetro Corte de Sierra Soldadora Esmaril Cepillo de alambre	Medición Corte Construcción Esmarilado Limpieza Y Control de calidad.	2	160
Ducto Tramo A	1	Tubería EMT	Soldadora Cepillo de alambre.	Ensamble de la brida del ducto Tramo A Limpieza y Control de calidad.	1	43
Ducto Tramo B	1	Tubería EMT		Ensamble de la tubería.	1	15
Cubierta	1	Plancha Galvanizada	Autógena Debuidora Soldadora Esmaril Cepillo de alambre	Medición Corte Formado del cuerpo Formado del cono Ensamble Esmarilado Limpieza y Control de calidad.	2	300

CONTINUACION

CONTINUACION						
Denominación de la pieza.	cantidad	Materia utilizado	Maquinas Herramientas utilizadas	Descripción de la operación	Personal	Tiempo (min)
Ducto Tramo C	1	Tuberia EMT	Soldadora Montacargas	Ensamble al Ciclon Ensamble al ducto tramo B.	2	15
Contrapeso	1	Hormigón		Construccion de un bloque	1	15
Rielés	2	Angulos "T"	Taladro Martillo Destornillador	Fijacion al piso.	1	60
Ruedas Acanaladas	4	Hierro	Soldadora	Ensamble a la base	1	20



VISTA A A

	FECHA	NOMBRE	FACULTAD INGENIERIA MECANICA
DESIGNADO			
APROBADO			
Esc. 1:15	TRANSPORTADOR NEUMATICO		

ESPOL

4.2 MONTAJE, INSTALACION, PRUEBAS Y PUESTA A PUNTO

Una vez concluidos los trabajos de mecanización de los componentes, se procede al ensamblaje de las piezas, que forman en conjunto el transportador neumático:

- El separador de sólidos es fijado al tramo D, de la tubería.
- El conjunto motor ventilador, es colocado en la base construida para el efecto, se realiza la alineación, verificación de movimiento y fijación.
- Colocación del tramo A de la tubería, luego de su correspondiente alineación, fijación de la brida.
- Ensamble del tramo B, la sección vertical.
- Ensamble del tramo C, ésto es, el segundo codo del radio largo
- Con la ayuda de un montacarga se eleva la sección de transportador que lleva fija la descarga o sea el separador ciclónico, luego de la respectiva alineación es fijada mediante soldadura al ducto C.

Una base fuerte esencial para instalar el ventilador,

ducto; para un trabajo correcto, largo y libre de problemas. Si bien es cierto, la colocación ideal es sobre losas de concreto, al nivel del piso; si hay que montar en una estructura elevada, se debe tener máximo cuidado con el balanceo para evitar sacudidas.

La instalación de una estructura sencilla que soporta el peso del ducto y separador ciclónico y que evite sacudidas, en el transportador, se hizo necesaria.

Se realiza la acometida eléctrica para el motor eléctrico, se verifican los rangos de amperaje consumidos por el motor, cuando el transportador funciona en vacío; se comprueba que no existen fugas de aire por las uniones de los diferentes tramos.

Se efectúan pruebas transportando pequeñas cantidades de material, el mismo que previamente había sido verificado en sus dimensiones fundamentales.

- Diámetro exterior
- Altura total
- Angulo del diente

Estas verificaciones se realizan al ingreso y al final del transportador, con la ayuda de los más avanzados instrumentos de verificación:

- Planos de referencia, mármoles de granito, con superficies lapilada y precisión en la planicidad.
- Relojes comparadores, con lecturas de 0,001 mm.
- Calibradores de lectura digital electrónica.

Se realizan ajustes en cuanto al caudal de ingreso, además de realizar evaluaciones al material luego de transportar material con distintas realaciones de carga de material.

Verificadas las características en la descarga del ciclón colector, se decide operar una vez que se comprueba que trabaja a satisfacción de las especificaciones del material transportado.

Es necesario instruir al personal destinado a la operación de los elevadores, la secuencia de operaciones que se deberán realizar antes de la puesta en marcha del equipo:

- Alineación de la descarga con el centro de la tolva
- Energizar el motor ventilador

- Control sobre la carga de material

- Control sobre la descarga

En razón que los elementos móviles del conjunto motor-ventilador, están protegidos convenientemente, las normas de seguridad más elementales deberán ponerse en práctica debido a que este equipo elevador, no reviste ningún riesgo para personas y equipos.

Con la operación satisfactoria del elevador neumático, se decide que la alimentación de las tapas coronas desde las tolvas móviles hasta las tolvas de las inyectoras-moldeadoras, deba realizarse por el sistema de transportación neumática con separador de sólidos en el extremo.

Establecido el tiempo utilizado por el conjunto ventilador-elevador, se concluye que son necesarios dos equipos para alimentar las ocho tolvas disponibles en la empresa.

Para que cumplan con este objetivo es necesario lograr que el conjunto se pueda mover hasta los distintos puntos de utilización, para lo cual se monta el conjunto sobre ruedas acanaladas que le permitan trasladarse sobre rieles previamente colocados y fijados al piso de concreto.

En esta condición se debe tener en cuenta que un contrapeso de loza de concreto debe ser usado para ayudar a que la estructura se mantenga firme, un peso aproximado de 10 veces la masa de los elementos rotatorios de la unidad es necesaria.

4.3 ANÁLISIS ECONÓMICO DE LA SOLUCIÓN

El éxito de toda empresa está basado en la consecución de sus objetivos preestablecidos; ésto es, lograr producción de buena calidad y a bajo costo.

Después de haber logrado la construcción del transportador neumático para tapas corona en la misma planta, de acuerdo a los planos establecidos; a partir de materiales disponibles en el mercado local, éste fue instalado.

En su evaluación se tomó en cuenta la productividad que alcanzó la máquina inyectora moldeadora debido a que la tolva se encontraba abastecida de material para el correspondiente ensamble del disco plástico.

Con anterioridad a este evento se temía que la eficiencia acumulada, por ejemplo de una de las cuatro líneas instaladas en la planta alcanzaba el 74.3 %, al cabo de un mes de operación este valor de la eficiencia acumulada se sitúa en el 86.7%, es decir., se obtiene un incremento en el 16% en el rendimiento u productividad.

Cabe considerar como otro de los factores en este proyecto, el ahorro; así:

- Elevador a pista magnética tipo inclinado, convencional	2.350 U.S
- Elevador a pista magnética tipo inclinado, nuevo modelo	3.200 U.S
- Transportador. neumático para tapas coronas construido en planta	
- Materiales y mecanización Montaje y puesta a punto	\$ 258.500
- Motor-ventilador	\$ 241.500
- Dirección técnica y Administración	\$ 100.000
- COSTO TOTAL	\$ 600.000

Al tipo de cambio en la fecha de ejecución del trabajo, 345 sucres por cada dólar, resulta un valor de 1.740 U.S.

Entonces, con respecto al primero se obtiene un 26% de ahorro y al segundo elevador del 46%.

Desde todo punto de vista se justifica la inversión en la construcción del transportador neumático y se cumple con el objetivo planteado de brindar una alternativa idónea para el reemplazo del sistema convencional de

alimentación en las líneas de producción de tapas
corona, con una solución al alcance de nuestro medio.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El autor del trabajo detallado a lo largo del presente informe y la empresa donde presto mis servicios profesionales, pudieron conseguir el objetivo propuesto: Reemplazar con un sistema idóneo, el transporte de las tapas corona desde las tolvas móviles hasta las tolvas de las inyectoras modeladoras, donde deben recibir el recubrimiento interno del plástico, sin que ocurran cambios en sus dimensiones fundamentales; a cambio de los convencionales elevadores a pista magnética diseñados por la firma italiana (SACMI), para lo cual debía utilizarse material disponible localmente y utilizando tecnología nacional.

Además de tomarse en cuenta el ahorro energético, pues mientras el elevador a pista magnética debía operar constantemente, con el sistema de alimentación neumática, se consigue que la operación sea intermitente.

Otro de los factores a considerar es la disminución del número de elevadores necesarios para cubrir el objetivo de alimentar las tolvas con tapas.

Los inconvenientes de limpieza del elevador de productos con decoración diferente se elimina con el trabajo en vacío. El flujo másico de aire limpia el ducto y el colector, eliminando la posibilidad que tapas con decoración diferente estén atrapadas en el sistema, debido a que la influencia de la gravedad conduce al precipitado de las sustancias sólidas, las mismas que se depositarían al fondo del ducto, retirándolas con facilidad.

El mantenimiento de la unidad sólo se reduce a revisiones periódicas del motor eléctrico y del conjunto de aspas del ventilador, reduciendo costos. Las pruebas experimentales durante el desarrollo del proyecto, permitieron obtener una mejor visualización del mantenimiento del sistema.

El proyecto permitid visualizar. la importancia del conocimiento y uso correcto de los parámetros, para la confección de transportadores neumáticos, debido a que cálculos numéricos exactos no están todavía resueltos, diversos investigadores señalan los factores influyentes para proceder- de la forma expuesta con buenos resultados.

Una vez realizado el transportador, concluimos que el mismo no es tan complejo, se facilitan las operaciones al contar en el mercado con materias primas de calidad.

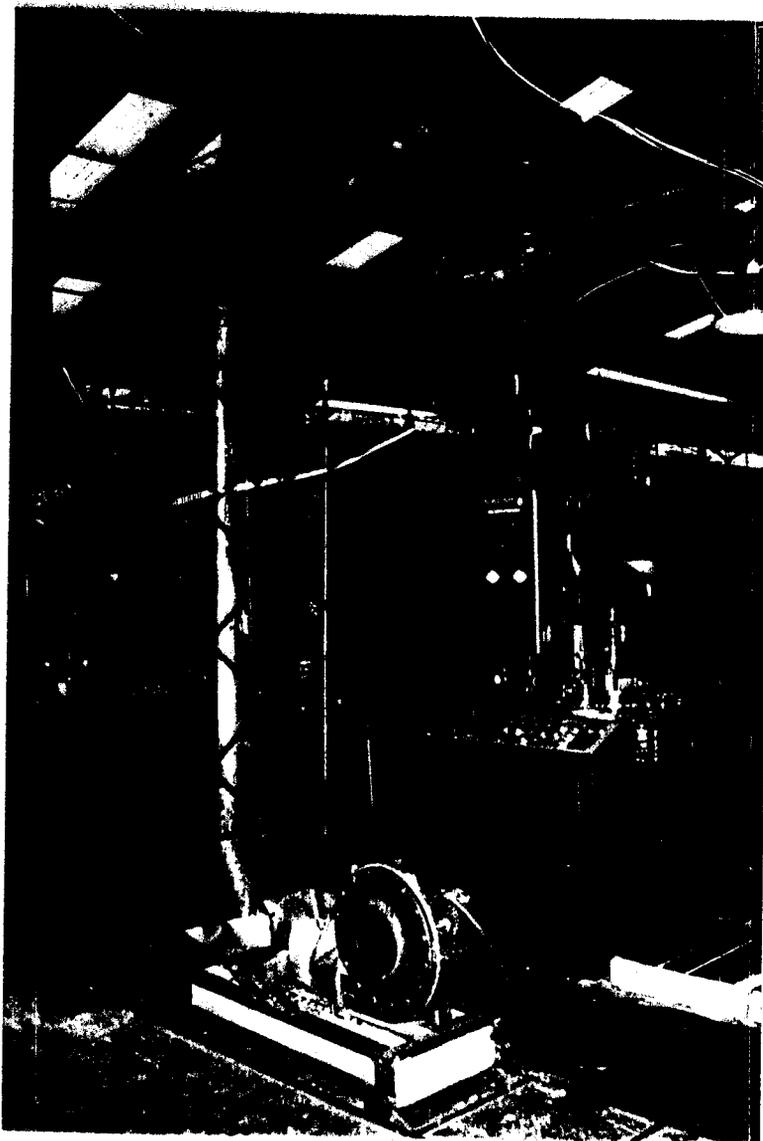
La eliminación de la importación de equipos como los

expuestos en este trabajo, se consigue a lograrse la utilización de la tecnología nacional, además de contribuir a reducir la dependencia de la tecnología extranjera.

La principal recomendación que se puede plantear a los embatelladores que no dispongan de un sistema de alimentación de tapas hasta las tolvas, de las denominadas coronadoras; en el proceso de embotellado, la adopción de este sistema, con la seguridad de que el mismo brinda ahorro energético y no presenta efectos perniciosos sobre la estructura dimensional de producto a transportar, principal atributo a considerar por el control de calidad, en el material adquirido para el envasado de bebidas gaseosas y cervezas donde se utilizan tapas coronas.

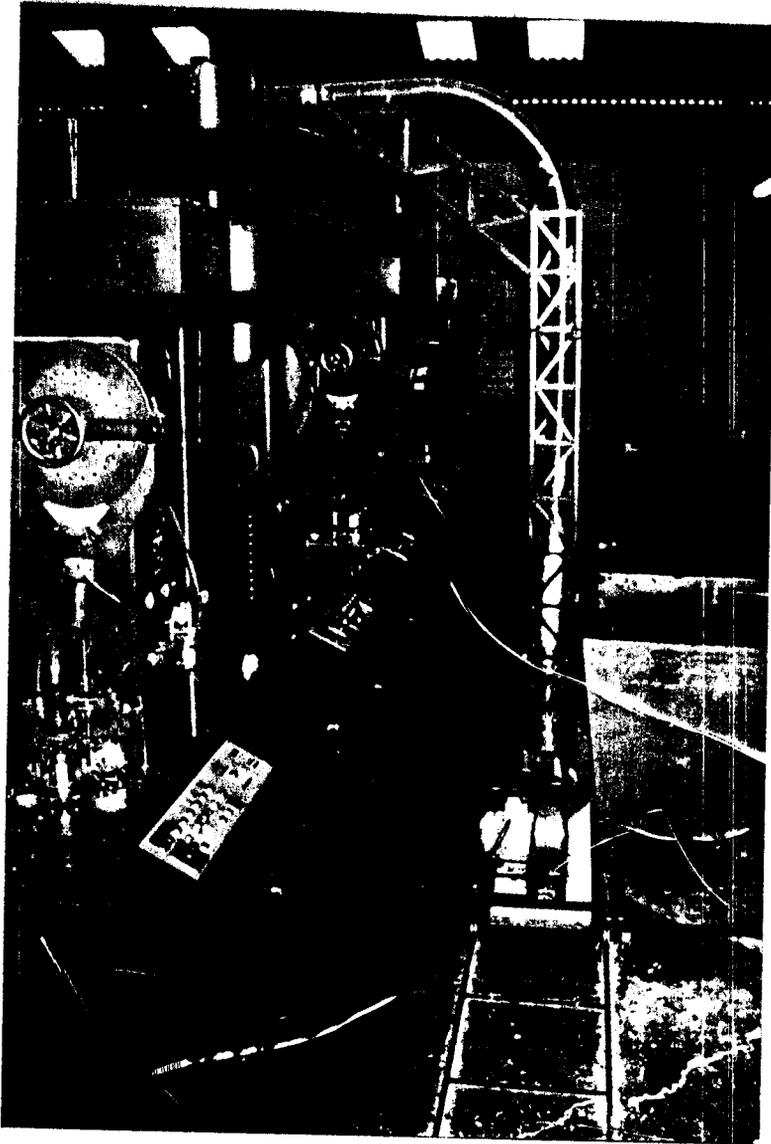
En la necesaria asesoría que brindan los italianos de SACMI, promover la adopción del sistema detallado en este informe técnico para que sea utilizado en futuras instalaciones de fabricación de tapas corona.

A P E N D I C E



FOTOGRAFIA No. 2

TRANSPORTADOR NEUMÁTICO PARA TAPAS CORONA



FOTOGRAFIA No. 1

TRANSPORTADOR NEUMATICO PARA TAPAS CORONA

BIBLIOGRAFIA

- 1.- Fritz Herring; transporte de fluidos por tuberías.
Editorial Labor; 1975 p.p. 75 - 145.
- 2.- Foust Alan; Principios de Operaciones Unitarias.
- 3.- R. Durand; Basic Relationship of the transportation of
solids in Pipes.
- 4.- Mark's; Manual del Ingeniero Mecánico, Mc. Graw Hill,
1982.

