

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE GUADALAJARA

INCORPORADA A LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA ELECTRICA



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

DISEÑO Y CALCULO DE UN SISTEMA
ELEVADOR POR CANGILONES.

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
P R E S E N T A
ELIGIO RAMIREZ ARIZPE
GUADALAJARA, JALISCO 1986



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.

INDICE

	Pag.
INTRODUCCION	1 - 4
CAPITULO I. CONDICIONES DE DISEÑO	5 - 20
CAPITULO II. DESCRIPCION DEL ELEVADOR Y CARACTERISTICAS.	21 - 30
CAPITULO III. DISEÑO Y SELECCION DE LA BANDA.	31 - 41
-Capacidad de sujeción de los pernos a la banda.	
-Tensión de operación unitaria.	
-Cálculo de la potencia del motor.	
-Máxima capacidad volumétrica.	
-Capacidad de sujeción de los pernos al cangilón.	
-Estimación del peso de la banda.	
-Determinación de tensiones en la banda.	
CAPITULO IV. DISEÑO DE COMPONENTES MECANICOS	42 - 56
-Diseño del calibre del árbol	
-Diseño de las dimensiones de la cuña.	
-Determinación de las chumaceras.	
-Diseño de los baleros.	
-Determinación de la polea motriz.	
-Diseño de la transmisión.	
CONCLUSIONES.	57
BIBLIOGRAFIA	58

INTRODUCCION

Los silos son uno o varios conjuntos de edificaciones destinados a almacenar la materia prima que se utilizará en el proceso de fabricación.

Por lo general, es conveniente diseñar y construir un conjunto de silos integrado a la planta industrial con el fin de contar con un abastecimiento suficiente para no suspender el proceso y ritmo de producción por falta de entrega puntual de materia prima.

En este caso particular, los silos están destinados al almacenamiento de arenas y cullet (pedacería de vidrio).

El hecho de especificar qué materia se requiere almacenar (arena en este caso), es importante debido a que de esto se derivan una serie de datos necesarios y obligaciones que cumplir, como por ejemplo definir el peso específico de esa materia para conocer su volumen y así calcular la capacidad de los silos, la capacidad de las tolvas y el volumen que se necesita en un elevador o una banda transportadora para dar una carga determinada.

Por otra parte, la constitución física de la materia almacenada, al manejarse, provoca elevación de polvo en mayor o menor grado y por lo tanto, condiciones de limpieza e higiene que deben cumplirse con la colocación de extractores y colectores de polvo, así como número de colectores, potencia de extracción y localización de los mismos.

El diseño y construcción de un complejo de silos en una industria incluye, en su parte técnica, la obra civil que comprende cimentación, estructura y edificación; la

parte eléctrica que se refiere a la instalación, vibradores, motores, válvulas solenoide, centros de control de motores, dispositivos de protección, etc.; y el área mecánica que comprende desde una transmisión de potencia hasta instalaciones de aire comprimido del área de neumática.

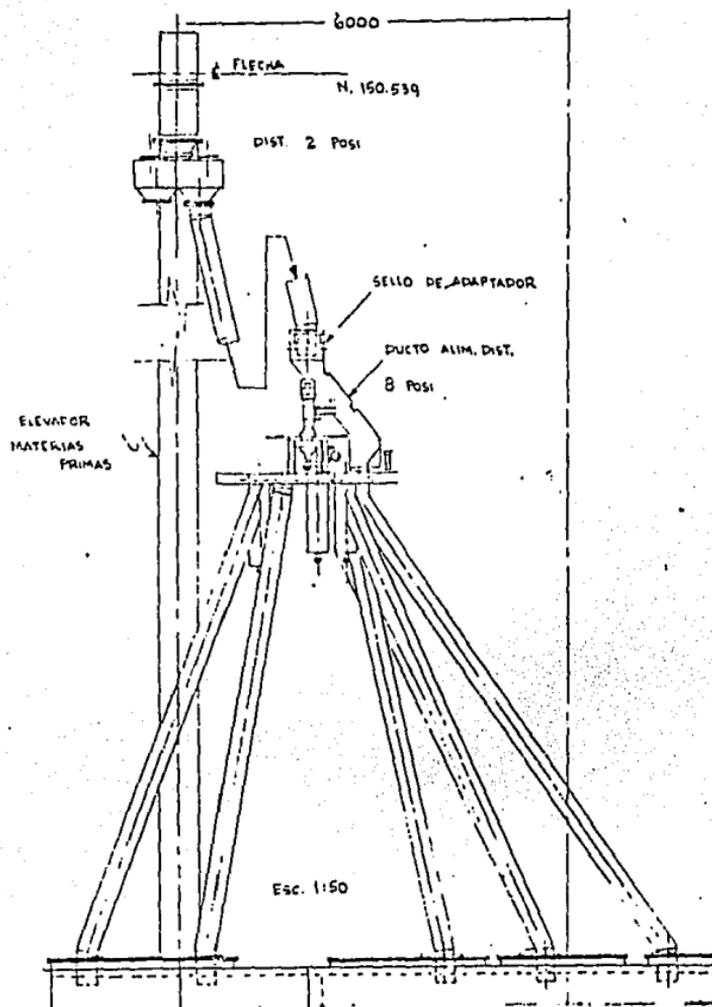
Las tuberías de conducción de agua y aire comprimido con sus accesorios, los medios de transportación de materia como elevadores y transportadores de banda, la instalación y operación de máquinas o equipos que intervienen en el proceso, como colectores de polvo y extractores, bombas de agua, pala mecánica, revolvedoras, básculas y sistema de pesaje, quebradora de quijadas, molino de impacto y malacate de tracción, forman parte todos del sistema mecánico.

La Ingeniería Mecánica comprende otra área que es la variación de la potencia en los sistemas de transmisión y motorización.

La variación de la potencia se logra modificando el par de la flecha en la salida con respecto al de la entrada. El método para realizar este cambio de velocidades es por medio de reductores y variadores de velocidad que se fabrican con unas relaciones predeterminadas por medio de un tren de engranes.

Este trabajo se inclina fundamentalmente al área mecánica en el aspecto referente a la transportación de materia prima y específicamente con el elevador de cangilones de descarga centrífuga. Se describen los componentes de este equipo mecánico y los cálculos necesarios para definir el volumen de materia prima que se entregará como parte del proceso.

La cantidad de materia se define en base a la capacidad del horno y los requerimientos de estiraje para la producción.



ELEVADOR DE CANGILONES

CAPITULO I.

CONDICIONES DE DISEÑO.

La capacidad de los silos se diseña en base a la cantidad de materia que necesitarán los hornos para una fundición y estiraje definidos.

Este estiraje a su vez, se determina por el volumen de producción necesario para cubrir un mercado y un nivel de consumo previamente estudiados.

Teniendo bajo observación un mercado potencial y tomando en cuenta el número de habitantes de esa zona, la capacidad de distribución, la competencia, etc., se llega a la conclusión de que deberán fabricarse diariamente un millón de unidades del producto para lo que se necesitarán fundir cuatrocientas toneladas de materia prima cada día.

De acuerdo a estas conclusiones, se necesitará dicha cantidad de materia por día más una cantidad adicional de reserva en los silos.

El número de silos a construirse, sus dimensiones y la materia que contendrá cada uno de ellos se define por los componentes que conforman la mezcla final a fundirse y el porcentaje con que esos componentes contribuyen en la mezcla.

No hay reglas ni normas fijas que definan qué reserva será conveniente tener en almacenamiento. Esto tendrá como limitantes, la capacidad técnica y económica para desarrollar el proyecto, que el tamaño de la obra sea práctico para su operación y mantenimiento desde el punto de vista-

técnico, y considerar la recepción de materia prima, tanto la cantidad de ésta como la distancia a que se encuentran las fuentes de abastecimiento.

El estiraje, que es la cantidad de mezcla fundida, debe traer apareada la alimentación a silos de materia prima nueva. De aquí se deriva otro aspecto del proyecto que es el diseño de los componentes mecánicos de transportación - de manera que éstos alimenten los silos de materia prima - en las cantidades requeridas.

A su vez, el diseño de los transportadores incluye dimensiones de éstos, potencia, capacidad de carga, velocidad, disposición, o sea, colocación estratégica y también el número de estos equipos de transportación.

Los cálculos para cada tipo de mecanismo están definidos en su capítulo correspondiente.

Las capacidades individuales y total de los silos está definida en la siguiente tabla:

CAPACIDAD DE LOS SILOS

SILO No.	CAPACIDAD (M ³)
1	1 965,490
2	510,970
3	1 965,490
4	399,870
5	215,495
6	215,495
7	399,870
8	1 965,490
9	1 965,490
10	983,745
11	256,475
12	256,475
13	983,745
14	983,745
15	200,932
16	200,932
17	983,745
18	215,495
19	215,495
20	399,870
21	1 965,490
22	1 965,490
23	510,970

CAPACIDAD TOTAL DE SILOS:

19,726.26 M³

La realización de un programa para el proyecto de sí- los significa organizar la secuencia de construcción e ins- talación de todos los equipos con respecto a un período de tiempo determinado.

Este período es el que se estima como un tiempo razona- ble para el avance y terminación de la obra y, aunque es - tentativo, debe planearse concienzudamente a fin de tomar- en cuenta los pormenores propios de toda obra y aún los - problemas adicionales que pudieran presentarse.

Este último punto es el más difícil de considerar de- bido a que es casi imposible predecir una infinidad de pe- queñas anomalías que en ocasiones afectan directamente al- porcentaje de avance de la construcción.

La falta de entrega puntual de material o refacciones, lentitud de trabajo, errores pequeños que necesitan corre- girse en el campo, ausentismo del personal obrero, en algu- nas ocasiones un corte de corriente o algún accidente de - trabajo, son ejemplos de anomalías que no es posible prede- cir si se suscitarán y cuándo sucederán.

Un proyecto de cierta magnitud, debe comenzar a pla- nearse desde mucho tiempo antes de iniciar la construcción. A esto se le llama anteproyecto.

Se hace un estudio sobre las posibilidades propias de la empresa para encargarse del aspecto técnico en determi- nadas áreas y se recurre también a empresas contratistas - especializadas que contribuyen con personal calificado y - equipo de trabajo tanto ligero como pesado.

Hay un aspecto más dentro de la planeación que es la- representación gráfica de lo que se construirá. Se hace -

entonces una elaboración de planos reguladores, dibujos a escala de componentes y dibujos con cortes seccionales.

Como parte de la representación gráfica están también los diagramas de flujo que dan una idea general del proyecto y no requieren relación de escala.

Es conveniente llevar el control del proceso por medio de unos diagramas a manera de tablas, cuyas coordenadas serían actividad contra tiempo. Aquí se registran los puntos que se han desarrollado, los que están en proceso y los próximos a atender. También se registra el tiempo empleado en días, semanas y meses y los grados de avance del proceso.

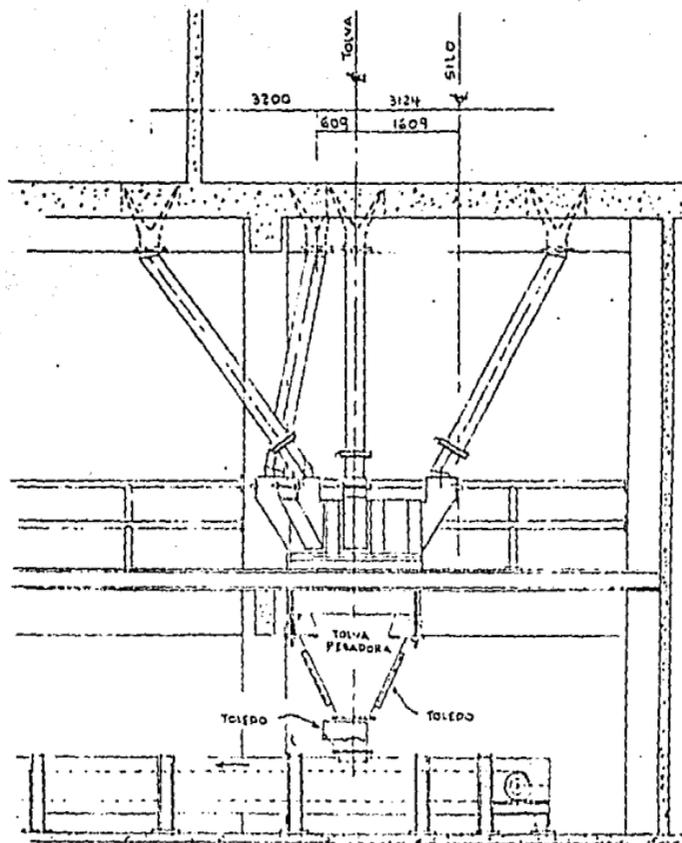
También forman parte del control del proyecto: la organización que se siga en el desarrollo del trabajo, el presupuesto que se le asigne a la obra, la puesta en operación del equipo y el control del funcionamiento.

Con la organización se planea de antemano la secuencia de ejecución y los tiempos de duración de cada punto, dando las prioridades necesarias.

Los presupuestos desglosados, total y gran total de los departamentos que intervienen en el proyecto contra las utilidades y beneficios que se obtendrán del mismo, dan una idea de la conveniencia de llevar a cabo dicho proyecto.

El control del funcionamiento es un concepto que se inicia al concluir el proyecto y perdura con constancia mientras el complejo presta servicio a la planta industrial.

Este último concepto, el de control de funcionamiento



TOLVA PESADORA

Etc 1-50

emplea a un número fijo de personal calificado asignado a unos departamentos también permanentes. Estos departamentos integrantes de la planta industrial tienen sus propios programas de trabajos y se desenvuelven siguiendo una organización interna que incluye programas de desarrollo, elaboración de tarjetas u órdenes de trabajo, asignación de trabajos al personal, control de partes y stock de refacciones, elaboración de un programa de lubricación y mantenimiento preventivo y la ejecución de trabajos de mantenimiento correctivo.

Entre las obligaciones que debe atender el personal encargado de dirigir la obra pueden enumerarse: actualizar las especificaciones del proyecto, tomando en consideración los cambios inevitables que se hayan presentado en cuanto a presupuesto y detalles técnicos, desarrollar diseños y dibujos necesarios para la obra, atender a la colocación de pedidos para la adquisición de equipo, administrar el trabajo de programación, de control de costos, de supervisión en el proyecto y elaborar reportes adecuados de información sobre el progreso de los trabajos.

CONDICIONES ECONOMICAS DEL PROYECTO.

La estimación se define como el proceso de predecir los costos antes de que se haya realizado el trabajo. En el ramo administrativo, a nivel dirección, la estimación del costo y los presupuestos son los que marcan muchas decisiones sobre el proyecto que se va a desarrollar.

El control de los costos de la mano de obra, puede conseguirse estableciendo niveles de costo, programando la sucesión de trabajos para limitar las horas extras de labor, regular el número de trabajadores y lograr que se tra

baje con plena ocupación.

Lo que el estimador conoce del trabajo viene determinado por el grado en que éste puede ser planificado antes de iniciarlo. Donde la información es mayor se consigue una mejor planificación, mejores estimaciones y mejores costos.

El importante beneficio derivado de hacer buenas estimaciones es más efectivo una vez que se ha realizado el proyecto ya que este trabajo necesitaba ser definido y planificado muy claramente para su realización.

Un método para determinar el grado de detalle nos lo da la comparación con una lista guía que sirve de referencia.

La siguiente lista muestra un grado creciente de conceptos:

- Determinación de la cuantía requerida
- Evaluación de las órdenes de trabajo
- Previsiones a largo plazo
- Evaluación de la compra de equipo
- Evaluación de distintos métodos propuestos
- Decisiones de comprar o fabricar con un presupuesto limitado.
- Programación de trabajos mediante el método de la ruta crítica (Ingeniería Industrial)
- Programas mensuales y provisiones de cargas de trabajo.
- Informes de control de costos de la ejecución del trabajo.
- Programas semanales y distribución de la mano de obra.
- Informes de control de costos a nivel de departamento.

- Incentivos de grupo a nivel de instalación.
- Informes de control de costos individuales.
- Distribución diaria de mano de obra y programas de trabajo.
- Incentivos de grupo semanales a nivel de departamento.
- Incentivos diarios para pequeños grupos.
- Incentivos individuales semanales.
- Incentivos individuales diarios.

Las estimaciones las hacen ingenieros, planificadores y los encargados de aplicar porcentajes de trabajo. El proyecto de la mayor parte de construcciones industriales y la selección del equipo necesario, requiere estimaciones del costo de la mano de obra, así como los precios de compra de los materiales y de las condiciones del contratista.

Las opiniones basadas en experiencias personales acaban de completar la precisión adecuada para una situación particular, con un costo de estimación mínimo, como por ejemplo, decidir sobre un plano el trazo que va a definir la dirección en que se instalará una banda transportadora y la longitud de ésta, o la disposición y altura práctica de los elevadores que permitan fluidez en el proceso de almacenamiento.

Para obtener buenos resultados es esencial tener una clara definición del alcance del trabajo y un análisis acorde con la experiencia del estimador.

Las estimaciones de costo se preparan como un paso necesario para someter el proyecto ante la dirección de la planta para su aprobación final. Pero estas estimaciones no se refieren solo a costos por el lado técnico y la mano de obra, sino que incluyen también otros aspectos del pro-

yecto que afectarán el cuadro de costos y deben considerarse por Ingeniería de proyectos. Algunos de estos otros aspectos del proyecto son los siguientes:

- Requerimientos de servicios, incluyendo fuerza eléctrica, aire, gas, combustible y agua.
- Requerimientos de edificios.
- Consideraciones de seguridad.
- Riesgos de incendios y de explosiones.
- Aclaración con la compañía de seguros sobre lo adecuado de la construcción, del equipo y de las medidas de protección.
- Aclaración con las autoridades locales con respecto a los requisitos de los reglamentos de construcción.
- Consideraciones de transporte, incluyendo la construcción de vías de acceso, espuelas o escapes de ferrocarril, facilidades para embarque y recepción, etc.

Además de estimar los costos, es importante también el establecimiento de fechas para término, tanto para cada una de las fases independientes, como la fecha de terminación final del proyecto completo.

Para determinar las fechas para término se toman en consideración factores tales como períodos de tiempo en tránsito de todas las unidades claves del equipo comprado (materiales), período esperado de construcción (mano de obra), y fechas de terminación impuestas por las condiciones del mercado del producto que ha de manufacturarse.

Si las condiciones del mercado son tales que resulten predominantes en el establecimiento de una fecha de terminación, entonces las componentes de materiales y mano de obra pueden ocupar un segundo término y ajustarse para que

queden adecuadas a la fecha de término preestablecida.

El ajuste del personal de trabajo para adaptarse a una determinada fecha puede requerir un esfuerzo considerable de planeación y programación.

Para una fase dada del proyecto, deben colocarse en la labor tantas personas como sea práctico. Se alcanzará un punto de rendimiento decreciente más allá del cual los hombres se interfieren entre sí. Si la fecha de término no pudiera aún alcanzarse, se puede tomar uno de los dos caminos siguientes: acelerar el trabajo por medio de tiempo extra, o por la adición de turnos.

Para asegurar que el gasto administrativo adicional implícito no frustre el propósito original de adelantar una fecha de término con respecto a lo que comúnmente se esperaría de un trabajo en tiempo normal debe lograrse como parte del estudio para acelerar las fechas de término una determinación cuidadosa de los costos.

PREPARACION DEL PROGRAMA DEL PROYECTO.

Después de que han sido reunidos todos los datos que gobiernan el establecimiento de un programa, incluyendo los tiempos de entrega de los componentes principales y si estas fechas de entrega son compatibles con la fecha de término deseada, se prepara un programa maestro o diagrama de proceso, ya mencionado anteriormente, como parte del control del proyecto.

Este programa maestro es un itinerario de operación para el proyecto y servirá como una de las herramientas administrativas más importantes para Ingeniería de proyectos.

La finalidad fundamental de preparar un programa es - la de seguir el progreso de la construcción y la de observar cómo se va integrando el proyecto completo. Si se opera cuidadosamente, un buen programa señalará cualquier demora de los componentes que pudiera afectar el progreso - del proyecto. Llamará la atención hacia áreas donde debe aplicarse una supervisión o activación adicional, ya sea - para compensar demoras o para sacar ventaja adelantando me - joras en el desarrollo.

Otra actividad importante del responsable por parte - de Ingeniería de Proyectos es la de iniciar procedimientos por los cuales todas las personas interesadas puedan mante - nerse informadas del progreso.

Se incluye suficiente información para permitir a los superiores ejercer un control general, y al mismo tiempo - reducir el número de detalles de menor importancia que pu - dieran afectar lo conciso del reporte.

Los aspectos siguientes son puntos típicos de la in - formación que podría presentarse en informes periódicos de avance del proyecto:

- Aspectos sobresalientes indicativos del progreso durante el período abarcado por el proyecto.
- Registro fotográfico del progreso.
- Principales obstáculos imprevistos encontrados y resuel - tos.
- Principales obstáculos imprevistos encontrados y aún no - resueltos.
- Cambios importantes en el equipo con relación al reporte original de especificaciones del proyecto.
- Porcentaje aproximado de avance en los componentes prin -

principales.

- Cambios de fecha de término, si éstos se presentan.
- Cuadro general de costos.
- Reconocimientos por buen trabajo realizado por grupos o individuos.

En la organización directa de la obra es bastante lo que puede ser delegado, sin embargo, las cualidades de una buena dirección exigen que el ingeniero de proyecto se reserve y ejercite ciertas funciones superiores de control y mantener una supervisión directa coordinada. Este tópico es netamente administrativo.

El siguiente diagrama de flujo es una secuencia típica de los puntos que comunmente sigue un proyecto desde que nace la idea de llevarlo a cabo hasta la culminación del proyecto.

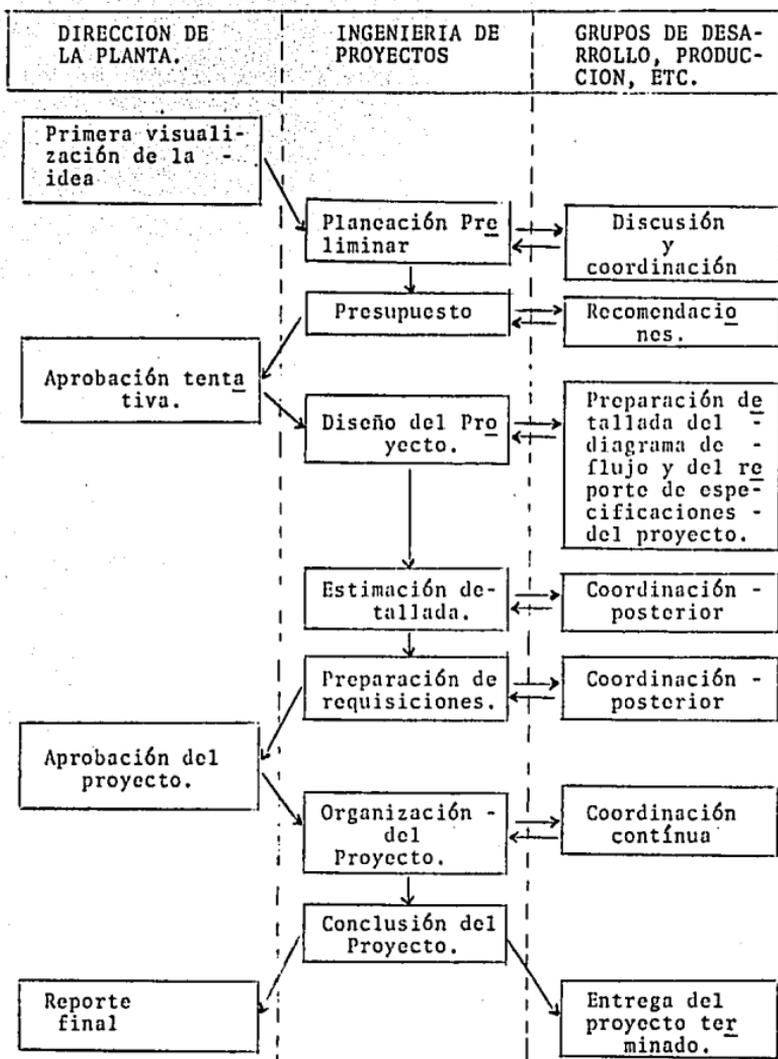


DIAGRAMA DE FLUJO DE UN PROYECTO

El término del proyecto no es una parte sencilla si se toma en cuenta hasta qué punto se puede considerar la obra terminada satisfactoriamente sin que falten toques de acabado, detalles secundarios o tareas que reclamen la atención.

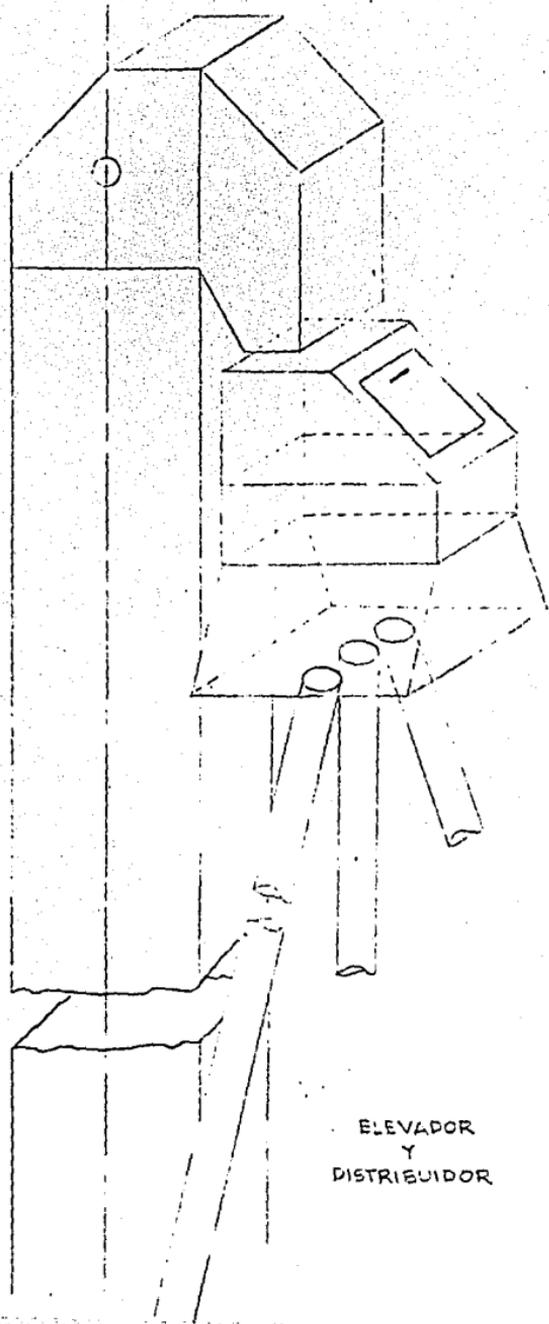
La culminación del proyecto no debe opacarse con la falta de cuidado a los aspectos complementarios como limpieza, pintura o por la falta de atención a la condición final de las instalaciones que pudiera representar inseguridad o peligro para el personal.

El reporte final del proyecto debe incluir una lista de comprobación de los pasos para la conclusión de la obra.

- Inspección de la terminación física de todos los componentes.
- Prueba de todos los componentes para asegurarse que han cumplido las especificaciones teóricas del proyecto incluyendo normas mecánicas, eléctricas, de tubería y de seguridad.
- Coordinar el trabajo de prueba con el personal de desarrollo.
- Preparar manuales o instrucciones de operación.
- Instruir al personal de operación en el empleo apropiado de todo el equipo.
- Preparar el reporte final para los expedientes de Ingeniería, dando el reporte de especificaciones del proyecto con todos los cambios habidos y tabular toda la información de especificaciones de los fabricantes.
- Para uso del departamento de mantenimiento, adjuntar toda la información apropiada para los registros del equipo.
- Hacer recomendaciones para el aprovisionamiento de par-

tes de repuesto.

- Supervisar la organización de los programas de mantenimiento preventivo para todo el equipo del proyecto.
- Notificar los costos finales a la dirección de la planta con explicaciones acerca de los excesos o defectos cuando se esté fuera de un límite prescrito en más o menos.
- Entregar la responsabilidad final del equipo al usuario, en este caso, los departamentos de manejo y mantenimiento.



ELEVADOR
Y
DISTRIBUIDOR

CAPITULO II

DESCRIPCION DEL ELEVADOR Y CARACTERISTICAS

Los silos tienen un sistema de operación en el que es indispensable alimentarlos con materias distintas para poder después controlar la cantidad que se va a utilizar de cada una de ellas.

Sin embargo, la recepción de materia ya sea por ferrocarril o en camiones es a nivel de piso, esto es, entre 40 y 50 metros por debajo de donde debe ser la alimentación.

Para solucionar este problema de transporte se utilizan en un número determinado los elevadores de cangilones de descarga centrífuga.

El elevador de descarga centrífuga se instala y opera verticalmente, la descarga de material en este elevador es en realidad una combinación de descarga centrífuga y de gravedad.

Estos aparatos se componen de una cubierta dividida en cuerpos cuando la cubierta es metálica. Pueden estar contruidos de cemento o una combinación de ambos materiales con la parte inferior contruida con la edificación de los silos y la parte superior, metálica.

Tiene también una banda de hule cuyas especificaciones y diseño se tratarán en el siguiente capítulo.

Se utiliza la banda de hule por ser el medio más eficaz para el manejo de la arena. Sus ventajas son varias, puede trabajar a alta velocidad y por lo tanto tiene una

mejor capacidad para transportar volúmenes de materia, tiene alta resistencia a los materiales abrasivos como el vidrio y además su operación es suave y silenciosa.

La velocidad de la banda para este tipo de elevadores está entre 250 y 500 pies por minuto. El dato exacto para un caso particular se da en el diseño.

La banda tiene a su vez una serie de cangilones adheridos por medio de tornillos. Estos cangilones transportan la materia.

Los cangilones están empotrados a intervalos de una distancia uniforme y toman su carga en la parte inferior del elevador.

El espacio entre cangilones en un elevador de tipo industrial es usualmente entre 2 y 3 veces la proyección o ancho del cangilón.

Cuando cada uno de estos cangilones llegan a la polea superior, descargan la materia por la fuerza centrífuga que llevan sobre un bajante que conducirá la materia a un lugar convenido.

El elevador de cangilones se compone también de una transmisión con cadena, un rodillo o polea motriz en la parte superior, cuya flecha va montada en una chumacera bipartida con cojinete de bolas. En la parte inferior lleva una polea de ardilla como polea loca. La flecha de ésta descansa sobre una chumacera del tipo tensora.

Además tiene un motor eléctrico como medio de potencia y un freno como dispositivo de seguridad para impedir que la banda se regrese por efecto de la carga y asegurar-

que las poleas giren en un solo sentido.

Existen elevadores de cangilones contínuos, de cangilones de alta capacidad, de cangilones con cadena en vez de banda de hule, elevadores cuya banda ancha, de 20" o más, - tiene dos hileras de cangilones colocados alternadamente, - etc.

Todos estos tipos tienen sus aplicaciones específicas, no corresponden al presente diseño y por lo tanto no serán aquí tratados.

A continuación se presentan las especificaciones necesarias para la construcción de un elevador de cangilones.

En primer lugar, el número de elevadores está relacionado con el tamaño de la planta industrial y consecuentemente con la cantidad de materia que se va a manejar por turno o por día.

Por otra parte, la altura del elevador, aspecto que entra en el diseño, está también directamente relacionado con el proyecto inicial al definir las capacidades individual y total de los silos. Pero es muy importante atender, el punto de vista técnico y sustituir la altura excesiva, en caso necesario, por un mayor número de silos en la construcción.

Un elevador que rebasa ciertos límites de altura es un caso que es conveniente evitar en lo posible debido a su alto costo inicial y su problema de mantenimiento, el grado de inconveniencia aumenta en un dado caso de reparación.

Los silos se encuentran a una altura de 50 Mts. sobre

el nivel 0.00 correspondiente al piso. Con base a ésto, - los elevadores del sistema tendrán una altura entre los 40 y 60 Mts. según la utilidad y el punto de descarga a que - están destinados. Cabe hacer notar que las bases de los - elevadores se encuentran varios metros bajo el nivel del - piso por recibir la alimentación de bandas transportadoras subterráneas.

Así, la altura del elevador es considerada desde su - base y no del nivel del piso porque esa altura se entiende como la distancia que hay entre centros de la polea del ca bezal y la polea de ardilla de la base.

Las variantes que se presentan entre un elevador y - otro son datos para el diseño como la altura, la potencia del motor, el material acarreado, las dimensiones de las - poleas, el tipo de banda, etc.

El modelo de elevador aquí tomado es de 50 Mts. de al tura ($\approx 164'$).

El elevador está formado por placas de fierro. Las - placas tienen un espesor de $3/16'$ y forman cuerpos de $1.25 \times 0.65 \times 3.0$ Mts. El elevador se compone de 15 cuerpos y el resto corresponde al cabezal. La polea superior tiene $27'' \phi$ y $16''$ de largo con una flecha de $3 \frac{7}{8}'' \phi$ y cuñero de $1 \frac{7}{32}'$ L. La flecha está montada sobre una chumacera - - Dodge de base con buje intercambiable calibrado a $3 \frac{7}{8}''$. Estas dimensiones resultan de los cálculos hechos en base - a las características del equipo. Dichos cálculos están - detallados en el capítulo del diseño de los componentes me cánicos.

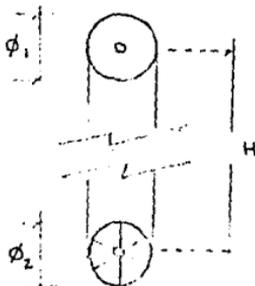
Por otra parte, la polea de ardilla está situada en -

la base del elevador a 5.00 Mts. bajo el nivel del piso, - nivel -5.00

La distancia comprendida entre los centros de las flechas de ambas poleas, es lo que determina la altura del elevador.

El elevador se compone también de una banda de hule - Goodrich Euzkadi Multiwarp H con cuatro capas Long Life y cubiertas de 1/8" x 1/8" de 14" de ancho con espesor de 7/16" y cinco perforaciones cementadas de 5/16" ϕ .

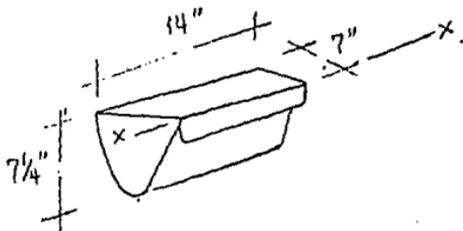
La longitud total de la banda es la siguiente:



$$\begin{aligned}
 \text{Longitud total} &= 2H + \frac{1}{2} (2\pi \frac{\phi_1}{2}) + \frac{1}{2} (2\pi \frac{\phi_2}{2}) \\
 &= 2(1968.5'') + \frac{1}{2}(2\pi \frac{27''}{2}) + \frac{1}{2}(2\pi \frac{24''}{2}) \\
 &= 3937 + 42.41 + 3769 = 4017.1'' \\
 &= 334.75' \quad 6 \quad 102.03 \text{ Mts.}
 \end{aligned}$$

A su vez, la banda descrita tiene empotrados en toda su longitud una serie de cangilones que a continuación se describen.

Los cangilones son unos recipientes fabricados de acero fundido. Son del tipo AA-P8 con dimensiones de 14" x 7" x 7¹/₄" como lo muestra la figura. Tienen cinco barrenos de 5/16" ϕ que coinciden con las cinco perforaciones cementadas practicadas en la banda. Cada cangilón es fabricado con un labio reforzado con soldadura DUR-ARCK 586 de INFRA.



Cubicando el cangilón se obtiene

$$V = \frac{1}{2} bh \times L$$

$$\text{Base (b)} = 7'$$

$$\text{Altura (h)} = 7\frac{1}{4}''$$

$$\text{Longitud (L)} = 14''$$

$$V = \frac{1}{2} (7'') (7\frac{1}{4}'') \times 14'' = 355.25 \text{ Pulg}^3$$

$$6 \text{ 0.20 pies}^3$$

$$\text{como } 1 \text{ Pulg}^3 \times 0.0164 \frac{\text{dm}^3}{\text{Pulg}^3} = 1 \text{ dm}^3$$

entonces

$$355.25 \times 0.0164 = 5.82 \text{ dm}^3$$

$$= 5.82 \text{ Lts.}$$

El peso específico (Pe) de la materia prima, en este caso particular, es por dato adquirido 1.5

Se tiene la relación

$$\text{Lts} \times \text{Pe} = \text{Kg.}$$

Por lo tanto,

$$5.82 \text{ Lts} \times 1.5 = 8.73 \text{ Kg.}$$

La separación entre cangilones es de 19", lo cual permite vaciar la materia de uno de estos recipientes sobre el bajante o chute de descarga en un instante suficiente para que la carga total sea vertida antes de que el siguiente cangilón adquiera el ángulo y fuerza centrífuga necesarios para la próxima descarga.

La materia depositada a su tiempo por cada uno del total de cangilones forma una alimentación continua.

El número total de ellos es:

$L = H =$ distancia entre centros de poleas

Profundidad del cangilón = $7 \frac{1}{4}$ "

Separación entre cangilones = 18"

La separación entre cangilones para hacer el cálculo, contenido en la banda es:

$$18" - 7 \frac{1}{4}" = 10.75"$$

Num. de cangilones

$$(N^{\circ}) = 2L - [7.25 x + 10.75 (X+1)]$$

$$N^{\circ} = 2 (164 x 12) - (7.25 x + 10.75 x + 10.75)$$

$$= 3936 - (18 x + 10.75)$$

$$= - 18 x + 3925.25$$

$$X = \frac{3925.25}{18} = 218 \text{ cangilones}$$

Longitud de la banda en poleas

$$\frac{1}{2} (2\pi \frac{\phi_s}{2}) + \frac{1}{2} (2\pi \frac{\phi_i}{2}) = L^1; \quad \begin{array}{l} \phi_s = \text{DIAM. Polea Superior} \\ \phi_i = \text{DIAM. Polea inferior} \end{array}$$

$$\frac{1}{2} (2\pi \frac{30}{2}) + \frac{1}{2} (2\pi \frac{30}{2}) = 94.24''$$

$$L^1 - [7.25 x + 10.75 (x + 1)]$$

$$94.24 - (18 x + 10.75)$$

$$X = \frac{94.24 - 10.75}{18} = 4.6 \Rightarrow 4 \text{ cangilones}$$

Número total de cangilones del elevador

$$N^{\circ}_t = 218 + 4 = 222 \text{ cangilones}$$

Este número multiplicado por el volumen individual de cada cangilón se obtiene

$$0.23 \text{ Pies}^3 \times 222 = 51.06 \text{ Pies}^3$$

Que es la capacidad total del elevador

El medio que transmite el movimiento al elevador es - una motorización compuesta por transmisión de sprockets y cadena, un reductor de velocidad y un motor eléctrico.

CAP. III. DISEÑO Y SELECCION DE LA BANDA.

Existen varios factores importantes que influyen en la decisión de seleccionar un determinado tipo de banda.

El ancho, la velocidad y la capacidad que se va a requerir de la banda en el diseño del elevador; la calidad de las capas o cubiertas atendiendo al tipo de material que se va a manejar, es decir, el tamaño, la forma, la dureza o la temperatura de ese material; la constitución de la banda debe tener suficiente resistencia a la tensión y a la vez, flexibilidad; otro factor importante es el aspecto económico, teniendo el costo de la banda, influencia sobre la decisión.

La relación de anchura de la banda es como sigue: La banda debe ser al menos dos pulgadas más ancha que el largo del cangilón. La cara de la polea deberá tener un mínimo de una pulgada más de anchura con respecto al ancho de la banda.

La velocidad de la banda en un elevador depende del diseño de la base y el cabezal del elevador, el tipo de cangilones y el diámetro de las poleas superior e inferior.

El determinar la tensión a que va a estar sometida una banda, es parte de la selección de ésta. La tensión máxima de la banda incluye algunos elementos como el peso de la banda sobre la polea del cabezal, el peso de los cangilones vacíos, el peso del material cargado en los cangilones de un lado de la banda, la tensión inducida al tomar los cangilones el material o cavar para recogerlo en la base y la fricción de las chumaceras de la polea inferior.

Por otra parte, la banda debe soportar las repetidas fuerzas de flexión sobre las poleas terminales. Estas poleas deben tener un diámetro suficiente con respecto al - grueso de la banda para asegurar una larga vida.

Aunque la tensión a que está sometida la banda es un factor importante para su selección, en la mayoría de los casos la capacidad de los pernos de sujeción son un factor decisivo para la construcción de la banda.

La información necesaria para la selección de la banda es:

Tipo de elevador:	De cangilones, vertical de - descarga centrífuga.
Ancho de la banda:	14"
Velocidad de la banda:	No conocida
Material transportado	Arena, 100 ^{Lb} /pie ³ , 0-1.5"
Cangilones (estilo y tamaño)	Tipo AA acero fundido para - descarga centrífuga 8.74 Kg 0.23 pies ³ , 14" x 7"
Potencia del motor	No conocida

CAPACIDAD DE SUJECION DE LOS PERNOS A LA BANDA (E)

La capacidad o valor de sujeción de los pernos de los cangilones a la banda, se determina con el siguiente procedimiento:

Datos necesarios:

W, = Peso de un cangilón, Lb Dato que se obtiene física--

mente en el campo o en tablas del manual del fabricante.

$$W_2 = \text{Peso del material en un cangilón, Lb.} \quad 0.75 \times \text{capacidad del cangilón (pies}^3\text{)} \times \text{peso del material - (Lb/pie}^3\text{).}$$

$$= 0.75 \times 0.23 \times 100 = 17.25 \text{ Lb}$$

$$D = \text{proyección del cangilón (Pulg)} \quad 7''$$

$$F = \text{Factor del material} \quad 1.0 \text{ (Tabla)}$$

Aplicando la fórmula para estos datos resulta:

$$E = FD (W_1 + W_2)$$

(valor de sujeción)

$$E = 1.0 \times 7 (13.9 + 17.25) = 218.05$$

La tabla de (E) muestra que para este valor es recomendable la elección de una banda 2 capas, XXH multiwarp.

TENSION DE OPERACION UNITARIA

Este otro punto puede ser solucionado con la fórmula:

$$\text{Tensión de Operación Unitaria (PIW)} = \frac{55,000 \times \text{HP (motor)}}{\text{ancho de banda} \times \text{velocidad}}$$

Observando en tablas el resultado obtenido por esta fórmula, se selecciona el tipo de fabricación requerida de la banda.

Sin embargo, se observa que existen dos incógnitas - que hasta este punto son desconocidas, la potencia y la velocidad de operación de la banda.

Tanto la potencia del motor en caballos, como la velocidad de la banda en pies por minuto, son factores que corresponden al diseño de la transmisión del equipo.

Es por tanto conveniente definir estos conceptos, que son necesarios para poder continuar con el diseño y selección del elevador y sus componentes.

Para obtener el dato de velocidad de la banda, se observa en tablas el tipo de elevador para el cual la medida de los cangilones corresponden a 14" x 7" que son las dimensiones en este caso particular.

La variación de la distancia con respecto al tiempo es entonces 298.0 pies por minuto (FPM). La velocidad debe ser suficiente para descargar el material apropiadamente. Esta velocidad depende del diámetro de la polea del cabezal, del tamaño de los cangilones y del espacio de separación entre éstos.

CALCULO DE LA POTENCIA DEL MOTOR.

Ahora, la potencia requerida se determina así:

$$\text{Potencia} = \frac{(P + Q) S}{33000}, \text{ en Hp}$$

Donde $P = W_2 \frac{12 H \eta}{d}$; H (elevación en pies) = 164'

(número de hileras de cangilones) = 1

d (espacio entre cangilones) = 18"

$$Q = (\text{diámetro de la polea de la base, en Pulg}) \times J \times \left(\frac{P}{H} \right)$$

El valor de J es 1.0 para elevadores con descarga centrífuga que manejan material de pedacería, y se considera con un valor de 0.67 cuando acarren material fino.

Y S = velocidad de la banda, pies/min.

Solucionando lo anterior se tiene

$$P = 17.25 \frac{(12)(164)(1)}{18} = 1886.0$$

$$Q = (30) (0.67) \frac{(1886)}{164} = 231.15$$

$$S = 298.0 \text{ pies/min}$$

Entonces

$$\text{Potencia} = \frac{(1886.0 + 231.15)(298.0)}{33000} \text{ en Hp}$$

$$\text{Potencia} = 20 \text{ Hp.}$$

Este valor es supuesto como 90% de la potencia que el motor transmite a la banda.

Hay que considerar que la potencia transmitida no es del cien por ciento debido a pérdidas en el equipo. Se debe seleccionar entonces el motor un poco mayor en cuanto a caballos de potencia suministrados a fin de no restringir el margen de operación continua y sin contratiempos. Para este caso, un motor de 50 hp es una selección razonable y asegura este margen.

Ahora se conocen tanto la velocidad como la potencia empleada por el elevador, luego la tensión en la banda puede ser determinada.

$$\begin{array}{l} \text{Tensión de operación} \\ \text{Unitaria} \\ \text{(PIW)} \end{array} = \frac{55,000 \times 50}{(14)(298.0)} = 659.1$$

Las unidades son libras por pulgada de ancho de banda.

El valor en la tabla, correspondiente a este resultado indica que los siguientes tipos de construcción de bandas cumplen los requisitos para la tensión requerida.

9 capas,	PN 120 R 120
7 capas,	H, XH Multiwarp o Flexseal
6 capas,	XH, XXH " "

De los dos valores anteriores, el de la capacidad de sujeción de los pernos a la banda (E) y el del valor unitario de la tensión de operación (PIW), se observa que este último es el que predomina por tener un valor mayor y

por lo tanto un mayor requerimiento, en cuanto a la demanda de resistencia se refiere.

Un cuadro guía o auxiliar indica la calidad y el espesor que deberán tener las capas de la banda para algún uso en particular. Por lo tanto los espesores de las capas de la banda que transportará arena son:

Lado del cangilón: 1/8"

Lado de la polea: 1/8"

y la calidad de la banda sugerida es:

N° 42 American

6 capas, multiwarp XH, B.F. Goodrich.

MAXIMA CAPACIADAD VOLUNETRICA

En el diseño de nuevos elevadores o en la necesidad de incrementar la capacidad de los existentes, es conveniente calcular la posible capacidad máxima.

Para calcular el máximo valor de carga:

Capacidad del

$$\begin{aligned} \text{elevador} &= \frac{12}{d} \times \frac{W_2}{2000} \times (60 \text{ sn}) \\ \text{(TPH)} & \end{aligned}$$

$$\text{TPH} = \frac{0.36 W_2 \text{ sn}}{d}$$

Resolviendo

$$\begin{aligned} \text{capacidad del} & \frac{0.36 (17.25) (298.0) (1)}{18} = 102.81 \\ \text{elevador} & \\ \text{(TPH)} & \end{aligned}$$

CAPACIDAD DE SUJECION DE LOS PERNOS
AL CANGIJON

$$E = FD (W_1 + W_2)$$

$$E = 1.0(7)(13.9 + 17.25) = 218.05$$

La tensión de los pernos con respecto al cangilón es otro punto importante en el diseño.

Para el valor obtenido de 218.05 y consultando la tabla respectiva, se determinan los tipos de construcción de banda que cumplirán con los requisitos de resistencia.

Estas son las designaciones para el tipo de construcción Multiwarp o Flexseal.

Para un valor de 210

2 capas, Multiwarp XXII, y

Para un valor de 400

3 capas, Multiwarp M

Sin embargo, este valor es superado numéricamente - por el correspondiente a la tensión de operación unitaria (PIW) y estos tipos de banda serían una selección parcial.

ESTIMACION DEL PESO DE LA BANDA

Para determinar el peso de la banda por pie de longitud (W), se utilizan tablas, se tienen varias opciones sobre el tipo de banda ideal, pero la selección final del -

tipo de construcción debe ser la que ofrezca mayor resistencia según el diseño.

El peso se determina así:

$$\left. \begin{array}{l} \text{Factor de peso del esqueleto} \\ + \\ \text{Factor de peso de las capas} \end{array} \right\} \times \text{ancho de la banda} \\ \text{(Pulg.)}$$

= Peso de la banda (Lb por Pie).

$$W = 5.054 \text{ Lb/pie de longitud}$$

Para los cangilones tipo AA, la consideración de capacidad de materia es al 75%.

Si la relación de carga máxima es desconocida, se puede utilizar la máxima capacidad práctica.

Para determinar esta capacidad práctica, se observa la capacidad en pies cúbicos de un cangilón y se multiplica por el porcentaje de carga

$$0.23 \times 0.75 = 0.1725$$

Este resultado a su vez, es multiplicado por el peso del material en Lb por pie cúbico.

La arena pesa 100 Lb/pie³, por consiguiente:

$$0.1725 \times 100 = 17.25 \text{ Lb.}$$

DETERMINACION DE LAS TENSIONES EN LA BANDA.

a) Tensión debida al peso de la banda

$$M = WH$$

$$M = (5.054)(164) = 828.8 \text{ Lb.}$$

- b) Tensión debida al peso de los cangilones

$$N = W_1 \frac{12 Hn}{d}$$

$$N = (13.9) \frac{12(164)(1)}{18} = 1519.73 \text{ Lb.}$$

- c) Tensión debida al material en los cangilones

$$P = W_2 \frac{12 Hn}{d}$$

$$P = (17.25) \frac{12(164)(1)}{18} = 1886 \text{ Lb}$$

- d) Tensión debida a la fricción en la base

$$Q = \phi \text{ Polea base (Pulg.)} \times J \times \frac{(P)}{H}$$

Donde $J=0.67$ para arena

$$Q = (30)(0.67) \frac{(1886)}{164} = 231.15 \text{ Lb.}$$

- e) Tensión inicial

$$R = K (P + Q) - (M + N)$$

Se puede calcular también por

$$R = 5 \times \text{ancho de banda en Pulg.}$$

$$R = 5 \times 14 = 70 \text{ Lb.}$$

- f) Máxima tensión de operación

$$T_m = M + N + P + Q + R$$

$$T_m = 828.8 + 1519.73 + 1886 + 231.15 + 70$$

$$T_m = 4535.68 \text{ Lb}$$

La tensión de operación expresada en libras por cada pulgada de ancho de banda resulta

$$\begin{aligned} \text{Tensión de operación} &= \frac{T_m}{\text{ancho de banda (en Pulg)}} \\ &= \frac{4535.68}{14} = 323.9 \text{ Lb/Pulg. de ancho de banda.} \end{aligned}$$

Tamaño permisible del material en pedacería.

Los elevadores de cangilones, en el proceso de almacenamiento para materia prima del vidrio, acarrean tanto arena como pedacería de vidrio.

En este último caso, el tamaño de los trozos debe estar dentro de un límite especificado para evitar una vida corta de los cangilones. Las dimensiones de los trozos que un elevador puede transportar depende de la velocidad del cangilón, la alimentación y el tamaño de los cangilones.

Si la proporción de los pedazos del material es menor en un 15% con respecto al cangilón, la máxima medida de pedacería está generalmente especificada a aproximadamente 1/2 de la dimensión mínima del cangilón. Esta dimensión mínima es la proyección o ancho del cangilón.

Cuando hay una mezcla de material, pero aproximadamente el 75% es en pedacería, entonces la medida del trozo máximo permisible se aproxima a 1/3 de la dimensión mínima del cangilón.

Las dimensiones de la materia en pedazos puede ser mayor en proporción con un mayor ancho de banda y cangilones también mayores.

IV. DISEÑO DE COMPONENTES MECANICOS.

DISEÑO DEL CALIBRE DEL ARBOL.

El elevador aquí descrito, con sus dimensiones, carga a transportar, frecuencia de operación, etc. necesita unos árboles de transmisión cuyas características sean suficientes para contrarrestar los esfuerzos ocasionados en la operación del equipo.

El árbol de acero está conectado a una transmisión - con un motor de 50 HP de potencia y una velocidad de 1750-RPM y acoplado a un reductor de velocidad con una relación de 18 a 1, lo que resulta en un giro de 100 RPM en números redondos en el eje de salida del reductor de velocidad.

El par Torsor M_T se calcula con la relación

$$M_T = 71600 \frac{P}{\text{RPM}} \quad \text{CM KGF.}$$

La tensión cortante máxima τ_m es de 646 KGF/CM²

Se requiere calcular el diámetro del árbol de transmisión que soportará las tensiones.

La torsión equivale a

$$\tau = \frac{2 M_T}{\pi r^3} = \frac{16 M_T}{\pi d^3} \quad \text{KGF/CM}^2$$

Por lo tanto:

$$d^3 = 16 M_T \left(\frac{1}{\tau \pi} \right) \quad \text{CM}$$

Hasta aquí, es conocida la velocidad de giro en la salida del reductor pero es incógnita aún, la velocidad del árbol del elevador.

El reductor tiene un piñón de 12 dientes mientras que el sprocket inducido es de 42 dientes, lo que permite una disminución aún mayor de las RPM de operación del equipo.

El giro de 100 RPM en el piñón equivale a

$$\frac{12 \times 100}{42} = 28.57 \Rightarrow 30 \text{ RPM en el árbol}$$

del elevador.

El par torsor resulta

$$M_T = 71600 \left(\frac{50}{30} \right) \text{ CM-KGF}$$

$$M_T = 119.333 \text{ CM-KGF}$$

Entonces el diámetro del árbol es igual a

$$d^3 = 16 (119.333) \left(\frac{1}{646 \pi} \right) \text{ CM.}$$

$$d = \sqrt[3]{941.27} ; d = 9.8 \text{ CM}$$

$$d = 9.8 \text{ CM} \times \frac{1 \text{ Pulg}}{2.54 \text{ CM}} = 3.8 \text{ Pulg.}; d = 3 \frac{7}{8}''$$

DISEÑO DE LAS DIMENSIONES DE LA CUÑA.

El diámetro de la flecha indica la medida a la cual se calibrará el buje de la chumacera. Esta chumacera a su vez, es recomendable que sea del tipo bipatrida, ya

que debido a las dimensiones del equipo, facilita el engrase y mantenimiento.

Para determinar la longitud que deberá tener la cuña que conecta el giro del sprocket inducido al árbol de la polea superior del elevador se emplea la fórmula del momento de torsión al corte a que está sometida la cuña.

$$T_s = S_s bLr$$

Teniendo el dato del calibre de la fecha, se sustituye en la igualdad anterior

$$L = 0.75 \left[\frac{1}{(3\frac{7}{8})/2} \right]$$

$$L = 0.75 \left(\frac{1}{1.9375} \right) = 0.75 (0.516) = 1.215$$

$$L = 1\frac{7}{32}''$$

(Esta dimensión indica la longitud mínima requerida).

Por otra parte, las dimensiones laterales de la cuña, se estiman en la cuarta parte del diámetro de la flecha.

$$b = 3\frac{7}{8}'' (1/4) = \frac{3.875}{4} = 0.968$$

$$b = 31/32''$$

DETERMINACION DE LAS CHUMACERAS Y DISEÑO DE COJINETES DE RODAMIENTOS

Los cojinetes de rodamientos llamados también, coji--

netes antifricción se seleccionan en base a teorías generales y catálogos aunque hay modificaciones de las diferentes firmas fabricantes de acuerdo con la experiencia.

El diámetro interno del cojinete equivale al calibre de la flecha de la polea, que es de $3 \frac{7}{8}$ " diámetro. Las revoluciones por minuto en ese eje son 30 RPM. Los caballos de fuerza de pérdidas por rozamiento se calculan por

$$M_t N / 63,000$$

donde

M_t = momento de rozamiento

N = Revoluciones por minuto

La carga es de 2500 Lb(F_x) y la fórmula del momento de rozamiento es

$$M_t = F_f (D/2)$$

El factor "f" es el coeficiente de rozamiento que depende de la carga, la velocidad, el montaje, la temperatura de funcionamiento y la lubricación y está definida como $f = 0.0015$ para cojinetes de una hilera de bolas. Este valor es recomendación de la firma fabricante de rodamientos SKF.

El momento de rozamiento resulta entonces

$$M_t = (2500)(0.0015)(3.875/2)$$

$$M_t = 7.26 \text{ Lb-Pulg}_f$$

Los HP de pérdidas por rozamiento son

$$HP_p = 7.26(30)/63,000 = 0.0035$$

Se pierden tres milésimas de HP por efecto de la fricción.

La capacidad básica de carga (C) es de 7,381 Lb. obtenida con relación proporcional de la tabla mostrando un cojinete de una capacidad de 7500 Lb con un diámetro de - - 3.9370" con respecto a un diámetro de 3 7/8" ϕ .

La carga equivalente (P) se calcula por

$$P = XV F_Y + Y F_{\infty}$$

donde

X = Factor radial

V = Factor de rotación

Y = Factor axial

F = Carga radial; F = carga de empuje axial.

El factor "V" se utiliza como medida de precaución, - por no haber suficiente confiabilidad respaldada por la - práctica o experimentación. Los factores X, Y, V se obtienen en tablas.

En este caso, el empuje axial no existe por lo que - se tiene

$$P = XV F_Y$$

El factor V supone el valor de 1 con el anillo interior girando con relación a la carga. (Sería igual a 1.2- con el anillo interior fijo). En la misma tabla, el valor de X = 0.56.

La carga equivalente resulta:

$$P = (0.56)(1)(2500)$$

$$P = 1400 \text{ Lb}$$

La duración nominal (L) es

$$L = (c/p)^3 \text{ millones de revoluciones.}$$

$$L = (7381/1400)^3 = 146.54 \times 10^6 \text{ REV.}$$

El factor de fricción (f) está dado por definición como:

$$f = 7450 \text{ al utilizar el sistema inglés.}$$

DETERMINACION DE LA POLEA MOTRIZ

La polea motriz está compuesta por ajustes de interferencia. La fuerza axial máxima F_{α} es un valor que pue de aproximarse a

$$F_{\alpha} = fT \text{ dLPC}$$

Para fines prácticos, en la operación del equipo, no existe fuerza axial, por lo que $F_{\alpha} = 0$.

Por otra parte, el momento de torsión en un ajuste de interferencia puede estimarse por

$$T = \frac{fPc \pi d^2 L}{2}$$

donde: T = momento de torsión transmitido. Lb-Pulg
(Kg-cm)
 d = diámetro del eje, Pulg. (cm)
 f = coeficiente de rozamiento
 l = Longitud del elemento externo, Pulg. (cm)
 Pc = presión de contacto entre elementos, Psi,
(Kg/cm²)

$$\frac{1}{L} = \frac{f P_c \pi d^2}{2 T} ; \quad L = \frac{2 T}{f P_c \pi d^2}$$

$$L = \frac{2 (3565 \text{ Kg-cm})}{(0.25)(22.8 \text{ kg/cm}^2) \pi (9.8 \text{ cm})}$$

$$L = 40.62 \text{ cm} \Rightarrow 16'' \quad \text{Longitud}$$

Los esfuerzos tangenciales reales en las diferentes superficies, pueden determinarse por:

Sobre la superficie en el elemento externo (de)

$$S_{te} = \frac{2 P_c d_m^2}{d_e^2 - d_m^2}$$

Sobre la superficie media (dm) para el elemento externo

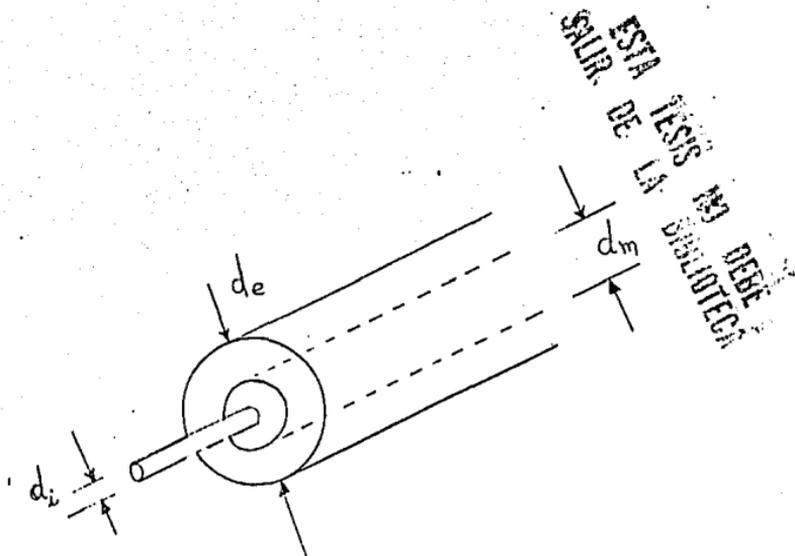
$$S_{tme} = P_c \frac{(d_e^2 + d_m^2)}{d_e^2 - d_m^2}$$

Sobre la superficie media (dm) para el elemento interno

$$S_{tmi} = -P_c \frac{(d_m^2 + d_i^2)}{d_m^2 - d_i^2}$$

Sobre la superficie en el diámetro interno

$$S_{ti} = \frac{-2 P_c d_m^2}{d_m^2 - d_i^2}$$



Resolviendo, los esfuerzos tangenciales son:

$$S_{te} = \frac{2(22.8 \text{ Kg/cm}^2)(38.1 \text{ cm})^2}{(68.58 \text{ cm})^2 - (38.1 \text{ cm})^2} = 20.35 \text{ Kg/cm}^2$$

$$S_{tme} = 22.8 \text{ Kg/cm}^2 \left[\frac{(68.58 \text{ cm})^2 + (38.1 \text{ cm})^2}{(68.58 \text{ cm})^2 - (38.1 \text{ cm})^2} \right] = 43.15 \text{ Kg/cm}^2$$

$$S_{tmi} = -22.8 \text{ Kg/cm}^2 \left[\frac{(38.1 \text{ cm})^2 + 24.89 \text{ cm}^2}{(38.1)^2 - 24.89 \text{ cm}^2} \right] = 56.35 \text{ Kg/cm}^2$$

$$S_{ti} = \frac{-2(22.8 \text{ Kg/cm}^2)(38.1 \text{ cm})^2}{(38.1 \text{ cm})^2 - (24.89 \text{ cm})^2} = -79.55 \text{ Kg/cm}^2$$

DISEÑO DE LA TRANSMISION.

Existen diversos métodos para transmitir y variar la potencia entre ejes y que son utilizados en el proceso de almacenamiento en silos.

La transmisión de potencia se emplea, ya sea en una u otra forma en casi todos los equipos componentes del sistema. Es utilizada en malacates, pala mecánica, transportadores de banda, colectores, molinos, revolventoras, elevadores, etc.

El estudio de la potencia concierne a varios puntos principales, algunos de los cuales son transmisión de potencia entre ejes, transmisión de potencia por medio de poleas y bandas "V", transmisión de potencia por medio de acoplamientos rígidos o flexibles, y transmisión de potencia por medio de sprockets y cadena. Este último es el empleado en elevadores.

La transmisión por cadena incluye la selección de ésta, su longitud y paso, la velocidad, relaciones de dientes y cálculo de la catenaria. Para la selección de la transmisión por cadena pueden seguirse los siguientes pasos:

Aunque los caballos de fuerza y la velocidad son consideraciones básicas para seleccionar una transmisión de cadena, también es necesaria la siguiente información

- Caballos de fuerza transmitidos
- Tamaño y velocidad de la flecha motriz
- Tamaño y velocidad de la flecha inducida
- Distancia de centros aproximada entre flechas
- Posición relativa de las flechas

Condiciones de operación
Horas de operación por día, y
Limitaciones de espacio

Con esta información reunida se puede proceder a la selección.

Un método de selección se hace por medio de tablas. Con los datos anteriores se obtienen los siguientes factores:

- Establecer el factor de servicio.
- Calcular la potencia (HP) equivalente.
- Seleccionar el tipo de cadena.
- Determinar el número de dientes del sprocket pequeño.
- Checar el sprocket pequeño.
- Determinar la relación de la transmisión.
- Determinar el número de dientes del sprocket grande.
- Calcular la longitud de la cadena y la distancia - exacta entre centros.
- Catenaria de la cadena.
- Definir la frecuencia de lubricación.

Existe un procedimiento alternativo de selección. Las relaciones entre potencias son establecidas por tipos y medidas de cadena normalmente aplicadas a transmisiones. Con los datos enlistados anteriormente se procede a lo siguiente:

- Establecer el factor de servicio considerando las condiciones de operación imperantes (factor obtenido en tabla).
- Calcular la potencia equivalente multiplicando los caballos de fuerza transmitidos por el factor de

servicio.

$$Peq = HP \times F.S.$$

- Escoger el tipo de cadena que deberá usarse y seleccionar la medida necesaria en pasos y otras dimensiones requeridas.
- Seleccionar el sprocket para esta cadena escogiendo su diámetro de acuerdo al calibre de la flecha.
- Usar el adecuado número de dientes de acuerdo con las recomendaciones dadas enseguida:

Transmisiones muy lentas 6 dientes

Transmisiones lentas 10

Transmisiones moderadas 14

Transmisiones de mayor Vel. 21

- Calcular la velocidad de la cadena de la siguiente fórmula:

$$S = \frac{T \times P \times N}{12}$$

donde

S = velocidad de la cadena en pies por minuto

T = número de dientes del sprocket motriz

P = Paso de la cadena en pulgadas

N = RPM del sprocket motriz

- Convertir potencia equivalente (Hp) a empuje de la cadena usando la siguiente fórmula:

$$P = \frac{33,000 \times H}{S}$$

donde

P = Empuje de la cadena, en libras

H = Potencia (HP) equivalente

S = Velocidad de la cadena, en pies por minuto.

Procedimiento de selección a un caso particular donde se tienen los datos apuntados a continuación:

Potencia transmitida	50 Hp
Calibre flecha motriz	3 7/8" (9.8 cm)
Velocidad flecha motriz	100 RPM
Calibre flecha inducida	3 5/8" (9.2 cm)
Velocidad flecha inducida	30 RPM
Distancia entre centros Aprox.	40"
Posición relativa de flechas	Mismo plano horizontal.
Condiciones operantes	Carga y temperatura moderadas. Atmósfera relativamente limpia.
Horas de operación por día	20 Hrs.
Limitaciones de espacio	Ninguna

Primeramente se selecciona el factor de servicio para esta aplicación. En tabla F.S. = 1.44

Los caballos de fuerza equivalentes son:

F.S. x HP transmitidos

$$1.44 \times 50 = 72 \text{ Hp.}$$

En carta graficada se observa el punto de intersección entre 100 RPM del eje vertical y 72 Hp en la línea horizontal. El número de cadena a utilizar es 62.

En la tabla de relaciones, para la cadena No. 62, la columna de 100 RPM marca 71.10 lo cual se aproxima al valor de HP equivalentes. La columna izquierda de la tabla muestra que se requiere un sprocket de 12 dientes.

Para checar el tamaño del sprocket y nuevamente con el uso de otra tabla, se observa que un sprocket de 12 dientes para cadena No. 62 corresponde a una flecha de 3 7/8". Por lo tanto, la selección del sprocket y la cadena es satisfactoria.

El factor de la transmisión es

$$\frac{100 \text{ RPM}}{30 \text{ RPM}} = 3.33$$

El número de dientes del sprocket grande es

$$3.33 \times 12 = 42 \text{ dientes}$$

En la misma tabla anterior; un sprocket de 42 dientes para una cadena No. 62, corresponde a una flecha de 3 5/8" de diámetro.

Para el cálculo de la distancia entre centros y la longitud de la cadena, se procede a lo siguiente:

$$A = \frac{G - g}{2c} \quad \text{donde} \quad \begin{array}{l} A = \text{Factor} \\ G = \text{Diam. sprocket mayor} \\ g = \text{Diam. sprocket menor} \\ c = \text{Distancia de centros deseada.} \end{array}$$

$$A = \frac{16.87 - 7.43}{2(40)} = 0.11800$$

Las siguientes fórmulas son:

$$\text{Número de pasos} = \frac{Be}{P} + Ct + DT$$

$$Y \quad c = \frac{(N - ct - DT) P}{B}$$

donde: P = Paso de la cadena
 t = Num. de dientes del sprocket pequeño
 T = Num. de dientes del sprocket mayor
 N = Actual longitud de la cadena

Nota: Todas las medidas de longitud se dan en pulgadas.

El valor del factor "A" obtenido anteriormente, servirá para encontrar en tablas los valores correspondientes de los factores: B, C, D.

Longitud de la cadena en pasos:

$$\frac{1.9851 \times 40}{1.654} + (0.4611 \times 12) + (0.5389 \times 42) = 76.1$$

El número de pasos es 76

Distancia exacta entre centros

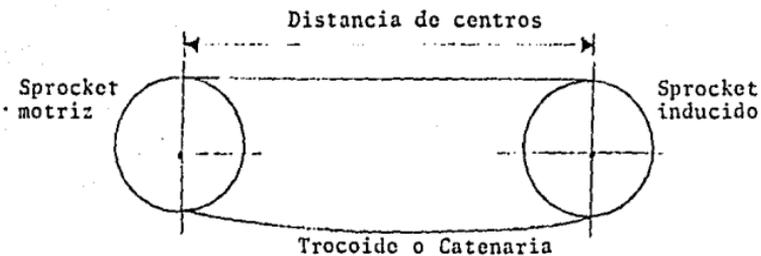
$$c = \frac{76 - (0.4611 \times 12) - (0.5389 \times 42) \times 1.654}{1.9851}$$

$$c = 39.85''$$

En cuanto a la lubricación se puede deducir que esta transmisión puede ser lubricada manualmente debido a que la operación es moderada y con una atmósfera relativamente limpia.

CALCULO DE LA CATENARIA.

Frecuentemente se desea determinar la catenaria que se espera tener para mantener la transmisión dentro de las normas establecidas por motivos de seguridad, buen funcionamiento y durabilidad del equipo.



$$S = \sqrt{0.375 CE}$$

donde

C = Distancia de centros, en pulgadas

E = Diferencia entre el arco AB y la línea recta AB, en pulgadas.

S = Trocoide de la cadena, en pulgadas.

CONCLUSIONES.

Por lo anteriormente visto, se puede apreciar la extensión y variedad de tópicos que se pueden tratar en un solo tema perteneciente a un proceso o a un sistema.

En este caso, el diseño del sistema mecánico concerniente al elevador de cangilones de descarga centrífuga es una parte del desarrollo de dicho equipo de transportación de materia, el que a su vez forma parte del sistema de silos.

La diversidad existente de firmas fabricantes de las partes mecánicas basan sus diseños en la experiencia propia y proceden a la elaboración de tablas y catálogos por lo que existe más de un método para desarrollar un mecanismo, calcular variables y diseñar sistemas.

Para cada caso hay asociaciones internacionales que marcan estándares y regulan límites de capacidades, resistencias, etc. cuyos miembros, entre otros, se encuentran los mismos fabricantes.

Estos organismos apoyados en vastos recursos técnicos y económicos han desarrollado y perfeccionado la tecnología que es utilizada en todas las áreas productivas de la industria optimizando recursos ideados por el hombre para beneficio del hombre.

BIBLIOGRAFIA

- Manual Goodrich Euzkadi.
- Manual Link Belt.
- Manual Goodyear.
- Handbook of Mechanical Engineers, Marks.
- Engineering Manual B.F. Goodrich.
- Bandas Transportadoras, Gates.
- Manual de Mantenimiento Industrial. Morrow Ed. Cccsa.
- Manual Rothbart.
- Manual Dodge.
- Motorreductores Falk. Boletín 3900.
- Rex Chainbert Inc. Catalog R-72
- Ingeniería Económica. George A. Taylor. Limusa.
- Resistencia de Materiales. Singer
- Diseño de Máquinas. A.S. Hall., Holowenco, Laughlin.