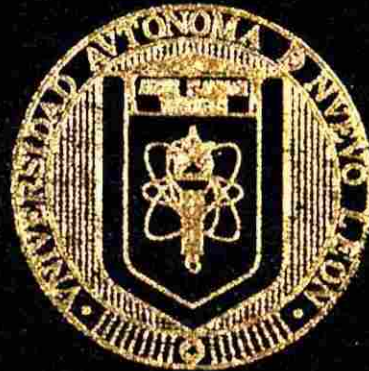


**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON**

**FACULTAD DE CONTADURIA PUBLICA Y ADMINISTRACION  
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO**



**T E S I S**

**MANUAL DE ENTRENAMIENTO PARA PERSONAL  
INVOLUCRADO EN VENTAS DE EQUIPOS DE  
TRANSMISION DE POTENCIA, ANALISIS DE MERCADO,  
SEGMENTOS Y NICHOS DE MERCADO**

**POR**

**GUSTAVO ALONSO RODRIGUEZ RODRIGUEZ**

**Como requisito parcial para obtener el Grado de  
MAESTRIA EN ADMINISTRACION DE EMPRESAS  
con Especialidad en MERCADOTECNIA**

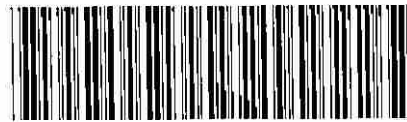
**CD. UNIVERSITARIA**

**MAYO DE 2002**

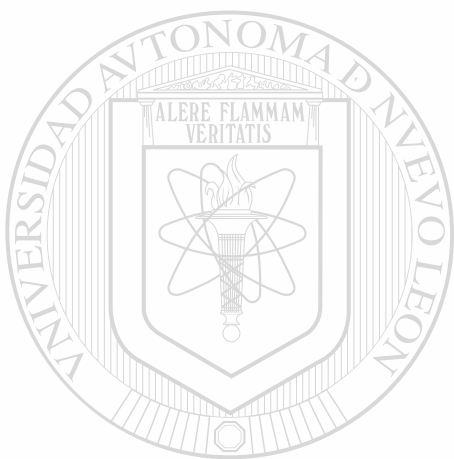
MANUAL DE BINTERRA AMBITO PARA PERSONAL  
INVOLUCRADO EN VENTAS DE EQUIPOS DE  
TRANSMISION DE POTENCIA, ANALISIS DE MARCHA,  
SEGURIDAD Y MUCHOS DE MUCHOS

TM  
Z7164  
.C8  
FCPYA  
2002  
.R62

2002



1020147947



# UANL

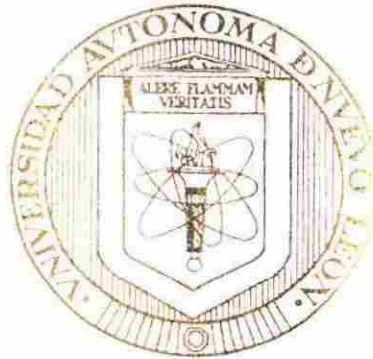
---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



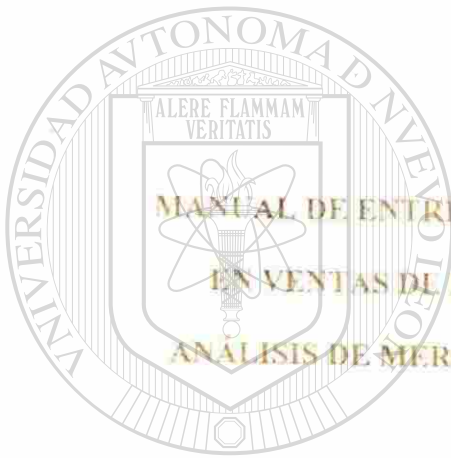
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN  
FACULTAD DE CONTADURIA PUBLICA Y ADMINISTRACION  
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO



TESIS

MANUAL DE ENTRENAMIENTO PARA PERSONAL INVOLUCRADO  
EN VENTAS DE EQUIPOS DE TRANSMISIONES DE POTENCIA,  
ANALISIS DE MERCADO, SEGMENTOS Y NICHOS DE MERCADO



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

Por  
GUSTAVO ALONSO RODRIGUEZ RODRIGUEZ  
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

®

Como requisito parcial para obtener el Grado de  
MAESTRIA EN ADMINISTRACION DE EMPRESAS  
con Especialidad en MERCADO TECNIA

Cd. Universitaria

Mayo, 2002

313835

TH

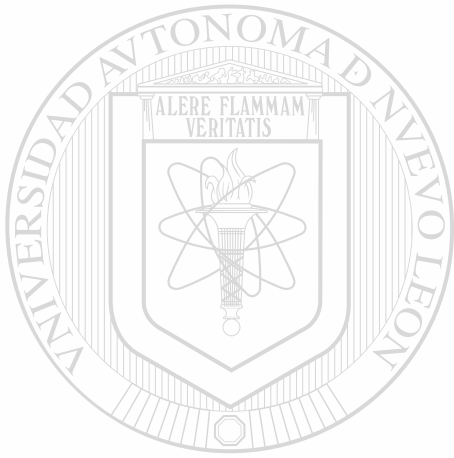
Z764

.E8

T04A

2002

.R62



# UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



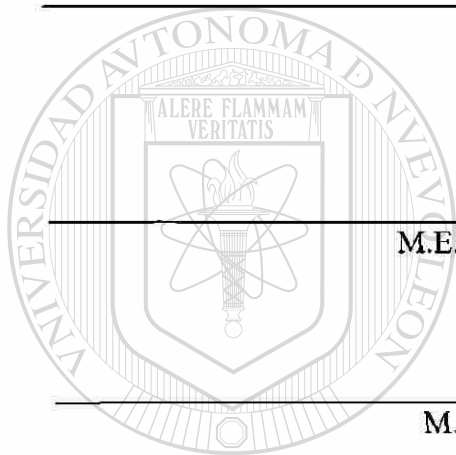
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



FONDO  
TESIS

**MANUAL DE ENTRENAMIENTO PARA PERSONAL INVOLUCRADO EN  
VENTAS DE EQUIPOS DE TRANSMISIÓN DE POTENCIA, ANÁLISIS DE  
MERCADO, SEGMENTOS Y NICHOS DE MERCADO**

**Aprobación de la Tesis:**



---

M.A. Alex Omar Calvo  
Aseso de la Tesis

---

M.E. José Manuel Mendoza Gómez  
Secretario

---

M.A. Arturo Estrada Maldonado

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

---

M.A.P. Francisco Javier Ovalle Ramírez  
Jefe de la División de Estudios de Postgrado o  
Secretario de Postgrado o  
Subdirector de Estudios de Postgrado



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

## AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mis mas sincero agradecimiento a todas las personas que colaboraron de alguna forma al logro de esta tesis.

A mis asesor Lic. Alex Omar Calvo, por su gran ayuda en la elaboración de este trabajo. Admiro y aprecio el apoyo que me otorgó tanto en conocimientos, consejos e ideas transmitidos durante mi estancia como estudiante en la universidad, por su motivación, paciencia, dedicación y apoyo, sin los cuales esta Tesis no hubiera sido posible.

A mis Maestros Arturo Estrada, y José Manuel Mendoza , por su colaboración en el desarrollo y revisión de esta Tesis, sus comentarios y el tiempo dedicado a revisar el contenido de la misma.

A mi esposa Vilma, que con su amor, paciencia y perseverancia que de alguna forma me estuvieron apoyándome durante esta etapa de mi vida profesional, así como mis Padres Rogelio y Leticia que siempre nos inculcaron que el aprendizaje y el estudio es la mejor herencia que uno puede darle a sus hijos que perdurara y seguirá heredándose a sus nietos, bisnietos.

A todos mis compañeros de trabajo, por su apoyo, trabajo en equipo y colaboración, especialmente al Ing. Héctor F. González Cantú, por su sinceros comentarios, honestidad y fe de que este trabajo se realizara para el beneficio de la organización.

A todos mis maestros, por su esfuerzo, apoyo, entusiasmo y conocimientos compartidos durante mis dos años de estudio.

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

## Índice

### 1.- Introducción

- 1.1 Planteamiento del Problema
- 1.2 Hipótesis
- 1.3 Objetivos
- 1.4 Limitantes y Realidades

### 2.- Marco teórico

- 2.1.- Cultura empresarial en ventas industriales
  - 2.1.1 Planeación de recursos en el ámbito de capacitación técnica
  - 2.1.2 Costos ocultos y pérdidas por no estar bien capacitados.
  - 2.1.3 Herramientas de trabajo
  - 2.1.4 Metodología estratégica para seleccionar clientes, oportunidades de negocio y proyectos
- 2.2.- Conceptos Básicos
  - 2.2.1. Fundamentos
  - 2.2.2 Mecánica del Movimiento
- 2.3.- Tipos de Transmisiones de potencia
  - 2.3.1 Transmisiones de Banda V, Sincronización, Planas.
  - 2.3.2 Transmisiones de Cadena.
  - 2.3.3 Reductores de Velocidad
    - 2.3.3.1 Colineal (Cycloidales)
    - 2.3.3.2 Reductores flechas Paralelas
    - 2.3.3.3 Reductores en Angulo Recto
    - 2.3.3.4 Reductores Montados en Flecha
    - 2.3.3.5 Reductores Corona sin Fin
    - 2.3.3.6 Reductores de Velocidad Variable
    - 2.3.3.7 Transmisiones con Velocidad Variable tipo Discos (S&F)
    - 2.3.3.8 Transmisiones Hidráulicas de Velocidad Variable
    - 2.3.3.9 Transmisiones Eléctricas de Velocidad Variable (inversores de frecuencia)
  - 2.3.4 Motores
    - 2.3.4.1 Factores comunes
    - 2.3.4.2 Motores de Corriente Alterna y Directa
    - 2.3.4.3 Servomotores y motores de paso
    - 2.3.4.4 Aplicación y Selección
    - 2.3.4.5 Normas Internacionales
- 2.4 Aspectos técnicos en ingeniería de transmisión de potencia
  - 2.4.1 Introducción
  - 2.4.2 Características particulares en la selección de equipos de Transmisión de potencia.



### **3.- Método de Entrevista y Prospección**

- 3.1 Dialogo (Script)
- 3.2 Casos Típicos y Reales
- 3.3 Definición de Estrategia
- 3.4 Clientes internos y externos
- 3.5 VMP (verificar precio) y cierre de venta

### **4.- Prototipo de Capacitación continua, específica y eficaz**

- 4.1 Descripción
- 4.2 Puesta en marcha, diseño, e implantación

### **5.- Conclusiones y recomendaciones**

- 5.1 Conclusiones
- 5.2 Recomendaciones

### **Referencias Bibliográficas**



# UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

## 1.- Introducción

### 1.1- Planteamiento del Problema

En el mercado de compra y venta de productos industriales, tales como bombas hidroneumáticas, Cribas vibratorias, reductores de velocidad, motores, inversores, etc. Es muy importante de tener los conocimientos mínimos en cuanto a las ventajas y beneficios de cada una de las marcas en el mercado, así como saber lo necesario para investigar y preguntar las necesidades del cliente, como también, saber de procesos, tener siempre una intuición de saber escuchar y preguntar cuestiones técnicas para una buena selección de un equipo industrial. Los medios normalmente utilizados para la venta es a través de una red de distribuidores, los cuales con su personal técnico de ventas, van y visitan la industria. Analizan la aplicación para posteriormente seleccionar, cotizar y vender. En todo este proceso es cuando se presenta nuestro trabajo, la capacitación de la gente de todos los distribuidores es una tarea que desde hace 10 años empezamos a realizar. Sin embargo vemos que después de haber impartido más de 4 cursos en 5 años, vemos que tenemos cientos de llamadas de distribuidores que nos indican que no saben o bien que no tienen los conocimientos básicos para la comercialización de nuestros productos. Por eso nos vimos a realizar este trabajo que tiene como principio aclarar y profundizar en cada área del proceso para la realización de una venta de un producto, paquete, proyecto, etc. Desde la entrevista

telefónica, para el primer contacto, seguimiento así como en la presentación de una plática de nuestros equipos.

La presión que existe día con día en tener un mayor posicionamiento en el mercado internacional, y llegar a tener el 10% en los próximos dos años son metas que nos orillan a tener un capacitación continua tanto en nuestro personal como el de nuestros distribuidores (colaboradores). El conocimiento pleno de tecnología, selección, aplicación de un equipo nuestro será la clave de nuestro éxito en tiempos de crisis.

Muchos otros fabricantes tienen esto olvidado, y dejan toda la tarea para el distribuidor. Lo que es una oportunidad de negocio para nosotros considerando que entre mejor conocimiento y herramientas nosotros demos, podremos ver los resultados en un corto tiempo.

Definitivamente el esfuerzo entre los integrantes de cada uno de los distribuidores y el compromiso que exista entre ellos con nosotros, veremos el avance mes tras mes con objetivos bien específicos y a la dirección que nos guía el mercado nacional. Tanto en las demandas como precio, servicio y tiempos de entrega.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



## DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

### 1.2- Hipótesis

En la comprensión de que este manual pueda venderse en la forma correcta. Este sería un ahorro tremendo para ambas partes del equipo de venta. Un sin fin de llamadas, faxes, correos electrónicos, tiempo. Por lo que será necesario llevarlo a la práctica en estos tiempos difíciles de mercado internacional.

### **1.3- Objetivos**

Dadas las circunstancias actuales de nuestra organización, y después de hacer una evaluación del costo beneficio que esto podría contraer se propuso lo siguiente:

1. Se recaba la información de cada uno de los distribuidores la evaluación de requerimiento y solicitudes repetidas con la misma información para llevar a cabo la eficiencia y eficacia antes y después.
2. Realizar estudio para la puesta en marcha, la implantación con ciertos distribuidores como prueba. Analizando y evaluando la reducción de costos, clasificando la eficiencia, el crecimiento en ciertos tipos y nichos de mercado.
3. El desarrollo y diseño de la metodología y capacitación, tomando en cuenta el nivel de estudio de cada uno de los empleados, áreas relacionadas con nuestro giro comercial, haciendo énfasis en la responsabilidad de cada uno de los participantes.
4. Tener a un individuo por distribuidor como responsable y coordinación de la línea donde recaigan en el todas los requerimientos de todo su personal técnico de ventas.

### **1.4- Limitantes y realidades**

En teoría el costo y el tiempo en llevar este programa seria un factor importante para la ejecución de dicho manual e implantación, sin embargo podríamos hacer una selección con cada uno de los distribuidores interesados y programar una semana de capacitación continua al personal involucrados. A medida que se vean los avances podríamos ver forma de hacer esto extensivo a todo lo que es Latinoamérica. Existe una gran simplicidad en este manual tanto escrita como en el materia incluido para cualesquier nivel de la compañía.

## 2.- Marco teórico

### 2.1- Cultura empresarial en ventas industriales

#### 2.1.1 Planeación de recursos en el ámbito e capacitación técnica

Desafortunadamente existe una gran deficiencia en conocimientos técnicos, ingeniería y tecnológicos de los empleados (vendedores) en la gran mayoría de los distribuidores, que al final todo se refleja en la eficacia y productividad de nuestra empresa, entonces la idea conceptual de este manual es genera mayores ventas con los mismo recursos. El ingeniero egresado de cualesquier universidad busca en principio entrar a una Planta industrial (maquiladora, química, metalmecánica, mineras, farmacéutica, alimenticia, cementeras etc.) por lo cual encontrar gente con experiencia y titulados es muy difícil hoy en día. Por lo que los distribuidores buscan es gente con deseos de superar y que quieran hacer profesión en ventas industriales. La capacitación es muy costosa y con la situaciones de crisis y cambios es muy difícil invertir en esta valiosísima herramienta de superación del personal pero que es el éxito para alcanzar nuestras metas.

### **2.1.2 Costos ocultos y pérdidas por no estar bien capacitados**

El visitar o hablar con un cliente y no preguntar todo lo necesario, es trabajar y gastar tiempo, esfuerzo, imagen, credibilidad etc. Existen muchos costos intangibles que tal vez uno los ve y no se percata como el desgaste de un vehículo, gasolina, y la oportunidad de ser el primero. Es impresionante saber, que muchas veces el cliente no sabe lo que necesita. Por eso debemos día con día conocer de nuevos procesos, nuevos productos, tecnología etc.

### **2.1.3 Herramientas de trabajo**

Todo pudiera pensarse que las herramientas de trabajo serían la computadora, el automóvil, experiencia etc. Sin embargo, saber que está haciendo la competencia, que productos, donde y como quiere penetrar, las promociones y estrategias. Son clave para el desarrollo y crecimiento de las ventas, costos, tiempos de entrega. El hacer un evaluó de nuestras fuerzas, debilidades, oportunidades y riesgos. Ver y analizar los aspectos del mercado, así como cual industria ha sido afectado cual está en expansión o en modernización. Es donde nos debemos enfocar nuestros esfuerzos, para poder aprovechar estas oportunidades.

### **2.1.4 Metodología estratégica para seleccionar clientes, oportunidades de negocio y proyectos**

Es importante que nuestros esfuerzos sean enfocados estratégicamente en segmentos de mercado donde haya inversiones, modernizaciones o proyectos para poder ser efectivamente. Mediante un estudio de mercado previamente visto en nuestra materia vimos y coincidimos que el giro de mayor movimiento es la industria alimenticia. Donde se involucran plantas de

tratamiento de aguas, maquinaria para empaque, transportadores, grúas, transportadores de cadena, etc. Estas son las empresas a las que hago mención, avícolas, bebidas, panificadoras, tortilleras, ingenios azucareros, químicas, fertilizantes, pro mencionar algunas.

## 2.2- Conocimientos Básicos

### 2.2.1 Fundamentos

El proceso de selección de sistemas de transmisión de potencia para satisfacer una determinada aplicación requiere de un profundo conocimiento de ciertos conceptos fundamentales de ingeniería. En este capítulo revisaremos estos conceptos básicos.

**Sistemas de Medición.** Existen dos sistemas básicos de medición que se usan ampliamente en los cálculos de ingeniería. El sistema Británico de Unidades de Ingeniería (BEU) el cual usa el pie (ft), la libra (lb) y el segundo (sec) como las unidades básicas de medición.

El otro sistema es el Estándar Internacional (SI) el cual utiliza el metro (m), el kilogramo (kg), el newton (N) y el segundo (seg). Existen otros sistemas pero no se utilizan en este manual.

El BEU se utiliza principalmente en los Estados Unidos, Canadá, el Reino Unido y en países que decidieron seguir las prácticas de ingeniería de los E.U. El resto del mundo generalmente utiliza el sistema SI. Muchos fabricantes en el Reino Unido y el Canadá han comenzado a utilizar las unidades del SI. En este capítulo se incluyen ejemplos usando ambos sistemas. Esto permitirá al lector usar el sistema de su preferencia.

**Movimiento Lineal.** Se dice que un cuerpo está en estado de movimiento lineal uniforme cuando está moviéndose en línea recta y cada segundo recorre la misma distancia que el segundo anterior. Un cuerpo está acelerando cuando la distancia recorrida en un segundo es mayor que la distancia recorrida el segundo anterior.

**Velocidad.** La velocidad de un cuerpo en movimiento lineal uniforme es igual a la distancia que dicho cuerpo recorre dividida entre el tiempo que tardó en recorrerla. Es decir:

$$V = S \div t$$

en donde:

$V$  = Velocidad

$S$  = Distancia

$t$  = Tiempo de recorrer la distancia

*Ejemplo* ¿Qué distancia recorrerá una bolsa en 10 segundos, al ser transportada en un transportador que se mueve a una velocidad de 50 ft/s (30 m/s)?

*Solución:* 500 ft (300 m)

$$V = S \div t \text{ y } S = Vt$$

$$\begin{array}{l} \text{Unidades BEU} \\ = 50 \times 10 = 500\text{ft} \end{array}$$

$$\begin{array}{l} \text{Unidades SI} \\ = 30 \times 10 = 300\text{m} \end{array}$$



**Aceleración y Desaceleración.** La aceleración de un cuerpo es igual al incremento e velocidad durante un intervalo de tiempo dividido entre el mismo intervalo de tiempo. La desaceleración es la disminución de la velocidad durante un intervalo de tiempo. Tanto la aceleración como la desaceleración se calculan usando la misma fórmula.

Esta es:

$$a = (V_F - V_I) \div t$$

en donde:

$a$  = Aceleración

$V_F$  = Velocidad final

$V_I$  = Velocidad inicial

$t$  = Tiempo

En el caso de una aceleración uniforme y en donde la velocidad final y la distancia recorrida pueden ser calculadas usando las siguientes fórmulas:

$$V_F = V_I + at$$

$$S = V_I t + at^2 / 2$$

*Ejemplo:* ¿Qué distancia recorrerá un automóvil en 20 segundos si su velocidad inicial es de 15 ft/s y su aceleración es de 6 ft/seg<sup>2</sup> y cuál sería su velocidad final?

*Solución:*

$$\begin{aligned} S &= V_I t + at^2 \div 2 = (15 \times 20) + (6 \times 20)^2 \div 2 \\ &= 300 + 1200 = 1500 \text{ ft} \end{aligned}$$

$$V_F = V_I + at = 15 + (6 \times 20) = 15 + 120 = 135 \text{ ft/s}$$

**Peso y Masa.** La masa es una propiedad de los cuerpos por la cual se requiere una fuerza para acelerarlo. En el sistema BEU, la masa de un cuerpo es igual a su peso dividido entre la constante gravitacional de la Tierra (la aceleración producida por la gravedad de la Tierra sobre un cuerpo en caída libre).

Esto es:

$$M = W/g$$

en donde:

$M$  = masa expresada en  $\text{lb}\cdot\text{seg}^2/\text{ft}$

$W$  = peso expresado en libras, lb.

$g$  = constante gravitacional,  $32.2 \text{ ft}/\text{seg}^2$

*Ejemplo.* Un hombre de 150 libras tiene una masa de  $150/32.2 = 4.66 \text{ lb}\cdot\text{seg}^2/\text{ft}$

En el sistema SI el peso y la masa son intercambiables. Sin embargo la fuerza se mide en Newtons (N) que es una unidad derivada que se mide en kilogramos-metros/ $\text{seg}^2$ , para alinearlo con la segunda ley de Newton (ésta se definirá en el párrafo siguiente).

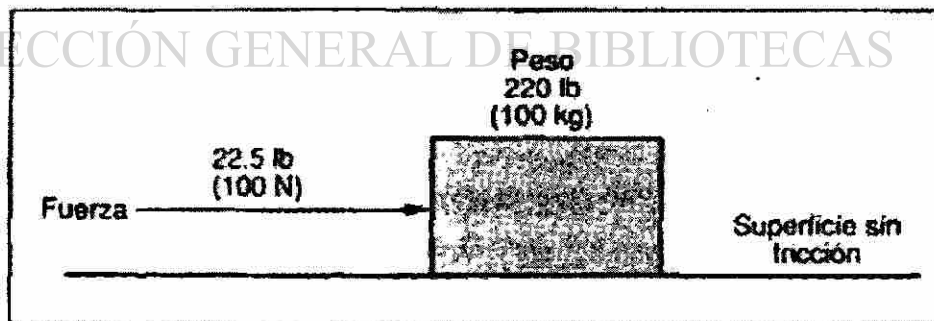


Fig. 1-1 - Fuerza, masa y aceleración.

**Fuerza.** Cuando se aplica a un cuerpo, la fuerza es una propiedad que produce ya sea una distorsión en un cuerpo o una aceleración del mismo. La fuerza tiene magnitud y dirección.

La aceleración producida por una fuerza es directamente proporcional a la magnitud de ésta (es decir, a mayor fuerza, mayor aceleración) e inversamente proporcional a la masa del cuerpo (entre mayor sea la masa, menor será la aceleración). Esta simple relación se conoce como la segunda ley del movimiento o segunda ley de Newton. Por lo tanto:

$$F = M a$$

en donde:

$F$  = Fuerza

$a$  = Aceleración

Cuando la masa de un cuerpo y la fuerza aplicada son conocidas, la ecuación anterior puede ser convertida para calcular la aceleración resultante. Es decir:

$$a = F/M$$

*Ejemplo:* ¿Cuál es la aceleración resultante cuando una fuerza de 22.5 lb (100 N) actúa sobre un cuerpo de 220 lb (100 kg) que reposa sobre una superficie sin fricción, Fig. 1-1)

*Respuesta:* 3.32 ft/seg<sup>2</sup> ó 1 m/seg<sup>2</sup>

$$a = F \div M$$

Unidades BEU:  $a = 22.5 \div (220 \div 32.2) = 22.5 \div 6.832 = 3.293 \text{ ft/seg}^2$

Unidades SI:  $a = 100 \div 100 = 1 \text{ m/seg}^2$

**Movimiento Rotatorio.** Los sistemas de transmisión de potencia por regla general son siempre movidos por impulsores primarios rotatorios como los motores eléctricos o alguna máquina rotatoria. Cuando un cuerpo, digamos un eje o un volante gira alrededor de un eje

fijo y en cada segundo gira el mismo ángulo que durante el segundo anterior, se dice que está en un estado de movimiento angular uniforme. Un eje o un volante está acelerando o desacelerando, cuando el ángulo recorrido durante un segundo es diferente del ángulo recorrido el segundo anterior.

**Velocidad Angular.** La velocidad angular de un eje o un volante que tienen un movimiento angular uniforme se calcula dividiendo el ángulo barrido por el cuerpo entre el tiempo que tardó en recorrerlo. Por lo tanto:

$$\omega = A/t$$

en donde:

$\omega$  = Velocidad angular

$A$  = Ángulo recorrido

$t$  = Tiempo

Cuando el ángulo recorrido está dado en radianes y el tiempo en segundos, la velocidad resultante es un radianes/seg. Hay  $2\pi$  radianes en una revolución (360 grados). Entonces,

un radián es igual a 57.296 grados como se muestra en la Fig. 1-2.

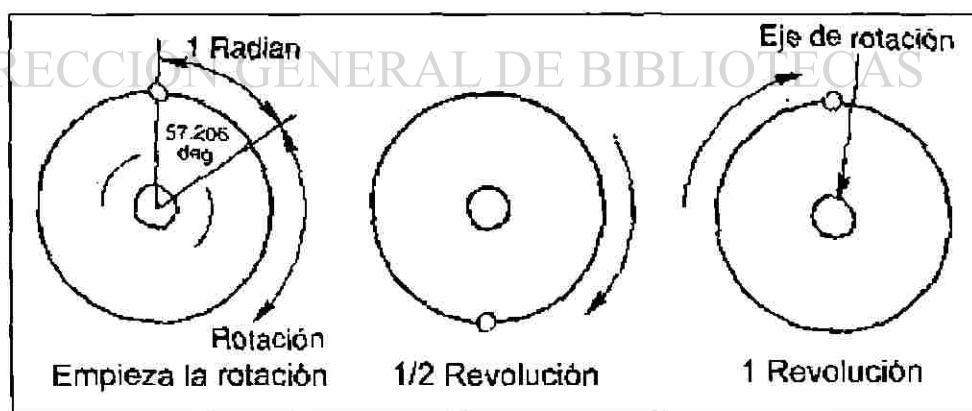


Fig. 1-2 – Revoluciones y radianes.

Cuando el ángulo está dado en revoluciones y el tiempo en segundos, el resultado está en revoluciones por segundo (RPS). Cuando el ángulo está dado en revoluciones y el tiempo en minutos, el resultado está en revoluciones por minuto (RPM).

**Aceleración o Desaceleración Angular.** La aceleración o la desaceleración angular es igual al cambio en la velocidad angular durante un intervalo de tiempo dividido entre el intervalo de tiempo.

Por lo tanto:

$$\alpha = (\omega_f - \omega_i) / t$$

en donde:

$\alpha$  = Aceleración o desaceleración angular

$\omega_f$  = Velocidad angular final

$\omega_i$  = Velocidad angular inicial

En donde la velocidad angular está dada en radianes/segundo y el tiempo en segundos, el resultado es radianes/seg<sup>2</sup> (rad/seg<sup>2</sup>). En donde las velocidades están dadas en RPS y el

tiempo es en segundos el resultado es RPS<sup>2</sup>. En donde las velocidades están dadas en RPM y el tiempo en segundos, el resultado es RPM/seg. Esta última unidad es un poco incómoda

no obstante es muy popular.

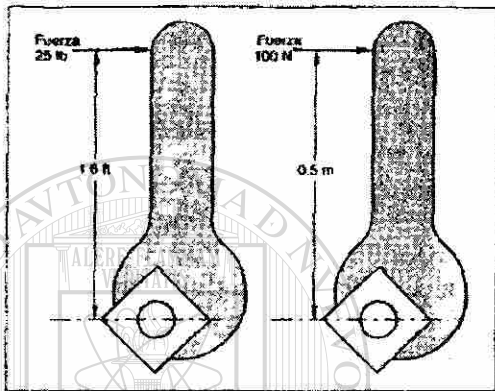
La ecuación anterior puede ser convertida para determinar el tiempo en que un determinado eje se acelerará o desacelerará a una velocidad específica. Por lo tanto:

$$t = (\omega_f - \omega_i) / \alpha$$

*Ejemplo:* Un motor que acelera a razón de 750 RPM/seg necesita 2.4 segundos para llegar a una velocidad de 1800 RPM.

$$t = (\omega_F - \omega_I) \div \alpha = (1800 - 0) \div 750 = 2.4 \text{ segundos.}$$

**Torque.** En movimiento rotatorio, el término torque describe el efecto de una fuerza actuando a una determinada distancia del eje de rotación. El torque en movimiento rotatorio es el equivalente a la fuerza en el movimiento lineal.



Por ejemplo, la Fig. 1-3 nos muestra a una llave aplicando torque a la tuerca de un perno. Aquí el torque se determina multiplicando la fuerza aplicada, 25 lb (100N), por la distancia desde la cual la fuerza es aplicada, medida desde el eje de rotación, 1.6 ft (0.5 m). **Fig. 1-3 – Torque**

Entonces tenemos que:

$$25 \text{ lb} \times 1.6 \text{ ft} = 40 \text{ lb-ft} \text{ (50 N-m).}$$

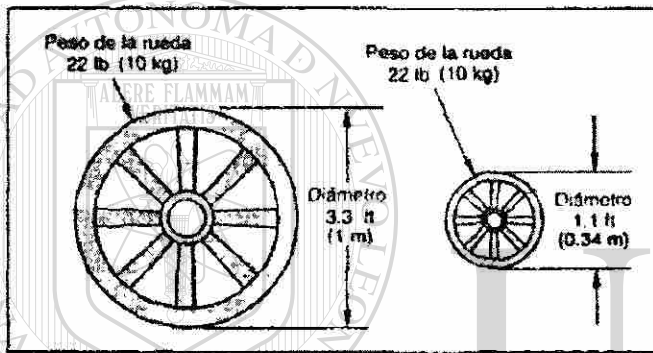
$$T = F \times D$$

Unidades BEU
$T = 25 \times 1.6 = 40 \text{ lb-ft}$

Unidades SI
$T = 100 \times 0.5 = 50 \text{ N-m}$

Otros ejemplos incluyen los motores eléctricos que desarrollan el torque generando una fuerza a una distancia casi igual al radio del rotor del motor. Un motor hidráulico desarrolla torque como resultado de la presión de un fluido actuando contra los dientes del engrane a una distancia igual al radio de paso. El torque para equipo pesado se da en lb-ft o N-m y para el equipo ligero en oz-in o N-cm.

**Inercia de Rotación.** La inercia de un cuerpo giratorio, digamos una rueda, es una propiedad por la cual se requiere un torque desbalanceado para comunicar aceleración angular a la rueda. La inercia alrededor de un eje de rotación específico es una función tanto de la masa como de la distancia al eje a la cual se encuentra la masa. La inercia de un componente se incrementa en relación al cuadrado de la distancia a la que se encuentra la masa del centro de rotación.



**Fig. 1-4 – Inercia de rotación.**

Por ejemplo, las dos ruedas mostradas en la Fig. 1-4 pesan 22 libras. La rueda de la izquierda tiene un diámetro de 3.3 ft y la de la derecha de 1.1 ft. Suponiendo que todo el peso de las

ruedas está concentrado en los aros, la inercia rotacional de la rueda de la izquierda es nueve veces mayor que la de la otra.

El procedimiento para calcular la inercia de rotación en piezas de forma compleja está más allá del alcance de este manual. Sin embargo, la inercia rotacional de cualquier máquina rotatoria puede ser obtenida directamente del fabricante. Se debe ser muy cuidadoso al aplicar los valores de la inercia. Algunos valores se expresan en términos de *momento de inercia* (en ft-lbs-seg<sup>2</sup> y otras veces en términos llamados *Wk<sup>2</sup>*). Estos últimos valores no incluyen el factor “g” para convertir el peso en masa. Así, 1 ft-lb-seg<sup>2</sup> es equivalente a 32.2 lb-ft<sup>2</sup>.

En el sistema SI, el valor básico para la inercia es *kilogramo-metro*<sup>2</sup> o *kg-m*<sup>2</sup>. Sin embargo 1 *kg-m*<sup>2</sup> es una unidad muy grande, y las máquinas pequeñas con frecuencia usan unidades de *kg-cm*<sup>2</sup>. *Precaución:* hay 10,000 *kg-cm*<sup>2</sup> en 1 *kg-m*<sup>2</sup>.

**Tiempo de Aceleración.** Los especialistas en transmisión de potencia son consultados frecuentemente ya sea para estimar el tiempo que se requiere para alcanzar una velocidad determinada (conociendo el torque y la inercia) o el torque requerido para alcanzar una velocidad determinada (conociendo la inercia y la aceleración). Las ecuaciones están en unidades BEU tanto para el momento de inercia y *Wk*<sup>2</sup>, y en unidades SI de *kg-m*<sup>2</sup>.

**Tiempo requerido:** Usando BEU como momento de inercia:

$$t = I(\omega_F - \omega_I) / T$$

Usando unidades BEU con *Wk*<sup>2</sup>:

$$t = Wk^2 (V_F - V_I) / 308 T$$

en donde :

*t* = Tiempo en segundos

*J* = Momento de inercia en *ft - lb - seg*<sup>2</sup>

$\omega_F$  = Velocidad final, rad/seg

$\omega_I$  = Velocidad inicial, rad/seg

*T* = torque, *lb - ft*

*Wk*<sup>2</sup> = Inercia, *lb - ft*<sup>2</sup> cuadrado

*V\_F* = Velocidad final, RPM

*V\_I* = Velocidad inicial, RPM

308 = constante para estas unidades



Usando unidades SI y la velocidad en RPM:

$$t = \text{kg-m}^2 (\text{RPM}_F - \text{RPM}_I) / 9.55T$$

en donde:

$I$  = Inercia,  $\text{kg-m}^2$

$T$  = Torque, N-m

9.55 = Constante para estas unidades

Las demás unidades son las mismas que para la ecuación en el sistema BEU.

*Ejemplo:* La inercia combinada de un motor y su transmisión es de  $300 \text{ lb-ft}^2$  ( $9.32 \text{ lb-ft-seg}^2$ ) ( $12.64 \text{ kg-m}^2$ ). Si la velocidad inicial es cero, ¿cuánto tiempo se llevará en alcanzar una velocidad de 1800 RPM ( $188.5 \text{ rad/seg}$ ) con un torque constante de 1000 lb-ft ( $1,356 \text{ N-m}$ )?

*Respuesta:* Cálculos en BEU: usando rad/seg:  $t = 1.757 \text{ seg}$ ; usando RPM:  $t = 1.753 \text{ seg}$ ; cálculos en SI:  $t = 1.757 \text{ seg}$ .

Unidades BEU momento de inercia:

$$t = J(\omega_F - \omega_I) \div T = 9.32(188.5 - 0) \div 1000 = 1.757 \text{ seg.}$$

Unidades BEU usando  $\text{Wk}^2$

$$t = \text{Wk}^2 (V_F - V_I) \div I \times 308 = 300(1800 - 0) \div 1000 \times 308 = 1.753 \text{ seg.}$$

Unidades SI  $\text{Kg-m}^2$

$$t = I(V_F - V_I) \div 9.55 \times T = 12.64(1800 - 0) \div 9.55 \times 1,356 = 1.757 \text{ seg.}$$

**Torque requerido.** Para calcular el torque que se requiere para producir una determinada aceleración angular, las ecuaciones anteriores se arreglan de la siguiente forma:

Usando unidades BEU:

$$T = J(\omega_F - \omega_I)/t$$
$$= Wk^2 (V_F - V_I)/308t$$

Usando unidades SI:

$$T = I (V_F - V_I)/9.55t$$

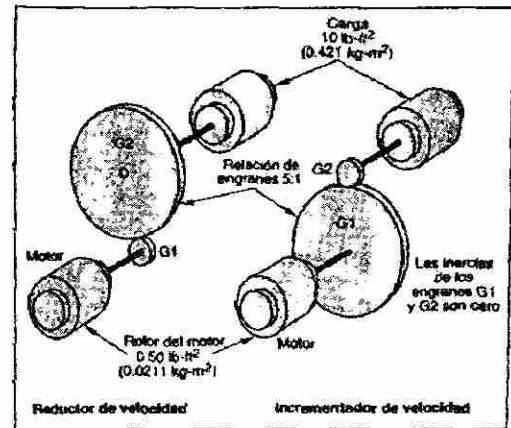
**Efecto de los Variadores de Velocidad.** Los sistemas de transmisión de potencia frecuentemente incluyen algún aditamento para cambiar la velocidad, por regla general son engranes o bandas. El funcionamiento del sistema completo depende del torque y en parte de la suma de todas las inercias del sistema. Los variadores de velocidad afectan tanto al torque

motriz entregado a cada uno de los componentes del sistema, como a las inercias reflejadas de cada componente impulsado por el impulsor primario.

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

**Efecto en la inercia.** Cuando un impulsor primario mueve una carga a través de un reductor de velocidad, la inercia aparente de la carga impulsada se reduce en proporción al cuadrado de la relación de velocidad. A la inversa, cuando se usa un incrementador de velocidad, la inercia aparente de la carga impulsada se aumenta en proporción al cuadrado de la relación de velocidad.

La Fig. 1-5 muestra un reductor de velocidad con una relación de 5:1 a la izquierda y un incrementador de velocidad con una relación de 5:1 a la derecha. Aquí, la inercia total del sistema en el eje del motor es la inercia del rotor del motor ( $0.50 \text{ lb-ft}^2$  ó  $0.0211 \text{ kg-m}^2$ ) más la carga ( $10 \text{ lb-ft}^2$  ó  $0.421 \text{ kg-m}^2$ ), pero ajustada a causa de los



cambios de velocidad. De este modo, el total con el reductor de engranes es:  $0.5 + 10/25 = 0.9 \text{ lb-ft}^2$  ó  $0.0211 + 0.421/25 = 0.0379 \text{ kg-m}^2$ . Y el total para el incrementador de velocidad es  $0.5 + 10 \times 25 = 250.50 \text{ lb-ft}^2$  ó  $0.0211 + 0.421 \times 25 = 10.546 \text{ kg-m}^2$ .

**Efecto en el toque.** Suponiendo que la eficiencia en el reductor de velocidad es de 100%, el torque disponible en el eje de salida del reductor es igual al torque en el eje de entrada

*multiplicado* por la relación de reducción de velocidad. A la inversa, en aplicaciones con *incrementador de velocidad* (por ejemplo en compresores centrífugos), el torque en el eje de salida del *incrementador de velocidad* es igual al torque en el eje de entrada *dividido* entre la *relación* de velocidad (suponiendo también que la eficiencia en el *incrementador de velocidad* es de 100%). Si el torque de salida del motor en la Fig.1-5 fuera de  $100 \text{ lb-ft}$ , el torque entregado a la carga por el reductor de velocidad sería de  $500 \text{ lb-ft}$ , y a la carga impulsada por el *incrementador de velocidad* de  $20 \text{ lb-ft}$ .

### Reductor de velocidad

#### Unidades BEU

$$Wk_{total}^2 = Wk_{motor}^2 + Wk_{reductor}^2 = 0.50 + 10/(5)^2 = 0.50 + 10/25 = 0.90 \text{ lb-ft}^2$$

#### Unidades SI

$$I_{total} = I_{motor} + I_{reductor} = 0.0211 + 0.421/(5)^2 = 0.0211 + 0.421/25 = 0.0379 \text{ kg-m}^2$$

### Incrementador de velocidad

#### Unidades BEU

$$Wk_{total}^2 = 0.50 + 10 \times (5)^2 = 0.50 + 250 = 250.5 \text{ lb-ft}^2$$

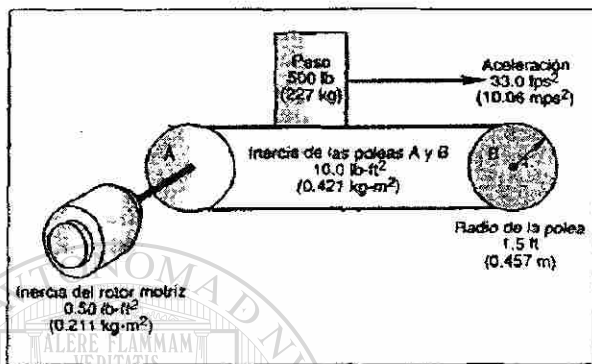
#### Unidades SI

$$I_{total} = 0.211 + 0.421 \times (5)^2 = 0.0211 + 10.515 = 10.546 \text{ kg-m}^2$$

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

**Cargas Combinadas.** La carga en un dispositivo o sistema de transmisión de potencia generalmente incluye componentes de movimiento lineal y también cargas rotatorias. Los transportadores son un ejemplo de eso. La Fig. 1-6 nos muestra un transportador horizontal cargado. Aquí, el propósito es determinar la cantidad de torque necesario en el motor para producir una aceleración lineal de  $33 \text{ ft/seg}^2$  ( $10.06 \text{ m/seg}^2$ ).

Se requieren tres pasos. El primero es convertir la aceleración lineal a aceleración angular. El segundo es convertir la inercia lineal en inercia rotatoria y agregar este valor al del rotor y al de las poleas. El tercero es calcular el torque requerido usando las ecuaciones



de movimiento rotatorio.

Fig. 1-6 – Cargas lineales y rotatorias combinadas.

*Paso 1:* La distancia recorrida en una revolución de la polea es su circunferencia, la cual es  $\pi$  multiplicada por el diámetro. La circunferencia de la polea es 9.42 ft (2.871 m). Por lo tanto la aceleración angular de la polea es:

Unidades BEU solamente

$$\text{Circunferencia de la polea} = \pi D = 3.1416 \times 3 = 9.42 \text{ ft}$$

$$\text{Aceleración angular} = \text{aceleración lineal} \div \text{circunferencia}$$

$$= 33 \div 9.42 = 3.503 \text{ RPS}^2 = 33 \text{ ft/seg}^2 / 9.42 \text{ ft/rev} = 3.503 \text{ RPS}^2$$

*Paso 2:* La inercia de rotación de la carga del transportador supone que todo el peso está concentrado en los aros de las poleas. Así que, la inercia de rotación de la carga es su peso multiplicado por el cuadrado del radio de la polea ó 1,125 lb-ft<sup>2</sup> (47.409 kg-m<sup>2</sup>). De este modo la inercia total impulsada en 1,145.5 lb-ft<sup>2</sup> (48.272 kg-m<sup>2</sup>).

### Únicamente unidades BEU

Inercia total de la carga impulsada

= rotor del motor + poleas + el peso

$$= 0.50 + (2 \times 10) + (500)(1.5)(1.5) = 0.50 + 20 + 1,125 = 1,145.5 \text{ lb-ft}^2$$

*Paso 3:* Usando la ecuación para calcular el tiempo de aceleración, el torque requerido para producir una aceleración lineal de  $33 \text{ ft/seg}^2$  ( $10.06 \text{ m/seg}^2$ ) en la carga del transportador es  $13.02 \text{ lb-ft}$  ( $17.69 \text{ N-m}$ ).

### Unidades BEU solamente

$$T = Wk^2(RPS^2) \div 308 = (1,145.5)(3.503) \div 308 = 13.02 \text{ lb-ft}$$

## 2.2.2 Mecánica del Movimiento

**Trabajo y Energía.** El trabajo se hace aplicando una fuerza a través de una distancia.

Por ejemplo, aplicar una fuerza de 100 lb contra una pared de ladrillos no produce trabajo, puesto que la pared no se mueve. Sin embargo, usando una fuerza de 100 lb. para empujar una caja una distancia de 10 ft obtendremos un trabajo de 1000 lb-ft en unidades BEU (al multiplicar la fuerza por la distancia). Las unidades correspondientes en el sistema SI son el Newton-metro (N-m).

La energía es la capacidad de hacer trabajo. Un cuerpo puede tener energía potencial debido a su localización. Por ejemplo, si un cuerpo de 1000 lb está a 3 ft del piso, tiene el

potencial de hacer un trabajo de 3000 ft-lb. Un cuerpo almacena energía cinética por su masa y velocidad. Un objeto con un peso de 64.4 lb moviéndose a una velocidad de 54.8 ft/seg tiene una energía cinética de 3,003 ft-lb. Otro ejemplo de energía cinética lo tenemos en los volantes, los cuales almacenan energía por medio de la gran inercia que tienen al girar a alta velocidad. Cuando el impulsor primario en un sistema con un volante se frena momentáneamente, éste entrega trabajo (torque multiplicado por la distancia rotacional) a la carga basado en su energía cinética.

Debido a que la energía y el trabajo son convertibles, tienen las mismas unidades (pie-libra (ft-lb) en el sistema BEU y newton-metro (N-m) en el sistema SI).

**Potencia.** La relación de hacer trabajo se denomina potencia. Un ejemplo de potencia es la diferencia de esfuerzo requerido para subir dos tramos de escaleras en un minuto, comparado con hacer lo mismo en 30 segundos. La cantidad de trabajo hecho es exactamente el mismo. Sin embargo la potencia requerida (es decir la relación de hacer trabajo) cuando subimos las escaleras en 30 segundos es dos veces la requerida para hacerlo en un minuto.

Las unidades del Sistema BEU son el caballo de fuerza (horsepower HP). Un caballo de fuerza es igual a 33,000 ft-lb/min ó 550 ft-lb/seg. En el sistema SI, la unidad es el Watt (W). Un watt es igual a 1 N-m/seg. Debido a que el watt es una unidad pequeña, los especialistas en transmisión de potencia generalmente utilizan el kilowatt (kW), o sea 1000 watts, como unidad. Un kilowatt equivale a 1.341 hp.

Como la velocidad de los motores está dada en revoluciones por minuto (RPM), éstos son los valores que generalmente se usan para calcular la potencia.

Así:

En unidades BEU:

$$P = TN/5,250$$

en donde:

$P$  = Potencia, hp

$T$  = Torque, lb-ft

$N$  = Velocidad, RPM

5,250 = Constante para estas unidades

En unidades SI:

$$P = TN/9,551$$

en donde:

$P$  = Potencia, Watts

$T$  = Torque, N-m

$N$  = Velocidad, RPM

9,551 = Constante para estas unidades

*Ejemplo:* Calcular la potencia de salida de un motor, tanto en caballos de fuerza como en kilowatts. El motor tiene una velocidad de 1750 RPM y un torque e 1,000 lb-ft (1,356 N-m).<sup>®</sup>

*Respuesta.* 333.3 hp (248.5 kW)

En unidades BEU:

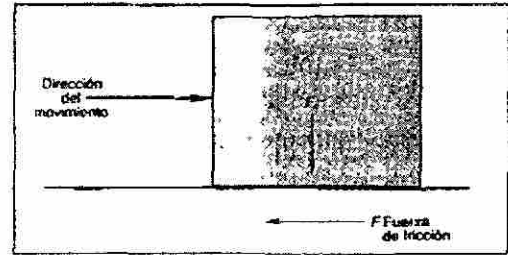
$$P = TN \div 5,250 = 1000 \times 1750 \div 5250 = 333.3 \text{ hp}$$

En unidades SI:

$$P = TN \div 9,551 = 1356 \times 1750 \div 9,551 = 248.5 \text{ kW}$$



**Fricción.** La fricción es la resistencia al movimiento. Ésta se produce cuando se intenta mover un cuerpo sobre la superficie del otro. La Fig. 1-7 ilustra una situación en la cual una fuerza



está intentando mover un cuerpo hacia la derecha pero se le opone la fricción. La magnitud de la fricción, es decir la fuerza de resistencia, es una función de cuatro factores.

La fricción varía directamente con las fuerzas que presionan las dos superficies para mantenerlas juntas. Para superficies niveladas, esta fuerza en unidades BEU es el peso del cuerpo en libras (lb). En el sistema SI, esta fuerza es el peso del cuerpo en kilogramos multiplicado por 9.81 (una constante para convertir la masa en kg a fuerza en newtons).

La fricción también varía dependiendo de qué tan lisas están las superficies en contacto. Entre más rugosas estén las superficies, mayor será la fuerza de fricción. En algunos casos, las superficies son tan planas y lisas que se adhieren la una a la otra. Sin embargo la adhesión es rara en la maquinaria normal y no está incluida en el alcance de este manual.

La fricción también varía por los materiales de las dos superficies. Hay menos fricción entre un cuerpo de acero deslizando sobre una superficie de plomo/estaño (Babbitt) que la que habría si se estuviera deslizando sobre una superficie de iguales características.

Finalmente, la condición de las dos superficies es un factor. Las superficies húmedas o engrasadas producen menos fricción que las superficies secas.

Existen tres tipos de fricción. La fricción estática es el valor más grande de la fricción que existe antes de que se mueva un cuerpo. Las fuerzas de fricción estática son siempre mayores que las fuerzas de fricción después que el movimiento ha comenzado.

La fricción cinética o de deslizamiento, es la fuerza constante de fricción que se desarrolla después de que el movimiento se ha iniciado, y se supone es independiente de la velocidad.

La fricción rodante es la fuerza constante de fricción que se desarrolla cuando un objeto duro, cilíndrico o esférico rueda sobre una superficie plana y dura (por ejemplo una chumacera de rodillos o de bolas). Estas fuerzas de fricción son menores que las fuerzas de la fricción cinética.

Las fuerzas de fricción se pueden estimar multiplicando la magnitud de las fuerzas que presionan los dos cuerpos por un Coeficiente de Fricción. Los Coeficientes de fricción se determinan experimentalmente. Los coeficientes de fricción más usuales se encuentran en la Tabla 1-1. De esta forma, las fuerzas de fricción se puede calcular así:

$$F = fF_N$$

en donde:

$F$  = Fuerza de fricción, lb o N

$f$  = Coeficiente de fricción – multiplicador adimensional

$F_N$  = Fuerza que presiona los dos cuerpos, lb o N

*Ejemplo:* Si el cuerpo en la Fig. 1-7 es un bloque de bronce de 700 lb y está colocado sobre una superficie lisa y nivelada de acero, ¿cuál será la fuerza requerida para iniciar el movimiento? (Es decir vencer la fricción estática)?

*Respuesta:* 357 lb.

$$\begin{aligned}
 F &= fF_N \\
 &= 0.51 \times 700 \\
 &= 357 \text{ lb}
 \end{aligned}$$

**TABLA 1-1 Coeficientes de fricción**

<b>Materiales</b>	<b>Condiciones</b>	<b>Coefficiente de Fricción</b>
Acero endurecido en acero endurecido	Seco – estática	0.78
	Grasa – cinética	0.15
	Seco – cinética	0.45
Acero al carbón en acero fundido	Grasa – cinética	0.183
	Seco – estática	0.74
Acero al carbón en acero al carbón	Grasa – cinética	0.16
	Seco – cinética	0.42
Acero al carbón en babbitt	Grasa – cinética	0.17
	Seca – estática	0.04
Teflón en Teflón	Seca – estática	0.04
Teflón en acero	Seca – estática	0.51
Bronce en acero	Seca – estática	0.35
Bronce en acero fundido	Seca – estática	0.49
Acero fundido en roble	Seca – cinética	

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

**Eficiencia.** Cualquier máquina que produce esfuerzos sufre pérdidas de potencia. Las pérdidas en la maquinaria se deben principalmente a la fricción y a otros factores internos.

Por ejemplo, los motores eléctricos tienen pérdidas por fricción, por el sistema de enfriamiento (alguna potencia se utiliza para mover el ventilador) y por algunas otras pérdidas eléctricas. En la Tabla 1-2 se encuentran las eficiencias de las diferentes máquinas usadas para transmitir potencia.

**TABLA 1-2 Eficiencias de Transmisión de Potencia**

Máquina	Eficiencia, %
Motores eléctricos, 4 polos, a prueba de goteo, a plena carga	
10 hp, eficiencia normal	85.5
10 hp, alta eficiencia	91.7
250 hp, eficiencia normal	93.0
250 hp, alta eficiencia	96.2
Transmisiones de bandas en "V"	95
Transmisiones de tiempo (HTS, Estándar)	98
Transmisiones de bandas múltiples en "V"	97
Bandas planas de cuero o de hule	98
con alma de nylon	98 a 99
De velocidad variable, de resorte, de amplio rango	
bandas en "V"	80 a 90
Transmisiones compuestas	75 a 90
Transmisiones de bielas	95
Reductores de engranes helicoidales	
De un paso	98
De doble paso	96
Reductor de corona y sinfín	50 a 90
Cadena de rodillos	98
Sinfín con 60 grados en la hélice	65 - 85
Cople flexible	99+

La relación que existe entre la potencia de salida y la potencia de entrada es lo que llamamos eficiencia y es una de las relaciones más usadas por los equipos para transmisión de potencia. La eficiencia normalmente se expresa como un porcentaje siempre menor a 100% y se calcula de la siguiente forma:

$$n = (100)P_O/P_I = (100) (P_I - P_L)/P_I$$

en donde:

$n$  = eficiencia

$P_O$  = Potencia de salida, hp o kW

$P_I$  = Potencia de entrada, hp o kW

$P_L$  = Pérdidas, hp o kW

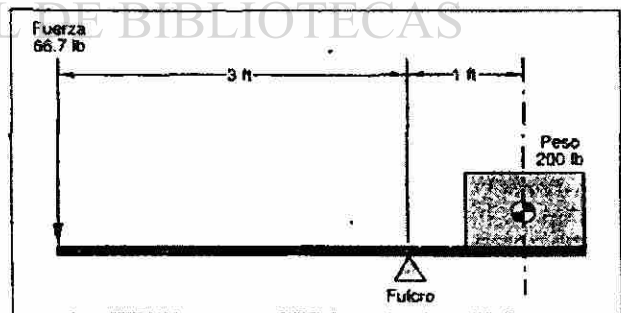
*Ejemplo:* Calcular la eficiencia de una máquina que tiene una potencia de entrada de 2000 kW si las pérdidas internas totalizan 197.3 kW.

*Respuesta:* La eficiencia es de 90.14%

$$n = (100) (P_I - P_L) \div P_I = (100) \times (2000 - 197.3) \div 2000 = \mathbf{90.14\%}$$

**Ventaja Mecánica.** Cuando la fuerza de salida de una máquina es mayor que la fuerza de entrada, se dice que la máquina manifiesta una ventaja mecánica. Algunos ejemplos de esto son la palanca, el plano inclinado, la cuña y la polea. Las máquinas simples tienen tanto una ventaja teórica como una ventaja real. Puesto que todas las máquinas tienen eficiencias de menos del 100%, sus ventajas mecánicas reales (AMA) son siempre menores que sus ventajas mecánicas teóricas.

**Palancas.** La máquina más simple y más antigua es la palanca. Hay varias clases o tipos de palancas. La Fig. 1-8 muestra una palanca Clase 1, con la cual se levanta un peso de 200 lb. La relación



de las distancias desde donde se aplica la fuerza al fulcro o punto de apoyo y del fulcro a la carga es de 3:1. Suponiendo que no hay fricción en el fulcro, la AMA es de 3, por lo que

solamente se requiere una fuerza de 66.7 lb para levantar ese peso. Sin embargo el trabajo producido por la fuerza y el trabajo hecho en el peso es el mismo. Para levantar el peso 6 pulgadas, es necesario ejercer la fuerza de 66.7 lb en un trayecto de 18 pulgadas, es decir una distancia tres veces mayor.

$$AMA = F_D \div F_A = 200 \div 66.7 = 3$$

La ecuación para calcular la ventaja mecánica real de cualquier máquina es:

$$AMA = F_D \div F_A$$

en donde:

$AMA$  = Ventaja mecánica real; es una relación adimensional

$F_D$  = Fuerza entregada, lb o N

$F_A$  = Fuerza aplicada, lb o N

**Plano Inclinado.** El plano inclinado es un ejemplo simple de un principio que se aplica ampliamente en dispositivos como los tornillos, las cuñas, las bandas en "V" y los transportadores inclinados. La Fig. 1-9 muestra un plano inclinado con un ángulo 15 grados

con respecto a la horizontal. El objetivo es empujar un cuerpo que pesa 1000 lb sobre el plano inclinado. Se requiere una fuerza de 1000 lb para simplemente levantar el cuerpo cualquier distancia. Si suponemos que la superficie del plano inclinado no tiene fricción,

entonces la fuerza requerida para empujar el peso es:

$$F = W \text{ sen } a$$

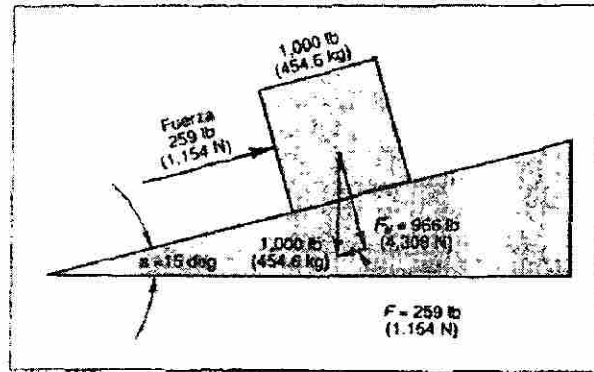
en donde:

$F$  = fuerza, lb o N

$W$  = Peso, lb o N (9.81 N por cada kg)

Sen  $a$  = seno del ángulo "a"

De manera que la fuerza requerida para empujar el bloque de 1,000 lb sobre el plano y considerando que no hay fricción es de 258.8 lb. En unidades SI, la masa es 454.6 kg, la cual está presionando la superficie del plano con una fuerza de 4,460 N, y la fuerza requerida para subir el bloque en el plano inclinado es de 1,154 N.



En unidades BEU

$$\begin{aligned}
 F &= 1000 \text{ sen } 15 \\
 &= 1000 \times 0.2588 \\
 &= 258.8 \text{ lb}
 \end{aligned}$$

En unidades SI

$$\begin{aligned}
 F &= (454.6)(9.81) \times \text{sen } 15 \\
 &= 4,460 \times 0.2588 \\
 &= 1,154 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Si en el plano inclinado se involucra la fricción, las fuerzas que presionan las superficies serían iguales al peso (ó 9.81 N por cada Kg) multiplicado por el coseno del ángulo de inclinación. En el ejemplo de la Fig. 1-9, la fuerza  $F_N$  en la ecuación de la fórmula para calcular las fuerzas de fricción ( $F = fF_N$ ) es ya sea 966 lb o una fuerza de 4,308 N.

$$F_N = W \text{ cos } A$$

En unidades BEU

$$\begin{aligned}
 F_N &= 1000 \text{ cos } 15 \\
 &= 1000 \times 0.9659 \\
 &= 966 \text{ lb}
 \end{aligned}$$

En unidades SI

$$\begin{aligned}
 F_N &= 4,460 \text{ cos } 15 \\
 &= 4,460 \times 0.9659 \\
 &= 4,308 \text{ N}
 \end{aligned}$$

**Transportadores Inclinados.** Si la Fig. 1-9 representara un transportador inclinado, la potencia requerida para subir el bloque por el plano inclinado es el producto de la fuerza y la

velocidad, convertidos a caballos de fuerza o kilowatts. Por ejemplo, si la velocidad deseada fuera de 10 ft/seg (3.05 m/seg), la potencia requerida sería de 4.71 hp (3.52 kW). (1 hp = 550 ft-lb/seg y 1kW = 1000 N-m/seg) Pero en los transportadores inclinados reales, las pérdidas por fricción o los valores de eficiencia tienen que ser tomados en cuenta.

**Tornillos.** La Fig. 1-10 muestra un tornillo, el cual puede ser considerado como un tipo especial de plano inclinado.

Las ecuaciones para velocidad lineal/rotacional y el torque para estas aplicaciones son las siguientes:

$$\omega = 2\pi pV, \text{ o } \text{RPM} = pV/1.57$$

en donde:

$\omega$  = Velocidad de rotación en rad/seg

$p$  = Paso del tornillo, en pulgadas/revolución o cm/revolución

$V$  = Velocidad lineal de la carga, en pulgadas/seg (ips) o cm/seg

RPM = Velocidad de rotación, RPM

$$T = F/2\pi pn$$

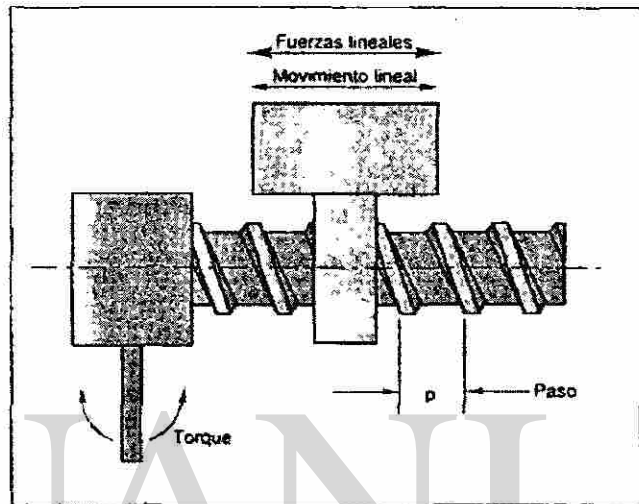
en donde:

$T$  = Torque, lb-in, N-cm

$F$  = Fuerza, lb o N

$p$  = Paso del tornillo en pulgadas/rev. o cm/rev.

$n$  = Eficiencia del tornillo, fracción decimal, no un porcentaje (por ejemplo, 0.65 no 65%)





*Nota:* Las unidades de longitud aquí son pulgadas y centímetros en lugar de pies y metros. Los valores del paso de un tornillo son tan pequeños que usar pies o metros sería incómodo. Las unidades de torque deben ser compatibles.

**Cargas Reales in las Máquinas.** Fundamentalmente existen dos tipos diferentes de cargas de velocidad constante y tres tipos de cargas de velocidad ajustable.

**Cargas de Velocidad Constante.** Las cargas industriales generalmente son impulsadas por impulsores primarios que se mueven a velocidad constante una vez que este impulsor primario ha acelerado hasta llegar a su velocidad de operación (en este caso los cambios de velocidad pequeños debidos a cambios en las cargas se ignoran).

La Fig. 1-11 ilustra una carga continua, y la Fig. 1-12 ilustra un tipo de carga intermitente.

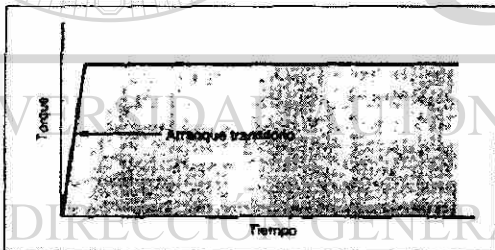


Fig. 1-11 – Carga continua.

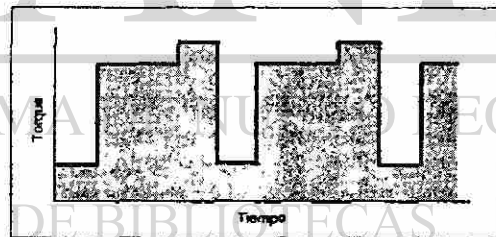


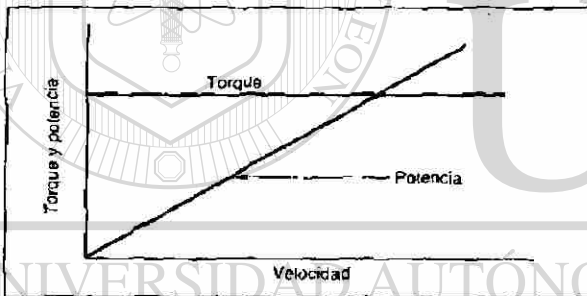
Fig. 1-12 – Carga intermitente.

La carga continua es común en bombas, ventiladores, sopladores y compresores, Una vez que estos equipos alcanzan su velocidad de operación, los cambios en la carga son poco frecuentes. Predecir el comportamiento de las cargas continuas es generalmente muy sencillo. Las cargas intermitentes son más difíciles de evaluar. Los especialistas en transmisión de potencia deben desarrollar una gráfica que muestre el torque vs. tiempo de

carga en los peores casos. La técnica para crear la llamada rms (root-mean-square) de carga equivalente es muy útil para los impulsores primarios eléctricos. Sin embargo algunos productos mecánicos son muy sensibles a los golpes, impactos y cargas máximas. Las reglas de aplicación para cargas intermitentes se pueden obtener para diferentes tipos de equipo para ser usadas como guías por los especialistas de transmisión de potencia.

**Cargas de Velocidad Ajustable.** Los tres tipos de cargas de velocidad ajustable (o variable) son torque constante, torque variable, y cargas de potencia constante. Esas cargas pueden ser movidas por impulsores primarios de velocidad constante o variable.

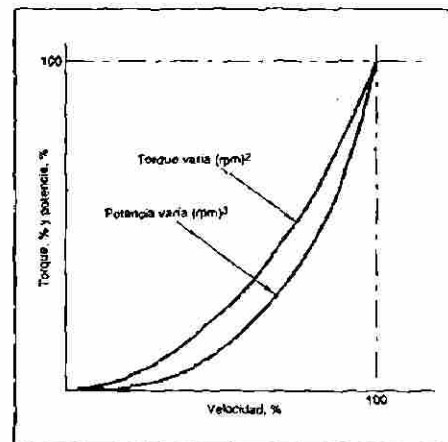
**Torque constante:** La Fig. 1-13 muestra una carga de torque constante. Aquí, los



requerimientos del torque de salida son independientes de la velocidad. Las cargas de torque constante típicas incluyen los transportadores, las grúas o polipastos, las

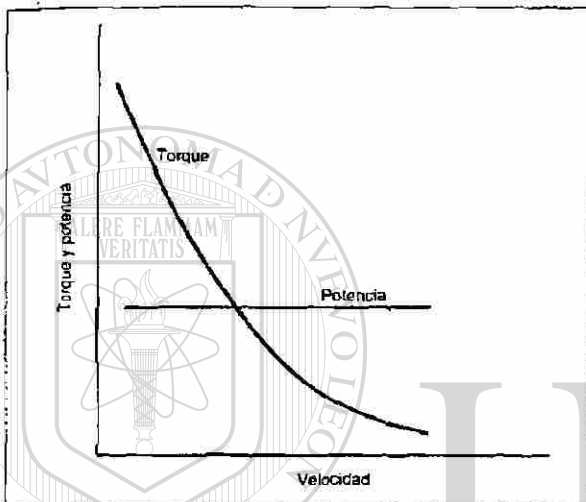
bombas hidráulicas de desplazamiento positivo y los compresores de desplazamiento positivo.

**Torque variable:** La Fig. 1-14 nos muestra una carga de torque variable. Este tipo de carga también se llama carga de la ley del ventilador. Aquí el torque varía en proporción al cuadrado de la velocidad y la potencia varía en proporción al cubo de la velocidad.



Las cargas típicas de torque variable incluyen bombas centrífugas, sopladores, ventiladores y compresores centrífugos.

**Potencia constante:** La Fig. 1-15 muestra una carga de potencia constante. A medida que



la velocidad se incrementa en este tipo de carga, el torque disminuye. Aquí al multiplicar el torque por la velocidad obtenemos un valor constante aproximado de los caballos de fuerza o los kilowatts de la carga. Ejemplos típicos de cargas de potencia constante son las máquinas para cortar metal y las embobinadoras.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

**Ejemplos de Aplicaciones.** Esta sección nos da dos oportunidades de utilizar los conceptos<sup>®</sup> revisados en este capítulo.

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

**Tiempo de Aceleración.** La Fig. 1-16 nos muestra una gráfica de torque vs. velocidad tanto para la carga como para su impulsor. El objetivo es determinar si el impulsor alcanzará una velocidad de 2000 RPM antes que un timer que ha sido ajustado a 7 segundos actúe.

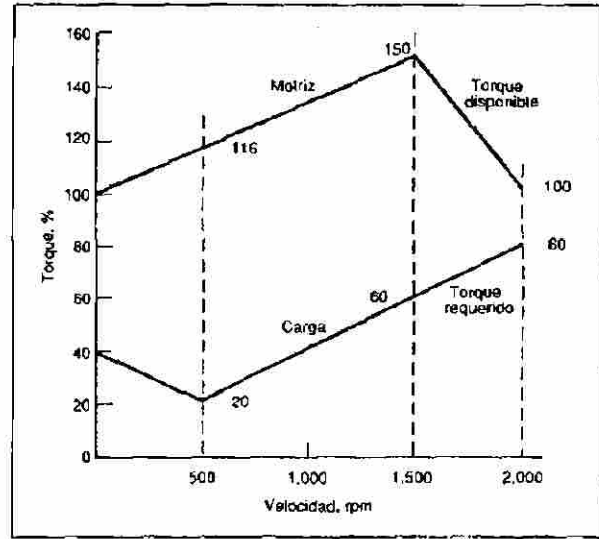


Fig. 1-16 – Ejemplo 1 – Tiempo de aceleración.

El impulsor tiene es de 200 hp a 2000 RPM y su  $Wk^2$  es de 80 lb-ft<sup>2</sup>. La carga  $Wk^2$  es de 100 lb-ft<sup>2</sup>. El torque disponible para el impulsor primario y el torque requerido para la carga están graficados contra la velocidad en términos de porcentaje del torque a plena carga del impulsor.

**Paso 1:** Calcular el torque del impulsor

$$P = TN/5,250$$

$$T = 5,250 P/N$$

$$= 5,250 \times 200/2000 = 525 \text{ lb-ft}$$

**Paso 2:** Calcularla inercia total impulsada

$$Wk^2_{TOTAL} = Wk^2_{IMPULSOR} + Wk^2_{CARGA}$$

$$= 80 + 100 = 180 \text{ lb-ft}^2$$

*Paso 3:* El tiempo de aceleración es la suma de cada uno de los res segmentos mostrados en la Tabla 1-3.

**TABLA 1-3 – Tiempo estimado de aceleración**

<b>Cambio de velocidad,</b>		<b>Torque de aceleración, %</b>			<b>lb-ft</b>	<b>Tiempo de aceleración,</b>
<b>rpm</b>		<b>Arranque</b>	<b>Final</b>	<b>Prom</b>	<b>Prom</b>	<b>seg.</b>
<b>De</b>	<b>A</b>					
0	500	60%	96%	78%	409.5	0.714
500	1500	96	90	93	488.3	1.197
1500	2000	90	20	55	288.8	1.102
Tiempo total de aceleración .....						2.923 ó 2.9 s

Esto indica que la carga debe acelerar en menos de 3 segundos, y de esta forma el timer de paro no actuará.

### **Transportadores Inclinados –**

**Tiempo de Aceleración y Carga.** La Fig. 1-17 nos muestra un transportador inclinado (con un ángulo de inclinación de 10 grados), con una carga de 500 lb, impulsado por un motor de 10 hp, 1800 rpm acoplado a una reductor de velocidad con relación 10:1. La eficiencia combinada del reductor de velocidad y del sistema de transporte es de 90%. La inercia de las poleas es de 5 ft·b<sup>2</sup> en cada una y la inercia del motor es de 5 lb·ft<sup>2</sup>. Las inercias del reductor y de la banda del transportador son despreciables. Se deberá suponer que el motor entregará un torque constante durante la aceleración. ¿Cuánto tiempo tomará acelerar la carga a la velocidad de operación, cuál será la velocidad de la banda y cuál será la potencia requerida para mover el transportador a esa velocidad?

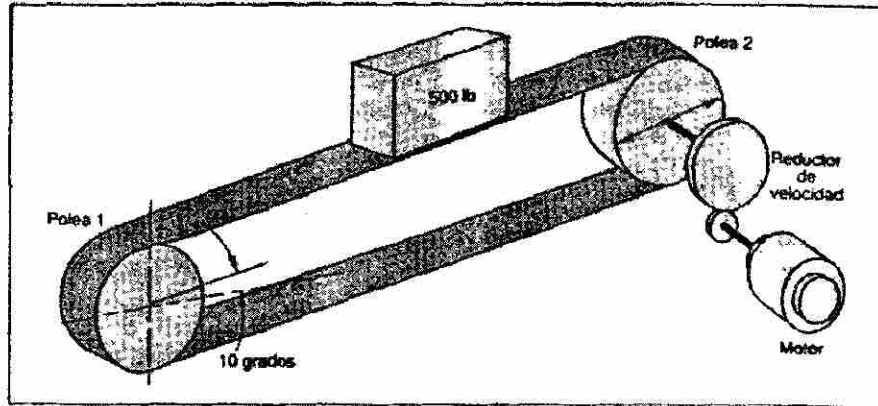


Fig. 1-17 – Ejemplo 2 – Transportador inclinado.

*Paso 1:* Calcular el torque de salida del motor.

$$\begin{aligned}
 T &= P \cdot 5,250/N \\
 &= 10 \times 5,250/1800 \\
 &= 29.2 \text{ lb-ft}
 \end{aligned}$$

*Paso 2:* Calcular la inercia total incluyendo la del motor.

1. Inercia de dos poleas y la carga con reducción de velocidad de 10:1

$$\begin{aligned}
 \text{Carga} &= (500)(1)^2/100 \\
 &= 5 \text{ lb-ft}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Poleas} &= 2 \times 5/100 \\
 &= 0.1 \text{ lb-ft}^2
 \end{aligned}$$

$$\text{Total} = 5.10 \text{ lb-ft}^2$$

2. Inercia de la carga más el motor = 5.1 + 5 = 10.10 lb-ft<sup>2</sup>

*Paso 3:* Determinar el tiempo desaceleración

$$\begin{aligned}t &= Wk^2 \times N_f / 308T \\ &= 10.10 \times (1,800/308)(29.2 \times 0.90) \\ &= 2.25 \text{ seg.}\end{aligned}$$

*Paso 4:* Determinar la velocidad de la banda en ft/min

$$\begin{aligned}V &= (\pi D) \text{ RPM} \\ &= 3.1416 \times 2 \times 180 \\ &= 1,131 \text{ ft/min.}\end{aligned}$$

*Paso 5:* Determinar la potencia para mover la carga

1. 1 hp = 550 ft-lb/seg ó 33,000 ft-lb/min
2. Potencia =  $500 \text{ sen } 10 \times 1,131/33,000 = 2.976 \text{ hp}$

3. Tomando en cuenta la eficiencia del sistema de transporte, la potencia requerida del motor es:  $P = 2.976 / 0.90 = 3.3 \text{ hp}$

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

*Respuestas:* El motor acelerará la carga hasta la velocidad de operación en menos de 2.3 segundos. La velocidad de la banda será de 1,131 ft/min o cerca de 19 ft/seg. La potencia de salida del motor será de 3.3 hp.

### **2.3 Tipos de Transmisiones de Potencia**

En este capítulo explica los tipos más comunes de componentes de transmisión de bandas V utilizados en plantas industriales. Describe también otros tipos de transmisión de bandas tales como las bandas de sincronización y las transmisiones de banda plana. Estos tipos de transmisiones de polea y banda son clasificados normalmente dentro del grupo de las bandas V, aunque no incluyen estrictamente dicho tipo de bandas.

A lo largo de los años, los fabricantes de componentes han normalizados los diversos tamaños de bandas, poleas acanaladas, y poleas que se emplean en toda la industria. Las pequeñas diferencias que usted puede encontrar entre las componentes fabricadas por diferentes compañías, no son generalmente importantes. La existencia de tamaños normalizados o estándar para los componentes significa que las partes fabricadas son intercambiables y que necesitan menos partes de repuesto.

Además de entregarse aquí una descripción general de las diversos componentes este capítulo explica los procedimientos de instalación y mantenimiento para algunos componentes. Toda esta información incrementara sus conocimientos respecto de los diferentes tipos de equipos de transmisión.

#### **2.3.1 Transmisiones de Banda V, Sincronización, Planas.**

En su calidad de técnico de mantenimiento o vendedor técnico, usted tendrá probablemente la oportunidad de trabajar en una transmisión de banda V en la planta donde usted trabaja. Si no fuera así, probablemente usted ha observado alguna o ha ayudado a otros



a trabajar en una de ellas. La mera observación de algún equipo impulsado con banda le ayudara a comprender algunos de los términos empleados aquí, como así mismo, los procedimientos de mantenimiento requerido para conservar una transmisión de banda en buenas condiciones de funcionamiento.

En las transmisiones por banda la potencia se transmite por fricción. La cantidad de potencia transmitida depende del coeficiente de fricción entre la banda y la polea. El coeficiente de fricción depende, a su vez, de la naturaleza de los materiales de contacto, de sus condiciones (liso, seco, aceitado), del arco de contacto entre la banda y la polea, o polea anclada, y de la velocidad a la que funciona la banda.

Para obtener transmisiones eficientes existen diversos tamaños de bandas que pueden ser empleados en aplicaciones industriales. El tamaño de una banda queda determinado por el área de su sección transversal. Las bandas standard de grandes secciones se emplean para servicio pesado o para transmisiones de alta potencia. Existen varios casos en las cuales la combinación de dos o más bandas pequeñas pueden suministrar la cantidad necesaria de

---

sección transversal de correa, en una forma más económica que con el empleo de una sola banda grande. Sin embargo, si se emplean bandas pequeñas en una transmisión pesada, es muy probable que se requerirá un gran número de ellas debido a las bajas potencias

nominales de cada una. En este caso, el empleo de una o dos bandas grandes será más económico que el de muchas bandas pequeñas. Como excepciones a lo anterior, pueden citarse el caso de las bandas de alta capacidad que tiene una sección transversal menor.

Además de los diferentes anchos de bandas disponibles, existen también diferentes tipos. Algunas de las bandas empleadas en transmisiones industriales de banda, son los sistemas de

bandas planas en V. Las bandas en V incluyen las de doble ángulo, de potencia fraccional, de eslabón, y los tipos angosto, normal, y de alta capacidad.

**Terminología sobre transmisiones de Banda.** Existen ciertos nombres y definiciones comunes que se aplican todos los casos en que la transmisión es del tipo con banda en V, con banda plana y con banda de distribución. Antes que usted comience su aprendizaje respecto de los diversos tipos de componentes de transmisión disponibles y de sus diversos empleos, es interesante que hagamos una revisión de algunos de los términos comunes que se emplean en este campo. Dichos términos incluyen los siguientes tipos:

*Polea acanalada impulsora.*- La polea acanalada impulsora esta montada en el motor, en la maquina, o en cualquier otro dispositivo motriz que suministra la potencia. Generalmente, esta polea es del menor tamaño y la que gira a un mayor numero de RPM

*Polea acanalado impulsada.* Es la que se emplea en la maquina que es impulsada. Generalmente, es la polea acanalada de mayor tamaño y la que gira a un menor numero de RPM.

*Polea acanalada Tensora.*- Se utiliza para regular la tensión de la transmisión, para desviar el tramo de banda, para reducir la vibración de la banda, y para efectos de tensado de la banda.

*Longitud del paso de la banda.*- Es la longitud de la banda medida a lo largo del eje neutro de la banda. Este eje neutro esta situado aproximadamente a dos tercios de la distancia entre la parte inferior de la banda (parte angosta) y la parte exterior de la banda (parte ancha).

*Diámetro del paso de la polea acanalada.* Es el diámetro medido en el punto donde el eje neutro de la banda hace contacto con dicha polea. Así mismo, en este punto las velocidades de la banda y de la polea son las mismas. Al calcular poleas ancladas para transmisiones con bandas en V, debe tenerse en cuenta que el diámetro de paso es siempre inferior que el diámetro exterior de la polea acanalada.

*Arco de contacto.* Es el número de grados de envoltura o contacto por parte de la banda alrededor de la polea acanalada. Toda reducción del arco de contacto afecta la capacidad de transmisión de potencia de la banda.

*Distancia entre centros.* Es la distancia medida en pulgadas entre los centros de los ejes impulsor e impulsado. Las bandas en V funcionan satisfactoriamente tanto con distancias entre centros pequeñas como grandes. Sin embargo, para obtener la mayor eficiencia, la distancia entre centros debe ser aproximadamente igual a, o levemente inferior a, la suma de los diámetros de las poleas acanaladas.

*Relación de velocidades.* Se calcula normalmente dividiendo las RPM del eje de alta velocidad por las RPM de baja velocidad. Esta razón puede encontrarse dividiendo el diámetro de polea mayor entre la menor.

**Bandas en V.** Entre todas las transmisiones de banda, las transmisiones con banda en V son, sin discusión, las más empleadas en las plantas industriales. Debido a este uso extensivo, las bandas en V han evolucionado desde uno o dos tipos simples que se suministraban originalmente, hasta llegar a por lo menos una docena de tipos diferentes. Casi todos los tipos de bandas de secciones transversales similares son intercambiables, y pueden ser empleadas

en el funcionamiento de equipos correspondientes. La selección específica de un cierto tipo de banda entre otros casi idénticos, se basa en la experiencia del fabricante de los equipos, del ingeniero de planta, o del departamento de mantenimiento.

Las bandas en V se clasifican generalmente en tres grupos diferentes, identificables por los tamaños y formas de las bandas. Los tamaños de las bandas del grupo estándar se designan normalmente con las letras A, B, C, D y E. Cada uno de los tipos de banda correspondientes a las diferentes letras, tiene ciertas limitaciones de tamaño indicadas por las dimensiones. Los tamaños suministrados por algunos fabricantes varían levemente de los señalados. Las bandas se fabrican en longitudes bien determinadas, aunque en algunos casos pueden ser comparadas por tramos y luego empalmadas para obtener la longitud deseada. Aun así, las bandas estándar son las que se emplean más comúnmente en la industria.

El segundo grupo de bandas en V se identifica como bandas de ALTA CAPACIDAD. Estas bandas se emplean en los casos en que las bandas estándar pudieran funcionar imperfectamente debido a las altas potencias o a las condiciones de carga involucradas.

También pueden requerirse bandas especiales en condiciones de calor o humedad excesivos, o en las otras condiciones similares. En otros casos, cuando hay limitaciones de espacio, la sección más reducida de una banda de alta capacidad permite su funcionamiento cuando no hay cabida para una transmisión estándar.

La banda estándar es considerablemente más ancha que alta, mientras las de alta capacidad tienen alturas y anchuras comparables. Debido a las diferencias existentes entre las bandas, se emplean poleas ancladas diferentes para las de tipo estándar y para las de alta capacidad.

Además de las bandas estándar y de alta capacidad, existe una serie de bandas más pequeñas para servicios livianos y para poleas impulsoras más pequeñas. Las bandas del tipo 2L al tipo 5L tienen secciones semejantes a las bandas estándar, y son las que se emplean más a menudo. Las bandas 3M, 5M, 7M y 11M tienen una configuración diferente que les permite flexionarse más fácilmente y pueden ser comparadas con las bandas de alta capacidad.

**Bandas en V Especiales.** Las bandas en V se emplean generalmente para transmitir el movimiento entre dos poleas ancladas de una dirección solamente. Ocasionalmente, pueden requerirse la impulsión de diferentes poleas ancladas con la misma banda, y a veces, cambiar la dirección de movimiento. Para estos efectos, los fabricantes de banda han desarrollado la banda de DOBLE ÁNGULO o HEX, la cual permite la transferencia de movimiento a varias poleas acanaladas sin el empleo de engranajes ni de bandas retorcidas, tales como lo muestra la Fig. 4-3. Estas bandas de dos caras pueden emplearse también en aplicaciones del tipo embrague, en las cuales se utiliza una polea anclada restiradora pivotante para inducir el

coeficiente de fricción requerido en la banda. Estas bandas tienen tamaños similares a los de las bandas estándar (y el doble de altura) y se designan con las letras AA, BB, CC, y DD.

En los casos donde se emplean conjuntos de bandas en V formados por tres o más bandas, se producen problemas debido a las diferencias de tensión entre las bandas y debido a los latigazos de las bandas. Estos problemas son esencialmente importantes cuando los centros de las poleas acanaladas se encuentran a cierta distancia. Para superar estos problemas, se emplea un recubrimiento o respaldo de tela para conectar las bandas independientes. Estos sistemas se designan como BANDAS AGRUPADAS. El mencionado respaldo se aplica en

el proceso de fabricación de las bandas y, de hecho se transforma en una parte integrante de las mismas. Esto confiere a la banda característica de resistencia uniforme.

Las bandas agrupadas se suministran en una serie de tipos que se han hecho populares. Entre ellos se incluyen los tipos de tamaño Standard (A, B, C Y D), el tipo de alta capacidad (3,5, y 8 V), y también un tipo especial con nervadura angosta que utiliza poleas acanaladas con una configuración en V o surco estrechos, tales como lo muestra la Fig. 4-4. Estas bandas se identifican como J, L y M, y cada letra designa un tamaño de surco específico.

La mayor parte de las bandas en V que se emplean en plantas industriales son del tipo sin fin, y fabricadas con longitudes predeterminadas. Es también posible comprar un tramo de banda y efectuar los empalmes que usted necesite. También existen dos tipos de banda ajustable o eslabonada, que se suministran en los tamaños A, B y C. Dos ventajas de este tipo de banda consisten en que ellas pueden ser empleadas en aplicaciones en las cuales las poleas canaladas tienen sus centros fijos y no pueden tensar la banda, o que ellas pueden ser usadas cuando la tracción esta situada entre los alojamientos de cojinetes y bastidores soportantes, lo cual redundo en que el reemplazo de las bandas sea una tarea difícil.

**Bandas de Sincronización.** Las bandas de sincronización que se muestran en la Fig. 4-5 tienen cada vez mayores aplicaciones en las plantas industriales. Se incluyen entre sus usos las transmisiones que requieren una sincronización específica entre piezas que tienen movimientos relacionados entre sí, y otras que requieren una transferencia efectiva de potencia. Para este efecto, las transmisiones con banda de sincronización están construidas sobre la base de un principio de agarre dentado, de una manera muy similar a la de los dientes de un engranaje. Los dientes moldeados de la banda están diseñados para engancharse positivamente en los surcos de una manera suave y rotatoria. A diferencia de

casi todos los demás tipos de banda, su resistencia no proviene de su espesor, ni tampoco la fuerza de la transmisión, proviene de la fricción de contacto.

La construcción de estas bandas es similar a la de las bandas en V, y ellas poseen una componente tensora de cuerdas y una parte flexible de neopreno o de materiales similares recubierta con una tela. En este caso, la tela es de nylon. La línea de paso en una banda de sincronización se encuentra en la línea del cordado, mientras que en las bandas en V están en el punto neutro.

**Bandas Planas.** Las transmisiones de banda plana no se usan muy frecuentemente en las plantas industriales hoy en día. Estas han sido reemplazadas, en casi todos los casos, por transmisiones de bandas en V. Sin embargo, la industria impresora y textil emplea un gran número de transmisiones de banda plana. Además, las transmisiones de banda plana se utilizan también en muchas prensas para chapa metálica como así mismo en maquinaria más antigua.

**Poleas Acanaladas para Bandas en V.** Si bien existen solo dos tipos importantes de bandas en V que se utilizan comúnmente, hay en cambio, tres tipos de poleas acanaladas para banda en V que se emplea en conjunto con ellas. Evidentemente, las poleas acanaladas para bandas Standard y de ALTA CAPACIDAD son dos de estos tres tipos. El tercer tipo corresponde a la polea acanalada COMBINADA que se emplea tanto con los tipos A y B de bandas Standard. En las plantas industriales se emplean frecuentemente poleas acanaladas combinadas que tienen tanto bandas de transmisión de tipo A como de tipo B, con relaciones de reducción similares. Esto permite el intercambio de las bandas de transmisión y reduce la cantidad de piezas de recambio en el almacén.

**Poleas para bandas de Sincronización.** Las poleas para bandas de sincronización son fabricadas de diversos materiales tales como hierro fundido, plásticos, fibra moldeada, acero, y aluminio. Como ellas tienen superficies planas de contacto para las bandas, las poleas de diámetros menores están generalmente provistas de bridas para evitar que las bandas se deslice fuera de su posición. Las poleas mayores no requieren dichas bridas puesto que, en su caso, el área de contacto entre la polea y la banda es mayor. En el caso de bandas instaladas horizontalmente, es indispensable que ambas poleas estén provistas de brida.

**Poleas para bandas planas.** Las poleas para bandas planas no siempre son planas. Generalmente, las poleas impulsoras tienen un pequeño ABOVEDADO (elevación central). Este abovedado puede ser curvado o puede tener un pequeño vértice, dependiendo de la aplicación de la polea. Dicho abovedado tiene dos objetos; el primero es GUIAR (mantener en su posición) la banda para evitar que se deslice fuera de la polea, y el segundo, incrementar la fricción entre la banda y la polea al aumentar la tensión en las fibras de la banda. La cara de las poleas libres o de otras poleas no motrices puede ser plana o abovedada. Es importante recordar que el empleo de una banda plana en conjunto con una polea abovedada no es garantía suficiente de que la banda se mantendrá automáticamente en su posición. Es también importante la debida alineación del eje y de la polea. Si el eje no esta debidamente alineado, la banda terminara saliéndose fuera del borde de la polea.

**Poleas acanaladas para velocidad variable.** Las poleas acanaladas para velocidad variable se usan en las aplicaciones que requieren ajuste de velocidad periódica o en las que requieren un preciso control de la velocidad. Estos cambios de velocidad pueden ser menores (solo unas pocas rpm), o bien, o pueden ser mayores (varios cientos de rpm). La magnitud



del cambio de velocidad requerido depende de la transmisión y del tipo de poleas acanaladas de que se dispone.

Las poleas acanaladas de velocidad variable se dividen generales: el tipo de ajuste manual y el tipo accionado por resorte. El rango de los ajustes posibles en caso de las poleas acanaladas ajustables manualmente es menor que el de las accionadas por resorte. El diseño básico y los principios de funcionamiento son el mismo para todos los modelos, si bien sus apariencias y características pueden variar levemente de uno a otro.

**Poleas acanaladas ajustables manualmente.** Las poleas acanaladas ajustables manualmente se emplean en transmisiones que requieren solamente ajustes pequeños u ocasionales en estos casos la velocidad aproximada que se desea se selecciona mediante el empleo de un DP exacto para la polea acanalada. Mediante el empleo de una polea acanalada motriz ajustable, se puede lograr pequeños ajuste, de la velocidad de la transmisión con el objeto de obtener una velocidad determinada después de que la transmisión se encuentre funcionando. En general, las poleas acanaladas ajustables manualmente pueden lograr

variaciones de velocidad de aproximadamente 200 – 300 rpm. un tipo variado de polea acanalada ajustable para uso con una sola banda, tiene ambas bridas ajustables. Al ser ambas bridas ajustables, la banda permanece siempre centrada sobre la polea acanalada impulsora, eliminándose de esta manera el desgaste disparejo de las caras laterales de la banda. Las poleas acanaladas de surcos múltiples son de construcción similar a las de las poleas acanaladas de uno o dos surcos antes mencionadas. En algunos casos, las poleas acanaladas de surcos múltiples pueden tener una de sus bridas exteriores ajustables y la otra fija. Las bridas interiores se ajustan automáticamente. Cuando sea efectuado un ajuste a la brida móvil, las bridas interiores se desplazan a sus nuevas posiciones a consecuencia de la mayor

o menor presión ejercida por las bandas. Otras poleas acanaladas tienen todas las bridas correspondientes a un mismo lado de las bandas enganchadas a un miembro fijo, y todas las bridas opuestas enganchadas al miembro de ajuste.

**Instalación de bandas en V.** Si bien estas instrucciones se identifican como instrucciones para bandas en V, ellas son generales y se aplican a cualquier tipo de bandas. Los fabricantes de bandas tienen también instrucciones específicas que se aplican a sus tipos particulares de banda. Deben seguirse esas instrucciones en el caso en que difieran de las de este texto.

1. Asegúrese de que todos los suministros de potencia se encuentran desconectados y de que los interruptores se encuentran debidamente rotulados.
  - a. Inspeccione las poleas acanaladas para asegurarse que se encuentran limpias y libres de ralladoras o rebabas, así como también revisar el desgaste de los surcos.
2. Asegúrese de que usted esta empleando la banda adecuada para la polea acanalada, y se trate de una transmisión con bandas múltiples, que las diferentes bandas del conjunto son de las dimensiones correctas.
3. Afloje los tensores de modo que las bandas puedan ser puestas en los surcos sin forzarlas.
4. Ajuste los tensores hasta que las bandas no tengan holgura.
5. Verifique la alineación de la banda y de la polea acanalada.
6. Ajuste las bandas hasta obtener la tensión debida.

7. Después de varios días de funcionamiento de las bandas vuelva a reajustar los tensores.

Además, deben observarse ciertas precauciones de seguridad toda vez que se trabaje cerca de transmisiones de bandas en V. Una pequeña lista de dichas precauciones de seguridad incluye los siguientes puntos de observación:

1. No utilice prendas de ropa suelta. (corbatas, batas, bufandas etc.)
2. Después de efectuar el mantenimiento de la transmisión, vuelva a colocar en su sitio las protecciones.
3. Compruebe siempre el desgaste de las bandas en V.
4. Instale las bandas debidamente.
5. No emplee bandas viejas que hayan estado almacenadas durante largos periodos de tiempo.
6. Almacene las bandas en un lugar fresco, oscuro, y seco.
7. Almacene las bandas disponiéndolas horizontalmente o sobre un soporte curvado, pero nunca las cuelgue de un solo clavo o espiga.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

### **2.3.2 Transmisiones de Cadena.**

Aquí se verá en detalle los tipos más comunes de transmisiones de cadenas empleados en la industria. Entre ellas se incluye las cadenas de rodillos de una rama y de varias ramas, las cadenas sin rodillos, las cadenas silenciosas, las cadenas de doble paso, y las cadenas de fundición. También se explican las diversas clases de ruedas dentadas empleadas en las aplicaciones de transmisiones de cadena. Es importante que usted llegue a comprender por

que ciertas cadenas se emplean en conjunto con ciertas ruedas dentadas, y cuales son las cadenas y ruedas dentadas que pueden intercambiarse entre sí. Así mismo se verán los conocimientos básicos de mantenimiento y selección adecuado de las transmisiones de cadena de su planta.

¿Por que se utilizan transmisiones de cadena? Las transmisiones de cadena, al revés de lo que ocurre con las transmisiones de banda en V, no emplean la fricción para efectuar la transmisión de movimiento. El medio que emplean para la transmisión de movimiento es, en cambio, la acción directa, similar al contacto de un diente de un engranaje. Debido a esta transferencia de movimiento por acción directa, la eficiencia de las transmisiones de cadena es de aproximadamente un 98%. La cadena hace las veces de conexión entre la rueda dentada impulsora y la rueda dentada impulsada, permitiendo así que ambas se encuentren separadas por una cierta distancia. Si bien es cierto que la cadena es flexible, solo pueden ser empleadas para transmitir movimiento en línea recta entre las ruedas dentadas (sprockets). La cadena no puede efectuar cuartos de vuelta ni invertirse par formar un ocho, tal como la correa en V

---

puede hacerlo. Sin embargo, las cadenas tienen varias características ventajosas que no poseen las bandas en V.

Una de estas ventajas es el amplio rango de potencias de transmisión de que puede disponerse con el empleo de cadenas compactas simples de una sola rama. Se puede lograr una potencia adicional si se emplean dos o tres ramas de cadenas, tales como sea necesario. Asimismo, la cadena puede ser impulsada desde ambos extremos, sin necesidad de invertirla. Además de lo anterior, el paso de cadena contribuye a su propio tensamiento en el lado suelto o lado de holgura de la transmisión. Esto hace innecesario el ajuste que se requiere en una transmisión de bandas en V para mantener el debido contacto de fricción. Sin embargo, las

cadena de transmisión también se alargan, con el resultado de que ocasionalmente los tensores deben ser ajustados, o bien, que uno o dos eslabones deben ser removidos de la cadena. Otra característica importante es que las cadenas de transmisión pueden ser colocadas en cualquier parte de una maquinaria motriz sin tener mayores problemas de montaje o desmontaje. Esto se logra debido al diseño eslabonado, que le permite a usted colocar el tramo de cadena en su posición y acoplar sus extremos a continuación.

**Catarina Motriz.** En general, la rueda dentada impulsora es la más pequeña de las dos ruedas dentadas y es la que gira con un mayor número de RPM.

**Catarina conducida.** En general, la rueda dentada impulsada es la mayor de las dos ruedas dentadas y la que gira con un menor número de RPM.

**Paso de la cadena.** Es la distancia (en pulgadas) medida desde el centro de uno de los pasadores de conexión hasta el centro de la siguiente. En las cadenas que tienen eslabones de bloque sólido, el paso de la cadena se mide entre los espacios alternados.

**Distancia entre centros.** La distancia entre centros es la distancia en pulgadas entre los centros de los ejes impulsor e impulsado.

**Longitud de la cadena.** La longitud de la cadena es la distancia entre la línea central del pasador de conexión en un extremo del tramo hasta el correspondiente agujero de conexión que se encuentra en el extremo opuesto del tramo. Las cadenas pueden medirse en pies y pulgadas, o bien en pasos.

**Capacidad nominal de la cadena.** La capacidad nominal de la cadena, o carga de trabajo recomendada, es la carga en libras que la cadena puede aceptar satisfactoriamente durante

varios periodos de tiempo. La mayor parte de los fabricantes expresan la capacidad nominal de sus cadenas en carga de trabajo máxima o media.

**Resistencia final.** Es la resistencia de la cadena inmediatamente antes de su ruptura. Esta magnitud **no es** un factor decisivo en la selección de la cadena. Sin embargo, ella le indica a usted la capacidad de golpe de carga que la cadena tiene.

**Diámetro de paso.** Es el diámetro de un círculo teórico descrito por la línea central de la cadena cuando ella pasa sobre la rueda dentada (sproket) el D. P. De una rueda dentada llega normalmente por debajo de la punta del diente o del diámetro exterior (D. E. ) de la rueda dentada.

En el caso de transmisiones que tienen dientes mas cortos (tal como en el caso de las cadenas silenciosas), el diámetro de paso puede ser mayor que el diámetro del círculo que pasa por el extremo de los dientes.

**Transmisiones de cadena de rodillos.** Las transmisiones de cadena de rodillo son las mas comúnmente empleadas en la industria. Algunas de sus aplicaciones incluyen las transmisiones de transportadores, las transmisiones de maquinaria, las transmisiones de sincronización, y algunas aplicaciones de montacargas. En el caso de los montacargas, las cadenas de rodillo se emplean a veces para levantar y bajar las orquillas. Otros ejemplos de uso de transmisiones de cadena en instalaciones industriales incluyen las barredoras mecánicas o aspiradoras, como así mismo la mayor parte de las maquina fotocopiadoras.

Debido a su empleo extensivo en toda la industria, se han desarrollado estándar para las cadenas de rodillo. Esta estandarización permite que las cadenas fabricadas por una compañía puedan ser intercambiadas sin mayores problemas por las que son fabricadas pro

otra compañía siempre que lleven un número de identificación similar. Frecuentemente, la preferencia en el empleo sobre otros está determinada por la experiencia personal del ingeniero de la planta, del personal de mantenimiento, o del fabricante que suministra la máquina.

La cadena de rodillos tiene esa designación debido a que los rodillos que hacen contacto con los dientes de la rueda dentada giran en torno a unos casquillos. Esta acción giratoria permite que el rodillo tenga un contacto rodante, y no tanto deslizante, con los dientes de la rueda dentada, disminuyéndose así el desgaste de la cadena. La acción deslizante interna tiene lugar entre el rodillo y el casquillo.

La mayor parte de las transmisiones de cadena de rodillo utilizan una sola rama de cadena. Las transmisiones de cadena de rodillos de alta potencia emplean frecuentemente varias ramas de cadena. Las cadenas múltiples de rodillos tienen los mismos tamaños que las cadenas simples de rodillo, pero sus anchuras son correspondientemente mayores. El paso, el ancho del rodillo, y el diámetro del rodillo son iguales. Las cadenas de rodillos son de una

---

construcción simple que incluye placas conectadas por pasadores y rodillos que se encuentran entre las placas laterales. Las PLACAS LATERALES son de dos clases, según ellas pertenezcan a un ESLABÓN DE PASADORES o a un ESLABÓN DE RODILLOS.

Los eslabones de pasadores van colocados por fuera de los eslabones de rodillos y conectan a estos últimos entre sí. Debido a esta combinación alternada de eslabones de pasadores y de rodillos, las cadenas se ordenan normalmente de modo que tengan un número par de pasos. Si no pudieran emplearse además con una cantidad de un par de pasos, pueden emplearse un eslabón de conexión compensador (que a veces se llama medio eslabón) con el objeto de agregar un paso.

Casi todos los fabricantes producen cadenas de transmisión de rodillos tanto del tipo estandarizado como del tipo no estandarizado. Las de este último grupo son cadenas especializadas cuyas capacidades son similares a las de las cadenas que cumplen las normas ASA, pero tienen algunas de sus dimensiones características diferentes, tales como el paso, la anchura de los rodillos, y otras. En general, estas cadenas se fabrican para aplicaciones especiales. Además de lo anterior, las cadenas que cumplen las normas se suministran en diversos materiales. Dichos materiales incluyen aceros y otros materiales de aleación, y cadenas prelubricadas.

Las cadenas sin rodillos se encuentran entre las diversas modificaciones existentes de las cadenas de rodillos estándar. Dicho tipo de cadenas se emplean frecuentemente como cadena como cadena de elevación en pequeñas grúas de brazo giratorios o en otros dispositivos pequeños de izamiento. También se emplean cadenas sin rodillos en aplicaciones en las cuales existen atmósferas arenosas o abrasivas que provocan importante desgaste de las superficies de contacto entre los casquillos y los rodillos. Sin embargo, las cadenas sin rodillos provocan un desgaste mayor de las superficies de contacto entre la cadena y los dientes de la rueda dentada o catarina. Pero este problema puede considerarse si se le compara con el desgaste de la cadena y con los demás problemas que se producirán empleando una cadena de rodillos.

**Cadenas de Doble Paso.** Ciertas transmisiones utilizan cadenas de rodillos de doble paso en lugar de la cadena de rodillos de paso simple. Las diferencias entre ambas son menores, con excepción de que la longitud de los pasos está duplicada. La cadena con el número ASA estándar 2040 tiene un paso de una pulgada. El “2” indica que se trata de una cadena cuya longitud de paso es igual al doble de la que corresponde a la cadena estándar #40 (de paso



igual a ½ pulgada). Todas las demás características de la cadena, tales como la anchura y el diámetro de los rodillos y el espesor de las placas laterales, no cambian. Este tipo de cadenas se emplean en aplicaciones de servicio liviano con velocidades bajas o moderadas y con grandes distancias entre los centros de las ruedas dentadas. La resistencia proviene más bien de las barras laterales y de los pasadores, que de la cantidad de los mismos incluidos en la cadena.

Las cadenas de doble paso se suministran también con el diseño sin rodillos. Además, algunas cadenas tienen rodillos de tamaños extra grandes que sobrepasan la altura de las placas laterales. Estos tipos, sin embargo, se emplean más frecuente en transportadores que en transmisiones.

**Cadenas de Placa.** No se emplean normalmente como cadenas de transmisión. Sólo se mencionan aquí por su similitud con las cadenas de rodillos. Las cadenas de placa se emplean frecuentemente en dispositivos de elevación tales como montacargas o como articulaciones tensoras en dispositivos de transmisión de movimiento. Una pequeña

---

modificación de la cadena de placas es la denominada cadena para llaves de tuercas. Ambas son muy semejantes entre sí excepto que en la cadena para llaves de tuercas los pasadores conectores sobresalen de los lados de las cadenas. En la mayor parte de los casos, estas cadenas se emplean en las prensas de rodillos o en las llaves de tuerca utilizadas por los instaladores de tuberías y por plomeros.

**Cadenas de Transmisión Silenciosas.** Las cadenas silenciosas se parecen a las cadenas de placa en la apariencia del tipo entramado que se observan cuando están montadas. Sin embargo, la similitud llega solamente hasta ahí.

Las transmisiones de cadena silenciosa se han utilizado durante muchos años en aplicaciones industriales tales como las transmisiones de bomba, ventiladores, sopladores, y otras maquinarias pesadas. Debido al engranaje por acción directa del diente de la cadena de la catarina, este tipo de cadena se utiliza frecuentemente para transmisiones de cadena sincronizadora. Las cadenas silenciosas se suministran con pasos comprendidos entre 3/16 pulgada y 2 pulgadas, y con anchuras variables aproximadamente entre un ¼ “hasta 20 pulgadas” el diseño de los pasadores conectores y los métodos de instalación varían de un fabricante a otro tales como las cadenas de rodillos, las cadenas silenciosas tienen un eslabón maestro o de conexión que permite la fácil instalación y remoción de la cadena.

La mayor parte de las cadenas silenciosas están fabricadas con aceros con alto contenido de carbón o con aceros aleados, todos ellos tratados térmicamente. Algunas cadenas se suministran, además, no corrosivos (inoxidables). Casi todas las cadenas corresponden a uno los siguientes tipos: simple, sin superficies de seguimiento, con una guía interior (simple o múltiple), o con una brida de seguimiento, exterior o lateral. Además de lo anterior, algunos

---

fabricantes producen una cadena reversible que tiene perfil dentado sobre sus dos caras de contacto. Esto permite invertir la impulsión de la rueda dentada empleando la misma cadena y sin que esta deje transmitir potencia a las demás ruedas dentadas.

**Cadenas de transmisiones de acero.** Las cadenas de acero no están estandarizadas en grupos como las cadenas de transmisión de rodillos. Normalmente se emplean en transmisiones de servicio pesado de alta potencia nominal y de baja velocidad de la cadena o bajo número de rpm de la rueda dentada; aplicaciones de este tipo incluyen las transmisiones para tambores o bancos de gran tamaño, y las transmisiones para transportadores de servicio pesado. Las cadenas se dividen en dos clases generales con placas laterales RECTAS y las

cadenas con placas laterales CON INFLEXIÓN. Cada una de estas categorías debe ser subdividida en tipos de cadena con rodillos y sin rodillos. Las cargas de trabajo de las cadenas varían a partir de unas 1,000 libras hasta llegar a valores tan altos como las 20,000 libras.

Los tipos de cadena de rodillo usados más frecuentemente son los que tienen placas laterales con inflexión, y por esta razón, las describiremos aquí con más detalle que los otros tipos. Los de aquel tipo de cadenas de transmisión varían entre 1-1/2 pulgadas y 7 pulgadas. Este es un gran rango de variación si se le compara con el correspondiente a las cadenas de transmisión de rodillos o silenciosas que fueron discutidas previamente. Sin embargo, y debido a los mayores pasos, las cadenas tienen placas laterales de espesor y altura mayores, y rodillos de mayor anchura y diámetro. Estos son los factores que confieren a estas cadenas sus altas potencias nominales.

En cuanto a su construcción, la cadena de rodillos con placas laterales con inflexión es similar a la cadena de rodillos. Los rodillos están fijos sobre unos casquillos que mantienen

juntas las placas laterales en la parte más angosta de la cadena. Los pasadores de la cadena pasan a través de los casquillos y conectan entre sí las partes más separadas de las placas laterales. Los pasadores pueden ser remachados o fijos mediante chavetas de dos patas para ir formando así el tramo de cadena. Este tipo de construcción con placas laterales con inflexión, permite que la cadena pueda ser suministrada en múltiplos cualesquiera de un paso. Por ejemplo, usted puede tener una cadena de 47, 48 o 49 pasos sin necesidad de tener ningún eslabón conector especial.

Cuando se emplean cadenas sin rodillo con placas laterales con inflexión, se acostumbra incrementar el espesor de la pared del casquillo de la cadena. Esto se hace así para

contrarrestar la acción deslizante de la cadena en sus puntos de contacto con la rueda dentada. Los casquillos pueden ser soldados o montados a presión en la garganta mas angosta del eslabón. El procedimiento que se utilice lo determina la compañía que produce la cadena. En algunos casos se emplean simultáneamente el montaje a presión y el soldado como medios para garantizar un empalme firme.

**Cadenas de transmisión de fundición.** Las cadenas de fundición para equipos de transmisión se emplean en muchas plantas industriales. Sin embargo, sus aplicaciones no se encuentran tanto en los campos de la alta velocidad o del control de precisión, sino que mas frecuentemente, en situaciones en que las condiciones operacionales anormales incluyen las atmósferas químicas corrosivas, el polvo, el agua, (tanto cuando se trata de neblina o de inmersión en agua), y el calor. Las propiedades que permiten el funcionamiento satisfactorio de estas cadenas bajo condiciones adversas, se derivan directamente del material de que están hechas.

Básicamente, la mayor parte de las cadenas están hechas de hierro maleable. Con el objeto de mejorar su resistencia y sus características en cuanto al transporte de carga, los fabricantes emplean diversos procesamientos para elevar la calidad del hierro maleable y transformarlo en un producto de alta resistencia. Estas cadenas de alta resistencia consiguen también una superficie más durable o más resistente a las condiciones atmosféricas. Los eslabones de la cadena se sujetan mediante remaches o pasadores de acero tratados térmicamente. En algunas aplicaciones, los pasadores son de latón o de otros metales no corrosivos.

La mayor parte de los fabricantes de cadenas suministran productores similares que pueden ser utilizados en forma intercambiable. Sin embargo, deben tomarse todas las precauciones para garantizar que todas las dimensiones de las diferentes cadenas sean lo suficientemente similares. Se producirán diversos problemas si no se tiene el suficiente cuidado al respecto.

Las cadenas de transmisión fundidas se producen con una gran variedad de longitudes de paso que aproximadamente varían entre 1-1/2 pulgada a 4 pulgadas. Ocasionalmente, usted podrá encontrar cadenas con pasos de hasta 6 pulgadas. Sin embargo, estos tamaños mayores no son usados frecuentemente en las transmisiones. La carga de trabajo de la cadena varía entre las 500 y las 5,000 libras.

**Ruedas dentadas.** Existen unas pocas características comunes a todas las ruedas dentadas, ya sea que éstas estén fabricadas de acero, de acero fundido, de hierro fundido, o que se empleen en transmisiones de cadena de precisión o del tipo de fundición. Las ruedas dentadas más grandes tienen generalmente agujeros de aliviamiento con el objeto de reducir

el peso de la rueda dentada. Si bien estas ruedas dentadas no son en realidad del tipo con brazos, pueden ser consideradas como tales porque se les asemejan. Tanto las de masa sólida como las del brazo pueden ser de construcción partida, tales como la señala la ilustración. Este tipo de construcción partida facilita la instalación de la rueda dentada en áreas que serían inaccesibles de otro modo.

Una variante del tipo con masa sólida tiene la dentadura compuesta de segmentos que se atornillan a la masa. Sin embargo, este tipo de ruedas dentadas no se usa frecuentemente en transmisiones, y sólo se menciona aquí con el objeto de que usted sepa que tal tipo puede ser suministrado.

Los dientes de la mayor parte de las ruedas dentadas fabricadas de acero son endurecidos después del torneado para conferirles una vida útil más prolongada al desgaste. Los dientes (o toda la corona exterior) de las ruedas dentadas de hierro fundido se funden en un molde especial para **TEMPLADO SUPERFICIAL (acero frío)**. De esta manera se obtiene una superficie de desgaste dura sobre toda la superficie del diente.

Debido a las restricciones de espacio existentes a veces para la instalación o montaje de las cadenas de transmisión de rodillos, los enchufes de las ruedas dentadas son fabricados según diseños muy diferentes.

Se puede observar que las ruedas dentadas del tipo A son planas y no tienen ningún tipo de enchufe. Las ruedas dentadas del tipo A van montadas generalmente en bridas o enchufes del propio dispositivo que están impulsando. Esto se logra mediante una serie de agujeros (sencillos o provistos de rosca hembra). Las ruedas dentadas del tipo A se utilizan también en embragues de fricción con transmisión de cadena.

Los enchufes de la ruedas dentadas del tipo B van embutidas a ras por un lado y se prolongan levemente por sobre el otro. La prolongación del enchufe por un lado permite montar la rueda dentada de modo que quede muy cerca de la maquina en la cual va montada. Esto elimina el efecto de grandes cargas en cantiliver sobre los cojinetes del equipo. Las ruedas dentadas del tipo B se emplean generalmente como ruedas dentadas impulsoras, o de menor diámetro, de la transmisión.

Los enchufes del tipo C se extienden hacia fuera de ambas caras de la rueda. Generalmente se emplean como ruedas dentadas impulsoras, en cuyo caso el diámetro de paso es mayor y el eje tiene que soportar mas peso. En todo los casos, la selección del

enchufe queda determinada por la magnitud de la carga. Naturalmente, si la carga es mayor, mayor deberá ser el enchufe de la rueda dentada.

Ocasionalmente se emplea un cuarto tipo de rueda dentada que se conoce como tipo D. Básicamente, consiste en el empleo de un enchufe sólida o partida sobre el cual se a montado una rueda montada de tipo A. Las rueda dentada del tipo A es partida y va atornillada al enchufe, pudiendo removerse por secciones.

Según cual sea la aplicación de que se trate, los enchufes B, C, y D, se suministran provistas de un agujero taladrado simple, o bien, de tornillos de fijación y/o cuñeros. En el caso de ruedas dentadas que vayan a emplearse como ruedas dentadas libres o en dispositivos para tensar la cadena, el agujero debe ser liso la fijación de la rueda dentada se obtiene entonces mediante placas de bloqueo u otros dispositivos. En la mayor parte de los casos, las ruedas dentadas se utilizan en transmisiones y por lo tanto, deben de estar provistas de un asiento para cuña y de uno o dos tornillos de fijación.

Las ruedas dentadas de transmisión tienen muy frecuentemente CUÑEROS AHUSADOS.

Al martillar la cuña para fijar en su posición, se consigue un efecto de acuñamiento. No se proporciona tornillos de fijación con ese tipo de cuña. La cuña puede tener una cabeza en su extremo mayor con el objeto de facilitar su remoción después de haberla insertado. Cuando se emplean cuñas, se utilizan enchufes de mayor diámetros con el objeto de conferirles la resistencia adicional necesaria para la debida transmisión de la fuerza motriz. Ciertos enchufes puede tener casquillos cónicos en lugar de agujeros rectos y cuñeros.

En las transmisiones que emplean cadenas de doble paso se utilizan dos tipos ruedas dentadas. Estas ruedas dentadas se suministran generalmente en placa sólida y pueden ser de SERVICIO SIMPLE O DE SERVICIO DOBLE. La rueda dentada de servicio simple

engrana la cadena de cada uno de sus puntos. La rueda dentada de servicio doble tienen un número de impar de dientes espaciados a distancias iguales a la mitad de paso. En cada vuelta, un diente diferente engranara la cadena. Se duplica así la vida útil de los dientes de la rueda dentada. Casi todos los dientes de las ruedas dentadas para cadena pueden también invertirse en cortos periodos de tiempo si esto fuera necesario en emergencias.

Se señaló anteriormente, que la cadena de transmisión no son tan flexibles como las correas de transmisión en V. Por esta razón, deben tomarse ciertas precauciones durante la instalación de dichas cadenas. De hecho, la instalación de cadenas de transmisión no es un procedimiento muy complicado siempre que se observe las siguientes etapas simples:

1. Los ejes impulsores e impulsado deben de estar nivelados y alineados paralelamente. Esta alineación puede lograrse por diversos medios tales como la medición como Vernier o calibradores o mediante una barra espaciadora.
2. La alineación de las ruedas dentadas deberá también verificarse con un canto recto colocado sobre la cara de la rueda dentada.
3. Instale la cadena de modo que quede un poco bombeada en el lado flojo y que el lado impulsor quede tensado. (el abombamiento de la cadena debe ser aproximadamente  $\frac{1}{4}$  de pulgada por cada 10 pulgadas de distancia entre los centros de la rueda dentadas.)
4. Instale las protecciones de la cadena para garantizar la seguridad del todo personal de la planta.
5. Asegúrese de que la cadena recibirá la lubricación debida.
6. Verifique periódicamente las señales de desgaste de la cadena de transmisión y el estado de los aceites lubricantes.



7. Emplee exclusivamente practicas de trabajo seguras al instalar la cadena de transmisión. En dichas practicas no debe incluirse solamente las técnicas adecuadas de trabajo, sino que también el empleo en la debida forma de las herramientas y equipos mecánicos.

### 2.3.3 Reductores de Velocidad

En esta parte se describen los reductores de velocidad más comunes, que incluyen reductores de ejes paralelos y en línea. También se explican los reductores de engranajes de ejes de ángulo recto y verticales.

#### ¿Por qué usar Reductores de Velocidad?

Los reductores de velocidad generalmente se utilizan en plantas industriales para reducir la velocidad entre un motor y la parte impulsada por el mismo. Esta reducción de velocidad en el reductor puede ser parcial o completa. Cuando la reducción es parcial, se emplea otro

---

medio para reducir la velocidad, frecuentemente transmisiones de banda en V o transmisiones de cadena. Cuando el reductor realiza la reducción completa, el eje de entrada del reductor va acoplado al motor impulsor y el eje de salida va acoplado directamente a la máquina impulsada.

Los reductores utilizados en plantas industriales varían en su tamaño, de reductores de potencia menor de un caballo, de reducción sencilla, a reductores de reducción múltiple que pesan de cien caballos de fuerza. Generalmente es el fabricante del equipo, que suministra la máquina, el que determina el tamaño, tipo de selección del reductor utilizados con un componente específico de equipo. Si una planta compra un reductor, la selección del

reductor normalmente está a cargo del ingeniero de la planta. También es posible consultar al departamento de mantenimiento para determinar si se desea un reductor específico.

### **2.3.3.1 Reductor Concéntrico-Colineal “sin engranes” de Sumitomo**

#### **Reductores de Ejes Concéntricos o bien Colineal**

Los reductores de Ejes Concéntricos son uno de los tipos más comunes utilizados en la industria. También se les llama reductores en línea, motores de engranaje y motorreductores.

Los reductores concéntricos pueden ser impulsados por un motor, o por otros medios. Si se trata de un reductor concéntrico, el motor puede estar montado en la misma base que el reductor, o montado en una base atornillada al reductor mismo. Además, algunos motores tienen montaje Integral, con el alojamiento del reductor concéntrico (es decir, forman parte del alojamiento).

Básicamente, los alojamientos de reductores son de hierro fundido, acero fundido o acero soldado, según el fabricante. Cada tipo de alojamiento tiene sus propias ventajas específicas.

Los ejes (entrada y salida) del reductor normalmente van montados en una línea centro común, pero son de construcción partida. El eje partido es necesario para permitir las dos velocidades diferentes de los ejes. La transferencia de fuerza y reducción de engranajes ulterior entre los ejes partidos se obtienen mediante el uso de ejes intermedios o ejes locos. Generalmente su montaje es descentrado (a un lado o hacia abajo) con relación a los ejes de entrada y de salida. En el caso de una unidad de reducción sencilla, los ejes de entrada y de salida se colocan en la misma línea vertical, pero con un eje longitudinal horizontal diferente.

La mayoría de los reductores de ejes concéntricos se pueden instalar en unidades estándar, de reducción sencilla hasta reducción cuádruple. Todos los reductores concéntricos cuentan

con bloques o patas de montaje en el fondo o base del reductor. Estas patas permiten el montaje del reductor sobre una máquina u otra estructura. Es posible montar los reductores con los ejes en posición horizontal (derechos o girados) o lateral en un muro. También se los puede montar con el eje vertical a través de sus montajes normales de patas. Además, se fabrican soportes con formas especiales para la mayoría de los reductores, que permiten montarlos con el eje vertical sobre una superficie horizontal.

Los montajes verticales deben realizarse con cuidado como consecuencia de los requerimientos especiales de los obturadores de aceite. Con los ejes en una posición horizontal, el nivel del aceite no es lo suficientemente alto como para que se produzcan fugas, y los sellos de aceite suministrados son adecuados.

El principio del REDUCTOR CYCLO fue desarrollado y promovido por el Sr. Lorenz Baren de Alemania, comenzando la producción comercial inicial en 1931 por Cyclo Getriebebau Lorenz Baren K.G. en Munich. Bajo un acuerdo de licencia de Cyclo Getriebebau, Sumitomo

condujo extensas investigaciones teóricas y de laboratorio para mejorar el Reductor Cyclo creado en Alemania. Como consecuencia de esto, en 1939 estaba comercialmente disponible una unidad compacta y liviana con tamaños desde 1/16 HP hasta 300 HP con la marca REDUCTOR CYCLO DE SUMITOMO.

Desde el inicio de la producción en 1939 y hasta la fecha, se han fabricado y comercializado una cantidad total de 5'000,000 de unidades Reductores Cyclo de Sumitomo en todas las ramas de la industria.

Sumitomo es fabricante y proveedor líder de equipos de engranes para transmisiones en Japón, equipado con las instalaciones de producción más modernas, incluyendo máquinas de procesamiento automatizado y un laboratorio de investigación bien equipado. Si bien la producción actual del Reductor Cyclo es mayor que 20,000 unidades por mes, se espera que esta producción aumente muchas veces dentro de los próximos años. La investigación constante tiene lugar simultáneamente con el desarrollo de materiales y técnicas de producción para mayores mejoras del Reductor Cyclo.

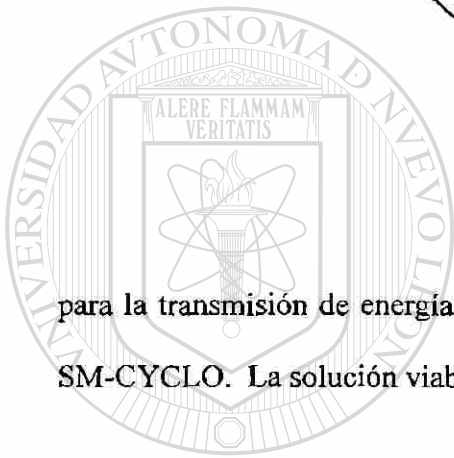
Si bien el Reductor Cyclo de Sumitomo y el Reductor Cyclo alemán están basados en el mismo principio común, por razones de diferencia en ideas de diseño y métodos de fabricación, no pueden intercambiarse las piezas.

### Información General

**El nombre CICLO.** Se deriva de la palabra griega KYKLOS que significa círculo y se refiere al disco SM-CYCLO cuyo perfil externo describe una curva cicloidal.

### Más de 60 años Desarrollando el Producto

El principio único de operación del SM-CYCLO fue inventado por el ingeniero alemán, Lorenz Baren en 1931. Su ingenioso diseño ha continuado su desarrollo progresivo hasta la fecha. Más de 6,000,000 unidades vendidas Los reductores de velocidad SM-CYCLO se emplean cotidianamente en industrias en todo el mundo reemplazando las unidades convencionales como la helicoidal, el tornillo sin fin, el engrane cónico y el cilíndrico de dientes rectos.



### **Muchas Opciones...**

para la transmisión de energía mecánica y eléctrica se encuentran en el rango de productos SM-CYCLO. La solución viable es SM-CYCLO.

---

#### Experiencia en la Transmisión de Energía

Además de amplios conocimientos de aplicación, contamos con 60 años de experiencia en la transmisión avanzada de energía.

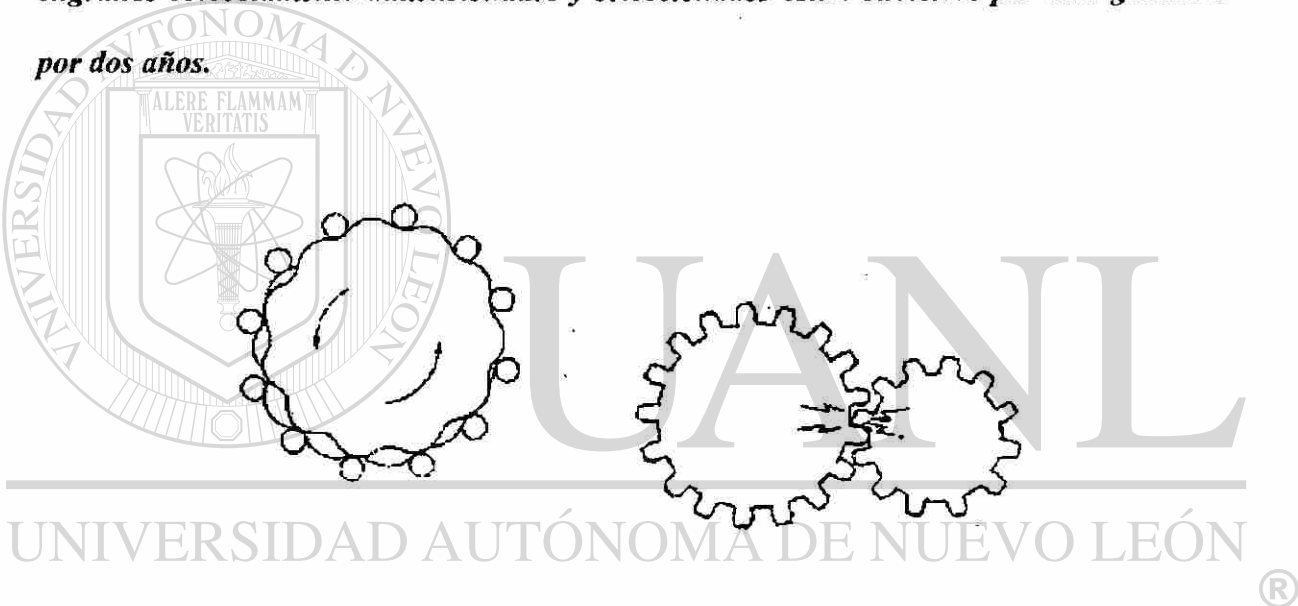
#### Soporte Técnico para el Producto en Todo el Mundo

Nuestros centros de producción y distribución en todo el mundo brindan un soporte técnico rápido y competente además de ofrecer asistencia en el diseño, selección de aplicaciones, instalación y servicio post-venta.

## **Características y Beneficios**

### Extraordinaria confiabilidad – 2 años de garantía

Los reductores de velocidad CICLO son reconocidos por su excelente confiabilidad y larga vida útil – 20 años de servicio libre de problemas no es una condición inusual. Esta confiabilidad se debe en parte a los estrictos controles de calidad en las especificaciones de material y a los cuidadosos procedimientos de ensamble. Pero también se debe a la ausencia total de fricción de deslizamiento. *Los reductores de velocidad SM-CYCLO y motores de engranes correctamente dimensionados y seleccionados están cubiertos por una garantía por dos años.*

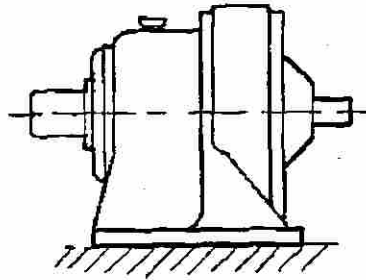


### **Capacidad de Sobrecarga de Choque del 500%**

**El sistema SM-CYCLO tiene muchos puntos de contacto simultáneos lo que garantiza que las cargas de choque se distribuyan entre aproximadamente dos terceras partes de los dientes cicloidales, de manera que puede soportar cargas de choque intermitentes y momentáneos de hasta 500% sobre el momento de torsión nominal.**

### Tamaño Compacto

Existen relaciones de reducción de 6:1 hasta 119:1 para el de fase única. Las fases triples de reducción ofrecen relaciones de casi 1,000,000:1.



### **Economía**

Costo inicial competitivo, alta confiabilidad, larga vida útil y mantenimiento mínimo le dan la ventaja de economía superior a los reductores de velocidad SM-CYCLO al compararlos con las cajas de engranes tradicionales.

### Ideal para Aplicaciones de Ciclado Frecuente

Debido a la baja inercia, el reductor de velocidad SM-CYCLO, cuando se dimensiona correctamente, es ideal para trabajos de paro-y-arranque y reversas frecuentes.

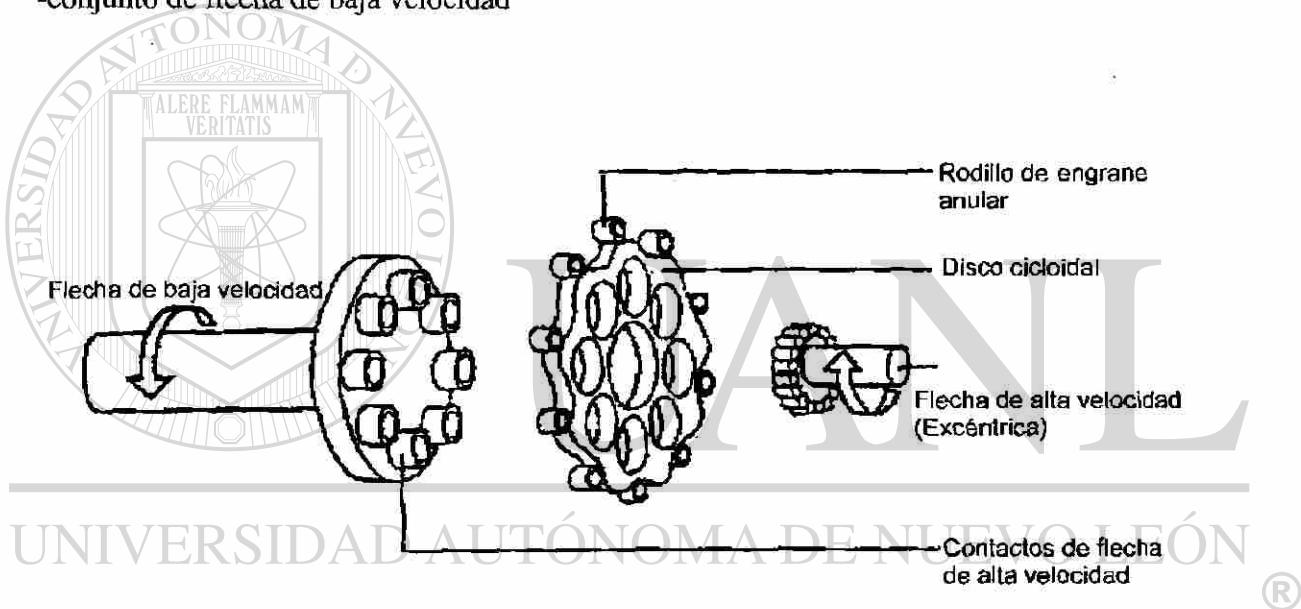
### Bajo Nivel de Ruido

Comparado con el contacto deslizante de dientes de los engranes convencionales, el contacto corrido del sistema SM-CYCLO brinda un bajo nivel de ruido.

## Principio de Operación

El sistema de reducción de velocidad del SM-CYCLO se basa en un principio ingeniosamente sencillo brindando muchos beneficios al diseñador y usuario de motores de transmisión de energía. Básicamente, el reductor de velocidad consta de sólo tres partes principales móviles:

- flecha de entrada de alta velocidad con leva excéntrica y rodamiento de rodillos integrados
- discos cicloidales
- conjunto de flecha de baja velocidad



## DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Conforme gira la leva excéntrica, gira los discos cicloidales alrededor de la circunferencia interna del engrane anular estacionario. La acción resultante es similar a la de una rueda girando alrededor el interior de un anillo. Conforme se desplaza la rueda (disco cicloidal) en sentido de las manecillas del reloj alrededor del anillo (caja del engrane anular), la rueda misma gira lentamente sobre su propio flecha en sentido contrario a las manecillas del reloj. En el sistema SM-CYCLO el perfil cicloidal alrededor de la orilla externa del disco encaja progresivamente con los rodillos de la caja fija del engrane anular para producir una rotación



inversa a velocidad reducida. Para cada revolución completa de la flecha de alta velocidad, el disco cicloidal gira un paso cicloidal de dientes en dirección opuesta. En general, el disco tiene un diente cicloidal menos que los contactos de la caja fija del engrane anular, dando por resultado que las relaciones de reducción sean numéricamente iguales al número de dientes cicloidales del disco. (NOTA: En algunas relaciones, el disco cicloidal tiene dos dientes menos que el número de contactos de la caja del engrane anular.)

La rotación reducida de los discos cicloidales se transmite a la flecha de baja velocidad por medio de los contactos de la flecha de baja velocidad y los rodillos que encajan en los agujeros ubicados alrededor del centro de cada disco.

Normalmente se usa un sistema de dos discos con doble leva excéntrica que incrementa la capacidad de torsión y brinda una transmisión excepcionalmente suave y libre de vibraciones.

---

### **Información Básica y Recomendaciones**

#### Construcción Resistente

Las cajas del SM-CYCLO están hechas de hierro fundido gris GG20, salvo para los dos tamaños más pequeños que los el 4075 y 4085 que están hechos de aluminio, y las cajas de los tamaños 4205-4265 son de hierro dúctil. Todos los componentes de transmisión de energía están hechos de acero endurecido, templado y molido. Las unidades estándar cuentan con sellos para el aceite de la flecha de Caucho Nitrílico (NBR, DIN 3760). El acabado exterior del motor de engranes, un esmalte a base de agua, corresponde al verde oscuro Pantone 567C y resiste los ácidos suaves y álcalis, además de ser resistente a la luz e

impermeable. Las unidades lubricadas de aceite (tamaños 4130 al 4275) incluyen un indicador del nivel de aceite, filtro de aceite y tapón de ventilación de aire.

### Potencia de Servicio del Motor

Los reductores de velocidad SM-CYCLO estándar están diseñados y construidos para brindar un servicio prolongado, libre de mantenimiento, durante 8 horas diarias bajo condiciones de carga uniforme. Cuando el uso implica condiciones más severas, las potencias de servicio de catálogo se deben dividir entre el adecuado factor de servicio, o bien la carga real se debe multiplicar por dicho factor.

### Sobrecargas Excepcionales

Si se selecciona correctamente, el reductor de velocidad SM-CYCLO manejará sobrecargas intermitentes de choque de hasta un 500%. Aún para usos de trabajo pesado, las unidades están garantizadas por 2 años a partir de la fecha de envío, sujetas a nuestros términos y condiciones estándar de venta.

### Dirección de la Rotación del Flecha

Para las unidades de reducción simple y triple, la flecha de baja velocidad gira en dirección opuesta a la flecha de alta velocidad.

Para las unidades de reducción doble, los flechas de baja y alta velocidad giran en la misma dirección. En todos los tipos de reducción, las flechas de alta y baja velocidad son coaxiales.

## Eficiencia

La torsión de salida y la potencia marcadas en nuestras fórmulas de selección se calculó tomando en cuenta las siguientes eficiencias: 95% para unidades de reducción sencilla, y 85% para las de reducción doble, con la excepción de relaciones muy altas en los casos en los que la fase de entrada puede estar operando muy por debajo de su capacidad nominal. En estos casos, se recomienda una potencia mínima de entrada en la tabla y esta potencia quedará limitada por la cifra de torsión nominal de salida, no por la potencia de entrada; es decir, no se debe aplicar la potencia total de catálogo.

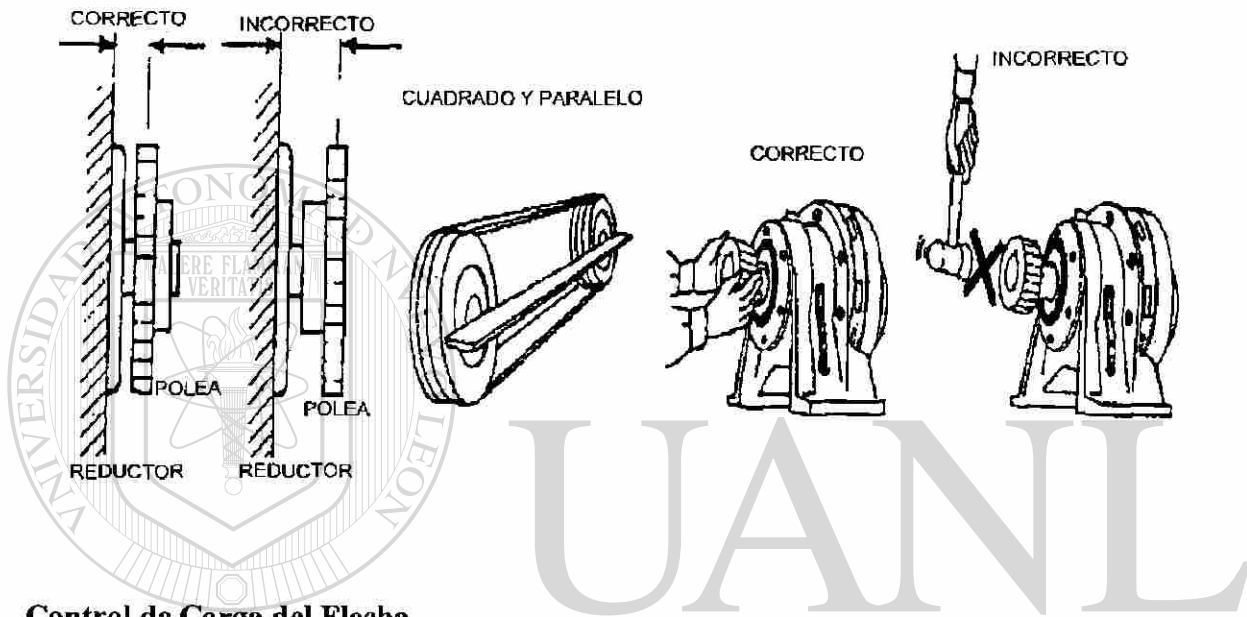
## Temperatura Ambiente

Los reductores de velocidad SM-CYCLO pueden trabajar en un rango de temperatura ambiente desde -10 grados Centígrados hasta +50 grados Centígrados. Para temperaturas ambiente mayores o menores, favor de contactar a **SUMITOMO Machinery of America.**

## Conexión de Flechas

Las poleas, ruedas dentadas y piñones se deben montar lo más cerca posible al cojinete de la flecha, evitando colocar el punto efectivo de carga radial más allá del punto medio de la flecha protuberante con el fin de evitar una carga innecesaria sobre el cojinete y la distorsión de la flecha. Las bandas y cadenas no deben apretarse de más. Una instalación cuidadosa y precisa es esencial para obtener los mejores resultados y una operación libre de problemas. Durante la instalación, se deben verificar los flechas para asegurar que estén paralelos y nivelados. La precisión de la alineación después del montaje se puede verificar con un cordón o un nivel apoyado en las caras de la rueda dentada o los cubos de las poleas.

Los acoplamientos deben ser correctamente alineados a los límites especificados por el fabricante y verificados cuidadosamente antes del arranque inicial. El diámetro de la perforación del acoplamiento y la tolerancia deben ser apropiados para el diámetro de la flecha de la caja de engranes y la tolerancia para obtener el ajuste deseado.



### Control de Carga del Flecha

Cuando la energía se transmite a través de engranes cilíndricos de dientes rectos, bandas, poleas o cadenas, se aplican fuerzas radiales a las flechas. Las capacidades de carga radial se calculan a partir del centrado de carga y se comparan con la carga radial permitida.

### Instalación

Se debe instalar y operar los MOTORES SM-CYCLO de acuerdo con los códigos locales y nacionales de seguridad vigentes. Siempre se debe contar con los protectores adecuados para las flechas giratorios.

## Consideraciones para el Montaje

Se deben montar las unidades lubricadas con aceite horizontales y verticales sobre planos exactos, cuando sea posible. Cuando son montadas sobre superficies inclinadas, se requieren modificaciones menores ya que el montaje inclinado puede bajar el nivel de aceite. Sin embargo, si se sobre-llena la unidad con aceite, puede provocarse una fuga por el ventilador de aire, lo que causaría un espumado y agitado y, consecuentemente, el sobrecalentamiento. Favor de comunicarse con SUMITOMO Machinery Corporation of America.

## Información de Lubricación

Las unidades SM-CYCLO más pequeñas hasta el tamaño 4125 y algunas unidades de reducción múltiple se lubrican con grasa.

Todas las unidades de mayor tamaño son lubricadas con aceite.

## Unidades Lubricadas con Grasa

Todas las unidades lubricadas con grasa son engrasadas desde la fábrica y están listas para usarse.

## DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

### a) Engrasado de por Vida

Las unidades SM-CYCLO hasta el tamaño 4125 están engrasadas de por vida y son apropiadas para cualquier posición de montaje. Se llenan de grasa SHELL ALVANIA #2 y no requieren de mantenimiento por 20,000 horas de operación o de 4 a 5 años.

### b) Otros Tipo de Engrasado

Las unidades engrasadas mayores que la 4125, normalmente vienen con grasa SHELL ALBANIA #2. Estas unidades cuentan con boquillas de grasa y tapones de ventilación que permiten el engrasado periódico.

### Unidades Lubricadas con Aceite

Las unidades lubricadas con aceite se deben llenar al nivel correcto de aceite antes de su operación. El aceite a usar debe tener la viscosidad apropiada de acuerdo a la temperatura ambiente de instalación. Para una lista de tipos de aceites y grados de viscosidad recomendados, consulte nuestro Manual de Operación y Mantenimiento.

<b>REDUCTORES Y MOTORREDUCTORES SM-CYCLO</b>	
<b>CARACTERÍSTICAS Y BENEFICIOS</b>	
<b>CARACTERÍSTICAS</b>	<b>BENEFICIOS</b>
Indicador de nivel estándar en unidades lubricadas con aceite.	Medio positivo de indicación de aceite
Sin dientes que pueden romperse y evitar la rotación.	Servicio confiable; sin fallos catastróficos
Lubricación a salpique cuando se llena con aceite; grasa dosificada cuando se lubrica con grasa	Medio positivo de aceite o prevención de fugas garantizada debido al empaque de grasa.
La capacidad térmica excede la capacidad mecánica	Sin limitaciones de capacidad térmica
Los accesorios de engrase se proporcionan normalmente.	No se requiere el desarmado para engrasar los rodamientos
Se recomiendan los cambios de aceite a intervalos liberales, según las condiciones de servicio.	Requiere un bajo mantenimiento.
No se necesitan herramientas especiales, indicadores ni el adiestramiento del personal de mantenimiento para realizar el servicio. Construcción sencilla.	Tiempo improductivo mínimo por servicio y reparaciones
Periodo completamente garantizado; no está limitado por las horas de funcionamiento	Garantía de dos años
Dos tercios de los dientes en contacto total en todo momento.	500% de capacidad de sobrecarga
El más compacto de todos los reductores; hasta 87:1 en una etapa	Es el conjunto de mayor potencia disponible.
Alta eficiencia: 92% de eficiencia promedio, relación de 6:1 a 87:1	Mínima pérdida de par debido a fricción.
Contacto rodante en lugar del chirrido y la	Funcionamiento suave y silencioso.

fricción por deslizamiento de los engranajes convencionales.	Funcionamiento sin vibraciones y larga vida útil
Todas las etapas de reducción funcionan a velocidades bajas; solo el eje del motor gira a alta velocidad.	
Sin tren de engranajes	Diseño de inercia baja; no hay masas de engranajes para arrancar y detener.
Diseño modular para múltiples unidades de reducción	Elevadas relaciones de reducción disponibles en un amplio rango de combinaciones. Se mantiene un diseño compacto y eficiente.
Componentes de alta calidad	Servicio sin problemas, garantizado durante dos años completos.
Rodamiento de níquel cromo 52100- acero 57-63rc	Discos cicloidales
Aceros forjados 1045	Eje de salida
Rodamiento de níquel cromo 52100- acero 60rc	Rodillos
Hierro fundido SAE grado 20a 30	Alojamiento para las coronas dentadas
Hierro fundido SAE grado 20a 30	Alojamiento de salida
Labio doble, cargado por resorte (-10a +250°F)	Sellos de aceite

### 2.3.3.2 Reductores de Flechas Paralelas

Después de los reductores en línea, el segundo tipo de reductores utilizados en la industria, en orden de importancia, es el de reductores DE EJES PARALELOS. Estos reductores generalmente se construyen en un alojamiento en forma de caja. Los alojamientos son de hierro fundido, acero fundido y acero soldado, tal como los reductores concéntricos.

Frecuentemente, los fabricantes que producen alojamientos fundidos también producen alojamientos de acero soldado para modelos especiales que no forman parte de su gama estándar.

Los reductores de EJES PARALELOS son de distintos tamaños y formas. Por su diseño de tipo abierto, generalmente tienen engranes más grandes y por lo tanto, tienen mayor capacidad en cuanto a la potencia y al par, y una variedad más amplia de relaciones de reducción, que los reductores del tipo concéntrico más compactos. Por este motivo, los reductores de ejes paralelos son más versátiles en su uso.

Los reductores de ejes paralelos se utilizan para el manejo de materiales a granel, transportadores y otros equipos. Además, los reductores se utilizan frecuentemente en grandes hornos secadores de la industria del cemento, de abonos y otras materias primas, que requieren el secado o la limpieza en tambor de los productos. Los reductores de ejes paralelos pueden tener reducciones sencillas, dobles o triples, con relaciones de transmisión de hasta 300:1. Las velocidades de entrada o motrices varían entre varios cientos y varios miles de RPM. Cuando un motor de 3600 RPM impulsa un reductor con una relación de 40:1, la velocidad del eje de salida es de 90 RPM. Las unidades de ejes paralelos están destinadas a funcionar como reductores de velocidad, y pocas veces se utilizan como incrementadores de velocidad.

La mayoría de los reductores de ejes paralelos tienen engranes helicoidales sencillos, aunque en algunos casos se utilizan engranes rectos. Para reducir el empuje del eje generado por los engranes helicoidales dobles. Estos están cortados como para que los ángulos de los dientes formen una configuración en v, sin que los dientes se encuentren en el centro. Además, algunos fabricantes de reductores utilizan engranes bihelicoidales en los que los dientes del engrane se encuentran en el centro.

La mayoría de los fabricantes tratan de mantener todos los ejes de engranes en el mismo eje longitudinal. Este eje longitudinal también es el punto en el que se parte la caja de engranes, y facilita el maquinado, sirviendo al mismo tiempo de punto de referencia para la caja de engranes. Sin embargo, en varios tipos cuádruples, uno de los ejes se coloca debajo de la línea central para permitir una relación de reducción adicional sin extensión del largo de la caja.



La mayoría de los reductores, vistos en la planta tienen un flujo de potencia con una configuración en “Z”. El eje de entrada está en un extremo y un lado del reductor y el eje de salida en el extremo y el lado opuestos. En una planta hay muchas variantes de este tipo de reductor. Por ejemplo, el flujo de energía puede tener forma de “U2 con los ejes de entrada y de salida del mismo lado, o bien forma de “T”, con el eje de entrada en el centro de un lado y los dos ejes de salida en el otro lado y en extremos opuestos.

Los cojinetes de los reductores de ejes paralelos, al igual que en el caso de los reductores de ejes concéntricos, pueden ser cojinetes de bolas de una o dos hileras, o bien cojinetes de rodillos cónicos. Los cojinetes generalmente se mantienen en su posición por una combinación de salientes de retención, anillos sujetadores y placas de fijación. Pueden estar en el alojamiento de engranes y en los ejes. Aunque los cojinetes antifricción son los más utilizados, por su rendimiento probado y su vida de servicio prolongada, algunas unidades más antiguas que siguen en servicio tal vez están equipadas con cojinetes colados o guarnecidos con metal blanco.

La lubricación utilizada comúnmente en los reductores de ejes paralelos es la del tipo de salpicadura, pero con limitaciones. En la mayoría de los casos, las RPM lentas de algunas unidades no proporcionan aceite suficiente en todos los puntos de lubricación. Normalmente se los complementa con sistemas de lubricación a presión.

También surgen otros problemas cuando se utiliza lubricación de salpicadura en los reductores de engranes paralelos. Uno de estos problemas resulta de los distintos diámetros de los engranes. Si sólo se utilizara el engrane más grande para hacer salir aceite del depósito, sería muy poco el aceite que llegaría a los ejes de entrada de alta velocidad cuando la unidad fuera puesta en marcha por primera vez. Por consiguiente, los dientes de engrane se

desgastarían mucho y se picarían después de un período breve de funcionamiento. Para superar este inconveniente, la mayoría de los fabricantes suministran sistemas de lubricación a presión, o más frecuentemente, una serie de depósitos secundarios o presas de aceite para retenerlos a distintos niveles dentro de la caja de engrane. Esto garantiza la lubricación constante de todos los engranes, sea cual fuere su posición dentro de la caja, su velocidad, o su altura relativa. Además, los cojinetes que sustentan al eje también tienen a veces pequeños depósitos de retención que mantienen el nivel adecuado de aceite en el cojinete. Esto garantiza un suministro de aceite para los cojinetes en todo momento. Al introducirse más aceite salpicado a los cojinetes, el exceso rebasa el depósito y vuelve al depósito principal de aceite.

Otro problema de lubricación se produce a menudo cuando los reductores de ejes paralelos se acercan a su NIVEL TÉRMICO NOMINAL. Cuando se genera calor excesivo dentro del reductor, hay que recurrir a algún medio para enfriar la unidad, y frecuentemente, para enfriar también el aceite lubricante. Para enfriar la unidad, la mayoría de los fabricantes

monta un ventilador en el eje de alta velocidad de la unidad para que haga atravesar aire por la unidad. Esto elimina el calor por el método de convección y es muy eficaz. En casos en los que el nivel térmico nominal supera la capacidad de enfriamiento del ventilador, el enfriamiento del aceite lubricante ayudada a enfriar los engranes y otras piezas. En estos usos, el aceite circula por acción de un sistema a presión. El aceite sale del depósito (de ubicación interna o externa en el reductor), circula a través del intercambiador de calor, y luego llega a los engranes. En temperaturas frías, se utiliza un sistema a presión con unidades calefactoras en lugar de unidades enfriadoras. Estas aumentan la temperatura del aceite y contribuyen a calentar el reductor.

Los engranes helicoidales son variantes de engranes cilíndricos. De hecho, se parecen a un engrane cilíndrico en el cual los dientes estuviesen dispuestos en un ángulo que se denomina **ÁNGULO TIPO HÉLICE**. El ángulo de la hélice varía entre los 7 y los 23 grados, dependiendo del fabricante y de la aplicación de que se trate, y los engranes pueden tener ángulos de la hélice con rotación a la derecha o con rotación a la izquierda. Los engranes que tiene sólo un ángulo de hélice se denominan engranes helicoidales simples, y los que tienen dos hélices se denominan engranes helicoidales dobles.

El uso de la palabra “normal” significará que la medición ha sido hecho en una dirección perpendicular al eje del diente, mientras que el uso de la palabra “lineal” significará que la medición ha sido hecha en la dirección de rotación.

**PASO CIRCULAR LINEAL:** Es la distancia entre el borde (o el centro) de uno de los dientes, hasta el borde (o centro) del diente siguiente, (medida sobre la misma línea).

**ESPEJOR LINEAL DEL DIENTE:** El espesor lineal del diente es el espesor del diente a la altura de la circunferencia del círculo primitivo.

**ÁNGULO DE PRESION LINEAL:** El ángulo de presión lineal de un diente es el ángulo en que se ejerce la presión de un diente cuando engrana con los dientes del otro engrane.

**LAS MEDICIONES NORMALES** del **ESPEJOR DEL DIENTE**, **PASO CIRCULAR**, **ÁNGULO DE PRESIÓN**, corresponderán a las mediciones tomadas en los engranes cilíndricos.

**Engranes de Dentadura Sencilla o Doble.** Los engranes helicoidales de dentadura sencilla pueden emplearse con ejes paralelos o perpendiculares. Si uno de los engranes helicoidales empleados tiene hélice de rotación a la mano derecha, el otro deberá tener hélice

de rotación a la mano izquierda puesto que, de lo contrario, no sería posible que ambos engranaran. La superficie angular del diente garantiza que varios dientes del piñón y del engrane impulsado estén en contacto simultáneamente, lo cual permite el funcionamiento suave y parejo de los engranes.

Debido a este tipo de contacto y transferencia de movimiento suaves, estos engranes se emplean más frecuentemente en aplicaciones que requieren altas velocidades. Sin embargo, debido al contacto angular de los dientes, los engranes helicoidales de dentadura sencilla generan un empuje lateral sobre los baleros de los ejes, el cual no se produce en los engranes cilíndricos. Por lo tanto, los baleros deben ser diseñados de modo que acepten la carga del mencionado empuje.

Para compensar el empuje generado por los engranes helicoidales de la dentadura sencilla se emplean a menudo engranes helicoidales de dentadura doble. El diseño de dichos engranes puede ser del tipo en el cual los dientes de ambas hileras coinciden en un punto o tienen sus extremos desplazados entre sí. Los engranes de doble hilera de dientes se emplean

en aplicaciones que requieren alta velocidad con el resultado de que se produce un empuje pequeño o nulo sobre los cojinetes de apoyo de los ejes.

El espaciamiento entre las dos hileras de dientes del engrane puede ser angosto o ancho según sean la aplicación de que se trate y la cantidad de potencia que debe ser transmitida. Como se necesita una holgura para poder hacer llegar la fresadora con que se cortan los dientes hasta el centro del engrane, los fabricantes dejan generalmente un espacio intermedio mínimo entre ambas hileras.

**Engranes Bihelicoidales.** Los engranes bihelicoidales son muy similares a los engranes helicoidales de doble hilera de dientes. Sin embargo, la construcción de un engrane

bihelicoidal presenta dos diferencias importantes. En primer lugar, los dientes se encuentran en un punto situado en el centro del engrane. Este punto, que es moldeado por la misma fresadora, es suave. Cuando dos engranes de este tipo se encuentran en contacto nos e produce interferencia alguna entre los dientes. En segundo lugar, el segundo lugar, el ángulo de la hélice del diente es muy cercano a los 30 grados con lo que se consigue que hay más dientes en contacto simultáneo.

La gran magnitud del ángulo de la hélice permite también el más suave funcionamiento de los engranes sin que se cree ninguna carga de empuje. Todas las demás características de construcción y diseño de los engranes bihelicoidales son similares a las de los engranes helicoidales dobles. Sin embargo, y debido al contorno continuo de sus dientes, los engranes bihelicoidales NO se recomiendan para aplicaciones que requieren alta velocidad.

**Engranes Cónicos.** Los engranes cónicos se parecen a la vez a los engranes cilíndricos y a los engranes helicoidales. El diseño de su dientes y las correspondientes definiciones son también similares a los de los engranes previamente analizados. Sin embargo, están diseñado para transmitir potencia en un ángulo de  $90^\circ$ , teniendo sus dientes un perfil relativamente bajo. Esto se logra fresando la cara de los dientes de los engranes en un ángulo que sea compatible para los dientes de ambos.

En el caso de una caja con dos engranes cónicos situados en ángulo recto y de diámetro similares, el ángulo de los dientes resulta bastante elevado. La razón de esto se encuentra en la relación de transmisión relativamente pequeña y en la posición estrecha de ambos engranes. Si se incrementa el diámetro del engrane impulsado, el ángulo entre las caras de los dientes disminuye.

Los engranes CÓNICOS DE DENTADURA ESPIRAL , representan una mejora de los engranes cónicos. Estos engranes son similares a los engranes cónicos de tipo recto, pero el fresado de sus dientes tiene una forma curvada. Esta curva o espiral es comparable a la de los engranes helicoidales de dentadura sencilla y permite una transmisión de potencia más suave y con menor ruido. En ciertas ocasiones, el piñón del engrane cónico de dentadura espiral no puede colocarse sobre la línea central del engrane impulsado. Si el piñón queda situado por debajo de la línea central, el engrane se denomina HIPOIDE.

### 2.3.3.3 Reductores de Ejes en Angulo Recto

Los reductores de ejes en ANGULO RECTO se pueden considerar como una combinación de reductores concéntricos y de ejes paralelos. Frecuentemente, el reductor de ejes paralelos se utiliza como base de construcción del reductor en ángulo recto. En otros casos, el reductor concéntrico sirve de componente básico, con el agregado de un cabezal de ángulo recto.

Los alojamientos, tal como en el caso de todos los otros reductores, son de hierro o acero fundido, o de acero soldado, según el fabricante y la aplicación. Los engranajes utilizados en los ejes intermedios generalmente son del tipo helicoidal. En los ejes en ángulo recto (frecuentemente en el eje de entrada) los engranajes son normalmente del tipo CÓNICO DE DENTADURA ESPIRAL (con un diseño curvo de dentadura). Se utilizan unos pocos tipos con engranes CÓNICOS EN ANGULO RECTO (con un diseño de dientes rectos). Al igual que los engranes helicoidales, los engranes cónicos de dentadura espiral resultan en un funcionamiento más uniforme y silencioso.

Las transmisiones en ángulo recto normalmente se utilizan cuando las limitaciones de espacio impiden el montaje de un motor en un reductor paralelo concéntrico, que interferiría

con otros equipos. Cuando se utilizan los reductores concéntricos como transmisiones de ángulo recto, se instala un cabezal adicional en el eje de salida. El eje de salida se acorta, y se monta un engrane sobre el mismo. Este engrane de salida engrana con el engrane acuíado al eje en ángulo recto.

Estos engranes adicionales dan reducción adicional de engranes a la unidad. En ciertos casos, hay dos ejes de salida formando una “T”, en lugar de uno.

En los casos en los que el régimen térmico nominal de la unidad es de importancia crítica (tal como en el caso de los reductores de ejes paralelos), se agrega un ventilador de enfriamiento al eje de alta velocidad de entrada. Es posible instalar también enfriadores de aceite y bombas para el aceite en caso de necesidad.

Los cojinetes son del tipo de rodillos cónicos o de bolas. La lubricación es básicamente del tipo de salpicadura, aunque en caso de necesidad se recurre a la lubricación por presión.

---

#### **Reductores de Angulo Recto (horizontal y Vertical)**

Los reductores de EJE VERTICAL, son una modificación de los reductores del tipo de ángulo recto. Sin embargo, en lugar de tener montaje de patas con un eje de salida horizontal, el alojamiento generalmente tiene una base plana y el eje de salida va montado verticalmente (hacia arriba o hacia abajo). Al igual que los reductores de ángulo recto, la unida básica de construcción se asemeja al reductor del tipo de ejes paralelos o al reductor del tipo de ejes concéntricos. En el caso del reductor de ejes concéntricos, el cabezal de salida está en una posición vertical y no horizontal como en el caso del reductor de ángulo recto. No hay nada más que cambie en la unidad. Cuando se utiliza la construcción del tipo de ejes paralelos,

hay que hacer cambios considerables en el alojamiento. En realidad, los ejes verticales se asemejan a un reductor de ejes paralelos o en ángulo recto parados sobre un costado.

Como en los casos anteriores, los engranes del eje pueden ser del tipo helicoidal, cónico de dentadura espiral, o cónico en ángulo recto. Frecuentemente se combinan al utilizarse unidades de reducción múltiple.

Aunque la mayoría de las unidades ilustradas tiene el eje vertical extendido verticalmente a través de la parte superior, no hay motivo por el que no se pueda extender el eje verticalmente a través del fondo del alojamiento. En el caso de reductor de tipo concéntrico, el cabezal se colocaría hacia abajo, mientras que en el caso del reductor del tipo de ejes paralelos, se debería cortar la parte inferior del alojamiento como para permitir el paso del eje a través del fondo. Al igual que con la transmisión en ángulo recto, los ejes verticales pueden extenderse en ambas direcciones formando una configuración en "T".

Lo que se ha dicho sobre lubricación, cojinetes, enfriamiento y otros puntos, en relación a los reductores de ejes paralelos y en ángulo recto, también es cierto para los reductores de eje

vertical. Los procedimientos de mantenimiento también son de importancia crítica, por la alineación vertical de los ejes, similar a la alineación paralela de los ejes en los reductores paralelos. A continuación presentamos algunas Ventajas y Beneficios de los Reductores

Paramax de Sumitomo

1.- **Ventajas técnicas:** Economía, estandarización en inter cambiabilidad.- Concepto futurista de estandarización de juego de engranes en diseño y fabricación, el reductor Paramax se distingue como productor de alta calidad. La estandarización tan bien proporciona a la economía el valor adicional que representa el poder intercambiar los juegos



de engranes de un tamaño a otro, mayor capacidad de los esfuerzos cortantes, operación silenciosa libre de problemas.

Los engranes helicoidales son fabricados de acero aleado especial, desgasificados al vacío, maquinados utilizando el método de corte en protuberancia para generar un diente con mayor ángulo de presión y mayor ángulo de hélice. Después de maquinados los dientes, son carburizados al vacío, tratados térmicamente a 60 Rc; y acabados en los estándares de calidad AGMA 12. Esto da como resultado una capacidad mayor, una operación mas suave, larga vida libre de problemas de mantenimiento en comparación con los engranes endurecidos tradicionalmente.

Caja de engranes.- son fabricadas de fierro vaciado de alta calidad y están diseñadas no solamente para satisfacer los requerimientos de ingeniería y fabricación más estrictas, sino también desde el punto de vista tocante a la funcionalidad. El resultado es una caja de líneas eficientes, limpias para fácil mantenimiento, construidas para soportar cargas externas.

Flechas.- Fabricadas de acero de alta aleación y tratadas térmicamente bajo condiciones estrictas de control de calidad. Se ejerce especial cuidado durante el proceso de diseño para prevenir cualquier pérdida de resistencia a la fatiga debida a la concentración de esfuerzos.

Baleros.- Las flechas van montadas en baleros cónicos o baleros de rodillos esféricos autoalineables. Los tamaños de estos baleros están seleccionados con adecuado margen de seguridad, de manera que estén protegidos con la suficiente capacidad para absorber las cargas radiales y axiales que pueden ocurrir simultáneamente.

Mangas de desgaste.- Cromadas, para proteger las flechas en la superficie de rozamiento con los sellos.

Sellos.- Las superficies de contacto entre las 2 mitades de la caja y sus cubiertas auxiliares están maquinadas con alta precisión y empacadas para asegurar un sellado hermético. Los reductores horizontales están provistos de sellos de doble labio y ensamble de sello deflector en el interior de la caja.

Lubricación.- Para la mayoría de las aplicaciones, la lubricación por salpicación es estándar para los reductores horizontales. Adicionalmente contienen unas charolas en el interior de las mismas, para asegurar un flujo de aceite a los baleros. Para algunas aplicaciones, la lubricación forzada puede ser requerida, especialmente para los reductores verticales de flechas paralelas.

Enfriamiento.- Normalmente el calor de la transmisión es disipado a través de la superficie de la caja. Dependiendo de la aplicación, una bomba de aceite externa puede ser requerida para adecuarse al sistema de enfriamiento. Además están disponibles los siguientes accesorios:

- Ventilador montado en la flecha de alta velocidad
- Cambiador de calor aceite / agua suministrado en el sistema de lubricación forzada
- Cambiador de calor aceite / agua suministrado en el sistema de lubricación forzada.

**2.- Ventajas Económicas.**- Comparado contra Falk es alrededor de un 35 a 50% en precio, peso y tamaño. Lo que implicaría un costo adicional en cuanto a estructura, mano de obra y maniobrabilidad.

#### 2.3.3.4 Reductores Montados en Flecha

Los reductores MONTADOS EN LA FLECHA (o EN EL EJE), al igual que todos los componentes de transmisión, son producidos por muchos fabricantes diferentes. La mayoría de los fabricantes producen varios tipos, además de las unidades montadas en el eje. Para la construcción de las transmisiones montadas en el eje se utilizan varios tipos básicos de diseño de reductores, que incluyen los tipos de ejes concéntricos y paralelos. El fabricante determina los tipos de construcción.

Las cajas de engranes son de hierro fundido, acero formado o acero soldado. Como consecuencia de su métodos de montaje inusual, la mayoría de las transmisiones montadas en el eje permite que el motor se apoye directamente sobre la caja de reductor de una forma u otra. Esto elimina la necesidad de contar con una base separada para el motor y permite obtener una unidad completa. Cuando se monta el motor en el reductor, hay que analizar la carga sobre el eje para garantizar que los cojinetes del eje proporcionen apoyo adecuado.

La mayoría de los reductores montados en el eje tienen un eje de salida hueco, que permite la extensión parcial o total del eje impulsado a través de la transmisión. El fabricante especifica el largo mínimo aceptable del eje. Naturalmente, cuanto más eje soporte la unidad, mejor será el montaje. Algunos reductores, como el del tipo concéntrico, sólo permiten la inserción del eje de montaje hasta 1 mitad de la caja del reductor. Cuando se utilizan transportadores de tornillo sin fin o reductores del tipo con bridas el largo del eje no tiene importancia crítica.

Los reductores más comunes tiene ejes con un diseño descentrado en lugar del diseño de eje concéntrico. En el diseño descentrado, el eje de entrada está descentrado hacia un costado en relación al eje de salida. Un buen ejemplo del diseño descentrado sería una

unidad de reducción sencilla. Aun con unidades de reducción múltiple, se utiliza el diseño descentrado. Los juegos de engranes de reducción adicionales se instalan descentrados en relación al eje de entrada. Algunos de los reductores montados en el eje, de tamaño más grande, que se asemejan a las unidades standard de ejes paralelos, utilizan ejes descentrados para una reducción de engranajes por lo menos.

Para los reductores montados en el eje se utilizan casi exclusivamente engranes helicoidales. Tal vez haya uno o dos tipos diferentes, pero estos no son muy comunes. El engrane helicoidal proporciona la transmisión de energía uniforme y silenciosa que se desea.

Como los reductores montados en el eje van conectados directamente a la máquina que impulsan, usualmente no proporcionan la reducción total requerida, tal como las unidades con patas de montaje. Por lo tanto, son un tipo incompleto de unidad de reducción y requieren otros medios para llevar a cabo la reducción total requerida.

La reducción adicional generalmente se obtiene mediante transmisiones en banda en V son seleccionadas frecuentemente para ayudar al reductor a producir las RPM específicas de salida. El tamaño y tipo de las transmisiones de banda en V depende de la potencia y las RPM de entrada.

Cuando se utilizan transmisiones de banda en V, se requieren medios para mantener la tensión adecuada en las bandas. Si el motor está montado a un costado del reductor, una base deslizante o agujeros alargados en la estructura de apoyo proporcionan los medios necesarios de tensionamiento. Si el motor está unido al reductor, la tensión apropiada se obtiene mediante tornillos de ajuste en la placa de base del motor. Como las bandas en V se utilizan frecuentemente cerca de otro equipo operativo, es importante instalar guardas de seguridad para proteger al personal de la planta contra lesiones.

La mayoría de los reductores montados en el eje están equipados con un TENSOR DE TORNIQUETE. Este mecanismo impide la rotación del reductor durante el funcionamiento, especialmente cuando el motor está montado directamente en el reductor. En ciertos casos, el tensor también sirve para mantener la tensión apropiada de la transmisión por banda en V.

Como alternativa del tensor de torniquete, la mayoría de los fabricantes de reductores montados en el eje también ofrecen tensores con RESORTE. Los tensores con resorte se clasifican como ALIVIADORES DE SOBRECARGA y se les instala en una posición que desengancha la transmisión de banda en V cuando se produce sobrecarga. Estos desenganches de sobrecarga se pueden ajustar como para que se suelten a cualquier límite de sobrecarga dentro de cierto rango. Cuando están sobrecargados y desenganchados, el eje de entrada del reductor se acerca al motor. Esto afloja las bandas de transmisión, y permite así que la polea de entrada gire libremente. La mayoría de los dispositivos de sobrecarga se construyen con terminales eléctricas. Cuando se produce una sobrecarga y el mecanismo se desengancha, se envía una señal al operario en un panel de control. En los grandes sistemas

de manejo de materiales, esta alarma también puede estar conectada de modo que detenga el equipo que precede a la unidad.

Algunos reductores montados en el eje se clasifican como reductores MONTADOS SOBRE BRIDAS, o reductores para TRANSPORTADOR DE TORNILLO SIN FIN. Estos reductores tienen cajas con agujeros perforados y roscados o una placa de montaje que se puede atornillar directamente a la estructura. No se necesitan tensores que sirvan de sujetadores para estos reductores, ya que su montaje es rígido.

Los reductores montados en el eje generalmente utilizan cojinetes de rodillos cónicos como apoyo para los ejes, debido al empuje generado y al espacio muy reducido dentro del

reductor. Sin embargo, también se utilizan cojinetes de bolas y de rodillos. El diseño y el fabricante de la unidad determinan el tipo de cojinete utilizado. Al igual que en el caso de otros tipos de reductores, los cojinetes se sujetan mediante anillos de sujeción, salientes (en los ejes y la caja), o una combinación de cualesquiera de éstos. Los sellos del eje normalmente van apretados contra la caja y se les retiene por apriete.

Como los reductores montados en el eje son de diseño compacto, principalmente se utiliza la lubricación de salpicadura para los cojinetes y engranes. Hay algunos pocos reductores que utilizan sistemas de circulación, pero no son muy comunes.

El rendimiento nominal de los reductores montados en el eje se determina sobre la base de los estándares AGMA. Esta clasificación se basa en factores de servicio similares a las unidades con patas de montaje.

#### **2.3.3.5 Reductores de Corona sin Fin**

Su diseño y construcción compactos permiten colocarlos en un espacio relativamente limitado. La mayoría de los reductores de tornillo sin fin se utiliza para aplicaciones de potencia fraccional o muy pequeña. Sin embargo, también hay muchas industrias que utilizan reductores de tornillo sin fin impulsados por motores de gran potencia.

Al igual que la mayoría de los reductores, las cajas de engranes de los reductores de tornillos sin fin se fabrican en hierro fundido, acero fundido, y algunos caos acero soldado. Además, algunos fabricantes utilizan un alojamiento de aluminio fundido. El tipo y estilo de caja de engranaje utilizado es determinado por el fabricante y el uso dado.

El reductor de tornillo sin fin es compacto como resultado directo de la colocación del TORNILLO SIN FIN (engranes de entrada) en su eje y del engrane de salida impulsado por el tornillo. El tornillo cumple la misma función que el piñón de alta velocidad en otros reductores. La transmisión de fuerza a través del reductor de tornillo sin fin se realiza en ángulos rectos en todo momento. Esta transmisión de fuerza en ángulo recto, combinada con el diseño del tornillo, permite al reductor funcionar solamente en una dirección. No se puede producir rotación inversa de esta unidad.

La mayoría de los engranes de tornillo sin fin de reducción sencilla varía en su relación, de 5:1 a 60:1. La relación se determina por el número de ROSCAS del tornillo sin fin y el número de dientes del engrane impulsado. Generalmente, hay una sola rosca en el tornillo sin fin. Esta rosca única se cuenta como un diente cuando se pone en contacto con el engrane impulsado. Si el tornillo sin fin tiene más de una rosca (dos, cuatro, seis u ocho), la relación cambia reflejando el distinto número de roscas.

La relación se obtiene al dividirse el número de dientes del engrane por el número de roscas (o ranuras) en el tornillo sin fin, de la misma forma que la relación de transmisión de un engrane cilíndrico de dentadura recta se obtiene al dividirse el número de dientes del engrane por el número de dientes del piñón. Por ejemplo, si se utiliza un tornillo sin fin de rosca sencilla con un engrane de tornillo sin fin con 50 dientes, la relación de transmisión o reducción es de 50:1. Si el tornillo sin fin tiene dos roscas y el número de dientes del engrane sigue siendo de 50, la reducción pasa a ser de 50:2, o sea 25:1.

En los casos en los que se requiere una relación más alta que la disponible, se utiliza un reductor de reducción doble. La unidad de reducción doble de tornillo sin fin opera en forma

muy similar a los otros reductores de reducción doble. Es decir, el eje de entrada de la segunda reducción es impulsado por el engrane de salida de la reducción de la primera etapa.

En reductores de tornillo sin fin con reducción doble, el eje de entrada y el eje de salida pueden estar en distintas posiciones relativas. Algunos fabricantes producen unidades de reducción doble en una sola caja, y las clasifican como reductores de ejes paralelos.

Algunos tipos de reductores combinan unidades de tornillo sin fin y de engranes helicoidales en una caja. En estos reductores, el engrane helicoidal sirve de reducción primaria entre el motor y el eje de entrada del reductor de tornillo. Esta a su vez sirve de reducción secundaria final, con el tornillo sin fin impulsado por el engrane impulsado del conjunto primario.

Los materiales de los engranes varían de unidad en unidad. El tornillo sin fin de entrada generalmente es de acero, con la rosca desarrollada a partir del eje mismo. Los dientes son endurecidos y esmerilados, lo que los hace muy resistentes al desgaste. El engrane impulsado normalmente es de bronce fundido o de otro material blando que puede formar el engrane completo, o simplemente el segmento de engrane. El material más blando se utiliza para permitir el desgaste provocado por la acción deslizante del tornillo sin fin sobre los dientes del engrane. Esta acción deslizante también impide que el reductor invierta su sentido de rotación. Cuando se utilizan engranes helicoidales combinados con el reductor de tornillo sin fin, los engranes helicoidales son de acero.

Los cojinetes utilizados en reductores de tornillo sin fin generalmente son del tipo de rodillos cónicos, adecuados para recibir la carga de empuje del tornillo sin fin y del engrane impulsado algunos fabricantes utilizan cojinetes de bolas en los ejes de entrada, pero éstos no son muy comunes.



Normalmente, los reductores de tornillo sin fin se lubrican por salpicadura. Si el eje de entrada va montado debajo del engranaje impulsado, está en baño de aceite. Si está por encima del engrane impulsado, el engrane impulsado suministra suficiente aceite para lubricar todas las piezas de la caja.

Como el reductor es tan compacto y genera calor durante el ciclo de funcionamiento, los niveles térmicos nominales son importantes en los reductores de tornillo sin fin. Por este motivo, generalmente se utiliza algún medio para impedir el recalentamiento de la unidad. El método más fácil de enfriamiento de la unidad consiste en montar un ventilador en el extremo más alejado del eje de entrada. Además, la mayoría de los fabricantes utiliza un diseño de caja fundida, con aletas situadas de sus superficies exteriores. Estas aletas sobre funcionan como radiadores y disipan el calor generado dentro de la unidad.

Los motores de los reductores de tornillo sin fin pueden ir montados sobre una base separada y acoplados al eje de entrada, o bien tener montaje integral con la unidad, en cuyo caso se utiliza un motor con bridas en "C". Las unidades integrales son muy similares a los

---

reductores del tipo concéntrico para los que se utilizan cajas integrales del motor.

Frecuentemente, estas unidades integrales incorporan el engrane helicoidal como reducción primaria, pero no en todos los casos.

En ocasiones, el engrane de salida tiene un eje hueco en lugar de un eje sólido, que se extiende más allá del costado de la caja. En estas aplicaciones, el eje hueco permite convertir al reductor de tornillo sin fin en reductor montado en el eje. También se puede utilizar la unidad con el eje de salida hueco y montada sobre patas en una estructura. La aplicación específica determina el tipo de reductor requerido.

### 2.3.3.6 Reductores de velocidad variable

Los reductores de velocidad variables cumplen diversas funciones en una planta industrial. Entre sus aplicaciones se incluye el control de distintas velocidades en máquinas como tornos y mezcladoras, y en diversas operaciones de alimentación. Adicionalmente se emplean para hacer funcionar simultáneamente varios equipos alineados y para garantizar que todos ellos obtengan velocidades iguales y parejas. En ciertos casos la regulación de velocidad se logra mediante el empleo de una polea de velocidad variable colocada sobre el eje de salida de un motor.

Entre los reductores de velocidad que se analizarán son de tipo mecánico y eléctrico. Las transmisiones de tipo mecánico son unidades cerradas provistas de un motor y de la unidad de velocidad variable. A veces se agrega un pequeño reductor de engranes como parte integrante de la unidad dentro de la misma caja. Generalmente, las transmisiones de tipo mecánico poseen relaciones de reducción variable entre 1,5:1 y 10:1.

Las transmisiones de velocidad variable de tipo eléctrico consisten generalmente en motores cuya velocidad puede ser variada a voluntad. Esta propiedad les permite funcionar a cualquier velocidad dentro del rango comprendido entre 0 RPM y las RPMP máximas, sin necesidad de emplear engranes, bandas, ni otros componentes mecánicos.

La selección de un tipo específico de transmisión de velocidad variable queda determinada por muchos factores. Básicamente, la transmisión se selecciona teniendo en consideración la magnitud de la variación de velocidad que se requiere, el rango de velocidades, la potencia motriz, y las condiciones ambientales de la potencia motriz, y las condiciones ambientales de la planta (ambientes húmedos, químicos, polvorientos, etc.).

también influyen en la selección el tamaño de la unidad, su peso, su vida útil, la confiabilidad de su funcionamiento, la respuesta de velocidad y, por supuesto, el costo. Sin embargo, puede darse el caso de que el ingeniero de la planta o el ingeniero de mantenimiento prefieran un tipo determinado por sobre otros por razones tales como la facilidad de reparación, los bajos requerimientos de mantenimiento, el bajo número de piezas de repuesto necesarias, o la buena calidad del servicio que presta un determinado equipo.

#### **2.3.3.7 Transmisiones con velocidad variables del tipo de disco (Beier)**

Otro tipo de transmisión mecánica con velocidad variable es la de disco. Aunque varios fabricantes las producen, las transmisiones de disco no son usadas tan frecuentemente como las de banda. Este funciona sobre la base del principio de las posiciones relativas entre las componentes impulsoras e impulsadas. Su funcionamiento puede explicarse en una forma bastante simple.

El eje de entrada de las transmisión está provisto de dos discos denominados SOLES fijados el eje mediante cuñas o estrías. Estos disco solares giran a la misma velocidad que el eje, y la acción de unos resortes garantiza que ejerzan una tensión constante sobre unos discos impulsados ajustables denominados DISCOS PLANETAS. Estos discos planetarios impulsados se mantienen en posiciones estacionarias sobre un SOPORTE TRANSPORTADOS DE LOS PLANETAS que está directamente unido al eje de salida mediante cuñas. La posición de los planetas en el soporte transportador, con relación al centro de la transmisión, se puede controlar mediante un anillo de reacción exterior fijo. La rotación de los discos soles fuerza la rotación de los discos planetas. Sin embargo, como los

discos planetas están obligados a mantener sus posiciones por el anillo de reacción fijo, su fuerza rotatoria es transferida al soporte transportador de los planetas.

El anillo de reacción exterior está hecho de dos partes y está conectado a una manivela de ajuste. Al mover la manivela de ajuste, los anillos de reacción se separan o se juntan cambiando así la posición de los discos planetarios impulsados. Cuando los anillos exteriores de reacción se separan, los planetas pueden desplazarse hacia fuera sobre sus ranuras en el soporte transportador. Al moverse hacia fuera, la posición del punto de contacto entre el disco planeta y el disco sol cambia con respecto al centro del disco planeta. Como los discos planetas impulsan soporte transportador girando en torno a sus propios centros, la velocidad resultante del soporte transportador (y de la transmisión en su conjunto) queda determinada por la velocidad del disco planeta.

Los alojamientos de la mayor parte de los reductores de discos están fabricados de hierro fundido aunque en algunos casos son de acero soldado. Los ejes y los anillos impulsores van generalmente montados en cojinetes de bolas. Algunos fabricantes colocan uno o dos conjuntos de cojinetes de bolas en la transmisión con el objeto de absorber el efecto del empuje provocado por los anillos impulsores cuando hay cambios de velocidad o cuando la transmisión comienza a funcionar.

La mayor parte de las transmisiones de discos emplean sistemas de lubricación por salpicadura debido al gran número de partes rotatorias que incluyen. Estos sistemas han demostrado ser bastante exitosos gracias a que el diseño circular de la carcasa y de las piezas internas garantiza que, en todo instante, aproximadamente a un tercio de la transmisión se encuentre sumergido en aceite.

Si bien la mayoría de las transmisiones de discos tienen montajes de pies, con los ejes funcionando en un plano horizontal, existen también algunos tipos que van montados verticalmente. Los fabricantes especifican la posición recomendada para la unidad, o las posiciones alternativas de la misma.

## **16 RAZONES PARA COMPRAR UN VARIADOR SM-BEIER**

### **CARACTERÍSTICAS**

### **BENEFICIOS**

- |   |   |
|---|---|
| 1. No hay contacto metal-con-metal, lo que elimina el desgaste y deterioro de la superficie. El torque se transmite vía deslizamiento de aceite viscoso | Larga vida útil sin problemas, 2 años de garantía, ilimitadas horas de operación. |
| 2. Todos los componentes están inmersos en aceite y sellados para evitar la entrada de humedad, tierra, y polvo que reducen la vida útil.               | Protección ambiental como un estándar.  |
| 3. Cambiar el aceite cada 2500 horas; carece de bandas o discos que se desgasten.   | Mantenimiento periódico mínimo.   |
| 4. Múltiples puntos de contacto en el disco para compartir las variaciones de carga y soportar sobrecargas  | Capacidad de carga de choque fuerte. ®  |
| 5. Todas las partes encerradas en baño de aceite y son lubricadas de manera continua.   | No hay corrosión por fricción entre las partes.                                   |
| 6. Su diseño permite que la unidad se instale en lugar de otros motores más grandes.  | Compacto, en tamaños de muchos caballos de fuerza.                                |
| 7. 88% de eficiencia a alta velocidad es  | El cliente ahorra dinero en gastos de   |

mayor que otros tipos de motores de velocidad variable.

operación del motor.

8. Todas las partes son dinámicamente balanceadas y simétricas para una operación de baja inercia y libre de vibraciones

Baja vibración.

9. Ajuste manual brinda ajustes de incrementos por encima del rango de velocidad de operación.

Ajuste infinito 3.3:1, 4:1 ó 10:1 por encima del rango de velocidad.

10. No hay contacto de metal-con-metal que ranure los discos como en otros motores. El corte de fluido viscoso sólo pule las superficies de los discos.

Discos no-ranurados

11. Los discos no-ranurados eliminan los saltos de velocidad; y el tornillo roscado de ajuste fija la configuración de velocidad.

Mantiene velocidad fija.

12. Cambio de velocidad es +1% de la velocidad fijada en base a un cambio del 75% en la carga.

Excelente regulación de velocidad.

13. Las tablas presentan los factores pre-servicio para un servicio de 24 horas al día con un factor de 1.0.

Fácil de seleccionar desde el catálogo.

14. Disponibilidad de muchas configuraciones y opciones.

Fácil de aplicar a una amplia variedad de usos del cliente

15. El tiempo de entrega es de 10 días hábiles hasta 40 HP; las unidades más grandes tardan de 10-12 semanas

Rápida satisfacción de los requerimientos del cliente

16. Aumento de capacidad de torque.

Fácil de aplicar a usos de HP constante.

## INTRODUCCIÓN DE BEIER

Sumitomo Heavy Industries finalizó un acuerdo de licencia en 1952. Se realizaron las pruebas del concepto Beier hasta 1954. Durante este tiempo, el flujo de potencia a través de la máquina fue invertido y se agregó la leva de cara. Durante la década de 1950, la División de Poleas Reeves de Reliance tuvo la licencia de fabricar el variador Beier en los EE.UU. Tuvieron muchos problemas con los discos de cono que vibraban con un chirrido de tono agudo. Como resultado de esto, dejaron caducar la licencia a principios de la década de 1960. A fines de esta década, el Beier mejorado estaba siendo bien aceptado y al establecerse SMA aquí, el Beier se volvió a introducir en los EE.UU.

---

## PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

Tal como se muestra en la Figura 1, la rotación de alta velocidad del eje de entrada se transmite a través de los engranajes locos hasta los conjuntos de discos de cono alineados sobre un conjunto múltiple de contraejes ranurados. Estos discos de cono conducen los discos de reborde que están conectados con el eje de salida a través de la leva de cara y la manga acompañante la cual, a su vez, está calzada sobre el eje de salida.

Los contraejos múltiples, sobre los cuales están montados los discos de cono, están conectados por los brazos giratorios. El movimiento rotacional de los brazos giratorios alrededor del engranaje loco empuja a los centros de los contraejos con los discos de cono a moverse hacia o alejarse de los centros de los discos de reborde. Una corona de cambio circular conecta estos brazos giratorios al tornillo de cambio, lo cual permite que cada brazo giratorio se mueva precisamente al unísono.

Cuando el punto de contacto de los discos de reborde está cerca de la periferia de los discos de cono, se logra una elevada velocidad de salida, y cuando el punto de contacto de los discos de reborde está cerca de los discos de cono se logra una baja velocidad de salida (consulta la Figura 2).

### CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO

#### TRANSMISIÓN DE POTENCIA POR MEDIO DEL ARRASTRE VISCOSO

La potencia se transmite por medio del arrastre viscoso o la fuerza de tracción de la película de aceite entre los discos en el punto de contacto, y no por medio de la fricción entre el cono y los discos de reborde. Los discos de cono son relativamente delgados, por lo tanto el radio de curvatura es grande. Esto minimiza la presión de contacto. Por consiguiente, en el punto de contacto, se logra una lubricación límite ideal cercana a la fricción de la película de fluido.

#### CAPACIDAD DE CARGA PESADA

La presión de contacto es relativamente baja, dado que la transmisión de potencia está parejamente distribuida a través de muchos puntos de contacto. Esto da como resultado una excelente resistencia ala sobrecarga. El Beier puede soportar una sobrecarga momentánea o



elevada sin romper la película de aceite, lo cual daría como resultado un contacto metálico. Tiene la capacidad de carga más alta de cualquier reductor mecánico: 200 HP.

### DURABILIDAD

Se evita el contacto metálico al mantener una película constante de aceite entre los discos, minimizando así el desgaste de los discos. Este singular diseño da como resultado una prolongada vida útil y un bajo costo de mantenimiento. No existe un desgaste virtual y no hay formación de ranuras ni corrosión por frotamiento.

### DISEÑO COMPACTO QUE AHORRA ESPACIO

La sección de transmisión de potencia está compuesta de muchos discos metálicos delgados. Esta característica permite un diseño compacto que ahorra espacio, transmitiendo al mismo tiempo un par elevado. El Beier no requiere más espacio que un reductor común con engranajes de capacidad similar.

### VIBRACIÓN MÍNIMA

Las piezas rotativas, incluyendo los discos, son completamente simétricas y el momento de inercia es bajo. Esto asegura un funcionamiento casi sin vibraciones.

### ELEVADA EFICIENCIA DE FUNCIONAMIENTO

El Variador Beier está diseñado para minimizar el deslizamiento al mantener una presión de contacto correcta bajo condiciones de carga variable, asegurando así una eficiencia pico y regulación de la velocidad.

## AJUSTE DE VELOCIDAD

Las velocidades son infinitamente ajustables dentro del rango de velocidad de 4:1. Los ajustes permanecen estables, aun durante periodos de tiempo prolongados. No es necesario hacer funcional el Beier diariamente a través del rango completo de velocidades. Se dispone de Variadores Beier de rango amplio, aumentando el rango de velocidades hasta 10:1.

## CAPACIDADES

Las capacidades están basadas en un servicio diario las 24 horas del día bajo condiciones de carga uniforme o con pocas fluctuaciones. Los factores de servicio semejantes al 1.0 son sólo requeridos para condiciones de cargas pesadas.

El par de salida del variador Beier estándar en realidad aumenta al disminuir la velocidad de salida. Este aumento sigue una curva dando como resultado un par de salida de aproximadamente 2.65 veces en el rango bajo como en el rango alto. Es casi un variador de HP constante.

## APLICACIONES

El Variador Beier está disponible desde ½ hasta 200 HP. Con este rango amplio cubre un gran porcentaje de todos los requerimientos de velocidad variable y puede reemplazar eficazmente los variadores mecánicos del tipo de banda, de CC, de corriente parásita e hidrovicosos en muchas aplicaciones industriales.

Una aplicación típica es para mezcladoras en la industria química. Típicamente se requiere un funcionamiento a un valor de velocidad durante periodos largos, una configuración a prueba de explosiones y un par que aumente al aumentar el espesor del material. El Variador Beier puede cumplir con todos estos requerimientos. El funcionar durante periodos largos a

un valor único es lo más común porque, en una unidad de 25 HP, por ejemplo, hay 66 zonas de cizalla de aceite entre los discos de cono y de reborde. No hay contacto metal a metal entre los discos conductores y conducidos. El requerimiento a prueba de explosiones se cumple usando un motor de inducción estándar de CA a prueba de explosiones, en lugar de usar un motor CC a prueba de explosiones o un acoplamiento de corriente parásita. La característica de multiplicación del par a valores de velocidad lenta frecuentemente permite usar un Variador Beier y motor más pequeños que aquellos requeridos por un variador de CC convencional; es decir, un Variador Beier de 25 HP en lugar de un variador de CC de 50 HP.

#### **2.3.3.8 Transmisiones Hidráulicas de Velocidad Variable**

Además de las transmisiones mecánicas con velocidad variable de correas, cadenas, discos y rodillos, existen varios otros tipos disponibles. Entre estos, el tipo más común es el que utiliza un acoplamiento hidráulico como dispositivo de transmisión de potencia. Las dos mitades del acoplamiento, que van montadas en una caja soldada, no están conectadas rígidamente entre sí. Para su funcionamiento, se suministra al acoplamiento una cantidad determinada de fluido hidráulico, que en el caso particular de esta transmisión, es agua. La cantidad de fluido hidráulico dentro del acoplamiento se controla mediante un tubo vaciado situada en la carcasa exterior del acoplamiento. Al levantar o bajar el tubo, el nivel de fluido hidráulico dentro del acoplamiento disminuye o aumenta. Como resultado de lo anterior, la velocidad de salida de la unidad disminuirá o aumentará respectivamente. El fluido hidráulico necesario para el funcionamiento del acoplamiento es suministrado por una bomba exterior.

### 2.3.3.9 Transmisiones Eléctricas de Velocidad Variable

La mayor parte de ellas tiene la apariencia de motores. De hecho, la mayor parte de ellas consiste solamente en un motor. Hasta hace poco, la mayor parte de las transmisiones eléctricas con velocidad regulable consistían en motores de corriente continua. Debido al flujo constante de corriente eléctrica, las unidades de CD eran muy fáciles de regular. Todo lo que se requería para controlar la velocidad del motor era un REOSTATO (dispositivo para variar la resistencia de una corriente) que permitía regular la cantidad de corriente que llegaba al motor desde la alimentación del mismo. Esto permitía, en consecuencia, aumentar o disminuir las RPM del motor.

Una variante de lo anterior son las TRANSMISIONES DE CORRIENTE PARÁSITAS. En este caso, se utiliza un motor normal de CA para generar corriente en uno de los extremos del sistema de transmisión. Una pequeña parte de la corriente alterna generada es extraída del motor, la que es RECTIFICADA (convenida) para obtener corriente continua, y empleada para excitar la bobina inductora en el lado de la CD del acoplamiento de corrientes parásitas.

Al aumentar o disminuir la cantidad de potencia de la CD, la velocidad del motor, y por lo tanto del eje de salida, cambia proporcionalmente.

Otro tipo de transmisión eléctrica con velocidad variable emplea una transmisión de banda con velocidad variable como elemento básico del sistema. Para los efectos de su funcionamiento, la transmisión de banda – que es igual a la descrita más arriba tiene su eje de salida conectado a una maquinaria o a un reductor como ocurría anteriormente. El mencionado produce generalmente corriente alterna y está conectado eléctricamente a varios motores.

El motor PRINCIPAL o unidad motriz básica debe funcionar a una potencia nominal igual a la suma de la de todos los motores SUBORDINADOS, y dicho motor principal tiene velocidad constante. La velocidad de salida de la unidad generadora (y también la cantidad de corriente) queda controlada por la posición de la banda ajustable de la transmisión. Este ajuste interno de la velocidad del mecanismo de transmisión de banda es efectuado manual o automáticamente por medio de uno de los diversos tipos de unidades. Estos sistemas de motores eléctricos de corriente alterna con velocidad variable se utilizan frecuentemente cuando se requiere que varios motores tengan la misma velocidad de funcionamiento, o que todos ellos deban cambiar simultáneamente sus velocidades.

Un reciente desarrollo en el campo de control de los motores eléctricos de CA se denomina el control SCR. La unidad SCR de control consiste en una unidad de estado sólido que funciona de una manera similar a un reostato de CC, y se emplea frecuentemente con motores de CC. Sin embargo, los controles de velocidad pueden emplearse también con motores de standard de CA que operan estos equipos. Se adapta a dichos motores un

---

dispositivo sensor que se conecta al control de estado sólido que funciona de una manera similar aun reostato de CD, y se emplea frecuentemente con motores de CD.

Cuando funciona en conjunto con un motor de CA, la unidad SCR de control permite el flujo de una cantidad determinada de corriente al motor. Cuando la velocidad del motor alcanza la velocidad para la cual está calibrado, el dispositivo sensor envía una señal de monitoreo al control y disminuye la cantidad de corriente de alimentación. En este forma, el control SCR mantiene un equilibrio entre la demanda y la corriente de funcionamiento. Si se produce una sobrecarga sobre el motor, el dispositivo sensor comunica la disminución de velocidad y permite el paso de una mayor cantidad de corriente al motor.

El mantenimiento de las unidades accionadas por motor sólo requiere, en general, la lubricación de los cojinetes y el mantenimiento y buen estado de limpieza del área donde están instaladas. La lubricación y el mantenimiento de los equipos eléctricos son realizados, en casi todas las plantas, por los electricistas.

### **2.3.4 Motores**

Todos los motores eléctricos operan bajo el principio de que una fuerza actúa en un conductor cuando éste lleva corriente en un campo magnético. Aunque existe una amplia variedad de tipos de motores, éstos difieren solamente en los métodos utilizados para crear el campo magnético y controlar la corriente.

#### **2.3.4.1 Factores Comunes**

Sin considerar el tipo, algunos factores son comunes para todos los motores y deben entenderse antes de entrar en temas específicos.

---

Al hablar de motores se utilizan dos abreviaturas: Corriente alterna, que generalmente se abrevia como “CA”. El otro tipo básico de motor es el de corriente directa y se abrevia “CD”. DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Los tipos de motor incluyen el común de 3 fases CA (más propiamente llamado polifásico), CA de una fase, CD, servo, motores de paso y el sincrónico.

#### **Sistemas de Unidad**

La capacidad nominal para motores que se usan en Norteamérica se basan en pies, libras y segundos, frecuentemente llamadas Unidades Inglesas de Ingeniería. Virtualmente todo el resto del mundo utiliza una versión del sistema métrico llamada SI, o Estándar Internacional.

Las diferencias entre los dos sistemas pueden causar malos entendidos y malas aplicaciones. En la última sección de este capítulo se indican las diferencias importantes.

### **Capacidad Nominal de Entrada y Salida**

Los motores CA regularmente operan directamente sobre líneas de energía de CA. Sin embargo, están nominados en voltaje, como de 115, 200, 230, 460 y 575 Volts CA, y en frecuencias (la velocidad con que el voltaje alterna de positivo a negativo). La frecuencia se expresa en hertz (Hz), que son ciclos por segundo.

Los motores para Norteamérica, América Central, México, los países del Caribe, Filipinas y Corea del Sur, generalmente operan en sistemas de 60 Hz. América del Sur, Japón y Arabia Saudita usan ambos sistemas 50 y 60 Hz. La mayor parte de los otros países utilizan 50 Hz.

La salida nominal para usos generales en los motores Norteamericanos se indica en caballos de potencia (HP) y en revoluciones por minuto (RPM).

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

**Armazón**

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Muchas de las características de operación y tamaño físico de los motores fabricados en los Estados Unidos de América, están establecidas por National Electrical Manufacturers Association (NEMA). Estas normas permiten a los usuarios de motores ordenar y usar los motores con un alto grado de conocimientos acerca del rendimiento del motor y su tamaño físico. Esto permite el intercambio entre motores de diferentes fabricantes.

Los tamaños de los armazones con frecuencia se definen por medio de números y letras. Los números indican la distancia desde la base del motor hasta el centro del eje, y la longitud del motor. Las letras indican características especiales, Tabla 11-1.

TABLA 11-1 – Armazones NEMA comunes, Sufijos para motores CA	
Sufijo	Explicación
T.....	Eje “largo, para carga con bandas
TS.....	Eje “corto”, para conexión directa
C.....	Motor Brida C
TC.....	Motores Brida C, con eje T o eje largo.
JM, JP.....	Motores para bomba con cople cerrado
U.....	Relaciones del tamaño del armazón con la potencia. Normas Norteamericanas previamente existentes

Para usos especiales como lavadores, secadoras y otros aparatos, los motores con armazón que no tienen especificaciones NEMA son de diseño especial, producidos en grandes cantidades y no son intercambiables con motores producidos por otros fabricantes.

## UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

### Calentamiento del Motor

Por naturaleza, y por las leyes de física, los motores producen calor, generalmente en proporción con el cuadrado de la carga. (Duplicar la carga aumenta el calor cuatro veces).

Por lo tanto, un motor debe tener capacidad de disipar el calor que produce. De no ser así, aumentará la temperatura y eventualmente se quemará.

Por lo tanto, la capacidad terminal debe ser adecuada para la carga más severa del motor. La tarea de selección es sencilla cuando la carga del motor es relativamente constante, por



ejemplo, en bombas de velocidad constante y en los compresores y de desplazamiento positivo y velocidad constante.

Sin embargo, seleccionar motores para aplicaciones sujetas a recuentes arranques y paros o sobrecarga, es más complicado. En estos casos es necesario hacer una gráfica del ciclo de trabajo y calcular una carga media cuadrática equivalente (rms).

### **Tipos de Carga**

Las cargas de toque variable incluyen bombas, ventiladores, sopladores y compresores. Las cargas de torque constante incluyen bandas transportadoras, malacates y bombas y sopladores de desplazamiento positivo. Las cargas de HP constantes incluyen cortadoras de metal, máquinas enrolladoras y para desenrollar. Estas últimas pueden ser del tipo de velocidad constante o ajustable.

### **Aislamiento del Motor**

Todos los motores tienen un sistema de aislamiento que evita que los conductores que llevan corriente hagan corto con los conductores adyacentes o con el armazón del motor. El sistema de aislamiento es el factor que limita la temperatura máxima que puede soportar sin riesgo de devanado.

<b>TABLA 11-2 – Aumento de temperatura permitido por el aislamiento arriba de los 40° C.</b>	
<b>Temperatura Ambiente</b>	
<b>Aislamiento Clase</b>	<b>Aumento Permitido °C</b>
B	90
F	105
H	130

**\*Notas:**

1. La tolerancia del "punto caliente" es de 10°C más de la temperatura de la lista arriba indicada.
2. Estos valores de aumento de temperatura están basados en el método de resistencia para medir las temperaturas de la bobina.

En las placas de los motores se identifica con una letra el aumento de temperatura máxima que el motor soporta por encima de la temperatura ambiente (el aire que rodea al motor), Tabla 11-2. Tanto las normas Norteamericanas como las IEC basan los índices de aumento de temperatura sobre una temperatura ambiente de 40°C (104° F).

### Factor de Servicio

Con frecuencia se abrevia "FS" en la placa del motor, el factor de servicio define la cantidad de sobrecarga que un motor desarrolla en forma continua sin sobrecalentarse. Por ejemplo, un motor con 1.0 FS, está diseñado para proporcionar su carga nominal en forma continua. Un motor con 1.15 FS puede proporcionar 115% de la carga nominal sin

sobrecalentarse. Esta capacidad extra permite al motor suministrar la carga completa, y aún así, estar protegido contra daños de sobrecarga. Este no es el caso en un motor con factor de servicio de 1.0, el cual es más difícil de proteger al estar suministrando potencia de salida cercana a la nominal.

### Curvas de Torque-Velocidad

Una de las herramientas de aplicación más importantes que se utilizan para adaptar el rendimiento de un motor a su carga, es la curva de torque-velocidad (P-V), Fig. 11-1.

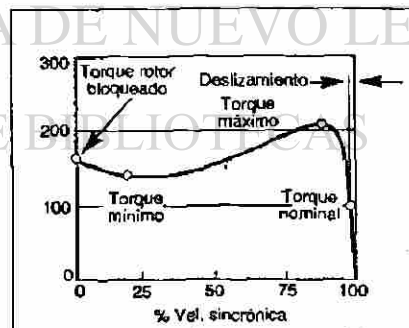


Fig. 11-1 — Curva de torque-velocidad de un motor de inducción CA.

La Curva P-V define el torque máximo disponible que proporciona un motor a cualquier velocidad en particular. Indica la capacidad de torque a corto plazo del motor, incluyendo el torque disponible para arrancar y acelerar la carga, y la capacidad de torque continúa a un voltaje y frecuencia nominales.

### Enclaustramientos

Los motores de inducción tienen cinco tipos básicos de enclaustramientos, cada uno de ellos proporcionando un nivel diferente de protección mecánica y de enfriamiento. Los cinco tipos están protegidos para que el personal no toque una pieza móvil o que esté electrizada.

#### Enclaustramientos APG

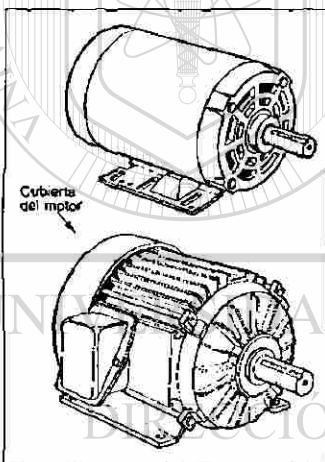


Fig. 11-2 — Motor típico APG, a prueba de goteo, el de arriba, y totalmente cerrado, enfriado por ventilador (TVVB), el de abajo. La cubierta del TCCV aloja un ventilador externo, montado en el eje del motor. Este ventilador sopla aire sobre las aletas exteriores TCCV.

El enclaustramiento que se usa más ampliamente es el APG (a prueba de goteo). Fig. 11-2, es apto para ambientes industriales limpios, secos, bajos techo, que no necesitan enfriamiento adicional. O sea, el ventilador interno montado en el eje del motor proporciona suficiente aire de enfriamiento para mantener al motor dentro de los límites de temperatura de diseño.

#### Enclaustramiento WP. (Weather Protected).

Una versión más reforzada que el APG, el WP (con protección ambiental), está diseñada para instalaciones a la intemperie. El enclaustramiento permite un libre intercambio del aire de enfriamiento dentro del motor, sin embargo, las mamparas evitan que la humedad ingrese al motor.

### **Enclaustramientos APG con Ventilador Externo.**

Los motores que están sujetos a arranques frecuentes o a sobrecargas, con frecuencia necesitan un ventilador aparte impulsado por motor. Estos motores se clasifican como APG con Ventilador Externo (a prueba de goteo, ventilados con abanico). Este enclaustramiento se necesita regularmente para aplicaciones de velocidad ajustable CA.

### **Enclaustramientos TCNV.**

Los motores para usarse en lugares húmedos, sucios y a la intemperie, necesitan ser totalmente cerrados, sin ventilación (TCNV). Sin embargo, estos enclaustramientos generalmente están limitados para motores pequeños. Un motor TCNV no tiene abanico externo. Disipa todo su calor a través del armazón y las superficies de montaje.

### **Enclaustramientos TCCV.**

Un motor totalmente cerrado con un ventilador externo impulsado por el eje que sopla aire de enfriamiento sobre la parte de afuera del armazón del motor. Este tipo se llama TCCV

(totalmente cerrado, enfriado por ventilador). Fig. 11-2.

### **Motores para lugares peligrosos.**

Hay motores de inducción disponibles para operar en presencia de líquidos, gases y polvos explosivos. Las normas Norteamericanas requieren características de operación especiales, enclaustramientos y regímenes de prueba para estos motores, los cuales se diseñan especialmente para ese propósito. No son simplemente motores estándar modificados en enclaustramientos especiales.

No debe suponerse que un motor probado, que aparece en la lista o reconocido como que cumple con las normas Norteamericanas para lugares peligrosos, cumplirá con las normas IEC o viceversa.

### Montaje Especial

Para montar en forma conveniente los motores a ciertos tipos de cargas impulsadas (reductores de engranes, bombas, o similares), se ofrecen motores con configuraciones de montaje bien definidas. En la Fig. 11-3 se presentan dos de los más comunes.

#### Motores Brida C.

Los motores que tienen una cara terminada con orificios roscados en los cuales el usuario puede montar equipo de

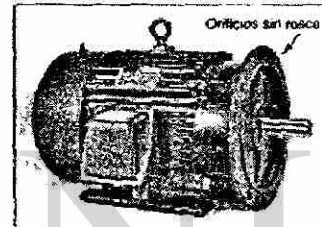
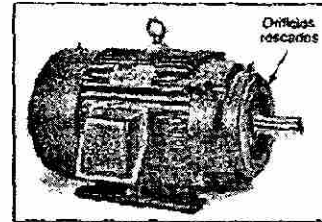


Fig. 11-3 — Arriba, Brida C y abajo, Brida D, para montar el motor a cargas impulsadas. Estas con frecuencia incluyen reductores de velocidad, bombas y maquinaria especial.

impulsión, se llaman motores Brida C. 11-3.

#### Motores Brida D.

Una cara con brida permite al usuario atornillar los motores utilizando los orificios (orificios sin rosca) directamente a la maquinaria impulsada. Los círculos de los tornillos en los motores con Brida D, Fig. 11-3, son más robustos y grandes que los motores de Brida C.

#### Modificaciones

Los motores eléctricos se ofrecen con una amplia gama de modificaciones previamente diseñadas. Las opciones mecánicas incluyen rodamientos especiales, extensiones especiales de eje, respiraderos (para permitir que pequeñas cantidades de aire ingresen y salgan del

enclaustramiento a medida que se calienta y se enfría), drenaje (para que el agua condensada pueda drenarse), sellos, dispersores, aislamiento de alta temperatura, detectores de temperatura para el devanado, detectores de vibración y muchas otras.

Las modificaciones ambientales incluyen tropicalización y una variedad de enclaustramientos especiales. Las modificaciones eléctricas incluyen voltajes o frecuencias especiales, capacidades especiales de ciclo de trabajo, torques más altos de lo normal y muchas otras.

### Protección para el Motor

Es imperativo incluir algún tipo de protección de sobrecarga para evitar que la temperatura del motor se exceda de los valores de diseño. Esta función de protección normalmente la suministra el controlador del motor, también llamado “arrancador del motor.” La mayoría perciben la corriente del motor y lo apagan, si los niveles permitidos se exceden durante mucho tiempo.

### 2.3.4.2 Motores de Corriente Alterna y Directa

#### Motores CA

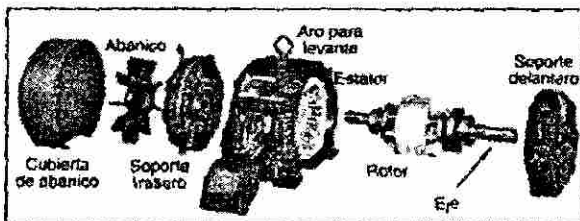


Fig. 11-4 — Motor de inducción CA, de 3 fases típico. Las protuberancias en cada extremo del rotor actúan como ventiladores para circular el aire de enfriamiento interno.

Algunas veces difícil de entender, aún cuando su construcción es sencilla, el motor de CA contiene dos partes principales, el estator y el rotor. Como su nombre lo indica, el estator es estacionario y contiene

los devanados con dos o más polos magnéticos por fase. Estos devanados producen un campo magnético giratorio alrededor del rotor, Fig. 11-4.

En la mayoría de los motores de inducción CA, el rotor consiste de un cilindro laminado con barras de aluminio o de cobre en ranuras alrededor de la parte de afuera de este cilindro. Las barras están conectadas a anillos circulares en cada extremo del rotor. Las barras conductoras y los anillos se parecen a una jaula de ejercicio para arillas, de ahí el nombre de “motor jaula de ardilla.”

El campo giratorio induce corriente en los conductores del rotor. Esta corriente del rotor, a su vez, produce un campo magnético que reacción con el campo giratorio. Después el rotor sigue al campo magnético del estator, pero a una velocidad ligeramente menor.

Todo esto hace surgir la pregunta: ¿Qué tan rápido gira el rotor? La respuesta depende de varias cosas, la frecuencia de la potencia aplicada, número de polos del motor, y carga del motor. Entre más alta sea la frecuencia aplicada, menor número de polos y menor la carga, el rotor gira más rápido.

**TABLA 11-3 – Velocidades sincrónicas para motores que operan con un suministro de energía de 50 y 60 Hz.**

No. polos	Velocidad Sincrónica, RPM	
	50 Hz	60 Hz
2	3000	3600
4	1500	1800
6	1000	1200
8	750	900

### **Velocidad Sincrónica.**

La velocidad de rotación del campo magnético del estator se llama velocidad sincrónica del motor, un valor determinado por:

$$NS = 120f/p$$

en donde:

NS = Velocidad sincrónica, RPM

f = Frecuencia de la potencia aplicada, Hz

p = Número de polos por fase

La Tabla 11-3 presenta la lista de velocidades sincrónicas para los motores más populares de 60 Hz y 50 Hz.

La carga determina en dónde el motor opera sobre la curva de torque velocidad del motor,

Fig. 11.1. Según muestra esta curva, a mayor carga, más lenta la velocidad.

### **Deslizamiento.**

La diferencia entre la velocidad sincrónica y la velocidad real del rotor se denomina deslizamiento. Para que un motor de inducción opere debe haber algo de deslizamiento. Este deslizamiento es necesario para inducir corriente en el rotor. La mayoría de los motores de inducción CA tienen de 3 a 5% de deslizamiento a carga plena.

### **Niveles de torque críticos.**

La curva de torque-velocidad de la Fig.11-1, muestra los cuatro valores de torque que son críticos para la selección y aplicación del motor: torque-bloqueado a rotor, torque mínimo, torque máximo y torque normal.

El torque bloqueado es el torque disponible a cero velocidad para acelerar la carga. El torque mínimo es el mínimo disponible durante el arranque y típicamente ocurre del 20 al 40% de la velocidad sincrónica. El torque máximo, es el máximo disponible que ocurre alrededor del 80 al 95% de la velocidad sincrónica. El torque normal es el máximo que un



motor puede transmitir en forma continua. Este valor ocurre a una velocidad ligeramente por debajo de la sincrónica, típicamente alrededor de los 1,750 RPM para un motor de cuatro polos que opera a 60 Hz.

### Motor Polifásico

El motor CA más sencillo de entender, también el más confiable y común con distribuidores de transmisión de potencia industrial, es el motor de inducción CA de tres fases. En vista de que las tres fases naturalmente forman un campo magnético giratorio, tiene la construcción y características de operación más sencillas. Estos motores están disponibles en capacidades desde fraccionarios hasta miles de caballos de potencia.

A continuación presentamos los principales factores en la selección y aplicación de estos "caballos de trabajo" de la industria.

### Tipos de diseño.

Al cambiar el diseño del rotor, la forma de la curva de torque-velocidad puede alterarse para producir diferentes características necesarias para las diversas aplicaciones.

Las normas Norteamericanas reconocen tres diseños comunes de motores de inducción: Diseño B, diseño C y Diseño D. Estos están definidos en forma similar tanto por NEMA (National Electrical Manufacturers Association) y CEEMA, su homólogo canadiense. La Fig. 11-5 presenta las curvas de torque-velocidad para los tres y la Tabla 11-4 resume sus características.

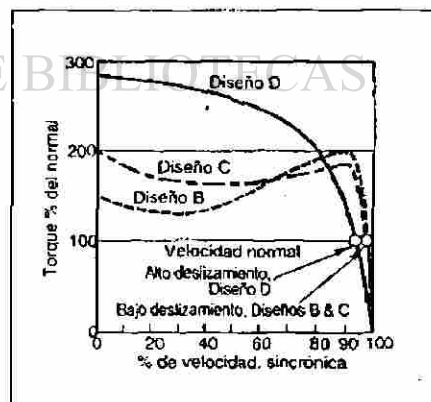


Fig. 11-5 — Curvas de torque-velocidad típicas del Diseño B, Diseño C y Diseño D, de motores CA de 3 fases.

**TABLA 11-4 – Características de diseño de los motores de inducción de tres fases**

<b>Torque Diseño</b>	<b>Torque de Arranque</b>	<b>Máximo</b>	<b>Eficiencia Deslizamiento</b>	<b>Relativa</b>
B	Normal	Alta	Bajo	Alta
C	Alta	Normal	Bajo	Ala
D	Alta	Alta/Normal	Alto	Moderada

Los Diseños B y C tienden a tener relaciones similares de armazón-caballos de potencia.

Los motores Diseño D son más grandes y más caros.

Los motores Diseño B, los más ampliamente usados, típicamente se usan en ventiladores, abanicos, bombas centrífugas y compresores y otras cargas fáciles de arrancar. Los motores Diseño C se utilizan en las bandas de transportadores, compresores recíprocos, bombas de desplazamiento positivo y cargas similares difíciles de arrancar. Los motores Diseño D se instalan en prensas de perforación, máquinas cortadoras, malacates, bombas para pozos de petróleo, y otra maquinaria de carga con picos altos.

#### **Motores de Velocidad Múltiple.**

Los motores de inducción CA polifásicos también son para operación a dos o más velocidades. Estos motores contienen devanados de estator que pueden ser interconectados para proporcionar un número diferente de polos. Los así llamados motores de devanado sencillo, de velocidades múltiples, ofrecen dos velocidades nominales en donde la velocidad más baja es generalmente la mitad de la velocidad más alta.

Por otra parte, los motores de velocidades múltiples de dos devanados, pueden operar a otras relaciones de velocidad además de la de 2 a 1. Y dichos motores están disponibles en tres y cuatro velocidades nominales.

Los motores de velocidades múltiples de dos devanados no deben confundirse con los motores reconectables. Estos últimos pueden ser reconectados para operación desde ya sea

230 ó 460 VCA. Los motores de velocidades múltiples, por otra parte, son reconectables (usando arrancadores de motor de velocidades múltiples), para proporcionar dos velocidades diferentes cuando operan desde el mismo voltaje y frecuencia.

### **Capacidad Nominal.**

Los motores Diseño B y C se surten en los rangos inferiores, pero los costos aumentan rápidamente para los de más de 150 HP.

Los motores de inducción construidos bajo las normas Norteamericanas típicamente tienen una capacidad nominal de 230, 460 ó 575 VCA. Estos son para usarse en sistemas de energía con voltajes nominales de 240, 480 y 600 VCA, respectivamente. Las caídas de voltaje corresponden a la diferencia entre los voltajes del motor y del sistema de energía.

La mayoría de los fabricantes ofrecen motores reconectables que pueden arreglarse para operar ya sea a 230 ó 240 VC. (Están marcados con 230/240 Volts para indicar el doble voltaje). Los motores con capacidad nominal de 500 hasta 750 HP típicamente operan en estos sistemas de bajo voltaje. Los motores con capacidad superior a este nivel operan regularmente en sistemas de voltaje medio, como de 2,3000 ó 4,000 VCA.

### **Impulsores CA de Velocidad Ajustable.**

Para obtener la operación de velocidad ajustable de motores CA altamente confiables, controladores comúnmente llamados inversores, se desarrollaron para controlar el voltaje y la frecuencia aplicada a los motores de CA. La confiabilidad del controlador ha aumentado de tal manera que los impulsores de velocidad ajustable de CA, generalmente se toman muy en cuenta, tanto como los sistemas CD antiguos y comprobados.

## Motores de Inducción Monofásicos

Operan bajo los mismos principios básicos que los del tipo polifásico, sin embargo, el motor monofásico no tiene un campo magnético de estator giratorio natural. Por lo tanto, se utilizan varias técnicas de diseño para crear este campo giratorio, incluyendo polo-sombreado, fase-dividida, de arranque con capacitor y de capacitor dividido permanente.

### Motores de polo sombreado.

Un circuito de cobre o sombreado rodea una porción de cada fase del polo en el motor de polo-sombreado. El campo magnético en la porción sombreada de la cara polar, retarda esa en la otra porción, un arreglo que produce el llamado campo giratorio. El diseño de más bajo costo de motores sombreados se utiliza en los ventiladores, aparatos pequeños y otras aplicaciones que aceptan torques de arranque y máximo inferiores.

### Motores de fase-dividida.

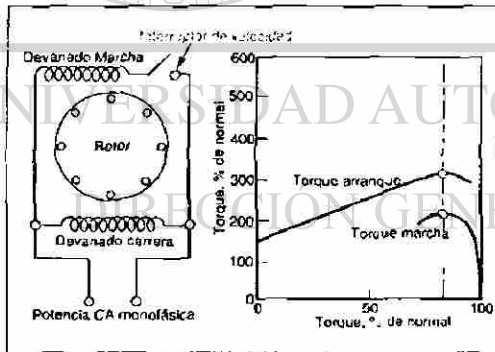


Fig. 11-6 — Dibujo y curva de torque-velocidad para motores de fase dividida.

El motor monofásico industrial de aplicación general más común, el motor de fase dividida, crea un campo magnético preparando las bobinas de los devanados de arranque y de operación con diferentes valores de inductancia. Al arrancar, ambos devanados se energizan y las diferencias en

características eléctricas de los devanados de arranque y marcha producen un campo magnético giratorio. A medida que el motor se acerca a la velocidad de marcha, un interruptor de velocidad mecánico o de estado sólido desconecta el devanado de arranque,

Fig. 11-6.

Los motores de fase dividida son más caros que los motores equivalentes de polo sombreado, pero tienen valores más altos de torque de arranque máximo.

### Motores con capacitor de arranque.

El segundo motor industrial monofásico más común, el motor con capacitor de arranque, ofrece valores más altos de arranque y de torque máximo, que el de los motores de polo sombreado o el de fase dividida. El

desplazamiento de fase entre los devanados de arranque y de carrera, y el campo magnético

giratorio, se produce conectando un capacitor en serie con los devanados de arranque. En ese caso también un interruptor de velocidad desconecta el devanado de arranque a medida que el motor se acerca a la velocidad de marcha. Fig. 11-7

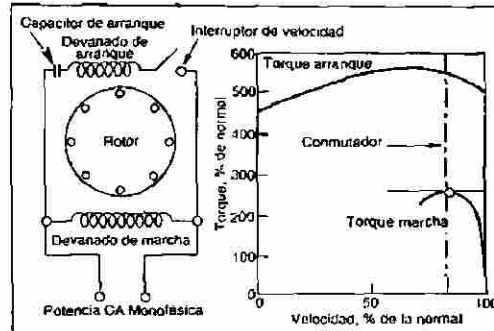


Fig. 11-7—Esquema y curva de torque-velocidad para motor con capacitor de arranque. Se observa el torque de arranque más alto de este motor sobre el motor de fase dividida. El capacitor de arranque con frecuencia se monta en la parte superior del motor en una "lata" cilíndrica larga.

### Motor de capacitor dividido permanente.

Aunque similares a los motores con capacitor de arranque, los motores de capacitor dividido permanente no emplean un interruptor de velocidad porque ambos devanados operan continuamente. Estos motores ofrecen una eficiencia y un factor de potencia mayor que los otros tipos, pero generalmente tienen torque de arranque y torque máximo más bajos. Los motores con capacitor dividido se utilizan ampliamente para suministrar energía a

bombas y cargas de abanicos en donde no son necesarios altos valores de toque arranque y torque máximo.

### Motores CD

Aún cuando son más complejos y costosos y necesitan de más mantenimiento que los motores de inducción CA correspondientes, los motores CD pueden operar a velocidad ajustable cuando se conectan a controladores relativamente sencillos. Existen dos tipos básicos de motores de CD: los tipo escobilla y sin escobilla.

#### Motores CD Tipo Escobilla

A su vez, existen dos tipos de motores CD tipo escobilla, de imán permanente (PM) y de campo devanado.

#### Imán Permanente.

De estos dos tipos para capacidad menor de 2 HP, el tipo PM es el más popular en distribuidores de transmisión de energía. Los motores PM generalmente se ofrecen desde 1/8 hasta 2 HP. Los motores CD de más de 2HP son de campo devanado.

Los imanes permanentes, montados en el estator, crean un campo magnético fijo. El estator también sostiene las escobillas de carbón que pasan sobre las barras de cobre del conmutador montadas en la armadura, Fig. 11-8. (La parte giratoria de un motor CA es el rotor, en un motor CD es la armadura). Estas barras se conectan a alambres devanados sobre las laminaciones de acero que lleva la armadura.

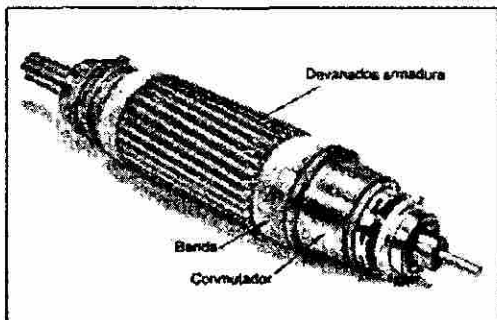


Fig. 11-8 — Motor CD de armadura devanada. Las escobillas de carbón están asentadas en el conmutador para conducir la corriente a los devanados de la armadura. Las bandas mantienen los devanados en su lugar durante la operación de alta velocidad.

Cuando gira la armadura, las barras de cobre pasan bajo las escobillas de carbón repetidamente,

conectan y desconectan los conductores a medida que el motor gira, un proceso denominado conmutación. Al pasar corriente a través de estos devanados de la armadura crea una reacción torque entre los devanados de la armadura y el campo magnético del estator. Esta reacción torque hace que la armadura gire.

### Campo devanado.

El campo magnético para los motores CD de campo devanado tipo escobilla lo producen los polos devanados (llamados devanados de campo) en el estator. Fig. 11-9. Al pasar corriente a través de estos devanados se produce el campo magnético. La armadura es similar a la armadura del motor PM.

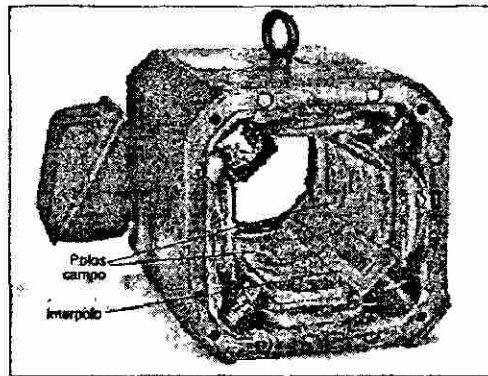
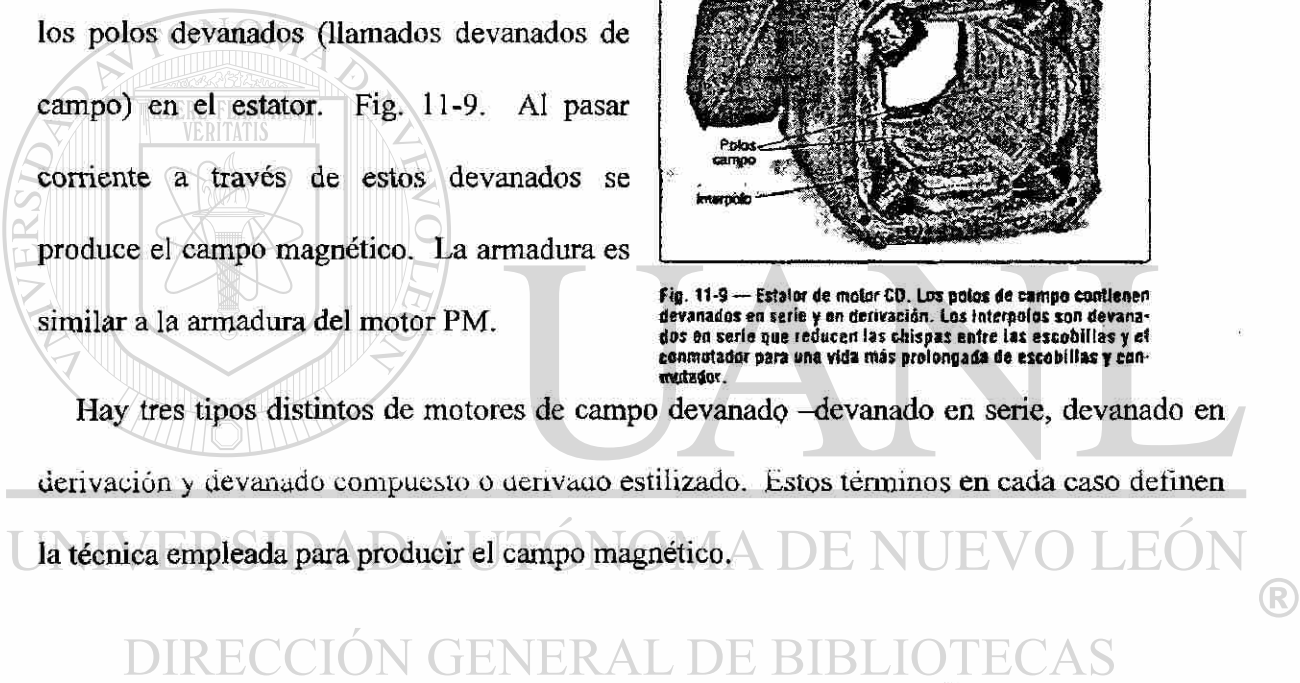


Fig. 11-9 — Estator de motor CD. Los polos de campo contienen devanados en serie y en derivación. Los interpolos son devanados en serie que reducen las chispas entre las escobillas y el conmutador para una vida más prolongada de escobillas y conmutador.

Hay tres tipos distintos de motores de campo devanado —devanado en serie, devanado en derivación y devanado compuesto o devanado estilizado. Estos términos en cada caso definen la técnica empleada para producir el campo magnético.



### Devanado en serie.

El devanado de campo se conecta en serie con el devanado inducido, Fig. 11-10. El arreglo ofrece torque de arranque alto y la velocidad del motor varía ampliamente con la carga. Este tipo de motor es ideal para rolar metal y para impulsores de

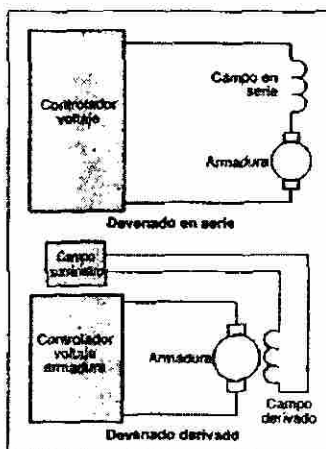


Fig. 11-10 — Los motores CD incluyen devanados en serie, devanados derivados, o ambos. Los motores con ambos, son los motores de devanado compuesto

tracción (tranvías y trenes eléctricos). Sin embargo, los motores en serie se exceden de velocidad cuando no tienen carga.

#### **Devanado en derivación.**

El devanado de campo del motor generalmente se conecta en derivación, o en paralelo con la armadura, Fig. 11-10. Sin embargo, en algunos casos, los dos operan desde diferentes fuentes de energía. En cualquier caso, disminuye ligeramente la velocidad del motor al aumentar la carga. Los motores derivados no desarrollan exceso de velocidad cuando se cargan ligeramente, pero pueden exceder la velocidad al perder energía de campo.

La velocidad regularmente se ajusta variando en forma independiente el voltaje aplicado a la armadura. Y los sistemas de control sofisticados varían tanto los voltajes de la armadura como los del campo.

#### **Devanado compuesto y derivado estabilizado.**

Los motores que tengan ambos devanados derivados y en serie, típicamente muestran una característica de velocidad que varía poco con la carga. El campo en serie en los motores compuestos y de devanado derivado estabilizado, es considerablemente más débil que el de campo en serie, en un motor en serie.

#### **Factores de capacidad.**

Los motores CD tipo escobilla fabricados bajo las normas norteamericanas se pueden obtener en las mismas capacidades de potencia que los motores CA. Las velocidades base (nominales), son similares a las velocidades nominales para los motores de inducción de 60 Hz. Los voltajes de armadura y campo coinciden con los voltajes producidos por la



rectificación de media onda y onda-completa de los voltajes estándar 60 Hz del controlador de impulsión.

Los motores CD se clasifican como de capacidad subfraccionaria, fraccionaria y de HP integrales. Cuando aumenta la capacidad de potencia, también aumenta la de campo y el voltaje de la armadura. La Tabla 11-5 presenta la lista de las capacidades típicas disponibles de una amplia gama de proveedores.

**TABLA 11-5 – Potencia típica y capacidades de voltaje para motores CD tipo escobilla**

Categoría	Rango Hp	Ved	
		Armadura	Campo
Hp Subfraccionario	1/50 a 1/8	90 & 180	PM
Hp Fraccionario	¼ a 1	90 & 180	PM, 50, 90, 100
Hp Integral	1 a 700+	180, 240, 500	PM, 150, 240, 300

Nota: PM = Campo magnético permanente  
**Los otros son motores de campo devanado.**

### Motores CD Sin Escobillas

Como los motores de escobilla de imán permanente, los motores CD sin escobillas emplean imanes permanentes. Pero a diferencia de los motores tipo escobilla, los imanes están montados en el rotor y la armadura está devanada en el estator. Por lo tanto, a los motores CD sin escobillas, algunas veces se las llama motores de rotor externo.

Además, este tipo de motor no tienen conmutador ni escobillas. El controlador de estado sólido proporciona la función de conmutación electrónicamente, en respuesta a las señales de la posición del rotor. La conmutación electrónica es más eficiente y confiable que la del tipo escobilla. Como resultado, los motores CD sin escobillas transmiten el torque normal a velocidades más altas que los motores de imán permanente convencionales.

### **Capacidades.**

Los motores CD sin escobillas para servicio general se encuentran generalmente en capacidades hasta de 10 HP en 1800 RPM. Y algunos de los motores sin escobillas se producen en tamaños superiores a los 100 HP.

### **Enclaustramientos.**

Los motores DC generalmente se suministran en cuatro tipos de enclaustramientos diferentes, cada uno ofreciendo un nivel diferente de enfriamiento y protección mecánica. El más popular es DPGF (a prueba de goteo, totalmente protegido). Los otros son DPBV (a prueba de goteo, ventilados con abanico), TENV (totalmente cerrado, no ventilado), y TEFC (totalmente cerrado, enfriado con abanico).

### **Opciones.**

Las opciones de rendimiento incluyen tacómetros para retroalimentación de velocidad, ventiladores, capacidad térmica adicional y rodamientos para servicio pesado. Las opciones de protección incluyen devanado y termostatos de rodamientos o RTD (detectores de temperatura de resistencia), calentadores de espacio, respiraderos y drenajes.

### **2.3.4.3 Servomotores y Motores de Paso**

#### **Servomotores**

Un motor de clase especial, los servomotores tienen inercias bajas y respuestas altas que producen la capacidad para acelerar desde cero, a velocidad completa en milisegundos. Cuando se usan con controladores dedicados, típicamente muestran velocidades máximas más altas y respuesta más rápida que la de los motores convencionales. Los servomotores se usan ampliamente para aplicaciones de inversión rápida y posicionamiento de precisión, como en máquinas herramienta, máquinas empacadoras y equipo de inspección.

Los motores y controladores se ofrecen regularmente en paquete, un controlador manejando desde uno hasta ocho motores simultáneamente.

Dos tipos de servomotores son populares, CA tipo escobilla y sin escobilla. Además, los motores CD de inducción, con rotores de baja inercia, impulsados por controladores de vector de flujo, funcionan como impulsores servo.

---

#### **Servomotores Tipo Escobilla**

La mayoría de los servomotores tipo escobilla tienen campos magnéticos permanentes, y unos cuantos tienen campos devanados. Excepto porque tienen armadura de inercia más baja y respuesta más rápida, ambos tienen la misma construcción básica como los motores CD de uso general previamente presentados.

#### **Servomotores Sin Escobilla**

Los motores sin escobilla en algunos casos se llaman CD y otras veces CA, pero los dos son muy similares en su construcción. Los detalles de la construcción básica del motor sin escobillas se presentan en la sección previa sobre motores CD.

Como se indica anteriormente, los servomotores sin escobillas (frecuentemente llamados BLDC para los CD sin escobillas), contienen imanes permanentes sobre la armadura (o rotor), con devanados montados en el estator. Para cumplir con las necesidades precisas de la operación servo, se monta sobre un eje del motor un codificador, resolvidor u otro

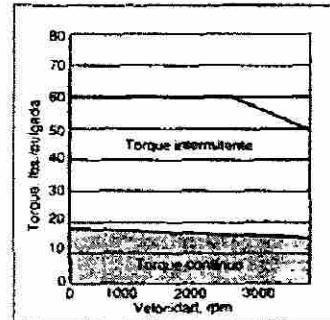


Fig. 11-11 — Curva torque-velocidad de un servomotor sin escobillas típico (BLDC).

dispositivo de retroalimentación de velocidad. Este dispositivo de retroalimentación envía una señal que indica de regreso la velocidad precisa del motor al controlador servo.

La Fig. 11.11 muestra una curva torque-velocidad típica.

### Factores de Capacidad.

Los servomotores norteamericanos se clasifican típicamente en torque de salida (libras por pulgada y onzas por pulgada). En ambos casos, la capacidad de velocidad puede ser ya sea en radianes por segundo (Rad/s) o revoluciones por segundo (rps).

Los voltajes de entrada para el motor deben ser compatible con la salida del controlador.

### Armazones y Enclaustramientos

Los servomotores típicamente se suministran TENV (totalmente cerrados, no ventilados). Los diámetros de los motores norteamericanos en general concuerdan con los armazones de los fraccionarios, como 23, 34, y 42. Como típicamente se requieren para aplicaciones de precisión, los motores generalmente incluyen dispositivos de retroalimentación montados en el eje, regularmente un codificador o resolvidor.

## **Motores de Paso**

Un motor de tipo especial, los motores de paso se usan en forma amplia industrial y comercialmente en máquinas de escribir, impresoras, impulsores de disco y una variedad de otras aplicaciones que no necesitan la alta velocidad y alto torque ofrecido por los servomotores. A diferencia de los motores convencionales, los motores de paso convierten los impulsos eléctricos en movimiento angular discreto.

La rotación angular producida por un impulso eléctrico se llama ángulo de paso. Los motores de paso más ampliamente utilizados giran 1.8 grados por impulso, ó 200 incrementos por revolución. Los ángulos de paso disponibles de muchos fabricantes van desde 7.2 hasta 0.18 grados. Existen tres tipos básico de motores de paso: imán permanente, reluctancia variable e híbridos.

### **Motores de Paso de Imán Permanente.**

El estator de un motor de paso de imán permanente contiene dos o más devanados, y el rotor sostiene múltiples imanes permanentes. Cuando se aplican los impulsos, secuencialmente a los devanados, los imanes giran paso-a-paso, concordando en cada paso con la polaridad del devanado impulsado. Los motores de paso de imán permanente son sencillos y baratos, pero muestran características de resonancia a cierta velocidad y aumento de temperatura excesiva en alta velocidad. Estas limitaciones pueden minimizarse con las técnicas de control de circuito cerrado adecuadas.

## Motores de Paso de Reluctancia Variable

El estator de un motor de paso de reluctancia variable se parece al del motor de paso de imán permanente, pero el rotor consiste de polos de acero salientes en lugar de imanes. Aquí, cuando se envían pulsos a los devanados, el rotor gira paso a paso, buscando una posición de reluctancia mínima. La relación de torque a inercia de un motor de reluctancia variable es alta, pero el torque producido es menor que el de los tipos comparables de imán permanente e híbridos.

## Motores de Paso Híbridos

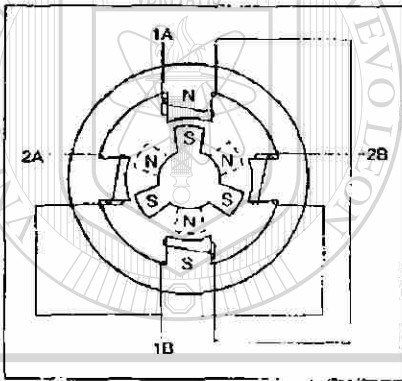


Fig. 11-12 — Diagrama de un motor de paso híbrido de dos fases.

Al combinar las mejores características de los motores de paso de imán permanente y de reluctancia variable, los motores de paso híbridos son populares para aplicaciones de torque alto. Para mostrar los conceptos básicos de cómo operan estos motores, la Fig. 11-12 presenta el diagrama de un motor híbrido de dos fases. Aquí, el rotor contiene dos

juegos de tres polos salientes, un juego compensa al otro en 60 grados. Un imán permanente en el eje magnetiza un juego, como de polo norte y el otro como de polo sur. Al impulsar las fases en forma alterna, gira el eje a 30° grados por impulso.

## Control de Medio Paso y Micropaso

Con las técnicas de control adecuadas, un motor se puede hacer girar a la mitad o hasta una porción más pequeña de un paso por cada impulso. Por ejemplo, al energizar una fase del motor en la Fig. 11-12, luego ambas fases, y después la primera fase de nuevo, pero con

polaridad invertida, y así sucesivamente, el motor gira 15 grados, o medio paso, con cada impulso. Aún los pasos más pequeños resultan cuando se emplean las así llamadas técnicas de micropaso. Aquí, para cada paso, se debilita una fase sólo ligeramente y la otra fase se refuerza como corresponde. Con un motor típico, uno con 200 pasos completos por revolución, las técnicas de control de medio paso y de micropaso pueden aumentar el número de pasos de 400 a 100,000 pasos por revolución.

### Características de Torque-Velocidad

Los motores de paso muestran un tipo diferente de características de torque-velocidad que los otros tipos de motores. La Fig. 11-13 es un ejemplo de un motor de paso híbrido típico. Las curvas definen valores torque de retención y para dos rango de velocidad, el rango de arrancar-aparar y el rango de respuesta.

El torque de retención es el torque máximo que un motor puede transmitir con excitación nominal a cero velocidad sin rotación del eje. El rango de arrancar-parar es un área en donde el motor puede

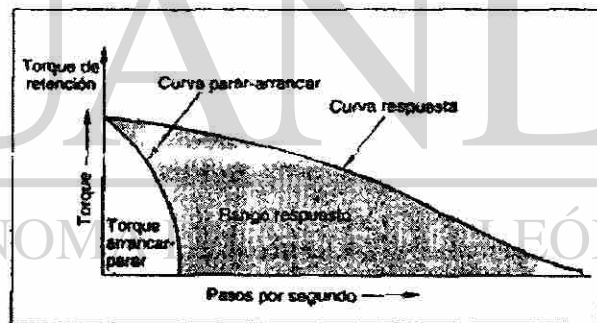


Fig. 11-13 — Curva de torque-velocidad, motor de paso híbrido típico.

detenerse dentro de un solo paso. El rango de respuesta es un área en donde el motor responde precisamente a una frecuencia de impulsos. Un motor pierde pasos si la frecuencia de impulsos exceden a los indicados en la curva de respuesta. Y un motor debe demorarse del área de rotación rápida al área de arrancar-parar, antes de que pueda detenerse sin perder pasos.

El torque de retención, que no se presenta en la curva de torque-velocidad, es el torque máximo que desarrolla un motor cuando se desenergiza. Solamente los motores de imán permanente y los híbridos muestran el torque de retención.

### **Bobinas Bifilares**

La mayoría de los motores de paso tienen dos juegos de devanados por polo, el llamado arreglo bifilar. Los dos juegos pueden conectarse ya sea en serie o en paralelo. Al conectar los devanados en serie proporcionan torque de salida más alto a frecuencia de impulso bajo, que en la conexión paralela, pero los valores de torque mínimo son más bajos a frecuencias de impulso altas. Los valores de torque mínimo son los que se definen en la curva de rotación rápida en la Fig. 11-13. Esos valores son el torque máximo que el motor puede producir a las frecuencias de impulso correspondientes sin desenganchar el sincronismo y perder pasos.

### **Resonancia.**

Un motor de paso es un sistema de masa resonante que oscila cuando se impulsa a su frecuencia natural. A esta frecuencia de impulso, un motor de paso rebota o vibra con cada impulso. Cuando la vibración es severa, el motor puede desenganchar el sincronismo y pararse. Las técnicas de medio paso y micropaso evitan o minimizan los problemas de resonancia.

### **Capacidad Nominal, Armazones y Gabinetes**

Los motores de paso norteamericanos típicamente se clasifican en torque de salida (libras por pulgada u onzas por pulgada). En ambos casos, la capacidad de la velocidad puede ser en radianes por segundo (Rad/s) o revoluciones por segundo (rps).



Los motores de paso industriales se ofrecen con torque de 14 a más de 3,000 onzas por pulgada. Y algunas capacidades de torque se acercan a las de los motores de potencia integral. Los motores de paso norteamericanos utilizan armazones de tamaño 17, 23, 34, y 42, generalmente en enclaustramientos TENV (totalmente cerrados, no ventilados). Los motores de paso compiten favorablemente con los servomotores en muchas de las aplicaciones de torque bajo a moderado.

#### **2.3.4.4 Aplicación y Selección**

Para seleccionar motores para una aplicación específica es necesario considerar numerosos parámetros.

Se incluyen la carga de torsión, inercia de carga, características de carga (continua o intermitente), ciclo de trabajo, el número de arranques por hora, temperatura ambiente, altitud y medio ambiente (limpio, seco, húmedo, gases explosivos, etc.). Todos estos factores deben conocerse o estimarse en forma conservadora.

Además, la selección de servomotores y motores de paso, necesitan de un análisis detallado de la carga impulsada y los objetivos de aplicación.

#### **Motores de Inducción**

Los valores de torque máximo, torque mínimo y de torque bloqueado deben ser suficientes para arrancar, acelerar y operar a la carga esperada.

Si se utiliza cualquier forma de arrancador de corriente reducida, o de voltaje reducido, debe tomarse en cuenta el efecto de la técnica de arranque sobre el torque generado. Por

ejemplo, reducir la corriente de arranque a mitad de lo normal corta el torque de arranque a una cuarta parte de lo normal.

En muchas aplicaciones industriales, el costo de operación, y por lo tanto la eficiencia del motor, son también factores importantes.

Todos los principales fabricantes de motores ofrecen motores Diseño B de alta eficiencia.

El equipo de arranque del motor protege al motor de las sobrecargas y limita el daño ocasionado por los cortos circuitos en los devanados. Además, el alto costo de los motores grandes con frecuencia justifica el uso de dispositivos de detección de daño a los rodamientos y devanados, los cuales disminuyen aún más la probabilidad del daño al motor debido al mal funcionamiento del motor o del suministro de energía.

Después de seleccionar el motor, la corriente de torque bloqueado del motor – típicamente seis o más veces la corriente a carga completa – debe determinarse antes de que pueda especificarse el equipo de arranque adecuando.

---

### **Impulsores de Frecuencia Ajustable**

La selección de motores de inducción para usarse con impulsores de frecuencia ajustable, requiere de consideraciones adicionales. Aquí, los motores están propulsados por inversores que convierten la energía de un sistema de frecuencia constante, a una en donde la frecuencia es controlable. aunque esta técnica permite la operación a velocidad ajustable de los motores de inducción, la forma de onda de corriente no sinusoidal genera más calentamiento al motor que las aplicaciones de frecuencia constante, la cual opera desde la corriente de onda sinusoidal pura.

Se debe reducir la capacidad de los motores de inducción Diseño B cuando están impulsados por frecuencia ajustable, especialmente cuando operan a baja velocidad. Muchos proveedores de motores publican reglas de uso especiales para sus motores cuando se operan en esa forma. Y el fabricante del motor debe estar informado en donde puede operarse un motor de inducción por encima de la velocidad normal de funcionamiento (operado a una frecuencia mayor de 60 Hz).

Los motores que son para servicio con inversor, con frecuencia incluyen sistemas de ventilación independiente, para mantener un flujo de aire de enfriamiento constante a pesar de la velocidad del motor. Además, los motores CA para impulsores de Frecuencia ajustable de vector de flujo, generalmente necesitan de un dispositivo retroalimentación de velocidad, montado en el eje.

## **2.4 Aspectos técnicos en ingeniería de transmisión de potencia**

### **2.4.1 Introducción**

Los aspectos de ingeniería que debemos considerar son en cuanto se refiere a la aplicación específica o especial de un equipo. Los principales son por ejemplo:

Aplicación: a esto se refiere que tipo de mecanismo va a transmitir la potencia, puede ser un transportador de banda, canchales, de gusano, helicoidal, aéreo, de cadena, etc. Elevadores, grúas, ruedas o poleas giratorias, separador, molinos de martillo, molino limpiador, hornos rotatorios, hornos estacionarios, puertas industriales, válvulas, bombas positivas, torres de enfriamiento, maquinaria de empaque, por mencionar algunas. El ambiente de trabajo, si hay

polvo, humedad, ambiente corrosivo, agua, sales, etc. Si la operación va ser intermitente o continua, como en las grúas viajeras o elevadores de personas o carga. Arreglo de las flechas, si es en posición vertical, horizontal, flecha hueca o sólida, la posición, tipo de brida o montaje. Existe un cuestionario bien detallado mas delante con respecto a este tema.

#### 2.4.2 Características particulares en la selección de equipos de Transmisión de potencia.

Para realizar una correcta selección de un reductor de velocidad, favor de proporcionar la máxima cantidad posible de información como:

- a) Potencia del motor instalado
- b) Velocidad de entrada a la unidad reductora.
- c) Relación de transmisión o velocidad de salida de la unidad reductora
- d) Tipo de máquina que accionará. Operación continua o intermitente.
- e) Posición de montaje (preferentemente adjunte croquis de la aplicación).
- f) Rangos de velocidad
- g) Ambiente, temperatura, polvo, corrosión, agua, intemperie, etc.
- h) Cargas axiales o radiales

Los puntos **a**, **b**, y **c** son fundamentalmente para la selección del tamaño de la unidad reductora, ya que de ellos depende el dimensionamiento de cada uno de sus componentes

(engranajes, ejes y rodamientos) y en definitiva de la totalidad de la caja. Debe tenerse en cuenta que a medida que disminuimos la velocidad de entrada a la unidad reductora, para una misma potencia, aumentamos el momento torsor de entrada y lo mismo para la salida si aumentamos la relación de transmisión y por consiguiente disminuimos la velocidad en el eje.

El punto **d** es muy importante para calcular el factor de servicio o coeficiente de seguridad a adoptar de acuerdo al comportamiento de la carga, si la misma es estable o uniforme, el equipo se verá mucho menos exigido que si se producen variaciones en el estado de carga y peor aún si éstos son muy bruscos o en breves lapsos de tiempo.

También debe considerarse en este punto la cantidad de horas por día que el equipo estará en funcionamiento.

Por último, el punto **e** es muy importante y de tenerse en cuenta para la correcta lubricación

de todos los elementos del equipo dado que son muy pocos los que puedan montarse en cualquier posición, y si la lubricación es incorrecta será mucho más corta la vida útil del reductor.

Además es importante especificar cualquier condición especial como alta o baja temperatura ambiente, equipo a prueba de explosión, polvo, chorro de agua, etc., motor de dos velocidades, aislamiento clase F o H, para uso con inversor, etc.

### 3.- Método de Entrevista y Prospección

Los métodos de prospección que nosotros como Fabricantes de equipo original, utilizamos lo que son firmas de ingeniería para ver y concursar en proyectos, ampliaciones y modernizaciones. Otro método o forma de hacer contactos son en ferias y exhibiciones, nacionales e internacionales. Recibimos las solicitudes y posteriormente los contactamos por medio de correo electrónico y por teléfono. Los clientes son a los

clientes de alto consumo que seria denominados como OEM'S y firmas de ingeniería, tales como Buffet industrial y Techint. Elaboramos un formato para prospectar de una forma profesional y hacer un compromiso con asistencia, ha sido la forma más efectiva para dar una platica nuestra. Es muy importante que esta cara sea firmada de recibido y bien responder por el mismo conducto, la confirmación de la fecha y hora que se quiera impartir dicha platica. Una vez recibida la carta, se codina con el personal involucrado para realizar puntualmente y con el distribuidor correspondiente. Posteriormente el seguimiento de esta platica es realizada tanto por nosotros como por el representante técnico de ventas del distribuidor.

Mayo 30 del 2001

Ing. Abel Román                      c.c. Sr. Víctor Velázquez, Ing. Raymundo Reyes  
Solvey Flour México, SA de CV  
Cd. Juarez, Chihuahua, México  
Tel. 16-330013                      Fax. 33-0183

**Asunto: Aprobación de nuestra marca para su proyecto de expansión.**

Estimado Ing. Román:

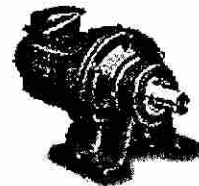
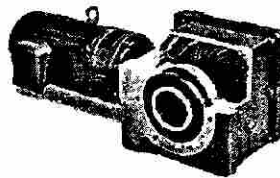
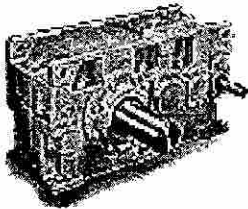
Sumitomo Machinery Co. of America es fabricante de reductores y motorreductores de velocidad tipo cicloidal, engranes helicoidales, variadores de velocidad con tracción viscosa, e inversores de frecuencia, que a través del tiempo han demostrado serlos más confiables y compactos en la industria, si diseño de reducción sin engranes lo hace diferente a cualquier otro.

Las ventajas del reductor cyclo por su funcionamiento son: un ahorro de hasta un 30% de energía, mantenimiento y espacio. **Soporta hasta un 500% de sobrecarga, operación silenciosa, libre de vibración, alta reducción en poco espacio (6:1 @ 119:1 simple reducción y hasta 7,569:1 en doble red.) y sobre todo 24 meses de garantía sin limite de tiempo de operación;** nuestros equipos están trabajando en plantas de tratamiento de aguas, siderurgicas, trasportadores de materiales, plantas forestales, torres de enfriamiento, química, petroquímica, etc.

Queremos que haya un contacto de comunicación efectiva, así como una presentación en sus oficinas 31/05/01 o 1/06/01, a cualesquier hora, (favor de indicar), para que conozcan nuestra línea de productos y vean porque la industria esta cambiando a Sumitomo. Esperando recibir noticias suyas muy pronto, coordinando una presentación en conjunto o individualizada, a los diversos Departamentos de Proyectos ingeniería y ventas, de las ventajas y beneficios que podemos brindarle, me despido quedando a sus ordenes para cualquier duda o aclaración, muy

Atentamente,

Ing. Gustavo A. Rodríguez  
Gerente de Ventas  
c.c. Ing. Héctor González



### 3.1 Dialogo (Script)

En toda entrevista, la mas importante es la primera, el llegar bien vestido, a tiempo, con seriedad, da un valor agregado muy significativo al momento de hacer una prospección o visita técnica de ventas. Dentro de una conversación natural, nosotros debemos solicitar y llenar el cuestionario de aplicación, que a medida de que uno termine el vendedor ya se haya informado de la necesidad especifica del cliente o fabricante. Tanto el precio disponible a pagar, competencia, urgencia (tiempo), algún proyecto futuro, modernización o ampliación en la cual se vean involucrados equipos de transmisión de potencia.

### 3.2 Casos Típicos y Reales

Es muy importante de que cada vendedor técnico, se convicente y deje huella en su visita, por lo cual es necesario o recomendable llevar un curriculum de equipos o bien soluciones de otros cliente con nuestro equipos. El ejemplo vivo o bien al menos con fotografías deja un grado de confiabilidad que puede lograr a cerrar la venta esclareciéndose cualesquier tipo de duda que exista. Hoy en día nuestra mejor arma de ventas es una gran cantidad de soluciones típicas y complejas de aplicaciones donde los clientes nos invitan a participar el la sustitución o reemplazo de un equipo. Por lo cual desde hace 6 años llevamos un record de cada aplicación exitosa que hacemos. Es obvio mencionar que cada una de estas imágenes o ejemplos fueron en su mayoría autorizadas por el personal involucrado de cada empresa u organización. Se lleva ante todo un formato donde se nos da toda la información requerida para hacer una mejor recomendación a la solución del problema.





EMPRESA: \_\_\_\_\_ RESPONSABLE: \_\_\_\_\_  
 MAQUINA: \_\_\_\_\_ APLICACIÓN: \_\_\_\_\_

Mostrar rpm cada etapa

MANTENIMIENTO:

CONSECUENCIAS:

**DATOS ENTRADA:**  
 MOTOR: H.P. \_\_\_\_\_ Volts \_\_\_\_\_ Amps \_\_\_\_\_ Hz \_\_\_\_\_ rpm \_\_\_\_\_ Armazón \_\_\_\_\_  
 TRANS. ENTRADA: Cople \_\_\_\_\_ Polea \_\_\_\_\_ Catarina \_\_\_\_\_ Hueco \_\_\_\_\_ Integrado \_\_\_\_\_  
 TRANS 2ª ETAPA: Cople \_\_\_\_\_ Polea \_\_\_\_\_ Catarina \_\_\_\_\_ Piñón \_\_\_\_\_ Hueco \_\_\_\_\_ Otro \_\_\_\_\_  
 TRANS 3ª ETAPA: Cople \_\_\_\_\_ Polea \_\_\_\_\_ Catarina \_\_\_\_\_ Piñón \_\_\_\_\_ Hueco \_\_\_\_\_ Otro \_\_\_\_\_  
 Opciones: \_\_\_\_\_

**OPERACIÓN:**  
 Días x Semana \_\_\_\_\_ Horas \_\_\_\_\_ Arranques / paros \_\_\_\_\_ Reposo \_\_\_\_\_ min Amperes \_\_\_\_\_

**DATOS REDUCTOR:**  
 Marca \_\_\_\_\_ Tipo \_\_\_\_\_ Eje Salida \_\_\_\_\_ Relación \_\_\_\_\_  
 Salida \_\_\_\_\_ Capacidad Mecánica \_\_\_\_\_ Cap. Térmica \_\_\_\_\_ Carga Vol. \_\_\_\_\_  
 Opciones: \_\_\_\_\_

**2º REDUCTOR ( Si Existe ):**  
 Marca \_\_\_\_\_ Tipo \_\_\_\_\_ Eje Salida \_\_\_\_\_ Relación \_\_\_\_\_  
 Salida: CW \_\_\_\_\_ CCW \_\_\_\_\_ Capacidad Mecánica \_\_\_\_\_ Cap. Térmica \_\_\_\_\_ Carga Vol. \_\_\_\_\_  
 Opciones: \_\_\_\_\_

**CONDICIONES:**  
 Temperatura \_\_\_\_\_ °C a \_\_\_\_\_ °C Altitud \_\_\_\_\_ snm Atmósfera \_\_\_\_\_ Instalación \_\_\_\_\_

**REQUERIMIENTOS:**  
 H.P. \_\_\_\_\_ Torque \_\_\_\_\_ in-lbs Factor Servicio \_\_\_\_\_ Orientación Final: CW \_\_\_\_\_ CCW \_\_\_\_\_  
 Adicionales \_\_\_\_\_

**ALTERNATIVA:**  
 Tipo: \_\_\_\_\_ Modelo: \_\_\_\_\_ Potencia \_\_\_\_\_ H.P. Relación \_\_\_\_\_:1 rpm \_\_\_\_\_  
 Inversión Estimada: USD \$ \_\_\_\_\_ Ahorro Estimado: \_\_\_\_\_  
 Ventajas: \_\_\_\_\_

Ing. Gustavo A. Rodríguez

FECHA

RESPONSABLE

En los casos reales o historias exitosas son muy importantes en el área de capacitación, aquí es donde el vendedor le puede dar un panorama increíble de aplicaciones, posibilidades, ideas, etc. También se aclaran dudas o bien se crean dudas para el cuestionamiento y la interacción del curso y aprendizaje del producto.

### 3.3 Definición de Estrategia

El plan es llegar a todos los usuarios, fabricantes, firmas de ingeniería etc. haciendo demostraciones para que vean las características, ventajas y beneficios. Lograr que se especifique la marca. Satisfacer las necesidades del cliente, en el equipo, servicio a cliente, servicio de posventa, programas de capacitación de ensamble y desensamble etc. La estrategia principal es la hacer una diferenciación entre un reductor X, contra uno del nuestro es dar un valor agregado a cada aplicación o cotización que hagamos, visitando y viendo la aplicación, hacer una selección adecuada. Mencionar nuestro formato T en ventas visto en el capítulo 2 de esta tesis, y tratar antes de vender en solucionar un problema. En cada uno de los formatos podemos ver nuestra fuerzas vs las debilidades de la competencia. El análisis competitivo y el tiempo de respuesta es lo que monitoriamos y nos encargamos de investigar para darnos cuenta de cómo esta la situación actual. Las condiciones de precio en el mercado, los tiempo de entrega, y obviamente tratamos de conseguir ante todo ganar mercado y sembrar hoy para cosechar mañana. Es para nosotros muy importante saber vender esa diferenciación, las ventajas y beneficios son las claves para el cierre de ventas. Y si de precio se trata, es importante estar en el momento oportuno para la obtención de la orden. Por lo que la comunicación juega un rol muy determinante. El hacernos amigo, colaborador, parte del

equipo del cliente, es a veces la gran diferencia. Una parte importante que nosotros hemos considerado es tener el equipo disponible en un periodo corto de tiempo. Tenemos un stock muy bueno que creemos que es parte clave. Servicio de pos venta así como un tiempo de respuesta pronto ante cualquier reclamación o duda. Las bondades de nuestra estructura de producción nos permite elaborar un equipo que difícilmente un competidor pudiera hacer. Sin embargo nos significa todo, hay que doblar esfuerzos hoy día, ya que la competencia no descansa y esta detrás de nosotros y viceversa.

### **3.4 Clientes internos y externos**

Todos y cada uno de los involucrados en el proceso de una venta es un cliente, el darle y comunicarle abiertamente, satisfaciendo sus necesidades es la clave del éxito. Por lo que hay que considerarlo y mencionarlo en este manual. En cuanto mas efectivo sea eso, el crecimiento de nuestras ventas se dará con el tiempo. Así mismo también se esta llevando

acabo un programa de capacitacion interna de servicio a cliente. Es a través de unos videos, preguntas y respuestas lo cual lo estamos haciendo en forma de grupos y cada un expone. Es

increíble los resultados que hemos obtenido. Nosotros mismos nos evaluamos y una vez al año se manda un formato de evaluación de cada uno de los departamentos para los clientes.

En cuanto a los clientes externos y en la búsqueda de nuevos nichos de mercado, podríamos ir haciendo de la mano un estudio de mercado, analizando el medio ambiente del mercado.

Se definió actualmente el segmento de la industrial alimenticia, que es la que según el estudio es la que mas inversión va tener el presente año. Dentro de este giro esta la industria azucarera, mantequera, procesadora de alimentos balanceados, avícola, láctea, pro mencionar algunas. Incluyendo los fabricantes de equipo original. Cabe mencionar que el estudio de

mercado fue dado por la madurez de este tipo de industria y el crecimiento en los últimos meses que nosotros hemos tenido a través de nuestros distribuidores. El segundo siguiente es el de maquila, metal mecánica y minera (incluyendo la de la construcción). El crecimiento eminente de la población en México y la situación colapsada ante esta crisis mundial nos a indicado este camino. Sin embargo esto no significa el encerrarnos a este segmento de mercado. Es de realizar una penetración del mercado en general. Para el cumplimiento efectivo de este manual es necesario crear intereses bilaterales. Por lo que se esta evaluando un plan de incentivos para lograr un mayor compromiso distribuidor y fabricante.

### **3.5 VMP (verificar precio) y cierre de venta**

La pérdida de un pedido es algo que nunca se podrá recuperar, por lo cual es importante que nuestros colaboradores lleguen hasta el ultimo, tengas una buena relacion con el cliente

de entrega, aclarar alguna duda, etc. El precio juega un papel decisivo, entonces siempre hay que saber como esta la competencia, y quien esta involucrado en cada negociación.

A partir de hace 3 años, Sumitomo Machinery Corporation of America implanto una política de Verificar el Precio de Mercado a lo que le llamaron (VMP) . La cual consiste en llevar el precio de equipo hasta con un mínimo de utilidad del 10% global en el pedido, lo que pudiese significar una pérdida en alguna partida pero que globalizado tengamos utilidad. Esta agresividad nos permitió realizar una buena penetración en el mercado. Sin embargo no significa todo. Hay que obtener la información veraz y oportuna, consultar el descuento máximo, y obtener al final el cierre de ventas. Es muy importante tomar en cuenta que la

forma de presentarse al momento de ofrecer un productos, saber bien que es en primera estancia que el comprador o cliente es lo mas importante para nosotros, considerar sus necesidades y requerimientos, como podemos ayudar, cuales son los obstáculos, quien esta también involucrado (competencia), que debemos hacer (precio, tiempo de entrega, tipo de producto), ofrecer lo que se puede hacer tomando en cuenta las condiciones existentes del negocio, producción, existencia etc. Nunca mentir para la obtención de un pedido, si puedes arriesgar y prometer, pero hacérselo saber para que en un futuro se programe mas con tiempo en productos muy especializados.

Es muy importante el trabajar pajo presión y con objetivos bien específicos. Enfatizar en lso beneficios del producto sin importar las necesidades del cliente. Eliminar las barreras de la comunicación, prestando atención e interés en lo que dice el cliente. Escuchar con atención, y no reaccionar nunca en forma negativa o pesimista. El estar en la misma frecuencia que el interlocutor, estudiar el lenguaje corporal, y del medio ambiente de su oficina.

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

## **4.- Prototipo de Capacitación continua, específica y eficaz**

### **4.1 Descripción**

En si, este curso tiene como base, empezar con un grupo de 5 distribuidores locales, con el fin de hacer una evaluación, hacer un compromiso con cada uno de los distribuidores interesados y ponerle algunos incentivos en el programa. Para si poder lograr sacarle doble provecho. De acuerdo con el segmento de mercado (alimenticia) , hacer visitas conjuntas haciendo presentaciones y enseñado a los vendedores a realizar todo lo visto en curso, con el manual de capacitación en la mano. A diferenciación de otros curso impartidos en tiempo atrás, el compromiso del distribuidor será:

- 1.- Nombrar una persona responsable de nuestra línea de producto. (ingeniero de preferencia)
- 2.- Se comprometerá a promover y difundir las ventajas y beneficios de Sumitomo
- 3.- Los vendedores internos le cuestionarán cualesquier duda en cuanto a precio, selección, aplicación se refiera.
- 4.- coordinará reportes de avances con presentaciones en el segmento del mercado.

Nosotros daremos un programa de incentivo a cambio, sujeto a la autorización de nuestro presidente en Estados Unidos.

- 1.- En base al promedio de venta mensual de los últimos tres años, se otorgará un descuento de un 5% mensual quien supere la cuota promedio (histórica), dando una nota de crédito.
- 2.- Premiar un viaje a Cancún al que tenga mayor crecimiento. Tomando en cuenta su situación geográfica y potencialidad.
- 3.- Se dará un reconocimiento al mejor vendedor de los distribuidores de mejor crecimiento.

Esto con la finalidad de cada distribuidor este motivado para alcanzar los mejores descuentos mes con mes, con objetivos alcanzables y reales para poder lograr un crecimiento en cada zona de nuestro territorio nacional. El programa consistirá en lo siguiente.

Dentro de la estructura se elaborará una sesión de la visión integral que necesita un vendedor:

Actitud: Creencias, compromiso, deseo, metas realistas, persistente, auto motivación, entusiasmo, propósitos, autodisciplina, confianza, creatividad, curiosidad, creatividad, ir más allá del límite impuesto, auto superación, organización del tiempo.

Habilidades personales: Para hacer preguntas, para escuchar, estilos sociales, nivel psicológico, lenguaje corporal, cinética.

Conocimiento del producto: Características, usos, aplicaciones, debilidades del producto, fuerzas del producto, conocimientos de la competencia.

Habilidades en las ventas: para conseguir clientes, en la presentación de venta o del producto, manejo de objeciones, cierre de la venta, registros, servicio.

**Programa Curso Distribuidores 2k2:**

**Miércoles 14 de Agosto, 2002:**

15:00-19:00	Registro de Distribuidores Foráneos	
20:00 Hrs. 45 ( 25°)	Brindis Inauguración ( Para todos Participantes )	Salón Club

**Jueves 15 de Agosto, 2002**

8:00-8:45 <i>Reforma (Mezz)</i>	Desayuno Buffet ( Para Distribuidores Foráneos )	Café
9:00-9:30 <i>(1er.)</i>	Presentación SM-Cyclo de México ( H. González )	Salón Fiesta
9:30-10:00	Reseña de productos Sumitomo ( G. Rodríguez )	
10:00-11:30	Reductor Ciclodal SM-Cyclo ( Jorge López / J. Ambriz )	
11:30-11:45	Receso	
11:45-13:30 <i>(1er.)</i>	Reductores Buddy Box e Hyponic ( G. Rodríguez )	Salón Fiesta
13:30-14:30		Comida Buffet Café Reforma (Mezz)
13:30-15:30	Registro de Fabricantes Foráneos Comida Abierta para Fabricantes Foráneos <i>Reforma (Mezz)</i>	Café

♦ 15:00 Tarde Libre para Distribuidores

	<b>Fabricantes de Equipo Original ( OEMs )</b>	
16:00-17:00	Presentación y Reseña de Productos ( H. González )	Salón Fiesta (1er.)
17:00-18:30	Reductor Cyclo ( Mario Cortes / A. Córdova )	
18:30-18:45		Receso
18:45-19:15 <i>(1er.)</i>	Reductores Buddy Box e Hyponic ( G. Rodríguez )	Salón Fiesta
19:15-20:00	Reductor Paramax ( G. Rodríguez )	
20:00-20:30	Preguntas y Respuestas	
20:30-22:00	Brindis Clausura OEMs	Salón Club 45 ( 25°)
20:00-22:00 <i>Reforma (Mezz)</i>	Cena Abierta para Distribuidores Foráneos	Café



**Viernes 16 de Abril, 2002**

8:00-8:45 <i>Reforma (Mezz)</i>	Desayuno Buffet ( Para Distribuidores Foráneos )	<i>Café</i>
9:00-10:15 <i>Versalles (2º)</i>	Otros Equipos Línea Sumitomo ( G. Rodríguez )	<i>Salón</i>
10:15-11:00	Uso y Manejo del CD Sumitomo ( J. Ambriz )	
11:00-11:30	Receso	
11:30-13:30 <i>(1er.)</i>	Ensamble Cyclo Grupo A ( A. Cordova/M. Echeverría )	<i>Salón Esmeralda</i>
<i>Topacio (1er.)</i>	Inversores Grupo B ( E, Bonilla/J. Ambriz )	<i>Salón</i>
<i>Versalles (2º)</i>	Reductor Paramax Grupo N ( H. González / G. Rodríguez )	<i>Salón</i>
13:30-14:30	Comida Buffet	<i>Café Reforma (Mezz)</i>
15:00-17:00 <i>Versalles (2º)</i>	Inversores Grupo A ( J. López / J. Ambriz )	<i>Salón Topacio (1er.)</i>
<i>Esmeralda (1er.)</i>	Reductor Paramax Grupo B ( II. González / G. Rodríguez )	<i>Salón</i>
	Ensamble Cyclo Grupo N ( A. Córdoba / M. Echeverría )	<i>Salón</i>
17:00-17:30	Receso	
17:30-19:30 <i>Versalles (2º)</i>	Reductor Paramax Grupo A ( H. González / G. Rodríguez )	<i>Salón</i>
<i>Esmeralda (1er.)</i>	Ensamble Cyclo Grupo B ( A. Córdoba / M. Echeverría )	<i>Salón</i>
	Inversores Grupo N ( J. López / J. Ambriz )	<i>Salón</i>
<i>Topacio (1er.)</i>		
20:00-20:30	Salida Cena Brindis	<i>Fuera Hotel</i>

**Sabado 17 de Abril, 2001**

8:00-8:45 <i>Reforma (Mezz)</i>	Desayuno Buffet ( Para Distribuidores Foráneos )	<i>Café</i>
9:00-10:30 <i>( 1er. )</i>	Lista de Precios / Cotizaciones Grupos A, B, y N (Varios)	<i>Salón Fiesta</i>
10:30-10:45	Receso	
10:45-12:30	Tiempo de Entrega, Ordenes de Compra, Devoluciones y Otros ( M. Echeverría )	<i>Salón Fiesta ( 1er. )</i>
12:30-13:30	Preguntas y Respuestas	
13:30-14:00	Entrega de Habitaciones Distribuidores Foráneos	
14:00-15:30 <i>Stelaris (25º)</i>	Comida de Clausura y Entrega de Diplomas	<i>Salón</i>

#### 4.2 Puesta en marcha, diseño, e implementación.

Ya después de haber demostrado el funcionamiento y haber logrado los logros, metas y objetivos definidos, se verá la programación de los 30 distribuidores de toda la república. Creo y tengo la confianza absoluta que esta capacitación lograra los resultados proyectados hoy día, de ser el número uno a nivel mundial. Cada vendedor nuestro se comprometerá a darle seguimiento a cada distribuidor. Haciendo visitas conjuntas, programas de trabajo, presentaciones, etc. Mi objetivo final es hacer esto como parte de nuestra política de capacitación y ventas a nivel Latinoamérica. Lo interesante es ver el programa de objetivos y metas con el apoyo técnico, y forma de ganar más mercado e ingresos en forma simultánea. En el curso se entregará información técnica, una carpeta de todas las tablas T de ventas de nuestros equipos, visto en el capítulo 2 (marco teórico), así como una presentación en Power point de cada producto, se hará una simulación de ventas para como prospectar, ver las necesidades específicas y no específicas (visita al cliente). Se elaborará también una simulación de objeciones, preguntas y respuestas para el cierre de una venta.

Anexo # 1.- Cartas de compromiso Distribuidor - Proveedor

Anexo # 2.- Descuentos por logros y objetivos en base a la capacitación y mejora continua

Ventas contra lo presupuestado bimestralmente o trimestralmente.

## **A TODOS LOS DISTRIBUIDORES**

### **Compromiso de Ventas**

Por este medio les informamos las modificaciones que se realizaron en los descuentos de cuotas de ventas.

1.-Si cubre:

Del 50 al 74.99% de su cuota , se otorgará un 5% de descuento. (mult. Normal  $0.8 \times 1.05 = 0.84$ )

Del 75 al 89.99% descuentos normales.

Del 90 al 99.99%, se dará descuento adicional del 3%

Del 100%, descuento adicional del 6%

Los descuento correspondiente se les bonificarán a su Estado de Cuenta, la primera semana posterior al cierre del mes.

2.-El multiplicador por cantidad hasta la fecha se ha aplicado en un solo pedido, ahora será aplicado mensualmente a los productos con precio de lista (no incluye los productos con precios especiales). La diferencia del costo se bonificará al Estado de Cuenta.

3.-Se continuará con el descuento del 5% , a todos los productos tipo Cicloid

## **DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS**

Con estos cambios podrán incrementar las ventas y que competir con la competencia al ofrecer precios más atractivos.

**Atentamente,**

**Gerente de Ventas**

**Ing. Gustavo Rodríguez Rodríguez**

Ing. Joaquín Treviño  
**Sirsa Industrial, S. A. de C. V.**  
Aguacaliente #205  
Col. Mitras Centro  
Monterrey, N. L. 64460

**Estimado Ing. Treviño:**

Por este medio le informamos que a partir del 1 de Mayo del 2002, todos nuestros Distribuidores deberán cubrir una Cuota de venta; misma que se asignará sobre la base de la potencialidad de su Territorio.

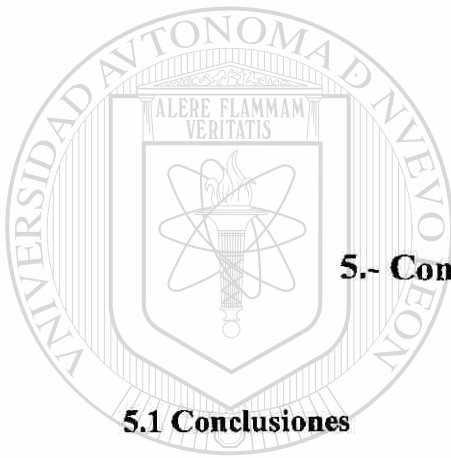
---

**Su cuota mensual de ventas será de \$20,000.00 Dlls.**

Sin más por el momento y en espera de vernos favorecidos con sus pedidos, quedamos a sus órdenes para cualquier duda o aclaración.

**Atentamente,**

**Gerente de Ventas**  
**Ing. Gustavo Rodríguez Rodríguez**



## **5.- Conclusiones y recomendaciones**

### **5.1 Conclusiones**

---

En esta parte se presentaran las conclusiones con respecto a nuestra experiencia, y lo vivido y aprendido durante el periodo de estudio de mi maestría aquí en la Universidad.

Respecto a la trayectoria de hace 10 años a la fecha vemos que los niveles de estudio y capacitación en la especialización de equipos de transmisión de potencia del personal en ventas es limitada. Decidimos que seria un elemento clave para el crecimiento de nuestro negocio.

Las estrategias del prototipo<sup>6</sup> va ser la clave del éxito que vamos a tener. Es importante que nuestro enfoque es hacer algo que nuestra competencia no lo esta haciendo. O bien en otra escala de información. Cabe mencionar que el sistema de capacitación que teníamos con anterioridad difieren en puntos clave para su desarrollo total. Vamos a crear intereses comunes, que estimulen e incentiven a cada uno de los distribuidores para que podamos tener el crecimiento. Tanto el lo practico como en la teoría.

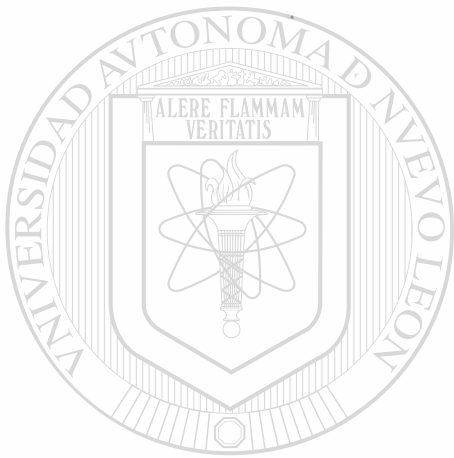
Con un método donde se puedan encontrar los parámetros críticos en el desarrollo del mercado, enfocándonos donde se estén generando nuevas fuentes de trabajo.

## 5.2 Recomendaciones

Como trabajo futuro a este manual tenemos ya pensado editar un CD interactivo e inteligente que nos diga en forma inmediata la definición de preguntas claves que surgen en nuestro trabajo. Este ayudara a tener un maestro en casa o cada una de las oficinas estacionarias y en movimiento. Podríamos adjuntar un catalogo de productos. Programa de selección existentes hoy en día, y hacer algo completo y global.

Así mismo podríamos ir elaborando nuevas estrategias de mercadotecnia, como descuentos por porcentaje de crecimiento de un año fiscal contra otro. Forma de ganar puntos en la medida de compra en un periodo de un bimestre. Premios o viajes canjeables etc. Programa de incentivos a los vendedores que seria nuestro mayor enfoque. Gente que esta en el campo de batalla.

Otro aspecto que podríamos evaluar sería las cuentas corporativas. Lograr convencer a los altos directivos nuestros clientes finales, de descuentos cuando ellos estandaricen o bien especifiquen nuestro producto que en la modernización de alguna línea o planta nueva, a todos sus integradores, fabricantes y contratistas. La intención de este manual es lograr crear conciencia en la actualización de conocimientos especializados, creando compromisos e intereses de por medio.



# UANL

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

## Referencias Bibliográficas

PTDA 97

Power Transmission Distributor Handbook 1997

TPC 96

Training System 1301 So. Grow Ave. Barrington Ill 96

SPC - 93

Power Trasmisión Product SPC- 1993

SMCYCLO 01

Manual de Sumitomo Hevy Ind. 01, Japan

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



