

# **CAPÍTULO I**

## **MARCO TEÓRICO**

Con la llegada de la microcomputadora de bajo costo, ha aumentado la adaptación de la maquinaria industrial, debido a que su ciclo de manipulación puede ser reorganizado completamente, por lo que, se consigue que la máquina pueda realizar varias tareas.

En este capítulo analizaremos de manera general los conceptos básicos de: bandas transportadoras, controladores lógicos programables, variador de velocidad G110, Visualizador de textos TD-200, Encoders, etc.

## **CARACTERÍSTICAS DE LAS BANDAS TRANSPORTADORAS**

### **1.1.- BANDAS TRANSPORTADORAS**

Se han creado diversas formas para el transporte de materiales, materias primas, minerales y diversos productos; pero una de las más eficientes es el transporte por medio de bandas y rodillos transportadores.

Según el autor LUACES Alfredo, en su curso en línea “Equipos para el clasificado dinámico de la BND” 2008, pág. 3, menciona: “Las bandas y rodillos transportadores son elementos auxiliares de las instalaciones, cuya misión es la de recibir un producto de forma más o menos continua y regular para conducirlo a

otro punto”. Existen un gran número de variables que nos permiten escoger correctamente una banda transportadora requerida para un determinado proceso. Entre las más importantes y comunes se tienen:

- Material a transportar: Características, temperatura, etc.
- Capacidad y peso.
- Distancia de transporte.
- Niveles de transporte.
- Condiciones ambientales.
- Recursos energéticos.
- Recursos financieros (Presupuestos).

### ***1.1.1.- Clasificación de las bandas transportadoras***

Según el Catálogo Camprodón Transportadores manifiesta: “Los valores de carga de cada modelo están sujetos a variaciones según condiciones de trabajo: velocidad, número de arranques por hora, inclinación, acumulaciones de producto, desviadores, etc.”. De acuerdo al tipo de materiales que van a manipularse, existen dos grandes grupos de transportadores, ellos son:

- Banda para manejo de productos sueltos o a granel.
- Banda para el manejo de productos empacados o cargas unitarias.

Cada banda transportadora posee sus propias características dependiendo del tipo de empresa, pues las actividades, medioambiente, espacio, necesidades y manejo de materiales serán diferentes incluso para empresas que pertenecen a un mismo ramo de la producción, siendo esta la razón principal por la cual se debe dar la importancia respectiva al momento de seleccionar la banda transportadora, ya que de esto dependerá el transporte eficiente de materiales.

Las bandas transportadoras utilizadas con más frecuencia en la industria se describe en los siguientes numerales:

#### ***1.1.1.1.- Bandas transportadoras de goma***

Son muy utilizadas para el transporte tanto interior como exterior de todo tipo de productos o granel. Se fabrican con núcleo textil de poliéster y nylon que les confiere una gran resistencia a la rotura y al impacto del material, además, permiten pasar fácilmente de transporte horizontal a vertical o viceversa.

En función de tipo, número de lonas y características de la cobertura, se adaptan a las condiciones más adversas de transporte (materiales abrasivos, cortantes, fuertes impactos, altas temperaturas, etc.).

Las bandas transportadoras de goma están compuestas interiormente de una carcasa formada por capas de tejido engomado constituida por hilos de poliéster en sentido longitudinal y por hilos de nylon en dirección transversal.

#### ***1.1.1.2.- Bandas transportadoras de PVC***

Se emplean para el transporte interior de productos manufacturados o a granel, en la mayoría de los sectores industriales: alimentación, cerámica, madera, papel, embalaje, cereales, etc....

Fabricadas con núcleo textil de poliéster pero con coberturas de PVC, poliuretano o silicona.

Según el tipo de productos a transportar se determinará la calidad de la cobertura:

- Blanca alimentaria (PVC o Poliuretano).
- Resistentes a grasas y aceites vegetales, animales o minerales.
- Resistente a la abrasión.
- Resistente a los cortes.
- Antillama.
- Antiestáticas permanentes.

#### ***1.1.1.3.- Bandas transportadoras modulares***

Se fabrican con materiales FDA (Polietileno, polipropileno y poliacetal), permite un amplio rango de temperatura de utilización (-70 a 105 °C.). Y presentan las ventajas de su fácil manipulación, limpieza y montaje a la vez de una gran longevidad. Sus principales aplicaciones son:

- Congelación.
- Alimentos.
- Embotellado.
- Conservas.

#### ***1.1.1.4.- Bandas transportadoras de valla metálica***

Fabricadas en distintos metales y aleaciones, generalmente están constituidas por espiras de alambre unidas entre sí por varillas onduladas o rectas. Permiten su utilización en aplicaciones extremas de temperatura (de -180 °C a 1200 °C) cuando hay corrosión química o están expuestas al medio ambiente.

Tanto por los materiales empleados como por los tipos de banda, las posibilidades de fabricación son infinitas y las aplicaciones más usuales son:

- Congelación – enfriamiento.
- Hornos.
- Sinterizado.
- Filtrado.
- Lavado.

#### ***1.1.1.5.- Bandas transportadoras de teflón y silicona***

Su composición a base de tejido de fibra de vidrio con impregnación de teflón o silicona les confiere gran anti adherencia, resistencia frente a agentes químicos

como ácidos y disolventes, resistencia térmica (de  $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$  a  $260\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). Sus principales campos de aplicación son:

- Bandas para túneles de serigrafía, secaderos, selladoras, hornos de acción en continuo.
- Recubrimiento de tolvas y superficies para facilitar el deslizamiento.
- Aislante eléctrico.
- Manipulación de productos pegajosos y adhesivos.

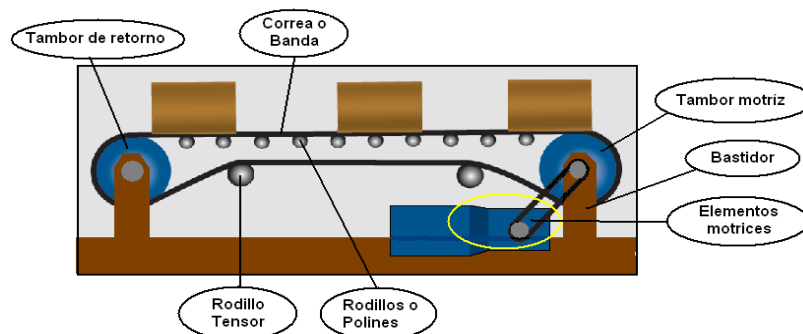
### ***1.1.2.- Descripción del funcionamiento***

El funcionamiento depende de la forma como se haga el transporte de los elementos sobre la banda, es decir, se los puede hacer mediante bandas transportadoras o rodillos transportadores.

#### ***1.1.2.1.- Funcionamiento de las bandas transportadoras***

Este tipo de transportadores continuos están constituidos básicamente por una banda sinfín flexible que se desplaza apoyada sobre unos rodillos de giro libre. El desplazamiento de la banda se realiza por la acción de arrastre que le transmite uno de los tambores extremos, generalmente el situado en la "cabeza". Todos los componentes y accesorios del conjunto se disponen sobre un bastidor, casi siempre metálico, que les da soporte y cohesión. Ver figura. 1.1

**FIGURA 1.1. BANDA TRANSPORTADORA**



**Fuente:** EQUIPOS EL PRADO S.A., 2009

En el funcionamiento de las bandas transportadoras se debe tener en cuenta los siguientes conceptos:

- **Energía.-** Es la capacidad para realizar un trabajo.
- **Potencia.-** Es la relación entre la realización de un trabajo o transmisión de energía.
- **Tensión en una correa.-** Es una fuerza que actúa a lo largo de la banda, tendiendo a elongarla. La tensión de la correa es medida en Newtons.
- **Torque.-** Es el resultado de una fuerza que produce rotación alrededor de un eje.
- **Trabajo.-** Es la energía utilizada para aplicar una fuerza a un cuerpo haciendo que este recorra una distancia.

#### ***1.1.2.2.- Funcionamiento de rodillos transportadores***

El sistema de rodillos funciona por medio de un motor de rotación; el cual a través de cadenas, bandas u otro elemento transfiere esta energía a los diferentes rodillos, lo cual hace que el sistema opere de una manera eficiente haciendo rodar todos los rodillos a una misma velocidad.

#### ***1.1.3.- Fundamentos teóricos para el diseño, cálculo y construcción del sistema de transportación***

##### ***1.1.3.1.- funcionamiento del sistema de transportación***

Una banda transportadora es un medio utilizada para el desplazamiento de materiales desde un punto inicial A, hasta un punto final B. Para efectuar el trabajo de mover el material, la banda requiere potencia que es proporcionada por un tambor motriz o una polea de conducción.

El torque del motor transforma en fuerza tangencial, llamada también tensión efectiva, a la superficie del tambor motriz. Éste es el “tirón” o tensión requerida

por la banda para mover el material de A hasta B (ver figura 1.2) y es la suma de las siguientes tensiones:

- La tensión para vencer la fricción de la banda y de los componentes en contacto con ella.
- La tensión para vencer la fricción de la carga.
- La tensión para aumentar o disminuir debido a los cambios de elevación.

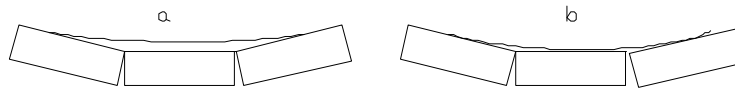
**FIGURA 1.2. TENSIÓN EN UNA CORREA**



**Elaborado por:** Grupo investigador

A continuación se presentan las figuras 1.3.a y 1.3.b, que ilustran como la banda debe ser diseñada con una suficiente flexibilidad transversal en la zona de carga propiamente dicha. Para una banda transportadora vacía, la banda debe hacer suficiente contacto con el centro de los rodillos, caso contrario, no funcionará correctamente. En la figura 1.3.a, la correa está demasiado estirada para hacer contacto con el centro de los rodillos, mientras que en la figura 1.3.b, el contacto es suficiente como para guiar la banda a lo largo de su recorrido.

**FIGURA 1.3. TENSIÓN EN LA CORREA DE UNA BANDA TRANSPORTADORA**



a) Banda muy templada, trabajo inapropiado

b) Banda flexible, trabajo apropiado

**Elaborado por:** Grupo investigador

### ***1.1.3.2.- Cálculos para la construcción del sistema de transportación***

***Cálculo de la holgura de la banda.-*** Según el autor TRÁN Taylor, en su tesis “Diseño e implementación de un sistema automatizado para un prototipo clasificador de huevos” 2009, pág. 24, menciona: La holgura “se halla en los

costados de la banda, esta permite tener un margen de espacio utilizado para impedir que el material a transportar se detenga”.

$$c = 0,055(B+0,9) \quad [\text{Ec. 1.1}]$$

Donde:

$c$  = Holgura de la banda (plg.)

$B$  = Ancho de la banda (plg.)

**Cálculo del ancho plano de la banda.-** El ancho plano de la banda ( $A_p$ ) es donde se ubicará el material a ser transportado.

$$A_p = 0,371B \quad [\text{Ec. 1.2}]$$

#### **Cálculo de la banda completamente cargada**

La capacidad de transportación ( $Q_t$ ) y su velocidad ( $V_t$ ) (ver figura 1.4) se definen mediante las siguientes ecuaciones:

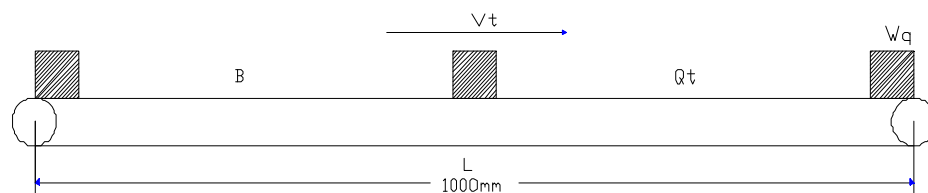
$$Q_t = m_q * \text{número de objetos transportados en una hora} \quad [\text{Ec. 1.3}]$$

Donde:

$Q_t$  = Capacidad de transportación [Tn/h]

$m_q$  = Masa de la carga [Kg]

**FIGURA 1.4. DIAGRAMA DE UN SISTEMA DE TRANSPORTACIÓN**



$V_t$  = Velocidad de transportación,  $Q_t$  = Capacidad de transportación, ( $L$ ) = Distancia entre centros,  $W_q$  = Peso de la carga

**Elaborado por:** Grupo investigador

### ***Cálculo de la velocidad de la banda transportadora***

$$v\tau = \frac{L}{t} \quad [\text{Ec. 1.4}]$$

Donde:

$V_t$  = Velocidad de transportación [m/s]

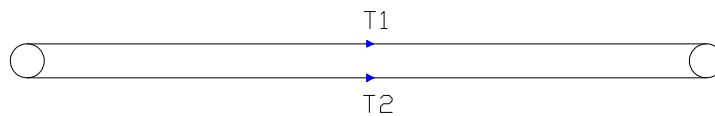
$L$  = Espacio entre centros de los rodillos [m]

$t$  = Tiempo que tarda la carga “q” en recorrer la distancia [L]

### ***Cálculo de la tensión de la banda transportadora***

La tensión efectiva (T1).- Se define como la fuerza transmitida por el motor cuando la banda gira alrededor del tambor de accionamiento. Ver figura 1.5.

**FIGURA 1.5.** DIAGRAMA DE TENSIONES



**Elaborado por:** Grupo investigador

La tensión efectiva (T1).- Se define como la fuerza transmitida por el motor cuando la banda gira alrededor del tambor de accionamiento.

A continuación, se procederá a calcular las diferentes variables que influyen en el cálculo de la tensión efectiva.

$$T_E = T_X + T_Y \pm T_Z \quad [\text{Ec. 1.5}]$$

Para el cálculo de la tensión efectiva, deben considerarse tres componentes:

$$T_X = \mu \times L_C \times W_m \quad [\text{Ec. 1.6}]$$

$$T_Y = \mu \times L_C \times Q \quad [\text{Ec. 1.7}]$$

$$T_Z = H \times Q \quad [\text{Ec. 1.8}]$$

Donde:

$T_E$  = Tensión efectiva [N]

$T_X$  = Tensión necesaria para mover la banda vacía [N]

$T_Y$  = Tensión necesaria para mover la carga horizontalmente [N]

$T_Z$  = Tensión necesaria para levantar o bajar la carga [N]

$\mu$  = Coeficiente de fricción entre la banda y tambor motriz (ver anexo 7 Tabla I.)

$L_C$  = Valor ajustado de la distancia entre centros (L) del transportador [m]

$W_m$  = Peso de las piezas en movimiento (rodillos, banda, etc.) [Kg/m]

$Q$  = Razón de la carga [Kg/m]

$H$  = Altura de la banda [m]

Peso por unidad de largo que soporta la banda ( $W_m$ ), utilizando el método de cálculo que presenta CEMA [2], se tiene que:

$$Q = \frac{33,3 \times Q_t}{V_t} \quad [\text{Ec. 1.9}]$$

Donde:

$Q_t$  = Capacidad de producción [ $T_n/h$ ]

$V_t$  = Velocidad de transportación de la banda [m/s]

La componente ( $T_z$ ) será positivo si se trata de elevar la carga, negativo si se trata de bajar la carga y cero si el transportador es horizontal.

La suma de las tres componentes indicadas es la tensión efectiva (TE) en [N]

Tensión de la banda en el lado de retorno ( $T_2$ ).- La tensión efectiva (TE) es la tensión necesaria para mover la banda vacía, para mover la carga en sentido horizontal y la tensión que resulta de levantar o bajar la carga. Sin embargo, esta no es la tensión total que se ejerce sobre la banda. En sistemas de transmisión por fricción hay que considerar una tensión adicional con el fin de evitar el patinamiento en el tambor de accionamiento. Esta tensión adicional es también la tensión de la banda en el lado de retorno las cuales están determinadas por las siguientes ecuaciones:

$$T_2 = K \times T_E \quad [\text{Ec. 1.10}]$$

$$T_1 = e^{\mu \cdot \theta} \times T_2 \quad [\text{Ec. 1.11}]$$

Donde:

$T_2$  = Tensión en el lado flojo

$T_1$  = Tensión en el lado tenso

$e^{\mu \cdot \theta}$  = Coeficiente entre el ángulo de contacto y coeficiente de fricción (Ver anexo 7 Tabla K.)

$K$  = Factor de transmisión basado en el coeficiente de fricción y arco de contacto. (Ver anexo 7 Tabla J.)

$T_E$  = Tensión efectiva

***Cálculo del torque y la potencia de la banda transportadora.***- Para que todo sistema de transmisión (banda transportadora, elevadores, etc.) pueda impulsarse con la carga el sistema necesita de un torque (T) así como también de una potencia (P) necesaria, la misma que se suministra desde un motor eléctrico estos parámetros se puede obtener mediante las siguientes ecuaciones:

$$T_{\text{orque}} = (T_1 - T_2) \times R_r \quad [\text{Ec. 1.12}]$$

$$n = \frac{V_t \times 60}{\pi \times D_r} \quad [\text{Ec. 1.13}]$$

$$P = (T_1 - T_2) \times V_t \quad [\text{Ec. 1.14}]$$

Donde:

$T_{\text{orque}}$  = Torque [N.m]

$P$  = Potencia [Watts]

$T_1$  = Tensión lado tenso [N]

$T_2$  = Tensión lado flojo [N]

$R_r$  = Radio del rodillo [m]

$n$  = Velocidad de rodillo [rpm]

$V_t$  = Velocidad de transportación [m/s]

$\pi = 3,1416$  (a dimensional)

$D_r$  = Diámetro del rodillo[m]

**Cálculo del ángulo de contacto del rodillo y la banda.-** Los ángulos de contacto que existe entre el rodillo motriz y conducido con la banda se determinan aplicando correctamente las ecuaciones que se ilustran a continuación:

$$\theta_d = \pi - 2\text{Sen}^{-1} \frac{D_r - d_r}{2L} \quad [\text{Ec. 1.15}]$$

$$\theta_D = \pi + 2\text{Sen}^{-1} \frac{D_r - d_r}{2L} \quad [\text{Ec. 1.16}]$$

Donde:

$\theta_d$  = Ángulo de contacto en el rodillo arrastrado o conducido

$\theta_D$  = Ángulo de contacto en el rodillo motriz

$d_r$  = Diámetro rodillo arrastrado (o conducido)

$D_r$  = Diámetro del rodillo motriz

$L$  = Distancia entre centros de los rodillos

**Cálculo de la longitud de la banda.-** Para calcular la longitud de la banda se puede utilizar la siguiente ecuación:

$$L_b = 2L + 1,57 \times (D_r + d_r) + \frac{(D_r - d_r)^2}{4L} \quad [\text{Ec. 1.17}]$$

Donde:

$L_b$  = Longitud de la banda [m]

$L$  = Distancia entre centros de los rodillos [m]

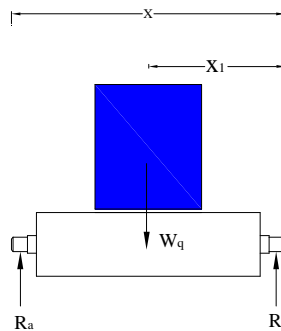
$D_r$  = Diámetro del rodillo motriz [m]

$d_r$  = Diámetro del rodillo arrastrado [m]

### 1.1.3.3.- Análisis mecánico de los rodillos de la banda transportadora

Según el autor GUACHINGA Carlos, en su tesis “Diseño, Construcción e Implementación de un prototipo de bandas transportadoras” 2009, pág. 12, menciona: “El diseño mecánico de los rodillos permite establecer y analizar varios factores como: las Reacciones en sus extremos (ver figura 1.6), fuerzas cortantes, momentos flectores y momentos torsionantes los cuales se obtienen mediante un análisis predeterminado el cual nos permitirá dimensionar y elegir el tipo de rodamiento donde se asentará el rodillo motriz y conducido del sistema de transportación”.

**FIGURA 1.6. ANÁLISIS MECÁNICO EN LOS RODILLOS**



**Elaborado por:** Grupo investigador

**Ra** =Reacción en el punto (A), **Rc** = Reacción en el punto (C), **Wq**= Peso de la carga unitaria

Aplicando condiciones de equilibrio se puede establecer las siguientes ecuaciones:

$$\sum F_Y = 0 \quad [\text{Ec. 1.18}]$$

$$R_a - W_q + R_c = 0$$

$$\sum M_A = 0 \quad [\text{Ec. 1.19}]$$

$$R_c(x) - W_q(x - x_1) = 0$$

El rodillo experimentará un momento torsionante para poder mover el sistema, el mismo que se puede expresar mediante la siguiente ecuación.

$$M_T = \frac{P}{\omega_R} \quad [\text{Ec. 1.20}]$$

Donde:

$M_T$  = Momento torsionante [N.m]

$P$  = Potencia [Watts]

$\omega_r$  = Velocidad angular del rodillo [rad/s]

Utilizando la teoría de esfuerzo cortante máximo se puede establecer el diámetro del eje del rodillo el mismo que esta expresado mediante la siguiente ecuación:

$$d^3 = \frac{16 \times 2n_s}{\pi \times S_y} \times \sqrt{M_{BC}^2 + M_T^2} \quad [\text{Ec. 1.21}]$$

Donde:

$d$  = Diámetro del eje del rodillo [m]

$S_y$  = Resistencia de fluencia [ $\text{Kg}/\text{m}^2$ ]

$n_s$  = Factor de seguridad (a dimensional)

$M_{AB}$  = Momento flector en el tramo (AB) en [N]

$M_T$  = Momento Torsionante [N]

### ***1.1.4.- Elementos de las bandas transportadoras***

En un sistema de bandas transportadoras se tiene los siguientes elementos:

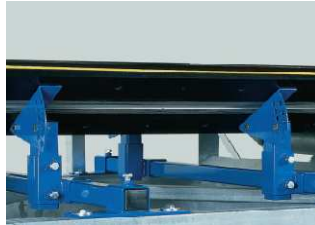
- Estructura soportante.
- Elementos deslizantes.
- Elementos motrices.
- Elementos tensores.
- Rodillo motriz y conducido.

#### ***1.1.4.1.- Estructura soportante***

Según el autor JIMENEZ Pablo, en su libro “Mantenimiento de bandas transportadoras en la industria metal” 2009, pág. 9, menciona: “La estructura soportante de una banda transportadora está compuesta por perfiles tubulares o

angulares, formando en algunos casos verdaderos puentes que se fijan a su vez en soportes o torres estructurales empernadas o soldadas en una base sólida”. Ver figura 1.7.

**FIGURA 1.7.** ESTRUCTURA SOPORTANTE DE UNA BANDA TRANSPORTADORA

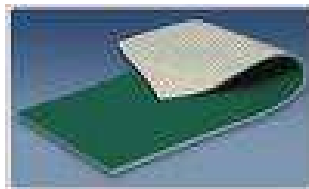


**Fuente:** Componentes TRELLEX, 2009

#### ***1.1.4.2.- Elementos deslizantes***

Son los elementos que trasladan la carga de un lugar a otro y están formadas por la correa o banda propiamente dicha (ver figura 1.8), la misma tendrá una gran variedad de características, y para su elección dependerá en gran parte del material a transportar, la velocidad, el esfuerzo, capacidad de carga a transportar, etc.

**FIGURA 1.8.** BANDA DE TRANSPORTE



**Fuente:** BELTSERVICE, “Conveyor Belting & Fabrication Specialists”, 2008

#### ***1.1.4.3.- Elementos motrices***

El elemento motriz de mayor uso en los transportadores es de tipo eléctrico, variando sus características según la exigencia a la cual esté sometido. El motor, el sistema de transmisión compuesta por banda y polea, los engranajes, son los elementos que componen el sistema motriz. Muchas veces se requieren bandas transportadoras que lleven el material a velocidades muy pequeñas pero con un buen torque, es decir, variar las r.p.m. de entrada, que por lo general son mayores

de 1200, entregando a la salida un menor número de r.p.m., sin sacrificar de manera notoria la potencia. Esto se logra por medio de los reductores de velocidad. Ver figura 1.9.

Los Reductores son apropiados para el accionamiento de toda clase de máquinas y aparatos de uso industrial, que necesitan reducir su velocidad en una forma segura y eficiente, proporcionando además ciertos beneficios como:

- Una regularidad perfecta tanto en la velocidad como en la potencia transmitida.
- Una mayor eficiencia en la transmisión de la potencia suministrada por el motor.
- Mayor seguridad en la transmisión, reduciendo los costos en el mantenimiento.

**FIGURA 1.9. ELEMENTO MOTRIZ (MOTOR-REDUCTOR)**



**Fuente:** Grupo investigador

#### ***1.1.4.4.- Elementos tensores***

Es el elemento que permitirá mantener la tensión en la correa o banda, asegurando el buen funcionamiento del sistema. Ver figura 1.10.

**FIGURA 1.10.- ELEMENTOS TENSORES**



**Fuente:** SANTILLÁN Juan. “Diseño cintas transportadoras2”, 2008

#### ***1.1.4.5.- Rodillo motriz y conducido***

La función de los rodillos o tambores es funcionar como poleas, las que se ubicarán en el comienzo y fin de la banda transportadora (ver figura 1.11), para su selección se tomarán en cuenta factores como: velocidad, ancho de banda, entre otros.

**FIGURA 1.11. RODILLOS**



**Fuente:** Grupo investigador

#### ***1.1.5.- Tipos de transportadores industriales***

Los tipos de transportadores utilizados en la industria para el transporte de materiales se describen a continuación:

##### ***1.1.5.1.- Transportador tipo flexible***

Completamente ajustables y con unidades capaces de realizar configuraciones de inclinación como se indica en la figura 1.12.

Este tipo de transportador permite obtener un amplio rango de aplicaciones en el manejo de materiales; como: cajas, sacos, latas, paquetes, botellas, etc.

**FIGURA 1.12. TRASPORTADOR FLEXIBLE**



**Fuente:** Grupo investigador

### ***1.1.5.2.- Transportador de listones***

Es un equipo versátil ya que optimiza los procesos y no requiere de mantenimiento constante. Ver figura 1.13.

Este tipo de transportadores, es útil en procesos de etiquetado, codificado, procesos de empaquetado, procesos de llenado.

**FIGURA 1.13. TRASPORTADOR DE LISTONES**



**Fuente:** Grupo investigador

### ***1.1.5.3.- Transportador de gravedad***

Completamente ajustables y con unidades capaces de realizar configuraciones de inclinación como se puede observar en la figura 1.14.

Es ideal para líneas temporales en bloques de carga; trenes y camiones pueden ser eficientemente equivalentes en instalaciones permanentes de almacén, empaques y recolección de paquetes.

**FIGURA 1.14. TRASPORTADOR DE GRAVEDAD**



**Fuente:** Grupo investigador

#### ***1.1.5.4.- Transportador tipo flexible de rodillos***

Este tipo de transportador combina flexibilidad y versatilidad con un flujo de material constante. Permite el manejo de cajas o paquetes en curvas, sin necesidad de protecciones laterales.

Distribución, recibo de mercancías, ensamble, empaque, carga y descarga de camiones, envíos, correspondencia, etc. Ver figura 1.15.

**FIGURA 1.15. TRANSPORTADOR TIPO FLEXIBLE DE RODILLOS**



**Fuente:** Grupo investigador

#### ***1.1.5.5.- Transportador aéreo***

Estos transportadores tiene una amplia gama de operaciones de manufactura y manejo de materiales incluyendo cargas pesadas tales como: procesamiento de alimentos. Ver figura 1.16.

Conducen el producto a través de rieles aéreas, se utiliza en: cabinas de lavado, de pintado, hornos y cuartos donde existe temperaturas extremas.

**FIGURA 1.16. TRANSPORTADOR AÉREO**



**Fuente:** Grupo investigador

### **1.1.5.6.- Transportador de rodillos**

Entre sus características típicas se destaca una operación silenciosa, es de fácil mantenimiento y la posibilidad de ser reversible. Ver figura 1.17.

Su función consiste en la transportación, acumulación y el apilamiento de productos en el área de producción

**FIGURA 1.17. TRASPORTADOR DE RODILLOS**



**Fuente:** Grupo investigador

## **1.2.- CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE**

Según el curso, “Autómatas Programables”. [En línea]. 2001, Disponible en:

<http://www.sc.ehu.es/sbweb/webcentro/automatica/WebCQMHI/PAGINA%20PRINCIPAL/PLC/plc.htm>, menciona: “Un autómata programable industrial (API)

o Programmable logic controller (PLC), es un equipo electrónico, programable en lenguaje no informático, diseñado para controlar en tiempo real y en ambiente de tipo industrial, procesos secuenciales”, Como su nombre lo indica, se encarga de realizar tareas de control en un determinado proceso industrial basado en una CPU que utiliza instrucciones de programación para tomar decisiones de encendido y apagado. Este sistema posee un microprocesador que puede ser programado desde un panel programador, a partir de un teclado mediante un cable de comunicación. El PLC está diseñado para recibir señales de entradas, procesarlas y de acuerdo al programa enviar señales de salidas en respuesta a la lógica del programa. El programa generalmente posee contactos, salidas, temporizadores, funciones y matemáticas, etc.

## ***1.2.1.- Descripción de las características técnicas del PLC***

### ***1.2.1.1.- Partes de un PLC***

Los Controladores Lógicos Programables se hallan constituidos de las siguientes partes.

- Fuente de poder.
- Unidad Central de Proceso (CPU).
- Módulos de memoria.
- Módulos de entrada y salida.
- Sección de programación.
- Módulos periféricos.

### ***1.2.1.2.- Lenguajes de programación***

Los investigadores mencionan que: según la norma **IEC 1131-3** se especifica los siguientes lenguajes de programación para los PLC's:

. KOP (esquema de contactos) es un lenguaje de programación gráfico. La sintaxis de las instrucciones es similar a la de un esquema de circuitos. KOP permite observar la circulación de la corriente a través de contactos, elementos complejos y bobinas.

. AWL (lista de instrucciones) es un lenguaje de programación textual orientado a la máquina. En un programa creado en AWL, las instrucciones equivalen en gran medida a los pasos con los que la CPU ejecuta el programa. Para facilitar la programación, AWL se ha ampliado con estructuras de lenguajes de alto nivel (tales como accesos estructurados a datos y parámetros de bloques).

. FUP (diagrama de funciones) es un lenguaje de programación gráfico que utiliza los cuadros del álgebra booleana para representar la lógica. Asimismo, permite representar funciones complejas (p.ej. funciones matemáticas) mediante cuadros lógicos.

Además ofrecemos otros lenguajes de programación opcionales.

#### ***1.2.1.3.- Modos de operación del PLC***

El PLC posee dos modos de operación los mismos que se dan a conocer a continuación:

- ***Modo STOP***.- Finaliza la ejecución del programa del S7-200.
- ***Modo RUN***.- Ejecuta el programa del S7-200.

#### ***1.2.1.4.- Funciones de un PLC***

Los modernos controladores lógicos programables poseen funciones básicas elementales así como también funciones complejas, las cuales se describen a continuación:

- Detección.
- Mando.
- Dialogo hombre-máquina (HMI).
- Programación.
- Redes de comunicación.
- Sistemas de supervisión.
- Control de procesos continuos.
- Entradas y salidas distribuidas.

#### ***1.2.1.5.- Campos de aplicación***

Los controladores lógicos Programables por sus especiales características de diseño tienen un campo de aplicación muy extenso. La constante evolución del hardware y software a nivel mundial, amplía constantemente este campo para poder satisfacer las necesidades que se detectan en el espectro de sus posibilidades reales por ejemplo:

- Maniobra de máquinas industriales en procesos variables.
- Maniobra de instalaciones: de aire acondicionado, calefacción, neumática, hidráulica, etc.
- Señalización y control de estados de procesos.
- Chequeo de programación centralizada de las partes del proceso.

#### ***1.2.1.6.- Ventajas de los PLC's***

- Menor costo, mantenimiento y consumo de potencia.
- Aumenta la fiabilidad del sistema.
- Se puede conectar varios PLC's. (Integración de redes).
- Reemplaza muchos elementos de mando electromecánicos (menor espacio).
- Posibilidad de gobernar varias máquinas con un mismo autómeta.
- Posibilidad de realizar grandes modificaciones en el funcionamiento de un sistema automático con solo realizar un nuevo programa y mínimos cambios de cableado en tiempos mínimos.
- Almacena programas para su posterior y rápida utilización.

#### ***1.2.1.7.- Desventajas de los PLC's***

- Susceptibilidad a ambientes húmedos y corrosivos, etc.
- Existe un lenguaje de programación para cada tipo de PLC's.
- Necesita personal calificado para su programación e instalación.
- La vida útil de los PLC's con salidas a relés dependerá de la vida útil de los contactos.

Según el autor PARRA, Pablo, en su libro "Automatización" manifiesta: "La globalización y segmentación internacional de los mercados son cada vez más acentuadas. Y como estrategia para enfrentar este nuevo escenario, la automatización representa una alternativa que es necesario considerar. Por las razones mencionadas anteriormente obligan a analizar, antes de tomar una decisión, cuándo se requiere automatizar un sistema; sin duda, en la actualidad el

PLC representa la mejor alternativa.

#### ***1.2.1.8.- Tipo de PLC***

El tipo de PLC (ver anexo 1 Tabla A.) que se va a adquirir tiene que cumplir con todos los requerimientos que exige la construcción del modulo didáctico de control de posicionamiento de una banda transportadora, existe factores determinantes para escoger el tipo de PLC como:

#### ***1.2.1.9.- Parte Eléctrica***

La CPU se alimenta con un rango de voltaje entre 120 a 240 V c.a. El PLC se puede manejar con diferentes voltajes de E/S (ver anexo 1 tabla C) y esto depende del voltaje que se tiene disponible en el laboratorio de control y el voltaje que se aplicará a las cargas (salidas del PLC).

Las salidas que va a manejar el PLC son: Entradas digitales del driver 24 Vdc., indicadores de inicio ciclo y fallo del driver y para el encendido de la bobina del contactor 220Vac.

#### ***1.2.1.10.- Tipo de CPU***

El CPU que se va a escoger para el PLC es de acuerdo a las E/S (entradas y salidas), la memoria, para más detalles podemos se puede observar en el cuadro comparativo (ver anexo 1 Tabla B.) donde tenemos las características que se aproxima a nuestras necesidades.

De acuerdo al cuadro de características se escogió la CPU 222, un factor importante que pesa para escoger el tipo de CPU es: el número de entradas y salidas que se van a utilizar, el costo y la capacidad que tiene el CPU para poder expandirse (ver anexo 1 Tabla C.).

### 1.3.- VARIADOR DE VELOCIDAD

El variador de velocidad es el encargado de controlar la velocidad, en función de la variación de la frecuencia a la cual gira el motor junto con el sentido de giro de manera programable a través de un teclado de comandos dispuesto en la parte frontal del mismo.

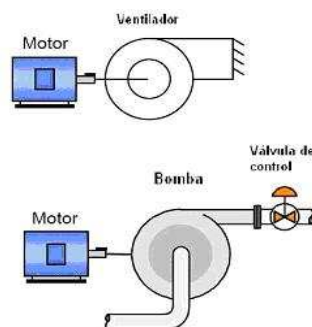
Según el catálogo D 11.1 de Siemens, manifiesta: que el “SINAMICS G110 es un convertidor de frecuencia que ofrece funcionalidad básica para la mayor parte de las aplicaciones industriales de velocidad variable. El convertidor SINAMICS G110, especialmente compacto, trabaja con control de tensión-frecuencia conectado a redes monofásicas de 200 V a 240 V”. Además tiene un rango de potencia de 0,12 - 3 KW.

#### *1.3.1.- Aplicaciones y Beneficios del SINAMICS G110*

##### *1.3.1.1.- Aplicaciones*

Los SINAMICS G110 son utilizados en aplicaciones para variar la velocidad en: ventiladores, equipo de bombeo, bandas y transportadores industriales, elevadores, llenadoras, tornos y fresadoras, equipos de aire acondicionado, dentro de la industria textil, embalaje, alimenticia, en sistemas de manutención, en accionamientos de puertas de fábricas y garajes. Ver figura 1.18.

**FIGURA 1.18.** APLICACIONES DEL VARIADOR G110



Fuente: [http://es.wikipedia.org/wiki/Variador\\_de\\_velocidad](http://es.wikipedia.org/wiki/Variador_de_velocidad)

### ***1.3.1.2.- Beneficios***

El control de procesos y el ahorro de la energía en las industrias son las dos de las principales razones para el empleo de variadores de velocidad.

Entre las diversas ventajas en el control del proceso proporcionadas por el empleo de variadores de velocidad se tienen:

- Operaciones más suaves.
- Control de la aceleración.
- Distintas velocidades de operación para cada fase del proceso.
- Compensación de variables en procesos variables.
- Permitir operaciones lentas para fines de ajuste o prueba.
- Ajuste de la tasa de producción.
- Permitir el posicionamiento de alta precisión.
- Control del Par motor (torque).

### ***1.3.2.- Configuración de parámetros del SINAMICS G110***

#### ***1.3.2.1.- Panel BOP***

La etapa de control de este variador de velocidad se compone de un accesorio denominado BOP panel básico de operación (ver figura 1.19.) y de un bloque de terminales de control para distintos propósitos. Para iniciar la configuración de parámetros, primero se enchufa directamente el panel BOP al variador de velocidad y luego se personaliza los valores y unidades de visualización en el display de 5 dígitos, se deben configurar los datos de placa del motor al cual se va a conectar el driver. Además, se deben configurar la fuente de comandos, que especifica desde donde se va a comandar la operación de la máquina. En este caso se lo hará desde el bloque de terminales de control, o sea desde la botonera del módulo didáctico.

### ***1.3.2.1.- Puesta en servicio rápida***

Según el Manual SIEMENS, “SINAMICS G110”, ed. 11/04. Pág. 15, manifiesta: “Con la puesta en servicio rápida se adapta el convertidor al motor y se ajustan parámetros importantes para las exigencias tecnológicas. La puesta en servicio rápida no es obligatoria si los datos del motor almacenados en el convertidor coinciden con los de la placa de características”.

Poniendo el parámetro P0010 en 1 se inicia la puesta en servicio rápida, donde el usuario accede a una lista de parámetros donde especificará los valores de la placa de características del motor. Finalmente, a través, situando P3900 en 1 finaliza la puesta en servicio rápida.

Para mayor información de cómo configurar el variador de velocidad SINAMICS G110 (ver anexo 2 Tabla D. y E.)

### ***1.3.2.1.- Reset a los ajustes de fábrica***

Para poner los parámetros nuevamente a los ajustes de fábrica y que tardará aproximadamente 10 segundos se deben ajustar los siguientes parámetros como se indica a continuación:

- P0010 ajustar a 30.
- P0970 ajustar a 1.

**FIGURA 1.19.** VARIADOR DE VELOCIDAD SINAMICS G110



**Fuente:** SINAMICS G110, “Lista de parámetros documentación del usuario”, Edición 11/04

## 1.4.- INTERFAZ HOMBRE MÁQUINA CON EL PANEL TD-200

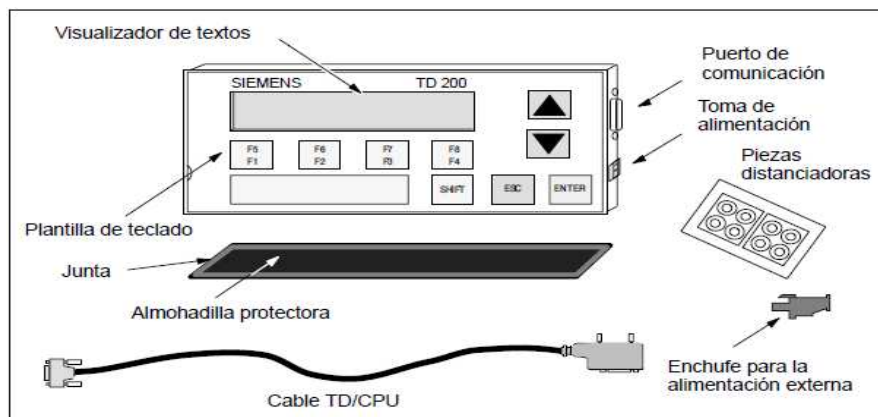
### 1.4.1.- Descripción de las características técnicas del TD-200

#### 1.4.1.1.- Características generales

El TD 200 es un visualizador de textos y un interfaz de operador para la gama de sistemas de automatización S7-200. Se pueden ejecutar las siguientes funciones:

- Visualizar mensajes leídos de la CPU S7-200.
- Ajustar determinadas variables de programa.
- Forzar/desforzar entradas y salidas (E/S).
- Ajustar la hora y la fecha de las CPUs que incorporen un reloj de tiempo real.
- Es alimentado desde la CPU S7-200 a través del cable TD/CPU o desde una fuente de alimentación independiente.
- No precisa software de parametrización especial, en este caso se lo hace con el STEP 7 MicroWin.
- La placa frontal del TD 200 incorpora cuatro teclas con funciones predefinidas que son activadas por bits. El TD 200 también permite definir un total de ocho funciones personalizadas (utilizando la tecla SHIFT). Ver figura 1.20.

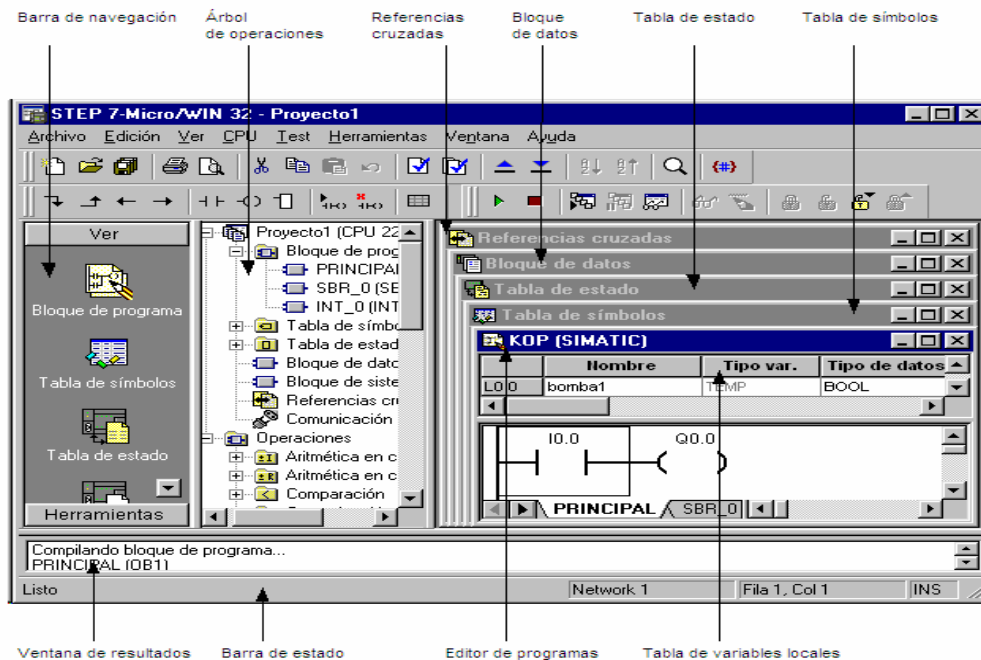
**FIGURA 1.20.** VISUALIZADOR DE TEXTO TD-200



**Fuente:** VISUALIZADOR TD-200, "Manual del usuario", Edición 01/00

### 1.4.1.2.- Introducción al Software STEP7 MicroWin

FIGURA 1.21. Pantalla principal del MicroWin



Fuente: Grupo investigador

- **Barra de navegación:** Incorpora grupos de botones para facilitar la programación:

“Ver”.- En esta categoría se visualiza los botones: Bloque de programa, Tabla de símbolos, Tabla de estado, Bloque de datos, Bloque de sistema, Referencias cruzadas y Comunicación.

"Herramientas".- En esta categoría se visualiza los botones: del asistente de operaciones, del asistente del TD 200, del asistente de control de posición.

- **Árbol de operaciones:** Ofrece una vista de todos los objetos del proyecto y de todas las operaciones disponibles en el editor de programas actual.
- **Referencias cruzadas:** Permite visualizar el lugar en donde se utilizan las variables del programa (temporizadores, marcas, bobinas, etc.).

- **Bloque de datos:** Sirve para almacenar los datos del programa aún si se corta la energía del PLC.
- **Tabla de estado:** Permite observar el estado de las entradas, salidas, y variables del programa.
- **Bloque de símbolos:** Sirve para asignar y editar símbolos del programa.
- **Ventana de resultados:** Es una librería de operaciones y cuando se compila el programa permite ver mensajes de error.
- **Barra de estado:** Informa acerca del estado de las funciones que se ejecutan en el STEP 7 MicroWin.
- **Editor de programas:** Contiene la tabla de variables locales y la vista del programa correspondiente al editor (KOP, FUP, o bien AWL).
- **Tabla de variables locales:** Contiene asignaciones hechas a las variables locales utilizadas por las subrutinas y las rutinas de interrupción.
- **Barra de menús:** Sirve para ajustar funciones utilizando el ratón, o bien combinaciones de teclas.
- **Barra de herramientas:** Permite acceder fácilmente con el ratón a las funciones de STEP7 MicroWin utilizadas con frecuencia. Ver figura 1.21.

#### **1.4.1.3.- Acceso al cuadro de diálogo del Asistente TD-200**

STEP 7-MicroWIN incorpora un Asistente que permite configurar fácilmente el bloque de parámetros y los mensajes en el área de datos de la memoria de la CPU S7-200. (Ésta configuración se explicará en el Capítulo III).

Para acceder al cuadro de diálogo del Asistente TD-200 (ver figura 3.16), en la pantalla del MicroWIN, ubicar el cursor del mouse en la barra de menú en la opción herramientas y seleccionar Asistente del TD200.

## 1.5.- ENCODERS

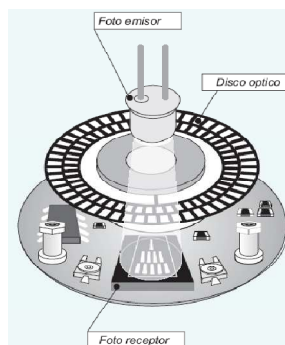
### 1.5.1.- Descripción de las características técnicas del encoder

#### 1.5.1.1.- Definición

Según el autor BASTIDAS Carlos, en su tesis “Diseño e Implementación de un dispositivo para aplicar multilíneas de adhesivo a pañales desechables”, 2009, pág. 27, menciona: El encoder es un sensor que permite detectar el movimiento de rotación de un eje. En definitiva es un transductor rotativo que transforma una magnitud de un mecanismo, tanto posición lineal como angular en una serie de impulsos digitales, “los cuales pueden ser utilizados para controlar los desplazamientos en sistemas de transmisión de movimientos. Las señales eléctricas de rotación pueden ser procesadas mediante diversos controladores, entre éstos el S7-300 con sus entradas de alarma”.

En la industria nos encontramos en numerosas ocasiones con el problema de medir ciertas distancias para saber si un objeto ha llegado a la posición indicada. También nos servirá como seguridad en nuestros sistemas para garantizar la posición de nuestros productos. Todo esto va a ser llevado tanto de una forma absoluta como relativa. La automoción es una industria donde predomina la precisión y sin duda las medidas van a tener que ser exactas, de lo contrario los resultados pueden llegar a ser catastróficos.

FIGURA 1.21. ENCODER ABSOLUTO



Fuente: SILGE ELECTRÓNICA S.A., “Encoder”, <http://www.silge.com.ar>

### ***1.5.1.2.- Principio de operación***

El principio de operación de un encoder se basa en los llamados foto-acopladores. Éstos son pequeños chips que consisten en un diodo en forma de foto-emisor y un transistor que realiza las tareas de foto-receptor. Este elemento se encarga de detectar la presencia/ausencia de la luz a través de los discos concéntricos al eje, los cuales están fabricados con unas ranuras que dejan pasar la luz en función de una codificación utilizada para obtener la medida final. Ver figura 1.21.

### ***1.5.1.3.- Tipos de encoders ópticos***

Según la tarea que necesitemos llevar a cabo se va a precisar de un encoder que nos ofrezca una salida en cualquier momento, es decir, aquellos llamados absolutos, mientras el otro tipo, el cual nos dará información del estado del eje cuando se encuentre en movimiento se denomina incremental. Por lo tanto se van a dividir fundamentalmente en estos dos grupos.

***Incrementales.-*** Los codificadores incrementales constan de un disco transparente al cual superponemos la plantilla de marcas opacas colocadas radialmente y equidistantes entre sí. El sistema foto-acoplador se encuentra en la parte posterior. El eje del que queremos obtener la medida lo acoplamos en el centro del disco. De esta manera, a medida que el eje comience a girar se irán produciendo pulsos eléctricos en el receptor cada vez que la luz atraviese una marca de los discos. Si llevamos la cuenta de estos pulsos a través de la adquisición de la señal en el foto-receptor podremos conseguir una medida real de la posición del eje. Sin embargo, existe el problema de determinar el sentido de giro del eje, por lo tanto no estaríamos contando adecuadamente.

La solución correcta a este problema consiste en disponer de otra franja de marcas desplazadas respecto a la anterior de manera que cuando se produzcan los pulsos tengamos un desfase de  $90^\circ$  respecto al anterior. Con esta disposición, y con la herramienta matemática que nos proporciona el producto vectorial podemos construir un circuito sencillo que obtenga el sentido de giro del eje y así podamos bien incrementar o decrementar la medida.

### ***Clasificación de Encoders Incrementales por su tipo de salida:***

- ***Unidireccionales:*** La salida A consta de una sola dirección de conteo. Un ejemplo de aplicación sería obtener la distancia recorrida por un eje con un sólo sentido de giro.
- ***Bidireccionales:*** Las salidas A y B constan de dos direcciones, por lo tanto, va a tener valores positivos o negativos. Estos se utilizan para aplicaciones de obtener coordenadas en las posiciones de los ejes.
- ***bidireccional con paso por cero:*** Las salidas A, B y Z se diferencia con el caso anterior por una salida adicional que ajusta el valor 0.

***Absolutos.-*** Según el catálogo de Eltra, “SILGE ELECTRÓNICA S.A.”, ed. 2000. Pág. 44, Manifiesta “El principio de funcionamiento de un encoder absoluto es muy similar al de un encoder incremental en el que un disco que gira, con zonas transparentes y opacas interrumpe un haz de luz captado por foto-receptores, luego éstos transforman los impulsos luminosos en impulsos eléctricos los cuales son tratados y transmitidos por la electrónica de salida”.

Los absolutos respecto a los incrementales muestran importantes diferencias desde el punto de vista funcional, ya que en los incrementales la posición está dada por los impulsos con respecto a la marca de cero, en los absolutos, la posición queda determinada mediante la lectura del código de salida, el cual es único para cada una de las posiciones dentro de la vuelta.

En base a la investigación realizada y la información expuesta en el Capítulo I, se realiza un análisis de la situación actual de la Universidad Técnica de Cotopaxi, específicamente en la Unidad académica de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas, basada en encuestas realizadas a docentes y estudiantes, las mismas que se detallan en el Capítulo II.