



**Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Mecánica**

**CONSIDERACIONES TÉCNICAS PARA LA  
SELECCIÓN, INSTALACIÓN Y MANTENIMIENTO DE  
EQUIPOS DE PESAJE CONTINUO, EN BANDAS  
TRANSPORTADORAS**

**Leonel Estuardo Gamboa Arévalo**

**Asesorado por el Ing. Luis Pedro Vassaux Castro**

**Guatemala, Marzo de 2007**



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**CONSIDERACIONES TÉCNICAS PARA LA  
SELECCIÓN, INSTALACIÓN Y MANTENIMIENTO DE  
EQUIPOS DE PESAJE CONTINUO, EN BANDAS  
TRANSPORTADORAS**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**LEONEL ESTUARDO GAMBOA ARÉVALO**  
ASESORADO POR EL ING. LUIS PEDRO VASSAUX CASTRO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE  
**INGENIERO MECÁNICO**

GUATEMALA, MARZO DE 2007



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA



### **NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Inga. Alba Maritza Guerrero de López
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V	Br. Elisa Yazminda Vides Leiva
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

### **TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
EXAMINADOR	Ing. Carlos Humberto Figueroa Vásquez
EXAMINADOR	Ing. Pablo Rodolfo Zúñiga Ramírez
EXAMINADOR	Ing. Carlos Eliseo Flores Rodríguez
SECRETARIO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco



**HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**CONSIDERACIONES TÉCNICAS PARA LA  
SELECCIÓN, INSTALACIÓN Y MANTENIMIENTO DE  
EQUIPOS DE PESAJE CONTINUO, EN BANDAS  
TRANSPORTADORAS,**

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica, en febrero de 2007.

Leonel Estuardo Gamboa Arévalo





## **ACTO QUE DEDICO A:**

<b>Dios</b>	Por darme este regalo llamado vida.
<b>Mis padres</b>	Por darme el apoyo en los proyectos emprendidos a lo largo de mi vida.
<b>Mi familia</b>	Por todas las alegrías vividas y las por vivir.
<b>Mis amigos</b>	Por su apoyo y compañía en cada etapa del camino recorrido juntos. Gracias por su amistad.

Todas las personas que han creído en mí...

Gracias



## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....	III
GLOSARIO.....	V
RESUMEN .....	IX
OBJETIVOS .....	IXI
INTRODUCCIÓN.....	XIII
<b>1. DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1. Componentes del equipo .....</b>	<b>2</b>
1.1.1. Rodillos.....	2
1.1.2. Celdas de carga .....	3
1.1.3. Sensor de velocidad .....	4
<b>1.2. CONTROLADOR ELECTRÓNICO .....</b>	<b>6</b>
<b>1.3 Determinar el número de rodillos .....</b>	<b>11</b>
1.3.1 Velocidad de la banda .....	11
1.3.2 Peso por unidad de longitud .....	12
<b>2. CONSIDERACIONES DEL TRANSPORTADOR.....</b>	<b>15</b>
2.1. Dispositivo tensor de la banda.....	15
2.2. Carga de material .....	16
2.3. Bandas del transportador .....	18
2.4. Rodillos .....	18
2.5. Poleas.....	20
2.5.1 Polea de cabeza .....	20
2.5.2 Polea de cola .....	22
2.6. Vibraciones .....	22
2.7. Transportes cubiertos .....	23
<b>3. INSTALACIÓN Y CALIBRACIÓN DEL EQUIPO .....</b>	<b>25</b>
3.1. Ubicación del equipo.....	25

3.1.1 Transportadores curvos .....	26
3.2 Procedimientos de instalación.....	28
3.4 Procedimientos de calibración.....	32
3.4.1 Procedimiento de carga de prueba.....	33
3.4.2 Procedimiento por material .....	35
3.4.3 Procedimiento calibración cero .....	37
3.4.4 Procedimiento calibración por medio de cadenas .....	39
4. MANTENIMIENTO DEL EQUIPO.....	47
CONCLUSIONES.....	51
RECOMENDACIONES .....	53
BIBLIOGRAFÍA.....	55
ANEXOS.....	57

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1. Equipo de pesaje continuo en banda.....	1
2. Costo-Beneficio.....	2
3. Montaje del sensor.....	5
4. Configuración del sistema.....	10
5. Tipos básicos de tensores.....	15
6. Punto de alimentación con compuerta.....	17
7. Detalle de los rodillos.....	19
8. Desplazamiento de la polea.....	21
9. Efectos de las placas guías.....	23
10. Transportador cóncavo.....	26
11. Transportador convexo.....	27
12. Instalación rodillo.....	28
13. Instalación presillas en rodillo.....	29
14. Tornillos y topes de embarque.....	30
15. Sistema MSI instalado y precalibrado.....	31
16. Instalación de los pesos prueba.....	34
17. Prueba con material.....	37
18. Prueba de cadenas.....	40
19. Alineación de cadenas.....	41
20. Carrete.....	42
21. Disco y Carrete.....	43

## TABLAS

I. Ubicación del equipo a razón de la velocidad.....	25
II. Potencia de motor con respecto a la carga de la cadena.....	44

## SIMBOLOGÍA

m	Metro
s	Segundo
mA	Micro Amperio
V cc	Voltaje corriente continua
mm	milímetros
Kg	Kilogramo
$\mu$ V	micro Voltios
V	Voltios
TPH	Tonelada Métrica por Hora
HP	Caballos de Fuerza
°C	Grado Celsius
TMH	Tonelada Métrica Húmeda
RPM	Revoluciones Por Minuto

## GLOSARIO

- Banda transportadora** En minería, sistema de transporte de productos de la mina (mena, estéril, triturados, entre otros) y en algunas ocasiones personal, compuesto de una cabeza motriz que arrastra una cinta (banda de caucho, generalmente) sin fin, cuyos desplazamientos superior e inferior son soportados por unos rodillos sobre una estructura metálica. En longitudes grandes se necesitan tambores que ejercen un estiramiento permanente para mantenerlas en la tensión necesaria
- Bloque** Productos de explotación de una cantera. Son bloques de areniscas de gran tamaño, utilizados para enchape y fachadas.
- Peso específico** Relación existente entre el peso de un volumen determinado de una sustancia, y el de igual volumen de agua destilada a la temperatura de 4°C. La determinación del peso específico o densidad, solamente es posible mediante aparatos de precisión. Tratándose de minerales metalíferos o feldespatos, el peso específico puede determinarse por tanteo, sopesándolos con la mano o por comparación. En alguna nomenclatura utilizan el término "Densidad Relativa", para designar el peso específico, especialmente en líquidos



<b>Planta de procesamiento</b>	Instalación industrial o semi-industrial, en la cual un mineral es tratado para la recuperación de los metales o compuestos de interés, mediante una secuencia de operaciones o procesos unitarios, y que utiliza algún tipo de energía (eléctrica, mecánica, hidráulica o térmica) para la operación de los equipos o máquinas.
<b>Tabla</b>	Matriz bidimensional organizada en filas y columnas (registros e ítems o campos), que almacena los atributos de una entidad.
<b>Tolva</b>	Silo de almacenamiento temporal utilizado en la minería, especialmente al final de un tambor; éstas se pueden construir en madera o en metal.
<b>Tonelada corta</b>	Una unidad de medida de peso igual a 907,185 kilogramos.
<b>Tonelada corta seca</b>	Cuando se usa con respecto a concentrados; excluye el agua contenida en el concentrado.
<b>Tonelada larga</b>	Unidad de peso equivalente a 1.016 kilos.
<b>Tonelada métrica</b>	Unidad de peso equivalente a 1.000 kg.
<b>Tonelada húmeda</b>	Cuando está referida a concentrados, no excluye el contenido de agua en el concentrado. TMH.



## **OBJETIVOS**

### **General**

Proporcionar información y criterios para la adecuada selección e instalación de los equipos de pesaje continuo y sus componentes en bandas transportadoras, para un uso adecuado en la industria guatemalteca.

### **Específicos**

1. Determinar los campos de aplicación de los equipos de pesaje continuo para su selección.
2. Brindar una descripción de los equipos y sus componentes.
3. Proporcionar los criterios necesarios para una mejor instalación y calibración de los equipos y sus componentes.
4. Conocer el mantenimiento requerido por el equipo.



## RESUMEN

El sistema de pesaje continuo es un equipo compuesto por dos celdas de carga que nos monitorean en forma análoga el peso que pasa por la banda transportadora. Este sistema se comunica a un integrador que nos indica los resultados totales o parciales que sean necesarios para mayor control de nuestra producción.

No solamente durante los procesos de fabricación y tratamiento se requiere de un control de la materia prima y los productos, sino también durante el transporte y el almacenamiento. La acumulación de humedad o la absorción de agua puede ser un factor que altere los resultados de los mismos.

El equipo de pesaje continuo es un sistema diseñado para ser colocado en los transportadores de banda para el pesaje de sólidos áridos a granel. El equipo está diseñado para reaccionar solamente con las componentes verticales de las fuerzas que le están siendo aplicadas. En esencia, este sistema consiste en una estructura de apoyo fija (estática) y una estructura viva (dinámica). La estructura estática es el apoyo principal del equipo entre las vigas del transportador, que a su vez sirven de apoyo a la estructura viva, incluyendo las celdas de carga. La estructura dinámica sirve de apoyo al rodillo y transfiere el peso del material a las celdas de carga.

La estructura dinámica es proporcionalmente forzada hacia abajo. Las celdas de carga del sistema proporcionan una señal electrónica, proporcional a la carga, que es enviada al controlador o integrador. De esta forma, el pesaje es efectuado sin interrumpir el proceso y sin afectar el proceso del material.



## INTRODUCCIÓN

La demanda actual en plantas de cemento, extracción mineral, plantas de fertilizantes, ingenios azucareros y la industria farmacéutica, ha creado la necesidad de aminorar tiempos e incrementar la exactitud y precisión de la producción.

Los equipos de pesaje continuo, son utilizados para la medición de grandes cantidades de material cargado en la banda del transportador, y para medir la velocidad de la banda. Nos referimos al material cargado a la materia prima y productos que se encuentren a una velocidad y volumen constante, durante un tiempo determinado sobre un transportador.

El método de pesaje continuo nos permite aminorar tiempos de pesaje en comparación con el método de las balanzas industriales para transporte. Además, nos proporciona una exactitud y precisión idéntica entre ambos métodos. Dependiendo de la selección, instalación y calibración adecuada, obtendremos el mejor aprovechamiento del equipo, así como, brindándole el mantenimiento necesario y adecuado.

Estos equipos muy exactos, precisos y confiables, que se componen de elementos mecánicos, eléctricos y electrónicos, que requieren de ciertas consideraciones técnicas para su selección, ubicación, instalación y mantenimiento, nos brindan una información que puede llegar a ser no confiable, si se practica una mala instalación y calibración del equipo y sus componentes.

Este documento pretende proporcionar una descripción, información sobre la instalación, calibración y mantenimiento de este equipo y brindar las consideraciones necesarias para la selección y uso adecuado del mismo.







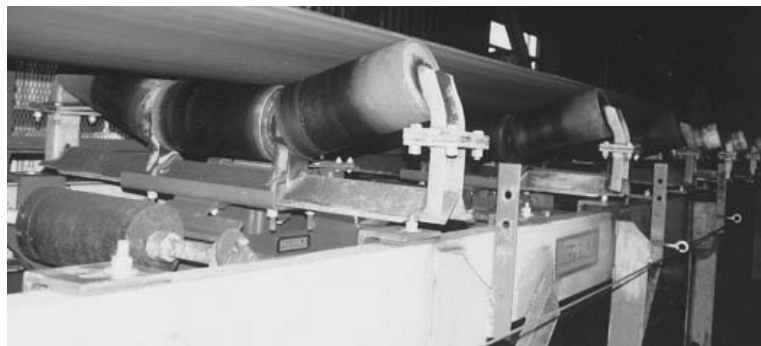


## 1. DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO

El equipo de pesaje continuo es un sistema diseñado para ser colocado en los transportadores de banda para el pesaje de sólidos áridos a granel. El equipo está diseñado para reaccionar solamente con las componentes verticales de las fuerzas que le están siendo aplicadas. En esencia este sistema consiste en una estructura de apoyo fija (estática) y una estructura viva (dinámica). La estructura estática es el apoyo principal del equipo entre las vigas del transportador, que a su vez sirven de apoyo a la estructura viva, incluyendo las celdas de carga. La estructura dinámica sirve de apoyo al rodillo y transfiere el peso del material a las celdas de carga.

La estructura dinámica es proporcionalmente forzada hacia abajo. Las celdas de carga del sistema proporcionan una señal electrónica, proporcional a la carga, que es enviada al controlador o integrador. De esta forma el pesaje es efectuado sin interrumpir el proceso y sin afectar el proceso del material.

**Figura 1. Equipo de pesaje continuo en banda.**



Fuente: página web. [www.merrick-inc.com](http://www.merrick-inc.com) – Portal Comercial de la Empresa Merrick.

La importancia de estos equipos se debe al exceso de material que se da al cliente final de una empresa de agregados por la venta en forma volumétrica y no en forma de masa según lo indica un artículo de la revista *Aggregates & RoadBuilding*, lo cual nos indica grandes pérdidas para la industria minera.

**Figura 2. Costo-Beneficio.**

Accuracy	Excess Material Cost		Belt Scale System Cost	Payback Period (days)
	Daily	Annually		
5%	\$1,920	\$ 576,000	No scale	-
1%	384	115,200	3,600	9
1/2%	192	57,600	6,500	34
1/4%	96	28,800	9,000	96

Fuente: página web. [www.rockandroad.com](http://www.rockandroad.com) – Portal Informativo de la Revista *Rock and Road*.

## 1.1. Componentes del equipo

### 1.1.1. Rodillos

De todos los rodillos disponibles, solo algunos de ellos son idóneos para su uso con el sistema de pesaje. Existen distintos tipos de rodillos los cuales se conocen:

- Rodillo de transportador con eje desplazado
- Rodillo con cable impulsor
- Rodillo en V de transportador
- Rodillo de catenaria
- Rodillos sencillos planos
- Rodillos inclinados en líneas de tres (3)

No se deben utilizar rodillos del tipo con cable impulsor, rodillos en V, ni rodillos tipo catenaria en o cerca del equipo. Los del tipo de eje desplazado puede ser aceptables en algunas instalaciones. Los únicos realmente aceptables son los tipos de rodillos inclinados en líneas de 3 o los rodillos sencillos planos.

Estos rodillos pueden variar sus dimensiones de un ancho de banda de 450 hasta 2134 mm, diámetro de 50 a 180 mm y se instalaran con una distancia entre rodillos de 500 a 1500 mm entre los 10 a 45°. Dependiendo del diseño del transportador y los requerimientos de exactitud y precisión que necesitemos de nuestros equipos.

### **1.1.2. Celdas de carga**

A medida que se mueve a lo largo de la banda del transportador, el material ejerce una fuerza a través del rodillo de suspensión, sobre la estructura dinámica. En las celdas de carga, este movimiento es detectado por sus medidores de deformación al ser excitados por el voltaje proveniente del integrador electrónico. Estos producen una señal que es proporcional al peso, y que es enviada de regreso al integrador. El movimiento en cada celda de carga esta limitado por un tope positivo incorporado en el diseño de cada celda de carga. El voltaje de excitación de la celda de carga es de 10 V cc nominal y un máximo de 15 V cc. Con un rango de operación de temperatura – 40 °C a 85 °C, con rangos máximos de capacidad de 35, 100 y 200 Kg en carga estática. Su factor de sobrecarga es de 150% hasta un 300% de su capacidad nominal. La salida de estas es de 2  $\mu$ V / V de excitación a la capacidad nominal de la celda.

Es importante comprender que estos equipos son detectores de fuerza, muy precisos y repetitivos. Por lo cual debemos tener conocimientos de las características de los componentes. Una celda de pesaje puede medir hasta 5,000 toneladas métricas por hora y una velocidad máxima de 4 m/s brindándonos una precisión  $\pm 0.5\%$  del total en un rango de operación de 5 a 1.

Campos de aplicación típicos para celdas de pesaje:

- Control de procesos de dosificación
- Llenado de sólidos o líquidos
- Comprobación de cantidades individuales
- Descarga o recepción de material con totalización

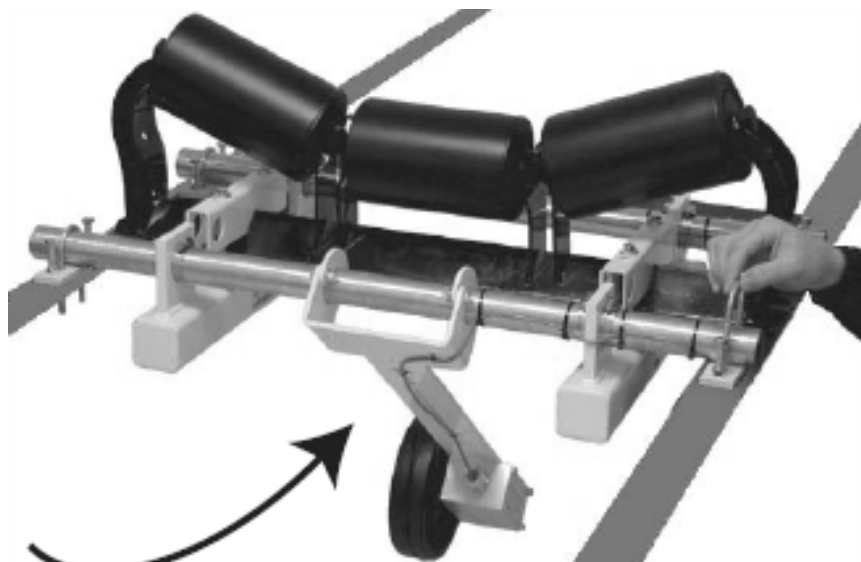
### **1.1.3. Sensor de velocidad**

Es un sensor de rueda de alta resolución, para la banda de retorno. El sensor de velocidad integra un interruptor de proximidad inductivo. El interruptor detecta la rotación del engrane y transmite la señal al integrador a través de un seccionador.

El sensor se compone de un brazo que tiene un engrane de dientes y una rueda en contacto con la banda de retorno y también puede ser instalado en rodillo de cola, sobre la banda utilizando un brazo el cual cae sobre el transportador. La rueda y el engrane giran alrededor de un eje fijo en el brazo. El sensor magnético u óptico interno detecta la rotación del engrane y genera una señal proporcional a la velocidad de la banda. La señal de salida se transmite por cable hasta el integrador para calcular la velocidad del producto transportado.

Para simplificar un poco la instalación del cableado se recomienda instalar el sensor a proximidad del equipo. La rueda debe girar en la banda de retorno, directamente antes o directamente después de un rodillo. Se debe fijar el brazo del sensor en la estructura estática del equipo. Para el montaje del sensor debemos de medir la distancia entre las partes interiores de los largueros del transportador y cortar una barra transversal de 24 mm a la medida, colocándola a través del orificio situado en el extremo del sensor de velocidad de banda de retorno y poner arandelas 24 mm de cada lado del equipo. El conjunto debe quedar posicionado con la rueda en el centro de la banda de retorno. Debemos mantener un espacio de 3mm entre los lados del sensor y las arandelas, podemos soldar o atornillar las arandelas a la barra. Unimos por medio de soldadura o de tornillo un extremo de la barra transversal en un travesaño, para poder tener el conjunto perpendicular a la banda y la rueda vaya recto.

**Figura 3. Montaje del sensor.**



Fuente: página web. <http://www.beltwayscales.com/> – Portal Comercial de la Empresa  
*Belt Way Scales*

Después de esto debemos arrancar el transportador para verificar la instalación del sensor y que no empuje de un lado a otro. Si hace falta, verifiquemos la unión de soldadura o destornille y gire el equipo hasta que la rueda vaya recta.

Debemos inspeccionar periódicamente el sensor para verificar que gire libremente alrededor de la barra transversal o del pivote, así como, el entorno del interruptor de proximidad y eliminar depósitos de material.

La conexión eléctrica del sensor debe proporcionar suficiente holgura para compensar el movimiento del sensor y la rotación de la rueda en la banda. Limitando el movimiento del brazo se puede provocar el restablecimiento de la rueda o el contacto excesivo con la banda. Este tipo de instalación no es muy recomendable para bandas que giren muy rápido, ya que provocan que el sensor pivotee sobre la banda, por tal razón también es bueno hacer mención de la instalación del sensor en un rodillo.

## **1.2. Controlador electrónico**

Es un integrador basado en un microprocesador diseñado específicamente para ser utilizado con las básculas y dosificadores, o con equipos equivalentes. El integrador emplea las señales de velocidad y de carga obtenidas de la cinta transportadora o del equipo. Elaborando estas señales se obtiene el cálculo de flujo de material y la totalización. Los valores de velocidad, carga, flujo y totalización pueden visualizarse en el indicador de cristales líquidos u obtenerse por la salida analógica, el relé de alarma y la totalización remota. El controlador ofrece la compatibilidad con los lenguajes *Dolphin Plus* y el protocolo *Modbus* por dos puertos, y el puerto para comunicar con el *PLC* o la computadora del usuario.



### **Características de un controlador:**

- Interfase fiable y resistente
- Indicador / visualizador de cristales líquidos multicampo
- Teclado
- Dispositivos de entrada y salida
- Dos contactos para totalizadores remotos
- Cinco relés programables
- Cinco entradas discretas programables
- Dos entradas analógicas (mA) aisladas programables (control )
- Tres salidas analógicas (mA) aisladas programables
- Comunicaciones Windows® e industrial
- Configuración individual de puertos para:  
*Dolphin Modbus RTU / ASCII*
- Impresora
- Funciones de control y funcionamiento
- Linearización de flujo
- Cero automático
- Control
- Control de cascada
- Funcionamiento multi-rango

El sistema debe instalarse por personas calificadas. Los choques electrostáticos pueden dañar el sistema y se debe asegurar conexiones a tierra apropiadas.

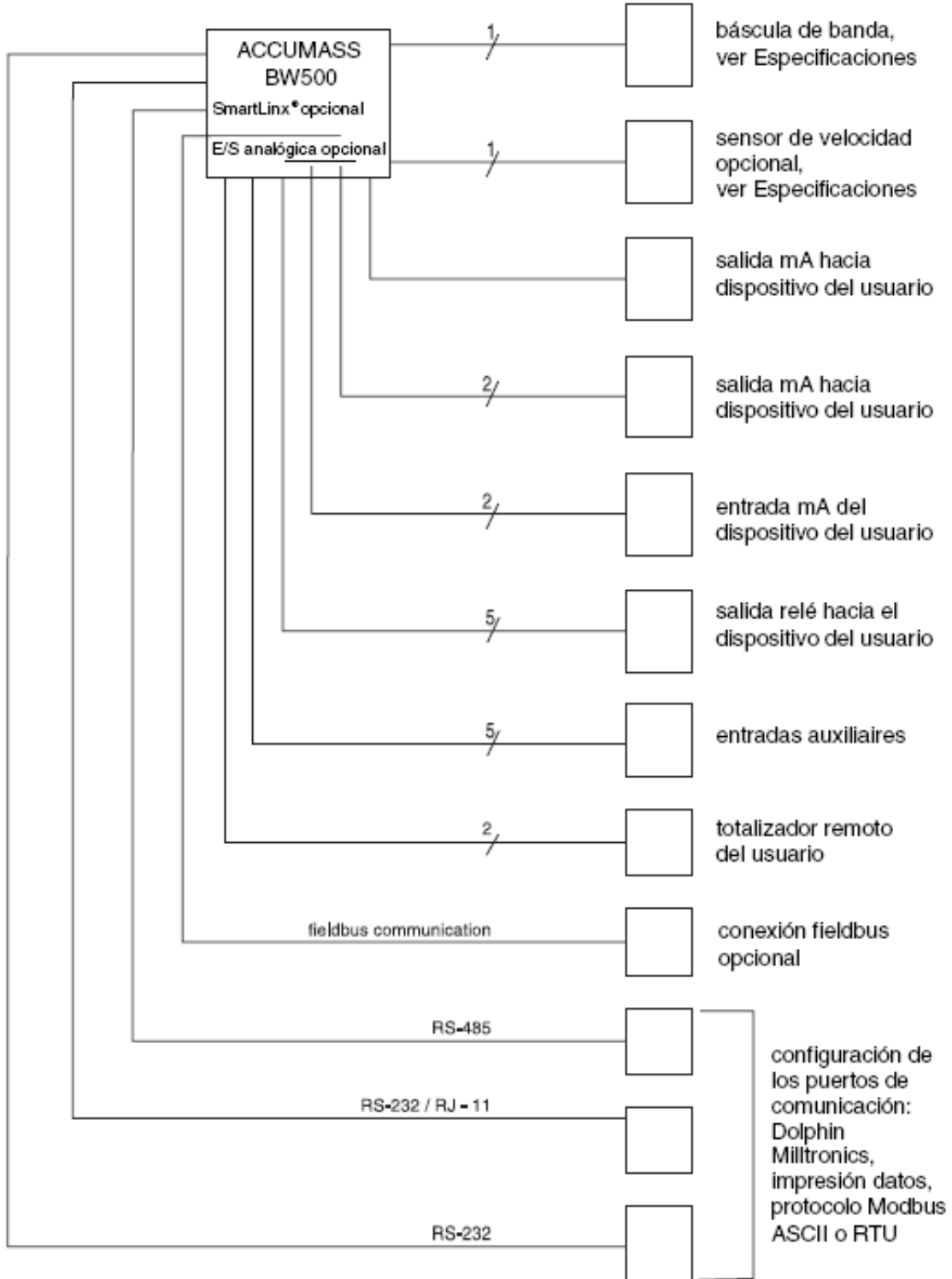
El modo de arranque es el modo de funcionamiento normal (o de referencia). Durante el funcionamiento en modo de arranque se obtiene la elaboración continua de las señales de carga y velocidad del equipo, lo cual permite obtener las señales internas de carga, velocidad y flujo, que se utilizan como base para calcular la totalización, la salida analógica, el control de los relés y la comunicación. La visualización en este modo se programa para obtener la indicación alternada (escrutinio) de flujo, totalización, carga y velocidad. El escrutinio puede efectuarse manualmente, pulsando la tecla entre o automáticamente.

La función de totalización se basa en la señal interna de flujo (masa por unidad de tiempo) proporcional a la velocidad de la banda y a la carga en el equipo. La amortiguación no afecta a la función de totalización. Se obtiene una muestra de la señal de flujo varias veces por segundo, para obtener una medición precisa de la masa de material transportada. El totalizador principal guarda la cuenta, utilizada para aumentar los totalizadores locales (internos) y generar una señal de pulsaciones para los totalizadores remotos.

El algoritmo de control del integrador ha sido diseñado para aplicaciones con control de flujo de alimentación. Esta función se basa en los algoritmos de comando del motor, e incluye varias funciones para evitar incrementos. Una técnica para evitar incrementos es controlar la frecuencia de entrada de velocidad del dosificador. Si la frecuencia es inferior a 5 Hz, se mantiene la salida de control al valor actual. De otra forma, al desactivarse el dosificador cuando el valor de consigna es superior a cero se incrementa la salida a 100%. Al activarse el dosificador, el flujo de material aumenta hasta que el sistema alcance el nivel de funcionamiento normal. Con las funciones de evasión de incremento puede pararse o activarse el dosificador, limitando interrupciones en el flujo controlado.

Los componentes software y hardware del integrador han sido diseñados para ofrecer compatibilidad con módulos de entradas y salidas analógicas. El módulo de Entradas y salidas analógicas proporciona 2 salidas analógicas 0/4-20 mA programables, 2 entradas analógicas 0/4-20 programables y una alimentación 24V cc para dispositivos con alimentación de bucle. El integrador puede incluir o no un módulo entradas y salidas programables instalado en fábrica por el proveedor.

Figura 4. Configuración del sistema.



Fuente: página web. [http:// www.sea.siemens.com/](http://www.sea.siemens.com/) – Portal Comercial de la Empresa Siemens

### **1.3 Determinar el número de rodillos**

La regla general es que nuestro sistema necesita de por lo menos un rodillo de suspensión por un juego de celdas de carga mientras se mide el peso del material pero si se necesita conservar o incrementar la exactitud debemos de agregar de un hasta tres rodillos de suspensión con su juegos de celda de carga más a nuestro transportador o diseño. Este incremento responde a las condiciones de la velocidad de la banda y el peso de material por unidad de longitud sobre la banda.

#### **1.3.1 Velocidad de la banda**

El material no debe viajar a través del espacio de medición con una velocidad menor a 0.4 segundos. Si en el caso de que en este trayecto el material viajase en menos tiempo al indicado, podemos proceder a tomar las siguientes modificaciones:

- Incrementar el número de rodillos de suspensión y el juego de celdas de carga.
- Aumentar la distancia entre los rodillos del transportador.
- Disminuir la velocidad de la banda.

El espacio de medición es igual a la distancia entre rodillos del transportador donde se ubica nuestro equipo por la cantidad de rodillos de suspensión y la velocidad debemos expresarla en metros sobre segundos siendo esta la velocidad de la banda.

Ejemplo:

Velocidad de la banda = 2.54 m/s

Espacio entre rodillos = 0.9144 m

Para un sistema de pesaje  $0.9144 / 0.254 = 0.36$  s

Este ejemplo no satisface la ley de velocidad de banda por lo cual debemos optar por cualquiera de las siguientes resoluciones según sea el caso:

- Si, nos es posible modificar la estructura de la banda para aumentar la distancia entre los rodillos.
- Si nuestro presupuesto nos lo permite debemos incrementar una unidad de pesaje.
- Si ninguna de las anteriores es posible una solución es la de reducir la velocidad de la banda, esta opción es la menos recomendada ya que puede afectar la capacidad del transportador.

### **1.3.2 Peso por unidad de longitud**

Estos equipos están diseñados para tener un límite mínimo y máximo de peso el cual pueda ser medido con exactitud y es calculado en base a la carga que pasa por el transportador y la información que nos proporcione la documentación técnica brindada por los fabricantes de estos.

Consideremos una banda que transporta 83.33 Kg / s a una velocidad de 0.762 m/s, según esta información, podemos dividir estos datos para conseguir el peso por unidad de longitud, lo cual da 109.36 Kg / m. Por medio de este resultado y la información que nos brinde el fabricante podemos decidir la solución ideal para el sistema y la más económica.

En este caso una solución a elegir es el sistema de un rodillo de suspensión y celdas de pesaje de 200 Kg. Otra opción es de presupuestar un equipo modular de dos rodillos de suspensión y celdas de carga de 100 y 35 Kg.





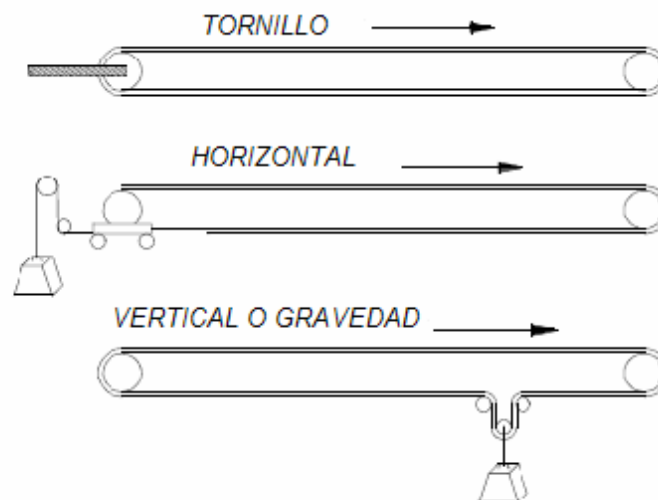
## 2. CONSIDERACIONES DEL TRANSPORTADOR

### 2.1. Dispositivo tensor de la banda

La tensión del transportador se puede controlar por diversos tensores, los tres tipos básicos:

- Tensor de tornillo
- Tensor de gravedad horizontal
- Tensor de gravedad vertical

Figura 5. Tipos básicos de tensores.



Fuente: página web. <http://www.thayerscale.com/> – Portal Comercial de la Empresa *Thayer Solid Flor Control*.

El tensor de gravedad vertical es el más fiable porque puede reaccionar a los cambios de tensión de la banda. El uso del tipo de tensor contribuye a reducir la influencia de la tensión relativamente uniforme. Use tensores de gravedad vertical para obtener la máxima exactitud. Si no fuera práctico lo posible, utilice los tensores de gravedad horizontal. El uso de los tensores de tornillo se debería limitar a transportadores con centros de polea de menos de 18 m.

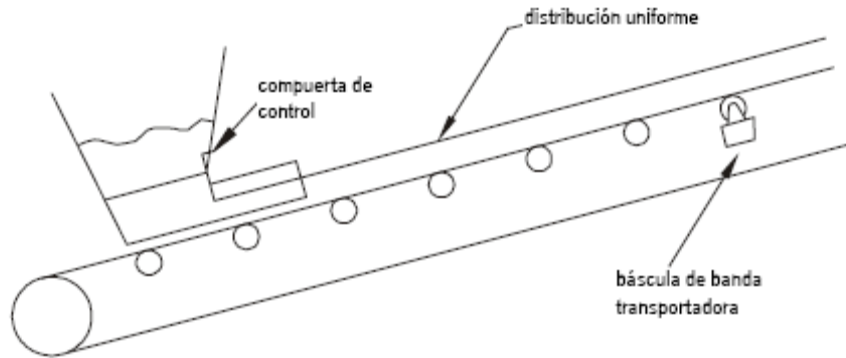
## **2.2. Carga de material**

Algunos sistemas del transportador requieren del uso simultáneo de varios puntos de alimentación. La tensión de la banda puede variar considerablemente en función de la combinación de los puntos de alimentación que estén usando en ese momento. Siempre que sea posible se debe instalar el equipo en un transportador con un solo punto de alimentación.

Se usan varios métodos para colocar el material en la banda. A menudo el flujo del material entre el pre-alimentador y la banda no es uniforme, siendo su velocidad diferente de la del transportador. Estos aspectos pueden contribuir a reducir la exactitud. Debemos asegurarnos de que el material se carga en la banda transportadora de forma regular y uniforme, a una velocidad similar o igual a la de la banda. Instalamos una compuerta de control de alimentación de material o un dispositivo similar para aumentar la uniformidad del flujo de material.

**Figura 6. Punto de alimentación con compuerta**

**Con compuerta de control**



Fuente: página web. <http://www.archenv.com/> – Portal Comercial de la Empresa Arch environment equipment, Inc.

El retroceso del material o resbalamiento del material se produce en bandas transportadoras en las que el material, por su forma o tamaño, retrocede sobre si mismo, incluso si la dirección general es de avance. Puede ser el resultado de un transportador con una inclinación pronunciada, una diferencia entre la velocidad de alimentación del material y de la banda o de unas cortinas de cadena o de goma mal escogidas o mal colocadas. En este último caso, la cortina retiene por un momento el material en lo alto de la pila y provoca el retardo en comparación con el resto de la pila. Debemos tener en consideración la relación entre la velocidad y la inclinación de carga de material y el retroceso del mismo.

### **2.3. Bandas del transportador**

Las variaciones en el número de pliegues, el grosor de la cubierta y el tipo y la cantidad de uniones de una banda determinada hacen que el peso por longitud de la banda sea muy dispareja. Durante el equilibrado a cero, la mayoría de las básculas hacen el promedio del peso de la banda en un circuito completo. La desviación de la media, si es lo suficientemente elevada, puede dificultar la obtención de una buena referencia cero y la consiguiente exactitud de la báscula.

Una banda cuyos valores se han sobreestimado para el uso que se le va a dar puede resultar tan rígida que no se podrá inclinar correctamente en los rodillos. Cuando ocurre esto (especialmente en los rodillos de 35° y 45°), la banda se arquea a través del rodillo, no pudiéndose obtener una buena puesta a cero de la misma ni una buena calibración del rango. Cuando se cambien secciones gastadas de la banda, debemos asegurarnos de colocar una banda igual a la existente. Cuando se elija una banda nueva, es mejor seleccionar una banda reencauchada y no una de grapas que afecta la exactitud del equipo.

### **2.4. Rodillos**

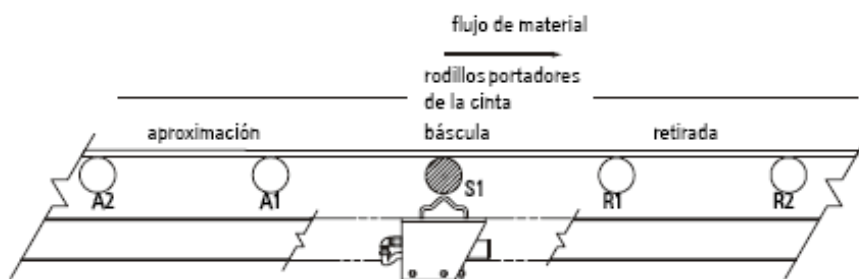
Los rodillos inclinados más habituales son los de 20° y 35°. También se pueden usarlos de 45°, pero la exactitud puede verse afectada. Cuanto más agudo sea el ángulo, más probabilidad habrá de que la báscula se vea afectada por la tensión y la rigidez de la banda, en cuyo caso será aún más importante la correcta alineación de los rodillos.

Se deben de escoger rodillos con las mismas medidas, con rodillos concéntricos en 0,5 mm, y cuya inclinación esté dentro de un rango de 3 mm si se compara con una plantilla. Todos los rodillos que se escojan para la báscula tienen que haber tenido el mismo proceso de fabricación y estar correctamente lubricados (en algunos casos se requieren rodillos con cojinetes "lubricados de por vida").

Debemos mantener limpios todos los rodillos, sin acumulación de material, que giren bien, pero sin exceso de grasa. En caso contrario podría resultar una alineación incorrecta y un avance deficiente de la banda. Cambiamos todos los rodillos rígidos, atascados o descentrados.

La alineación correcta y exacta de los rodillos en la zona del equipo es fundamental para que ésta funcione bien y con exactitud. Debemos alinear correctamente los rodillos del equipo y colocar como mínimo dos rodillos de características similares a ambos lados.

**Figura 7. Detalle de los rodillos.**



Fuente: página web. <http://www.sea.siemens.com/> – Portal Comercial de la Empresa Siemens.

## **2.5. Poleas**

### **2.5.1 Polea de cabeza**

Debemos tener el cuidado al instalar el equipo en un transportador corto o si las circunstancias hacen necesaria su colocación próxima a la polea de cabeza. Las poleas de cabeza son por lo general de cara plana con una ligera corona. Cuando se usan rodillos inclinados, el perfil de la cinta tiene que cambiar del plano inclinado al no inclinado en un espacio corto. Para ello el fabricante del transportador diseña un desplazamiento vertical integrado de la polea de cabeza sobre la parte superior del rodillo de centrado del rodillo adyacente. Para facilitar aún más esta transición, entre la polea de cabeza y el recorrido normal de los rodillos se insertan rodillos de ángulos de inclinación decreciente.

Si no se llevan a cabo estos ajustes, los bordes de la banda y los rodillos adyacentes a la polea de cabeza se ven sometidos a una tensión considerable y, por último, esta fuerza acaba por aplicarse en el equipo de pesaje.

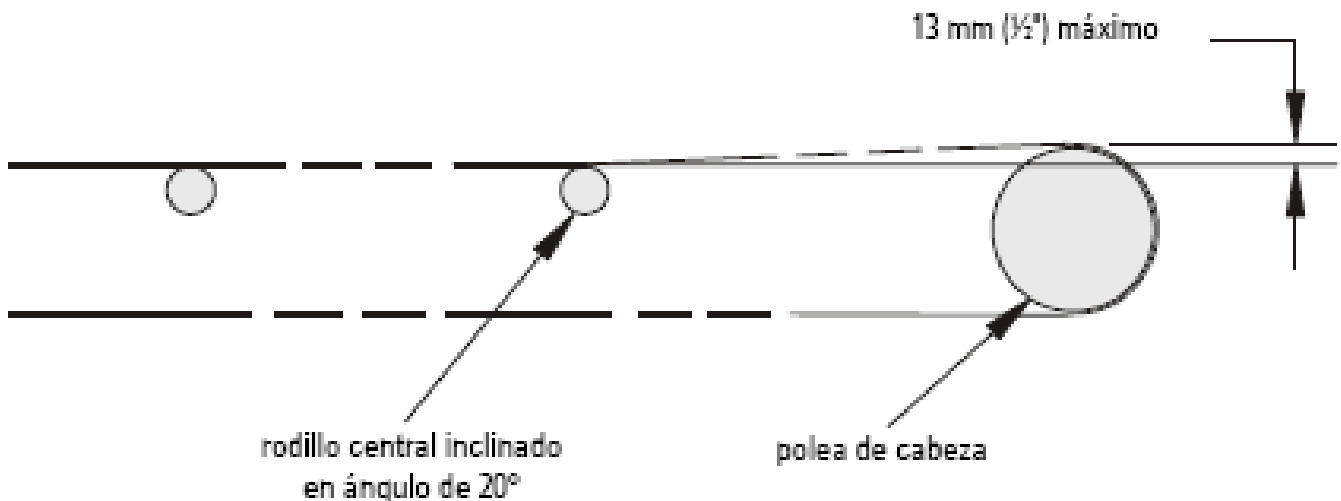
Cuando nuestro equipo se instale cerca de la polea de cabeza debemos tener en consideración las siguientes instrucciones:

- En transportadores con rodillos inclinados en ángulo de  $20^\circ$  se deben colocar al menos dos rodillos fijos de  $20^\circ$  entre la báscula y la polea de cabeza.
- En transportadores con rodillos inclinados en ángulo de  $35^\circ$  se deben colocar al menos dos rodillos de  $35^\circ$  y un rodillo de retirada de  $20^\circ$  de inclinación entre el equipo y la polea de cabeza.

- En transportadores con rodillos inclinados en ángulo de  $45^\circ$  se deben colocar al menos un rodillo de  $35^\circ$  y un rodillo de retirada de  $20^\circ$  de inclinación entre la báscula y la polea de cabeza.

El desplazamiento vertical de la polea de cabeza en relación al rodillo de retirada adyacente es normalmente superior a lo que se considera aceptable para los equipos de pesaje continuo de la banda transportadora.

**Figura 8. Desplazamiento de la polea.**



Fuente: página web. [http:// www.sea.siemens.com/](http://www.sea.siemens.com/) – Portal Comercial de la Empresa Siemens

Si se va a colocar el equipo cerca de la polea de cabeza, mantengamos un desplazamiento vertical de 13 mm como máximo entre la parte superior de la polea y la parte superior del rodillo central adyacente. Haciendo descender la polea de cabeza sobre su montura hasta que el desplazamiento vertical medido desde la parte superior de la polea no sobresalga más de 13 mm después alinearemos todos los rodillos de retirada entre la polea de cabeza y el sistema, los rodillos del equipo y al menos dos rodillos de aproximación.

### **2.5.2 Polea de cola**

Por lo general, el espacio reservado para el avance suprime cualquier efecto que la polea de cola pueda tener sobre la báscula. Podría ser un problema si dicha polea es de tipo auto-limpiante con tiras o paletas de batido, también llamada polea de palas. La acción de batido de esta polea puede producir oscilaciones que se transmitirán a la báscula a través de la banda transportadora. Evitemos en lo posible el uso de poleas de palas. Por factores de diseño y de un mejor desempeño del equipo se deben utilizar poleas de acero de cara rígida soldada.

### **2.6. Vibraciones**

En un principio el equipo de pesaje continuo para una banda transportadora es un dispositivo sensible y deberá aislarse de cualquier equipo que pueda incluir vibraciones nocivas o perturbadoras. Se debería evitar el uso de trituradoras, equipos dosificadores por vibración, silos con sistemas de golpeteo y molinos de martillo. El material que abandona la zona del punto de alimentación y las placas guía asociadas producen vibraciones, por lo que será necesaria una distancia para que la banda se asiente.

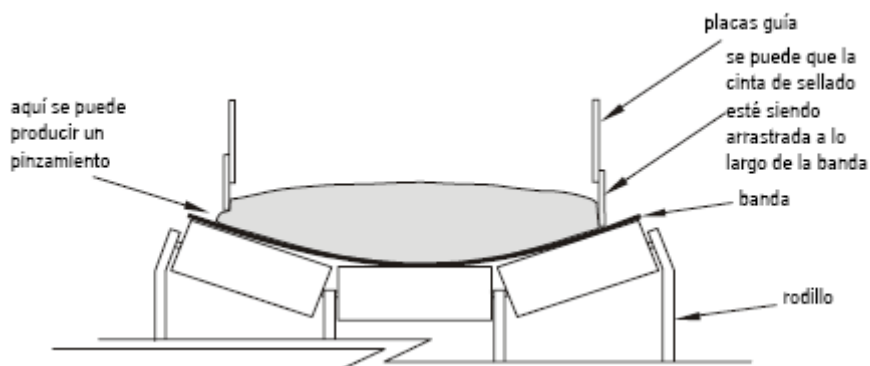


## 2.7. Transportes cubiertos

Es necesario que el transportador esté cubierto si la báscula se va a instalar a la intemperie y debemos asegurarnos de que la cubierta no interfiere en el funcionamiento del equipo. Instalaremos protecciones adicionales para contrarrestar efectos atmosféricos adversos (como el viento). La cantidad de protección dependerá de la región, aunque las dimensiones típicas suelen ser de 9 m antes y después del centro del sistema, y 1 a 1.2 m por encima y por debajo de la banda transportadora.

En algunas aplicaciones es necesario colocar placas guía de avance y cintas de sellado a todo lo largo del transportador. La fuerza que ejercen las cintas de sellado sobre la banda transportadora e indirectamente sobre los rodillos, pueden afectar negativamente la exactitud de pesaje, especialmente cuando se produce que la placa guía no asienta o es arrastrada. En estas circunstancias es difícil conseguir una puesta a cero y una calibración exacta.

**Figura 9. Efectos de las placas guías.**



Fuente: página web. [http:// www.sea.siemens.com/](http://www.sea.siemens.com/) – Portal Comercial de la Empresa Siemens



### 3. INSTALACIÓN Y CALIBRACIÓN DEL EQUIPO

#### 3.1. Ubicación del equipo

La tensión de la banda varía en función del tonelaje del material, la velocidad de la banda, la longitud de la banda transportadora y la altura hasta la que hay que levantar el material. Cuánto mayores sean estos valores, mayores serán la tensión y el efecto resultante sobre las celdas de pesaje. Instalaremos el equipo cerca de la sección de cola, donde la tensión y las diferencias de tensión entre la ausencia de carga y la carga completa sean mínimas.

Tratemos de no pesar el material antes de que se asiente por completo. La colocación del equipo depende asimismo de la velocidad de la banda transportadora y de las características del material. Como mínimo a un rodillo del punto donde termina la turbulencia que provoca el material que abandona la zona de alimentación. Para efectos de brindar una mejor información para la instalación de nuestros equipos algunos fabricantes nos recomiendan instalarlo dentro del rango de 2 a 5 segundos después de que el material haya abandonado la compuerta de control.

**Tabla I. Ubicación del equipo a razón de la velocidad**

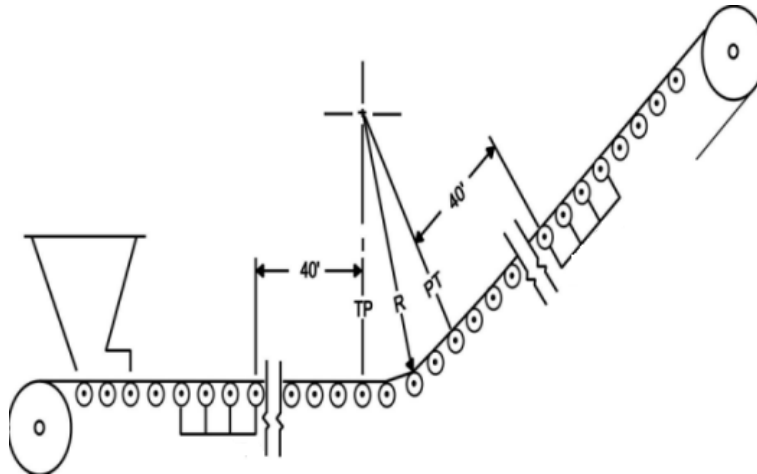
Velocidad de la banda Transportadora	Distancia
Hasta 1.5 m/s	2 m
Entre 1.5 m/s y 2.5 m/s	3 m
Entre 2.5 m/s y 4 m/s	4m

### 3.1.1. Transportadores curvos

Un transportador en el que se hayan diseñado curvas verticales puede tener problemas con el equipo. Las curvas cóncavas y las convexas entorpecerán la alineación de los rodillos si el equipo se instala en la zona de la curva. La curvatura cóncava es más difícil de manejar, dado que puede levantar de los rodillos una cinta vacía en la zona de la curva, impidiendo un buen vaciado de la banda para la puesta a cero del equipo en la calibración por medio del integrador.

En un transportador cóncavo la distancia mínima para instalar el equipo antes y después de la tangente de la curva es de 12 metros para obtener una mayor precisión.

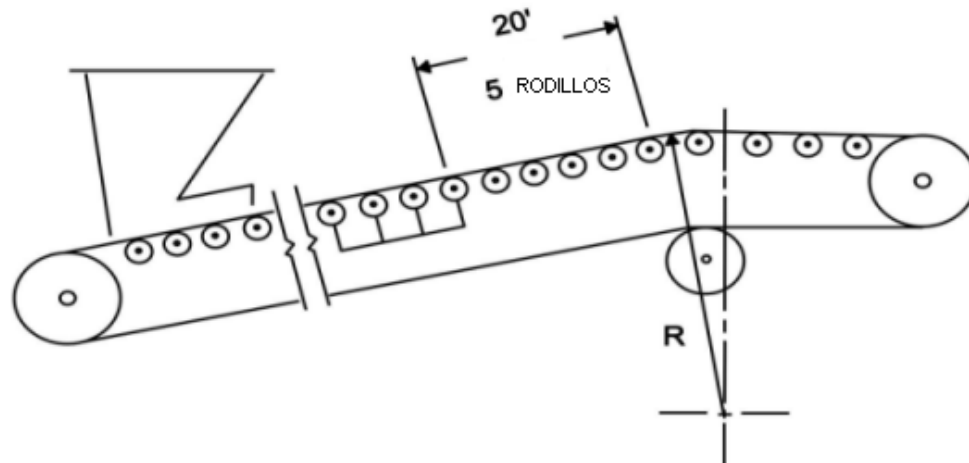
Figura 10. Transportador cóncavo.



Fuente: página web. <http://www.rmt.ca/> – Portal Comercial de la Empresa *RMT equipment*.

En un transportador convexo la distancia mínima para instalar el equipo antes de la tangente de la curva es de 6 metros y la mínima después de la misma es de 12 metros.

**Figura 11. Transportador convexo.**



Fuente: página web. <http://www.rmt.ca/> – Portal Comercial de la Empresa *RMT equipment*.

En el diseño de los transportadores curvos encontramos instalados por lo regular rasquetas, transportes verticales y carros transportadores. No se recomienda el uso de rasquetas, ni ningún otro transportador o dispositivo de control de material que cambie el perfil de la banda transportadora en o cerca de la zona en la que esté el equipo. Estos dispositivos perjudican la alineación de los rodillos pueden provocar arrastres de la banda que las celdas de carga podrían detectar como una fuerza del material o como carga. No instalaremos el equipo a menos de 9 m de rasquetas o dispositivos similares que puedan cambiar el perfil del material o la banda. Para que el equipo de la banda trabaje con exactitud no se considera apropiada una instalación con transportadores que no tengan una estructura permanente o cuya inclinación, elevación o perfil varíe. Un transportador con carros repartidores no es tan habitual como los transportadores con curvaturas fijas, pero pueden tener el mismo efecto en los equipos. Un carro repartidor puede provocar variaciones en la tensión de la banda, levantándola en la zona del rodillo de suspensión si este no está colocado en la posición óptima. La distancia recomendada para un carro repartidor es la misma que la recomendada en los transportadores curvos.

### 3.2. Procedimientos de instalación

Retiramos el rodillo del transportador que se encuentra en la posición en que se desea hacer la instalación. Luego retiramos la placa del pie del rodillo y modificamos el bastidor en ambos lados del rodillo. Ocasionalmente el efecto combinado de la modificación del rodillo y la colocación del equipo en la posición de montaje interior puede ocasionar vibraciones anormales del rodillo. Cuando esto ocurra, para reforzarlo, deben soldarse o atornillarse placas a escuadra al rodillo en las uniones del canal horizontal y el miembro vertical exterior.

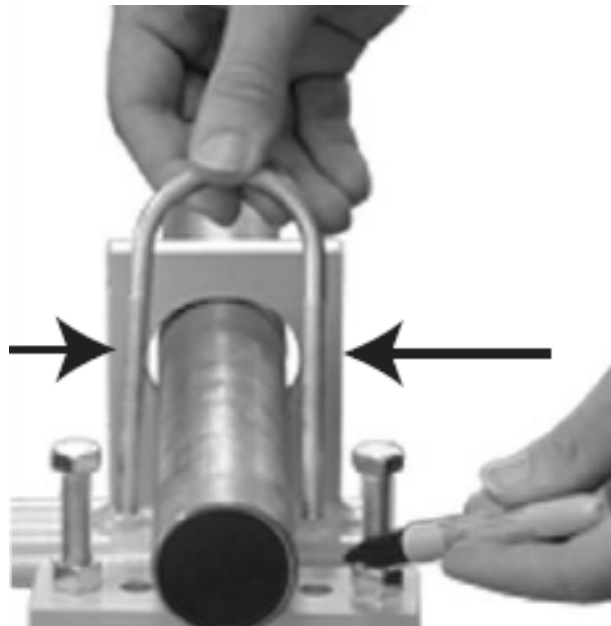
**Figura 12. Instalación rodillo.**



Fuente: página web. <http://www.beltwayscales.com/> – Portal Comercial de la Empresa *Belt Way Scales*.

Coloquemos el equipo en el lugar del rodillo que ha sido retirado. La estructura estática está diseñada para usar los agujeros que existen en la viga, por lo que no se requiere que se taladren nuevos agujeros. Instalemos los tornillos de montaje y las tuercas, pero no las apriete. Retiremos las presillas del rodillo del equipo. Debemos estar concientes que según las dimensiones de nuestro transportador, esas serán las dimensiones de nuestro equipo de pesaje continuo. Colocamos el equipo de manera que quede en el centro y a escuadra con la viga. Montemos el rodillo que ha sido modificado de forma que esté centrado en el equipo utilizando las presillas del rodillo. Apretemos todos los elementos de montaje. Coloquemos el la estructura estática de manera que la señal de instalación en el soporte de montaje de la báscula apunte a la dirección en que se mueve la banda. Asegurémonos que existe suficiente separación entre la banda de retorno, el equipo y su peso de prueba.

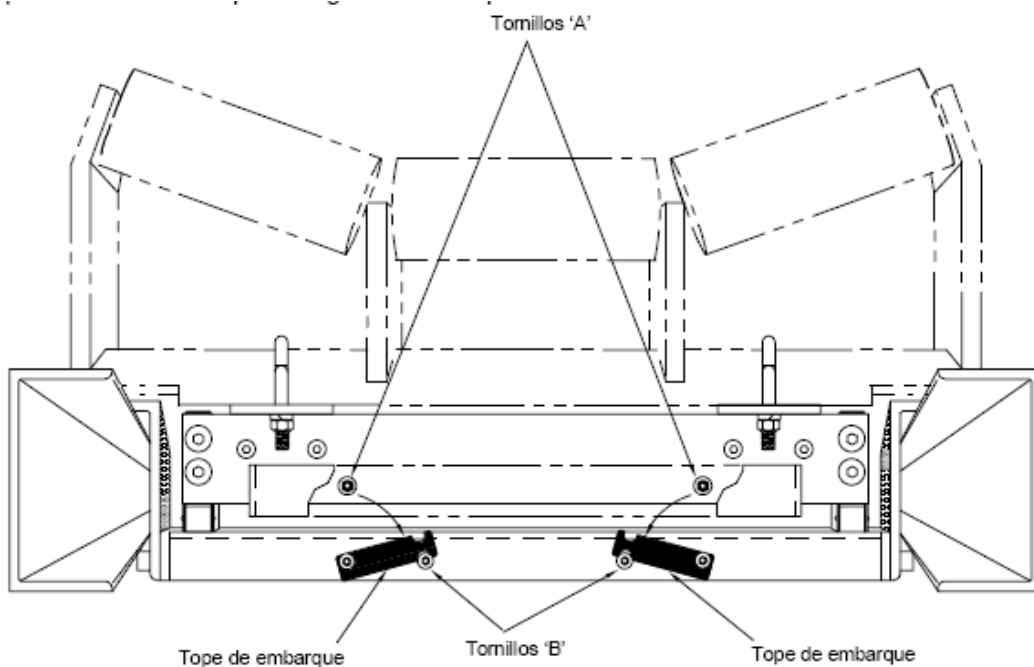
**Figura 13. Instalación presillas en rodillo.**



Fuente: página web. <http://www.beltwayscales.com/> – Portal Comercial de la Empresa  
*Belt Way Scales.*

Soltemos los topes de embarque para liberar el mecanismo de pesaje. Afloje los tornillos 'A' y gire ambos topes de embarque hacia adentro, hasta que las ranuras inferiores se deslicen alrededor de los tornillos 'B'. Apriete los tornillos 'A' para asegurarlos en su posición.

**Figura 14. Tornillos y topes de embarque.**



Fuente: página web. [http:// www.sea.siemens.com/](http://www.sea.siemens.com/) – Portal Comercial de la Empresa Siemens

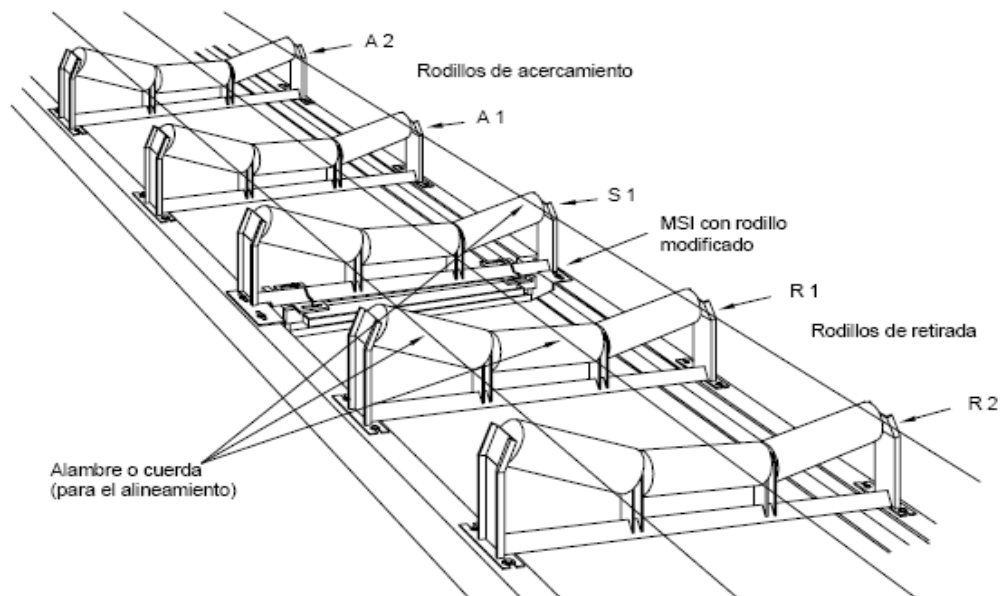
Los rodillos en el área de pesaje deben ser adecuadamente alineados y nivelados ajustando con láminas los rodillos del equipo, los dos de aproximación y los dos de retirada, hasta que se encuentren dentro de 0.8 mm uno del otro. Asegurémonos que los rodillos estén centrados y a escuadra con el transportador durante el proceso de ajuste. Para obtener la máxima precisión del sistema de pesaje es muy importante la alineación precisa de los rodillos.



Los rodillos mal alineados ocasionarán la aplicación de fuerzas indeseadas a cada rodillo en el área de pesaje, causando errores de calibración y de medición. Utilicemos un alambre de buena calidad o una cuerda para comprobar el alineamiento. El alambre o la cuerda debe ser capaz de resistir suficiente tensión para eliminar cualquier comba.

Ajustemos las láminas metálicas hasta que todos los cilindros desde el rodillo A2 hasta el R2 estén en línea dentro de  $\pm 0.8$  mm. Aunque la tolerancia aceptada para el alineamiento de los rodillos es de  $\pm 0.8$  mm, el rodillo en que está montada el equipo nunca debe quedar por debajo de los rodillos adyacentes. El establecer un buen alineamiento de los rodillos es la parte más importante del procedimiento de instalación. La precisión del sistema de pesaje es directamente afectada por el alineamiento. En esto debemos poner mucha atención.

**Figura 15. Sistema MSI instalado y precalibrado.**



Fuente: página web. [http:// www.sea.siemens.com/](http://www.sea.siemens.com/) – Portal Comercial de la Empresa Siemens

### **3.4 Procedimientos de calibración**

Después que el equipo ha sido instalado adecuadamente, debemos realizarse la calibración del sistema de pesaje conjuntamente con el integrador. Inicialmente el integrador necesita programarse con información general para una puesta en marcha general.

Los pasos generales de programación son los siguientes y podrían variar según las especificaciones de cada fabricante:

- Seleccionar el idioma a utilizar en el integrador.
- El peso, según la carga de prueba del fabricante.
- La cantidad de celdas de carga del sistema.
- El sistema de medición que uno requiere.
- Fecha y código de fabricación.
- Fecha y hora de instalación.
- Flujo de material brindado por el fabricante como referencia.
- La velocidad brindada por el fabricante como referencia.
- Una constante de aceleración.
- La longitud de la banda.
- Distancia entre rodillos.

Al utilizar este equipo de banda con dos o cuatro celdas de carga efectuamos el balanceo electrónico de las celdas antes de la programación y calibración inicial, o después de haber reinstalado o substituido una o ambas celdas de carga. El preciso y adecuado balanceo de las celdas de carga es imprescindible para obtener el máximo rendimiento del sistema en la banda.

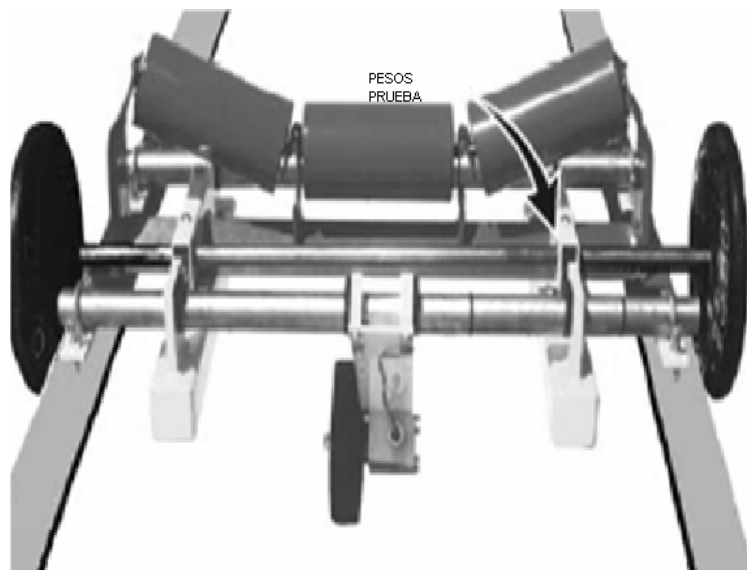
### 3.4.1 Procedimiento de carga de prueba

El valor de la carga de prueba para el equipo está indicado en la hoja de datos que adjunta el fabricante. Este valor debe ser ingresado en el parámetro del integrador, en el sistema de medición que más convenga o se seleccione. Si la distancia real entre los rodillos es diferente de la registrada en la hoja de datos de diseño, la carga de prueba debe ser calculada de nuevo como se indica a continuación. El dejar de realizarlo ocasionará que el valor de la carga de prueba de diseño sea erróneo.

$$\text{Carga de prueba} = \frac{\text{Peso total de todos los pesos de prueba}}{\text{Distancia entre rodillos}}$$

Las cargas de prueba que se utilizan en el procedimiento de calibración consisten de un juego de pesos de prueba que se suministran y que han sido clasificados por el fabricante. Los pesos de prueba deben colocarse sobre la barra de peso de prueba. La ubicación de nuestro equipo idealmente es a la mitad de la distancia entre los rodillos de nuestro espacio de medición con un mínimo 0.6 m.

**Figura 16. Instalación de los pesos prueba.**



Fuente: página web. <http://www.thayes-inc.com/> – Portal Comercial de la Empresa *Thayes Internacional Co.*

Una vez efectuada la instalación y haber equilibrado las celdas de carga, el equipo esta listo para funcionar. Instalamos el sensor de velocidad según el procedimiento proporcionado anteriormente. Efectuamos las conexiones entre el sensor de velocidad, el juego de celdas y el integrador según el diagrama de interconexión del sistema.

Programamos el integrador con parámetros adecuados para la aplicación y/o los parámetros proporcionados en la hoja de datos del sistema. Una vez efectuada la programación, el sistema está listo para la calibración. Una vez completada la calibración del rango de medida, quitar el peso de prueba y guardarlo para efectuar la próxima calibración.

### **3.4.2 Procedimiento por material**

Se garantiza que el sistema tiene una exactitud de  $\pm 0.5\%$  cuando se instala en un transportador de acuerdo con las consideraciones proporcionadas en este trabajo o por las instrucciones brindadas en los manuales de instalación del fabricante y se reúnen las consideraciones indicadas. Esta garantía se basa en calibraciones efectuadas utilizando los pesos de prueba suministrados con el equipo y según se ha referido anteriormente.

Cuando las condiciones existentes son tales que la instalación del sistema no puede reunir los requisitos mencionados anteriormente para una instalación aprobada, se recomienda que se efectúen pruebas con el material. Esto permitirá al usuario comparar los actuales resultados del sistema con los resultados de la prueba con el material. De esta forma se ajusta o factoriza el mismo para que las subsiguientes calibraciones de la misma con los pesos de prueba coincidan con el transporte real del material.

Con la calibración del sistema de pesaje, comprobamos el equilibrado de las señales de las dos celdas de carga del equipo. Efectuamos esta operación durante la puesta en marcha inicial del sistema de pesaje. Debemos respetar este procedimiento en aplicaciones con cargas variables de producto en la banda. Repetiremos este procedimiento después de cambiar o volver a instalar una de las dos celdas de carga.

Si las pruebas con el material muestran una desviación efectuaremos un promedio manual del rango total. Este procedimiento permite modificar automáticamente la calibración del rango total y el valor del peso de prueba. Se obtienen así resultados más fiables con las calibraciones del rango total. Si el valor de reglaje del rango total permite obtener el nivel de precisión necesario para el sistema utilizado, el resultado obtenido después de la prueba es aceptable y positivo debemos hacer funcionar el sistema normalmente.

Hay dos métodos para efectuar el reglaje manual del rango total:

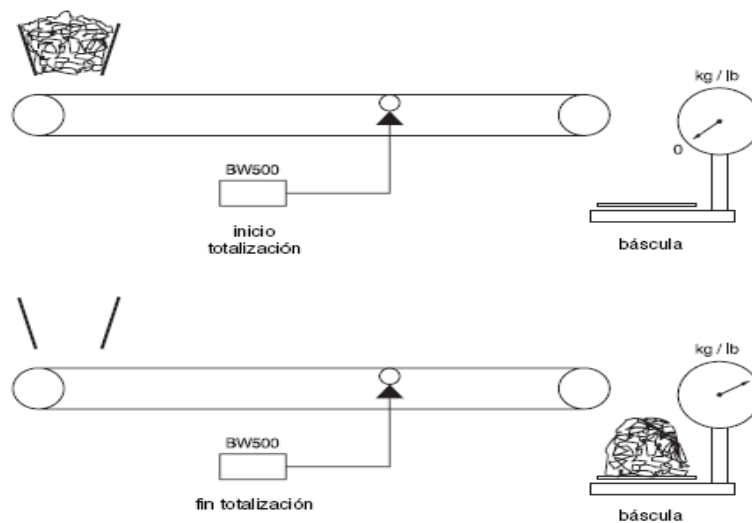
- a. **% Variación:** Corresponde a la diferencia entre el peso actual del material y el peso indicado por el integrador, calculado y programado en la función en % de variación. Hacemos funcionar la banda sin carga y realizamos un arranque del sistema, registramos la totalización del integrador. Carguemos después de esto nuestra banda con un 50% del flujo de referencia como mínimo durante 5 minutos, después de ello registremos y sustraemos entre ambos resultados para determinar la totalización.
  
- b. **Prueba con el material:** Se hace funcionar la banda sin carga y realizamos un arranque del sistema, registramos la totalización del integrador. Después cargaremos la banda con un 50%, 75% y 100% de su capacidad durante 5 minutos y registraremos esos datos, respectivamente.

Si el valor de reglaje del rango total no es aceptable, es posible volver a efectuar una prueba con el material para verificar la repetitividad. Si el resultado de la segunda prueba es muy diferente del resultado de la primera prueba debemos considerar en verificar la instalación del equipo y verificar el buen estado del transportador.

$$\% \text{ reglaje del rango total} = \frac{\text{Valor del integrador} - \text{peso muestra}}{\text{Peso muestra del producto}} \times 100$$

Debemos seleccionar el método más adaptado para nuestra aplicación y transportador, en ambos casos se obtendrán los mismos resultados.

**Figura 17. Prueba con material.**



Fuente: página web. [http:// www.sea.siemens.com/](http://www.sea.siemens.com/) – Portal Comercial de la Empresa Siemens

### 3.4.3 Procedimiento calibración cero

Este método de calibración es el más rápido de hacer y todo el proceso es por medio del controlador. Cada fabricante tendrá especificaciones diferentes en este procedimiento por el tipo de integrador y comunicación que se utilicen, pero el mismo tiene los siguientes pasos generales:

- Limpiamos la banda.
- Verificamos que se cumpla con los distintos requerimientos de instalación mecánica.

- Hacer funcionar el transportador durante algunos minutos para preparar la banda y eliminar los residuos del producto.
- Ingresamos el valor actual de cero.
- El integrador verificara con los datos de programación ingresados, la desviación calculada en % del rango total.
- El integrador nos indicara si es aceptable o no la calibración cero, de no ser aceptable debemos repetir nuevamente el procedimiento.

Si existiera un error en el sistema mecánico, utilizamos la función cero con precaución y únicamente después de verificar las instalaciones mecánicas completas. Identificamos y corregimos la causa del error de desviación, volvemos a efectuar una calibración de cero. Si la desviación obtenida corresponde a los requisitos del sistema para activar una calibración del cero. Las desviaciones futuras se basarán en ésta calibración de cero.

La duración de la calibración cero corresponde a una o varias revoluciones de la banda. Al no respetar las condiciones durante este período, se desactiva el cero automático y la unidad vuelve a la visualización en modo de arranque. Al obtener resultados satisfactorios se vuelve a efectuar una calibración cero después de una revolución de la banda. Se acepta el cero automático si es obtiene una desviación del cero inferior a 2% del último cero programado por el instalador. Si la desviación es superior a 2%, se visualiza un mensaje de error. El mensaje de error desaparece después de cinco segundos, pero el relé se pone en estado de alarma hasta que se obtengan resultados satisfactorios con la calibración cero. Al reactivarse la alimentación de material en la banda durante la función de cero, se mantiene la función de totalización.

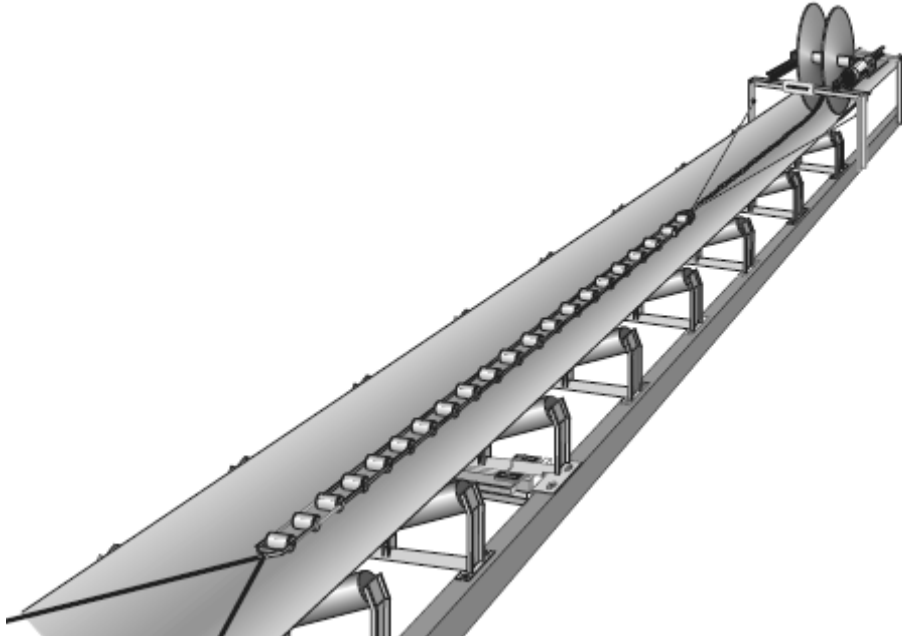


#### **3.4.4 Procedimiento calibración por medio de cadenas**

Construido para simular condiciones de carga de material, es utilizado para comprobar la instalación y alineación en las bandas transportadoras, además de calibrar la capacidad de monitoreo del controlador o integrador. Este es el procedimiento que nos brinda una mejor calibración y por motivos de presupuesto en la industria guatemalteca es el que menos se utiliza.

Consiste de una serie de cilindros de hierro fundido o acero rolado unidos por medio de eslabones y construido para ubicarlos sobre la banda y se adaptan al movimiento del transportador. Los cilindros y eslabones de la cadena proveen un valor de carga conocida el cual será nuestra referencia de calibración.

**Figura 18. Prueba de cadenas.**



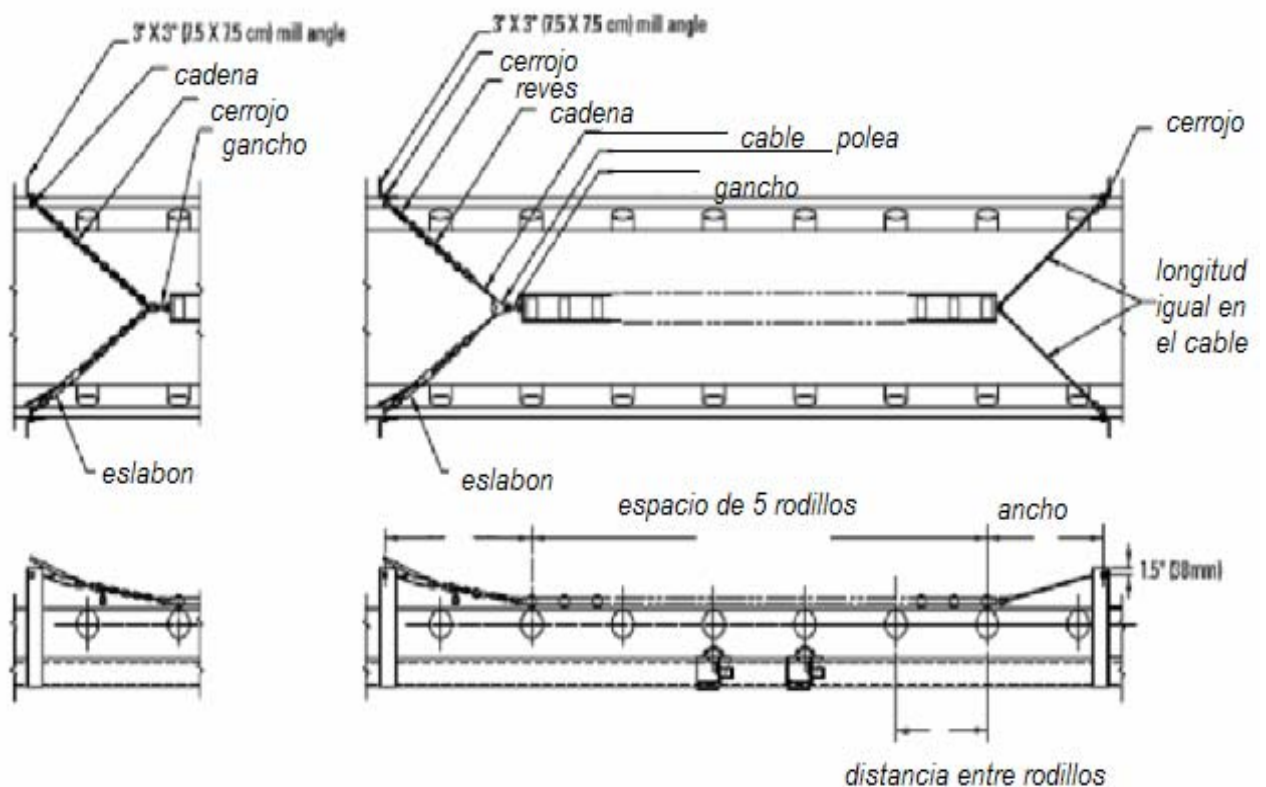
Fuente: página web. [http:// www.mti-weigh.com/](http://www.mti-weigh.com/) – Portal Comercial de la Empresa *MTI Weight Corporation*.

La cadena se compone de uno o dos hileras de rodillos con una distancia entre 10 a 15 centímetros entre cilindros, provistos de bujes de bronce impregnados en aceite. Los eslabones y accesorios están hechos de acero rolado en frío C1018 ó C1020. Los cilindros son manufacturados en acero rolado en caliente. Toda la cadena esta bañada en un inhibidor de moho y según la aplicación y sea necesario se puede niquelar toda la cadena.

La posición de la cadena es crítica para la exactitud de la calibración, los cilindros debemos montarlos y centrarlos sobre la banda, en forma proporcional entre la distancia de los rodillos. Debemos asegurarnos de extender un mínimo de 2 cilindros antes y después del equipo de pesaje.

Los retenedores de la cadena deben estar centrados a lo ancho y largo de la banda. Tensándolos de ambos lados del transportador y formando una “V” de ángulos y dimensiones proporcionales. La estabilidad longitudinal es crítica para el uso y seguridad del sistema y el instalador.

**Figura 19. Alineación de cadenas.**

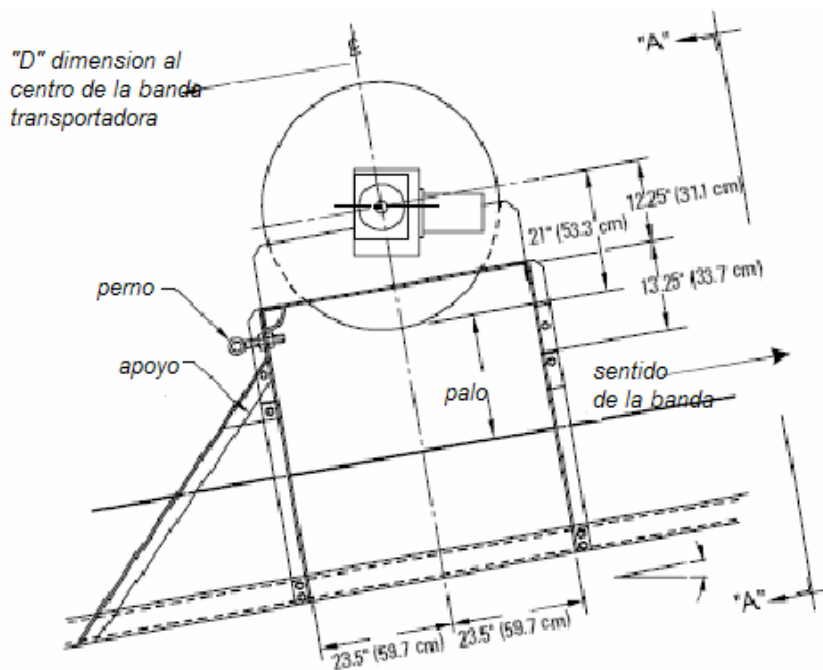


Fuente: página web. [http:// www.sea.siemens.com/](http://www.sea.siemens.com/) – Portal Comercial de la Empresa Siemens

Esta prueba no se realiza con material ya que puede provocar mayor deflexión y esto a su vez una mala calibración.

El carrete de la cadena se instala en un transportador inclinado en la parte superior del mismo. En el caso que se instale el equipo de pesaje continuo cerca de la polea de cabeza se debe ubicar el carrete como mínimo a la distancia de dos rodillos del sistema. En un transportador horizontal, el carrete debe estar centrado a lo ancho de la banda con una distancia de 4 a 5 rodillos del equipo de pesaje. Teniendo en cuenta que las bases de la estructura deben estar a 1.5 de la distancia entre rodillos del final del transportador.

Figura 20. Carrete.

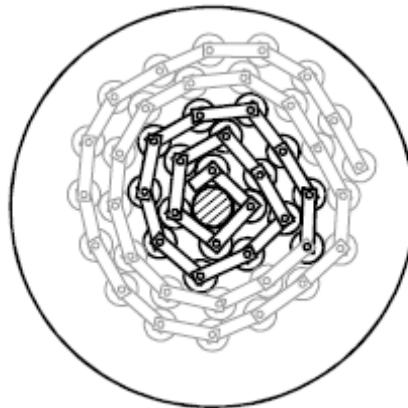


Fuente: página web. [http:// www.mti-weigh.com/](http://www.mti-weigh.com/) – Portal Comercial de la Empresa *MTI Weight Corporation*.

El tamaño del carrete se determina según sean las dimensiones del transportador, ya que el ancho de la banda puede variar generalmente entre los 46 y los 183 centímetros. Mientras que el diámetro de los discos del carrete se determina por los siguientes datos:

- Longitud de la cadena
- Diámetro y distancia entre los cilindros.
- El número de cilindros por vuelta del carrete.
- El grosor que se formara de cilindros y la cadena alrededor del tambor del carrete.
- El diámetro de varia de 0.30 m para una cadena corta y 1.24 m para una cadena larga.

**Figura 21. Disco y carrete.**



Fuente: página *web*. [http:// www.mti-weigh.com/](http://www.mti-weigh.com/) – Portal Comercial de la Empresa *MTI Weight Corporation*.

Los discos del carrete pueden variar sus dimensiones de 9.15, 1.07 y 1.22 metros con un espesor 6.5 mm, los discos se apoyan por tornillo a los soportes de la estructura y están unidos por soldadura al tambor del carrete que es un eje solidó rolado en frío que esta unido a un motor eléctrico.

El carrete de la pruebas de cadena utiliza un motor eléctrico que le transmite potencia para romper su propia inercia y el peso de la cadena. La potencia del motor varía según sea la aplicación, dependiendo de los factores de fuerza que se requieran y que tan frecuente sea el proceso de calibración y ajustes de calibración.

**Tabla II. Potencia de motor con respecto a la carga de la cadena.**

Peso de Cadena (Kg)	Potencia de Motor (HP)
Hasta 360	0.75
360 a 500	1
500 a 800	1.5
800 a 1,100	2
1,100 a 1,600	3
1,600 a 2,250	5

Para seleccionar la cadena y el carrete correctamente se debe tener en cuenta un rango de entre 50% y 80% de la carga máxima de diseño. Se deben tener los siguientes datos para su selección:

- Capacidad del equipo.
- Máxima carga estática ó carga máxima de diseño.
- Distancia entre rodillos.
- Cantidad de equipos instalados.
- Ancho de la banda.
- Velocidad de la banda.

El motor es un motor no ventilado y totalmente cerrado por las condiciones ambientales externas que pueden afectarlo. Funcionara con 230 o 460 Voltios, trifásico, 60 Hz, brindándonos un rango de RPM de 8 a 10 con una razón 180 a 200: 1.

Ejemplo:

Consideremos un sistema que pesa 1,500 TPH con una capacidad máxima de diseño de 166.67 Kg/m en carga estática, la distancia entre rodillos es de 1.5 m y un ancho de 1.4 m con una velocidad de banda de 2.5 m/s, el sistema se compone de solo un juego de celdas de carga con su rodillo de suspensión.

Consideremos para este ejemplo un 65% de la carga máxima de diseño.

$$166.67 \times 0.65 = 108.33 \text{ Kg/m}$$

La longitud de la cadena = (cantidad de equipos + 3) X distancia entre rodillos

$$1 + 3 \times 1.5 = 6 \text{ m}$$

Con esta información sabemos que nuestra cadena tendrá una longitud de 6 metros y un peso total de 650 Kg. Lo cual nos indica que necesitamos un motor de 1.5 HP para el carrete.

Dentro de las consideraciones de instalación del carrete debemos tener en cuenta la proximidad de una fuente de poder para el motor y que el diseño de la tubería y accesorios eléctricos no sean un inconveniente para el transportador, que cumplan con las medidas de seguridad para los instaladores y que proporcione facilidad de montaje y desmontaje según lo solicite el diseño.

La instalación mecánica requiere que tengamos del cuidado de verificar la estructura del transportador y la alineación de los rodillos según se ha descrito en los capítulos anteriores. Ubicaremos nuestro carrete según las consideraciones anteriores y dejaremos correr la cadena sobre la banda hasta cubrir el espacio de medición, tensaremos nuestra cadena por medio de los cinchos a los extremos del transportador alineándolos y centrándolos. Procederemos a calibrar nuestro equipo de pesaje por medio del integrador y una programación función cero para después calibrar repetidas veces por medio del peso conocido de las cadenas y eliminar problemas que nos den algún error.

Para el mantenimiento del equipo de prueba por medio de cadenas es necesario tener claro que es un equipo que debe optar por estar en bodega y se debe montar y desmontar ante cualquier ajuste del sistema y necesite una recalibración. Debemos tener en cuenta revisar las partes móviles de la cadena como lo son los cilindros y sus eslabones.



## 4. MANTENIMIENTO DEL EQUIPO

Debido a su diseño simplificado y a la ausencia de partes móviles, el equipo de pesaje continuo por sí mismo no requiere un mantenimiento activo. El rodillo de suspensión del puente debe mantenerse limpio. La Acumulación de material entre la estructura fija de apoyo (estática) y la estructura activa (dinámica) así como también alrededor de cada celda de carga puede afectar la precisión del sistema. Debemos comprobar cada cierto periodo de tiempo el alineamiento de las vigas y de los rodillos en el área de pesaje.

Por otro lado, el transportador requiere más observación y cuidado, ya que ahora este forma parte del sistema total de pesaje. Cuando en el transportador surge un problema, es posible que el equipo sea afectado. Por ello, para la operación apropiada del sistema, es importante un mantenimiento periódico del transportador, el cual debe incluir:

- Lubricación de todas las poleas y rodillos.
- Apropiado arrastre y guía de la banda.
- Apropiada limpieza y raspado de la banda.
- Apropiada operación de ajuste.
- Apropiada alimentación del material y control del derrame.

Precauciones en el mantenimiento:

- Cuando se esté soldando cerca del sistema no permita que la corriente pase a través de las celdas de carga.

- Reajuste los topes de embarque para reducir los impactos físicos a las celdas de carga durante el mantenimiento.
- Recalibre el equipo después del mantenimiento y antes de usarla.

Las celdas de carga son elementos electro-mecánicos sensibles. Es imprescindible manipular las celdas con mucho cuidado, pues sólo pueden tolerar un desplazamiento negativo y muy pequeño sin resultar dañadas. Levantamos el equipo por los módulos únicamente, no levantamos el equipo por el rodillo o las escuadras de montaje del rodillo. No debemos martillar al tratar de colocar el equipo en su lugar.

Cualquier acumulación de material (polvo o granulado) en el equipo puede modificar el nivel de precisión del sistema. Verificamos el sistema quitando cualquier acumulación de material en el mecanismo, para garantizar el óptimo funcionamiento de las celdas de carga.

Cualquier modificación que se haga en el transportador o en los equipos afines podría tener un importante defecto en el funcionamiento y en la precisión del sistema.

Mantengamos la banda transportadora y el equipo afín lo más limpio posible, de manera que el sistema pese el material que se desee y no también el material que se va pegando a la banda. Para eliminar los materiales que se adhieran a la banda y al transportador utilice equipos de limpieza de buena calidad, tales como raederas de banda, cepillos rotatorios, limpiadores por vibración, agitadores y rasquetas. Si bien las celdas de carga se pueden recalibrar de manera frecuente y automática cuando no hay carga (calibración cero), no es una buena práctica que se acumule el material en la banda.

Una buena limpieza general es siempre importante. Los derrames de materiales suponen pérdidas de producción y pueden tener efectos adversos si se meten entre las piezas móviles evitando la adecuada deflexión del equipo. Además, las acumulaciones de material afectan la puesta a cero del sistema. No sobrecarguemos el transportador. Por precaución instalemos deflectores que impidan que los derrames lleguen a las celdas de carga.



## CONCLUSIONES

1. Mediante el presente informe, se documentó el proceso de montaje de equipos de pesaje continuo en bandas transportadoras en la industria minera, en el área de agregados.
2. El montaje del equipo de pesaje continuo consta de las etapas de preparación de la banda transportadora, inspección y preparación del equipo, anclaje del sensor, instalación de controlador, conexiones eléctricas, arranque del equipo y revisión y pruebas.
3. Las partes que componen el equipo de pesaje continuo, las dimensiones y la velocidad de la banda, nos permitirán seleccionar mejor nuestro equipo en búsqueda de una mayor exactitud que nos permita mejorar nuestras líneas de producción.
4. Es un equipo libre de mantenimiento que necesita la supervisión del encargado de esta área, o de la planta sobre las partes móviles del mismo, como son los cojinetes.



## RECOMENDACIONES

1. Durante la instalación del equipo, desconecte todos los cables eléctricos del juego de celdas de carga, para evitar que un mal contacto dañe este equipo.
2. Durante la instalación del equipo, utilice el equipo mínimo de seguridad como guantes, botas de seguridad y casco. Los lugares de instalación suelen representar ciertos riesgos para el instalador.
3. Supervise eventualmente la instalación de la banda transportadora y del equipo, para que no haya aglomeraciones de material que alteren los resultados deseados.





## BIBLIOGRAFÍA

1. Equipos de pesaje continuo  
<http://www.dinamicaindustrial.com/productos>  
Agosto de 2006.
2. Guía de sistemas de pesaje dinámico  
[http://pia.khe.siemens.com/efiles/weighing/brochures/weighing\\_feeding\\_sp.pdf](http://pia.khe.siemens.com/efiles/weighing/brochures/weighing_feeding_sp.pdf)  
Agosto de 2006.
3. Equipos de pesaje dinámico  
<http://www.vansolix.com/soluciones/planta-pesaje.htm>  
Agosto de 2006.
4. Tecnología de pesaje  
[http://www.hbm.es/productos/sevrlf/asp/sfs/tiem.1/mm.3,24,-1/spe/weighingtechnologies\\_portal.htm](http://www.hbm.es/productos/sevrlf/asp/sfs/tiem.1/mm.3,24,-1/spe/weighingtechnologies_portal.htm)  
Agosto de 2006.
5. Sistema de pesaje en línea  
<http://www.cedex.es/cec/document/pesdim.htm>  
Agosto de 2006.
6. Pesaje continuo  
<http://www.vidmar.es/dosificacion/dosificacionypesaje.htm>  
Septiembre de 2006.

7. Integrador de pesaje

[http://www.aeec.com/conveyor/Beltscale/Integrator\\_1000.aspx](http://www.aeec.com/conveyor/Beltscale/Integrator_1000.aspx)

Septiembre de 2006.

8. Sistemas de pesaje y básculas de pesaje continuo

<http://www.ipñc.com.mx/dpi->

[sist%20pesaje%20proceso%20flujo%20continuo.htm](http://www.ipñc.com.mx/dpi-sist%20pesaje%20proceso%20flujo%20continuo.htm)

Septiembre de 2006.

9. Belt scale conveyor

<http://schenkamericas.com/beltscaleconveyor.htm>

Octubre de 2006.

10. Belt scale conveyor

[http://www.rmt.ca/en/p\\_scitronics\\_beltscale.html](http://www.rmt.ca/en/p_scitronics_beltscale.html)

Octubre de 2006.

11. Belt scale conveyor

<http://www.beltwayscales.com/pdf/article.pdf>

Octubre de 2006.

12. Load Cell

<http://www.sensotec.com/loadcell.asp>

Noviembre de 2006.

## **ANEXOS**