



Universidad
Politécnica
de Cartagena

3^{er} Curso – GIRME - INGENIERÍA MINERA

UNIDAD II. TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO



TEMA 6:
TRANSPORTE MINERAL A GRANEL
CINTAS TRANSPORTADORAS



6

CINTAS TRANSPORTADORAS INDICE

1. Introducción
2. Tipos de cintas
3. Elementos principales
4. Propiedades del material
5. Inclinação de la cinta
6. Velocidad de transporte
7. Anchura de banda
8. Capacidad de transporte
9. Cálculo de la potencia de accionamiento
10. Cálculo de las tensiones en la banda
11. Otros tipos de cintas
12. Cálculos de cintas transportadoras con programas de ordenador
13. Referencias de consulta





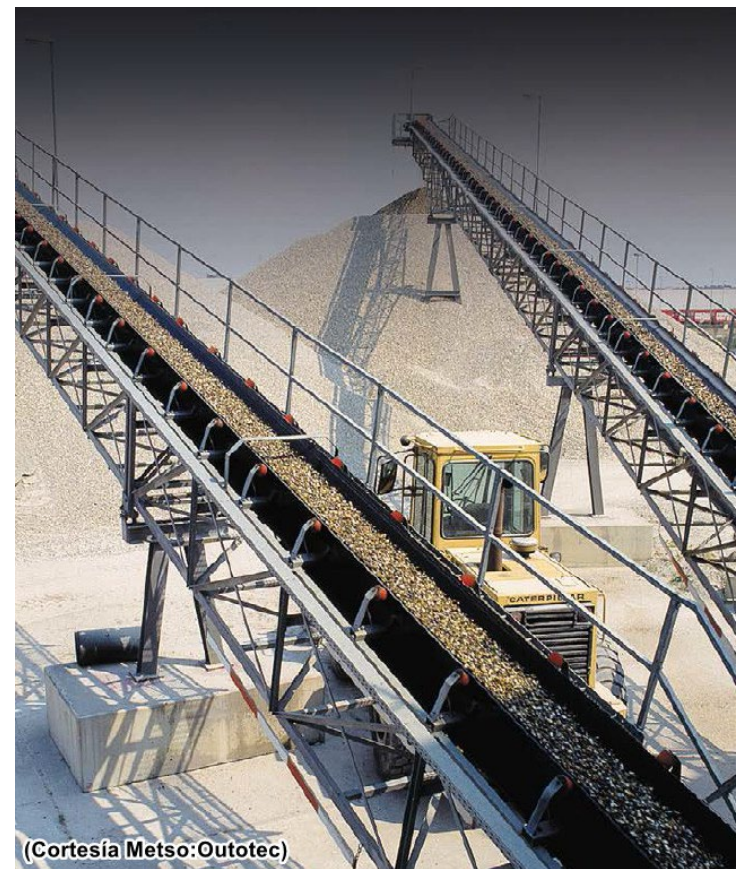
1. Introducción

La importancia de las cintas transportadoras es, en lo que respecta al transporte mineral a granel, idéntica al bombeo de pulpas minerales.

Permite conectar unas unidades de proceso con otras cuando el mineral se encuentra a granel.

La popularidad de su empleo comenzó a crecer cuando se introdujo el empleo del motor eléctrico para el accionamiento de la cinta.

Su implantación en la grandes explotaciones metálicas ha venido a reducir los importantes costes de transporte por volquete.





1. Introducción

Principales ventajas:

1. Bajos costes de operación y mantenimiento.
2. Accionamiento eléctrico, 20 – 600 kW (con picos 1500 kW).
3. Mejor eficiencia energética.
4. Altas capacidades de transporte.
5. Sistema poco afectado por la climatología.
6. Facilidad de automatización y control de las operaciones.
7. Rango amplio de capacidad (300 – 23000 t/h).

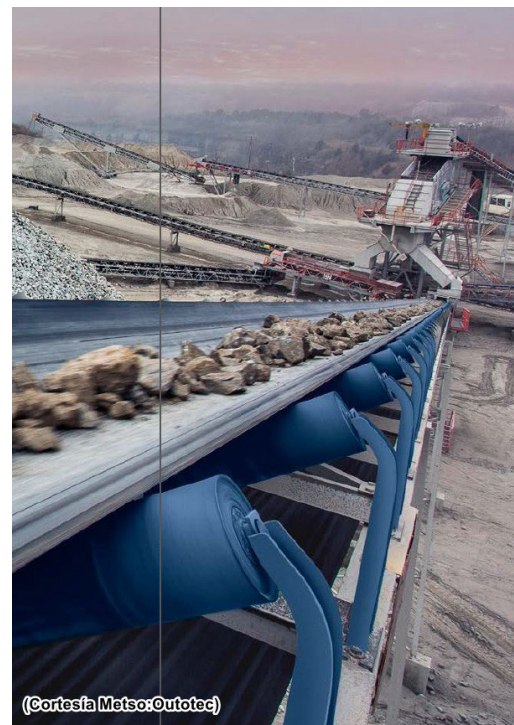




1. Introducción

Principales inconvenientes:

1. Fuertes inversiones iniciales.
2. Poca versatilidad para adaptarse a los cambios de producción.
3. Baja disponibilidad en el caso de muchas unidades en serie.
4. Poco adecuadas en trazados en curva y fuertes pendientes (Es algo que ya se está mejorando).
5. Fuerte correlación entre la granulometría y la anchura de la banda.





2. Tipos de cintas

Se clasifican según su movilidad en:

1. Cintas fijas o estacionarias. Es el grupo más extendido.
2. Cintas ripables o semimóviles. Permiten desplazamientos frecuentes mediante equipos auxiliares.
3. Cintas móviles. Estas cintas disponen de una estructura semirrígida, constituida por módulos de 20-40 m de longitud (montadas sobre transportadores de ruedas u orugas)





2. Tipos de cintas

Se clasifican según su movilidad en:

1. Cintas fijas o estacionarias. Es el grupo más extendido.
2. Cintas ripables o semimóviles. Permiten desplazamientos frecuentes mediante equipos auxiliares.
3. Cintas móviles. Estas cintas disponen de una estructura semirrígida, constituida por módulos de 20-40 m de longitud (montadas sobre transportadores de ruedas u orugas)





2. Tipos de cintas

Se clasifican según su movilidad en:

1. Cintas fijas o estacionarias. Es el grupo más extendido.
2. Cintas ripables o semimóviles. Permiten desplazamientos frecuentes mediante equipos auxiliares.
3. Cintas móviles. Estas cintas disponen de una estructura semirrígida, constituida por módulos de 20-40 m de longitud (montadas sobre transportadores de ruedas u orugas)

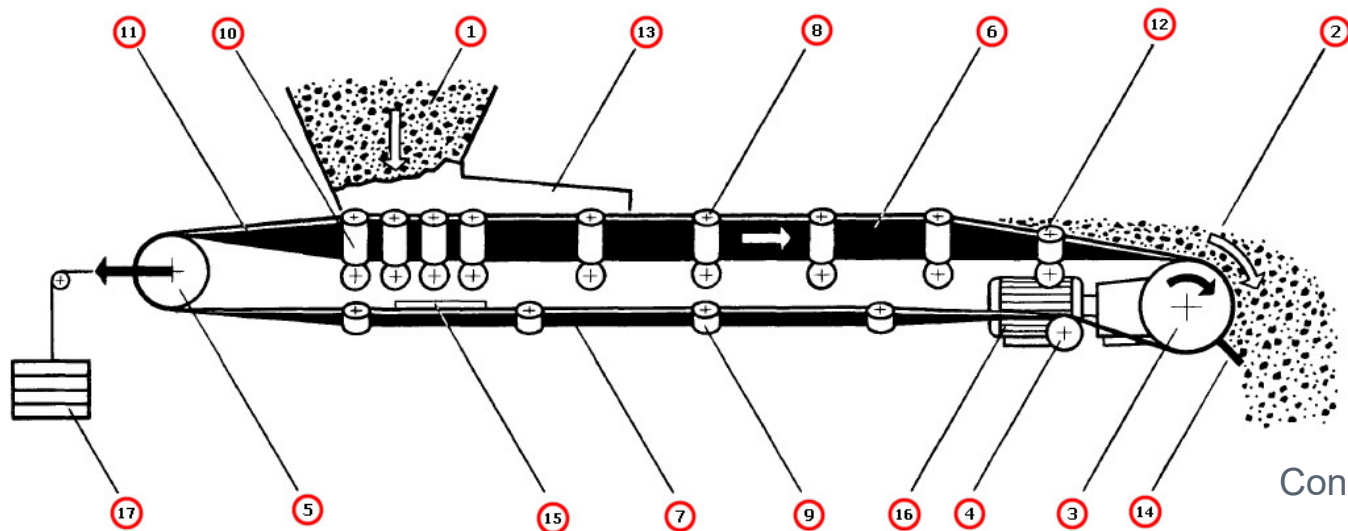




3. Elementos principales

1. Alimentación.
2. Descarga.
3. Tambor motriz de cabeza.
4. Tambor deflector o guía.
5. Tambor de cola con tensor.
6. Tramo de banda superior.
7. Tramo de retorno o banda inferior.
8. Rodillos del ramal superior.
9. Rodillos del ramal de retorno.
10. Rodillos de la zona de alimentación.
11. Zona de transición: plana-artesa.
12. Zona de transición: artesa-plana.
13. Tolva de alimentación.
14. Limpiador o rascador de la banda.
15. Limpiador o rascador de la banda.
16. Motor eléctrico.
17. Contrapeso.

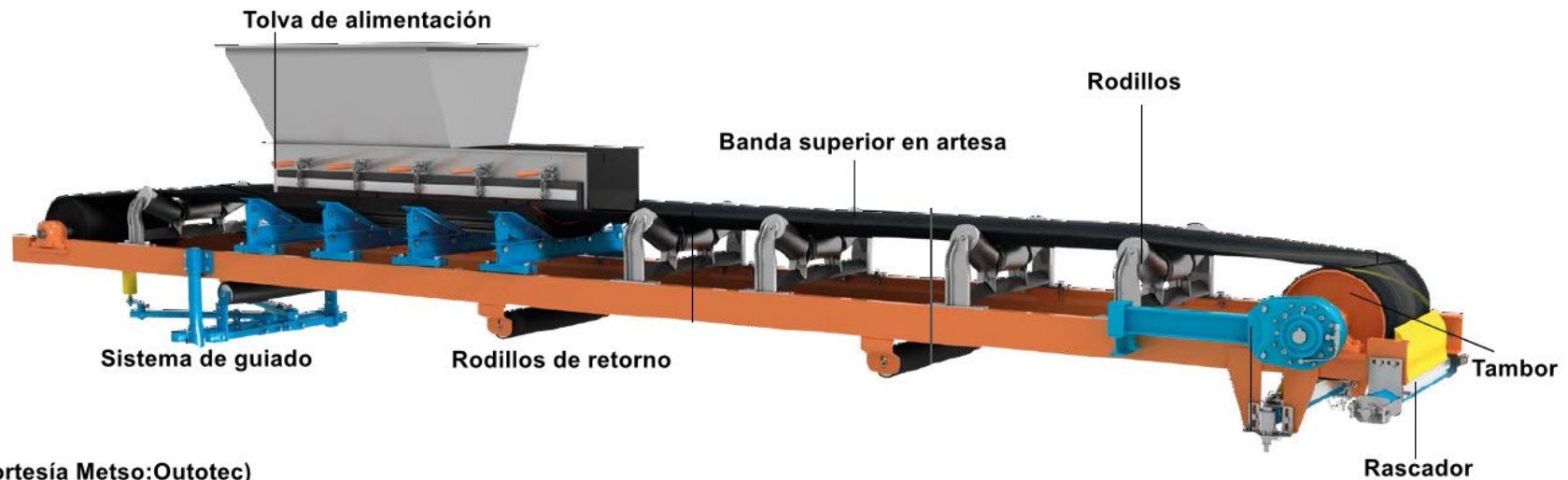
Principales elementos de una cinta transportadora





3. Elementos principales

1. Alimentación.
2. Descarga.
3. Tambor motriz de cabeza.
4. Tambor deflector o guía.
5. Tambor de cola con tensor.
6. Tramo de banda superior.
7. Tramo de retorno o banda inferior.
8. Rodillos del ramal superior.
9. Rodillos del ramal de retorno.
10. Rodillos de la zona de alimentación.
11. Zona de transición: plana-artesa.
12. Zona de transición: artesa-plana.
13. Tolva de alimentación.
14. Limpiador o rascador de la banda.
15. Limpiador o rascador de la banda.
16. Motor eléctrico.
17. Contrapeso.



(Cortesía Metso:Outotec)



3. Elementos principales

Bastidores:

Los bastidores son las estructuras metálicas que constituyen el soporte de la banda transportadora.

Los componen los rodillos superiores, inferiores y la propia estructura soporte.

Pueden ser rígidos o flexibles.





3. Elementos principales

Bastidores:

Los bastidores son las estructuras metálicas que constituyen el soporte de la banda transportadora.

Los componen los rodillos superiores, inferiores y la propia estructura soporte.

Pueden ser rígidos o flexibles.



(Cortesía SKE Industries)



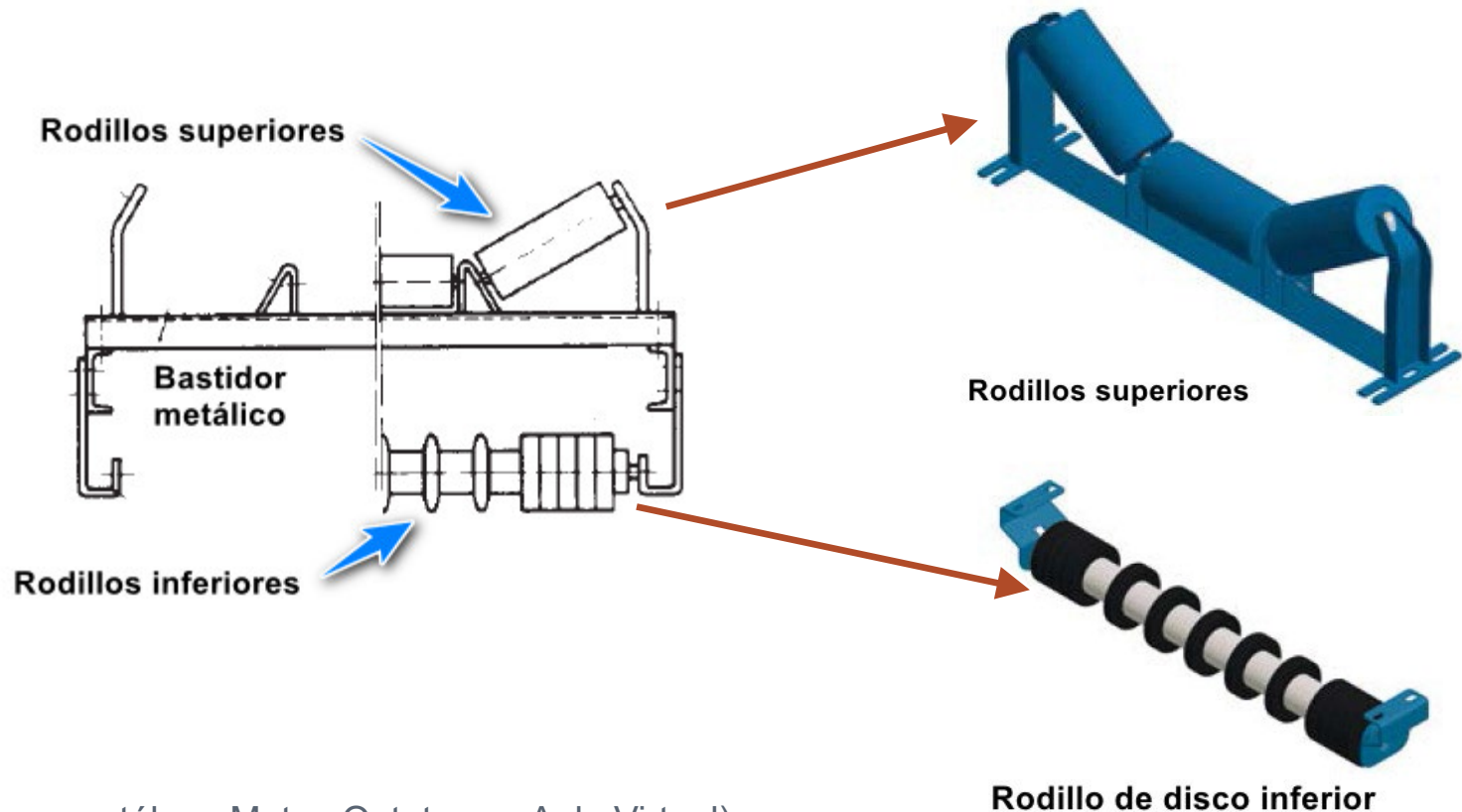
3. Elementos principales

Rodillos:

Son elementos importantes de la instalación.

Los rodillos superiores dan soporte a la banda imprimiéndole forma de artesa.

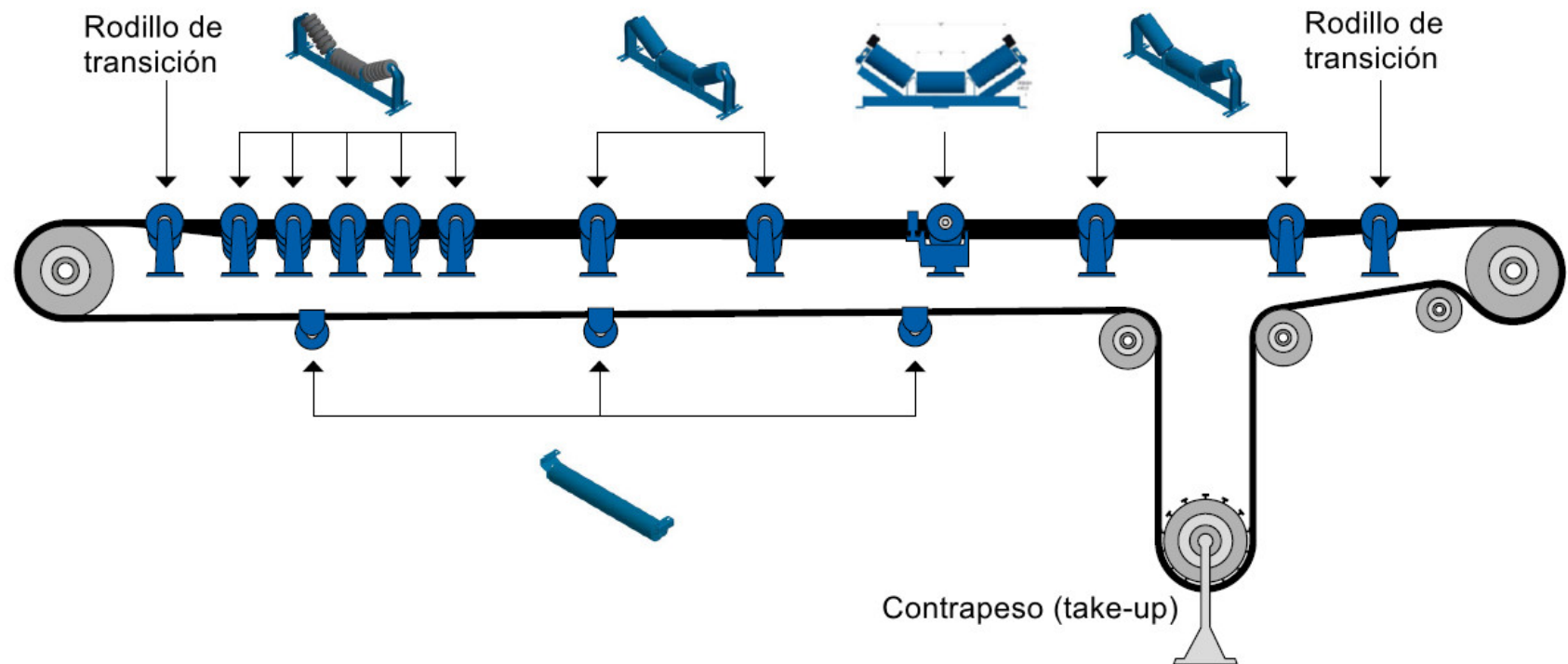
Los rodillos inferiores dan soporte a la banda en su retorno en vacío (separación entre 2.7 y 3 m).



(Nota: ver catálogo Metso:Outotec en Aula Virtual)

Son elementos importantes de la instalación.

Los rodillos inferiores dan soporte a la banda en su retorno en vacío (separación entre 2.7 y 3 m).



(Nota: ver catálogo Metso:Outotec en Aula Virtual)



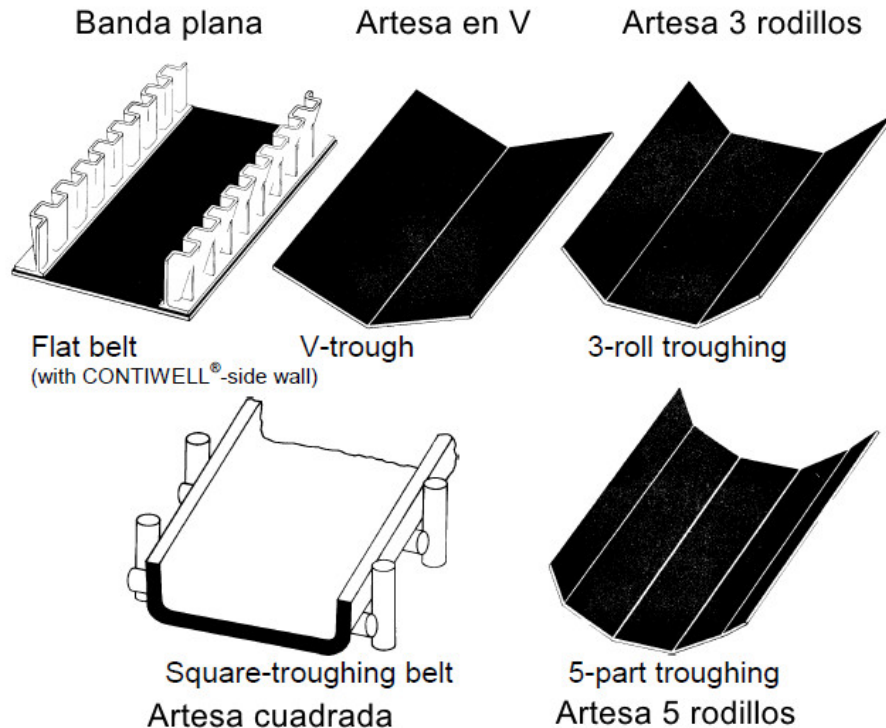
3. Elementos principales

Rodillos:

Son elementos importantes de la instalación.

Los rodillos superiores dan soporte a la banda imprimiéndole forma de artesa.

Los rodillos inferiores dan soporte a la banda en su retorno en vacío (separación entre 2.7 y 3 m).



ContiTech (1994)

(Nota: ver catálogos ContiTech en Aula Virtual)



3. Elementos principales

Rodillos:

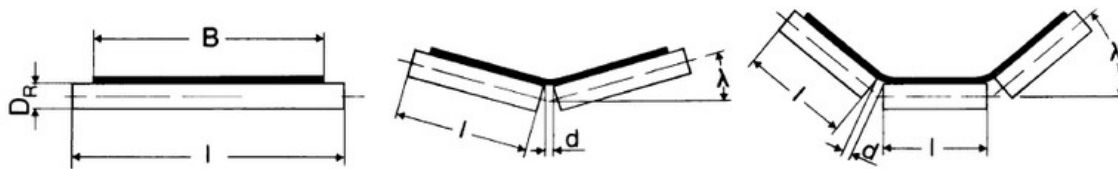
Son elementos importantes de la instalación.

Los rodillos superiores dan soporte a la banda imprimiéndole forma de artesa.

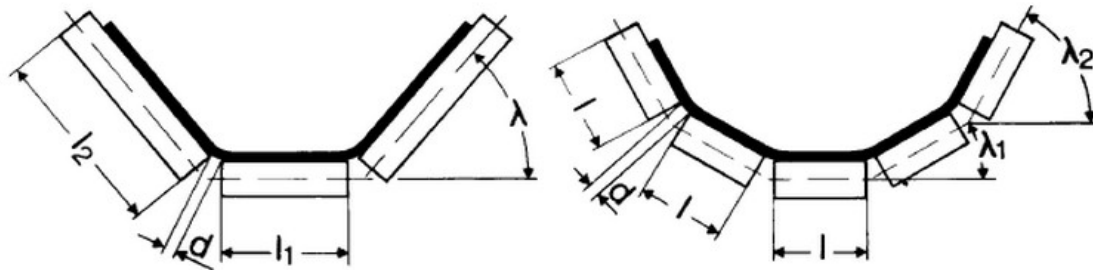
Los rodillos inferiores dan soporte a la banda en su retorno en vacío (separación entre 2.7 y 3 m).

1.

Diseños de artesa (Troughing)



2.



(Catálogo de Continental (ContiTech)
para obtener los valores de dimensiones)

(Nota: ver catálogos ContiTech en Aula Virtual)

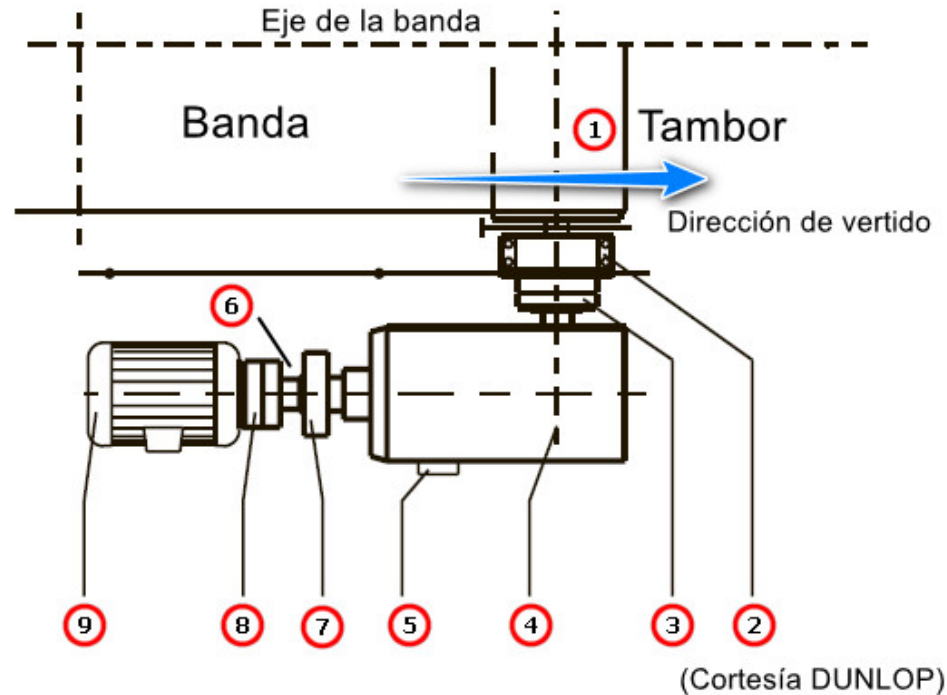


3. Elementos principales

Cabezas motrices:

Los elementos principales de una cabeza motriz serán:

1. Tambor de accionamiento y su eje.
2. Cojinetes.
3. Acoplamiento de baja velocidad.
4. Reductor.
5. Mecanismo antirretorno.
6. Acoplamiento de alta velocidad.
7. Freno.
8. Acoplamiento hidráulico.
9. Motor.





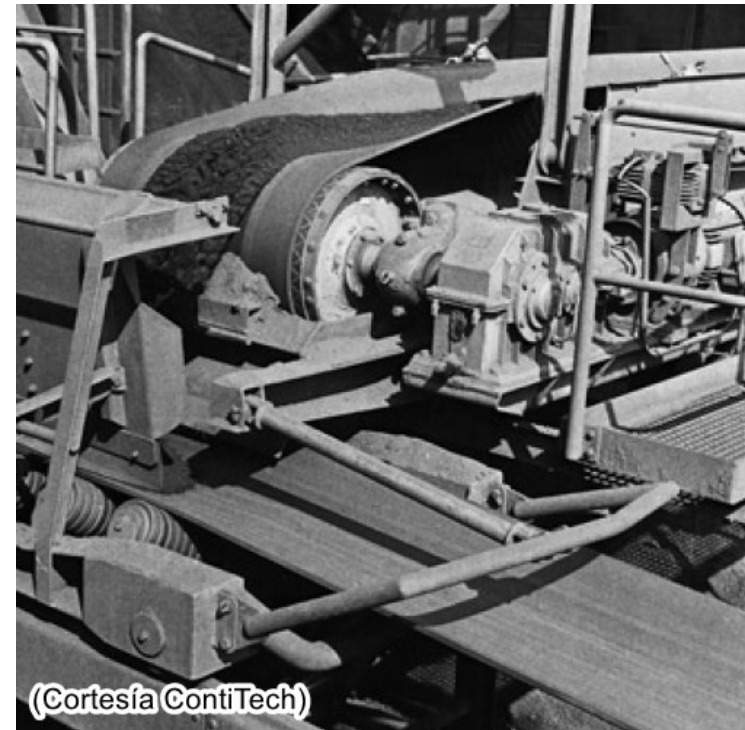
3. Elementos principales

Cabezas motrices:

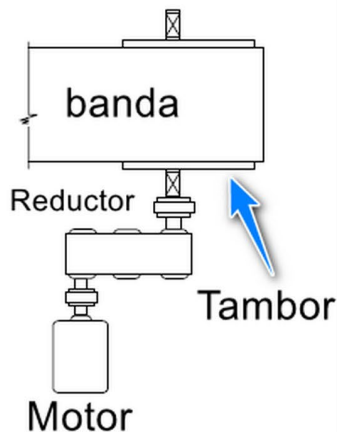
Las cabezas motrices pueden ofrecer diferentes configuraciones.

La configuración de una sola cabeza motriz es lo habitual (uno o dos motores).

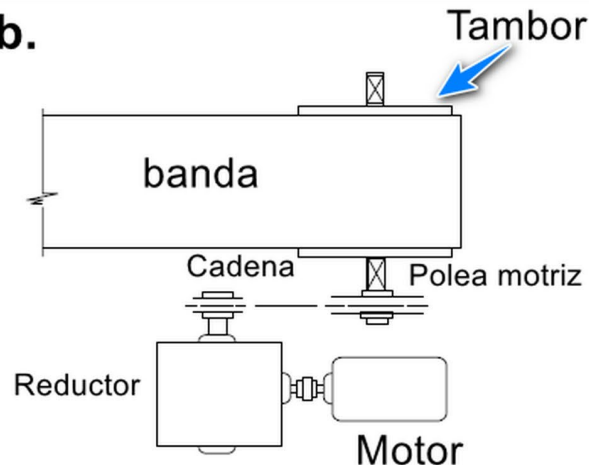
Cuando se usan dos motores, se dispone uno a cada lado del tambor motriz.



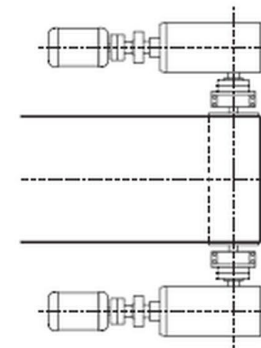
a.



b.



c.





3. Elementos principales

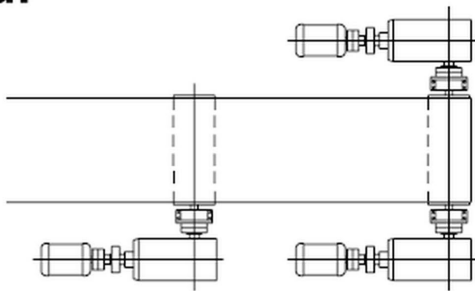
Cabezas motrices:

Para circunstancias de alta demanda de trabajo puede disponerse de otra cabeza motriz adicional (d).

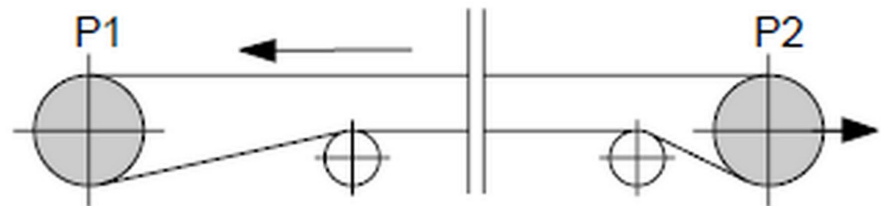
Con cintas transportadoras de gran longitud también se puede dar el caso de que las cabezas motrices se encuentren en el tambor de cabeza y en el de cola (e).



d.



e.





3. Elementos principales

Cabezas motrices:

Para circunstancias de alta demanda de trabajo puede disponerse de otra cabeza motriz adicional (d).

Con cintas transportadoras de gran longitud también se puede dar el caso de que las cabezas motrices se encuentren en el tambor de cabeza y en el de cola (e).



(Cortesía Continental)



(Cortesía Phoenix)

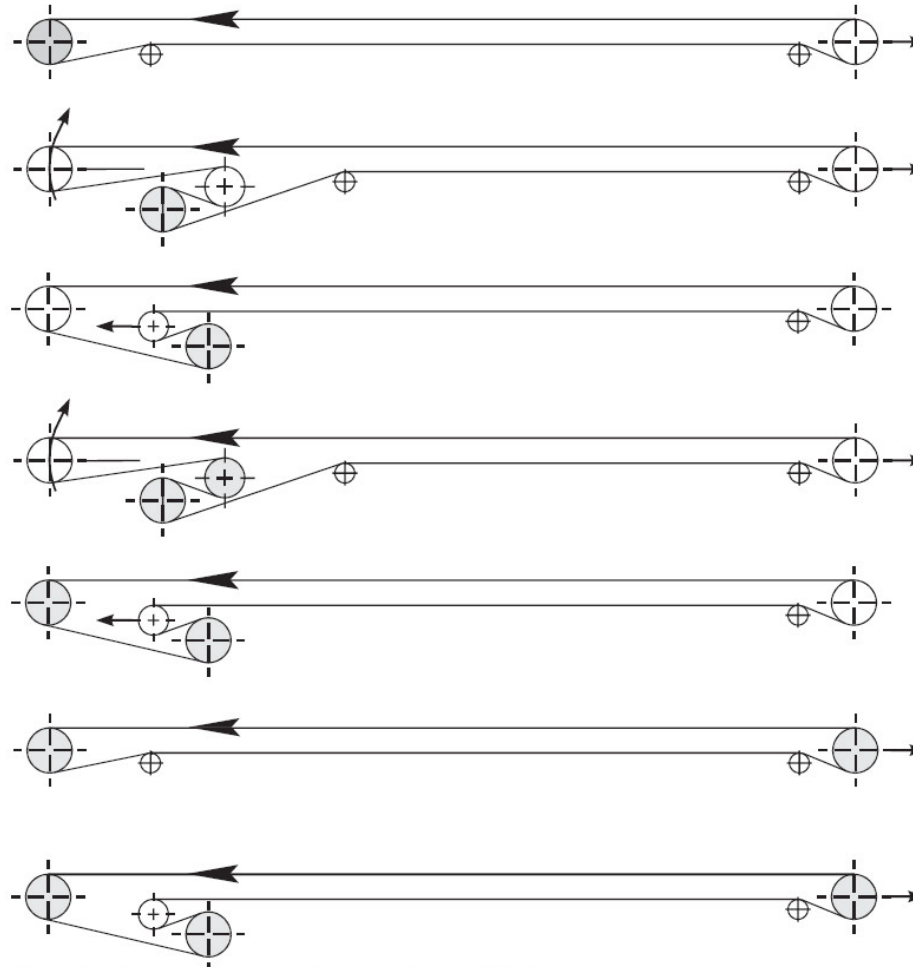


3. Elementos principales

Cabezas motrices:

Los tipos de accionamiento poder ser simples o múltiples, también llamados en tándem. Se entiende la cabeza a la zona de descarga.

Diferentes configuraciones de accionamiento:



Accionamientos en cabeza, cabeza y cola y múltiples

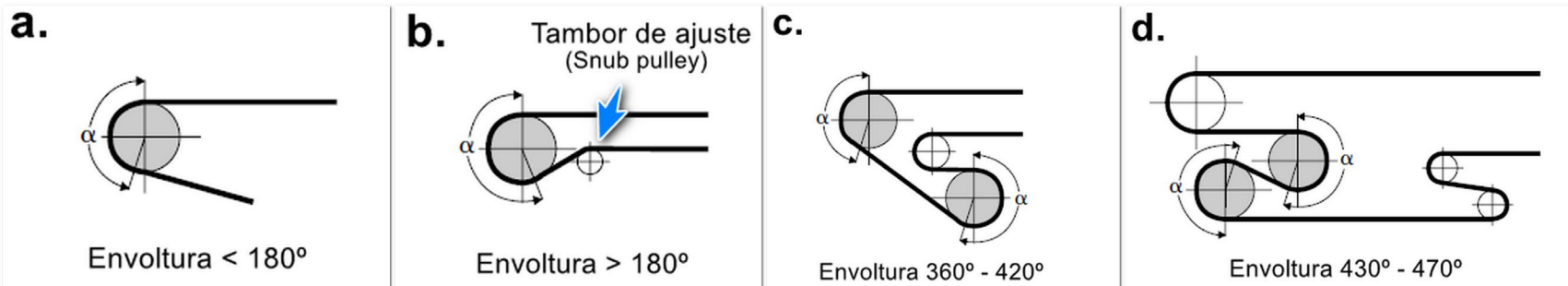
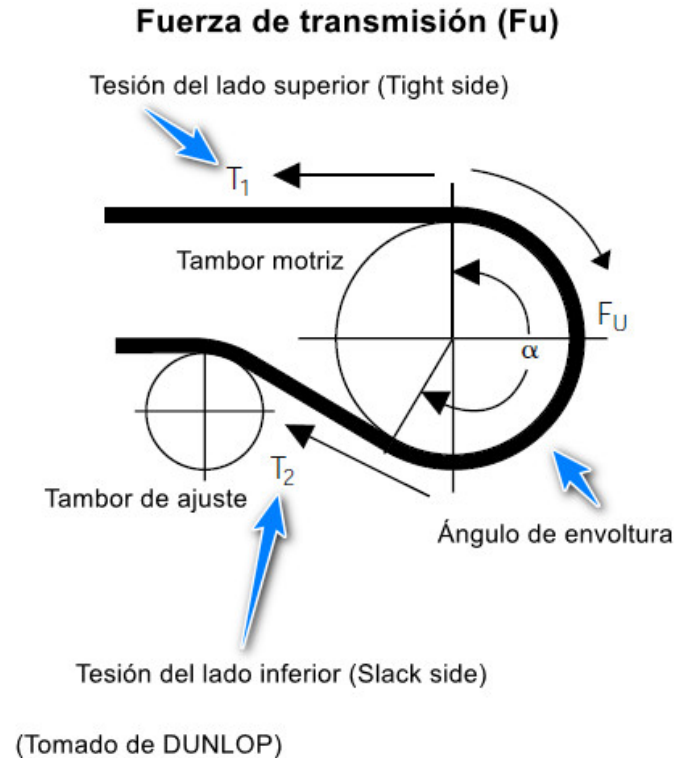


3. Elementos principales

Cabezas motrices:

Destacar que el grado de transmisión a la banda por la potencia de tracción desarrollada por la cabeza motriz va a depender de:

1. El ángulo con el que la banda envuelve al tambor (wrap angle).
2. El coeficiente de fricción (μ) entre el tambor (drive pulley) y la banda.
3. La pre-tensión (T_v) en función de T_2 .

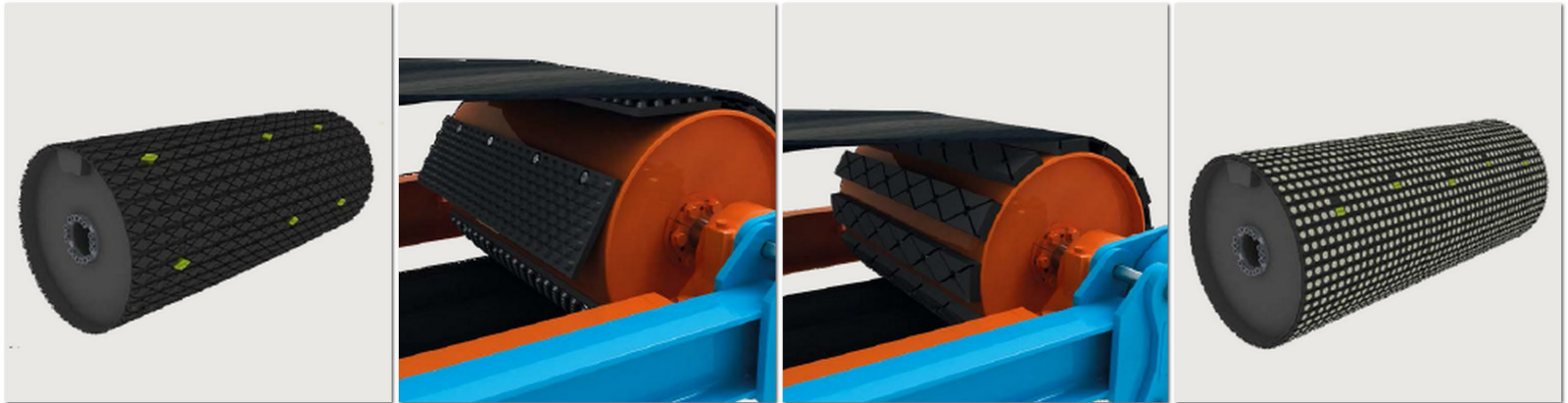




3. Elementos principales

Cabezas motrices:

Los tambores pueden disponer diferentes diseños para mejorar la adherencia entre el tambor y la banda (coeficiente de fricción).



((Cortesía Dunlop))

(Nota: ver catálogos Metso:Outotec en Aula Virtual)



3. Elementos principales

Dispositivos de tensando:

Estos dispositivos sirven para conseguir los siguientes objetivos:

1. Mantener la tensión adecuada en el ramal de retorno durante el arranque y cuando se producen variaciones de la carga.
2. Acomodar las variaciones de la longitud de la banda debido a las dilataciones de la misma.
3. Proporcionar un almacenamiento de banda adicional.
4. Proporcionar un grado de tolerancia en la longitud de banda instalada.

Se utiliza el tensado automático y el de tensado fijo.



(Cortesía Phoenix)

Tensado móvil con contrapeso



3. Elementos principales

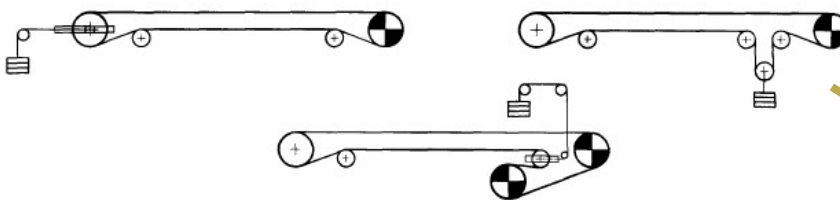
Dispositivos de tensando:

Estos dispositivos sirven para conseguir los siguientes objetivos:

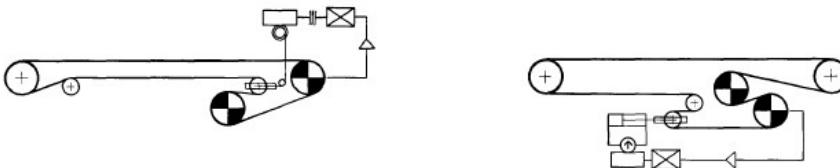
Sistemas de tensado de la banda



Tensado fijo por husillos



Tensado movil (con esfuerzo de tensión constante) con contrapesos



Tensado automático por tambores de tensado controlables

(Fuente: ContiTech)



(Cortesía Douglas Manufacturing)



(Cortesía SKE Industries)



3. Elementos principales

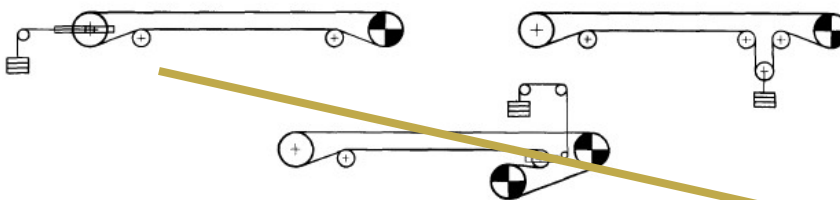
Dispositivos de tensando:

Estos dispositivos sirven para conseguir los siguientes objetivos:

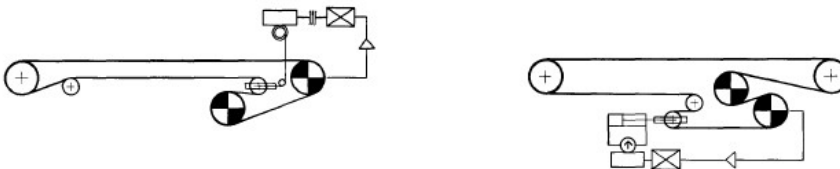
Sistemas de tensado de la banda



Tensado fijo por husillos



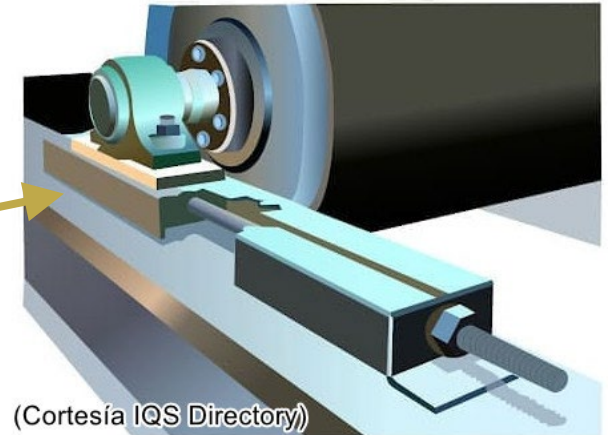
Tensado movil (con esfuerzo de tensión constante) con contrapesos



Tensado automático por tambores de tensado controlables

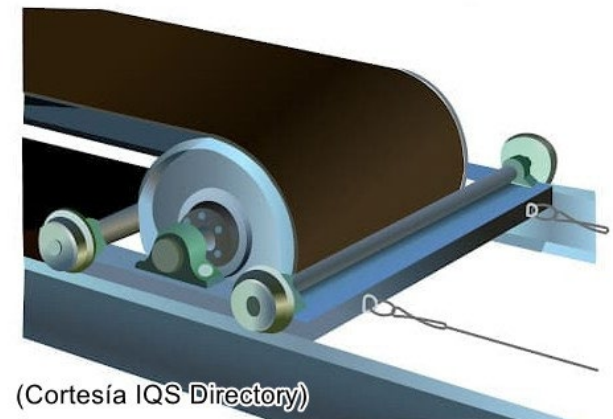
(Fuente: ContiTech)

Tensor de husillo



(Cortesía IQS Directory)

Tensado horizontal



(Cortesía IQS Directory)



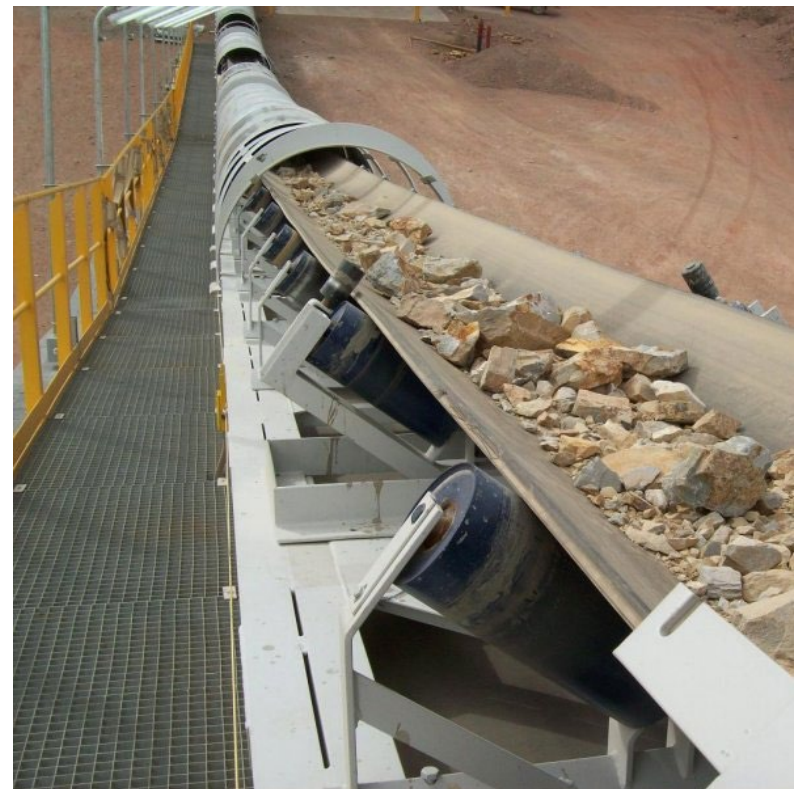
3. Elementos principales

Bandas o cintas:

Es el elemento más importante de una instalación de transporte a granel.

La banda debe ser capaz de cumplir con los siguientes objetivos:

1. Capaz de absorber las tensiones generadas en el arranque.
2. Transportar la carga de mineral sin derrames.
3. Absorber el impacto de energía en la zona de alimentación a la banda.
4. Resistir los efectos debidos a agentes químicos y cambios de temperatura importantes.
5. Cumplir con los requisitos de seguridad.



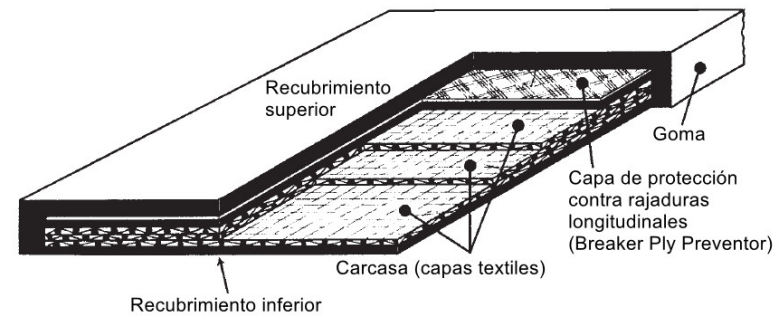


3. Elementos principales

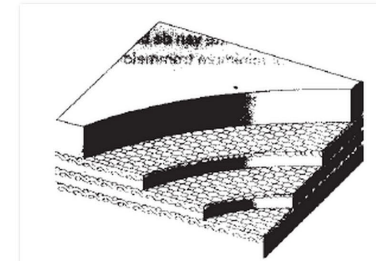
Bandas o cintas:

La banda se compone de los siguientes elementos:

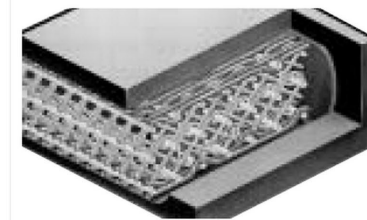
1. **Carcasa.** Consiste en capas de fibra sintética o natural, mallas de acero o cable de acero.
2. **Recubrimiento.** Podrá fabricarse en goma o PVC.
3. **Componentes adicionales.** Protección de bordes, de impactos, prevención de rajado longitudinal, etc.
4. **Elementos de construcción especial.** Como los perfiles para bandas de inclinación pronunciada, diseños de banda especiales o perfilados, elementos de elevación (cleats), etc.



(Tomado de DUNLOP)

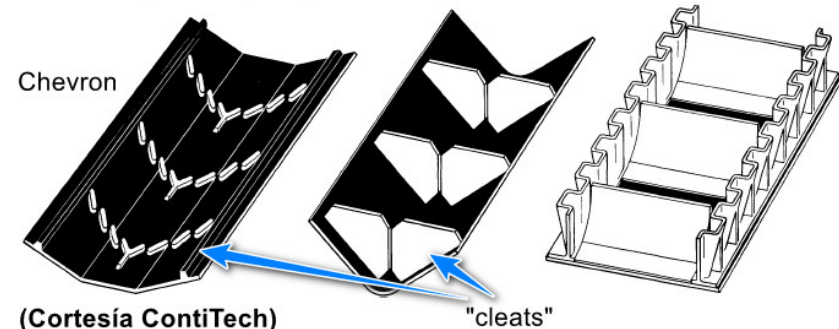


Carcasa de 3 capas (Plies)



Carcasa de malla de fibra sintética

Bandas especiales para pendientes pronunciadas o verticales



(Cortesía ContiTech)

"cleats"



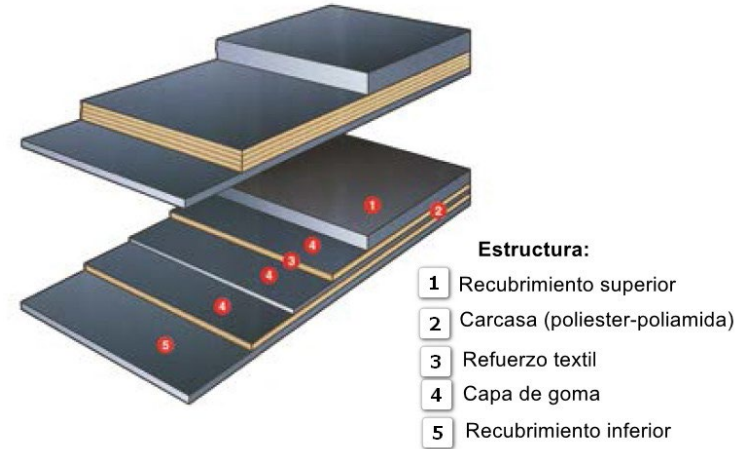
3. Elementos principales

Bandas o cintas:

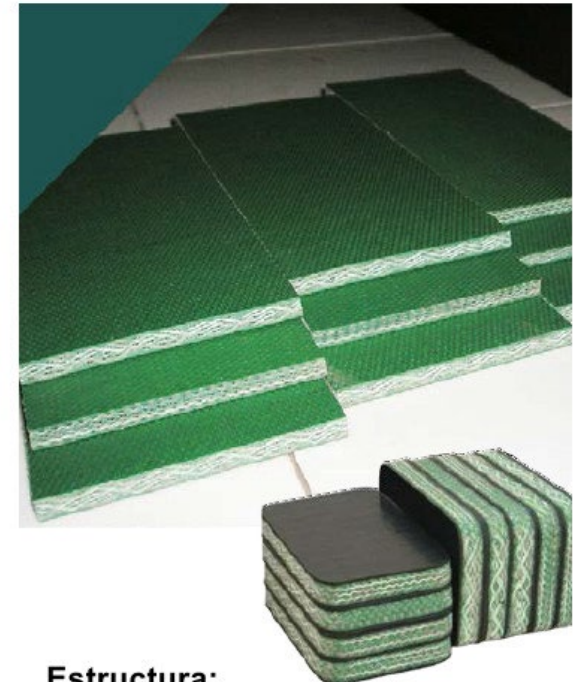
La banda se compone de los siguientes elementos:

1. **Carcasa.** Consiste en capas de fibra sintética o natural, mallas de acero o cable de acero.
2. **Recubrimiento.** Podrá fabricarse en goma o PVC.
3. **Componentes adicionales.** Protección de bordes, de impactos, prevención de rajado longitudinal, etc.
4. **Elementos de construcción especial.** Como los perfiles para bandas de inclinación pronunciada, diseños de banda especiales o corrugados, elementos de elevación (cleats), etc.

Trellex Textile Belts (Metso:Outotec)



Trellex PVC/PVG Belts (Metso:Outotec)



Estructura:

Carcasa de malla
Recubrimiento de PVC o Goma



3. Elementos principales

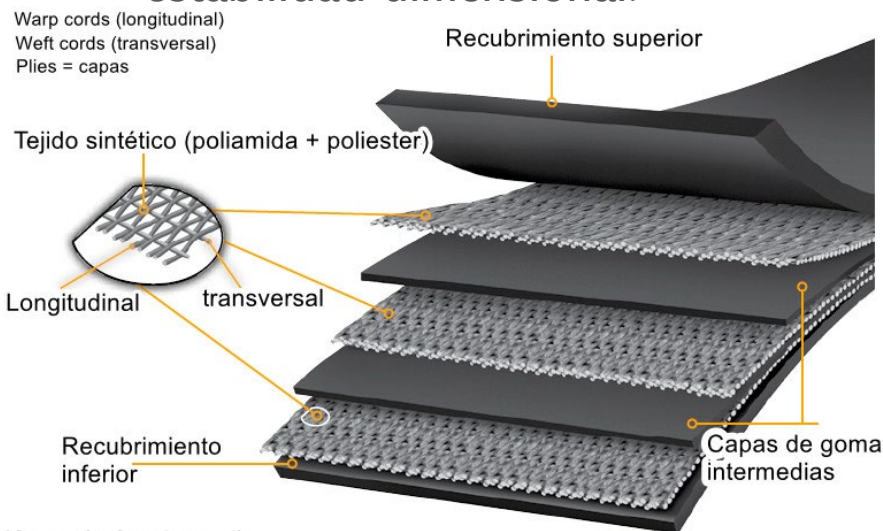
Bandas o cintas:

Carcasa:

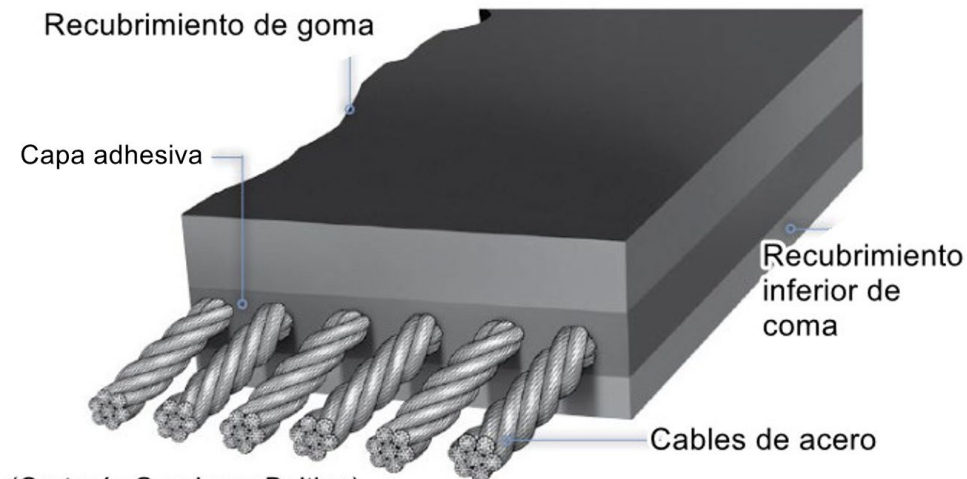
Poliamidas: Se utiliza como armadura transversal por su resistencia a los desgarres y choques. Por su capacidad a alargarse no se coloca longitudinalmente.

Poliéster: Es el material textil más utilizado en la fabricación de bandas. Presenta una buena resistencia a los agentes externos, insensible a la humedad, alargamiento moderado, tenacidad elevada y buena estabilidad dimensional.

Cables de acero: El desarrollo de las grandes cintas transportadoras tiene mucho que ver con la implantación en el uso de los cables de acero. Proporcionan resistencias muy elevadas, pequeños alargamientos y elevada estabilidad dimensional.



(Cortesía Continental)



(Cortesía Goodyear Belting)



3. Elementos principales

Bandas o cintas:

Recubrimientos:

Para los recubrimientos se utiliza la goma o PVC.

Sirve para unir los elementos constitutivos (carcasa).

Como norma general el espesor del recubrimiento superior será como máximo 3 veces el espesor del recubrimiento inferior.





4. Propiedades del material

Las propiedades físico-químicas del material a transportar tienen una gran importancia en la selección y diseño final de la cinta.

1. **Densidad.** Se expresa en t/m^3 .

2. **Ángulo de reposo dinámico.** Se expresa en grados (*Angle of repose surcharge*).

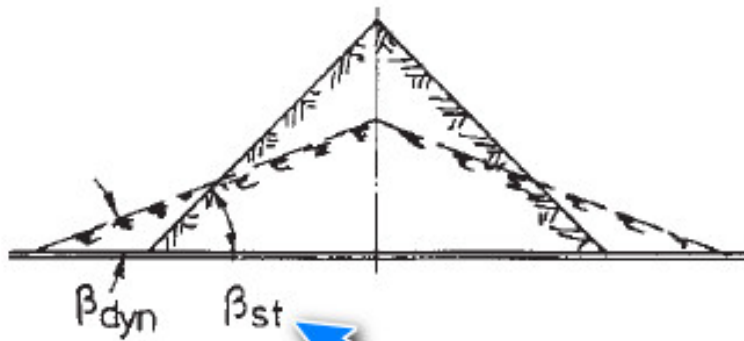
Material	①	②	③ Considerando banda lisa			
	②	③	④ Considerando banda con distintos diseños de perfil (rugosidad)			
	①	②	Pendiente recomendable (°) de la cinta			
	Bulk Density ρ (t/m^3)	Surcharge Angle β (°)	Maximum Angle of Inclination Smooth Belts	height of profiles 6 mm	16 mm	32 mm
Alum	0.80 - 1.04	25	17	-	-	-
Aluminium, coarse	0.95 - 1.05	15	20	-	-	-
Aluminium, fine	0.70 - 0.80	6	20	-	25	30
Aluminium - Oxide	1.12 - 1.92	15	17	-	25	30
Aluminium - Silicate	0.78	-	-	-	-	-
Aluminium - Sulphate (granular)	0.86	20	17	-	-	-
Aluminium - Turnings	0.11 - 0.24	-	-	-	-	-
Ammonium - Chloride (crysalline)	0.83	15	15	-	-	-
Ammonium - Nitrate	0.72	25	23	-	-	-
Ammonium - Sulphate, dry	1.10	10	15	-	-	-
Ammonium - Sulphate, granulated	0.72 - 0.93	15	15	-	-	-
Ammonium - Sulphate, wet	1.30	15	17	-	-	-
Anthracite Coal	0.90	15	17	20	35	40
Apples	0.35	15	10 - 12	-	-	-
Asbestos ore	1.30	20	18	-	-	-
Asbestos, shred	0.32 - 0.40	15	22	-	-	-



4. Propiedades del material

Las propiedades físico-químicas del material a transportar tienen una gran importancia en la selección y diseño final de la cinta.

1. **Densidad.** Se expresa en t/m^3 .
2. **Ángulo de reposo dinámico.** Se expresa en grados (*Angle of repose surcharge*).
3. **Ángulo de reposo estático.** Se expresa en grados (*Static angle of slope*).



Ángulo de reposo estático (natural)

Aproximadamente:

$$\beta_{dyn} = (0.5 - 0.9) * \beta_{st}$$

Ángulo de reposo dinámico

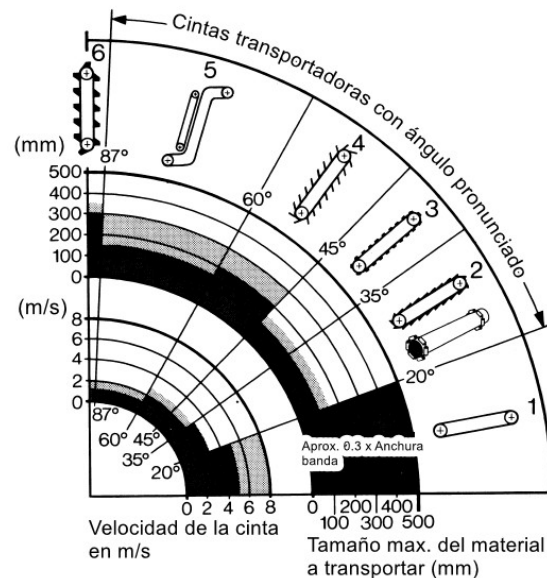
(Tomado de DUNLOP)



4. Propiedades del material

Las propiedades físico-químicas del material a transportar tienen una gran importancia en la selección y diseño final de la cinta.

1. **Densidad.** Se expresa en t/m^3 .
2. **Ángulo de reposo dinámico.** Se expresa en grados (*Angle of repose surcharge*).
3. **Ángulo de reposo estático.** Se expresa en grados (*Static angle of slope*).
4. **Pendiente máxima remontable.** Se expresa en grados.





4. Propiedades del material

Las propiedades físico-químicas del material a transportar tienen una gran importancia en la selección y diseño final de la cinta.

1. **Densidad.** Se expresa en t/m^3 .
2. **Ángulo de reposo dinámico.** Se expresa en grados (*Angle of repose surcharge*).
3. **Ángulo de reposo estático.** Se expresa en grados (*Static angle of slope*).
4. **Pendiente máxima remontable.** Se expresa en grados.
5. **Grado de alteración del material.** Debido a efectos mecánicos, químicos y temperatura.

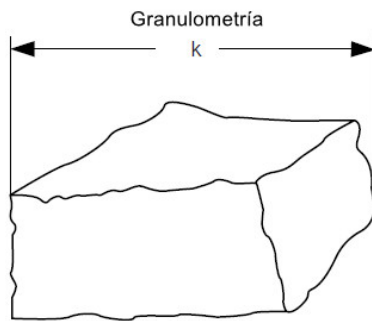


4. Propiedades del material

Las propiedades físico-químicas del material a transportar tienen una gran importancia en la selección y diseño final de la cinta.

6. Granulometría o tamaño máximo del material. Se expresa a través del término k . Este parámetro es fundamental ya que define el ancho de banda.

k dimensión de la diagonal del fragmento de mineral.



(Tomado de DUNLOP)

Medida

Definición de la carga a granel	Granulometría, k (mm)
Polvo	0.5
Granular	0.5 - 10
Terrones (lumps)	10 - 200
Grandes terrones (Large lumps)	> 200

(Tomado de DUNLOP)

Además, es importante determinar si la granulometría está clasificada o de tamaño homogéneo (*sized*), o si por el contrario está sin clasificar o de tamaño muy heterogéneo (*unsized*).

Carga homogénea (<i>sized</i>)	$k_{\max} / k_{\min} \leq 2.5$
Carga heterogénea (<i>unsized</i>)	$k_{\max} / k_{\min} > 2.5$
Granulometría, k (mm)	$k = 0.5 (k_{\max} + k_{\min})$

(Tomado de DUNLOP)



5. Inclinación de la cinta

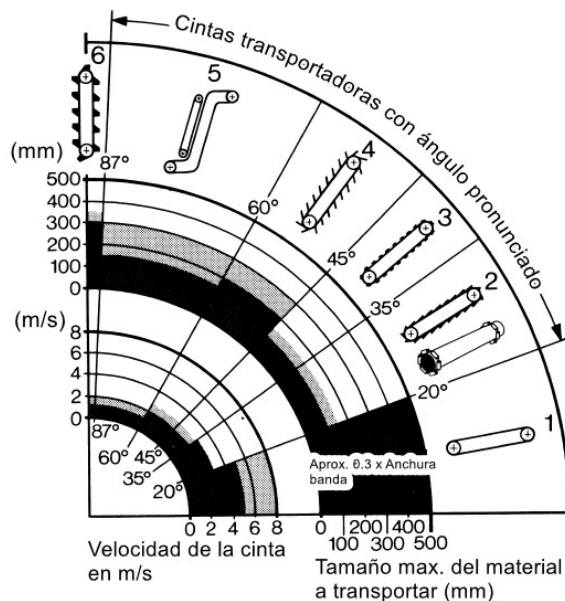
El máximo ángulo de inclinación de una cinta transportadora va a depender del valor de fricción entre material y banda, y de la forma del material.

Grandes fragmentos y un contenido en humedad hacen que la inclinación de la cinta se reduzca.

El método de alimentación y su caudal también influyen en la inclinación.

La mayor parte de los materiales a transportar y cintas con superficie lisa, el ángulo límite de inclinación estará entre 18° y 20° .

Para pendientes más pronunciadas se utilizan bandas perfiladas (*chevron*, *fishbone*, etc.), elementos transportadores (*cleats*), de tipo sándwich, de tubo, de cajones, etc.





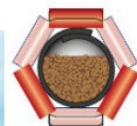
5. Inclinación de la cinta

Algunos tipos especiales de cintas transportadoras para vencer grandes pendientes o dificultades topográficas:

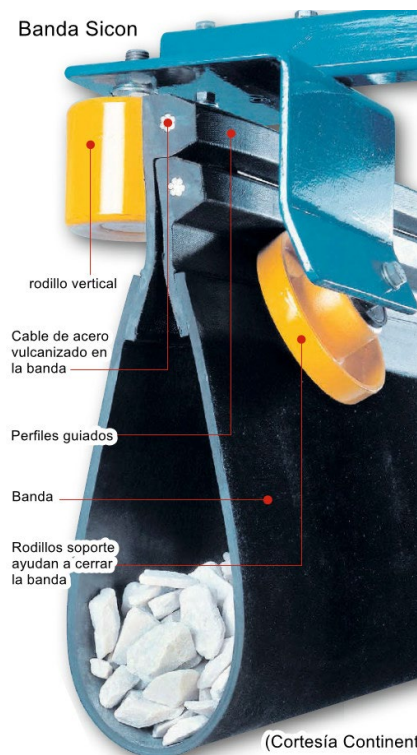
Cinta transportadora en forma de tubo



Cortesía Continental



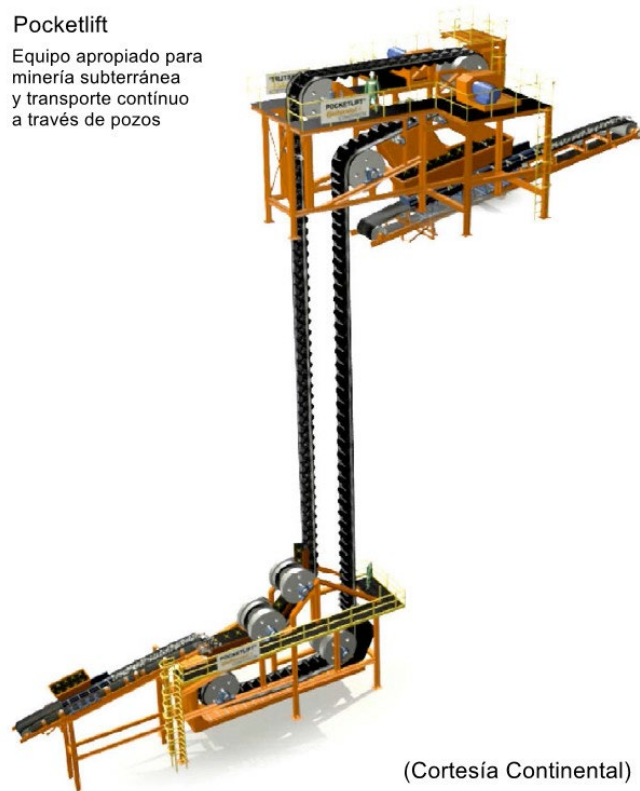
Banda Sicon



(Cortesía Continental)

Pocketlift

Equipo apropiado para minería subterránea y transporte continuo a través de pozos



(Cortesía Continental)



6. Velocidad de transporte

La velocidad de las cintas influyen decisivamente en el diseño y elección de la banda.

Es fundamental elegir una velocidad apropiada a las características del mineral y a las condiciones de operación:

Altas velocidades implica: bandas más estrechas, valores de tensión inferior, mayor grado de desgaste y mayores posibilidades de rajado de la banda.

Bajas velocidades implica: bandas más anchas, valores de tensión mayores, menor grado de desgaste y menores posibilidades de rajado de la banda.

Como norma, se deberá elegir la velocidad más alta pero compatible con el tipo de material y las condiciones de operación previstas.

Valores estándar

Velocidades V (m/s)							
0.42	-	0.52	-	0.66	-	0.84	-
1.05	-	1.31	-	1.68	-	2.09	-
2.62	-	3.35	-	4.19	-	5.20	-
6.60	-	8.40	-		-		-

(Tomado de DUNLOP, pág. 35)



6. Velocidad de transporte

Como guía inicial de selección de las velocidades de una cinta transportadora se pueden utilizar las siguientes tablas (o similares):

Velocidades de la cinta transportadora recomendadas (m/s)

Aplicación	v (m/s)
Cargas unitarias, líneas ensambladas	≤ 1.68
Cintas móviles	0.52 - 1.68
Material muy pulverulento: harinas, cemento, etc.	≤ 1.31
Cenizas volantes	≤ 1.68
Caliza triturada, arenas y gravas, grano	1.05 - 2.09
Mineral, carbón bituminoso, plantas térmicas, parques de almacenamiento e instalaciones de carga	1.31 - 3.35
Cintas de gran longitud, estériles, lignito	2.62 - 6.60
Cintas lanzadoras (apiladoras)	≥ 8.40
Cintas perfiladas de pendiente pronunciada (diseño Chevron o High Chevron)	0.84 - 2.62

(Tomado de DUNLOP, pág. 35)

Velocidades de la cinta

Valores guía a partir de instalaciones operativas

Tipos de material	1	2	3	4	5	6	7	Aplicación
Carbón (fino) Cenizas volantes	█							Centrales térmicas
Clínker de cemento Coque	█	█						Cementeras Siderurgias
Sal fina Sal residual (estéril) Arenas y gravas	█	█	█					Plantas de potasas Minas y canteras
Cemento, cal Caliza (triturada) Cereales	█	█	█	█				Plantas mineralúrgicas Silos de graneles
Carbón (triturado)	█	█	█	█	█			Plantas subterráneas Centrales térmicas Cementeras
Minerales Carbón	█	█	█	█	█			Instalaciones de carga Parques de almacenamiento
Sal triturada Bauxita Fosfato	█	█	█	█	█	█		Cintas transportadoras de gran distancia
Lignito Estériles Concentrado de fosfato	█	█	█	█	█	█	█	Extracción de mineral Todo-Uno Minas a Cielo Abierto
Velocidad de la cinta	1	2	3	4	5	6	7	in m/s
Velocidades de banda de la serie estándar (en m/s): 0.42 0.52 0.66 0.84 1.05 1.31 1.68 2.09 2.62 3.35 4.19 5.2 6.6 8.4								



Velocidades estándar



Velocidades posibles

(Tomado de ContiTech, pág. 21)



6. Velocidad de transporte

Para cálculos preliminares rápidos se puede utilizar esta tabla que da caudales según anchos de banda considerando una velocidad de 1 m/s:

Ancho de Banda (mm)	Banda plana (m ³ /h)	Banda en artesa DIN 22107			L ₁ = L ₂ (mm)	Artesa 20° (m ³ /h)	Artesa 25° (m ³ /h)	Artesa 30° (m ³ /h)	Artesa 35° (m ³ /h)	Artesa 40° (m ³ /h)	Artesa 45° (m ³ /h)
		L ₁ (mm)	L ₂ (rodillo central) (mm)	Artesa 20° (m ³ /h)							
300	12	132	132		132						
400	23	165	165		165						
500	38	200	200	74	200	74	80	87	91	95	98
650	69	250	250	133	250	133	144	156	164	172	176
800	108	315	315	208	315	208	227	244	258	269	276
1.000	173	380	380	336	380	336	365	394	415	434	445
1.200	255	465	465	494	465	494	537	580	610	638	654
1.400	351	530	530	680	530	680	738	798	840	878	900
1.600	464	530	735	850	600	898	976	1.055	1.110	1.160	1.190
1.800	592	600	800	1.085	670	1.145	1.245	1.340	1.415	1.475	1.515
2.000	735	665	870	1.350	740	1.422	1.545	1.665	1.760	1.835	1.880
2.200	893	735	930	1.675	800	1.730	1.880	2.030	2.140	2.235	2.290
2.400	1.070	800	1.000	2.010	870	2.070	2.250	2.430	2.560	2.670	2.740
2.600	1.260	870	1.060	2.390	940	2.430	2.640	2.850	3.000	3.135	3.220
2.800	1.465	930	1.140	2.770	1.000	2.840	3.085	3.330	3.510	3.660	3.760
3.000	1.683	1.000	1.200	3.200	1.070	3.270	3.550	3.830	4.040	4.210	4.320

Fuente: ITGE (1991). Manual de Arranque, Carga y Transporte en Minería a Cielo Abierto. 664 pp



7. Anchura de banda

Las anchuras de banda se encuentran estandarizadas, al igual que los rodillos y otros elementos constructivos de las cintas.

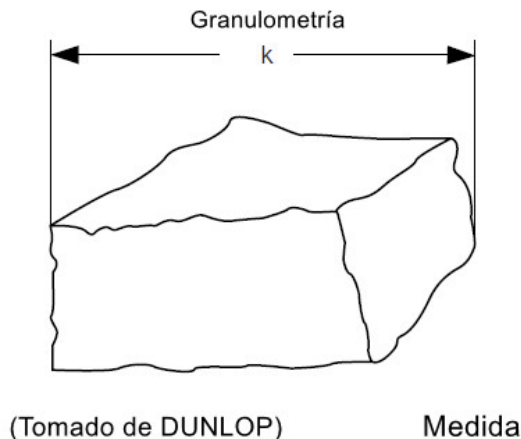
Anchuras de banda estándar (mm)

300 - 400 - 500 - 650 - 800 - 1000
1200 - 1400 - 1600 - 1800 - 2000 - 2200

(Tomado de DUNLOP, pág. 36)

La elección de la anchura de banda va a depender del valor de dos parámetros:

1. Capacidad de transporte (m^3/h) (Q_v).
2. Granulometría del material (mm) (k). Parámetro definido anteriormente.



Ancho de banda mínimo (mm)	Granulometría, k (mm)	
	Homogénea (sized)	Heterogénea (unsized)
400	50	100
500	80	150
650	130	200
800	200	300
1000	250	400
1200	350	500
1400	400	600
1600	450	650
1800	550	700
2000	600	800

(Tomado de DUNLOP, pág. 36)



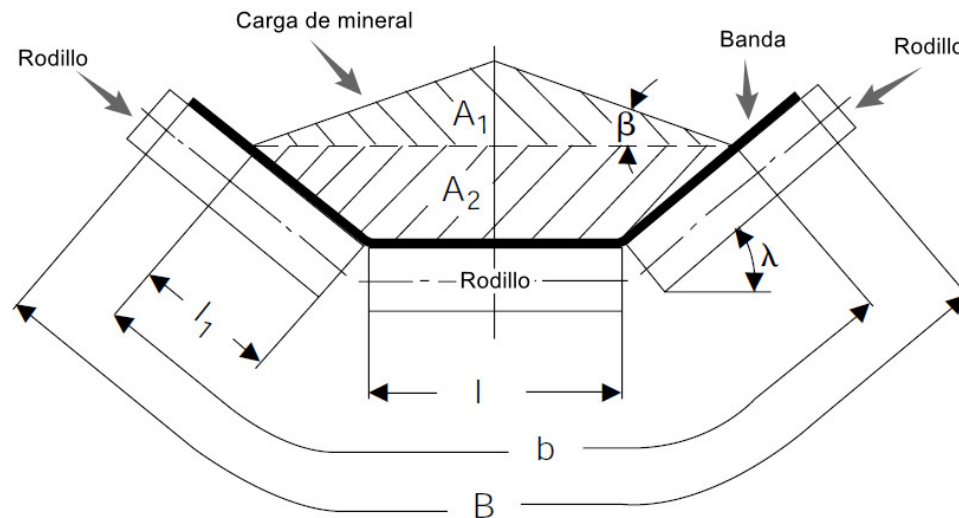
8. Capacidad de transporte

Área de la sección transversal de la carga (m^2)

Dependiendo de la geometría adoptada por la banda y por la carga, el cálculo de la sección transversal de la carga (A) se realiza tomando diferentes expresiones.

Las variables que se tienen en cuenta para el cálculo de la sección se muestran en la siguiente figura:

Sección transversal típica de una cinta con carga mineral



(Tomado de DUNLOP, pág. 39)

Donde, β es el ángulo de reposo dinámico de la carga y λ es el ángulo que forman los rodillos laterales.



8. Capacidad de transporte

Área de la sección transversal de la carga (m²)

El área total (A) será la suma de A_1 y A_2 .

El área A_1 tiene por expresión:

$$A_1 = 0.25 \times \tan \beta \times \left(L + (b - L) \times \cos \lambda \right)^2 \quad (\text{m}^2)$$

El área A_2 tiene por expresión:

$$A_2 = L_1 \times \sin \lambda \times \left(L + L_1 \times \cos \lambda \right) \quad (\text{m}^2)$$

Siendo:

L = Longitud del rodillo central (m)

L_1 = Longitud de la carga sobre el rodillo lateral (m)

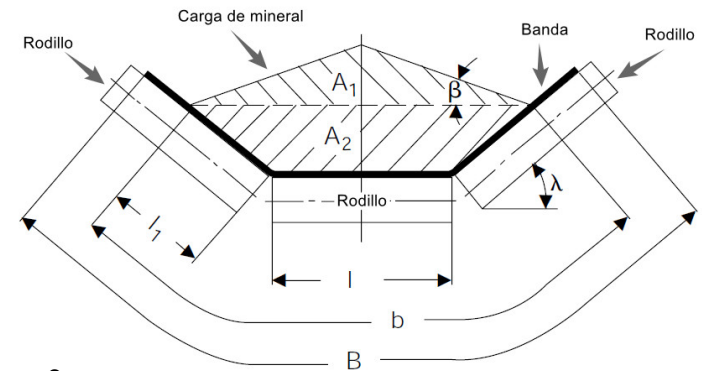
$L_1 = 0.5 \times (b - L)$ conjunto de 3 rodillos

$L_1 = 0.5 \times (b - 3 \times L)$ conjunto de 5 rodillos (Garland)

$b = 0.9 \times B - 50\text{mm}$ para $B \leq 2000 \text{ mm}$

$b = B - 250\text{mm}$ para $B > 2000 \text{ mm}$

Nota: b se introduce en (m)



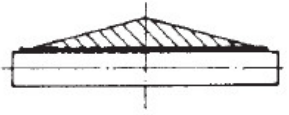
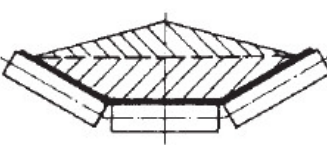
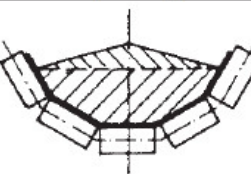


8. Capacidad de transporte

Área de la sección transversal de la carga (m²)

En la siguiente tabla se compara las secciones de carga (A) obtenidas para diferentes configuraciones de rodillos.

Valores obtenidos para un ancho de banda de 1000 mm, y ángulo de reposo dinámico de 15°

Forma de la artesa (Trough)	Ángulo	Área total de carga A (m ²)	Comparativa
	Flat	0.0483	44%
	20° 30°	0.1007 0.1145	91% 104%
	20° 30° 45°	0.0935 0.1100 0.1247	85% 100% 113%
 Deep Trough	20° 30° 45°	0.0989 0.1161 0.1284	90% 106% 117%
 Garland	30°/60°	0.1329	121%

(Tomado de DUNLOP, pág. 39)



8. Capacidad de transporte

Caudal efectivo transportado por la cinta

Nos indicará el caudal efectivo horario de material que una cinta es capaz de transportar (Nota: aquí se considera mineral a granel^(*)).

Para su cálculo se emplean las siguientes expresiones en función de si se expresa en m³/h (volumen), o en t/h (masa). (Nota: la velocidad expresada en m/s).

$$Q_v = A \times v \times 3600 \times \varphi_1 \times \varphi_2 \quad (\text{m}^3/\text{h})$$

$$Q_m = A \times v \times 3600 \times \varphi_1 \times \varphi_2 \times \rho \quad (\text{t/h})$$

φ_1 = Grado de llenado de la cinta

$\varphi_1 = 1$ (condiciones normales de trabajo)

$\varphi_1 = 0.8 - 0.95$ (condiciones adversas)

ρ = Densidad del material suelto (t/m³)

φ_2 = Factor de reducción. Tiene en cuenta el efecto del gradiente

Para la obtención de los valores del factor de reducción se utilizan tablas normalizadas, como las que se muestran a continuación.

(*) Para el cálculo del caudal horario de elementos individuales transportados por una cinta (ej.: sacos, bloques, paquetes, etc.), referirse al Manual de DUNLOP (pág. 40).



8. Capacidad de transporte

Caudal efectivo transportado por la cinta

φ_2 = Tablas para la obtención del factor de reducción:

Valores para bandas lisas

Gradiente	2°	4°	6°	8°	10°	12°	14°	16°	18°	20°	22°
φ_2	1.0	0.99	0.98	0.97	0.95	0.93	0.91	0.89	0.85	0.81	0.76

(Tomado de DUNLOP, pág. 40)

Valores para cintas con inclinación importante

Ángulo de inclinación de la cinta	15°	20°	25°	30°	35°	40°
Mineral grueso y fragmentos esféricos rodantes	0.89	0.81	0.70	0.56	–	–
Mineral pegajoso	1.00	0.93	0.85	0.68	0.58	0.47

(Tomado de DUNLOP, pág. 40)



9. Cálculo de la potencia

Método corto

Las siguientes expresiones para el cálculo de la potencia pueden emplearse para una estimación rápida.

Su exactitud es suficiente para instalaciones normales de transporte de mineral o áridos que no plantean una complejidad significativa.

Este método de cálculo es el que propone ANEFA (2020) y E.T.S.I.M. (1994)

No obstante, el método que se describe aquí es el que propone DUNLOP (1994).

Es similar a los anteriores con alguna ligera diferencia como el considerar un valor de potencia adicional (P3) por la existencia del elementos adicionales sobre la cinta.

ANEFA. (2020). *Manual de Áridos para el Siglo XXI* (ANEFA, Ed.).

E.T.S.I.M. (1994). *Áridos. Manual de prospección, explotación y aplicaciones* (C. López Jimeno, Ed.). E.T.S de Ingenieros de Minas de Madrid y LOEMCO.

Dunlop-Enerka. (1994). *Conveyor belt technique. Design and calculation. Manual* (D.-E. Belting, Ed.).



9. Cálculo de la potencia

Método corto

El valor de la potencia, en kW, para accionar una cinta transportadora viene dado por la siguiente expresión:

$$P_T = P_1 + P_2 + P_3 \quad (\text{kW})$$

P_1 = Es la potencia de accionamiento de la cinta en vacío y la potencia para transportar el material horizontalmente.

P_2 = Es la potencia necesaria para elevar (o descender) la carga.

P_3 = Es la potencia necesaria debida a la presencia de accesorios adicionales (trippers, skirtboards, ploughs, etc.). (Se obtiene de tabla)

$$P_1 = \frac{C_B \times v + Q_m}{C_L \times k_f} \quad (\text{kW})$$

$$P_2 = \frac{H \times Q_m}{367} \quad (\text{kW})$$

Q_m = Caudal (t/h) v = Velocidad de la cinta (m/s)

C_B = Factor de anchura de banda (kg/m)

C_L = Factor de longitud de banda (m^{-1}) H = Elevación de la cinta (m) $H = \sin \delta * L$

δ = Ángulo de inclinación de la cinta ($^\circ$) k_f = Factor de servicio η = Eficiencia del motor (0.9)



9. Cálculo de la potencia

Método corto

A continuación se proporcionan las tablas para la obtención de los valores de C_B , k_f , C_L y P_3 :

Factor C_B

Valor C_B (kg/m)

Tipo Operación	Densidad material ρ (t/m ³)	Anchura de la banda, B (mm)											
		300	400	500	650	800	1000	1200	1400	1600	1800	2000	2200
Ligera	Hasta 1.0	31	54	67	81	108	133	194	227	291			
Media	1.0 a 2.0	36	59	76	92	126	187	277	320	468	554	691	745
Pesada	Superior 2.0		65	86	103	144	241	360	414	644	727	957	1033

(Tomado de DUNLOP, pág. 41)

Factor k_f

Factor k_f

Condiciones de operación de la cinta transportadora	k_f
Favorables, buen alineamiento, velocidad baja	1.17
Condiciones normales estándar	1
Desfavorables, pulverulentas, baja temperatura, sobrecarga, alta velocidad	0.87 - 0.74
Temperaturas extremadamente bajas	0.57

(Tomado de DUNLOP, pág. 41)



9. Cálculo de la potencia

Método corto

A continuación se proporcionan las tablas para la obtención de los valores de C_B , k_f , C_L y P_3 :

Factor C_L

Factor C_L (1/m)

L (m)	3	4	5	6	8	10	12.5	16	20
C_L	667	625	555	526	454	417	370	323	286
L (m)	25	32	40	50	63	80	90	100	150
C_L	250	222	192	167	145	119	109	103	77
L (m)	200	250	300	350	400	450	500	550	600
C_L	63	53	47	41	37	33	31	28	26
L (m)	700	800	900	1000	1500	2000			
C_L	23	20	18	17	12	9			

L (m) = Longitud de la cinta de transporte

(Tomado de DUNLOP, pág. 41)



9. Cálculo de la potencia

Método corto

A continuación se proporcionan las tablas para la obtención de los valores de C_B , k_f , C_L y P_3 :

Potencia adicional P_3

Cálculo del valor de la potencia adicional P_3 (kW)

Trippers (carros o vagones de descarga)	Anchura de banda, B (mm)	P (kW)
	≤ 500	$0.8 * v$
	≤ 1000	$1.5 * v$
	> 1000	$2.3 * v$
Scrapers (raspadores) (instalaciones $L < 80$ m)	Tipo de raspador (scraper)	
	Simple, de contacto normal	$0.3 * B * v$
	De contacto pesado	$1.5 * B * v$
	Raspador multifuncional	$1.8 * B * v$
Material - Skirtboard	Se extiende más allá del punto de carga	$0.16 * v * l_f$
Descarga por cuchilla (plough)	Densidad(carga) $\rho \leq 1.2$ Ángulo $\alpha = 30^\circ - 45^\circ$	$1.5 * B * v$

(Tomado de DUNLOP, pág. 42)

B (m) Anchura de la banda transportadora
v (m/s) Velocidad de la cinta
 l_f (m) Longitud del material entre skirtboard

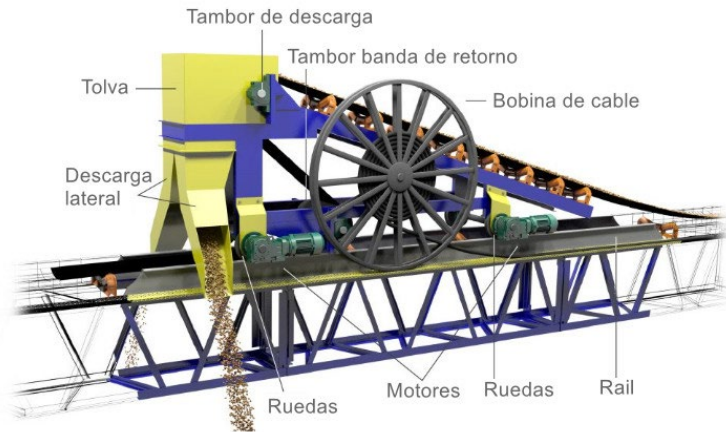


9. Cálculo de la potencia

Método corto

Algunos ejemplos de los elementos o equipos adicionales mencionados anteriormente:

TRIPPER



(Cortesía FEECO International)

Scraper (limpieza de la banda)



(Cortesía GrabCAD)

Plough (Vertedera)



(Cortesía Belt Conveyor Solution)

Skirting (planchas metálicas laterales o cajón colocado en el punto de alimentación)



(Cortesía Rulmeca Corp.)



9. Cálculo de la potencia

Método corto

Una vez calculada la potencia total (P_T), la potencia teórica será:

$$P_M = \frac{P_T}{\eta} \quad (\text{kW})$$

Con esta potencia P_M se entra en las tablas de los suministradores y se elige aquel motor con una potencia inmediatamente superior al valor obtenido.

Las potencias de suministro están estandarizadas y son las siguientes:

Potencias estándar de motores eléctricos (kW)

1.5	2.2	3	4	5.5	7.5	11
15	18.5	22	30	37	45	55
75	90	110	132	160	200	250
315	400	500	630			

(Tomado de DUNLOP, pág. 41)



9. Cálculo de la potencia

Método Fuerza Resistente Tangencial Total, F_U

Este método considera la suma de todas las resistencia al movimiento que la cinta transportadora deberá superar.

A continuación se sigue la metodología propuesta por DUNLOP (1994).

El valor de la resistencia al movimiento total (F_U) esta compuesta por las siguientes resistencias (expresadas en N):

1. Resistencia principal, (F_H): Es la resistencia al movimiento debida al peso de los rodamientos (ramal superior e inferior), peso de la banda y del material.
2. Resistencia secundaria, (F_N): Es la resistencia al movimiento debida al mineral cuando se vierte sobre la cinta (zona de alimentación).
3. Resistencia por desnivel, (F_{st}): Es la resistencia al movimiento que se genera por la carga y el desnivel que debe vencerse (elevación o descenso).
4. Resistencias especiales, (F_s): Es la resistencia al movimiento que se genera por la instalación de elementos especiales (trippers, rascadores, etc.).

A continuación se facilitan las expresiones de cada una de estas fuerzas.



9. Cálculo de la potencia

Fuerza resistente principal, F_H

El valor de la resistencia al movimiento (F_H) se obtiene con la siguiente expresión:

$$F_H = f \times L \times g \times \left[m'_R + (2 \times m'_G + m'_L) \times \cos \delta \right] \quad (\text{N})$$

La terminología establecida es la siguiente:

C = Factor de longitud (adimensional) f = Factor de fricción artificial (adimensional)

L = Longitud de la cinta (m) g = Aceleración de la gravedad (m/s^2)

m'_R = Peso de los rodillos en ramal superior e inferior (kg/m)

m'_G = Peso de la banda (kg/m)

m'_L = Peso del mineral (kg/m) $= \frac{Q_m (\text{t/h})}{3.6 \times v (\text{m/s})}$

δ = Ángulo de inclinación de la cinta ($^\circ$)

H = Elevación de la cinta (m) $H = \sin \delta * L$ (H , puede ser ascendente o descendente)

F_s = Suma de las resistencias especiales. (ver Apéndice E, pág. 127, DUNLOP (1994))



9. Cálculo de la potencia

Fuerza resistente secundaria, F_N

El valor de la resistencia al movimiento (F_N) se obtiene con la siguiente expresión:

$$F_N = (C - 1) \times F_H \quad (\text{N})$$

La obtención del coeficiente C que tiene en cuenta la longitud de la cinta, es a través de la siguiente tabla:

Valor del coeficiente C

L (m)	3	4	5	6	8	10	13	16	20
C	9.0	7.6	6.6	5.9	5.1	4.5	4.0	3.6	3.0
L (m)	25	32	40	50	63	80	90	100	120
C	2.9	2.6	2.4	2.2	2.0	1.92	1.86	1.78	1.70
L (m)	140	160	180	200	250	300	350	400	450
C	1.63	1.56	1.50	1.45	1.38	1.31	1.27	1.25	1.20
L (m)	500	550	600	700	800	900	1000	1500	2000
C	1.20	1.18	1.17	1.14	1.12	1.10	1.09	1.06	1.00

(Tomado de DUNLOP (1994), pág. 54)



9. Cálculo de la potencia

Fuerza resistente por desnivel, F_{st}

El valor de la resistencia al movimiento (F_{st}) se obtiene con la siguiente expresión:

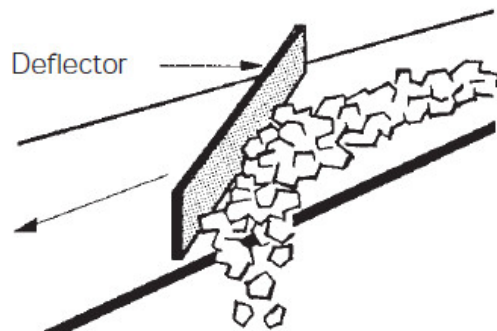
$$F_{st} = \pm H \times g \times m'_L \quad (\text{N})$$

Fuerzas resistentes especiales, F_s

Son debidas a la resistencia que se genera al avance de la cinta por la instalación de elementos especiales (ver Apéndice E, Manual DUNLOP (1994), pág. 127).

A modo de ejemplo, la tabla siguiente refleja las resistencias debidas a la instalación de deflectores sobre la banda y en función de la anchura de banda:

Resistencia tipo F_L



Resistencia debida a elementos de descarga lateral (valores en Newtons (N))

Deflectores de mineral colocados sobre banda moviéndose horizontalmente

Anchura de banda (mm)	≤ 500	650 - 800	1000 - 2000
F_L (N)	800	1500	3000 - 3500

(Tomado del Manual DUNLOP (1994), Apéndice E, pág. 127)



9. Cálculo de la potencia

Valor de la Fuerza Resistente Tangencial Total, F_U

El valor de la resistencia total al movimiento (F_U) será entonces suma de todas las resistencias anteriores, es decir:

$$F_U = F_H + F_N + F_{St} + F_S \quad (\text{N})$$

Para la mayor parte de las instalaciones de transporte con un punto de carga, la expresión anterior se puede poner como:

$$F_U = C \times f \times L \times g \times \left[m'_R + (2 \times m'_G + m'_L) \times \cos \delta \right] \pm H \times g \times m'_L + F_s \quad (\text{N})$$

Tabla para la obtención de factor f

Instalaciones horizontales, o ligeramente inclinadas	
Condiciones de trabajo muy favorables	0.017
Condiciones de trabajo normales	0.020
Condiciones de trabajo desfavorables	0.023 - 0.027
Instalaciones con fuerte pendiente	0.012 - 0.016

(Tomado de DUNLOP (1994), pág. 55)



9. Cálculo de la potencia

Valor de la Fuerza Resistente Tangencial Total, F_U

Una vez obtenido el valor de la resistencia total (F_U) ya se puede estimar la potencia teórica que se necesitará, siendo ésta:

$$P_{kW} = \frac{F_U \text{ (N)} \times v \text{ (m/s)}}{1000} \text{ (kW)}$$

Y la expresión para la potencia motor requerida:

$$P_M = \frac{P_{kW}}{\eta} \text{ (kW)}$$

Grados de eficiencia

Tipos de motor	η
Transmisión tipo "Wormgear"	0.7 - 0.8
Transmisión de cadena dentada	0.9 - 0.95
Transmisión de banda en V	0.95
Motor instalado en tambor	0.96
Acoplamiento del motor normal	0.94
Transmisión hidráulica y por engranaje	0.90
Motor hidráulico	0.86
Instalaciones con dotación de frenos	0.95 - 1.0

(Tomado de DUNLOP (1994), pág. 60)

Una vez obtenido dicho valor, se seleccionará uno o varios motores con potencias estándar:

Potencias estándar de motores eléctricos (kW)

1.5	2.2	3	4	5.5	7.5	11
15	18.5	22	30	37	45	55
75	90	110	132	160	200	250
315	400	500	630			

(Tomado de DUNLOP, pág. 41)



10. Cálculo de las tensiones en la banda

El cálculo de las tensiones que se generan es fundamental para conocer que la banda tiene la suficiente resistencia para vencerlas.

Además, sirven para conocer que no se van a producir fenómenos de deslizamiento entre la banda y los tambores por falta de un adecuado agarre.

Se van a considerar dos casos, que son los que cumplen la mayor parte de las instalaciones de transporte: transporte horizontal con tambor motriz en cabeza y transporte ascendente con tambor motriz en cabeza.

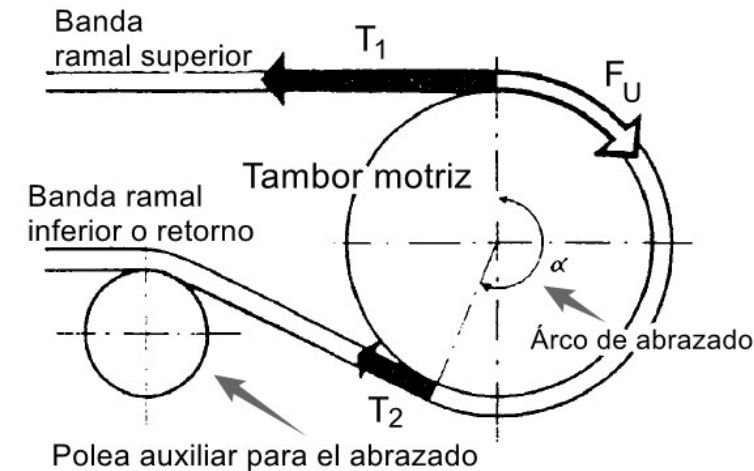
Para otras disposiciones de sistemas de transporte se puede consultar el Manual de Arranque, Carga y Transporte (ITGE, 1991) o el Manual de DUNLOP (1994), entre otros.

La terminología seguida es la misma que la descrita anteriormente, propuesta por DUNLOP (1994).

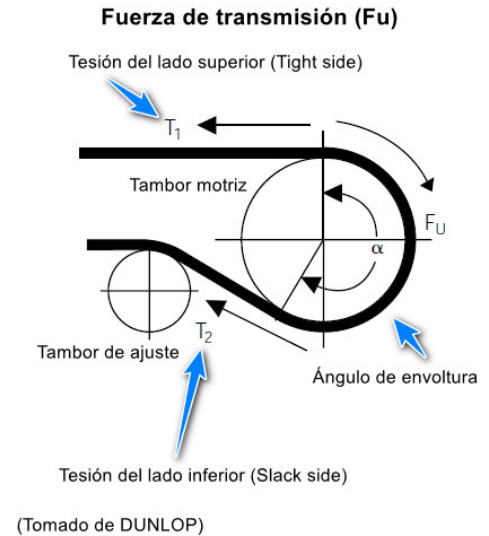


10. Cálculo de las tensiones en la banda

Las tensiones que se generan en el tambor de accionamiento son las que se describen en el siguiente esquema gráfico (ITGE, 1991):



(Tomado de ITGE (1991))



(Tomado de DUNLOP)

El valor de las tensiones en el tambor motriz de accionamiento cumplen:

$$\frac{T_1}{T_2} \leq e^{\mu \cdot \alpha}$$

$$F_U = T_1 - T_2$$

$$T_2 = F_U \times \frac{1}{e^{\mu \cdot \alpha}}$$

α = arco de abrazado ($^\circ$)

μ = coeficiente de fricción

$$T_1 = F_U \times \left[1 + \frac{1}{e^{\mu \cdot \alpha}} \right]$$

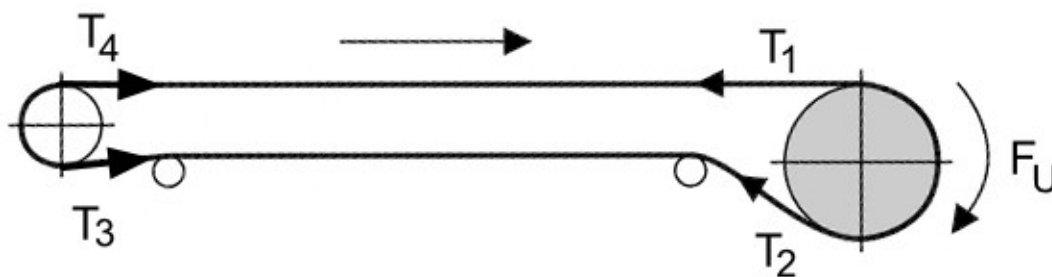


10. Cálculo de las tensiones en la banda

Transporte horizontal con accionamiento en cabeza

Esta disposición obedece al siguiente sistema de accionamiento:

Caso 1: Transporte horizontal
con accionamiento en cabeza



Previamente al cálculo de las tensiones T_1 , T_2 , T_3 y T_4 , se deben conocer los siguiente valores de las resistencias (F_S , F_I y F_U):

$$F_S = C \times f \times L \times g \times [m'_L + m'_G + m'_{Ro}] \quad (\text{N})$$

m'_{Ro} = Peso por metro elementos ramal superior (kg/m)

$$F_I = C \times f \times L \times g \times [m'_G + m'_{Ru}] \quad (\text{N})$$

m'_{Ru} = Peso por metro elementos ramal inferior (kg/m)

$$F_U = C \times f \times L \times g \times [m'_{Ro} + m'_{Ru} + 2 \times m'_G + m'_L] \quad (\text{N})$$

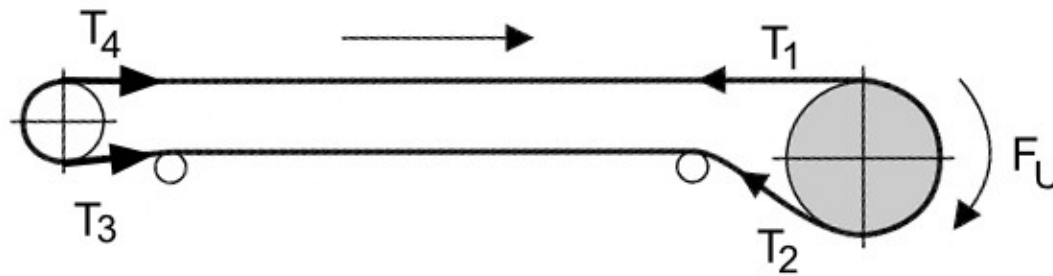


10. Cálculo de las tensiones en la banda

Transporte horizontal con accionamiento en cabeza

Esta disposición obedece al siguiente sistema de accionamiento:

Caso 1: Transporte horizontal
con accionamiento en cabeza



Las tensiones T_1 , T_2 , T_3 y T_4 tienen por valor:

$$T_2 = F_U \times \frac{1}{e^{\mu \cdot \alpha}} \quad (\text{N})$$

$$T_1 = T_2 + F_U \quad (\text{N})$$

$$T_3 = T_4 = T_2 + F_I \quad (\text{N})$$

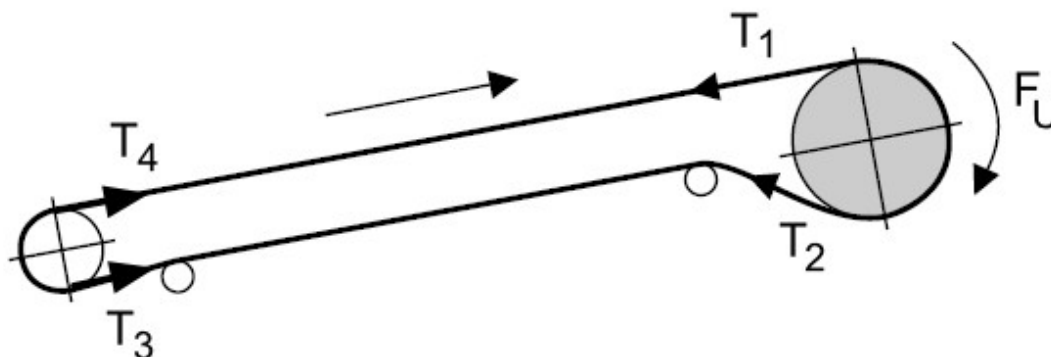


10. Cálculo de las tensiones en la banda

Transporte ascendente con accionamiento en cabeza

Esta disposición obedece al siguiente sistema de accionamiento:

Caso 2: Transporte ascendente con accionamiento en cabeza



Igualmente que antes, previamente al cálculo de las tensiones T_1 , T_2 , T_3 y T_4 , se deben conocer los siguientes valores de las resistencias (F_S , F_I y F_U):

$$F_S = C \times f \times L \times g \times \left[(m'_L + m'_G) \times \cos \delta + m'_{Ro} \right] \quad (\text{N})$$

m'_{Ro} = Peso por metro elementos ramal superior (kg/m)

$$F_I = C \times f \times L \times g \times \left[m'_G \times \cos \delta + m'_{Ru} \right] \quad (\text{N})$$

m'_{Ru} = Peso por metro elementos ramal inferior (kg/m)

$$F_U = C \times f \times L \times g \times \left[m'_{Ro} + m'_{Ru} + (2 \times m'_G + m'_L) \times \cos \delta \right] + H \times g \times m'_L \quad (\text{N})$$

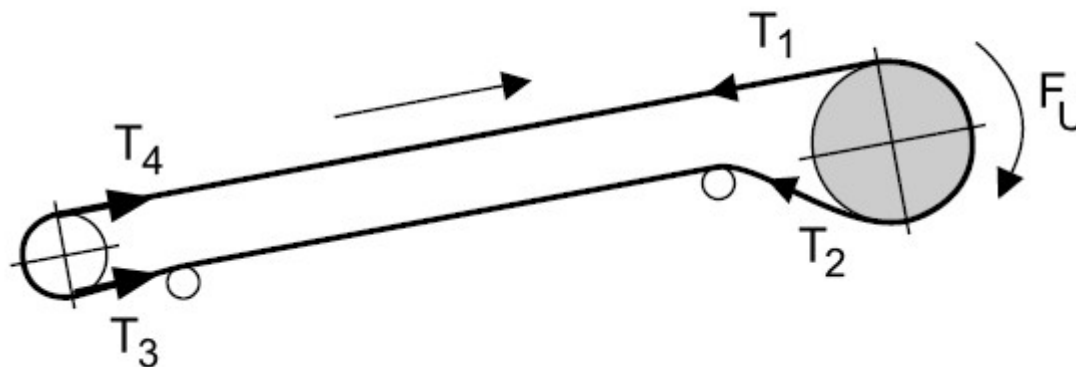


10. Cálculo de las tensiones en la banda

Transporte horizontal con accionamiento en cabeza

Esta disposición obedece al siguiente sistema de accionamiento:

Caso 2: Transporte ascendente
con accionamiento en cabeza



Las tensiones T_1 , T_2 , T_3 y T_4 tienen por valor:

$$T_2 = F_U \times \frac{1}{e^{\mu \cdot \alpha}} \quad (\text{N})$$

$$T_1 = T_2 + F_U \quad (\text{N})$$

$$T_3 = T_4 = T_2 + (F_I - H \times m'_G) \quad (\text{N})$$



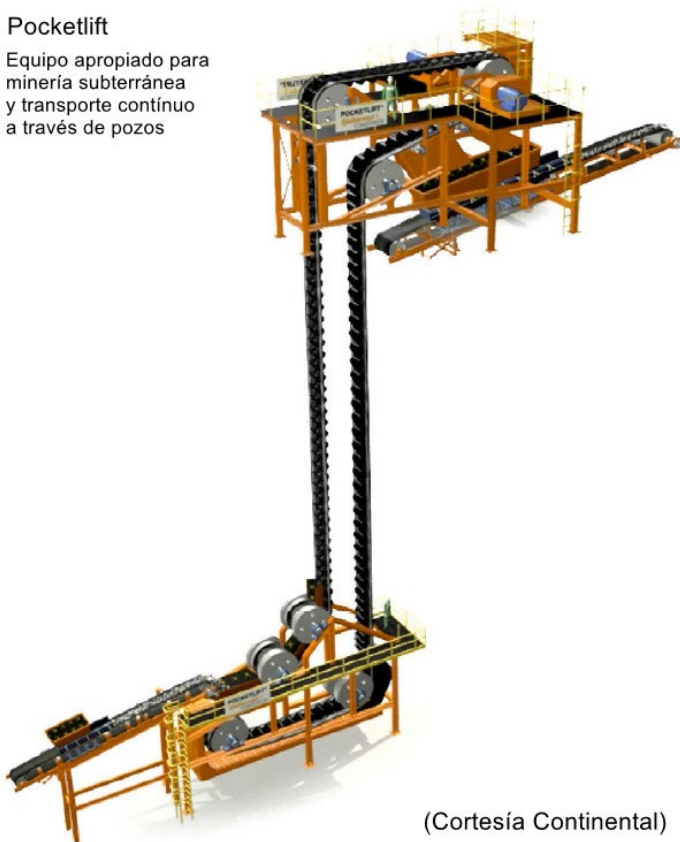
11. Otros tipos de cintas

Cintas de alta pendiente: Cintas bolsas o de compartimentos

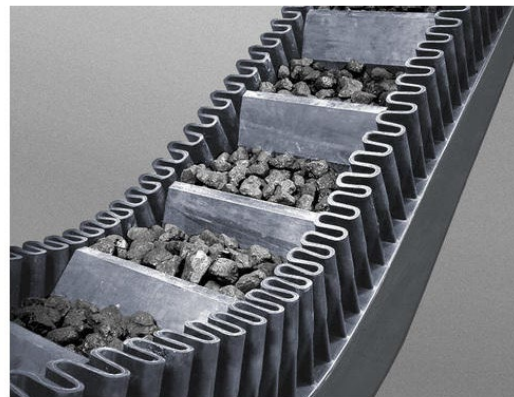
Cintas pensadas para vencer elevadas pendientes, con capacidades de hasta $7000 \text{ m}^3/\text{h}$ y anchuras de banda de hasta 2400 mm .

Pocketlift

Equipo apropiado para minería subterránea y transporte continuo a través de pozos



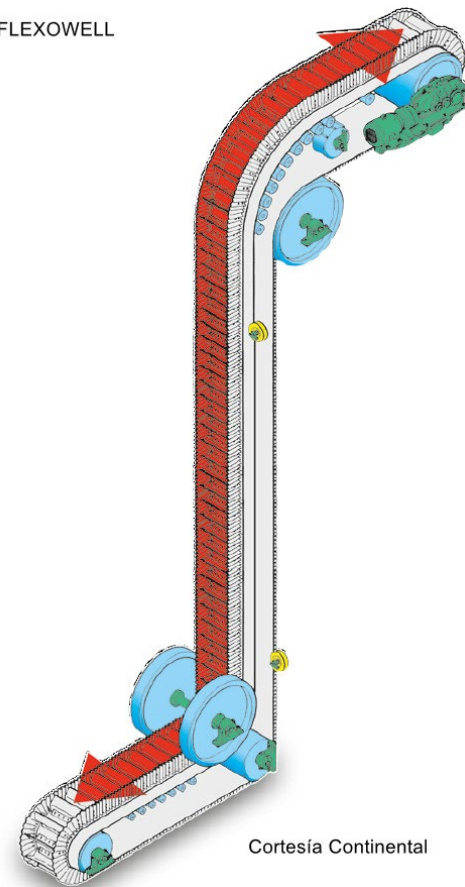
Cinta de compartimentos



Cortesía Continental (Flexowell)



FLEXOWELL



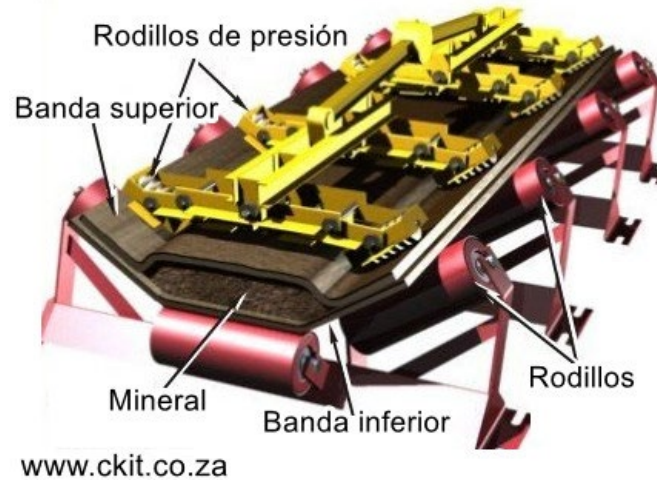


11. Otros tipos de cintas

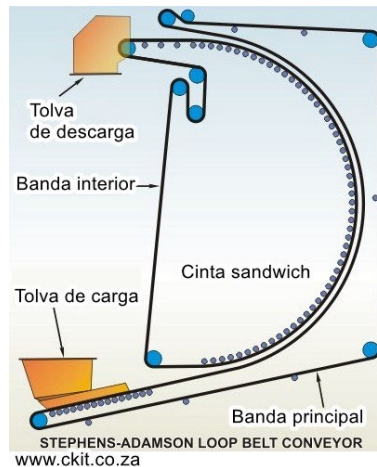
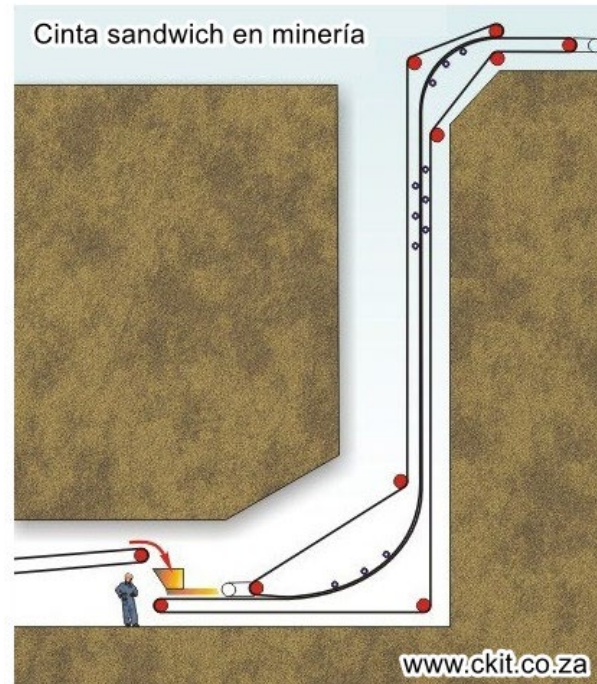
Cintas sandwich

Están constituidas por dos bandas que aprisionan el mineral a ser transportado. Interesante para elevar mineral en cortas a cielo abierto.

Cinta Sandwich HAC de Continental



Cinta sandwich



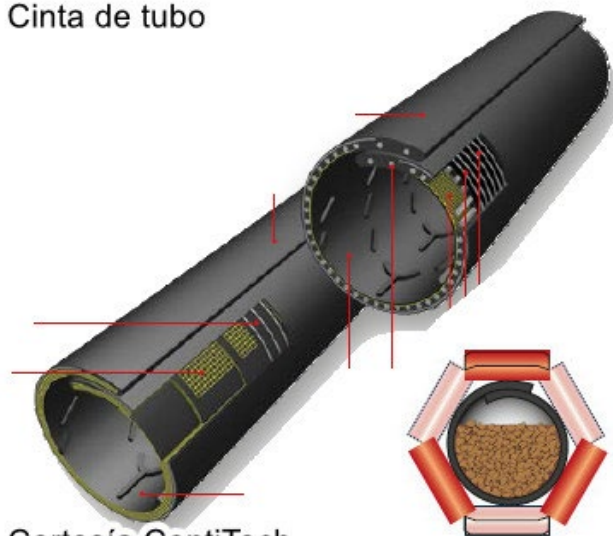


11. Otros tipos de cintas

Cintas tubo

Cintas cerradas para transportar materiales difíciles: frágiles, corrosivos o abrasivos.

Cinta de tubo



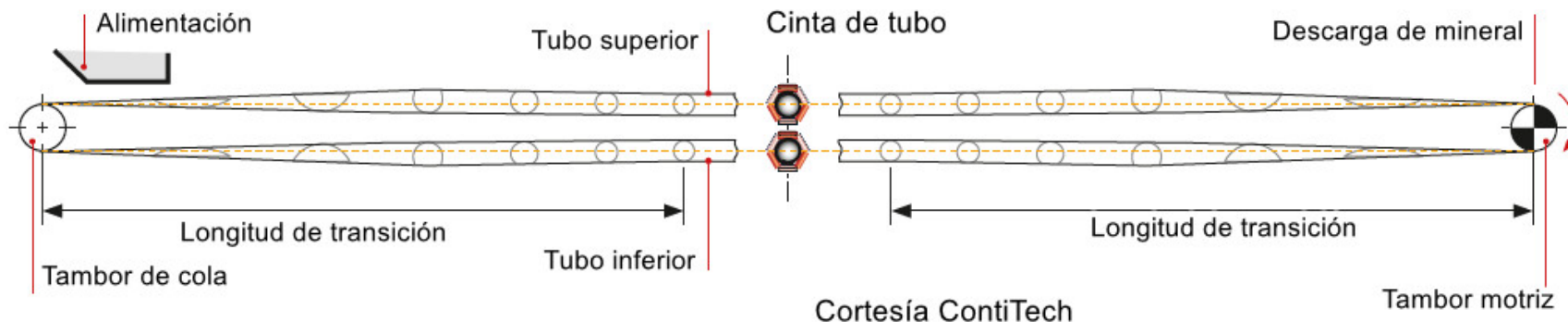
Cortesía ContiTech



Cortesía ContiTech



Cortesía ContiTech



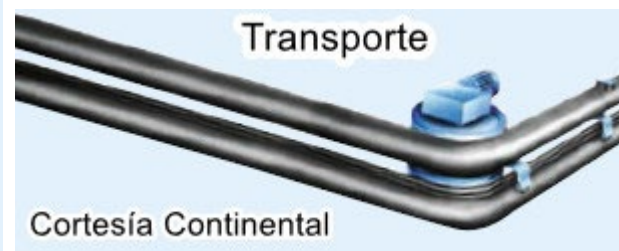
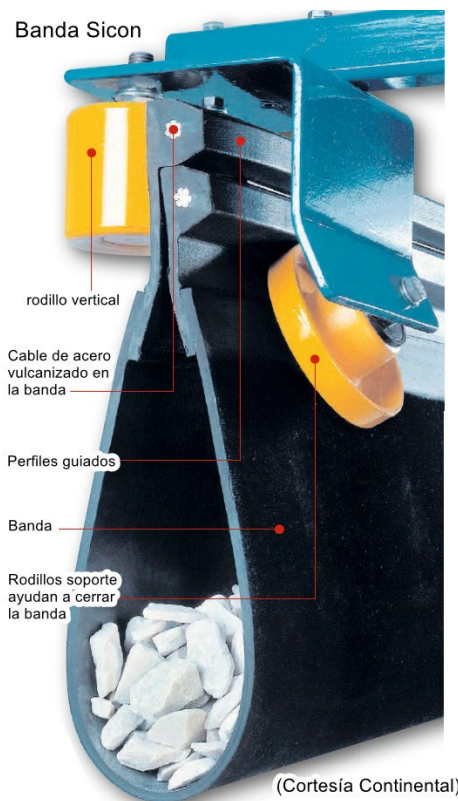
Cortesía ContiTech



11. Otros tipos de cintas

Cintas SICON

Es una variante de las cintas tubo y está diseñada para materiales granulares finos por debajo de los 70 mm y para pendientes de 20° - 25°.



Dynamic Analyst software de Overland Conveyor Company
(www.overlandconveyor.com).

beltanalyst v20.1.0

Loaded: 67 %
Edge Distance: 305 mm

Inputs

Width	2200 mm
Base Speed	5.08 m/sec
Actual Speed	5.40 m/sec
Load	21000 m/tp
Ambient Temp	30 °C

Starting

Time(Sec)	Torque
Accel	180.0 -3 %MFLT

Stopping

Time(Sec)	Torque
Drift	

Running Belt 600.1 N/mm
71.6 %

Takeup Belt Tension 655 kN
67 %

Total Power 2940 kW
-17.4 %

Friction Coefficient f CEMA 7th
f = 0.0166

Horizontal Length 1,687 m **Vertical Lift -54 m**

Sag **Run** **Accel** **Belt** **Drift** **Stopped** **Pulleys**

Horizontal Length (m) **Lift (m)** **Angle (degrees)** **Idler Selection** **Idler Spacing (m)** **Percent Loaded** **Skirting Length (m)** **Accel Lc (m/tp)**

Fit No	Description	Label	Horizontal Length (m)	Lift (m)	Angle (degrees)	Idler Selection	Idler Spacing (m)	Percent Loaded	Skirting Length (m)	Accel Lc (m/tp)
2	Carry		100.07	-0.28	-0.16	Carry	1.00	100	15.00	2100
3	Carry		25.99	-0.50	-1.11	Carry	1.00	100		
4	Carry		19.32	-1.80	-5.33	Carry	1.00	100		
5	Carry		24.65	-4.05	-9.32	Carry	1.00	100		
6	Carry		146.10	-25.64	-9.95	Carry	1.00	100		

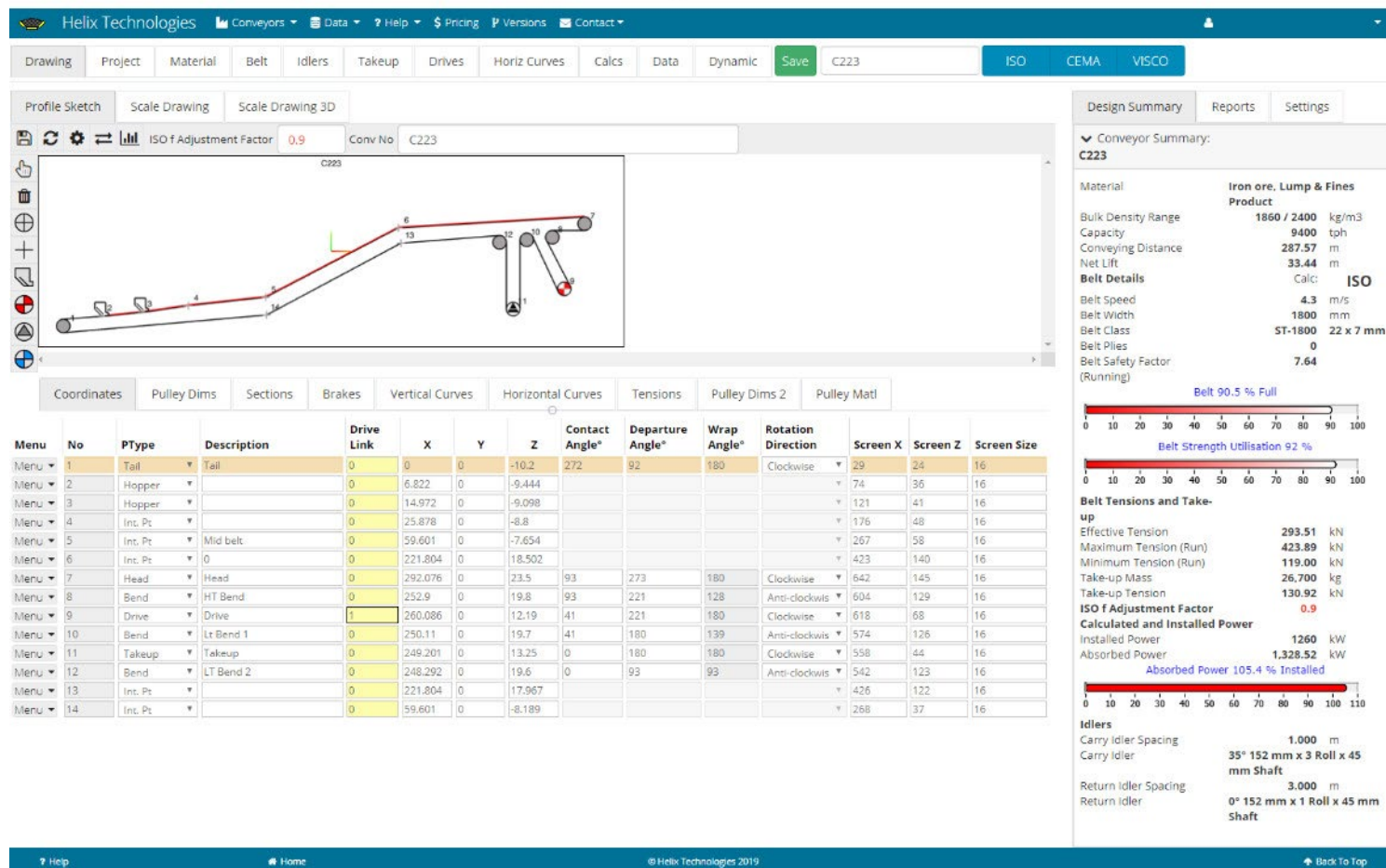


12. Cálculo de cintas transportadoras con programas de ordenador

Alguno de los programas de ordenador para cálculo de cintas serían:

Delta T Online Conveyor software de Helix Technologies
(www.helixconveyor.com).

Delta T Online Conveyor software de Helix Technologies



13. Referencias para consulta

