

Gasdelmas

NOTAS TECNICAS



CONSIDERACIONES GENERALES PARA LA DETERMINACIÓN DEL TIPO DE CADENA

Para una correcta elección del procedimiento de cálculo y selección de las cadenas de transporte, queremos llamar la atención sobre los siguientes puntos fundamentales:

- 1) TIPO DE TRANSPORTADOR
- 2) PESO TOTAL A DESPLAZAR
- 3) VELOCIDAD DE TRASLACIÓN DE LA CADENA
- 4) PASO DE LA CADENA
- 5) ALETAS DE LA CADENA
- 6) AMBIENTE DE TRABAJO
- 7) LUBRICACIÓN
- 8) CARGA DE ROTURA DE LA CADENA

1) TIPO DE TRANSPORTADOR

Los transportadores se dividen en dos categorías principales:

- a) cadenas de mallas deslizantes
- b) cadenas de rodillos

Dentro de esta clasificación, podemos distinguir también entre:

- a) transportadores horizontales
- b) transportadores inclinados
- c) transportadores verticales
- d) transportadores combinados.

2) PESO TOTAL A DESPLAZAR

Es el peso del material a transportar que carga sobre las cadenas de transporte y de los posibles accesorios (tablillas, tableros abisagrados, ejes de unión... etc..).

Es indispensable considerar también la distribución de la carga sobre el transportador, puesto que las consideraciones de cálculo relativas a la carga concentrada en superficies de apoyo reducidas son distintas de las consideraciones relativas a una carga distribuida de manera uniforme.

3) VELOCIDAD DE TRASLACIÓN DE LA CADENA

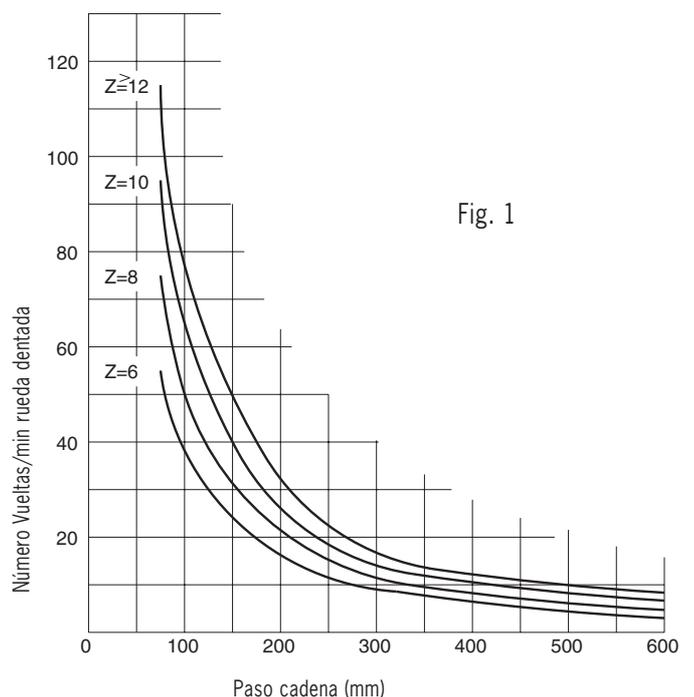
Es el espacio recorrido por la cadena en la unidad de tiempo. Es fundamental para la determinación de la capacidad del transportador y depende del paso de la cadena en función de los diámetros de las ruedas de mando y de renvío. El gráfico siguiente explica estas relaciones.

$$V = \frac{P \cdot Z \cdot n}{1000} \quad [\text{m/min}]$$

P = paso cadena (mm)

Z = número dientes

N = numero de vueltas rueda dentada (vueltas/min)



En las cadenas para el transporte, el límite máximo de velocidad es aproximadamente 50 m/min., con valores ideales entre 0 y 30 m/min. La velocidad de la cadena es muy importante para el fenómeno llamado oscilación ("Tirones") de las cadenas. Este fenómeno se evidencia con un avance irregular de la cadena constituido por una serie de avances rápidos intervalados por algunos segundos de deceleración. El fenómeno, que puede, en algunas ocasiones, comprometer la funcionalidad de las instalaciones de transporte, tiene muchas causas que actúan juntas. Una de las causas de la oscilación es el efecto poligonal debido al arrollamiento de las cadenas con las ruedas de mando y de renvio explicado en la figura 2, que determina aceleraciones y deceleraciones periódicas de la cadena.

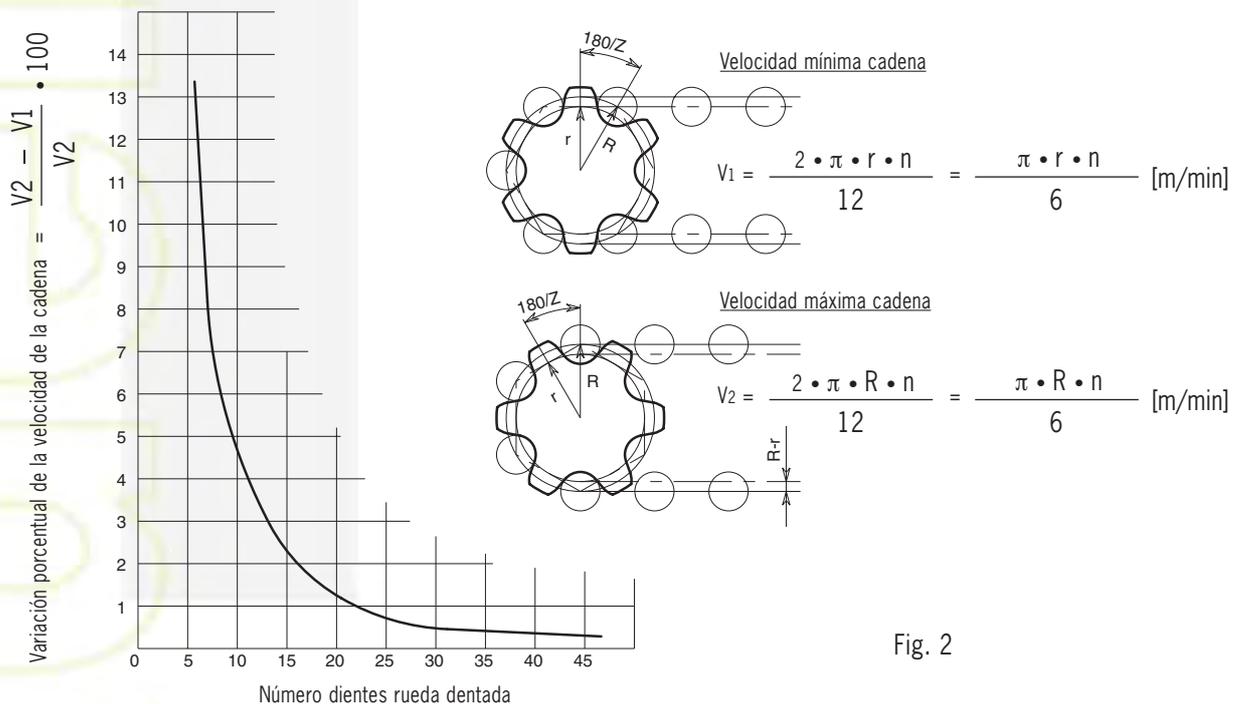
Otro factor importante es la variación del coeficiente de rozamiento de la cadena en función de la velocidad de avance de la cadena. A la vez si la cadena arrastra sobre las guías y si avanza gracias al efecto de la rodadura de los rodillos, puede darse el fenómeno de stick-slip rueda-desliza. En otras palabras, el rozamiento (en proximidad de la velocidad crítica para una instalación) -entre placas y guías o entre rodillo y casquillo está al límite entre rozamiento hidrodinámico y rozamiento en seco mucho mayor pasa periódicamente de una condición a otra. El efecto que se produce es el de pegado alternado con deslizamiento que tiene consecuencias directas para el avance irregular de la cadena.

Otro factor a considerar es el factor relativo a las propiedades elásticas del "sistema cadena".

Es importante considerar algunas condiciones operativas que favorecen o amplifican el fenómeno:

- Longitud del transportador superior a 80-100 m;
- Número de dientes de las ruedas inferior a 18-20 (Z);
- Baja velocidad de las cadenas. Para velocidades de 1,5-3 m/min., la oscilación es probable, con menos de 1,5 m/min. el fenómeno es generalmente seguro;
- Paso de la cadena mayor de 200 mm;
- Lubricación no apropiada, con productos no aptos y no realizada en los puntos correctos o en cantidades excesivas.

El gráfico siguiente evidencia la amplitud de la velocidad en porcentaje.



n = número vueltas/min rueda dentada

Z = número dientes rueda dentada

R = radio primitivo (m) rueda dentada

$$r = R \cdot \cos \frac{180^\circ}{Z} \text{ [m]}$$

Rr = amplitud de variación del efecto poligonal

Generalmente, el fenómeno de oscilación no influye con valores de variación porcentual alrededor de 1.

4) PASO DE LA CADENA

Es la distancia entre ejes, expresada en milímetros o en pulgadas, de dos ejes consecutivos de la cadena.

Es determinado por algunas características del transportador, es decir:

- velocidad de traslación de la cadena
- diámetro de las ruedas de mando y de renvio
- distribución de la carga sobre el transportador
- dimensiones de los posibles accesorios tablillas, tableros abisagrados, ejes de union...etc..

5) ALETA DE LA CADENA

Normalmente, está constituido por un angular soldado a las mallas de la o forma parte de la malla misma.

Tiene características definidas para dimensiones, formas y número por metro lineal gracias a la solución técnica de desplazamiento del material adoptada.

6) AMBIENTE DE TRABAJO

Es el espacio alrededor de la cadena considerado con todas sus características, es decir:

- grado de limpieza;
- temperatura;
- presencia de sustancias abrasivas;
- humedad/agentes atmosféricos;
- sustancias químicas agresivas;
- otro.

Estos factores determinan el dimensionamiento de la cadena, la calidad de los materiales de construcción, los juegos, las tolerancias de trabajo, los tratamientos superficiales y los coeficientes de seguridad a adoptar. Por lo que concierne el efecto temperatura, aquí proponemos una tabla con los factores de conversión de la carga de trabajo de las cadenas.

TABLA 1

| TEMPERATURA | CARGA DE TRABAJO CORRECTA |
|-----------------|--|
| -40° C ~ -20° C | (Máx. carga de trabajo admisible) x 0,25 |
| -20° C ~ -10° C | (Máx. carga de trabajo admisible) x 0,3 |
| -10° C ~ 160° C | (Máx. carga de trabajo admisible) x 1 |
| 160° C ~ 200° C | (Máx. carga de trabajo admisible) x 0,75 |
| 200° C ~ 300° C | (Máx. carga de trabajo admisible) x 0,5 |

Para todas las otras condiciones de ambiente, contacten nuestra Oficina Técnica.

7) LUBRICACIÓN

Tiene efecto sobre la determinación de los rozamientos a considerar para el cálculo del tiro y favorece la resistencia al deterioro, a la corrosión y a la oxidación de todos los componentes de la cadena.

Para la calidad de los productos y las modalidades de empleo, lean la página 1.7/2 donde hay una descripción detallada del sujeto.

8) CARGA DE ROTURA DE LA CADENA

Expresada en Newton (N), representa el valor de la carga en correspondencia de la rotura de la cadena.

Los datos del catálogo se refieren a pruebas ejecutadas a temperatura ambiente (aprox. 20°C). Cada carga de rotura tiene que ser interpretada como valor medio obtenido en base a una serie de pruebas. La horquilla de posible variación de la carga de rotura con referencia al valor medio indicado es de 5% (+ o -).



SELECCIÓN DEL TIPO DE CADENA EN FUNCIÓN DE LA FUERZA DE TRACCIÓN

La fuerza de tracción es el esfuerzo necesario para mover las cadenas, las partes mecánicas conectadas y la carga a transportar. A su determinación contribuyen, según la fórmulas explicadas más adelante, los factores siguientes:

- 1) PESO DEL MATERIAL TRANSPORTADO
- 2) PESO DE LAS CADENAS Y DE LOS POSIBLES SOPORTES TABLILLAS, TABLEROS ABISAGRADOS, EJES DE UNIÓN... ETC
- 3) COEFICIENTE DE ROZAMIENTO
- 4) FACTOR DE SERVICIO EN FUNCIÓN DE LA CARGA Y DE LAS HORAS DE FUNCIONAMIENTO
- 5) FACTOR DE ARROLLAMIENTO

El cálculo de la fuerza de tracción se desarrolla en dos fases:

- durante una fase preliminar, se determina el tipo de cadena a utilizar (peso de la cadena y coeficiente de rozamiento aproximados)
- durante la fase de verificación, el peso de la cadena y el coeficiente de rozamiento se sustituyen por los de la cadena seleccionada.

1) PESO DEL MATERIAL TRANSPORTADO = P1 KG

Vean el párrafo 2 del capítulo "Consideraciones generales para la determinación del tipo de cadena"

2) PESO DE LAS CADENAS = P (KG)

Es el peso total aproximado de todo el desarrollo de cadena en el cálculo preliminar: es el peso definitivo en el cálculo de verificación.

3) COEFICIENTE DE ROZAMIENTO

Es el valor que define la fuerza necesaria para vencer la resistencia al movimiento de dos cuerpos en contacto. Cuando las cadenas trabajan "Deslizando", en las vías de desplazamiento, rozamiento al deslizamiento "fr". La tabla siguiente contiene los valores de los coeficientes de rozamiento al deslizamiento.

TABLA 2

| CUERPOS EN CONTACTO | fr superficies secas | fr superficies lubr. |
|---|----------------------|----------------------|
| Cadenas en acero sobre guías en madera dura | 0,44 | 0,29 |
| Cadenas en acero sobre guías en acero | 0,30 | 0,20 |
| Cadenas en acero sobre guías ásperas u oxidadas | 0,35 | 0,25 |
| Cadenas en acero sobre guías en polietileno a densidad alta y peso molecular muy alto | 0,18 | 0,05 |

Cuando las cadenas ruedan sobre su propios rodillos, sobre las vías de desplazamiento, hay rozamiento de deslizamiento y de rodadura combinados "fv". El valor del coeficiente de rodadura en el cálculo preliminar es $f_v = 0,2$, en el cálculo de verificación su valor es:

$$f_v = C \cdot \frac{d}{D} + \frac{b}{D}$$

con:

d = diámetro exterior casquillo (mm) (D5 en las tablas del catálogo)

D = diámetro exterior rodillo (mm) (D1, D2 o D4 en las tablas del catálogo)

b = coeficiente experimental para la determinación del rozamiento de rodadura que depende de la naturaleza de los materiales en contacto y del grado de trabajo de las superficies relativas:

= 1 para rodillo en acero sobre guías en acero con superficie lisa

= 2 para rodillo en acero sobre guías en acero con superficie rugosa

C = coeficiente de rozamiento deslizante entre casquillo y rodillo según los valores de la tabla siguiente.



TABLA 3

| CUERPOS EN CONTACTO | Sin lubricación "C" | Con lubricación "C" |
|--|---------------------|---------------------|
| Rodillo en acero sobre casquillo en acero | 0,25 | 0,15 |
| Rodillo encasquillado sobre casquillo en acero | == | 0,13 |
| Rodillo en nylon sobre casquillo en acero | 0,15 | 0,10 |

IMPORTANTE

Cuando empieza el movimiento, el coeficiente de rozamiento (rozamiento estatico) puede presentar un valor de 1,5 hasta 3 veces más grande del coeficiente de rozamiento dinamico.

Para que el rodillo rode correctamente, su diámetro exterior tiene que ser al menos 2,5 veces superior al diámetro exterior del casquillo.

4) FACTOR DE SERVICIO = FS

Es un coeficiente de corrección de la fuerza de tracción que depende de las condiciones y de las características de funcionamiento del transportador. La tabla siguiente contiene los valores de Fs relativos a las aplicaciones más comunes.

TABLA 4

| CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO | Fs |
|---|-----------------|
| Colocación de la carga - equilibrada - no equilibrada | 1 1,2 |
| Características de la carga - uniforme: entidad de sobrecarga inferior a 5% - con variaciones mínimas: entidad de sobrecarga 5-20% - con variaciones fuertes: entidad de sobrecarga 20-40% | 1 1,2 1,5 |
| Nº de arranques-paradas - inferiores a 5 cada día - de 5 cada día a 2 cada hora - más de 2 cada hora | 1 1,2 1,5 |
| Ambiente de trabajo - bastante limpio - bastante polvoroso o sucio - húmedo, muy sucio o corrosivo | 1 1,2 1,3 |
| Horas de funcionamiento cada día - hasta 10 - más de 10 | 1 1,2 |

El valor de FS a utilizar en el cálculo de la fuerza de tracción es el producto de los valores parciales (Fs) que corresponden a cada condición de funcionamiento individual.

5) FACTOR DE ARROLLAMIENTO – FA

Es un coeficiente de corrección de la fuerza de tracción que aumenta a causa de la resistencia de roce debida al arrollamiento de las cadenas sobre las ruedas de mando y de contramarcha.

FA = 1,05 para ruedas dentadas sobre palieres de deslizamiento
= 1,03 para ruedas dentadas sobre cojinetes

La suma de todos los productos, obtenidos multiplicando FA por la fuerza de tracción registrada en cada punto de arrollamiento, determina la nueva fuerza de tracción global.

No es oportuno considerar el factor FA en las fórmulas de cálculo siguientes debido a la incidencia omisible sobre los transportadores elementales ilustrados.



a) transporte horizontal con cadenas arrastrantes

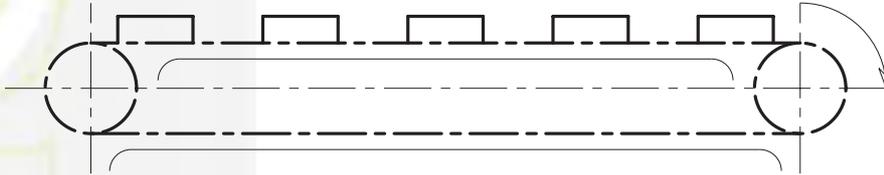


Fig. 3

$$T = 9,81 \frac{(P+P1) \cdot fr \cdot FS}{\text{Número cadenas}} \text{ [N]}$$

b) transporte horizontal con cadenas con rodillos

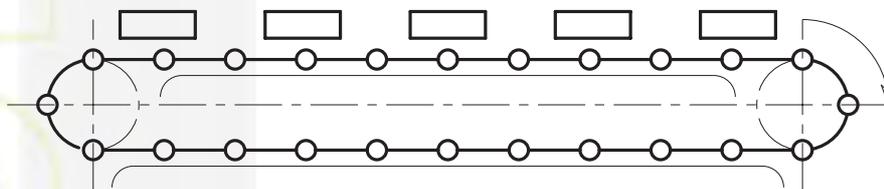


Fig. 4

$$T = 9,81 \frac{(P+P1) \cdot fv \cdot FS}{\text{Número cadenas}} \text{ [N]}$$

c) transporte inclinado con cadenas arrastrantes

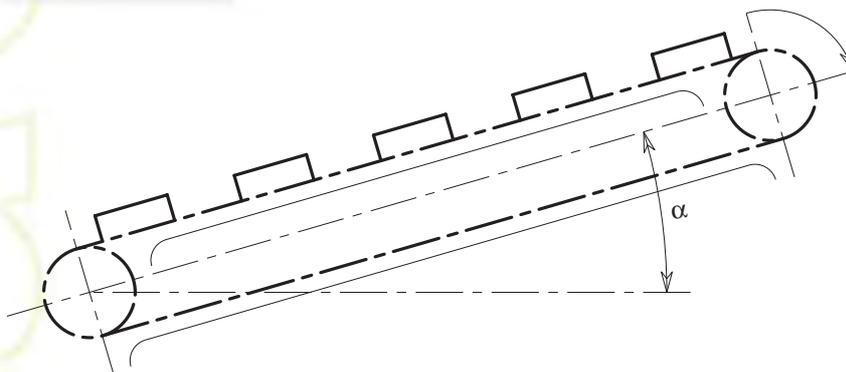


Fig. 5

$$T = 9,81 \frac{[\cos\alpha (P+P1) \cdot fr + \text{sen}\alpha \cdot P1] \cdot FS}{\text{Número cadenas}} \text{ [N]}$$

d) transporte inclinado con cadenas con rodillos

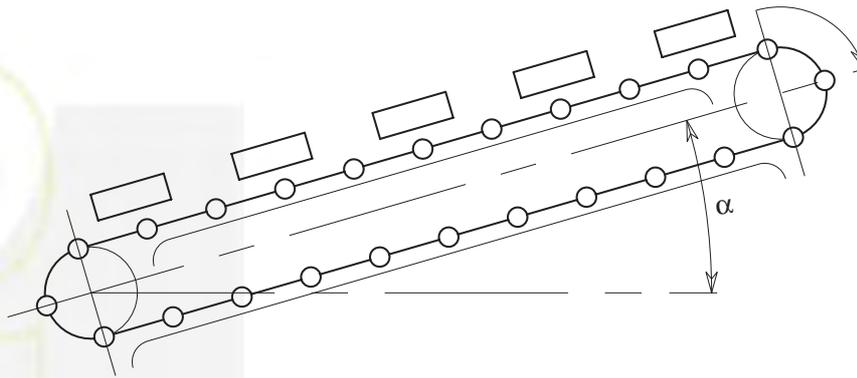


Fig. 6

$$T = 9,81 \frac{[\cos\alpha (P+P1) \cdot fv + \text{sen}\alpha \cdot P1] \cdot FS}{\text{Número cadenas}} \text{ [N]}$$

e) transporte vertical

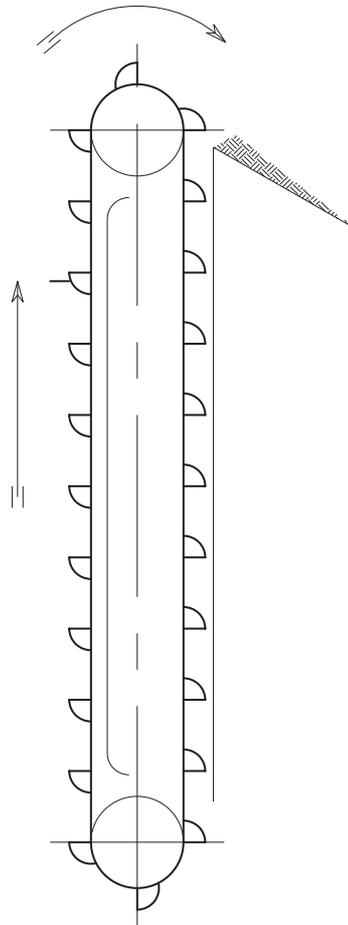


Fig. 7

$$T = 9,81 \frac{(P/2+P) \cdot FS}{\text{Número cadenas}} \text{ [N]}$$

NOTA:

La soluciones verticales distintas de la solución de la figura 7 tienen consideraciones y procedimientos de cálculo distintos. Nuestra Oficina Técnica está a Su disposición.



FÓRMULAS DE CÁLCULO DE LA FUERZA DE TRACCIÓN PARA TRANSPORTADORES DE ARRASTRE

En el cálculo de la fuerza de tracción sobre las cadenas de los transportadores de arrastre, además de los símbolos ya conocidos, hay que considerar también los siguientes:

| | | |
|----------|---|--|
| f_m | = | coeficiente de roce entre producto transportado y canal de retención – tabla 5 |
| L | = | longitud del transportador cargado (m) |
| Q | = | cantidad del producto a transportar (T/h) |
| H | = | altura del canal de transporte (m) |
| B | = | ancho del canal de transporte (m) |
| β | = | grado de llenado del canal de transporte 0,5 – 0,6 |
| γ | = | peso específico del material transportado (T/m ³) – tabla 5 |
| V | = | velocidad de traslación de la cadena (m/s) |

TABLA 5

| MATERIAL TRANSPORTADO | Peso específico γ . [T/m ³] | Coeficiente de roce f_m |
|----------------------------|--|---------------------------|
| Avena | 0,45 | 0,7 |
| Trigo | 0,75 | 0,4 |
| Maíz | 0,8 | 0,4 |
| Cebada seca | 0,45 | 0,7 |
| Centeno | 0,65 | 0,4 |
| Arroz | 0,75 | 0,4 |
| Semillas de lino | 0,7 | 0,4 |
| Malta seca | 0,4 | 0,4 |
| Harina de trigo | 0,7 | 0,4 |
| Harina de maíz | 0,65 | 0,4 |
| Azucar refinado en polvo | 0,8 | 0,5 |
| Cemento | 1,00 | 0,9 |
| Carbón antracita en trozos | 0,7÷0,9 | 0,4 |
| Carbón coque | 0,5 | 0,7 |
| Arcilla seca | 1,6 | 0,7 |
| Ceniza | 0,6 | 0,6 |
| Grava KLINKER de cemento | 1,3 | 0,8 |

** Valores indicativos

a) transporte horizontal con cadenas arrastrantes

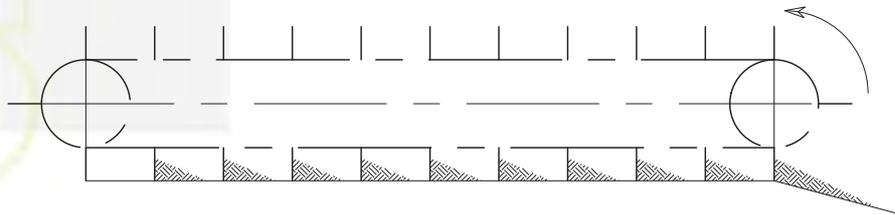


Fig. 8

$$T = 9,81 \frac{[(P \cdot f_r + P1 \cdot f_m) \cdot FS]}{\text{Número cadenas}} \text{ [N]}$$

Donde P puede ser calculado de la manera siguiente:

a) $P1 = H \cdot B \cdot L \cdot \beta \cdot \gamma \cdot 1000 \text{ [kg]}$

b) $P1 = \frac{L \cdot Q}{3,6 \cdot v} \text{ [kg]}$

si no se conoce Q: $Q = H \cdot B \cdot \beta \cdot \gamma \cdot v \cdot 3600 \text{ [T/h]}$

b) transporte horizontal con cadenas con rodillos y palas de arrastre

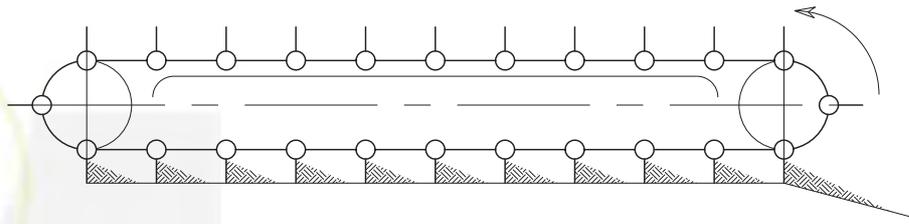


Fig. 9

$$T = 9,81 \frac{[(P \cdot fr + P1 \cdot fm) \cdot FS]}{\text{Número cadenas}} \text{ [N]}$$

Donde P puede ser calculado de la manera siguiente:

a) $P1 = H \cdot B \cdot L \cdot \beta \cdot \gamma \cdot 1000 \text{ [kg]}$

b) $P1 = \frac{L \cdot Q}{3,6 \cdot v} \text{ [kg]}$

si no se conoce Q: $Q = H \cdot B \cdot \beta \cdot \gamma \cdot v \cdot 3600 \text{ [T/h]}$

INDIVIDUACIÓN DEL TIPO DE CADENA A UTILIZAR

Una vez determinado el esfuerzo máximo de tracción, el dimensionamiento correcto de las cadenas tendrá que considerar las sollicitaciones admisibles para los materiales de construcción.

En general, ya con un valor de carga de trabajo de 2/3 de la carga de ruptura de la cadena, los materiales son sollicitados más allá del límite de "deformación permanente" (0,2% de alargamiento).

Por eso, se aconseja utilizar una carga de rotura de la cadena al menos 8 veces superior al esfuerzo máximo de tracción. Esta relación se define "COEFICIENTE DE SEGURIDAD". Condiciones de trabajo muy gravosas, con esfuerzos de tracción difícilmente cuantificables en su variaciones, requieren coeficientes de seguridad adecuados. Nuestra Oficina Técnica está a Vuestra disposición para determinarlos.

Una vez identificado el tipo de cadena a utilizar, en particular si es necesario desplazar cargas concentradas sobre superficies reducidas del transportador, hay que verificar también los valores de presión específica entre rodillos-casquillos y casquillos-ejes.

El cálculo de la fuerza de tracción, en estas condiciones de carga particulares, no siempre es suficiente para determinar el tipo de cadena a utilizar. Si los valores de presión específica relevados superan los valores admisibles descritos en las tablas 6-7, es necesario utilizar una cadena con superficies de contacto más grandes entre rodillos-casquillos y casquillos-ejes, para tener una carga más pequeña por unidad de superficie.

Cálculo de la presión específica:

a) presión específica sobre el rodillo = $\frac{P}{L \cdot Dr} \left[\frac{\text{kgf}}{\text{mm}^2} \right]$

b) presión específica sobre el eje = $\frac{T}{Lb \cdot Dp} \left[\frac{\text{kgf}}{\text{mm}^2} \right]$

Donde:

- P = carga (kg) soportada por cada rodillo
- T = esfuerzo de tracción real sobre la cadena (kg)
- L = longitud agujero rodillo (mm)
- Lb = longitud total casquillo (mm)
- Dr = diámetro agujero rodillo (mm)
- Dp = diámetro exterior eje (mm)



MÁXIMAS PRESIONES ESPECÍFICAS ADMISIBLES

TABLA 6

| MATERIALES EN CONTACTO | | Presión específica máxima Kgf/mm ² |
|------------------------|------------------|--|
| CASQUILLO | PERNO | |
| Acero cementado | Acero cementado | 2,5 |
| Acero cementado | Acero templado | 2,1 |
| Fundición | Acero cementado | 1,75 |
| Acero inoxidable | Acero inoxidable | 1,2 |
| Bronce | Acero cementado | 1 |

TABLA 7

| MATERIALES EN CONTACTO | | Presión específica máxima Kgf/mm ² |
|------------------------|------------------|--|
| RODILLO | CASQUILLO | |
| Acero cementado | Acero cementado | 1 |
| Acero templado | Acero cementado | 1 |
| Fundición | Acero cementado | 0,70 |
| Bronce | Acero cementado | 0,60 |
| Polietileno A.D. | Acero cementado | 0,1 |
| Acero inoxidable | Acero inoxidable | 0,40 |
| Fundición | Bronce | 0,28 |

CÁLCULO DE LA POTENCIA REQUERIDA POR EL EJE MOTRIZ

Una vez determinada la fuerza de tracción total del transportador, aconsejamos el procedimiento siguiente para el cálculo de la potencia requerida por el eje motriz:

$$M_t = T \cdot \frac{d_p}{2} \text{ [kgm]} \quad M_t = 716,2 \cdot \frac{N}{n} \text{ [kgm]}$$

donde:

- M_t = momento torsor (kgm)
- N = potencia (CV - KW)
- n = número vueltas/min de la rueda motriz del transportador
- T = fuerza de tracción de todas las cadenas (kg)
- d_p = diametro primitivo de la rueda motriz (m)

De las dos relaciones de los momentos podemos afirmar que:

$$T \cdot \frac{d_p}{2} = 716,2 \cdot \frac{N}{n}$$

De que se obtiene:

$$N = \frac{T \cdot d_p \cdot n}{2 \cdot 716,2} \text{ [CV]}$$

o

$$N = \frac{T \cdot d_p \cdot n}{2 \cdot 973,8} \text{ [KW]}$$

El valor de potencia teórico tendrá que ser corregido en función de los rendimientos mecánicos de los componentes de la transmisión del movimiento (motores – reductores – correas etc.).



LUBRICACIÓN DE LAS CADENAS

La lubricación de las cadenas es necesaria para 4 razones fundamentales:

- 1) REDUCCIÓN DEL COEFICIENTE DE ROZAMIENTO
- 2) LIMITACIÓN DEL DETERIORO DE LA CADENA Y AHORRO ENERGÉTICO
- 3) PREVENCIÓN DE LA CORROSIÓN
- 4) FUNCIONAMIENTO CORRECTO DE LA CADENA

1) REDUCCIÓN DEL COEFICIENTE DE ROZAMIENTO

En general, el rozamiento puede ser definido como la resistencia mecánica que se genera durante el movimiento relativo entre dos superficies. Primero, hay que distinguir entre rozamiento estático y rozamiento dinámico.

El primero, también llamado oposición al movimiento, representa la resistencia al movimiento relativo entre dos superficies a causa del efecto de fuerzas exteriores. La experiencia muestra que para obtener el movimiento de un cuerpo de peso P apoyado en un plano, la fuerza F necesaria tiene que sobrepasar el valor de la resistencia de rozamiento estático R_s obtenido por el producto de P y del coeficiente de rozamiento estático μ . El rozamiento dinámico representa la resistencia cuando se conserva el movimiento relativo que se produce entre dos superficies a causa del efecto de fuerzas exteriores. La experiencia muestra que la resistencia a vencer para conservar el movimiento siempre es inferior a la resistencia necesaria para originarlo. La resistencia de rozamiento dinámico R_d se obtiene con el producto de P y del coeficiente de rozamiento dinámico f .

$R_s = P \cdot \mu$ Resistencia de rozamiento estático o oposición al movimiento

$R_d = P \cdot f$ Resistencia de rozamiento dinámico

En los casos más comunes, μ es 1,5-3 veces superior a f .

Los aceites y las grasas utilizados como lubricantes forman películas superficiales, a nivel molecular, que se pegan a las superficies de contacto. Estas capas muy sutiles pueden presentar resistencias elevadas a la remoción y reducir muy bien el rozamiento también en presencia de presiones elevadas. Es el caso, por ejemplo, del rozamiento untuoso o rozamiento límite.

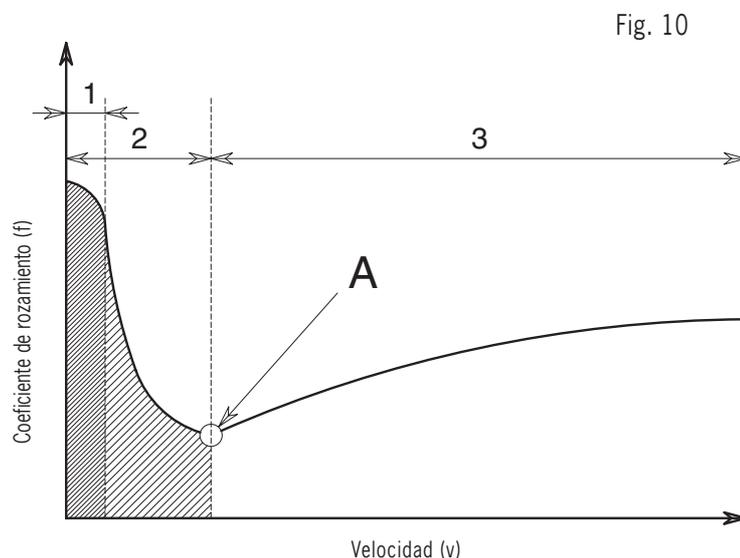
El lubricante tiene una acción mucho más fuerte en la lubricación hidrodinámica verdadera (rozamiento mediado) que es la interposición entre las superficies arrastrantes de una película constante de lubricante con un espesor suficiente para eliminar el contacto directo entre las dos partes. Entre las condiciones de rozamiento untuoso y rozamiento mediado pueden verificarse las condiciones de rozamiento combinado, donde las superficies arrastrantes están en contacto parcial entre sí.

(v. Fig. 10, Curva de Stribeck).

En el caso de las cadenas, es difícil crear las condiciones para la lubricación hidrodinámica. El rozamiento que se verifica es normalmente untuoso o combinado.

LEYENDA:

- 1 - Rozamiento límite
- 2 - Rozamiento combinado
- 3 - Rozamiento mediado
- 4 - Punto de conversión (paso a la lubricación hidrodinámica)



2) LIMITACIÓN DEL DETERIORO DE LA CADENA Y AHORRO ENERGÉTICO

En la cadena, el movimiento relativo eje-casquillo y casquillo-rodillo, si no hay una película lubricante, determina, a causa del contacto directo de las superficies, una abrasión progresiva de las puntas de rugosidad de las superficies y, más tarde, de las superficies mismas. Esta condición favorece el precoz deterioro de la cadena y aumenta la resistencia de rozamiento que el motor de mando tendrá que vencer.

La presencia de una película lubricante adecuada evita el contacto directo de las superficies metálicas y elimina estos problemas.

La figura 11 representa, desde el punto de vista de la calidad, el alargamiento porcentual de una cadena debido a deterioro, en función del tiempo de funcionamiento y del tipo de lubricación.

Las curvas tienen que ser interpretadas de la manera siguiente:

- representa la condición de funcionamiento en seco de la cadena
- muestra la característica de alargamiento de una cadena pre-lubricada por el constructor y después abandonada al funcionamiento en seco
- representa el caso en que el intervalo de re-lubricación es demasiado largo y se verifican regularmente periodos de funcionamiento en seco
- representa la condición de lubricación inadecuada a causa de una cantidad demasiado reducida o de la no-idoneidad del producto utilizado
- lubricación óptima.

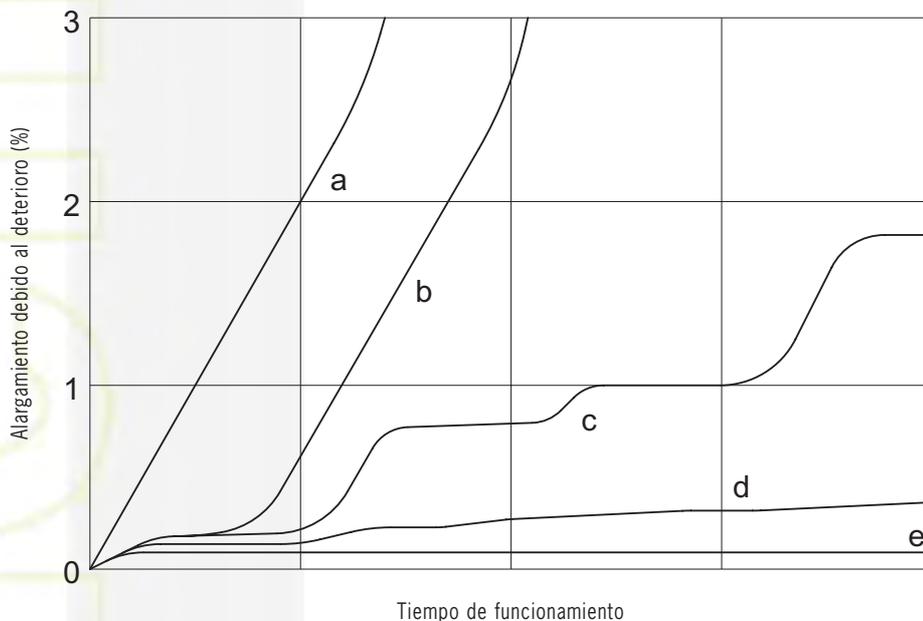


Fig. 11

3) PREVENCIÓN DE LA CORROSIÓN

Todos los metales no protegidos se oxidan.

El fenómeno puede ser acentuado por condiciones de funcionamiento particulares, como:

- temperaturas elevadas
- humedad elevada
- presencia de sustancias químicas agresivas

La oxidación es una verdadera amenaza para la duración de la cadena

La presencia de una película lubricante sobre las superficies de los componentes de la cadena, interpuesta entre la cadena y el ambiente exterior, previene la formación de óxido y la iniciación de la corrosión. La eficacia de esta protección puede ser mejorada por la presencia, al interior del lubricante, de inhibidores de corrosión.

4) FUNCIONAMIENTO CORRECTO DE LA CADENA

Como todos los órganos mecánicos en movimiento, también la cadena tiene que ser lubricada. Hay otra ventaja: una lubricación correcta evita molestos ruidos de funcionamiento y asegura una duración casi ilimitada de la cadena.

ELECCIÓN DEL LUBRICANTE

El objetivo de cada utilizador –es decir, poder resolver todos los problemas de lubricación con un único producto- todavía no ha sido logrado. Hay muchos parámetros que determinan la elección del lubricante: el parámetro fundamental es, sin duda, la temperatura de trabajo de la cadena, en función de la cual se pueden dividir cuatro zonas:

- a) temperatura baja de - 40°C a 15°C
- b) temperatura normal de 15°C a 110°C
- c) temperatura alta de 110°C a 250°C
- d) temperatura altísima más de 250°C

A) TEMPERATURA BAJA (DE – 40°C A 15°C)

Se necesita utilizar un lubricante, normalmente sintético, con viscosidad muy baja. En los casos en que no se pueda aceptar el inevitable goteo de los productos fluidos, hay que utilizar grasas o dispersiones de grasas en solventes oportunos. Para estos usos, aconsejamos el aceite KLÜBERSYNTH UH14-68N y la grasa ISOFLEX NBU 15 (KLUBER LUBRICATION).

B) TEMPERATURA NORMAL (HASTA 110°C CON PUNTAS HASTA 150°C)

Representa la condición de trabajo más generalizada y más fácil a resolver.

No aconsejamos el uso de aceites minerales. Aconsejamos utilizar productos específicos para cadenas, con aditivos especiales para evitar el goteo y mejorar la capilaridad. Un producto con estos requisitos es la grasa fluida STRUCTOVIS FHD (KLUBER LUBRICATION). Las propiedades especiales de este producto son la adhesividad elevada, que reduce mucho la posibilidad de goteo, y la baja tensión superficial, que permite eliminar las gotas de fluidos presentes en la superficie metálica, asegurando una lubricación perfecta también en condiciones gravosas.

C) TEMPERATURA ALTA (DE 100°C A 250°C)

Dentro de este intervalo de temperatura, se necesita utilizar aceites sintéticos puesto que presentan una estabilidad térmica mucho mayor de la de los aceites minerales. Normalmente se prefieren los aceites que contienen combinaciones de pigmentos sólidos a base de grafito o bisulfuro de molibdeno que aseguran al producto características de lubricación de emergencia y que aumentan la posibilidad de carga (valor de presión específica admisible). Con estos aceites, la calidad de los aditivos presentes es fundamental para prevenir la formación de capas dañosas en las lubricaciones sucesivas y en la cadena. Resultados muy buenos han sido obtenidos con el aceite sintético SYNTHESCO (KLUBER LUBRICATION). Característica particular es la tendencia reducida a la formación de humos, de todas las maneras (NO TOXICOS).

D) TEMPERATURA ALTÍSIMA (MÁS DE 250°C)

En estas condiciones de temperatura no es posible realizar una lubricación fluida.

Hay que elegir suspensiones sólidas en un excipiente sintético que, después de su evaporación, puedan asegurar una lubricación en seco de larga duración. En este caso, la formación de humos es inevitable. Hay que hacer mucha atención a la modalidad de aplicación correcta del lubricante que tiene que ser realizada donde la cadena presenta la temperatura más baja posible. Una solución eficaz para estos problemas la ofrece la suspensión WOLFRAKOTE TOP FLUID 5 (KLUBER LUBRICATION).

LIMPIEZA DE LA CADENA

Esta operación, junto a la lubricación, es una condición necesaria para asegurar el funcionamiento correcto de la cadena. La lubricación misma puede resultar completamente ineficaz si las partes a lubricar no han sido bien limpiadas antes.



Es oportuno limpiar las cadenas al menos en los siguientes casos:

- antes de periodos de bloqueo prolongados, por ejemplo antes de las vacaciones, se aconseja limpiar la cadena y después aplicar un producto protector oportuno,
- cuando la suciedad sobre las cadenas no puede ser eliminada con los métodos normalmente utilizados para la cadena montada en la instalación,
- cuando el producto utilizado para la re-lubricación y el lubricante de trabajo todavía presente sobre la cadena no pueden ser mezclados.

El procedimiento aconsejado para la limpieza es el siguiente:

- 1) eliminen la suciedad más evidente utilizando cepillos o trapos,
- 2) laven la cadena con un disolvente para disolver el lubricante,
- 3) sumergan la cadena durante algunas horas en un disolvente para disolver el lubricante y después la muevan para facilitar la eliminación de los residuos.

Si no es posible obrar con la máquina parada, se aconseja aplicar el lubricante de trabajo en dilución 1:1 con el detergente. Sin embargo, cada situación individual tiene que ser analizada con los técnicos de la lubricación.

PRE-LUBRICACIÓN

La operación de pre-lubricación de las cadenas se hace con el lubricante especial STRUCTOVIS FHD producto por KLUBER LUBRICATION. Este fluido con estructura viscosa es distinto de los lubricantes tradicionales para cadenas, puesto que tiene las características siguientes:

- densidad elevada (para evitar el goteo)
- repelencia al agua
- propiedades antideterioro muy buenas
- excepcional estabilidad de envejecimiento
- estabilidad térmica muy buena hasta 150°C

| STRUCTOVIS FHD – Características químicas y físicas | | |
|---|--------------|--------------|
| Densidad a 20°C (g/cm ³) | DIN 51757 | aprox. 0,890 |
| Viscosidad cinemática [mm ² /sec] | DIN 51561 | |
| | at 40° C | 145 |
| | at 50° C | 86 |
| | at 100° C | 15 |
| Indice de visosidad | ISO 2909 | 100 |
| Punto de inflamabilidad (°C) | DIN 51376 | >250 |
| Punto de congelación (°C) | DIN ISO 3016 | -12 |

KLÜBER Lubrication Italia es, desde 1966, la sociedad correspondiente directa de KLÜBER Lubrication Munchen KG de Munich de Baviera, presente en todo el mundo con 20 talleres de producción y más de 50 representaciones.

KLÜBER Italia está presente en el mercado con una amplia gama de lubricantes especiales que pueden satisfacer toda exigencia de lubricación.

KLÜBER Lubrication Italia tiene las certificaciones ISO 9002, ISO 14001 y EMAS.

Los Lubricantes KLÜBER estan disponibles en toda Europa.

KLÜBER Lubrication Italia s.a.s.

Via Monferrato, 57

20098 S.Giuliano Milanese (MI) Italia

Tel. 02-98213.1 - Fax 02-98.28.15.95

Klita@it.klueber.com



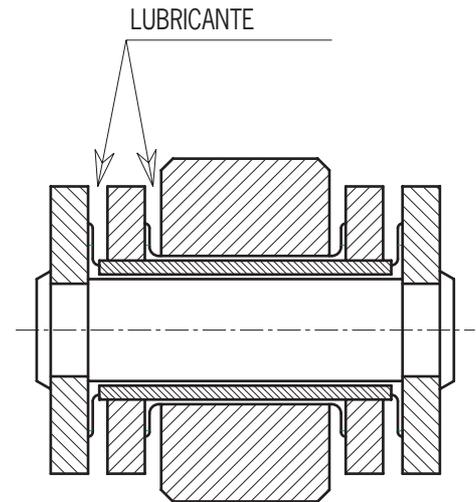
SISTEMAS DE LUBRICACIÓN

Se aconseja suministrar los lubricantes con dispositivos automáticos. Este método evita el funcionamiento en seco accidental de la cadena y al mismo tiempo asegura una dosificación óptima de lubricante, reduciendo el riesgo de lubricación excesiva y del consiguiente goteo del producto.

El lubricante pulverizado, vaporizado etc. tiene que ser colocado en los lados del rodillo y en las mallas, en correspondencia del eje, para que pueda penetrar en toda la articulación de la cadena.

En general, utilizando un lubricante idóneo, con capacidad lubricante elevada, no es necesario que la cadena sea mojada, sino simplemente humectada. En relación a los intervalos de lubricación y a las cantidades de producto a aplicar, no es posible dar indicaciones generales.

Cada caso tiene que ser verificado individualmente.



CONCLUSIONES

Las indicaciones descritas antes no pretenden acabar el sujeto en cuestión, puesto que los problemas debidos a las distintas aplicaciones son muchísimos. La finalidad de esta disertación es la de poner en evidencia la importancia del sujeto, a veces ignorado, a menudo subestimado y raramente considerado como determinante.

Todos sus problemas pueden ser enfocados y resueltos con la ayuda de nuestros técnicos.

CODIFICACIÓN DE LAS CADENAS

Para poder utilizar un mismo lenguaje técnico que no genere interpretaciones erróneas, aconsejamos adoptar una terminología común en la identificación de las cadenas.

Para hacer la exposición más simple, consideramos separadamente el tipo de cadena y el tipo de enganche.

TIPO DE CADENA

a) en general, se define por el "Número cadena" que sintetiza todas las características relativas a las dimensiones: paso, anchura interior, diámetro rodillo etc.

Ejemplo:

Cadena N. 352 – N. C2080R – N. 400C

b) en particular, las cadenas "no unificadas en pulgadas", "serie DIN 8167" y "serie DIN 8165" se definen, además que con el "número cadena", con una letra que identifica la solución con casquillo (A) o con rodillo pequeño (B) o con rodillo grande (C), o con rodillo con pestaña (D) y con el número que especifica el paso de la cadena, puesto que en esta serie a un mismo número de cadena corresponden pasos distintos.

Ejemplos:

a) Cadena N. Z40-A-101,6

significa:

| | | |
|-------|---|--|
| Z40 | = | cadena con ejes macizos serie no unificada en pulgadas |
| A | = | solución con casquillo |
| 101,6 | = | paso mm 101,6 (4 pulgadas) |

b) cadena N. MC112-D-200

significa:

MC112 = cadena ejes huecos serie DIN 8168
D = solución con rodillo con pestaña
200 = paso mm 200

c) las cadenas especiales, que no aparecen en el catálogo, se clasifican en función del paso, de la anchura interior, del diámetro rodillo y del diseño que ilustra todas las otras características.

Ejemplo:

cadena paso 150 x 23 x 45 – diseño n. 001954

Cada modificación a los estándares de producción tiene que ser indicada en sus características.

Ejemplos:

- a) cadena n. 500 galvanizada
- b) cadena n. 500 con placas templadas
- c) cadena n. 500 con rodillos diámetro 20 mm

TIPO DE ALETA

Sus características relativas a las dimensiones se definen gracias a las tablas de los aleta que corresponden a los distintos tipos de cadena o, en el caso de soluciones especiales, con un diseño detallado.

La necesidad de explicar, en la identificación de las cadenas, cuándo hay un aleta, cómo colocarlo, cuántos agujeros debe tener etc. se realiza completando la identificación del tipo “cadena” (vean párrafo precedente) con los siguientes símbolos:

A = aleta plegado de 1 lado
M = aleta vertical de 1 lado
K = aleta plegado de 2 lados
MK = aleta vertical de 2 lados
1 = aleta con 1 agujero
2 = aleta con 2 agujeros
3 = aleta con 3 agujeros
01 = aleta cada paso
02 = aleta cada 2 pasos
10 = aleta cada 10 pasos
0X = aleta cada X pasos

Ejemplos:

a) cadena n. 500A202

significa:

cadena tipo 500 con aletas de 1 lado, con 2 agujeros, cada 2 pasos.

b) cadena n. 703K304

significa:

cadena tipo 703 con aletas de 2 lados, con 3 agujeros, cada 4 pasos.

c) cadena n. M160C125A203

significa:

cadena serie M..., con aletas de 1 lado, con 2 agujeros, cada 3 pasos.

Los aletas especiales o distintos de los indicados en el catálogo están sujetos a los mismos criterios de clasificación de los aletas estándar, pero siempre tienen que hacer referencia a un número de diseño.

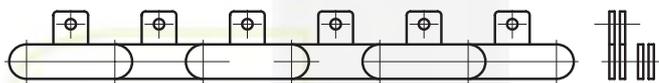
Ejemplo:

cadena n. 704A101 – diseño n. 001988

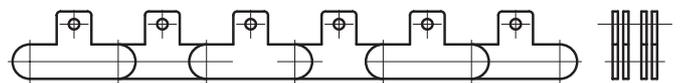
Si los aletas tienen intervalos de pasos pares (02-04-06...), normalmente el montaje se considera en las mallas exteriores de la cadena. Entonces, si se requiere una solución distinta, hay que subrayar "EN MALLAS INTERIORES".

En las páginas siguientes se ilustran las combinaciones de montaje de los enganches más comunes.

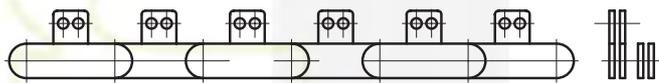
MONTAJE DE LOS ALETAS



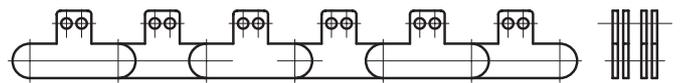
M1-01



MK1-01



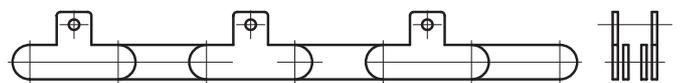
M2-01



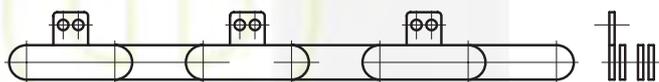
MK2-01



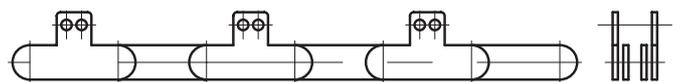
M1-02



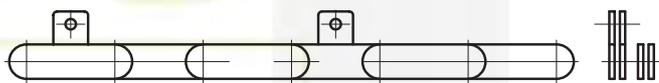
MK1-02



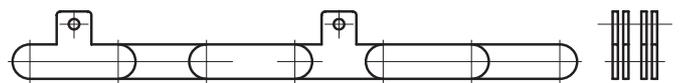
M2-02



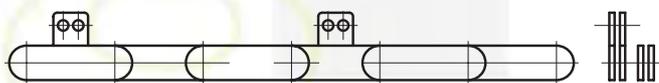
MK2-02



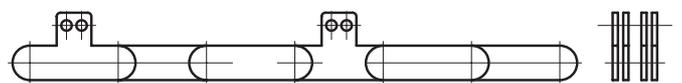
M1-03



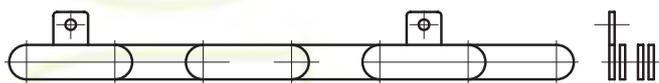
MK1-03



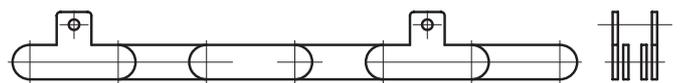
M2-03



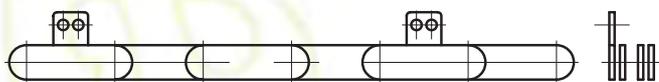
MK2-03



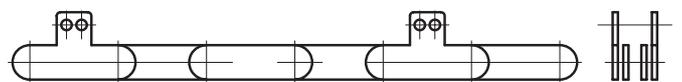
M1-04



MK1-04

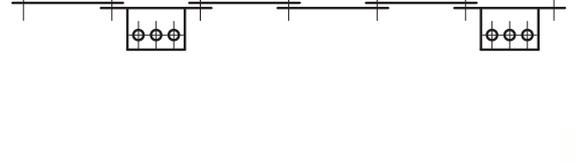
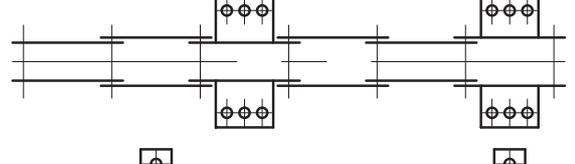
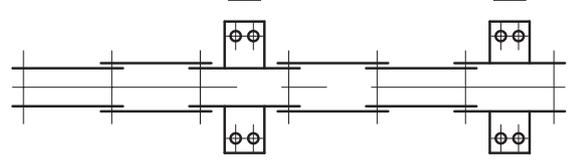
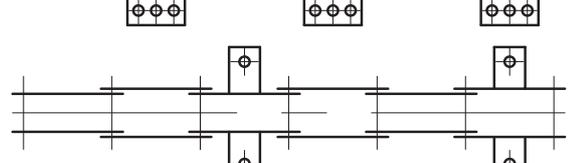
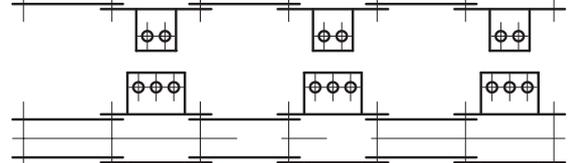
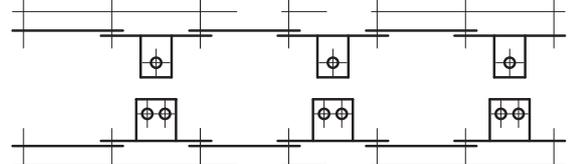
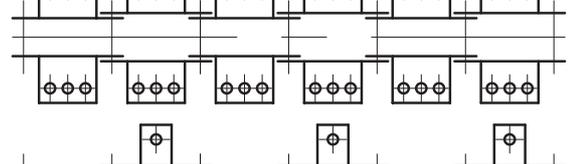
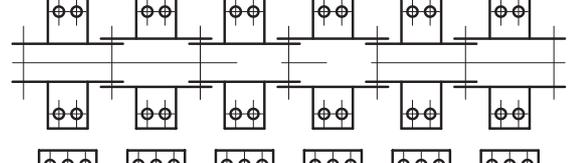
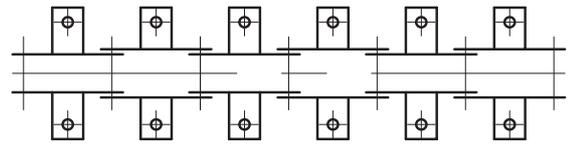
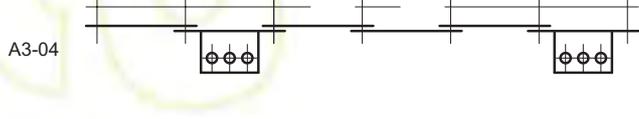
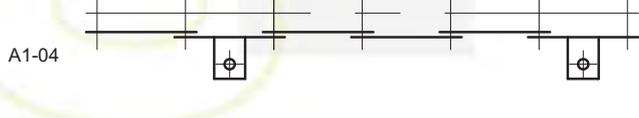
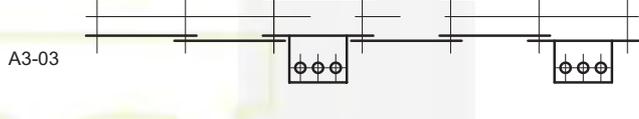
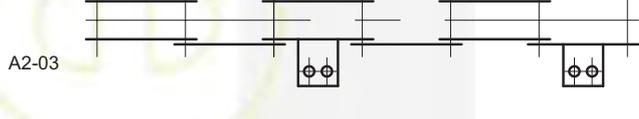
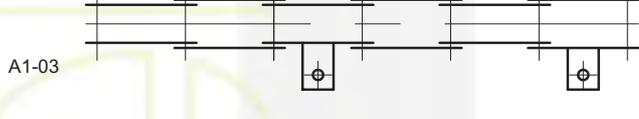
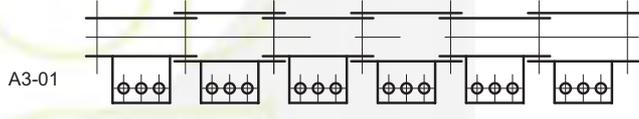
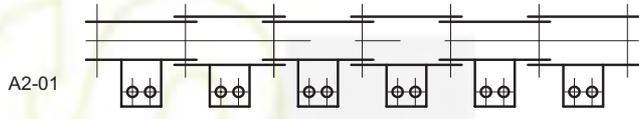
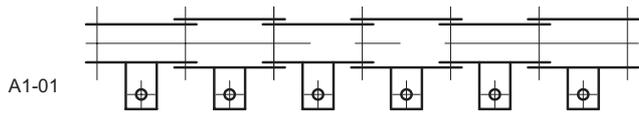


M2-04



MK2-04





K1-01

K2-01

K3-01

K1-02

K2-02

K3-02

K1-03

K2-03

K3-03

K1-04

K2-04

K3-04



FACTORES DE CONVERSIÓN

| Unidad de medida | LONGITUD | Multiplicando por | se obtiene | Unidad de medida |
|----------------------|-----------------------------|--------------------------------------|-----------------------------|----------------------|
| m | metros | 39,3701 | pulgadas | in |
| m | metros | 3,28084 | pies | ft |
| m | metros | 1,09361 | yardas | yd |
| cm | centímetros | 0,393701 | pulgadas | in |
| cm | centímetros | 0,032808 | pies | ft |
| mm | milímetros | 0,039370 | pulgadas | in |
| mm | milímetros | 0,003280 | pies | ft |
| in | pulgadas | 25,4 | milímetros | mm |
| in | pulgadas | 2,54 | centímetros | cm |
| in | pulgadas | 0,0254 | metros | m |
| ft | pies | 304,8 | milímetros | mm |
| ft | pies | 30,48 | centímetros | cm |
| ft | pies | 0,3048 | metros | m |
| mi | millas terrestres | 1,60934 | kilómetros | km |
| mi | millas terrestres | 1609,344 | metros | m |
| km | kilómetros | 0,621371 | millas terrestres | mi |
| Unidad de medida | ÁREA | Multiplicando por | se obtiene | Unidad de medida |
| m ² | metros cuadrados | 1550 | pulgadas cuadradas | in ² |
| m ² | metros cuadrados | 10,7639 | pies cuadrados | ft ² |
| m ² | metros cuadrados | 1,19599 | yardas cuadradas | yd ² |
| cm ² | centímetros cuadrados | 0,001076 | pies cuadrados | ft ² |
| cm ² | centímetros cuadrados | 0,155 | pulgadas cuadradas | in ² |
| mm ² | milímetros cuadrados | 0,00155 | pulgadas cuadradas | in ² |
| mm ² | milímetros cuadrados | 0,000010 (1,07639x10 ⁻⁵) | pies cuadrados | ft ² |
| in ² | pulgadas cuadradas | 0,000645 (6,64516x10 ⁻⁴) | metros cuadrados | m ² |
| in ² | pulgadas cuadradas | 6,4516 | centímetros cuadrados | cm ² |
| in ² | pulgadas cuadradas | 645,16 | milímetros cuadrados | mm ² |
| ft ² | pies cuadrados | 0,092903 | metros cuadrados | m ² |
| ft ² | pies cuadrados | 929,03 | centímetros cuadrados | cm ² |
| ft ² | pies cuadrados | 92903 | milímetros cuadrados | mm ² |
| Unidad de medida | VOLUMEN | Multiplicando por | se obtiene | Unidad de medida |
| m ³ | metros cúbicos | 61023,7 | pulgadas cúbicas | in ³ |
| m ³ | metros cúbicos | 35,3147 | pies cúbicos | ft ³ |
| m ³ | metros cúbicos | 219,969 | galones imperiales ingleses | UK gallon |
| m ³ | metros cúbicos | 264,172 | galones USA | gal (U.S. liquid) |
| l (dm ³) | litros(decímetros cúbicos) | 61,0237 | pulgadas cúbicas | in ³ |
| l (dm ³) | litros(decímetros cúbicos) | 0,035314 | pies cúbicos | ft ³ |
| l (dm ³) | litros(decímetros cúbicos) | 0,219969 | galones imperiales ingleses | UK gallon |
| l (dm ³) | litros(decímetros cúbicos) | 0,264172 | galones USA | gal (U.S. liquid) |
| cm ³ | centímetros cúbicos | 0,061023 | pulgadas cúbicas | in ³ |
| cm ³ | centímetros cúbicos | 0,000035 (3,53147x10 ⁻⁵) | pies cúbicos | ft ³ |
| ft ³ | pies cúbicos | 0,028316 | metros cúbicos | m ³ |
| ft ³ | pies cúbicos | 28,3168 | litros(decímetros cúbicos) | l (dm ³) |
| ft ³ | pies cúbicos | 28316,8 | centímetros cúbicos | cm ³ |
| in ³ | pulgadas cúbicas | 0,000016 (1,63871x10 ⁻⁵) | metros cúbicos | m ³ |
| in ³ | pulgadas cúbicas | 0,016387 | litros(decímetros cúbicos) | l (dm ³) |
| in ³ | pulgadas cúbicas | 16,3871 | centímetros cúbicos | cm ³ |
| UK gallon | galones imperiales ingleses | 0,004546 | metros cúbicos | m ³ |
| UK gallon | galones imperiales ingleses | 4,54609 | litros(decímetros cúbicos) | l (dm ³) |
| Unidad de medida | ÁNGULOS | Multiplicando por | se obtiene | Unidad de medida |
| ° | grados angulares | 0,017453 | radianes | rad |
| rad | radianes | 57,2958 | grados angulares | ° |



FACTORES DE CONVERSIÓN

| Unidad de medida | MOMENTO DE TORSIÓN | Multiplicando por | se obtiene | Unidad de medida |
|--------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------|--------------------|
| N m | newton metros | 0,101972 | kilogrametros | kgf m |
| N m | newton metros | 0,737562 | libras fuerza pie | lbf ft |
| N m | newton metros | 8,85075 | libras fuerza pulgada | lbf in |
| kgf m | kilogrametros | 9,80665 | newton metros | N m |
| kgf m | kilogrametros | 7,23301 | libras fuerza pie | lbf ft |
| kgf m | kilogrametros | 86,7962 | libras fuerza pulgada | lbf in |
| lbf in | libras fuerza pulgada | 0,112985 | newton metros | N m |
| lbf in | libras fuerza pulgada | 0,0115212 | kilogrametros | kgf m |
| lbf ft | libras fuerza pie | 1,35582 | newton metros | N m |
| lbf ft | libras fuerza pie | 0,138255 | kilogrametros | kgf m |
| Unidad de medida | FUERZA y PESO | Multiplicando por | se obtiene | Unidad de medida |
| N | newton | 0,101972 | kilogramos fuerza | kg |
| N | newton | 0,224809 | libras fuerza | lbf |
| kgf | kilogramos fuerza | 9,80665 | newton | N |
| kgf | kilogramos fuerza | 2,20462 | libras fuerza | lbf |
| lbf | libras fuerza | 4,44822 | newton | N |
| lbf | libras fuerza | 0,453592 | kilogramos fuerza | kgf |
| ton f (UK) | ton fuerza UK | 9964,02 | newton | N |
| ton f (UK) | ton fuerza UK | 1016,05 | kilogramos fuerza | kgf |
| ton f (US) | ton fuerza US | 8896,44 | newton | N |
| ton f (US) | ton fuerza US | 907,185 | kilogramos fuerza | kgf |
| tf | tonelada métrica fuerza | 9806,65 | newton | N |
| tf | tonelada métrica fuerza | 1000 | kilogramos fuerza | kgf |
| Unidad de medida | MASA/PESO | Multiplicando por | se obtiene | Unidad de medida |
| kg | kilogramos | 2,20462 | libre | lb |
| kg | kilogramos | 0,000984 (9,84207x10 ⁻⁴) | ton UK (long ton) | ton UK |
| kg | kilogramos | 0,001102 | ton US (short ton) | ton US |
| kg | kilogramos | 0,001 | tonelada métrica | t |
| lb | libras | 0,453592 | kilogramos | kg |
| ton UK | ton UK (long ton) | 1016,05 | kilogramos | kg |
| ton US | ton US (short ton) | 907,185 | kilogramos | kg |
| t | tonelada métrica | 1000 | kilogramos | kg |
| Unidad de medida | DENSIDAD masa por unidad de volumen | Multiplicando por | se obtiene | Unidad de medida |
| kg/m ³ | kilogramos por metro cúbico | 0,62428 | libras por pie cúbico | lb/ft ³ |
| kg/m ³ | kilogramos por metro cúbico | 0,000036 (3,61273x10 ⁻⁵) | libras por pulgada cúbica | lb/in ³ |
| kg/m ³ | kilogramos por metro cúbico | 0,001 | kilogramos por litro | kg/l |
| lb/ft ³ | libras por pie cúbico | 16,0185 | kilogramos por metro cúbico | kg/m ³ |
| lb/in ³ | libras por pulgada cúbica | 27679,9 | kilogramos por metro cúbico | kg/m ³ |
| kg/l | kilogramos por litro | 1000 | kilogramos por metro cúbico | kg/m ³ |
| kg/l | kilogramos por litro | 62,428 | libras por pie cúbico | lb/ft ³ |
| kg/l | kilogramos por litro | 0,036127 | libras por pulgada cúbica | lb/in ³ |
| lb/ft ³ | libras por pie cúbico | 0,016018 | kilogramos por litro | kg/l |
| lb/in ³ | libras por pulgada cúbica | 27,6799 | kilogramos por litro | kg/l |
| Unidad de medida | PESO POR UNIDAD DE LONGITUD | Multiplicando por | se obtiene | Unità di misura |
| kg/m | kilogramos por metro | 0,671972 | libras por pie | lb/ft |
| lb/ft | libras por pie | 0,13826 | kilogramos fuerza por metro | kg/m |
| Unidad de medida | POTENCIA | Multiplicando por | se obtiene | Unidad de medida |
| Hp | horsepower | 746 | watt | W |
| CV | caballo de vapor | 735,499 | watt | W |
| W | watt | 0,001340 | horsepower | Hp |
| W | watt | 0,001359 | caballo de vapor | CV |

FACTORES DE CONVERSIÓN

| Unidad de medida | POTENCIA | Multiplicando por | se obtiene | Unidad de medida |
|---------------------------|---|---------------------------------------|---|---------------------------|
| kW | kilowatt | 1000 | watt | W |
| kW | kilowatt | 1,34048 | horsepower | Hp |
| kW | kilowatt | 1,35962 | cavallo vapore | CV |
| Hp | horsepower | 0,746 | kW kilowatt | kW |
| CV | caballo de vapor | 0,735499 | kW kilowatt | kW |
| Unidad de medida | PRESIÓN | Multiplicando por | se obtiene | Unidad de medida |
| Pa (N/m ²) | pascal | 0,0000010 (1,01972x10 ⁻⁷) | kilogramos fuerza por milímetro cuadrado quadrato | kgf/mm ² |
| Pa (N/m ²) | pascal | 0,00010 (1,01972x10 ⁻⁵) | kilogramos fuerza por centímetro cuadrado | kgf/cm ² |
| Pa (N/m ²) | pascal | 0,00001 (10-5) | bar | bar |
| Pa (N/m ²) | pascal | 0,000009 (9,86923x10 ⁻⁶) | atmósfera | atm |
| Pa (N/m ²) | pascal | 0,020885 | libras por pie cuadrado | lbf/ft ² |
| Pa (N/m ²) | pascal | 0,000145 (1,45038x10 ⁻⁴) | libras por pie cuadrado | lbf/in ² (psi) |
| Mpa (N/mm ²) | megapascal | 0,101972 | kilogramos fuerza por milímetro cuadrado | kgf/mm ² |
| Mpa (N/mm ²) | megapascal | 10,1972 | kilogramos fuerza por centímetro cuadrado | kgf/cm ² |
| Mpa (N/mm ²) | megapascal | 10 | bar | bar |
| Mpa (N/mm ²) | megapascal | 9,86923 | atmósfera | atm |
| Mpa (N/mm ²) | megapascal | 20885,4 | libras fuerza por pie cuadrado | lbf/ft ² |
| Mpa (N/mm ²) | megapascal | 145,038 | libras fuerza por pie cuadrado | lbf/in ² (psi) |
| kgf/cm ² | kilogramos fuerza por centímetro cuadrado | 98066,5 | pascal | Pa (N/m ²) |
| kgf/cm ² | kilogramos fuerza por centímetro cuadrado | 0,098066 | megapascal | Mpa (N/mm ²) |
| kgf/cm ² | kilogramos fuerza por centímetro cuadrado | 14,2233 | 1 libras fuerza por pulgada cuadrada | lbf/in ² (psi) |
| kgf/cm ² | kilogramos fuerza por centímetro cuadrado | 2048,16 | libbre forza al piede quadrato | lbf/ft ² |
| kgf/cm ² | kilogramos fuerza por centímetro cuadrado | 0,980665 | bar | bar |
| kgf/cm ² | kilogramos fuerza por centímetro cuadrado | 0,967841 | atmósfera | atm |
| kgf/mm ² | kilogramos fuerza por milímetro cuadrado | 9806650 | Pascal | Pa (N/m ²) |
| kgf/mm ² | kilogramos fuerza por milímetro cuadrado | 9,80665 | megapascal | Mpa (N/mm ²) |
| kgf/mm ² | kilogramos fuerza por milímetro cuadrado | 1422,33 | libras fuerza por pulgada cuadrada | lbf/in ² (psi) |
| kgf/mm ² | kilogramos fuerza por milímetro cuadrado | 204816 | libras fuerza por pie cuadrado | lbf/ft ² |
| kgf/mm ² | kilogramos fuerza por milímetro cuadrado | 98,0665 | bar | bar |
| kgf/mm ² | kilogramos fuerza por milímetro cuadrado | 96,7841 | atmósfera | atm |
| lbf/ft ² | libras fuerza por pie cuadrado | 47,8803 | pascal | Pa (N/m ²) |
| lbf/ft ² | libras fuerza por pie cuadrado | 0,000047 (4,78803x10 ⁻⁵) | megapascal | Mpa (N/mm ²) |
| lbf/ft ² | libras fuerza por pie cuadrado | 0,000488 | kilogramos fuerza por centímetro cuadrado | kgf/cm ² |
| lbf/ft ² | libras fuerza por pie cuadrado | 0,000004 (4,88243x10 ⁻⁶) | kilogramos fuerza por milímetro cuadrado | kgf/mm ² |
| lbf/ft ² | libras fuerza por pie cuadrado | 0,000478 (4,78803x10 ⁻⁴) | bar | bar |
| lbf/ft ² | libras fuerza por pie cuadrado | 0,000472 (4,72541x10 ⁻⁴) | atmósfera | atm |
| lbf/in ² (psi) | libras fuerza por pulgada cuadrada | 6894,76 | pascal | Pa (N/m ²) |
| lbf/in ² (psi) | libras fuerza por pie cuadrado | 0,006894 | megapascal | Mpa (N/mm ²) |
| lbf/in ² (psi) | libras fuerza por pie cuadrado | 0,070307 | kilogramos fuerza por centímetro cuadrado | kgf/cm ² |
| lbf/in ² (psi) | libras fuerza por pulgada cuadrada | 0,000703 (7,0307x10 ⁻⁴) | kilogramos fuerza por milímetro cuadrado | kgf/mm ² |
| lbf/in ² (psi) | libras fuerza por pulgada cuadrada | 0,068947 | bar | bar |
| lbf/in ² (psi) | libras fuerza por pulgada cuadrada | 0,068046 | atmósfera | atm |
| bar | bar | 100000 | Pascal | Pa (N/m ²) |
| bar | bar | 0,1 | megapascal | Mpa (N/mm ²) |
| bar | bar | 0,986923 | atmosfera | atm |
| atm | atmósfera | 101325 | Pascal | Pa (N/m ²) |
| atm | atmósfera | 0,101325 | megapascal | Mpa (N/mm ²) |
| atm | atmósfera | 1,01325 | bar | bar |
| Unidad de medida | MASA TRANSPORTADA | Multiplicando por | se obtiene | Unidad de medida |
| kg/sec | kilogramos por segundo | 60 | kilogramos por minuto | kg/min |
| kg/sec | kilogramos por segundo | 3600 | kilogramos por hora | kg/h |
| kg/sec | kilogramos por segundo | 132,277 | libras por minuto | lb/min |
| kg/sec | kilogramos por segundo | 7936,64 | libras por hora | lb/h |
| kg/sec | kilogramos por segundo | 3,6 | toneladas por hora | t/h |



FACTORES DE CONVERSIÓN

| Unidad de medida | MASA TRANSPORTADA | Multiplicando por | se obtiene | Unidad de medida |
|------------------|------------------------|---|------------------------|------------------|
| kg/sec | kilogramos por segundo | 3,54314 | ton Uk por hora | ton UK/h |
| kg/sec | kilogramos por segundo | 3,96832 | ton USA por hora | ton US/h |
| kg/min | kilogramos por minuto | 0,016666 | kilogramos por segundo | kg/sec |
| kg/h | kilogramos por hora | 0,000277 (2,77778x10 ⁻⁴) | kilogramos por segundo | kg/sec |
| lb/min | libras por minuto | 0,00755987 | kilogramos por segundo | kg/sec |
| lb/h | libras por hora | 0,000125 (1,25998x10 ⁻⁴) | kilogramos por segundo | kg/sec |
| t/h | toneladas por hora | 0,277778 | kilogramos por segundo | kg/sec |
| ton UK/h | ton Uk por hora | 0,282235 | kilogramos por segundo | kg/sec |
| ton US/h | ton USA por hora | 0,251996 | kilogramos por segundo | kg/sec |
| Unidad de medida | VELOCIDAD | Multiplicando por | se obtiene | Unidad de medida |
| m/sec | metros por segundo | 39,3701 | pulgadas por segundo | in/sec |
| m/sec | metros por segundo | 2362,2 | pulgadas por minuto | in/min |
| m/sec | metros por segundo | 3,28084 | pies por segundo | ft/sec |
| m/sec | metros por segundo | 196,85 | pies por minuto | ft/min |
| m/sec | metros por segundo | 3,6 | kilómetros por hora | km/h |
| m/sec | metros por segundo | 2,23694 | millas por hora | mi/h |
| m/min | metros por minuto | 0,016666 | metros por segundo | m/sec |
| m/min | metros por minuto | 0,656168 | pulgadas por segundo | in/sec |
| m/min | metros por minuto | 39,3701 | pulgadas por minuto | in/min |
| m/min | metros por minuto | 0,054680 | pies por segundo | ft/sec |
| m/min | metros por minuto | 3,28084 | pies por minuto | ft/min |
| m/min | metros por minuto | 0,06 | kilómetros por hora | km/h |
| m/min | metros por minuto | 0,037282 | millas por hora | mi/h |
| in/sec | pulgadas por segundo | 0,0254 | metros por segundo | m/sec |
| in/min | pulgadas por minuto | 0,000423 (4,23333x10 ⁻⁴) | metros por segundo | m/sec |
| ft/sec | pies por segundo | 0,3048 | metros por segundo | m/sec |
| ft/min | pies por minuto | 0,00508 | metros por segundo | m/sec |
| km/h | kilómetros por hora | 0,2778 | metros por segundo | m/sec |
| mi/h | millas por hora | 0,44704 | metros por segundo | m/sec |
| in/sec | pulgadas por segundo | 1,524 | metros por minuto | m/min |
| in/min | pulgadas por minuto | 0,0254 | metros por minuto | m/min |
| ft/sec | pies por segundo | 18,288 | metros por minuto | m/min |
| ft/min | pies por minuto | 0,3048 | metros por minuto | m/min |
| km/h | kilómetros por hora | 16,6667 | metros por minuto | m/min |
| mi/h | millas por hora | 26,82240 | metros por minuto | m/min |
| Unidad de medida | TEMPERATURA | Aplicando las siguientes fórmulas | se obtiene | Unidad de medida |
| °C | grados Celsius | $(tC \times 1,8) + 32$ tC=temperatura in °C | grados Fahrenheit | °F |
| °F | grados Fahrenheit | $5/9 \times (tF - 32)$ tF=temperatura in °F | grados Celsius | °C |
| K | kelvin | $tK - 273,15$ tK= temperatura en K | grados Celsius | °C |