



Los procesos de fabricación por arranque de viruta, así como las aplicaciones de robótica, se encuentran ante el reto de alcanzar precisiones y acabados cada vez mejores.

Con esta visión, Servotak ha desarrollado el **sistema lineal piñón-cremallera más avanzado del mundo**. Cuando decimos “más avanzado del mundo”, queremos dejar bien claro que ningún competidor puede igualar las prestaciones y ventajas del nuestro diseño.

Este catálogo va dirigido a fabricantes de maquinaria que tienen libertad para elegir el mejor producto, y que no escatima recursos para conseguir máquinas con las mejores prestaciones.

Con los sistemas lineales de piñón-cremallera Servotak, usted fabricará máquinas más precisas y conseguirá mejores acabados.

Sean cuales sean sus necesidades, nuestros ingenieros están a su disposición para escucharle y ayudarle con recomendaciones.

## Por qué elegir Servotak

### Por nuestra filosofía

Consideramos el primer pedido del cliente como el comienzo de una relación profesional larga. Nuestros clientes se benefician de una gama de producto muy grande y de un equipo de ingenieros con una gran experiencia.

### Por nuestra calidad

Ofrecemos un nuevo estándar en transmisiones lineales de precisión de primera clase; dando un funcionamiento mas fiable, uniforme, y silencioso, gracias a un dentado innovador.

### Por nuestra innovación

Nuestros productos están fabricados en máquinas de ultimísima tecnología, muchas de ellas diseñadas en exclusiva.

El contenido de este catálogo es la base de sistemas modulares de traslación y/o elevación que ofrecen fiabilidad y repetibilidad de posicionado, y es ideal para soluciones innovadoras en máquina herramienta, robotica, etc.

### Por nuestra experiencia

Presentes en un gran abanico de sectores industriales, incluyendo empresas líderes a nivel mundial, los productos Servotak han sido utilizados en los mas diversos y únicos proyectos, tales como el proyecto ALMA de la ESA (European Space Agency), un nuevo centro de mecanizado Gantry para Alstom, de más de 90 metros y un centro de mecanizado de cinemática paralela para Boeing.

### Porque somos competitivos

Sabemos que en una economía global ser competitivo es un gran reto, por ello todos nuestros esfuerzos se orientan para buscar la mejor solución técnica pero también a un precio competitivo.

### Porque ofrecemos sistemas completos

Desde la selección del motor, hasta la cremallera, pasando por el reductor y el piñón, diseñamos, calculamos y optimizamos todos los elementos de un sistema de transmisión. Con esta visión de conjunto conseguimos los mejores resultados.

### Por nuestro servicio

Desde la fase de análisis hasta la entrega de producto, trabajamos cerca de nuestros clientes con un equipo que analiza los problemas y necesidades de cada caso.

## ¿Que precisión necesita su máquina?

Una selección cuidadosa del reductor, piñón y cremallera es vital para conseguir los resultados esperados. El sistema adecuado depende del tipo de máquina, la repetibilidad necesaria, el sistema de medición del error de posicionado, etc. Servotak ofrece desde soluciones económicas hasta soluciones de última tecnología. Para centros de mecanizado tipo gantry, por favor consúltenos.

### Sistema Piñón-Cremallera-Reductor

| Precisión lineal <sup>1</sup> | Módulo       | Familia de cremalleras                        | Conexion del piñón                      | Reductor recomendado     |
|-------------------------------|--------------|-----------------------------------------------|-----------------------------------------|--------------------------|
| ±4 µm                         | 0,79577 a 8  | Classic<br>Professional<br>Advanced<br>Master | Anillo de contracción<br>Piñón integral | Sistema con precarga     |
| ±6 µm                         | 10 y 12      | Classic<br>Professional<br>Advanced<br>Master | Anillo de contracción<br>Piñón integral | Sistema con precarga     |
| ±16 µm                        | 0,79577 a 8  | Classic<br>Professional<br>Advanced<br>Master | Anillo de contracción<br>ISO 9409-1-A   | SG, SGM, SGH, o MQ<br>FG |
| ±19 µm                        | 0,79577 a 12 | Basic                                         | Anillo de contracción<br>Piñón integral | Sistema con precarga     |
| ±20 µm                        | 10 y 12      | Classic<br>Professional<br>Advanced<br>Master | Anillo de contracción<br>ISO 9409-1-A   | SG, SGM, SGH, o MQ<br>FG |
| ±30 µm                        | 0,79577 a 12 | Basic                                         | Anillo de contracción<br>ISO 9409-1-A   | SG, SGM, SGH, o MQ<br>FG |
| ±57 µm                        | 0,79577 a 8  | Classic<br>Professional<br>Advanced<br>Master | Eje estriado DIN5480                    | SG, SGM, o SGH           |
| ±60 µm                        | 10 y 12      | Classic<br>Professional<br>Advanced<br>Master | Eje estriado DIN5480                    | SG, SGM, o SGH           |
| ±72 µm                        | 0,79577 a 12 | Basic                                         | Eje estriado DIN5480                    | SG, SGM, o SGH           |
| ±140 µm                       | 0,79577 a 8  | Classic<br>Professional<br>Advanced<br>Master | Eje con chaveta DIN 6885.1              | SG, SGM, SGH, o MQ       |
| ±140 µm                       | 10 y 12      | Classic<br>Professional<br>Advanced<br>Master | Eje con chaveta DIN 6885.1              | SG, SGM, SGH, o MQ       |
| ±155 µm                       | 0,79577 a 12 | Basic                                         | Eje con chaveta DIN 6885.1              | SG, SGM, SGH, o MQ       |

<sup>1</sup> Valores orientativos. Es necesario realizar un estudio del sistema completo, consulte con nuestros ingenieros.

Máquinas típicas: Centros de mecanizado, Fresadoras y mandrinadoras de columna móvil, rectificadoras, máquinas gantry, máquinas de taladrado, brochadoras, máquinas láser, punzonadoras, perfiladoras, transfer para robot, manipuladores cartesianos, etc.

## Fuentes de error de posicionado en un sistema piñón-cremallera

Los sistemas de traslación lineal convencionales están compuestos de un motor, un reductor, un piñón y una cremallera. En estos sistemas deben considerarse los siguientes factores que introducen error:



1. Conexión motor-reductor
2. Holgura interna del reductor
3. Tipo de fijación del piñón en el eje del reductor
4. Juego entre flancos de los dientes del piñón y la cremallera
5. Irregularidades de tallado de los dientes de la cremallera (error de paso)
6. Instalación del sistema

### Factores ignorables

La conexión motor-reductor, en los sistemas modernos, puede ser ignorada, si el acoplamiento es rígido y debe ser estudiada si el acoplamiento es flexible.

Un adecuado montaje, y un minucioso mecanizado de las fijaciones, minimizan el error de instalación.

### Factores inevitables

El error de paso de la cremallera puede ser reducido con cremalleras de más alta calidad, pero nunca eliminado completamente.

### Factores clave

La holgura interna del reductor puede ser minimizada utilizando reductores de juego reducido.

Una apropiada selección del tipo de fijación del piñón es fundamental. Servotak recomienda utilizar conexiones con anillo de contracción, brida ISO 9409-1-A, o piñón integral para sistemas de alta precisión.

El juego entre flancos de los dientes del piñón y la cremallera sólo puede ser evitado con un sistema con precarga.

## Precarga

### ¿Que es?

Con un solo accionamiento, aunque se instale un reductor de juego nulo, el juego entre dientes del piñón y de la cremallera no se puede eliminar. Para eliminarlo completamente se instalan dos piñones atacando flancos opuestos de los dientes de la cremallera. A esto se le denomina precarga y se puede conseguir de forma mecánica o de forma electrónica.

### ¿Como se consigue?

La precarga mecánica utiliza o bien un reductor con dos piñones; o bien un conjunto de reductores con dos árboles de salida, a las que se conectan dos piñones. La precarga se consigue mediante un ajuste manual. En ambos casos, se necesita un solo motor.

La precarga electrónica emplea dos sistemas piñón-reductor iguales, con dos motores. Un software gestiona la precarga utilizando un motor como freno de su pareja.

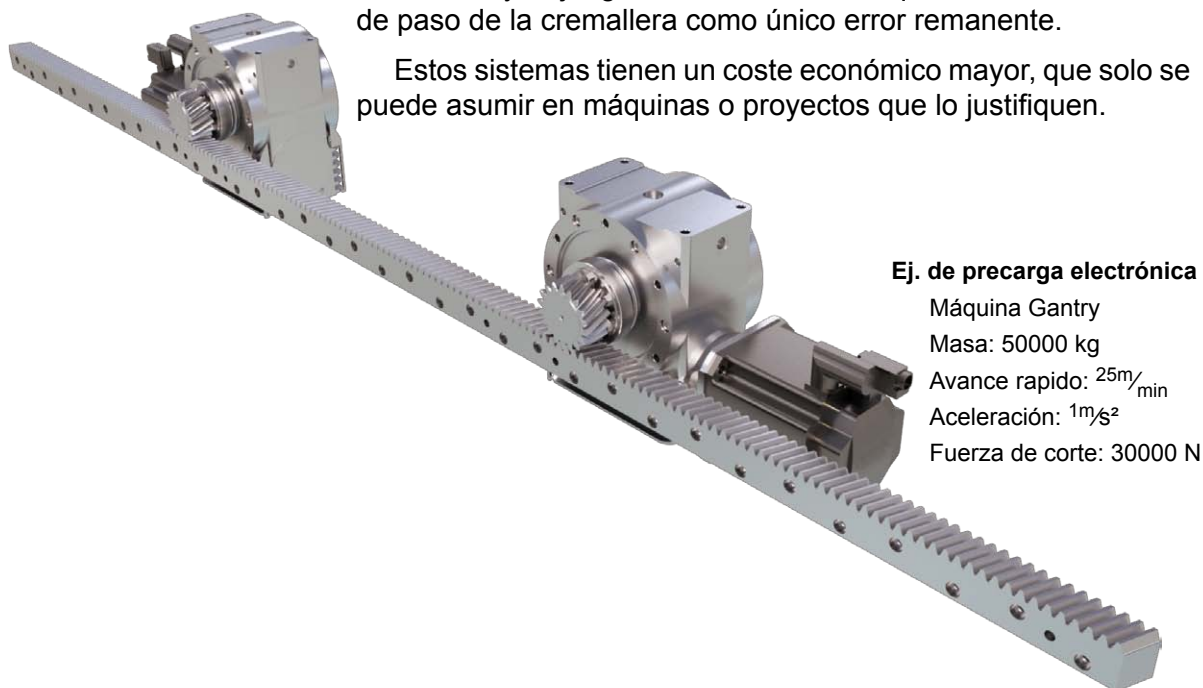
### ¿Que ventajas y desventajas tiene?

El sistema de precarga electrónica utiliza dos motores con sus consiguientes drivers de control y un cuadro eléctrico mayor, además de requerir un software mas complejo.

El sistema de precarga mecánica no necesita de ningún elemento electrónico que gestione la precarga.

Ambos sistemas cancelan el juego entre dientes del piñón y cremallera y el juego de los reductores, quedando solo el error de paso de la cremallera como único error remanente.

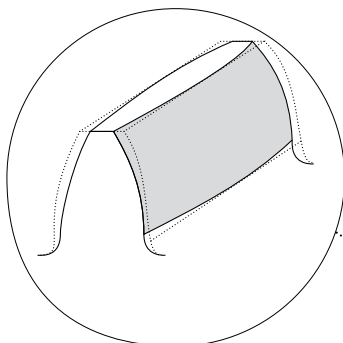
Estos sistemas tienen un coste económico mayor, que solo se puede asumir en máquinas o proyectos que lo justifiquen.



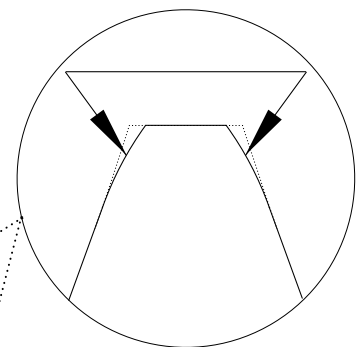
## Un dentado de altas prestaciones

Las cremalleras **Professional**, **Advanced** y **Master**, y todos los **piñones**, tienen el dentado optimizado, ofreciendo:

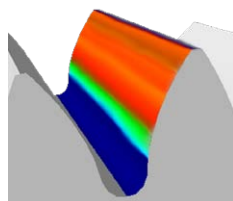
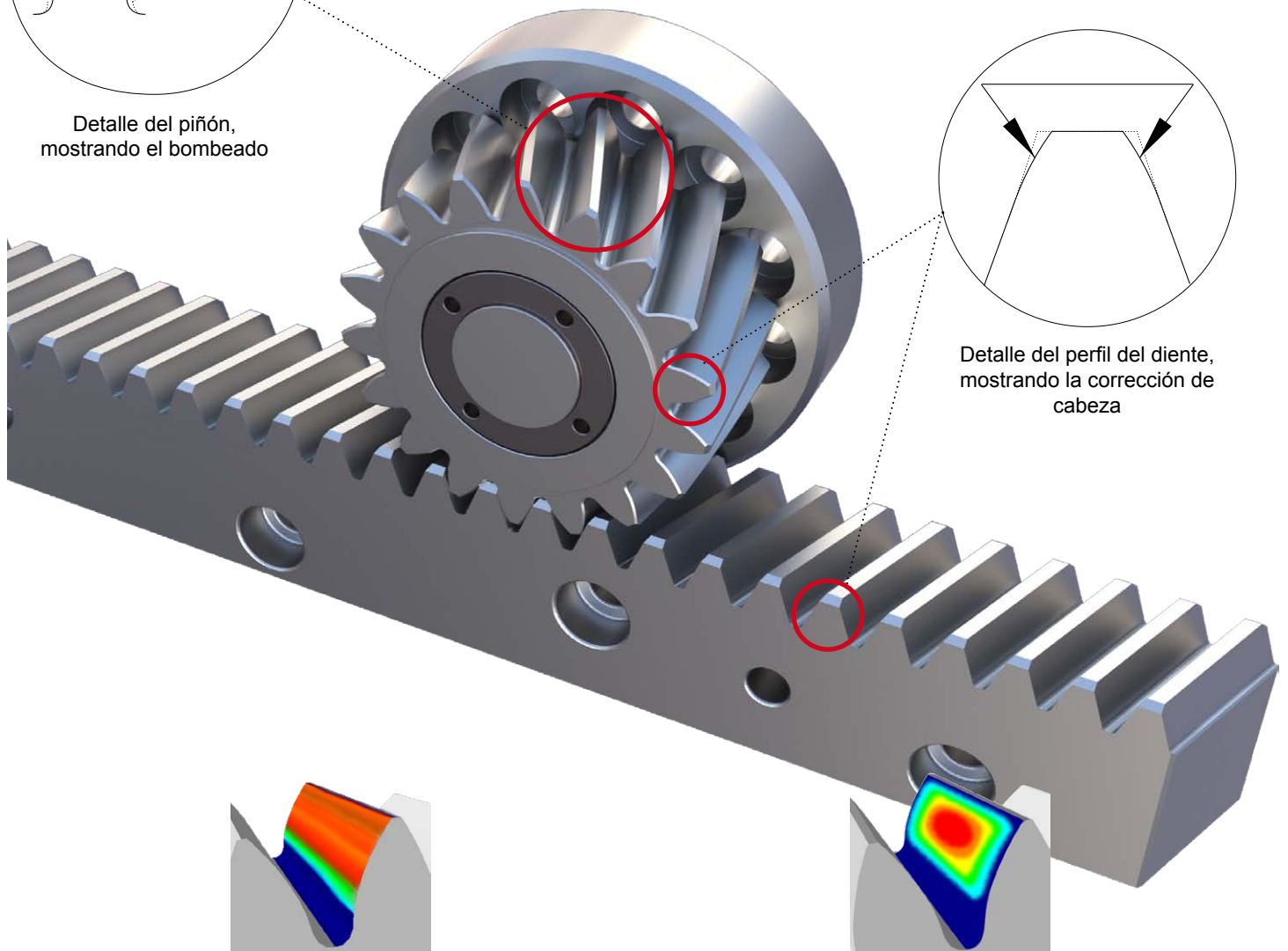
- Reducción de la velocidad de deslizamiento entre dientes
- Aumento del factor de seguridad del diente
- Funcionamiento más frío y silencioso
- Mejor distribución de la carga en el diente, reduciendo las tensiones superficiales (presión de Hertz)
- Mayor transmisión de par debido a una mayor superficie de contacto entre dientes y una mayor relación de contacto
- Compensación de los errores de alineación entre flancos
- Aumento de la vida útil del sistema



Detalle del piñón, mostrando el bombeado

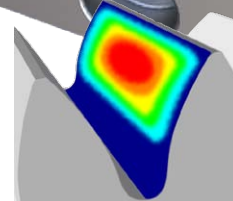


Detalle del perfil del diente, mostrando la corrección de cabeza



### No Optimizado

Distribución de la fuerza normal en un sistema piñón-cremallera convencional



### Optimizado

Distribución de la fuerza normal en un sistema piñón-cremallera de las familias Advanced o Master

## Para las máquinas más exigentes

### El sistema piñón-cremallera más avanzado del mundo

Los procesos de fabricación de arranque de viruta, como taladrado, fresado, rectificado y torneado, se encuentran ante el reto de alcanzar precisiones y acabados cada vez mayores. Esta es la razón por la cual Servotak ha desarrollado el sistema lineal piñón-cremallera más avanzado del mundo.

El diseño exclusivo de Servotak ha sido minuciosamente estudiado y optimizado, empleando las técnicas más modernas. Como consecuencia se han aumentado la masa de la cremallera y el número de orificios de amarre a la máquina, se han dispuesto los orificios en dos



alturas y se ha diseñado el diente con un perfil exclusivo. Estas innovaciones aportan ventajas significativas:

- **Máquinas más robustas.** Las fuerzas generadas por el contacto entre dientes se cancelan entre orificios que están ahora más próximos al punto de tensión y mejor distribuidos, lo que elimina las flexiones durante las aceleraciones y frenados, aumentando la seguridad.
- **Mejores acabados.** Debido a una disminución importante de las vibraciones, se obtiene una marcha más suave que cualquier otro sistema de la competencia, lo que depara un mejor comportamiento en máquinas donde el sistema piñón-cremallera tiene un papel destacado. En máquina herramienta supone mejores mecanizados, y en robótica, trayectorias más limpias.
- **Mayor capacidad de trabajo.** Debido a un aumento significativo de la rigidez, las frecuencias naturales de trabajo son más altas, así como la frecuencia de resonancia, que se ha desplazado a valores más elevados. Esto permite mayores aceleraciones y capacidad para desplazar cargas más pesadas a mayor velocidad.
- **Facilidad de montaje.** Una mayor tolerancia frente a desalineaciones en altura, disminuye las exigencias de montaje y reduce costes. Esto se valora especialmente en máquinas con largos recorridos, como centros de mecanizado de columna móvil, máquinas Gantry y aplicaciones de robótica.

Los sistemas lineales SL de Servotak, representan actualmente la **mejor opción** para las **aplicaciones más exigentes**.

## Transmisiones lineales Servotak de alta precisión

### Descripción y características

Servotak ofrece cinco familias de sistemas piñón-cremallera, **Basic, Classic, Professional, Advanced, y Master**. Con 15 módulos distintos para los dentados rectos, y 12 para los dentados helicoidales, cubren todas las necesidades de la industria.

Las familias difieren en materiales, tratamientos térmicos, niveles de calidad, y acabados superficiales; y son capaces de alcanzar una fuerza tangencial máxima de 380000N. Los sistemas Advanced y Master han sido diseñados especialmente para el sector de la máquina herramienta, donde las exigencias de repetibilidad, rigidez y seguridad son muy altas.

Las cremalleras Basic, Advanced y Master de Servotak tienen una mayor altura de cremallera que las cremalleras convencionales. Esta aportación extra de material le confiere una mayor rigidez mecánica para absorber sobreesfuerzos. Las cremalleras con orificios para montaje disponen de orificios de centrado y de un mayor número de orificios de fijación, dispuestos a dos alturas, lo que representa una mayor seguridad en situaciones de emergencia.

Para los sistemas helicoidales, el ángulo de hélice es 19°31'42" y ha sido diseñado para permitir el uso de estas transmisiones para aplicaciones sin encoders lineales.

Además de los productos listados en este catálogo, es posible suministrar sistemas piñón cremallera según las especificaciones del cliente.



## **Materiales y tratamientos térmicos**

### **Familia Basic (Cremalleras)**

#### **Acero C45, templado y revenido**

Las cremalleras Basic se fabrican en acero C45 templado y revenido, obteniendo una resistencia a la tracción de 700 N/mm<sup>2</sup>. Los dientes son fresados clase 8 (DIN 3962), pero sin tratamiento térmico posterior. Las caras planas están rectificadas.

### **Familia Classic (Cremalleras)**

#### **Acero C45, temple por inducción**

Las cremalleras Classic, de acero C45, reciben un endurecimiento por inducción, seguido de un revenido, para alcanzar una dureza superficial de 55-57 HRC. Los dientes están rectificados clase 6 (DIN 3962). Los perfiles de los dientes tienen corrección de cabeza ("tip-relief").

### **Familia Professional (Cremalleras)**

#### **Acero C45, temple por inducción**

Las cremalleras Professional, de acero C45, reciben un endurecimiento por inducción, seguido de un revenido, para alcanzar una dureza superficial de 58-60 HRC. Los dientes están rectificados clase 5 (DIN 3962) para módulos hasta 8, y clase 6 (DIN 3962) para módulo 10. Los perfiles de los dientes tienen corrección de cabeza ("tip-relief").

### **Familia Advanced (Cremalleras)**

#### **Acero C45, temple por inducción**

Las cremalleras Advanced, de acero C45, reciben un endurecimiento por inducción, seguido de un revenido, para alcanzar una dureza superficial de 58-60 HRC. Los dientes están rectificados clase 5 (DIN 3962) para módulos hasta 8, y clase 6 (DIN 3962) para módulos mayores que 8. Los perfiles de los dientes están optimizados, con corrección de cabeza ("tip-relief"). Esto proporciona una vida mas larga, funcionamiento más silencioso y suave incluso bajo cargas pesadas, menos vibraciones, y menos tensión en la base del diente. Las caras planas están rectificadas.

### **Familia Master (Cremalleras y Piñones)**

#### **Acero 18CrNiMo5, cementado**

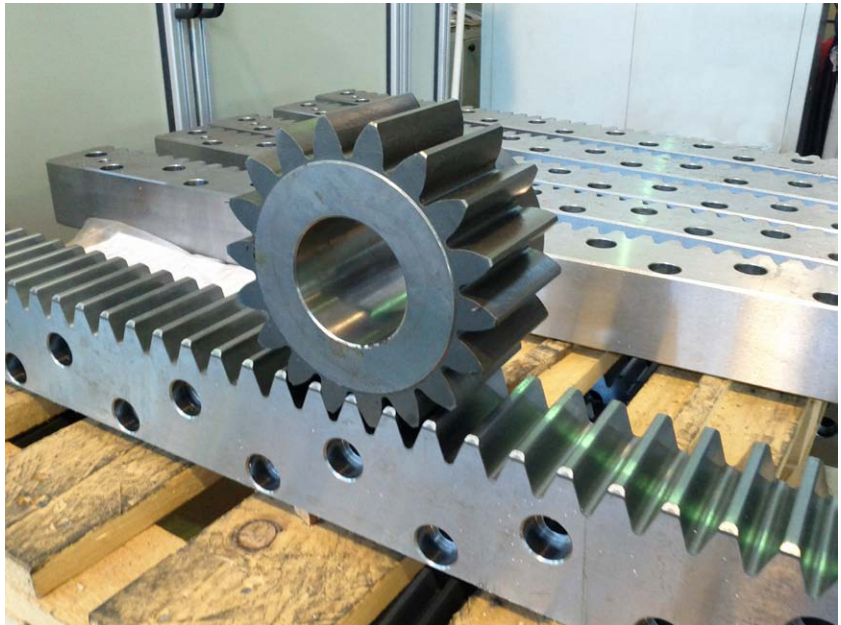
Los piñones y cremalleras Master se fabrican en acero de cementación, cementado y revenido, alcanzando una dureza de 60-62 HRC. Los dientes están rectificados clase 5 (DIN 3962) para módulos hasta 8, y clase 6 (DIN 3962) para módulos mayores que 8. Los perfiles de los dientes están optimizados, con corrección de cabeza ("tip-relief"), ofreciendo una vida mas larga, un funcionamiento más silencioso y suave incluso bajo cargas pesadas, menos vibraciones, y menos tensión en la base del diente. Las caras planas están rectificadas.

## Selección del piñón y la cremallera

Siga los siguientes pasos para la selección de la cremallera:

1. Dependiendo del tipo de carga, de la duración del ciclo de trabajo, y del número de arranques, seleccione el coeficiente de seguridad<sup>1</sup>, que puede estar comprendido entre 1.5 y 3.
2. Multiplique la fuerza tangencial real por este coeficiente de seguridad, para obtener la fuerza tangencial corregida.
3. Dependiendo de la aplicación, decida el tipo de dentado a utilizar: recto o helicoidal.
4. Utilizando la fuerza tangencial corregida, la velocidad de desplazamiento lineal, la precisión y repetibilidad necesarias, y el tipo de dentado seleccionado, seleccione la familia y módulo de la cremallera ayudándose de las gráficas de selección de cremallera.
5. Dependiendo del par a transmitir, del reductor empleado, de su velocidad de rotación, etc, el cliente deberá seleccionar el piñón que mas le convenga.

Ademas del contenido de este catalogo, Servotak dispone de una amplia gama de reductores de precisión, idóneos para todo tipo de aplicaciones. Nuestros ingenieros estan disponibles para asesorarle en la selección del mejor sistema para su aplicación, puesto que una **vision global del sistema reductor-piñón-cremallera** ofrece mayores garantías de funcionamiento y puede reducir costes.



<sup>1</sup> Las normas ISO6336, DIN3690 y DIN3991 recomiendan aplicar un coeficiente de seguridad entre 1 y 2.25. En determinadas maquinas, la experiencia nos dice que se deberían utilizar coeficientes de seguridad aun mayores. Nuestros ingenieros pueden asesorarle en la seleccion de este coeficiente de seguridad.  
Debido a que los datos teoricos de la aplicación han sido calculados en condiciones ideales, es decir, sin golpes, sin distorsión estructural, con lubricación permanente, montaje correcto, y con el rodamiento del piñón adyacente al sistema, este coeficiente de seguridad es necesario para garantizar un buen funcionamiento.

## Ejemplos

A continuación se muestran dos ejemplos de cálculo, para guiarle en este proceso, y después un caso práctico en el que se muestra, para una misma carga a desplazar, la influencia de la familia de cremalleras seleccionada en el módulo apropiado

### Ejemplo de calculo 1: Elevador



#### Datos:

**Masa a elevar**  $m = 750 \text{ kg}$

**Aceleración**  $a = 2 \text{ m/s}^2$

**Velocidad lineal**  $V = 1 \text{ m/s}$

**Eficiencia del sistema**  $\eta = 95\%$

**Coeficiente de seguridad**  $C_s = 3$

**Aceleración de la gravedad**  $g = 9.81 \text{ m/s}^2$

#### Calculos:

**Fuerza tangencial vertical real**

$$F_{vr} = \frac{m \cdot (g + a)}{\eta} = \frac{750 \cdot (9.81 + 2)}{0.95} = 9324 \text{ N}$$

**Fuerza tangencial vertical corregida**

$$F_{vc} = F_{vr} \cdot C_s = 9324 \cdot 3 = 27972 \text{ N}$$

Seleccione el tipo, módulo y familia de la cremallera utilizando las "Gráficas de selección de cremallera".

**Familia de cremalleras seleccionada:** Advanced

**Tipo de dentado:** Recto

**Módulo seleccionado**  $m_n = 5$

**Fuerza tangencial de la cremallera**  $\geq F_{vc} = 28000 \text{ N}$

**Limitación:** Diámetro máximo del piñón  $d_a = 120 \text{ mm}$

**Numero de dientes, según tabla Z = 20**

**Diámetro exterior**  $d_a = 116.5 \text{ mm}$

**Diametro primitivo**  $d = 105.5 \text{ mm}$

**Par real en el piñón**

$$M_r = \frac{d \cdot F_{vr}}{2 \cdot 1000} = \frac{105.5 \cdot 9324}{2000} = 462 \text{ Nm}$$

**Velocidad en el piñón**

$$n = \frac{V \cdot 60 \cdot 1000}{Z \cdot m_n \cdot \pi} = \frac{1 \cdot 60000}{20 \cdot 5 \cdot \pi} = 191 \text{ rpm}$$

**Reductores recomendados** (con motor de 2000 rpm):

**Coaxial:**

SERVOTAK-SG-800-M1-P-XX-10-Motor Type

Datos tec.:  $i = 10$ ,  $T_{2N} = 600 \text{ Nm}$ ,  $T_{2not} = 1800 \text{ Nm}$

**Ortogonal:**

SERVOTAK-MQ-100-X-H-XX-10-SK-Motor Type

Datos tec.:  $i = 10$ ,  $T_{2N} = 555 \text{ Nm}$ ,  $T_{2not} = 1700 \text{ Nm}$

## Ejemplo de calculo 2: Transportador

### Datos:



**Masa a desplazar**  $m = 750 \text{ kg}$   
**Acceleración**  $a = 2 \text{ m/s}^2$   
**Velocidad lineal**  $V = 1 \text{ m/s}$   
**Eficiencia del sistema**  $\eta = 95\%$   
**Coeficiente de fricción**  $\mu = 0.05$   
**Coeficiente de seguridad**  $C_s = 3$   
**Acceleración de la gravedad**  $g = 9.81 \text{ m/s}^2$

### Calculos:

#### Fuerza tangencial horizontal real

$$F_{hr} = \frac{P \cdot (g \cdot \mu + a)}{\eta} = \frac{750 \cdot (9.81 \cdot 0.05 + 2)}{0.95} = 1966 \text{ Nm}$$

#### Fuerza tangencial horizontal corregida

$$F_h = F_{hr} \cdot C_s = 1966 \cdot 3 = 5898 \text{ N}$$

Seleccione el tipo, módulo y familia de la cremallera utilizando las "Gráficas de selección de cremallera".

**Familia de cremallera seleccionada:** Basic

**Tipo de dentado:** Helicoidal

**Módulo seleccionado:** 4

**Fuerza tangencial de la cremallera**  $\geq F_{hc} = 8100 \text{ N}$

**Limitación:** La máquina debe utilizar el siguiente reductor, con un motor de 2000 rpm:

**Ref.:** SERVOTAK-SG-300-M1-G-10-10-Motor Type

**Relación de transmision**  $i = 10$

**Par nominal de salida**  $T_{2N} = 160 \text{ Nm}$

**Par de emergencia**  $T_{2not} = 480 \text{ Nm}$

El tamaño del piñón se calcula como sigue:

#### Número maximo de dientes:

$$Z_{max} = \frac{V \cdot 60 \cdot 1000}{\frac{n_1}{i} \cdot m \cdot \pi} = \frac{1 \cdot 60000}{200 \cdot 4 \cdot \pi} = 23.9$$

$$Z_{max} = 23 \text{ dientes}$$

**Valores disponibles para Z** (en la tabla del piñón SLHP-0400):  
18, 20, 21 y 22

Seleccionamos **Z=20**

**Diámetro primitivo según tabla**  $d = 89.28 \text{ mm}$

#### Par real en piñón

$$M_r = \frac{d \cdot F_{hr}}{2 \cdot 1000} = \frac{89.28 \cdot 1966}{2000} = 88 \text{ Nm}$$

Dado que  $M_r < T_{2B}$ , este piñón cumple con los requisitos solicitados

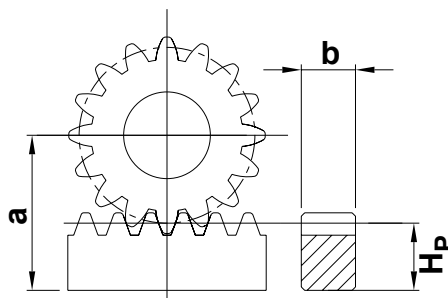
Servotak ofrece una herramienta de calculo online para ayudarle.  
Visite [http://www.servotak.eu/tools/engineering\\_calculator](http://www.servotak.eu/tools/engineering_calculator).

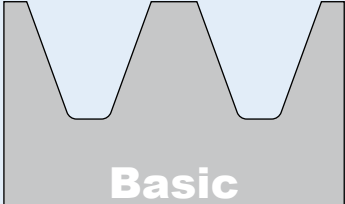
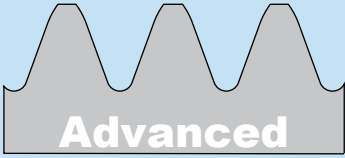


## Ejemplo práctico

### Influencia de la familia de la cremallera en la elección del módulo

|                                   |                          |
|-----------------------------------|--------------------------|
| Familias de cremalleras:          | Basic, Advanced y Master |
| Fuerza tangencial solicitada:     | 7500 N                   |
| Coefficiente de seguridad $C_S$ : | 3                        |
| Fuerza tangencial corregida:      | 22500 N                  |
| Velocidad:                        | 1 m/s                    |
| Diente:                           | Recto                    |
| Piñón:                            | Z=20                     |
| Aceleración:                      | 3 m/s <sup>2</sup>       |



| m<br>[mm] | b<br>[mm] | H <sub>p</sub><br>[mm] | a<br>[mm] | n <sub>p</sub><br>[rpm] | M <sub>p</sub><br>[Nm] | F <sub>Tp</sub><br>[N] | Perfil de la cremallera y familia<br>[Tamaño del diente aproximado]                                                             |
|-----------|-----------|------------------------|-----------|-------------------------|------------------------|------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 8         | 80        | 85,90                  | 170,74    | 240                     | 2230                   | 27900                  | <br><b>Basic</b><br>Templado                |
| 5         | 50        | 59,28                  | 112,32    | 380                     | 1400                   | 28000                  | <br><b>Advanced</b><br>Temple por inducción |
| 4         | 36        | 45,45                  | 87,87     | 480                     | 1080                   | 27000                  | <br><b>Master</b><br>Cementado              |

m: Módulo

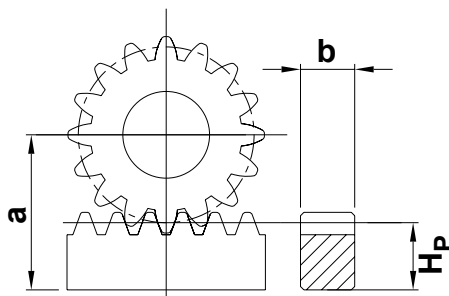
n<sub>p</sub>: Velocidad de rotación del piñón

M<sub>p</sub>: Par en el piñón

F<sub>Tp</sub>: Fuerza tangencial en el piñón máxima permisible para este sistema, según gráficas

## Tabla resumen de características

Para piñón Z=20 y velocidad lineal 1m/s



| Dentado    | Módulo<br>[mm] | b<br>[mm] | H <sub>p</sub><br>[mm] | a<br>[mm] | n <sub>p</sub><br>[rpm] | Basic                  |                        | Advanced               |                        | Master                 |                        |
|------------|----------------|-----------|------------------------|-----------|-------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
|            |                |           |                        |           |                         | M <sub>p</sub><br>[Nm] | F <sub>Tp</sub><br>[N] | M <sub>p</sub><br>[Nm] | F <sub>Tp</sub><br>[N] | M <sub>p</sub><br>[Nm] | F <sub>Tp</sub><br>[N] |
| Recto      | 0,79577        | 10        | 24,20                  | 32,63     | 1200                    | 2,8                    | 350                    | 6,5                    | 800                    | 11                     | 1400                   |
|            | 1              | 10        | 24,00                  | 34,57     | 960                     | 4,4                    | 450                    | 10,5                   | 1050                   | 17,5                   | 1750                   |
|            | 1,25           | 10        | 23,75                  | 36,95     | 760                     | 7                      | 550                    | 16,5                   | 1300                   | 27,5                   | 2200                   |
|            | 1,5            | 15        | 23,50                  | 39,32     | 640                     | 15                     | 1000                   | 35                     | 2300                   | 59                     | 3900                   |
|            | 1,59155        | 15        | 23,41                  | 40,19     | 600                     | 17                     | 1100                   | 40                     | 2500                   | 67                     | 4200                   |
|            | 2              | 20        | 28,00                  | 49,10     | 480                     | 35                     | 1750                   | 83                     | 4150                   | 140                    | 7000                   |
|            | 2,5            | 20        | 27,50                  | 53,90     | 380                     | 55                     | 2200                   | 130                    | 5200                   | 220                    | 8800                   |
|            | 3              | 30        | 37,00                  | 68,72     | 320                     | 118                    | 3900                   | 280                    | 9300                   | 470                    | 15700                  |
|            | 3,18310        | 30        | 36,82                  | 70,46     | 300                     | 130                    | 4100                   | 315                    | 9900                   | 530                    | 16700                  |
|            | 4              | 36        | 45,45                  | 87,87     | 240                     | 250                    | 6300                   | 640                    | 16000                  | 1080                   | 27000                  |
|            | 5              | 50        | 59,28                  | 112,32    | 190                     | 550                    | 11000                  | 1400                   | 28000                  | 2360                   | 47200                  |
|            | 6              | 55        | 68,15                  | 131,82    | 160                     | 865                    | 14400                  | 2210                   | 36800                  | 3730                   | 62200                  |
| Helicoidal | 8              | 80        | 85,90                  | 170,74    | 120                     | 2230                   | 27900                  | 5730                   | 71600                  | 9680                   | 121000                 |
|            | 10             | 100       | 93,60                  | 199,68    | 95                      | 4360                   | 43600                  | 11200                  | 112000                 | 18900                  | 189000                 |
|            | 12             | 120       | 111,35                 | 238,68    | 80                      | 7200                   | 60000                  | 18800                  | 157000                 | 31800                  | 265000                 |
|            | 1              | 10        | 24,00                  | 35,18     | 900                     | 6                      | 550                    | 14                     | 1300                   | 24                     | 2300                   |
|            | 1,25           | 10        | 23,75                  | 37,71     | 720                     | 9                      | 700                    | 21                     | 1600                   | 36                     | 2700                   |
|            | 1,5            | 15        | 23,50                  | 40,24     | 600                     | 20,5                   | 1300                   | 49                     | 3100                   | 82,5                   | 5200                   |
|            | 2              | 20        | 28,00                  | 50,32     | 450                     | 49                     | 2300                   | 115                    | 5400                   | 195                    | 9200                   |
|            | 2,5            | 20        | 27,50                  | 55,42     | 360                     | 73                     | 2750                   | 170                    | 6400                   | 290                    | 10900                  |
|            | 3              | 30        | 37,00                  | 70,55     | 300                     | 163                    | 5100                   | 385                    | 12100                  | 650                    | 20400                  |
|            | 4              | 36        | 45,45                  | 90,31     | 230                     | 345                    | 8100                   | 900                    | 21200                  | 1520                   | 35800                  |
|            | 5              | 50        | 59,28                  | 115,37    | 180                     | 760                    | 14300                  | 2010                   | 37900                  | 3400                   | 64000                  |
|            | 6              | 55        | 68,15                  | 135,48    | 150                     | 1180                   | 18500                  | 3110                   | 48900                  | 5260                   | 82600                  |
|            | 8              | 80        | 85,90                  | 175,62    | 110                     | 3100                   | 36500                  | 8270                   | 97400                  | 13980                  | 164700                 |
|            | 10             | 100       | 93,60                  | 205,79    | 90                      | 6020                   | 56700                  | 16150                  | 152000                 | 27300                  | 257000                 |
|            | 12             | 120       | 111,35                 | 246,00    | 75                      | 10800                  | 85000                  | 27400                  | 215000                 | 46500                  | 365000                 |

m: Módulo

n<sub>p</sub>: Velocidad de rotación del piñón

M<sub>p</sub>: Par en el piñón

F<sub>Tp</sub>: Fuerza tangencial en el piñón

## Perfil del diente de las cremalleras a tamaño real



**Módulo 0.79577**



**Módulo 1.25**



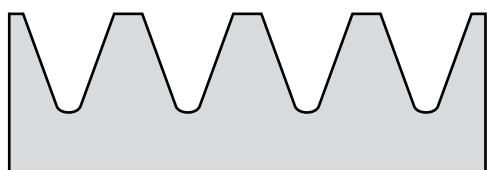
**Módulo 1.59155**



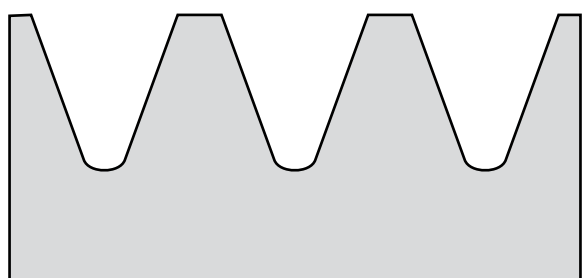
**Módulo 2.5**



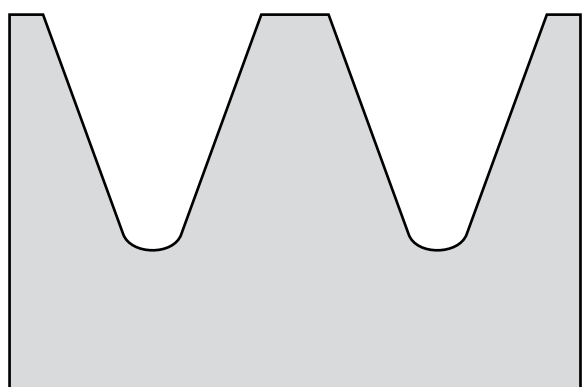
**Módulo 3.18310**



**Módulo 5**



**Módulo 8**



**Módulo 12**



**Módulo 1**



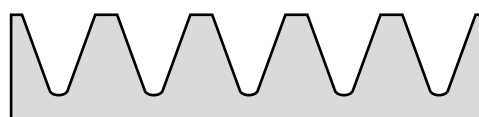
**Módulo 1.5**



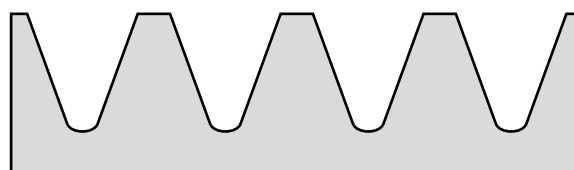
**Módulo 2**



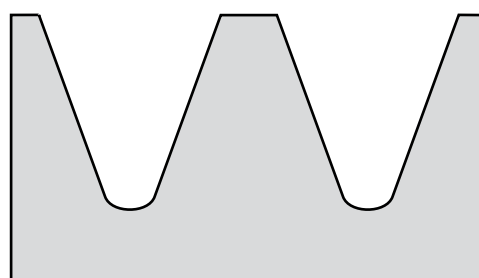
**Módulo 3**



**Módulo 4**



**Módulo 6**



**Módulo 10**

### Notas:

- La forma exterior del perfil del diente es orientativa.
- Para encajar todos los perfiles en la página, se han recortado los diagramas por la parte inferior.
- Tamaños aproximados, pueden producirse ligeras desviaciones debidas al proceso de impresión.