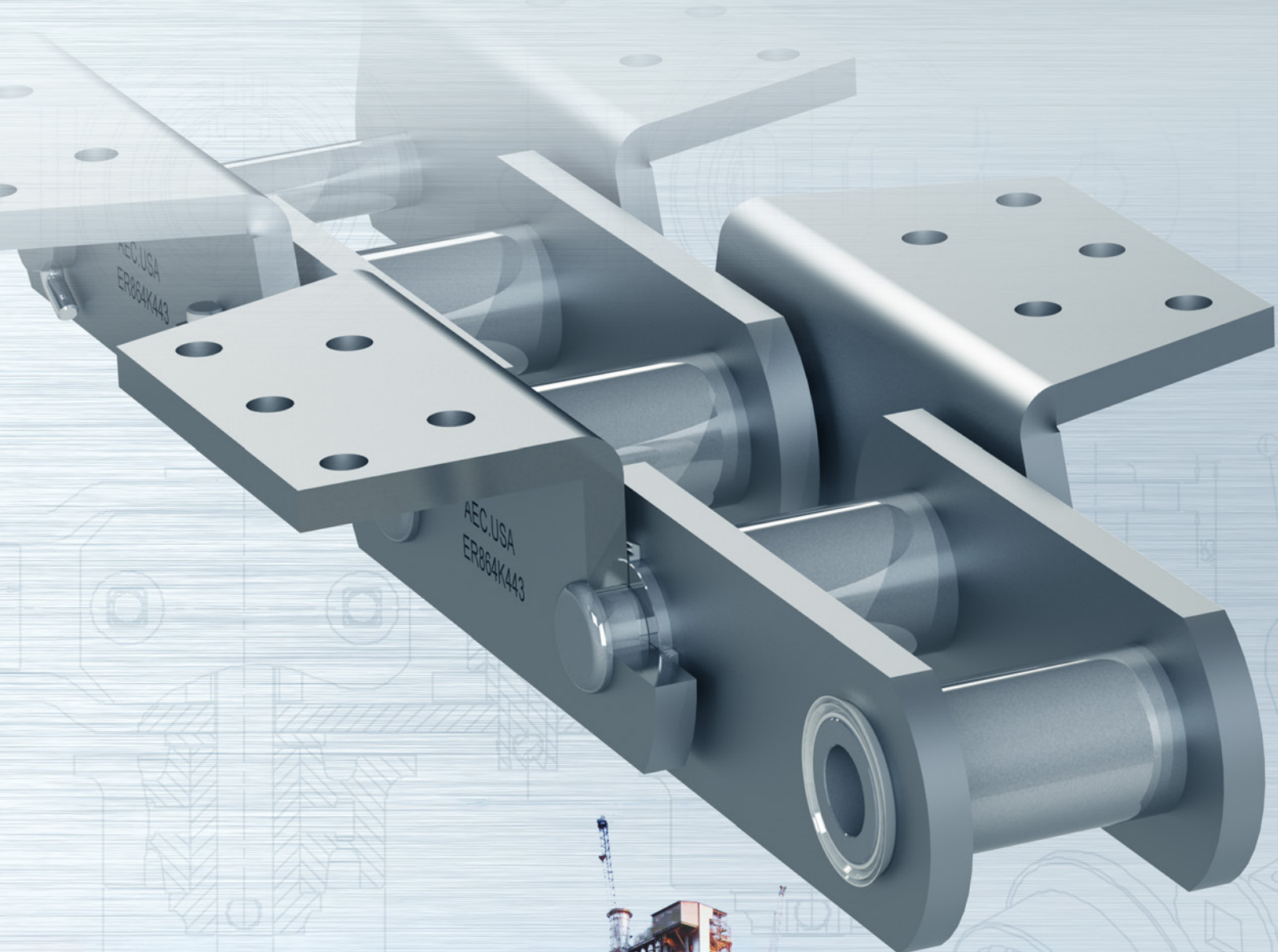


CADENAS DE INGENIERIA

Para las industrias del cemento, la minería y los agregados



AEC
ATLANTIC ENGINEERING CHAIN



Las cadenas de ingeniería AEC-USA emergen como una nueva opción de alta calidad en el mercado. Diseñadas y fabricadas con esmero, sus cadenas aseguran altas prestaciones en las aplicaciones prácticas más exigentes. La gama de productos AEC-USA incluye todos los tipos importantes de cadenas para transportadores, entre ellas: Forjadas Desarmables, de Rodillos o Casquillos, de Combinación Fundidas, Soldadas en Acero, entre otras.

La acertada selección de la composición y los tratamientos térmicos y mecánicos de los materiales utilizados, permite lograr un balance entre la resistencia a la fatiga y una larga vida al desgaste abrasivo. El objetivo central de AEC-USA es brindarle a cada cliente una solución personalizada de sus problemas de cadenas, con alta fiabilidad y durabilidad, y mínimos costos totales.



LEYENDA

TRANSPORTADORES

- 1 Elevador de cangilones
- 2 Alimentador de tabllas
- 3 Transportador de cazuelas
- 4 Transportador reclamador
- 5 Transportador de arrastre
- 6 Transportador de banda

ARRIBO Y TRITURACIÓN DE MATERIAS PRIMAS

- 7 Arribo de caliza
- 8 Arribo de arcilla
- 9 Arribo de aditivos primarios
- 10 Arribo de carbón
- 11 Arribo de aditivos secundarios
- 12 Trituradora de martillos

MOLIENDA, DOSIFICACIÓN Y MEZCLA

- 13 Galpón de homogenización
- 14 Silo de caliza
- 15 Silo de arcilla
- 16 Silos de aditivos primarios
- 17 Molino de rodillos y placa para crudo
- 18 Silo de crudo
- 19 Molino de rodillos y placa para carbón
- 20 Filtro de mangas
- 21 Silos de carbón
- 22 Chimenea del molino de carbón

PRECALENTAMIENTO

- 23 Pre-calcinador
- 24 Torre acondicionadora

FASE DE HORNO

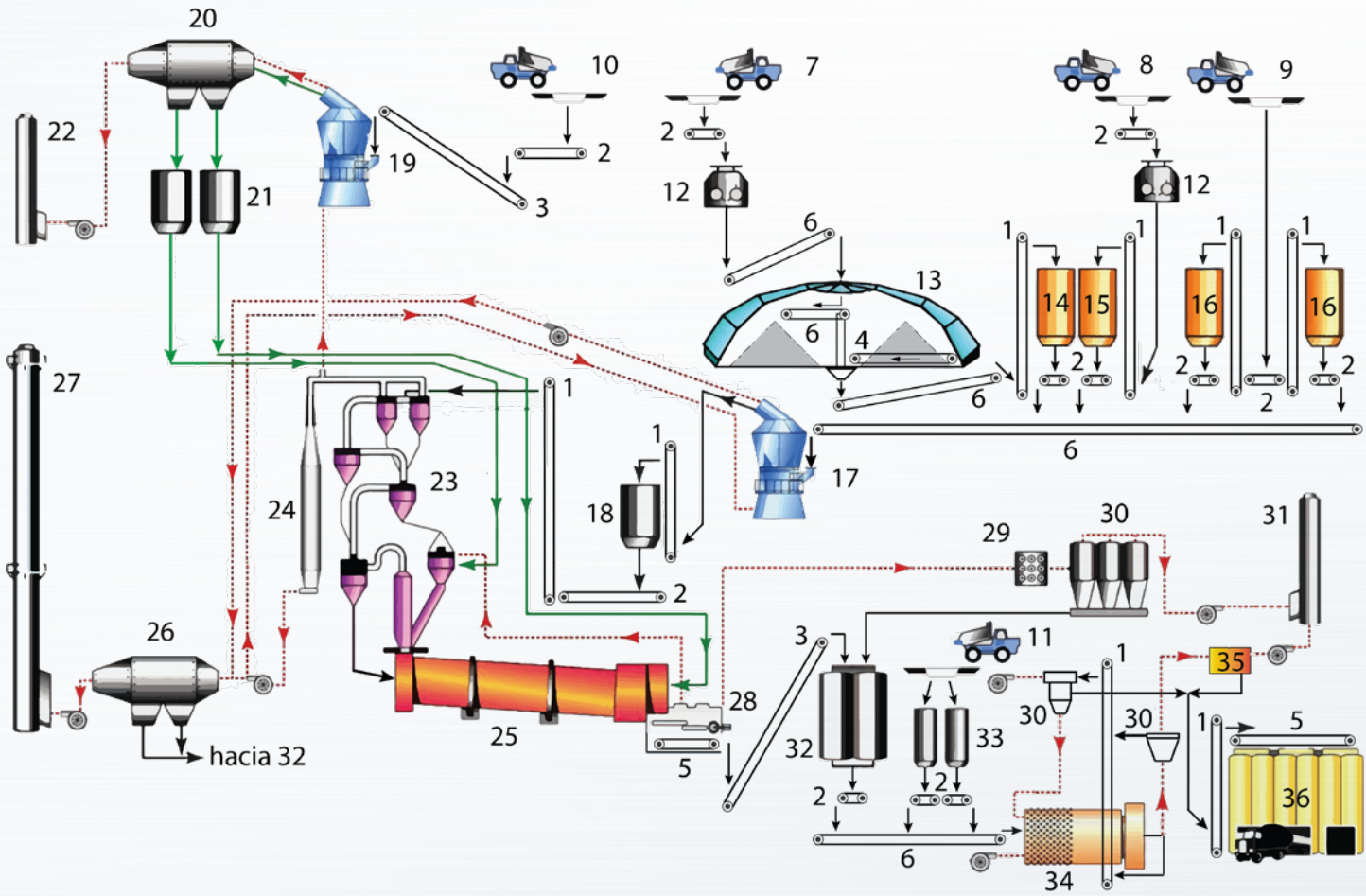
- 25 Horno rotativo
- 26 Filtro de mangas
- 27 Chimenea del horno

ENFRIAMIENTO DEL CLÍNKER Y MOLIDA FINAL

- 28 Enfriador de clínker
- 29 Intercambiador de calor
- 30 Separadores de polvo
- 31 Chimenea del enfriador
- 32 Silo de clínker
- 33 Silos de aditivos secundarios
- 34 Molino de bolas
- 35 Colector de polvo
- 36 Silos de cemento

LINEAS DE FLUJO POR COLOR

- Negro: Cemento, clínker, crudo y sus ingredientes
- Verde: Carbón molido
- Rojo Punteado: Aire con polvo



1. Sección Técnica: Cadenas para Transportadores

Atlantic Bearing Services produce y suministra, bajo su marca comercial registrada AEC (Atlantic Engineering Chain) una variedad de cadenas para transportadores, conocidas también como cadenas de ingeniería. Estas cadenas se aplican como elementos de tracción en los transportadores de los centrales azucareros, plantas de aceite de palma, plantas de cemento, minas, y otras industrias. El ambiente y la función de estas cadenas difieren mucho de aquéllas de las cadenas de transmisión de potencia. Las cadenas para transportadores frecuentemente trabajan bañadas no en aceite lubricante, sino en polvo, lodo, fibras o líquidos que son componentes normales de los productos transportados. Por naturaleza, los transportadores suelen ser largos, y el peso de sus cadenas constituye una parte significativa de la masa total en movimiento. Por tanto, las cadenas de ingeniería deben ser fuertes, ligeras, y no costosas.

1.1 Cadenas con Rodillos o Casquillos

En transportadores muy pequeños que trabajan en ambientes limpios, se aplican cadenas de rodillos para transmisión de potencia modificadas, con paso sencillo. Pero la mayoría de los transportadores industriales utilizan cadenas de doble paso. El doble paso reduce la masa y el costo de las cadenas para transportadores, al reducir el número de articulaciones por unidad de longitud. Además, el doble paso brinda más espacio para fijar aditamentos. A tales aditamentos se atornillan los rastrillos, aletas, bandejas, raspadores, tablillas, o cangilones que portan o empujan el producto transportado a lo largo de la traza del transportador.

Pero el doble paso hace mayores las ruedas dentadas de cadena o catalinas. Esto puede compensarse parcialmente bajando el número de dientes de la catalina, en algunos casos hasta seis. En cambio, las catalinas con muy pocos dientes provocan un fuerte efecto poligonal. Tal efecto excita vibraciones que incrementan las tensiones en la cadena y el accionamiento de los transportadores. Procurando atenuar este fenómeno, las velocidades de las cadenas se toman bien bajas: raramente sobre 1.0 m/s, frecuentemente por debajo de 0.50 m/s, y hasta por debajo de 0.050 m/s. No obstante, las velocidades de deslizamiento muy bajas—por debajo de 0.035 m/s—pueden también inducir vibraciones debido al deslizamiento intermitente, conocido en inglés como stick-slip. Este fenómeno se caracteriza por la transición alternante entre fricción estática y cinética, cuando la elongación elástica de la cadena puede llevar algunos puntos de la misma a una condición momentánea de reposo. El deslizamiento intermitente puede ocurrir tempranamente en los pares casquillo/rodillo de las cadenas con rodillos grandes, puesto que en ellos el deslizamiento se realiza a una velocidad inferior a la de traslación de la cadena.

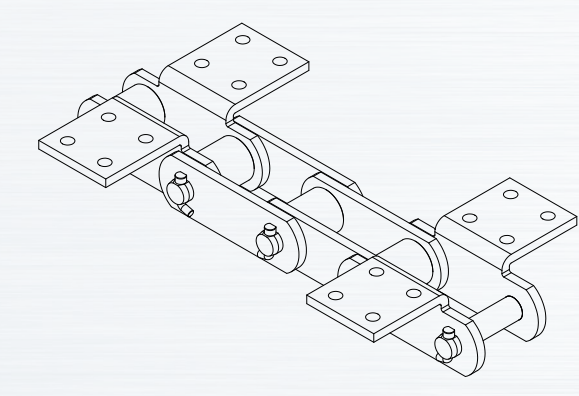


Figura 1-1. Cadena de placas rectas con rodillos pequeños

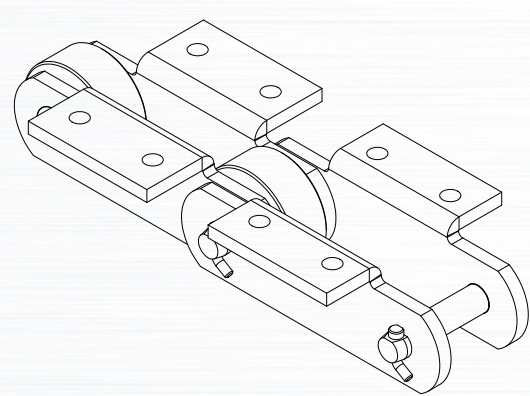


Figura 1-2. Cadena de placas rectas con rodillos grandes

Muchos transportadores usan cadenas de placas rectas, según la norma ANSI/ASME B29.4, ver Figura 1-1. Tales cadenas usan los mismos casquillos y pasadores que las cadenas de transmisión ANSI/ASME B29.1. Hay una opción de cadena con rodillos pequeños, Figura 1-1, cuyas placas deslizan sobre los rieles de soporte. Otra opción posee rodillos grandes, Figura 1-2, gracias a los cuales la cadena puede rodar sobre los rieles de soporte. Esto reduce la fuerza y potencia necesaria para tirar de la cadena, aunque la misma resulta más pesada. Los rodillos grandes pueden ser planos (como los pequeños) o tener una pestaña semejante a la de las ruedas de los vagones ferroviarios.

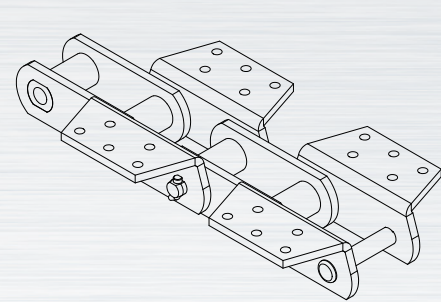


Figura 1-3. Cadena de placas rectas sin rodillos (de casquillos)

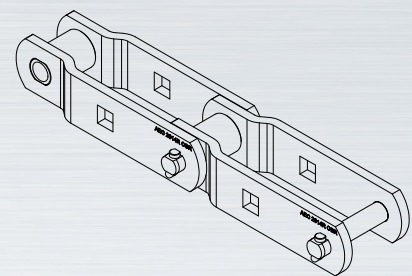


Figura 1-4. Cadena de placas acodadas para rodillos fuera de borda

Los polvos finos y abrasivos, tales como el cemento o el carbón molido, pueden introducirse en la holgura del par rodillo/casquillo. Ello puede atascar el rodillo, y anular su función. En esos casos, las cadenas de casquillos (sin rodillos), son una solución racional, Figura 1-3, debido a su menor costo. Dichos casquillos tienen el mismo diámetro exterior que los rodillos de las cadenas de transmisión según ANSI/ASME B29.1, de manera que sus catalinas son semejantes.

Una alternativa son las cadenas con rodillos grandes montados en bujes o rodamientos sellados. Tales rodillos, si se sitúan dentro de la cadena, requieren catalinas especiales. En cambio, los rodillos fuera de borda, Figura 1-5, permiten usar catalinas estándar de doble paso. La Figura 1-4 muestra una cadena de casquillos diseñada para portar rodillos fuera de borda. Estas cadenas se aplican para transportar cargas con polvo, como la caña en los ingenios azucareros o polvorientas, como el clínker en las plantas cementeras. Esta cadena tiene placas acodadas, menos resistentes que las rectas, pero que definen un eslabón único, para ensamblar cualquier número de ellos, par o impar.

Un nuevo tipo de cadena para transportadores es la cadena de pasadores huecos, Figura 1-6, según ANSI/ASME B29.27. Esta cadena es ligera y fuerte, porque las placas no tienen aditamentos o agujeros aparte de los de articulación. Los accesorios se sujetan a la cadena por pernos pasantes insertados en los pasadores huecos. Los pasadores se fijan a las placas exteriores con remaches, aros elásticos o pasapuntas. Los pasadores huecos tienen el mismo diámetro exterior que los casquillos en las cadenas según ANSI/ASME B29.1. Por tanto, las variantes de estas cadenas con "rodillos pequeños" son de hecho cadenas de casquillos. Las variantes con rodillos grandes tienen rodillos con el mismo diámetro que sus homólogas de la norma ANSI/ASME B29.4. Cuando se requiere máxima resistencia de estas cadenas, la norma prevé una variante con pasador macizo, Figura 1-7. Estos pasadores pueden tener extensiones fuera de borda—lisas o roscadas—de diámetro máximo. Las restantes partes son idénticas a la variante con pasadores huecos.

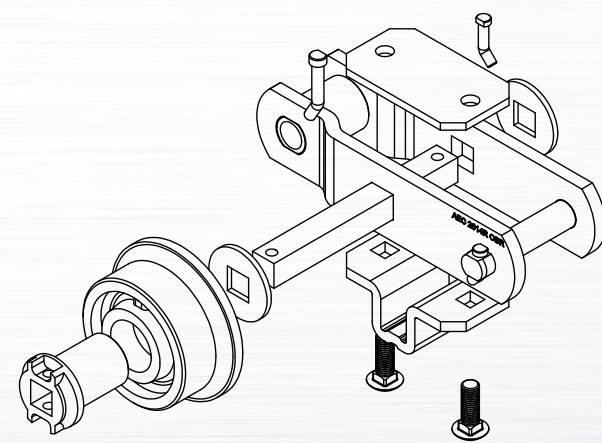


Figura 1-5. Rodillo grande fuera de borda con pestaña



Figura 1-6. Cadena de pasadores huecos con rodillos grandes

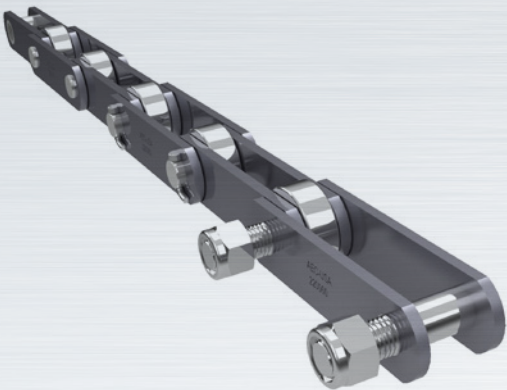


Figura 1-7. Cadena ANSI/ASME B29.27 con pasadores macizos

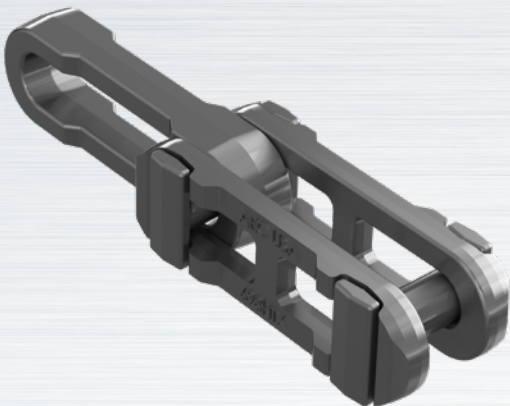


Figura 1-8. Cadena forjada desarmable

Más tipos de cadenas de rodillos o casquillos pueden hallarse en las páginas de este catálogo, que resuelven problemas específicos de los transportadores de cadena en los centrales azucareros, la minería, y otras industrias. Todas las cadenas que pertenecen a este primer grupo comparten un conjunto de características comunes, relacionadas con la forma cilíndrica de sus rodillos o casquillos, que engranan con los dientes de las catalinas.

2.1. Cadenas sin Rodillos o Casquillos

Un segundo grupo de cadenas de transportadores no puede ser incluido en el grupo arriba mencionado, porque los dientes de las catalinas no engranan con rodillos o casquillos, sino con las placas laterales. Las placas laterales en estas cadenas tienen superficies cilíndricas externas, parciales o totales, a menudo con un ligero coronamiento. Estas superficies cilíndricas externas engranan con los dientes de la catalina motriz, para transferir el movimiento de ésta última a la cadena. Estas cadenas no tienen rodillos o casquillos, solamente pasadores que nunca entran en contacto con los dientes de las catalinas.

Un ejemplo de este segundo grupo es la cadena forjada desarmable, Figura 1-8, según la norma ANSI/ASME B29.22. Un eslabón exterior de esta cadena tiene dos placas externas y dos pasadores, mientras que un eslabón interior tiene una única placa interior hueca, Figura 1-8. Los extremos de las placas tienen superficies semicilíndricas externas con coronamiento. Pese a la modesta precisión dimensional y de forma de estas superficies, los grandes radios de curvatura y el coronamiento que poseen permiten un buen contacto con los dientes de la catalina, y una satisfactoria vida al desgaste. Además, el engranaje cadena/catalina es abierto, y por tanto no propenso a acumular polvo, lodo, o fibras.

La catalina motriz en este tipo de cadena es generalmente de tipo sencillo, con una única corona dentada que engrana con los extremos de los eslabones interiores. Existen otros diseños de catalina motriz que engranan con todos los dientes de la cadena y aumentan su durabilidad, pero son más complejas y costosas. Algunas aplicaciones no accionan estas cadenas con catalinas, sino con los llamados accionamientos de cremallera: cadenas auxiliares con perros dentados que engranan en el espacio entre los extremos de cada par de placas exteriores consecutivas. Estas cadenas son fuertes y ligeras, y pueden armarse o desarmarse sin herramientas. Su introducción en 1919 revolucionó las líneas de ensamble de automóviles, y sigue siendo la mejor solución para ellas hasta hoy día. Se pueden encontrar estas cadenas en otras aplicaciones, desde esteras de alimentación de caña y transporte de grandes bolsas de azúcar en los centrales azucareros, hasta en la manipulación de ánodos de carbón en las plantas reductoras de aluminio.

También pertenecen al segundo grupo las cadenas machihembradas Clase 900, Figura 1-9, ampliamente utilizadas en los conductores intermedios de los molinos de caña. Hechos de bronce, los eslabones de estas cadenas tienen muñones cilíndricos laterales, que engranan con catalinas de doble corona dentada, formando pares cinemáticos abiertos donde las fibras del bagazo no pueden acumularse y atascar el mecanismo. Los pasadores de acero inoxidable se insertan en agujeros protegidos por bujes del mismo material.

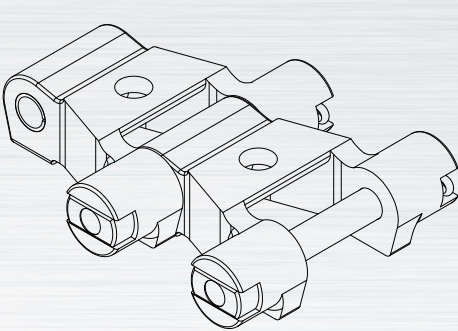


Figura 1-9. Cadena machihembrada Clase 900

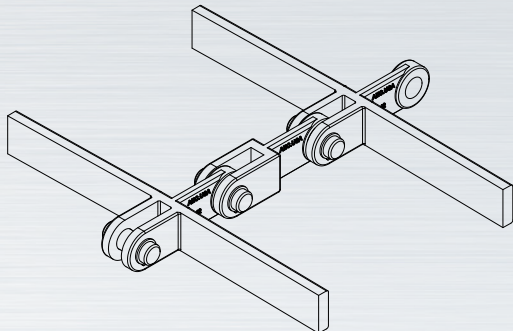


Figura 1-10. Cadena Redler, de eslabones bifurcados

Las cadenas Redler tienen eslabones bifurcados, semejantes a los mostrados en la Figura 1-10. Estos eslabones tienen una placa única, bifurcada en su extremo delantero, y con un yugo en su extremo trasero. Los agujeros de la horquilla delantera articulan con el yugo del eslabón precedente, por medio de un pasador corto, fijado con un anillo elástico o una tuerca de seguridad. Aletas de diferentes configuraciones pueden soldarse a los eslabones o atornillarse a los pasadores. Hechas de acero endurecido, estas cadenas son componentes clave de los llamados transportadores en masa. Los mismos pueden transportar, en canales herméticamente cerrados, una amplia variedad de productos secos a granel a lo largo de trazas combinadas, con segmentos horizontales, inclinados y verticales. Estas cadenas se accionan por medio de catalinas dobles, que engranan con las superficies planas o semicilíndricas situadas en la parte trasera de la horquilla de cada eslabón.

2.2. Transportadores y Elevadores de Cadena

En los transportadores de cadena, una o más cadenas de tracción tiran de la carga para moverla de un punto a otro. Sin embargo, esta función básica puede realizarse por diferentes vías. De acuerdo a los propósitos de esta sección, los transportadores de cadena pueden dividirse en dos grupos, a saber.

- 1. Transportadores donde las cadenas de tracción portan la carga;
- 2. Transportadores donde las cadenas de tracción no portan la carga.

En el primer grupo, la carga del transportador es portada en artesas, bandejas, cangilones, o perchas, atornillados a las cadenas. El segundo grupo tiene aletas, rastrillos o raspadores unidos a las cadenas de tracción, que empujan la carga y la obligan a deslizarse sobre una artesa inmóvil u otro medio de soporte equivalente. La Tabla 1-1 muestra cinco ejemplos típicos de los dos grupos de transportadores, adicionando detalles acerca del tipo de carga manipulada y de los elementos de soporte y empuje.

Tabla 1-1. Grupos básicos de transportadores de cadena, sus características, y ejemplos

Grupo	Las cadenas de tracción portan la carga	Tipo de carga	Soporte de la carga	Empujadores de la carga	Ejemplos
1	Sí	A granel	Artesas o bandejas	Ninguno	Transportadores de tablillas
			Cangilones		Elevadores de cangilones
		Unitaria	Perchas		Transportadores colgantes
2	No	A granel	Artesas inmóviles	Aletas	Transportadores de rastrillos
			Pisos de carga		Transportadores raspadores



Figura 1-11. Transportador de tablillas cargando mena caliente en una planta minera

Figura 1-12. Transportador de rastrillos cargando bagazo en un central azucarero

Como el transportador de tablillas mostrado en la Figura 1-11, los transportadores del primer grupo no deslizan la carga sobre su soporte. En este caso, la mena es soportada por una artesa móvil. El fondo y las paredes de la artesa están formados por tablillas y placas laterales de acero, atornilladas a las dos cadenas de tracción situadas debajo de la artesa. Observe que dichas cadenas tienen rodillos fuera de borda rodando sobre rieles de acero. Por tanto, la fricción entre la mena y su soporte es estática, y no desarrolla potencia resistiva. Sólo la fricción entre las cadenas de tracción y sus rieles de soporte debe ser tenida en cuenta para determinar la oposición al movimiento del transportador.

Los transportadores del segundo grupo deslizan la carga sobre su soporte, como el transportador de rastrillos mostrado en la Figura 1-12. Los rastrillos, que están unidos a las cadenas de tracción, empujan el bagazo a lo largo de una artesa inmóvil. La fricción entre bagazo y artesa desarrolla potencia resistiva, que debe ser computada y agregada a la producida por la fricción de las cadenas contra sus rieles de soporte, para determinar la oposición al movimiento del transportador. Las cadenas de tracción en este caso tienen rodillos internos grandes que ruedan sobre rieles de acero.

Los transportadores raspadores, como el mostrado en la Figura 1-13, pertenecen al segundo grupo porque la carga no es portada por las cadenas de tracción. Las aletas del transportador raspan directamente en la pila de material a ser transportado, y éste último desliza sobre las capas subyacentes de la misma pila.



Figura 1-13. Transportador raspador reclamando yeso en un almacén

Muchos transportadores tienen una traza simple, en forma de línea recta, como se muestra en la Figura 1-14. Es fácil ver que una traza simple puede ser horizontal, inclinada o vertical. Los transportadores verticales también reciben el nombre de *elevadores*. El caso general es el transportador inclinado, que se reduce a uno de los dos casos particulares cuando la inclinación es nula o máxima. La longitud total del transportador generalmente se expresa por la distancia a entre los centros de sus catalinas. Por otro lado, un transportador inclinado tiene una longitud horizontal L y una altura H , como se muestra en la Figura 1-14. Un transportador horizontal no tiene altura, y un elevador no tiene longitud horizontal. En la misma figura, puede observarse que los transportadores horizontales e inclinados necesitan soportes para las cadenas de tracción (ilustrados por líneas con extremos curvados), tanto para la rama superior como para la inferior. Las cadenas de un elevador generalmente no necesitan de soporte. Los transportadores muy cortos, horizontales o casi horizontales, pueden no tener soporte para la rama inferior, la cual cuelga entonces de sus catalinas, tomando naturalmente la forma de una curva llamada *catenaria*.

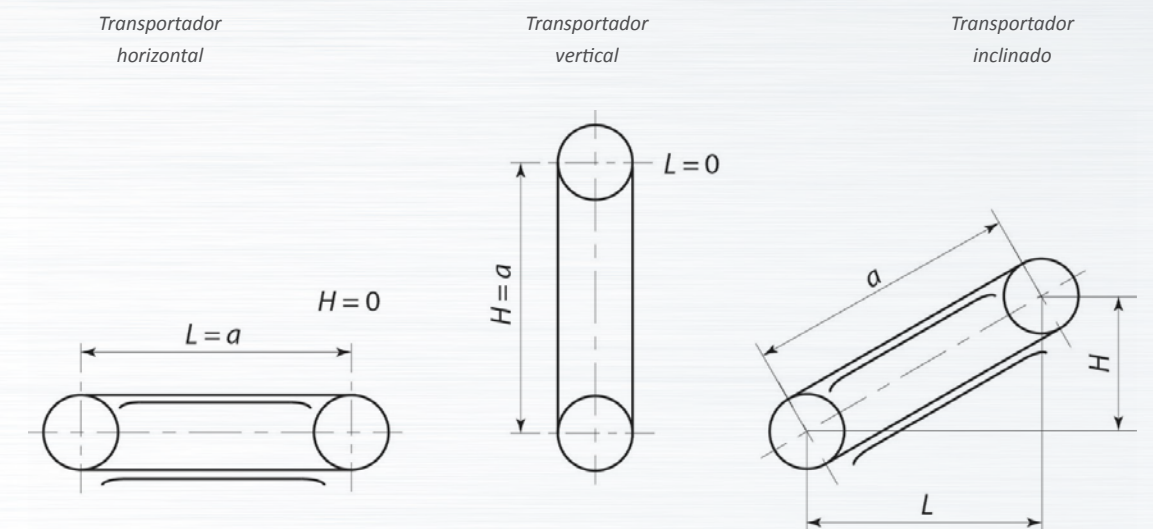


Figura 1-14. Casos de inclinación en transportadores simples, de traza recta

1.4 Capacidad de los Transportadores de Cadena

Los transportadores simples, de traza recta, tienen dos ramas. En general, una rama está cargada y la otra está descargada, de manera que la capacidad de la rama cargada será la capacidad del transportador. Sin embargo, hay transportadores donde ambas ramas pueden estar cargadas, totalmente, o solo en sectores de su longitud.

La capacidad de una rama cargada generalmente se expresa por su capacidad másica, dada por la Ecuación 1-1.

$$C_m = q_L \cdot v \quad \text{Ecuación 1-1}$$

Donde:

C_m es la capacidad másica de la rama cargada [kg/s].

q_L es la carga másica por unidad de longitud de la rama cargada [kg/m].

v es la velocidad de la cadena del transportador [m/s].

A veces, la capacidad de una rama cargada se expresa por su capacidad volumétrica, dada por la Ecuación 1-2.

$$C_V = C_m / \rho$$

Ecuación 1-2

Donde:

C_V es la capacidad volumétrica de la rama cargada [m³/s].
 C_m es la capacidad másica de la rama cargada [kg/s].
 ρ es la densidad aparente de la carga [kg/m³].

1.5 Resistencia al Movimiento en las Ramas de los Transportadores

Para realizar la capacidad supuesta, un transportador necesita mover sus ramas cargada y no cargada en contra o a favor de las fuerzas peso y las fuerzas de fricción que actúan en la carga, las cadenas de tracción, y otras partes móviles. Esta subsección brinda fórmulas para el cálculo de la fuerza de resistencia al movimiento, R , de las ramas del transportador en diferentes casos de carga. Una fuerza externa, igual en magnitud que R y contraria en sentido, debe ser aplicada en el extremo de tiro de la rama para lograr su movimiento. El extremo de tiro de una rama es aquél donde la velocidad y la fuerza externa tienen el mismo sentido. Si $R > 0$, la rama en cuestión incrementa la tensión en los sectores de cadena que le preceden. Por el contrario, si $R < 0$, ello significa que la rama decrementa la tensión en los sectores de cadena precedentes.

1.5.1 Generalidades acerca de la resistencia al movimiento

El factor de fricción f_c para las cadenas que deslizan sobre sus rieles de soporte se da en la Tabla 1-2.

Tabla 1-2. Factor de fricción para cadenas deslizantes

Material del riel	f_c	
	Con mala lubricación	Con buena lubricación
Acero	0.30 — 0.50	0.25
Poliamida o Polietileno de alta densidad	0.40	0.15
Madera dura	0.50	0.30

El factor de fricción f_c para las cadenas que ruedan sobre sus rieles de soporte se da en la Tabla 1-3.

Tabla 1-3. Factor de fricción para cadenas rodantes

Cojinete del rodillo	f_c	
	Con mala lubricación	Con buena lubricación
Cojinete deslizante	0.08 — 0.13	0.06 – 0.10
Cojinete rodante	0.035 — 0.045	0.020 – 0.030

En la Tabla 1-4 se dan—para una serie de materiales a granel que suelen ser carga de transportadores de cadena—las densidades aparentes ρ , los ángulos de reposo ϕ_r , así como los factores de fricción f_L de los mismos deslizando sobre superficies lisas de acero.

Tabla 1-4. Densidades aparentes, ángulos de reposo, y factores de fricción sobre acero de materiales de carga

Material de carga	ρ [kg/m³]	ϕ_r [°]	f_L [1]
Alúmina	676 — 826	50	0.36
Arena húmeda	1 960	35	0.85
Arena mojada	2 080	25	0.60
Azúcar cruda	960	34 — 40	0.45
Azúcar granulada seca	801	30 — 35	0.60
Bagazo húmedo	200	51	0.35 — 0.45
Bauxita	1 200 — 1 360	31 — 33	0.65
Caña de azúcar acuchillada	240 — 288	45	0.40
Cemento, clínker	1 209 - 1 590	30	0.70
Cemento, Portland	1 150 — 1 540	20	0.65
Cenizas húmedas	730 — 810	48 — 55	0.60
Cenizas secas	570 — 650	45 — 48	0.50
Cobre, mena	2 510 — 2 830	35	0.53
Coque	500	30	0.55
Grava con arena	2 000	25 — 30	0.60
Grava seca	1 520	35 — 40	0.45
Hierro, mena	3 610	35	0.64
Virutas de madera secas	240 - 520	45	0.40
Zinc, mena	2 560	35	0.45

Una medida de cuán pesadamente está cargado un transportador es dada por la masa de carga por unidad de longitud de su rama cargada. En algunos transportadores, la carga es continua y lateralmente no limitada. En esos casos, la masa de la carga por unidad de longitud de la rama cargada se da por la Ecuación 1-3.

$$q_L = A \cdot \varphi_A \cdot \rho$$

Ecuación 1-3

Donde:

q_L es la masa de la carga por unidad de longitud de la rama cargada [kg/m].
 A es el área transversal nominal del flujo continuo de carga lateralmente no limitado [m²].
 φ_A es el factor de llenado medio del área transversal nominal del flujo continuo de carga [1].
 ρ es la densidad aparente de la carga [kg/m³].

En algunos transportadores, la carga es soportada por una artesa móvil, cuyas paredes laterales de contención evitan derrames de material más allá de sus límites. Si la carga es continua y lateralmente limitada por paredes de contención, la masa de la carga por unidad de longitud de la rama cargada es dada por la Ecuación 1-4.

q_L = B · W · φ_A · ρ Ecuación 1-4

Donde:

q_L es la masa de la carga por unidad de longitud de la rama cargada [kg/m].
B es el ancho de la artesa de carga [m].
W es la altura de las paredes de contención de la artesa de carga [m].
φ_A es el factor de llenado medio del área transversal de la artesa de carga [1].
ρ es la densidad aparente de la carga [kg/m³].

Si la carga es discontinua, la masa de la carga por unidad de longitud de la rama cargada es dada por la Ecuación 1-5.

q_L = (V/l_V) · φ_V · ρ Ecuación 1-5

Donde:

q_L es la masa de la carga por unidad de longitud de la rama cargada [kg/m].
V es el volumen de cada contenedor de carga [m³].
l_V es el paso de los contenedores de carga a lo largo de la longitud de la rama cargada [m].
φ_V es el factor de llenado medio de los contenedores de carga [1].
ρ es la densidad aparente de la carga [kg/m³].

En un transportador, la resistencia al movimiento de la rama descargada en movimiento descendente está dada por la Ecuación 1-6.

R_U = q_C · g · (L · f_C - H) Ecuación 1-6

Donde:

R_U es la fuerza de resistencia al movimiento de la rama descargada [N].
q_C es la masa de las cadenas por unidad de longitud [kg/m], incluyendo aditamentos y elementos de soporte, empuje, o raspado de la carga.
L es la longitud horizontal del transportador [m].
g es la aceleración de la gravedad, 9.81 m/s².
f_C es el factor de fricción de la cadena corriendo sobre su riel de soporte [1], dado en la Tabla 1-1 o la Tabla 1-2.
H es la altura del transportador [m].

En ciertos transportadores de ambos grupos, la carga transportada desliza contra dos paredes laterales de contención inmóviles que evitan derrames de material. Una variable que caracteriza la oposición al movimiento debida a dicho deslizamiento, es la masa equivalente deslizando sobre las paredes de contención por unidad de longitud de la rama cargada, dada por la Ecuación 1-7.

q_w = w² · λ · ρ Ecuación 1-7

Donde:

q_w es la masa equivalente deslizando sobre las paredes laterales, por unidad de longitud de la rama cargada [kg/m].
w es la profundidad del material de carga contra las paredes laterales [m].
λ es el factor de presión horizontal [1].

ρ es la densidad aparente de la carga [kg/m³].

El valor de q_w puede ser nulo debido a una de dos causas: No hay material de la carga presionando contra las paredes de contención inmóviles (w = 0), o el transportador no posee tales paredes.

El factor de presión horizontal está dado por la Ecuación 1-8.

λ = 1 - sin φ_r Ecuación 1-8

Donde:

λ es el factor de presión horizontal [1].
φ_r es el ángulo de reposo del material de la carga [°], dado en la Tabla 1-4.

1.5.2 Ramas cargadas de los transportadores del primer grupo

La resistencia al movimiento de la rama cargada de un transportador en movimiento ascendente viene dada por la Ecuación 1-9.

R_LI = ((q_L + q_C) · f_C + q_w · f_L) · L · g + (q_L + q_C) · H · g Ecuación 1-9

Donde:

R_LI es la fuerza de resistencia al movimiento de la rama cargada [N].
q_L es la masa de la carga por unidad de longitud de la rama cargada [kg/m], dada por la Ecuación 1-3 o la Ecuación 1-5.
q_C es la masa de las cadenas por unidad de longitud [kg/m], incluyendo aditamentos y elementos de soporte de la carga.
q_w es la masa equivalente deslizando sobre las paredes laterales, por unidad de longitud de la rama cargada [kg/m], dada por la Ecuación 1-7.
L es la longitud horizontal del transportador [m].
g es la aceleración de la gravedad, 9.81 m/s².
f_C es el factor de fricción de la cadena corriendo sobre su riel de soporte rail [1], dado por la Tabla 1-2 o la Tabla 1-3.
H es la altura del transportador [m].

1.5.3 Ramas cargadas de los transportadores del segundo grupo

La resistencia al movimiento de la rama cargada de un transportador en movimiento ascendente viene dada por la Ecuación 1-10.

R_LII = ((q_L + q_w) · f_L + q_C · f_C) · L · g + (q_L + q_C) · H · g Ecuación 1-10

Donde:

R_LII es la fuerza de resistencia al movimiento de la rama cargada [N].
q_L es la masa de la carga por unidad de longitud de la rama cargada [kg/m], dada por la Ecuación 1-4.
q_w es la masa equivalente deslizando sobre las paredes laterales, por unidad de longitud de la rama cargada [kg/m], dada por la Ecuación 1-7.
q_C es la masa de las cadenas por unidad de longitud [kg/m], incluyendo aditamentos y elementos de empuje o raspado de la carga.
L es la longitud horizontal del transportador [m].
f_L es el factor de fricción de la carga deslizando sobre el material de la artesa [1], dado en la Tabla 1-4.
g es la aceleración de la gravedad, 9.81 m/s².
f_C es el factor de fricción de la cadena corriendo sobre su riel de soporte [1], dado por la Tabla 1-2 o la Tabla 1-3.
H es la altura del transportador [m].

1.6 Fuerzas de Tiro, Accionamiento y Tensado en las Cadenas

Tres fuerzas esenciales en un transportador de cadena son:

1. La máxima fuerza de tracción en las cadenas, T_{max} [N], denominada *fuerza de tiro* de las cadenas.
2. La fuerza aplicada por las catalinas motrices, F_D [N], denominada *fuerza de accionamiento* de las cadenas.
3. La fuerza aplicada por las catalinas de cola, F_T [N], denominada *fuerza de tensado* de las cadenas.

Aunque los valores de las dos primeras fuerzas pueden estar cercanos, y a veces resultar iguales, estas fuerzas representan dos conceptos diferentes y no deben confundirse una con la otra. La fuerza de tiro es necesaria para seleccionar cadenas de resistencia adecuada para realizar su trabajo como elementos de tracción en el transportador. La fuerza de accionamiento se necesita para determinar la potencia mecánica que el transportador demandará de su accionamiento, a través de las catalinas motrices y su árbol. En cualquier caso, la Ecuación 1-11 se cumple.

$$T_{max} \geq F_D \quad \text{Ecuación 1-11}$$

Procedimientos de cálculo detallados para las fuerzas de tiro, accionamiento y tensado para dos transportadores de cadena típicos se dan a continuación.

1.6.1 Transportador de tablillas

El boceto de un transportador simple de tablillas, inclinado hacia arriba y trabajando con carga, se da en la Figura 1-15. La catalina motriz siempre se ubica en la cabeza del transportador, donde la rama cargada termina. La carga se sube al transportador en la cola y se descarga del mismo en la cabeza. Esta configuración asegura la mejor distribución de tensiones a lo largo de las cadenas de tracción. La catalina de cola debe incluir un dispositivo de tensado a fuerza constante, para mantener un óptimo engranaje de las cadenas con sus catalinas.

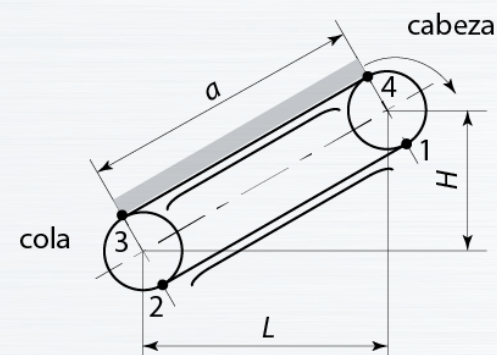


Figura 1-15. Transportador de tablillas trabajando con carga

Hay cuatro puntos característicos a lo largo de la cadena, mostrados y numerados en la Figura 1-15:

1. Aquí la cadena sale de la catalina motriz. Este punto, o el punto 2, es donde ocurre la menor tensión en la cadena.
2. Aquí la cadena entra en la catalina de cola.
3. Aquí la cadena sale de la catalina de cola.
4. Aquí la cadena entra en la catalina motriz. Este es generalmente el punto de más alta tensión de la cadena.

Puesto que el transportador de tablillas es un transportador del primer grupo, es posible plantear las ecuaciones siguientes:

$$\text{si } R_U \geq 0 \text{ entonces } T_1 > 0 \text{ de otro modo, si } R_U < 0 \text{ entonces } T_1 > |R_U| \quad \text{Ecuación 1-12}$$

$$T_2 = T_1 + R_U \quad \text{Ecuación 1-13}$$

$$T_3 = T_2 \cdot K_S \quad \text{Ecuación 1-14}$$

$$T_4 = T_3 + R_{LI} \quad \text{Ecuación 1-15}$$

$$F_D = T_4 \cdot K_S - T_1 \quad \text{Ecuación 1-16}$$

Donde:

T_1 a T_4 son las tensiones de la cadena en los puntos 1 a 4 [N].

R_U es la resistencia al movimiento de la rama descargada [N], calculada en la Ecuación 1-6.

R_{LI} es la resistencia al movimiento de la rama cargada [N], calculada en la Ecuación 1-9.

K_S es el factor de resistencia al movimiento de la cadena en las catalinas [1], generalmente entre 1.05 y 1.08.

F_D es la fuerza de accionamiento [N].

Una vez que el valor de T_1 se elige en concordancia con la Ecuación 1-12, las demás tensiones y la fuerza de accionamiento se hallan en las restantes cuatro ecuaciones. La mayor tensión en la cadena ocurre en el punto 4. Por tanto,

$$T_{max} = T_4 \quad \text{Ecuación 1-17}$$

La fuerza de tensado en la catalina de cola está dada por la Ecuación 1-18.

$$F_T = T_2 + T_3 \quad \text{Ecuación 1-18}$$

Donde:

F_T es la fuerza de tensado en la catalina de cola [N]

T_2 y T_3 son las tensiones en los puntos 2 y 3 [N].

1.6.2 Transportador de rastrillos

Un transportador de rastrillos horizontal trabajando bajo carga se esboza en la Figura 1-16. La catalina motriz siempre se sitúa en la cabeza del transportador, donde la rama cargada termina. Como se dijo anteriormente, el extremo de tiro de una rama es aquél donde la fuerza externa y la velocidad tienen igual sentido. La carga se sube al transportador en la cola y se descarga del mismo en la cabeza. Esta configuración asegura la mejor distribución de tensiones a lo largo de las cadenas de tracción. La catalina de cola debe incluir un dispositivo de tensado a fuerza constante, para mantener un óptimo engranaje de las cadenas con sus catalinas.

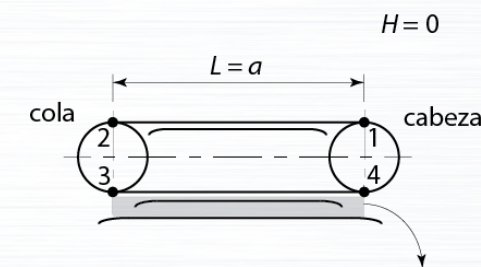


Figure 1-16. Transportador de rastrillos trabajando con carga

Hay cuatro puntos característicos a lo largo de la cadena, mostrados y numerados en la Figura 1-16:

1. Aquí la cadena sale de la catalina motriz. Este punto, o el punto 2, es donde ocurre la menor tensión en la cadena.
2. Aquí la cadena entra en la catalina de cola.
3. Aquí la cadena sale de la catalina de cola.
4. Aquí la cadena entra en la catalina motriz. Este es generalmente el punto de más alta tensión de la cadena.

Puesto que el transportador de rastrillos es un transportador del segundo grupo, es posible plantear las ecuaciones siguientes:

$$\text{si } R_U \geq 0 \text{ entonces } T_1 > 0 \text{ de otro modo, si } R_U < 0 \text{ entonces } T_1 > |R_U| \quad \text{Ecuación 1-19}$$

$$T_2 = T_1 + R_U \quad \text{Ecuación 1-20}$$

$$T_3 = T_2 \cdot K_S \quad \text{Ecuación 1-21}$$

$$T_4 = T_3 + R_{LII}$$
Ecuación 1-22

$$F_D = T_4 \cdot K_S - T_1$$
Ecuación 1-23

Donde:

T_1 y T_4 son las tensiones de la cadena en los puntos 1 a 4 [N].
 R_U es la resistencia al movimiento de la rama descargada [N], calculada en la Ecuación 1-6.
 R_{LII} es la resistencia al movimiento de la rama cargada [N], calculada en la Ecuación 1-10.
 K_S es el factor de resistencia al movimiento de la cadena en las catalinas [1], generalmente entre 1.05 y 1.08.
 F_D es la fuerza de accionamiento [N].

Una vez que el valor de T_1 se elige de acuerdo con la Ecuación 1-19, las demás tensiones y la fuerza de accionamiento se hallan en las restantes cuatro ecuaciones. La mayor tensión en la cadena ocurre en el punto 4. Por tanto,

$$T_{max} = T_4$$
Ecuación 1-24

La fuerza de atesado en la catalina de cola está dada por la Ecuación 1-25.

$$F_T = T_2 + T_3$$
Ecuación 1-25

Donde:

F_T es la fuerza de atesado en la catalina de cola [N]
 T_2 y T_3 son las tensiones de la cadena en los puntos 2 y 3 [N].

En los transportadores de tablillas, la tensión de la cadena en todos los puntos de la rama cargada debe ser suficientemente alto para mantener los rastrillos en posición cercana a la vertical. Si la tensión en la cercanía del punto 3 no es suficiente, puede ser necesario incrementar el valor de la tensión T_1 elegida en la Ecuación 1-19 a fin de obtener valores apropiados para T_3 .

1.6.3 Potencia de accionamiento

Una vez que el tiro de la cadena se conoce, es fácil determinar la potencia mecánica tomada por el transportador de su accionamiento. Esta potencia está dada por la Ecuación 1-26.

$$P_D = K_A \cdot F_D \cdot v$$
Ecuación 1-26

Donde:

P_D es la potencia mecánica tomada por el transportador de su accionamiento [W].
 F_D es la fuerza de accionamiento de las cadenas del transportador [N], obtenida en las subsecciones 1.6.1 y 1.6.2.
 v es la velocidad de las cadenas del transportador [m/s].
 K_A es el factor de servicio de la aplicación [1], según se da en la Segunda Sección Técnica de este catálogo.

1.7 Selección de las Cadenas de Tracción

Las cadenas para transportadores generalmente trabajan en un ambiente altamente contaminado, donde el aceite lubricante se mezcla con el material trasportado, o incluso llega a ser sustituido por otras sustancias menos apropiadas tales como agua o el jugo de caña. Otros transportadores de cadena funcionan dentro de hornos, donde la temperatura es alta. Todos estos factores hacen de la selección de cadenas para transportadores una ciencia técnica no constituida. Ello explica por qué un procedimiento de selección formal, tal como el existente para las cadenas de transmisión de potencia, todavía no ha sido incorporado en una norma nacional o internacional.

La norma de facto se basa en la *resistencia última a la tracción* (RUT, en inglés UTS) de la cadena, una medida objetiva de la carga estática que la cadena puede soportar antes de la rotura. Pero, bastante antes de la rotura, la cadena se elonga plásticamente, y se inutiliza. Por tanto, la fuerza admisible de trabajo debe ser muchas veces menor que la resistencia última a la tracción, y por ello se aplica un *factor de seguridad* no menor que siete. Para tomar en consideración el comportamiento dinámico de los transportadores de cadena, se aplica también un *factor de servicio* en el cálculo de selección, basado sobre todo en la experiencia práctica.

Un número de fuentes sugiere verificar la cadena a la presión (p) y al producto presión-velocidad (pv) en los pares deslizantes de sus articulaciones. En un ambiente razonablemente limpio, una cadena de ingeniería bien lubricada puede trabajar durante 15 000 horas bajo una presión en sus pares deslizantes igual a 1 800 000 Pa, si la velocidad de deslizamiento en el par no supera los 0.15 m/s. No obstante, bajo condiciones reales de operación en planta, es difícil hacer un pronóstico fundamentado de la vida de trabajo de una cadena de transportador sometida a valores dados de p y pv . En consecuencia, muchos proveedores mencionan, pero no obligan a cumplir con tales verificaciones, descansando principalmente en el método RUT + factor de seguridad. Este es el estado del arte hoy día.

La máxima fuerza de tracción en las cadenas, obtenida tal como se explica en la subsección 1.5, se vincula con el *valor medio* de la resistencia última a la tracción de la cadena seleccionada por medio de la Ecuación 1-27.

$$T_{max} \leq K_N \cdot Q_{med} / (K_A \cdot S_F)$$
Ecuación 1-27

Donde:

T_{max} es la máxima fuerza de tracción en las cadenas [N], obtenida en la subsección 2.5.
 Q_{med} es el valor medio de la resistencia última a la tracción de la cadena seleccionada [N], según las tablas de cadenas.
 K_A es el factor de servicio de la aplicación [1], obtenido en la Segunda Sección Técnica de este catálogo.
 K_N es el factor multi-ramal [1], obtenido en la Segunda Sección Técnica de este catálogo.
 S_F es el factor de seguridad a la rotura de la cadena [1], tal como se da en la Tabla 1-5.

El factor multi-ramal toma en cuenta que la máxima fuerza de tracción en las cadenas puede ser ejercida por una, dos o más cadenas, según el ancho y la capacidad del transportador.

Cuando la aplicación requiere un nivel especialmente alto de fiabilidad, entonces el *valor mínimo* de la resistencia última a la tracción— Q_{min} —de la cadena seleccionada es el que se aplica en la Ecuación 1-27, en vez del valor medio. Respecto al factor de seguridad, un valor ligado a la velocidad de la cadena, tal como el dado en la Tabla 1-5, es un enfoque racional. Dentro de los intervalos de S_F dados, los valores mayores deben adoptarse cuando se demanda mayor fiabilidad o cuando el número de dientes de las catalinas es cercano al mínimo.

Tabla 1-5. Factor de seguridad a la rotura de las cadenas para transportadores

Velocidad de la cadena v [m/s]	Factor de seguridad S_F [1]
≤ 0.30	7
0.30 — 0.50	7 — 8
0.50 — 0.65	8 — 10
0.65 — 0.80	9 — 13
0.80 — 1.00	10 — 15
> 1.00	12 — 20

1.8 Unidades de Medida

Tanto en esta, la Primera Sección Técnica de este catálogo, como en la Segunda, todas las variables se expresan en las unidades básicas del Sistema Internacional de unidades, también conocido por su sigla SI. Ello simplifica las ecuaciones, y evita las confusiones que surgen cuando se usan las unidades tradicionales o los múltiplos y submúltiplos de las unidades SI se mezclan en una misma aplicación. No obstante, en la práctica de la ingeniería de cadenas, las unidades tradicionales son necesarias y lo serán por mucho tiempo, para asegurar una buena comunicación profesional a todos los niveles de actividad: desde la planta y el taller hasta la empresa.

¿Cómo proceder racionalmente en este importante asunto? Nuestra sugerencia es la siguiente:

- 1. Tomar todos los datos en las unidades tradicionales, y convertirlos a las unidades básicas del SI.
- 2. Realizar todos los cálculos en las unidades básicas del SI, de acuerdo a la Sección Técnica correspondiente.
- 3. Tomar todos los resultados de los cálculos que se necesiten, y convertirlos a las unidades tradicionales.

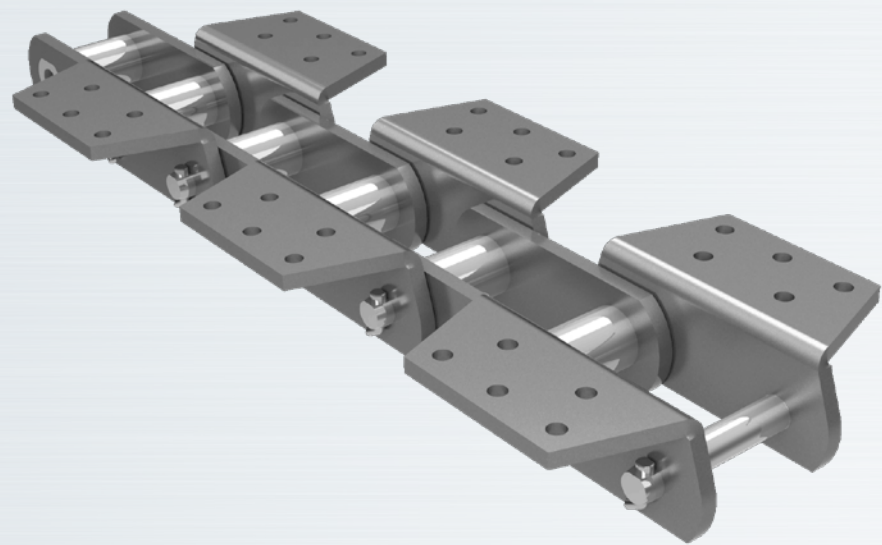
Los pasos 1 y 3 requieren tablas de factores de conversión. Para conveniencia de nuestros clientes, un grupo de conversiones vinculadas a los contenidos de las Secciones Técnicas de este catálogo se dan, con tres cifras significativas y ordenados alfabéticamente, en la Tabla 1-6. Para que las conversiones se realicen de modo directo, todas las unidades contenidas en la tabla aparecen justamente una vez en su primera columna.

Tabla 1-6. Conversiones de unidades

Para convertir de	a	Multiplicar por
Caballos de fuerza [hp]	Watt [W]	746
Kilogramos [kg]	Libras [lb]	2.20
Kilogramos fuerza [kgf]	Newton [N]	9.81
Kilogramos por metro [kg/m]	Libras por pie [lb/ft]	0.672
Kilogramos por metro cúbico [kg/m³]	Libras por pie cúbico [lb/ft³]	0.062 4
Kilogramos por segundo [kg/s]	Libras por minuto [lb/min]	132
	Toneladas por hora [t/h]	3.60
Libras [lb]	Kilogramos [kg]	0.454
Libras fuerza [lbf]	Newton [N]	4.45
Libras fuerza por pulgada [lbf-in]	Newton por metro [N-m]	0.113
Libras por minuto [lb/min]	Kilogramos por segundo [kg/s]	0.007 56
Libras por pie [lb/ft]	Kilogramos por metro [kg/m]	1.49
Libras por pie cúbico [lb/ft³]	Kilogramos por metro cúbico [kg/m³]	16.0
Metros [m]	Pulgadas [in]	39.4
	Pies [ft]	3.28

Para convertir de	a	Multiplicar por
Metros cuadrados [m²]	Pies cuadrados [ft²]	10.8
	Pulgadas cuadradas [in²]	1 550
Metros cúbicos [m³]	Pies cúbicos [ft³]	35.3
Metros cúbicos por segundo [m³/s]	Pies cúbicos por minuto [ft³/min]	2 120
Metros por minuto [m/min]	Metros por segundo [m/s]	0.016 7
Metros por segundo [m/s]	Pies por minuto [ft/min]	197
	Metros por minuto [m/min]	60.0
Newton [N]	Libras fuerza [lbf]	0.225
	Kilogramos fuerza [kgf]	0.102
Newton por metro [N-m]	Libras fuerza por pulgada [lbf-in]	8.85
Pies [ft]	Metros [m]	0.305
Pies cuadrados [ft²]	Metros cuadrados [m²]	0.092 9
Pies cúbicos [ft³]	Metros cúbicos [m³]	0.028 3
Pies cúbicos por minuto [ft³/min]	Metros cúbicos por segundo [m³/s]	0.000 472
Pies por minuto [ft/min]	Metros por segundo [m/s]	0.005 08
Pulgadas [in]	Metros [m]	0.025 4
Pulgadas cuadradas [in²]	Metros cuadrados [m²]	0.000 645
Toneladas por hora [t/h]	Kilogramos por segundo [kg/s]	0.278
Watt [W]	Caballos de fuerza [hp]	0.001 34

Atlantic Bearing Services (ABS) confía que la Sección Técnica de su catálogo de cadenas le será útil a Usted, nuestro distinguido cliente. En caso de temperaturas extremas, o la presencia de sustancias corrosivas, o sistemas especiales por su diseño, operación, o mantenimiento, el Departamento Técnico de ABS se sentirá orgulloso de asistirle directamente en la mejor selección de la cadena para su transportador.



Los elevadores de cangilones son equipos esenciales para la carga de silos de materias primas, intermedias, y del producto final en múltiples industrias. La experiencia ha demostrado que las cadenas más adecuadas para muchos de estos elevadores son las de casquillos (sin rodillos) y placas laterales rectas, según la norma ANSI/ ASME B29.12M. Esta norma tiene definidos 10 tamaños de cadena, desde 4" a 7" de paso. Pero para los grandes elevadores de las industrias del cemento, la minería y los agregados, solo se utilizan los cuatro tamaños mayores, que constituyen la llamada Serie 800. Empleando mejores materiales y tecnologías de producción, se han desarrollado cadenas que poseen límites de rotura a tracción superiores a los de la norma, con las mismas dimensiones. Además, para satisfacer ciertas aplicaciones se han desarrollado tamaños adicionales, fuera de la norma, de estas cadenas más resistentes. Todas estas cadenas se agrupan en la llamada Serie 900. ABS produce todas las cadenas de las Series 800 y 900, y puede también suministrar cualquier otro modelo especial según las necesidades del Cliente. Asimismo, ABS ofrece cadenas de ambas series con articulaciones selladas, que retienen el lubricante dentro y alargan así la vida al desgaste.

Parámetros básicos de las cadenas de la Serie 800

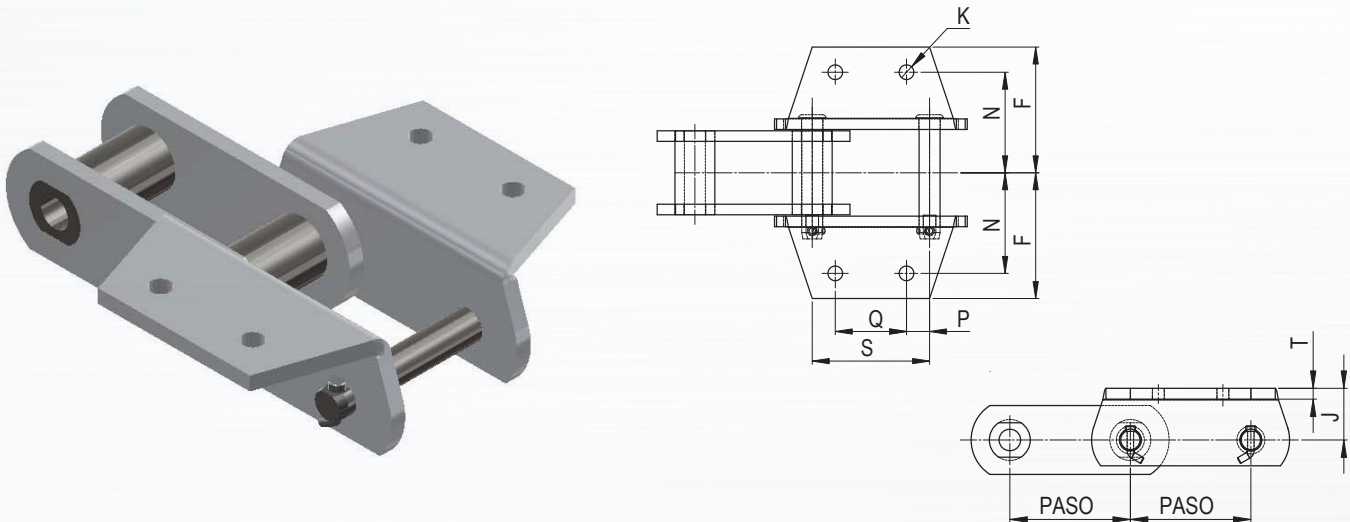
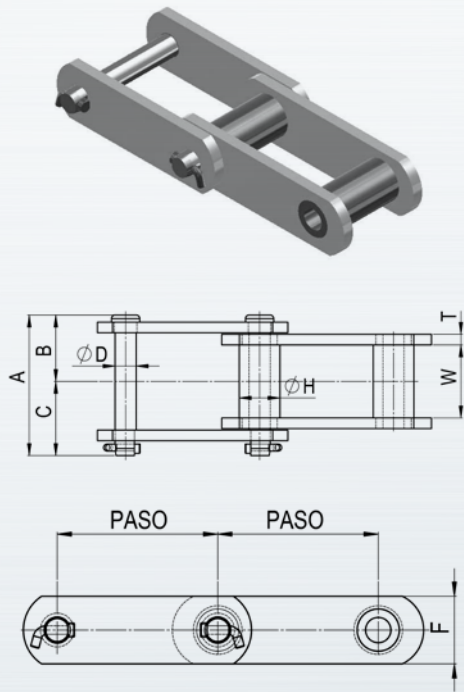
Cadena#	Dimensiones, in									MRUT lbf
	P	D	F	H	T	W	A	B	C	
ER856	6.00	1.00	2.50	1.75	0.50	3.00	6.13	2.81	3.22	82,000
ER857	6.00	1.00	3.25	1.75	0.50	3.00	6.13	2.81	3.22	97,000
ER859	6.00	1.25	4.00	2.38	0.63	3.75	7.38	3.47	3.81	155,000
ER864	7.00	1.25	4.00	2.38	0.63	3.75	7.38	3.47	3.81	155,000

Nota: MRUT significa valor medio de la resistencia última a tracción (en inglés: MUTS).

Parámetros básicos de las cadenas de la Serie 900

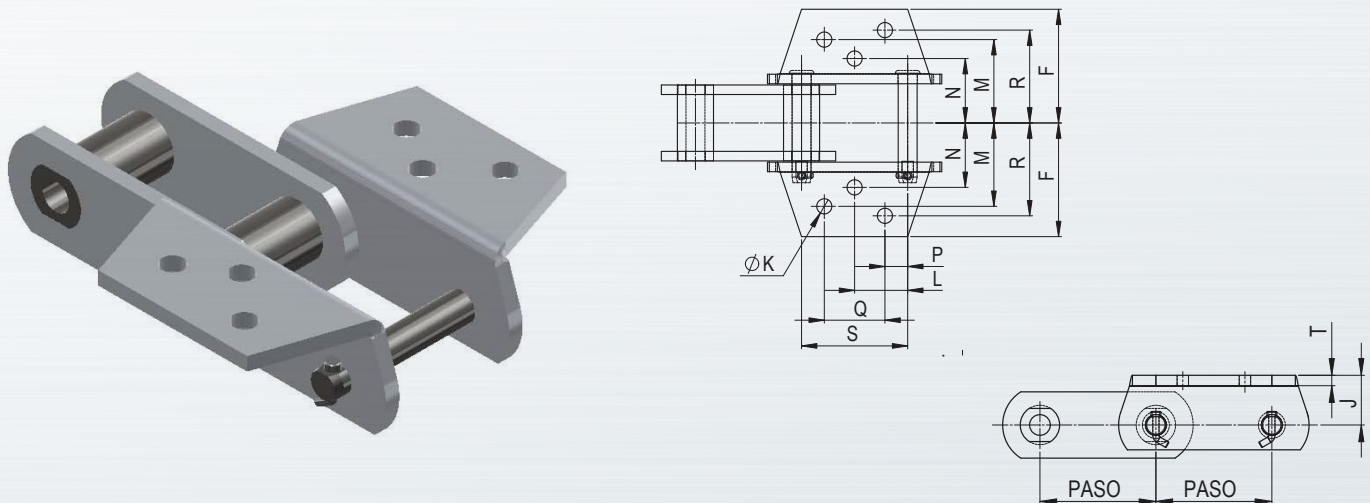
Cadena#	Dimensiones, in									MRUT lbf
	P	D	F	H	T	W	A	B	C	
ER956	6.00	1.00	3.00	1.75	0.50	3.00	6.13	2.78	3.16	107,000
ER958	6.00	1.12	3.25	2.00	0.56	3.00	6.13	3.09	3.24	135,000
ER984	7.00	1.38	4.00	2.50	0.62	3.75	7.38	3.41	3.84	201,000
ER994	7.00	1.58	4.00	2.50	0.62	3.75	7.38	3.41	3.84	230,000

Nota: MRUT significa valor medio de la resistencia última a tracción (en inglés: MUTS).



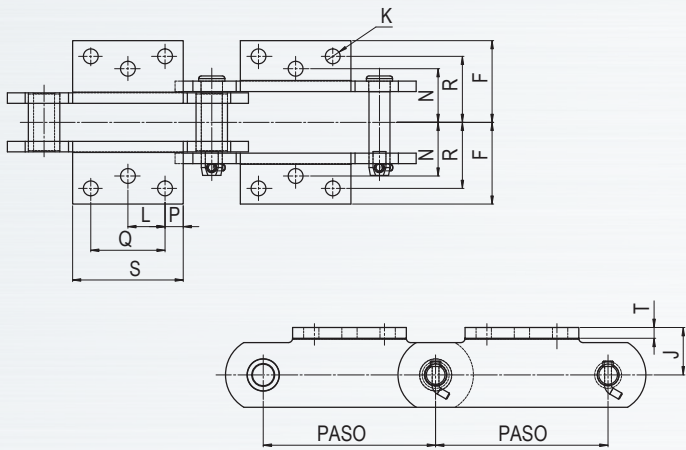
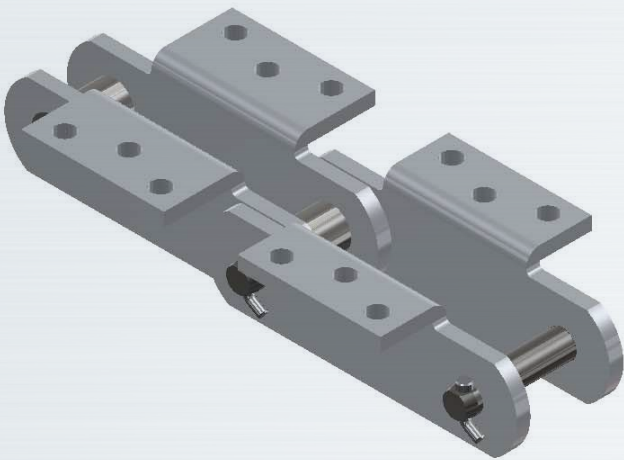
Parámetros de las cadenas de la Serie 800 con aditamentos K24 y K3

Cadena#	Dimensiones, in											Peso lb/ft
	F	J	Perno K	L	M	N	P	Q	R	S	T	
ER856 K24	4.75	1.88	0.63			3.63	1.75	2.50		7.25	0.50	27.5
ER856 K3	6.75	1.88	0.50	3.00	5.47	3.28	1.63	2.75	6.03	4.25	0.50	26.9



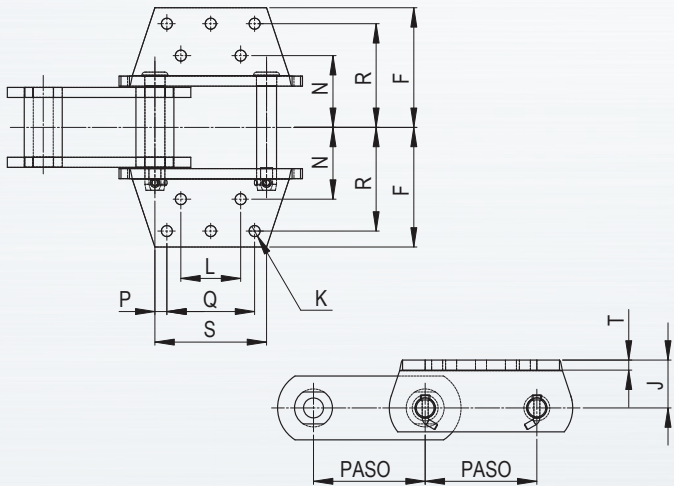
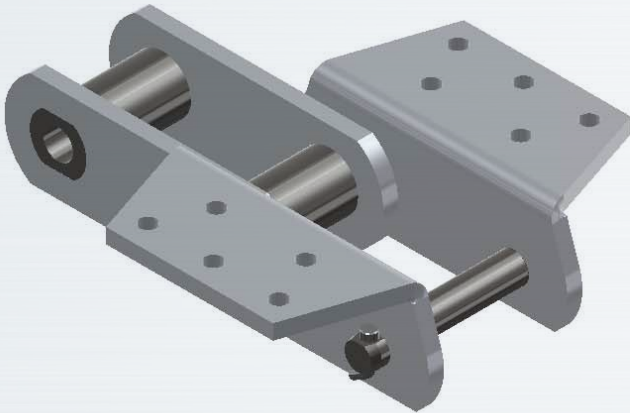
Parámetros de las cadenas de la Serie 900 con aditamentos K24

Cadena#	Dimensiones, in											Peso lb/ft
	F	J	Perno K	L	M	N	P	Q	R	S	T	
ER956 K24	4.75	1.88	0.63			3.63	1.75	2.50		7.25	0.50	29.0



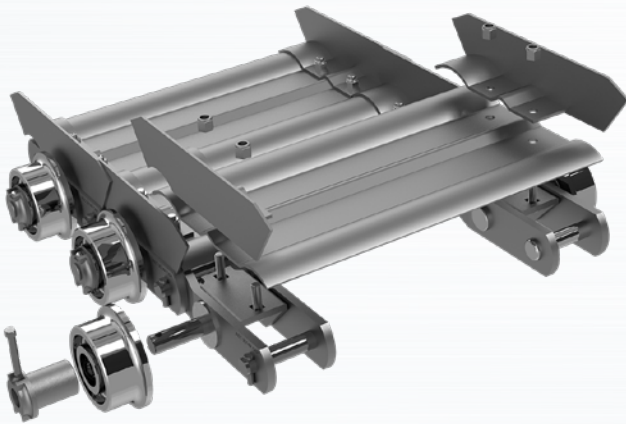
Parámetros de las cadenas de la Serie 800 con aditamentos K35

Cadena#	Dimensiones, in											Peso lb/ft
	F	J	Perno K	L	M	N	P	Q	R	S	T	
ER856 K35	6.75	1.88	0.63	1.25		3.63	1.75	2.50	6.13	6.44	0.50	27.5
ER857 K44	7.25	2.50	0.50	3.50		3.50	1.25	3.50	6.00	6.56	0.50	42.0
ER859 K44	7.55	3.00	0.63	2.75		4.50	0.75	4.50	6.50	6.50	0.63	67.0
ER864 K443	7.55	3.00	0.63	3.75		4.50	0.75	5.50	6.50	8.56	0.63	53.0

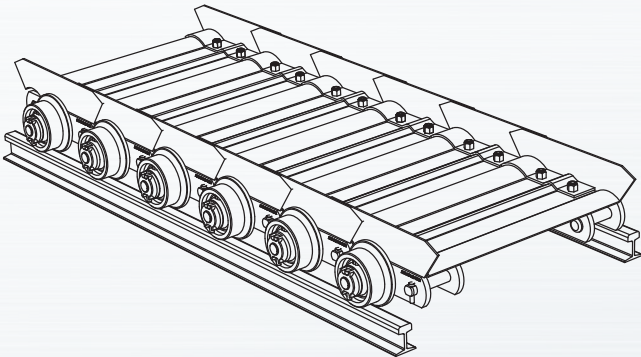


Parámetros de las cadenas de la Serie 900 con aditamentos K44 y K443

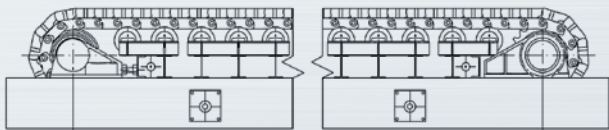
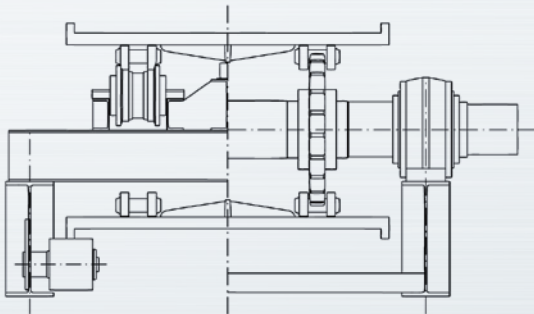
Cadena#	Dimensiones, in											Peso lb/ft
	F	J	Perno K	L	M	N	P	Q	R	S	T	
ER958 K44	7.25	2.50	0.56	3.50		3.50	1.25	3.50	6.00	6.56	0.50	40.00
ER984 K443	7.55	3.00	0.63	3.75		4.50	0.75	5.50	6.50	8.56	0.63	58.00



Los transportadores de tablillas o cazuelas son apropiados para el transporte de materiales a granel abrasivos o en caliente a lo largo de rutas horizontales o inclinadas hasta 15° los primeros y hasta 45° los segundos. Clínger, cemento, carbón, mena de hierro, arena y piedra son algunos ejemplos de materiales acarreados por estos transportadores en las industrias del cemento, la minería y los agregados. El material transportado reposa sobre el fondo casi llano de la estera de tablillas o sobre el fondo ondulado y profundo de la estera de cazuelas. En ambos casos, los costados suelen estar cerrados por planchas verticales (sellos) atornilladas o soldadas al fondo, que evitan el derrame del contenido.



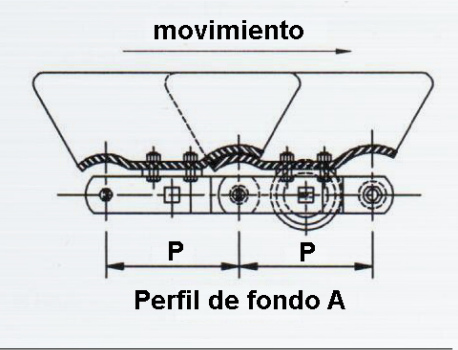
Los órganos de tracción de estos transportadores suelen ser dos hileras de cadenas de placas laterales rectas o acodadas, con rodillos grandes de pestaña para montar sobre rieles ferroviarios ligeros. Los rodillos pueden ser internos a la cadena—en cuyo caso engranan con las catalinas—o fuera de borda, en cuyo caso las catalinas engranan con los casquillos o rodillos pequeños de la cadena. Las cadenas con rodillos interiores se atornillan o sueldan a los costados de las tablillas o cazuelas, mientras que las cadenas con rodillos fuera de borda se atornillan o sueldan al fondo de las tablillas o cazuelas.



Un tipo especial de transportador de tablillas, denominado alimentador, permite regular la descarga de tolvas variando la velocidad lineal de su estera. De ese modo, se alimentan gradualmente máquinas tales como trituradoras, molinos y transportadores de banda, en las plantas cementeras, mineras y de agregados. Pueden procesar materiales húmedos, pegajosos y conteniendo grandes fragmentos de bordes cortantes. El material es acarreado hasta la tolva por volquetes o vagones ferroviarios con descarga por el fondo. Para soportar los golpes del material que cae, las tablillas son de acero al manganeso de considerable espesor, y la estera cargada está respaldada por hileras de rodillos rotativos y rieles de impacto, cuyas bases están fijadas a la robusta estructura del alimentador.

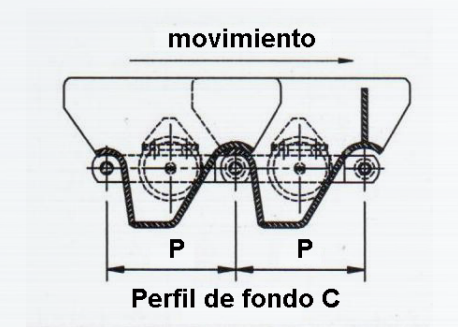
Perfil de fondo A

Tablillas llanas, arqueadas en las dos largas zonas de solape con las adyacentes. Cada tablilla monta sobre y se atornilla a sendos eslabones de dos hileras de cadenas de casquillos con rodillos fuera de borda. Se recomienda para materiales en polvo y calientes. Apto para pendientes de hasta 20°.



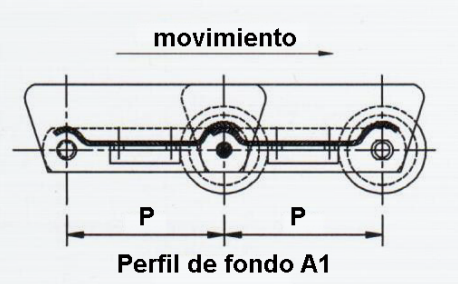
Perfil de fondo C

Cazuelas de fondo profundo, arqueadas en las dos zonas de solape con las adyacentes. Cada cazuela tiene dos ménsulas laterales que montan sobre y se atornillan a los eslabones de dos cadenas con rodillos fuera de borda. Se recomienda para materiales en polvo o calientes cuando la pendiente de la ruta llega hasta 45°.



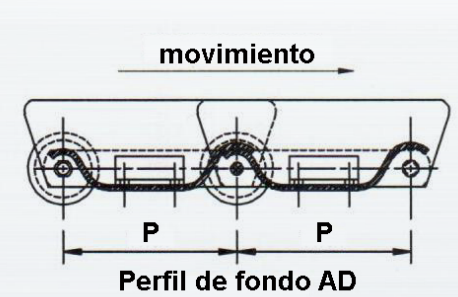
Perfil de fondo A1

Tablillas llanas, arqueadas en las dos cortas zonas de solape con las adyacentes. Cada tablilla se suelda por los costados a sendos eslabones de dos hileras de cadenas de rodillos interiores. Se recomienda para el acarreo continuo de materiales abrasivos. Apto para pendientes como las que acepta el perfil A.



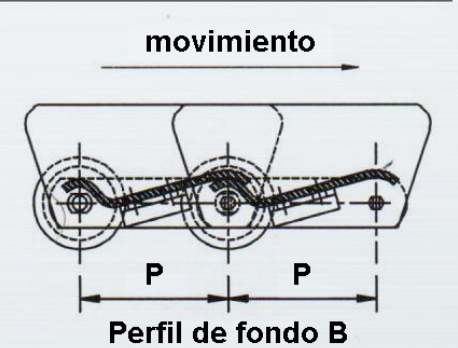
Perfil de fondo AD

Cazuelas de fondo profundo, arqueadas en las dos cortas zonas de solape con las adyacentes. Se suelda por los costados a los eslabones de dos cadenas de rodillos interiores. Se recomienda para materiales en fragmentos grandes. Apto para pendientes menores que las aceptadas por el perfil C.

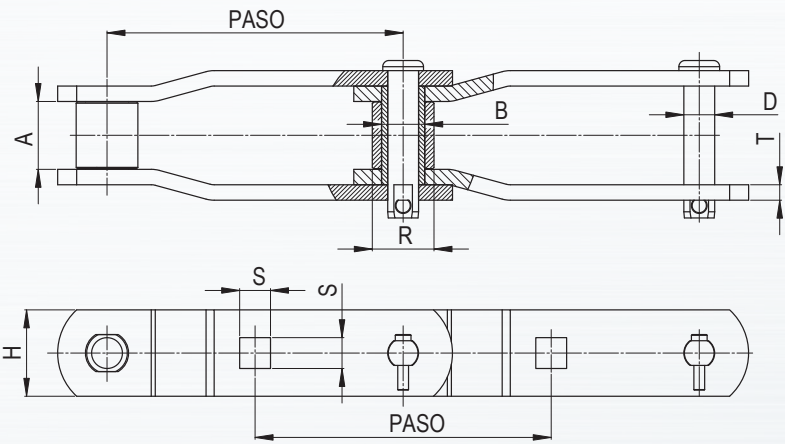
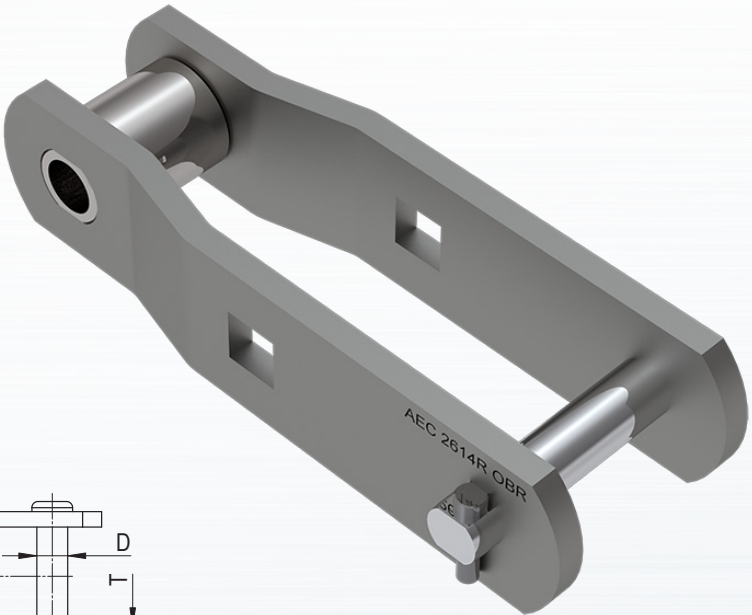


Perfil de fondo B

Cazuelas poco profundas, arqueadas en las dos cortas zonas de solape con las adyacentes. Las cazuelas se sueldan por los costados a los eslabones de dos cadenas de rodillos interiores. Se recomienda para acarrear materiales frágiles. Apto para pendientes algo mayores que las aceptadas por el perfil A1.



Estas cadenas AEC con placas laterales acodadas parean perfectamente con las tablillas de perfil de fondo A. Las tablillas montan sobre los eslabones de la cadena y éstos se atornillan al fondo de las primeras. Los rodillos grandes con pestaña tienen una alta capacidad de carga, y resultan fáciles de revisar, desmontar y montar. Por ello, el mantenimiento resulta simple, rápido y económico.

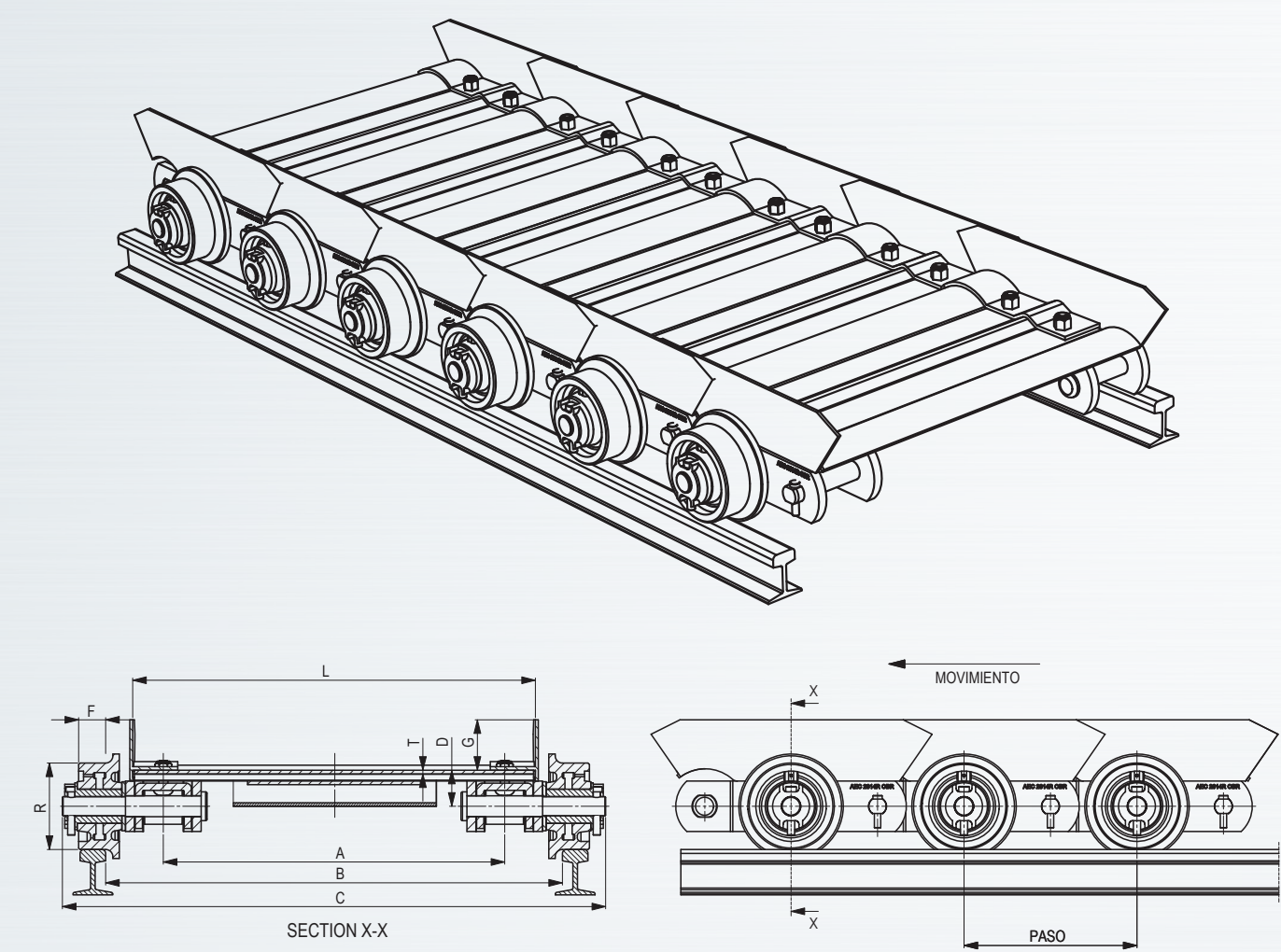


Parámetros de las cadenas AEC con rodillos fuera de borda, para colocarse debajo de las tablillas

Cadena#	Dimensiones, in								Peso	MRUT
	P	S	A	D	B	R	H	T	lb/ft	lbf
9060	6.00	1.25	1.50	0.75	1.13	1.63	2.00	0.38	7.91	60,000
1796	6.00	1.25	1.50	0.87	1.25	1.63	2.25	0.38	9.07	100,000
5509	9.00	1.25	1.50	0.87	1.25	1.63	2.25	0.38	7.98	100,000
9112	9.00	0.87	1.94	0.87	1.25	1.75	2.50	0.50	12.17	120,000
2614	12.00	1.25	2.75	1.25	1.75	2.50	3.50	0.63	22.42	140,000
5801	12.00	1.25	2.75	1.25	1.75	2.50	3.50	0.63	22.42	250,000
2630	12.00	1.25	2.75	1.37	1.88	2.50	3.50	0.63	22.60	300,000
2648	12.00	1.25	3.69	1.61	2.31	3.25	4.00	0.75	35.17	400,000

Nota 1: Las primeras tres cadenas tienen placas laterales rectas, y agujeros circulares para los ejes.
Nota 2: El peso dado no incluye los rodillos fuera de borda ni sus ejes.
Nota 3: MRUT significa valor medio de la resistencia última a tracción (en inglés: MUTS).

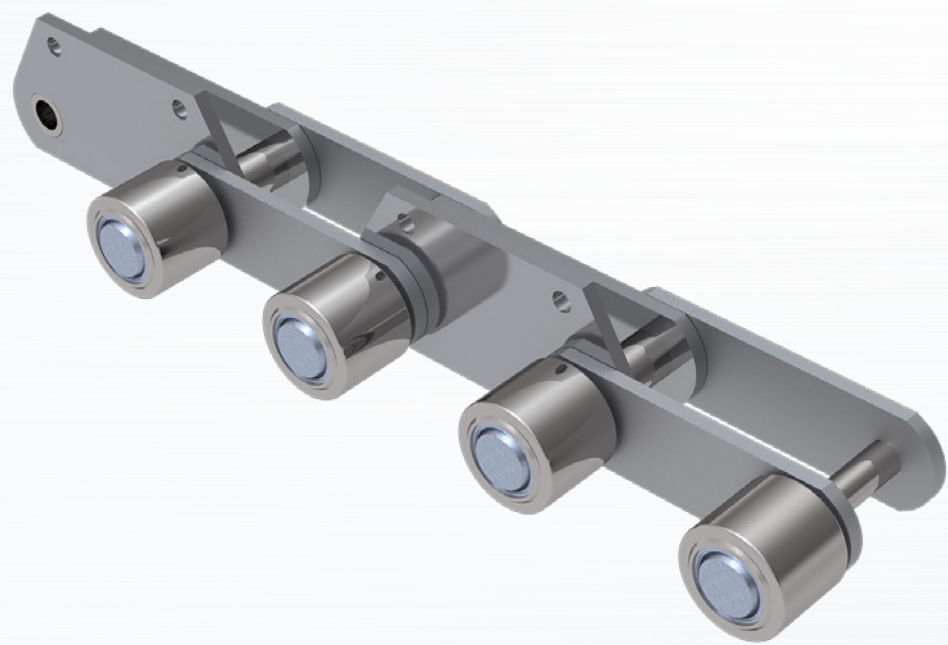
La carencia durante muchos años de normas nacionales y ramales ha determinado una gran variedad de diseños de transportadores de tablillas y cazuelas en la industria, tan semejantes en apariencia como efectivamente no intercambiables. El sistema de componentes AEC para este tipo de transportadores permite crear soluciones compatibles con la instalación de cada cliente, o sustituirlas por nuevos diseños, acordes a las más avanzadas tendencias. En la tabla ubicada en la parte inferior de esta página se muestran, a modo de ejemplo, los valores de algunos de los parámetros de dicho sistema.



Valores de algunos parámetros del sistema de componentes AEC para tablillas y cazuelas

Dimensiones, in					1
P	L	G	T	R	V/ (P·L·G)
6	18-84	2.00-6.00	0.19-0.38	2.50-6.00	0.5-0.8
9			0.19-0.50		
12					

Nota: V es el volumen contenido en la vena de material que reposa en el transportador, por unidad de paso, longitud y altura de tablilla o cazuela, para un coeficiente de llenado de 0.8.

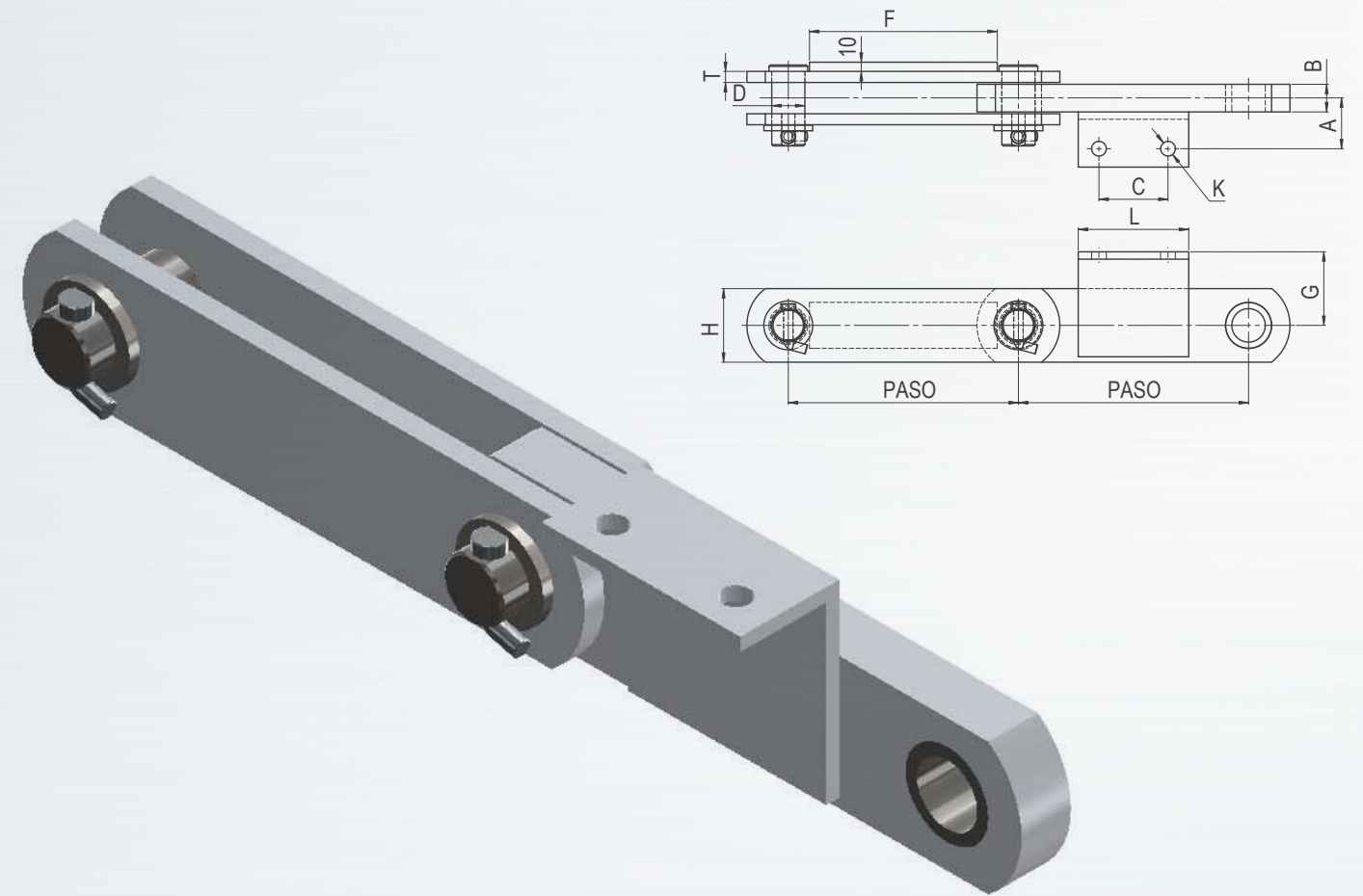


En las industrias del cemento, la minería y los agregados, es frecuente el apilado de materias primas procedentes de canteras. Según el clima y otras circunstancias, dicho apilado puede tener lugar bajo techo, en grandes galpones, o al aire libre. Tales pilas sirven como almacenes buffer, que amortiguan las fluctuaciones del arribo y la demanda de materias primas. Además, el proceso de formación, vaciado y reformación de grandes pilas de material a granel puede ser utilizado para homogeneizar el material, lo cual incide positivamente en la calidad del producto final.

Las máquinas apiladoras-reclamadoras utilizadas para el primer o ambos propósitos suelen poseer una estructura de soporte en forma de pórtico o semipórtico rodante sobre vías férreas longitudinales o bien una columna central fija. La formación de las pilas se realiza por un transportador de banda y el vaciado de estas por un transportador reclamador de cadena. En los reclamadores de pórtico o semipórtico, las aletas fijas a las cadenas de tracción arrastran el material de un costado plano de la pila prismática. En los transportadores reclamadores de columna, las aletas arrastran el material que yace sobre el piso del almacén luego de rodar cuesta abajo por un extremo plano de la pila circular, bajo los efectos de una grada oscilante.

En cualquier caso, las aletas del transportador reclamador empujan la materia prima hacia un costado o hacia el centro del área de almacenamiento, según esta última sea rectangular o circular. Allí, el material cae sobre un transportador de banda situado por debajo del nivel del piso, que lo lleva hacia la etapa siguiente del proceso. Las cadenas de tracción en estos transportadores trabajan en un ambiente contaminado por la materia prima, y soportan no sólo la fuerza resistiva de arrastre, sino también fuerzas laterales debidas a la irregular distribución de la carga a lo ancho de las aletas. En algunos casos se utilizan cadenas de bloques, que no tienen rodillos que puedan atascarse, aunque al deslizar por las guías generan alta fricción. En las aplicaciones más pesadas, se aplican cadenas de rodillos grandes lisos, que pueden ser interiores o fuera de borda. Los cojinetes de dichos rodillos deben sellarse para evitar su atascamiento. Rara vez esos cojinetes son deslizantes, pues requieren frecuentes inyecciones de grasa. Se prefieren los rodillos montados en rodamientos de bolas, que se lubrican de por vida.

La ausencia—a lo largo de muchos años—de normas nacionales y ramales para las cadenas de los transportadores reclamadores, ha provocado la coexistencia de muy diversas cadenas en estas aplicaciones, no siempre bien escalonadas en cuanto a dimensiones y resistencia. En pro de una mejoría de esta situación, AEC ha desarrollado dos series de cadenas racionalmente dimensionadas para los reclamadores. Una consta de cadenas de bloques en pulgadas y la otra consta de cadenas enteramente métricas de rodillos lisos sellados montados en rodamientos. La aplicación de las cadenas de estas series asegura en muchos casos un aumento de la capacidad, durabilidad y fiabilidad de los transportadores reclamadores y una reducción de las existencias de partes de recambio. En cualquier caso, AEC configurará una solución óptima para cada aplicación, en estrecho contacto con el cliente.

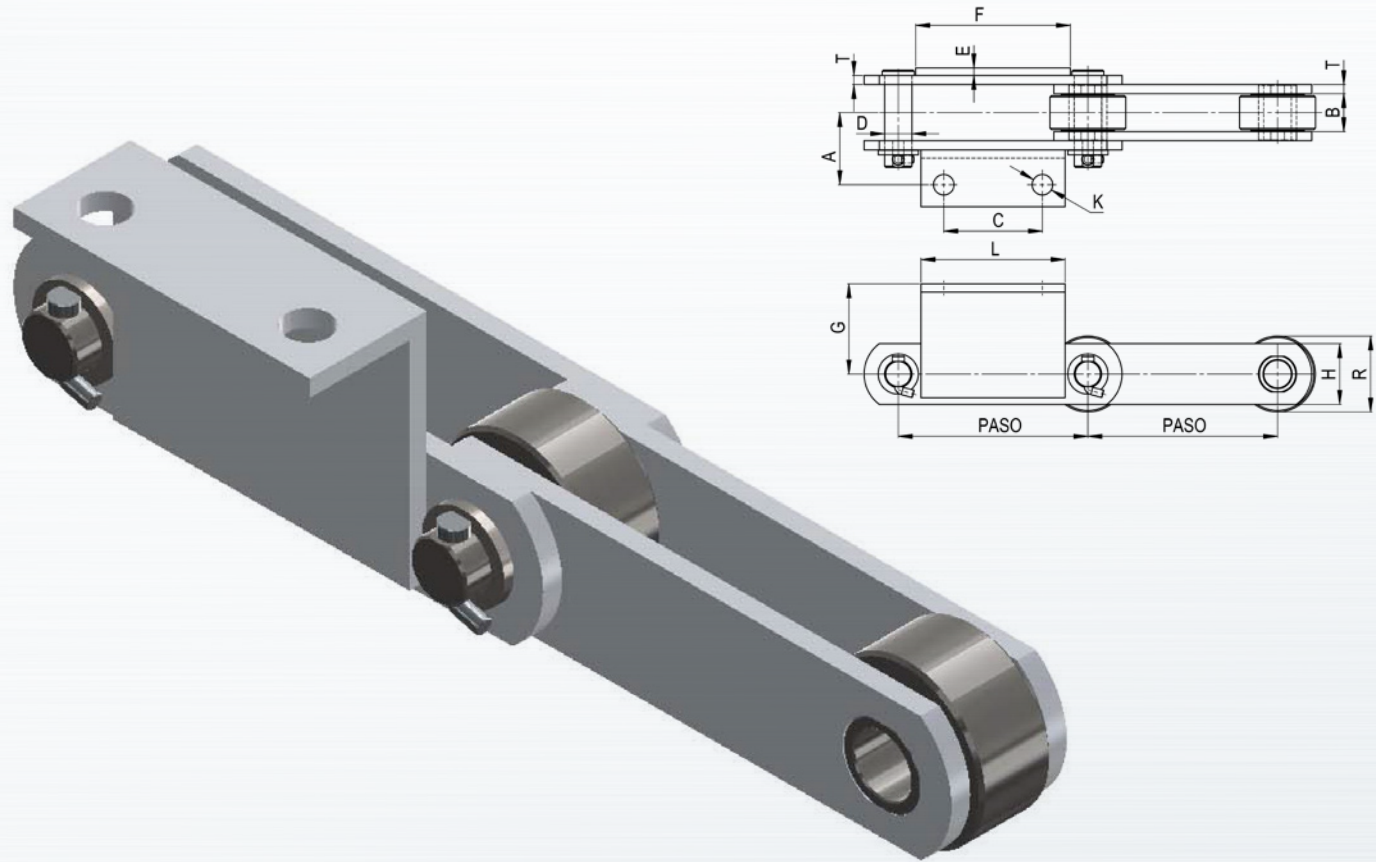


Parámetros de las cadenas AEC de bloques, para transportadores reclamadores

Cadena#	Dimensiones, in												Peso		MRUT
	P	A	B	C	D	E	F	G	H	K	L	T	lb/ft	lbf	
4207	8	2.53	0.75	3	0.75	0.375	6	3.875	2	0.69	5	0.375	20.82	67 670	
4209	12	2.38	1	3.5	1.25	0.375	9.5	3.25	2.5	0.94	6	0.375	26.18	106 780	
4211	12	2.38	1.5	3.5	1.5	0.375	9.5	3.25	3	0.94	6	0.5	36.18	168 160	

Nota: MRUT significa valor medio de la resistencia última a tracción (en inglés: MUTS).

En esta página y la siguiente se muestran las cadenas AEC enteramente métricas de rodillos lisos sellados. Las mismas puede dar respuesta a las aplicaciones más pesadas que están apareciendo en las nuevas instalaciones de pre-homogenización con altas capacidades.



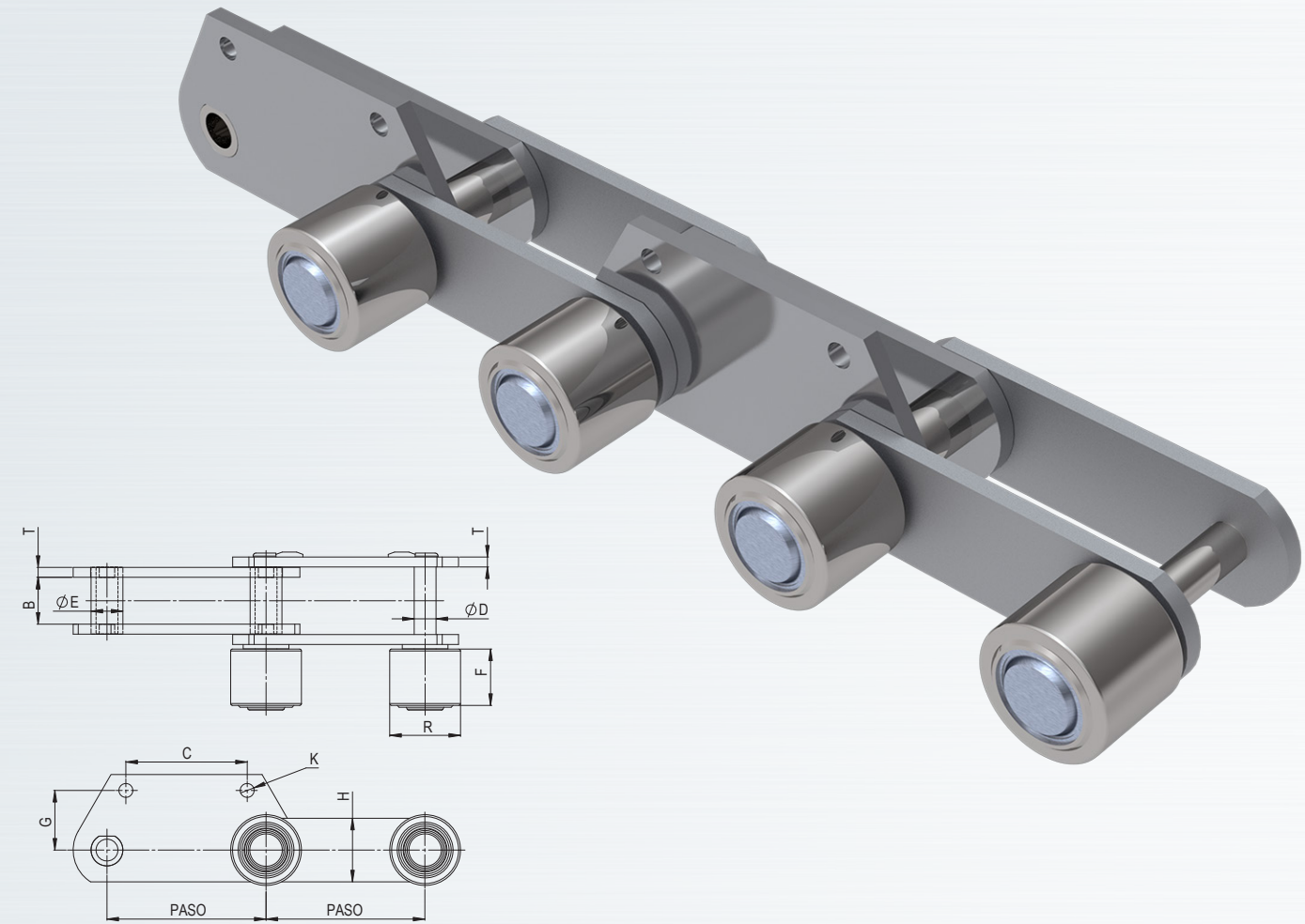
Parámetros de las cadenas AEC de rodillos lisos interiores, para transportadores reclamadores

Cadena #	Dimensiones, mm												Peso		MRUT
	P	A	B	C	D	E	F	G	H	K	L	T	R	kg/m	kN
22111	250	90	45	50	24	12	100	105	60	17.5	100	8	80	20	250
22112	250	100	50	90	26	12	100	110	65	22.2	140	10	90	35	400
22122	315	100	50	90	26	12	100	110	65	22.2	140	10	90	30	400
22123	315	100	60	130	32	15	50	160	85	25.4	190	10	110	37	600
22124	315	105	70	130	36	15	250	160	95	25.4	190	12	120	50	800
22134	400	105	70	130	36	15	250	160	95	25.4	190	12	120	45	800
22135	400	115	90		42	20	250		110			12	135	60	1 000
22136	400	125	100		45	20	250		110			16	135	70	1 300
22137	400	125	110		50	20	250		115			20	140	95	1 600

Nota 1: Las dimensiones C, G, K y L siempre se pueden ajustar a la medida de la aplicación.

Nota 2: Se ofrecen otros tipos de aditamentos, a solicitud del cliente.

Nota 3: MRUT significa valor medio de la resistencia última a tracción (en inglés: MUTS).



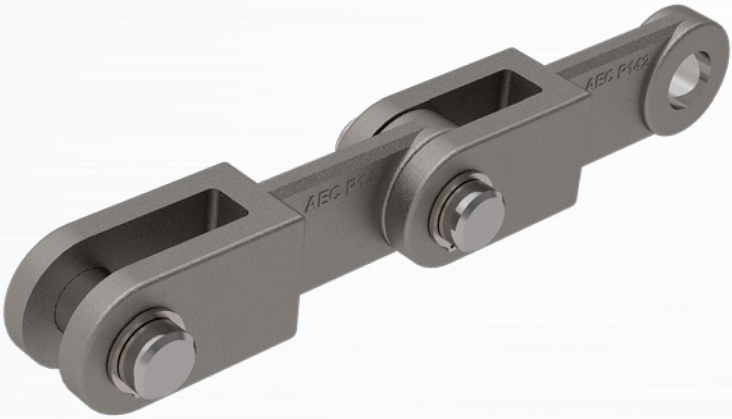
Parámetros de las cadenas AEC de rodillos lisos fuera de borda, para transportadores reclamadores

Cadena#	Dimensiones, mm											Peso	MRUT	
	P	A	B	C	D	E	F	G	H	K	T	R	kg/m	kN
22211	250	90	45	50	24	35	55	80	60	17.5	8	85	35	250
22212	250	100	50	90	26	40	55	100	65	22.2	10	85	38	400
22222	315	100	50	90	26	40	55	120	65	22.2	10	85	35	400
22223	315	100	60	130	32	50	60	120	85	25.4	10	100	41	600
22224	315	105	70		36	55	70		95		12	120	52	800
22234	400	105	70		36	55	70		95		12	120	47	800
22235	400	115	90		42	65	75		110		12	130	62	1 000
22236	400	125	100		45	70	75		110		16	130	72	1 300
22237	400	125	110		50	75	75		115		20	150	90	1 600

Nota 1: Las dimensiones C, G y K siempre se pueden ajustar a la medida de la aplicación.

Nota 2: Se ofrecen otros tipos de aditamentos, a solicitud del cliente.

Nota 3: MRUT significa valor medio de la resistencia última a tracción (en inglés: MUTS).



En las industrias del cemento, la minería y los agregados, muchos productos intermedios son áridos secos abrasivos y calientes, donde se mezclan desde polvo hasta terrones de 150 mm. Esas características los hacen muy agresivos para los transportadores. En estos casos, se suele recurrir con éxito a los llamados transportadores de arrastre.

Lo más característico de todo transportador de arrastre, es que las cadenas que constituyen sus órganos de tracción son al mismo tiempo los órganos de transporte, que se deslizan sobre placas de desgaste dispuestas en el fondo de la artesa del transportador. Es decir, los propios eslabones de las cadenas de tracción tienen formas y aditamentos que obligan al material a arrastrarse junto a ellas.

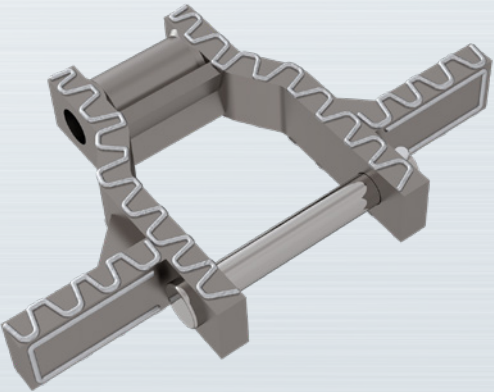
Si la capa de material es suficientemente gruesa, los eslabones de la cadena de arrastre pueden quedar sumergidos en ella, y atascarse. Pero, si la artesa es un tubo cerrado que se ajusta bien a la forma y dimensiones de los aditamentos de la cadena, ella arrastrará consigo la vena de material, en un movimiento en masa (inglés: en masse). En estos transportadores, la artesa constituye un canal plenamente hermético a lo largo de cuyo interior se mueven la cadena de arrastre y el material transportado, siguiendo una traza horizontal, inclinada o incluso vertical. La carga y descarga se realizan por medio de compuertas dispuestas en la parte superior y el fondo de la artesa.

Los transportadores de arrastre se mueven a bajas velocidades—no más de 0.5 m/s—para reducir la abrasión del piso o artesa del transportador, así como

para moderar la emisión de polvo. No obstante, las bajas velocidades no impiden que se transporten flujos importantes de material, gracias al empleo de cadenas robustas por su forma y materiales, capaces de soportar grandes fuerzas de tensión. En el caso de los transportadores en masa, el polvo está contenido dentro del tubo, y su coeficiente de llenado es el mayor de todos los tipos de transportadores conocidos, lo cual permite flujos importantes de material con una sección transversal mínima de la artesa.

Las cadenas de arrastre más utilizadas hoy día en las nuevas instalaciones se distinguen fácilmente por sus eslabones bifurcados (en inglés: fork links), de acero forjado, ligados por un número mínimo de articulaciones, como se ve en la figura ubicada en la parte superior de esta página. Conocidas también como cadenas Redler, se diseñaron originalmente años atrás para los transportadores en masa, pero hoy día se les utiliza también en transportadores de arrastre con artesa abierta.

No obstante, en muchas instalaciones se utilizan con pleno éxito cadenas de arrastre con masivos eslabones acodados de acero soldado, revestidos en las áreas de arrastre con electrodos de recargue duro, tal como se ve en la figura ubicada en la parte inferior de esta página. Transportadores con cadenas de este tipo recogen, por ejemplo, el clínker muy caliente que escapa de las parrillas de enfriamiento a la salida del horno rotativo de las fábricas de cemento.

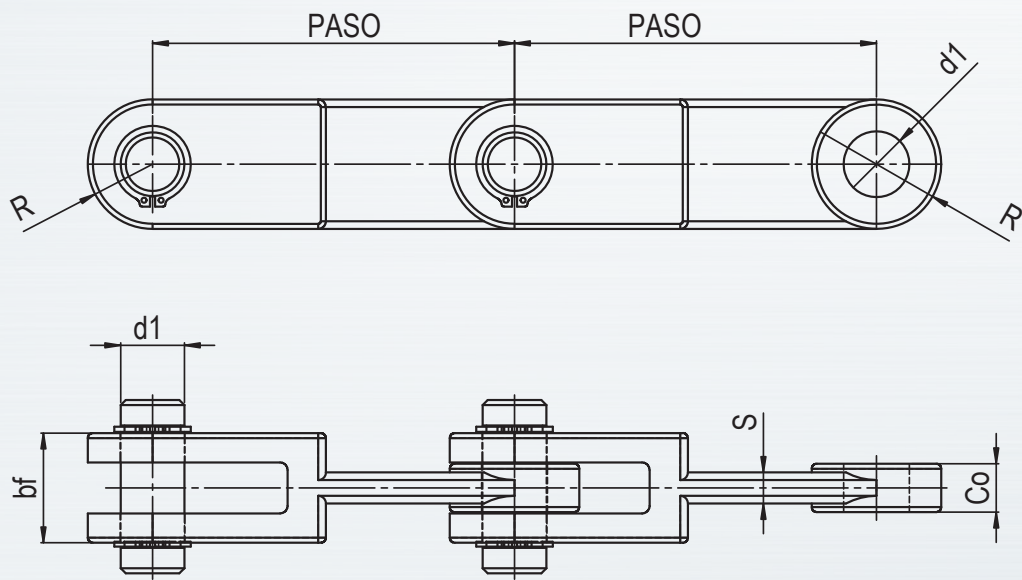


A lo largo de décadas, el desarrollo de los diseños de cadenas de arrastre para diversas aplicaciones ha llevado a la creación de normas nacionales como la ANSI, sobre todo en las cadenas de arrastre para trabajo ligero utilizadas, por ejemplo, en la industria de productos forestales. Los diseños de cadenas de arrastre para trabajo pesado han venido convergiendo también, pero no más allá del nivel de normas de empresa y excepcionales normas de industria.

AEC ofrece a sus clientes de las cementeras, las minas y las plantas de agregados, dos series de cadenas simples de arrastre racionalmente dimensionadas. La primera es una serie métrica denominada MSL, especialmente apta para transportadores en masa, aunque es plenamente posible usar sus cadenas en transportadores de arrastre abiertos. Las cadenas simples de esta serie se configuran a partir de un eslabón bifurcado básico al cual se le fijan aditamentos de tipos T, V, U ó H, ilustrados en la página 36.

La segunda serie AEC de cadenas simples de arrastre es una serie en pulgadas de cadenas de acero soldadas de eslabones acodados, denominada WHX. Esta serie tiene un único tipo de aditamento estándar—en forma de aleta rectangular—y es apropiada solo para transportadores abiertos o en masa de traza horizontal o ligeramente inclinada. A cambio, las cadenas WHX son capaces de soportar muy altas temperaturas del material, que pueden llegar a 540°C.

La aplicación de las cadenas de estas series asegura en muchos casos un aumento de la capacidad, durabilidad y fiabilidad de los transportadores de arrastre y una reducción de las existencias de partes de recambio. En cualquier caso, AEC configurará una solución óptima para cada aplicación, en estrecho contacto con el cliente.



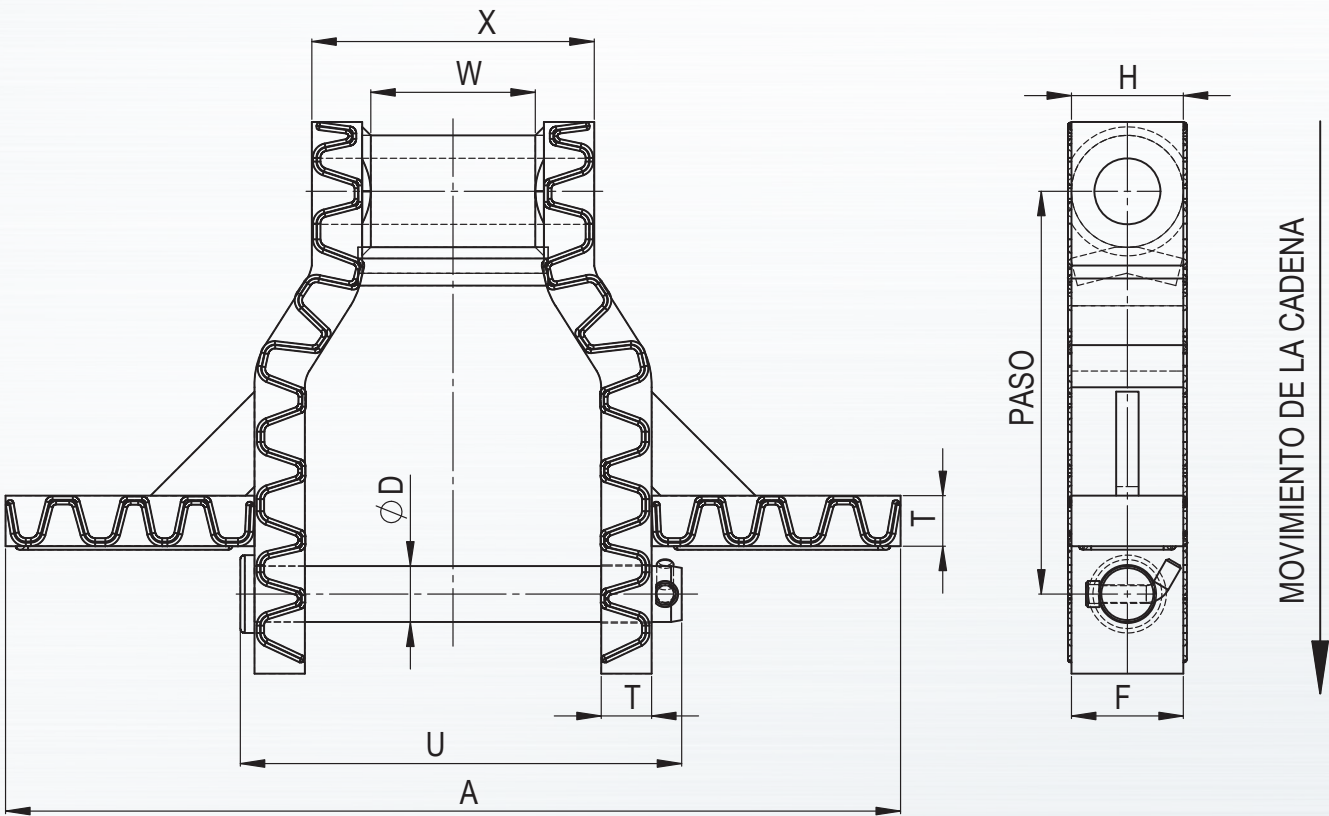
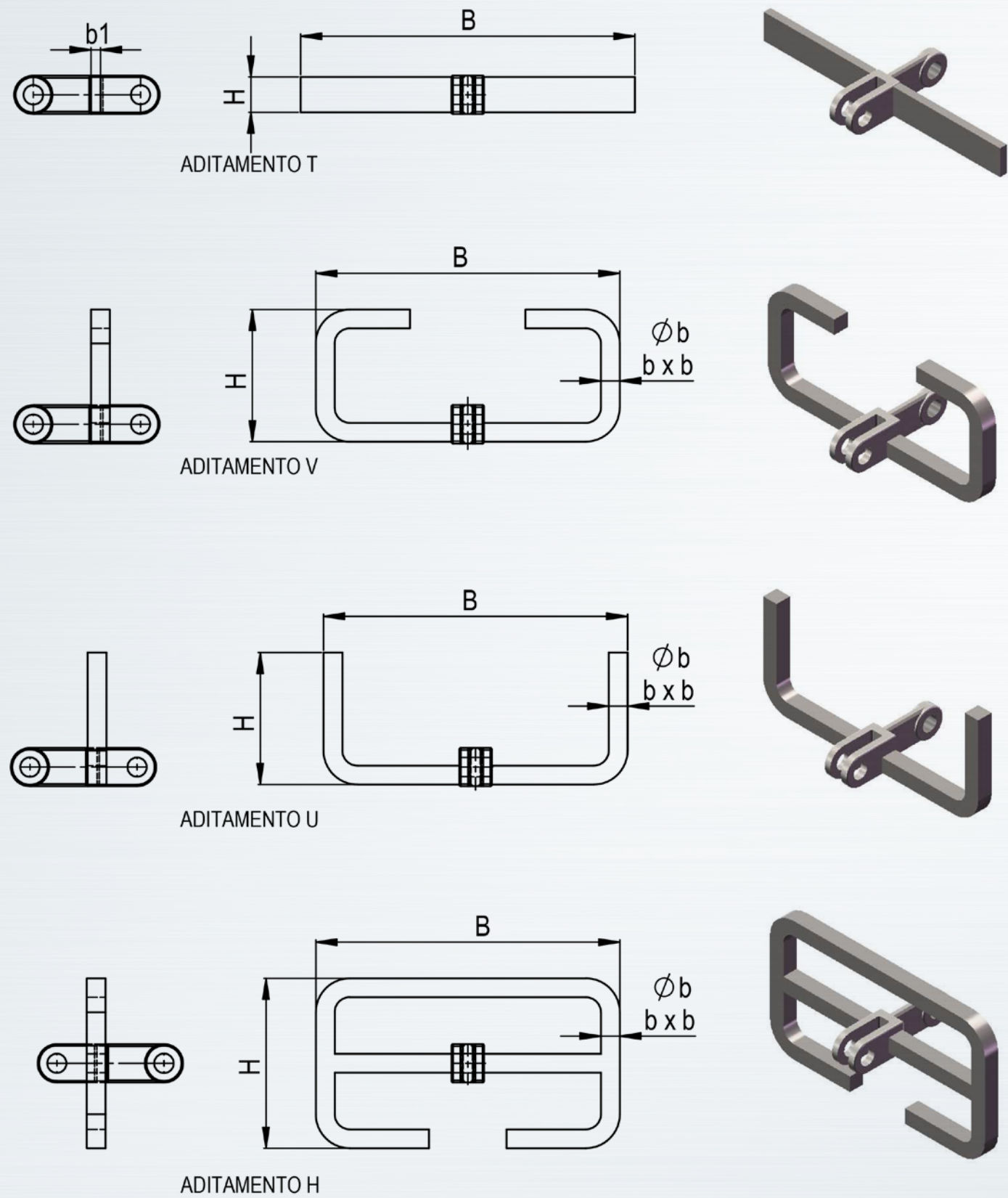
Pasos y capacidades de carga de las cadenas AEC de eslabones bifurcados para transportadores de arrastre

Cadena#	MRUT	p, mm							
	kN	80	100	125	142	160	200	250	315
MSL 56	56	•	•	•					
MSL 80	80	•	•	•	•				
MSL 112	112		•	•	•	•			
MSL 160	160			•	•	•	•		
MSL 224	224				•	•	•	•	
MSL 315	315						•	•	•
MSL 450	450						•	•	•
MSL 630	630							•	•
MSL 900	900							•	•

Nota: el MRUT es el valor medio de la resistencia última a tracción (inglés: MUTS)

Otras dimensiones de las cadenas AEC de eslabones bifurcados para transportadores de arrastre

Cadena#	Otras dimensiones, mm					
	d ₁	R	S	C ₀	C	b _f
MSL 56	10	10	6	11	12	25
MSL 80	12	12	7	13	14	30
MSL 112	15	14	8	15	16	35
MSL 160	18	17	8	17	18	35
MSL 224	21	20	12	24	25	50
MSL 315	25	25	14	24	26	60
MSL 450	30	30	14	28	30	60
MSL 630	36	35	20	30	32	85
MSL 900	44	45	24	38	40	100

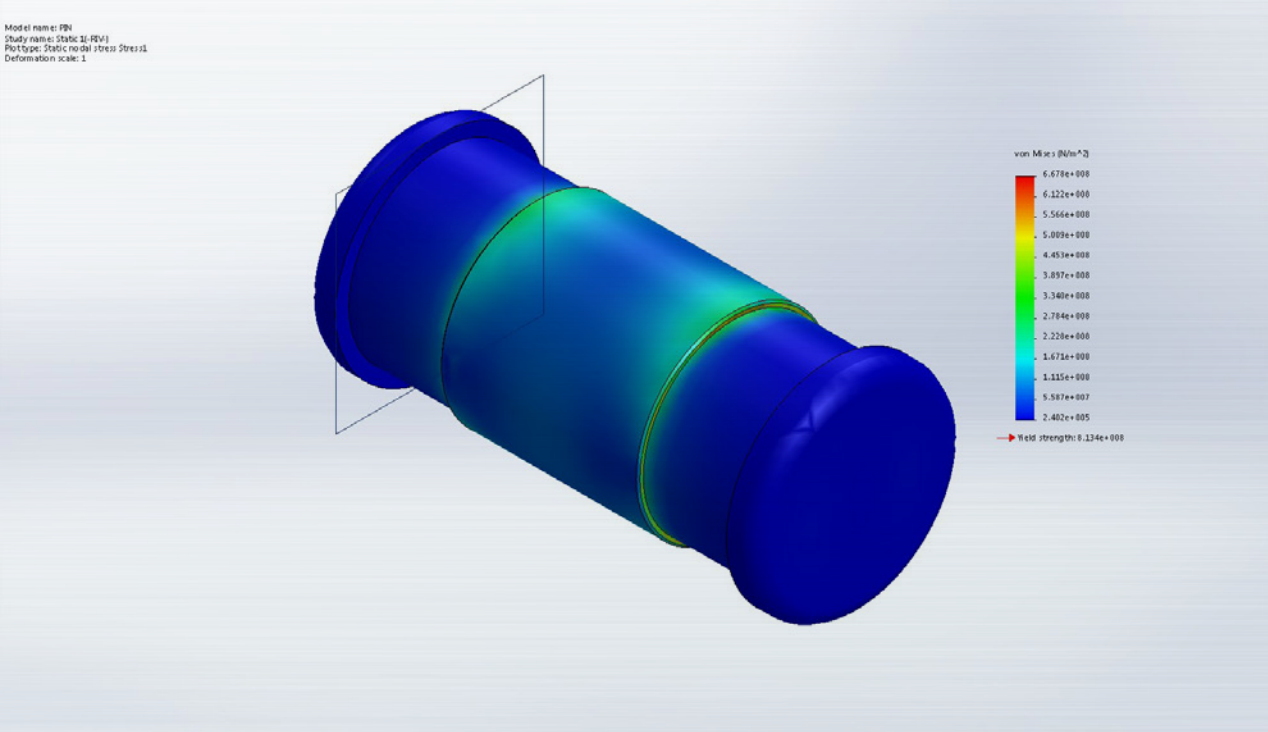
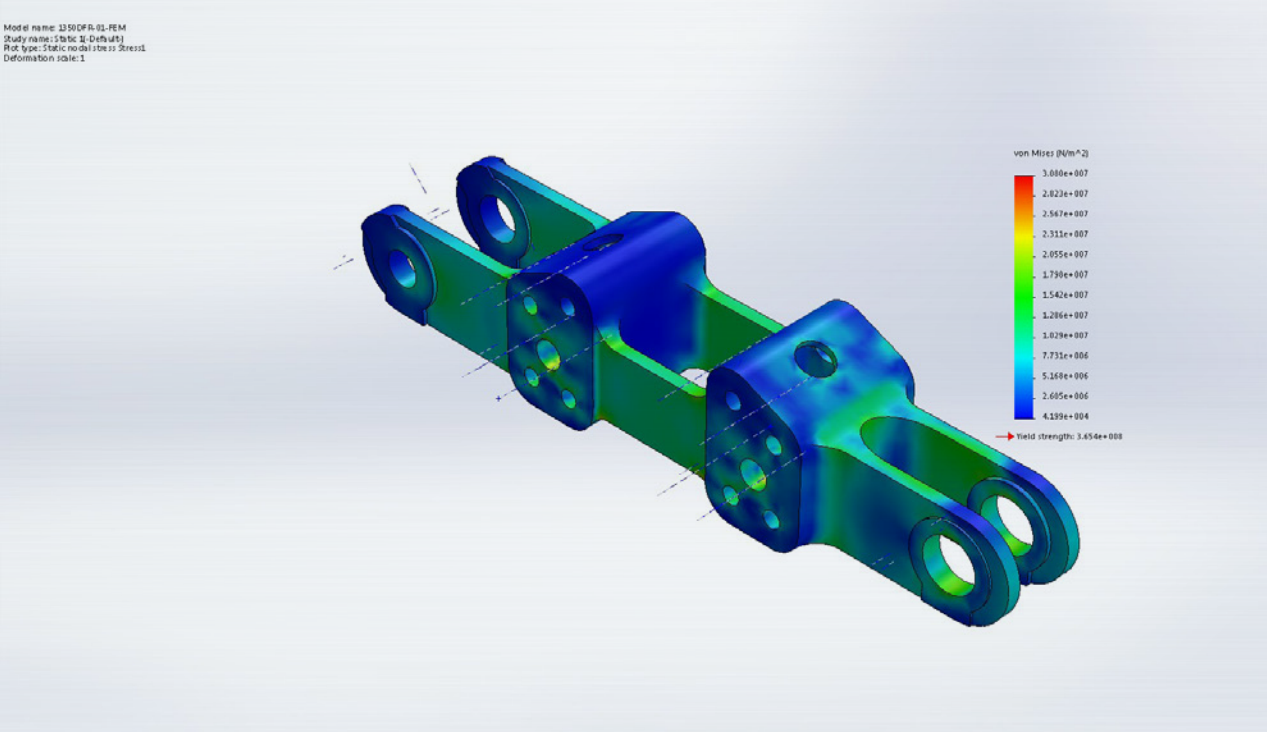
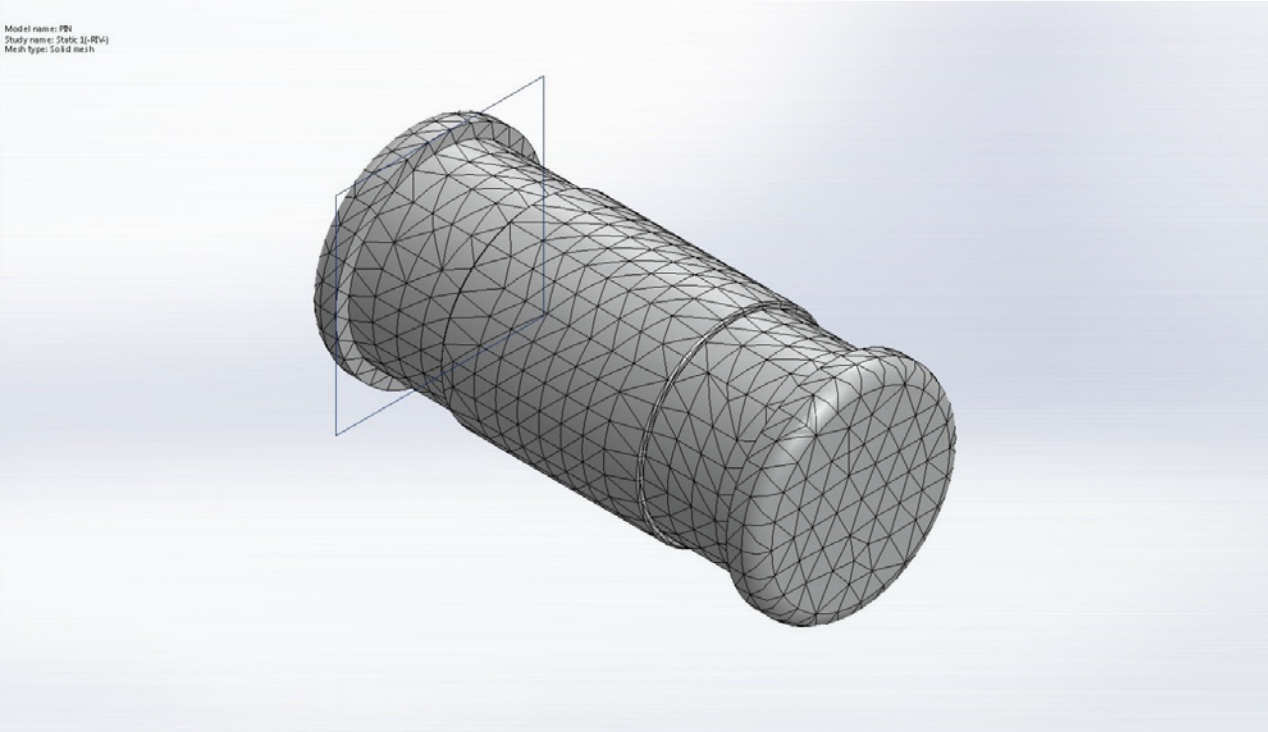
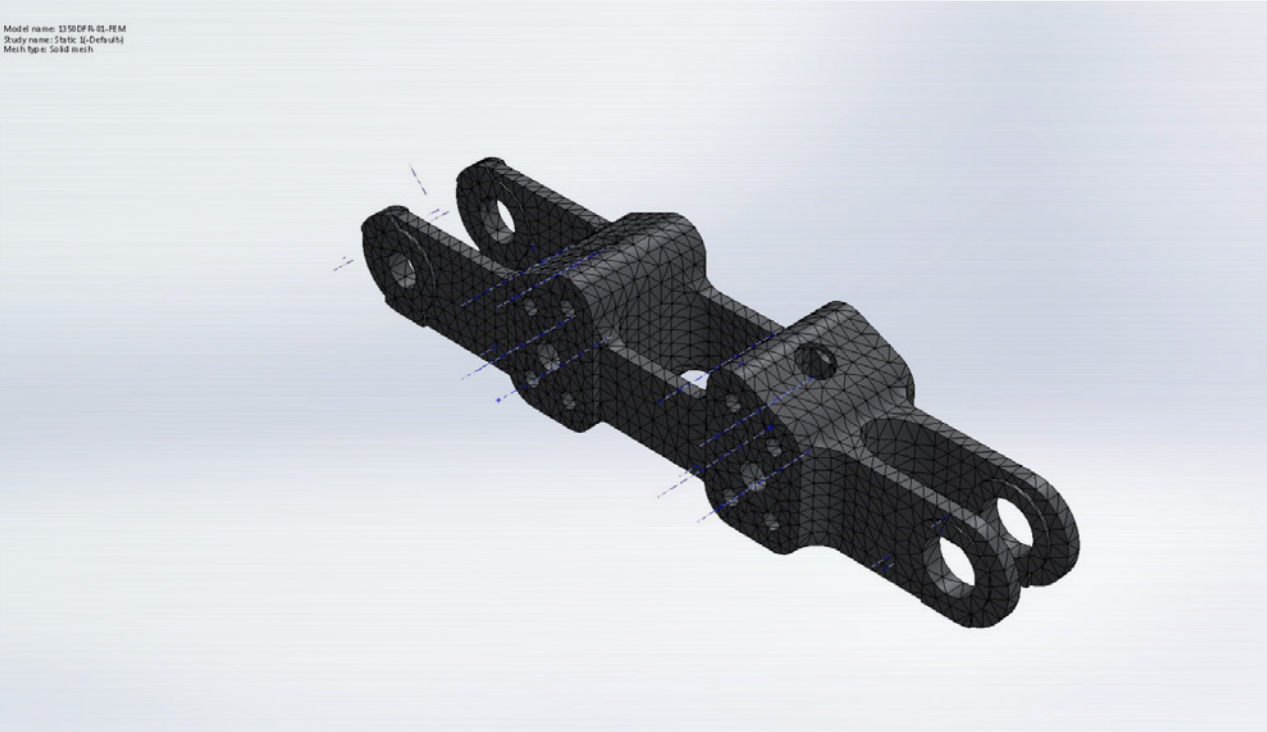


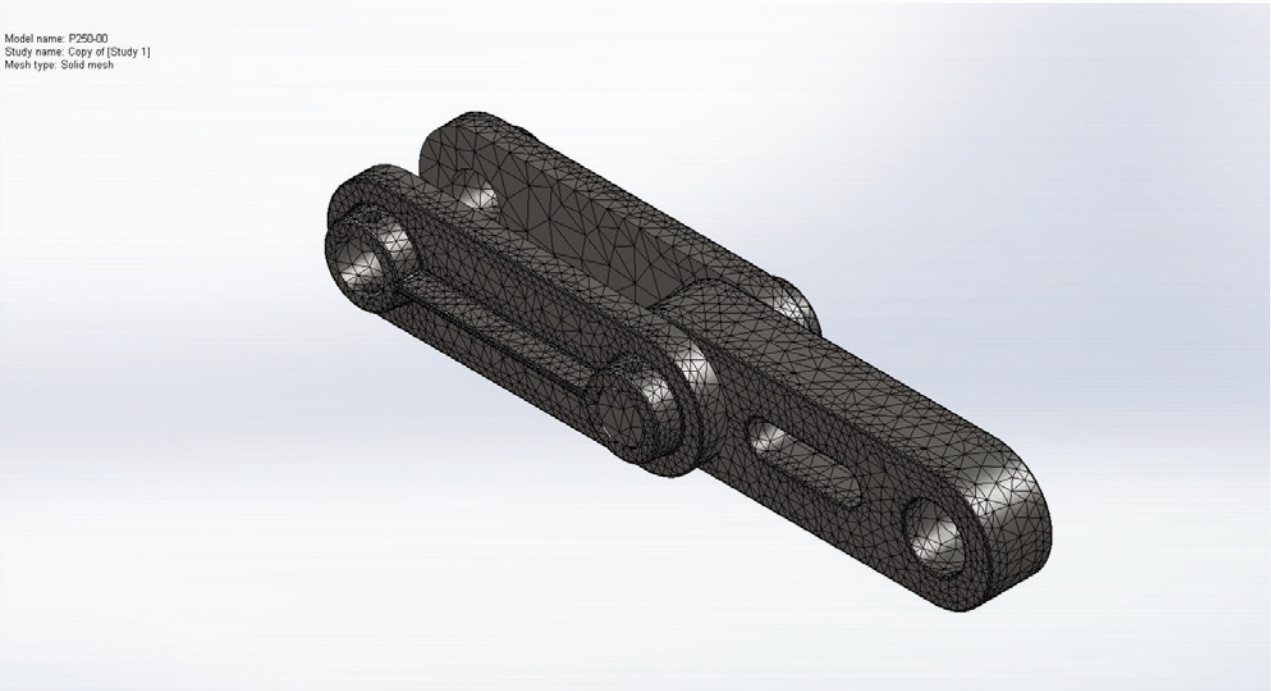
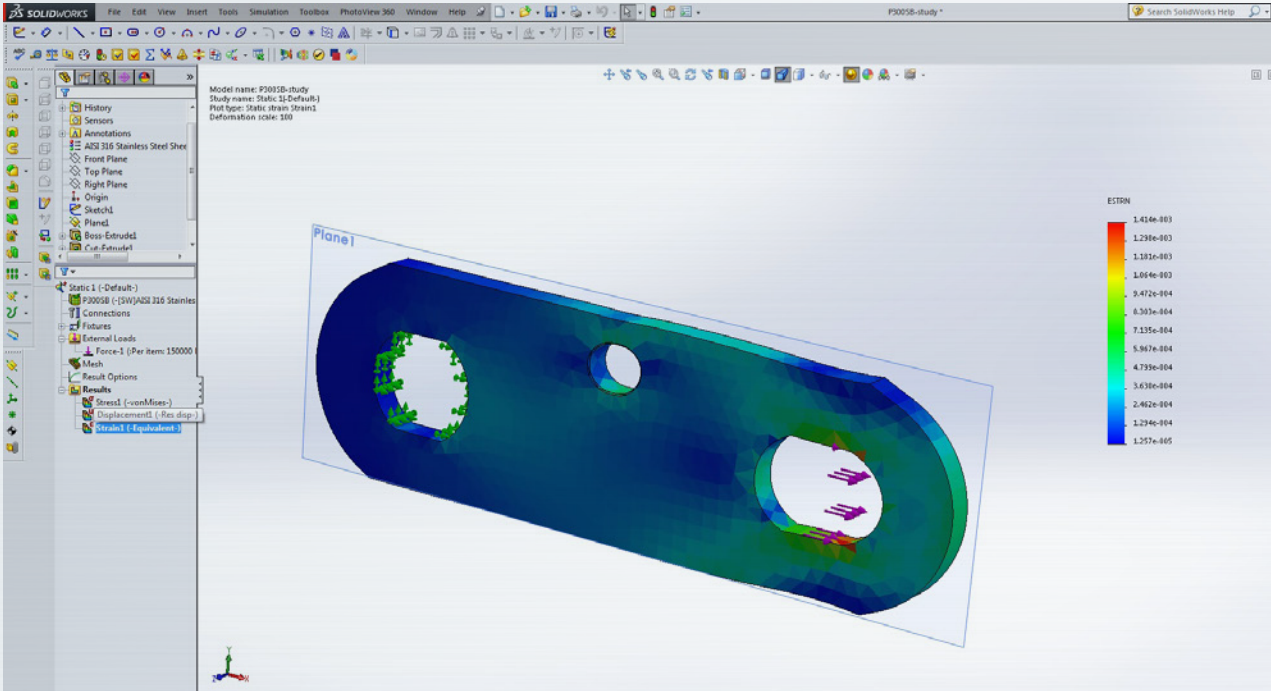
Parámetros de las cadenas AEC de eslabones acodados, para transportadores de arrastre

Cadena#	Dimensiones, in									Peso	MRUT
	P	A	D	F	H	T	U	W	X	lb/ft	lbf
WHX5157	6.05	8 a 21	1.125	2.5	1.75	0.625	6.875	3	3.625	23	18 200
WHX6067	9	10 a 24	1.25	2.5	2.5	0.75	8.018	3.625	4.375	27	24 300
WHX6121	9	10 a 30	1.25	2.5	2.5	1.125	9.875	3.63	4.755	36	27 600
WHX6221	9	10 a 30	1.375	2.5	2.5	1.125	9.813	3.63	4.755	36	30 300
WHX6267	9	10 a 20	1.375	2.5	2.5	0.75	8.062	3.63	4.38	27	26 700

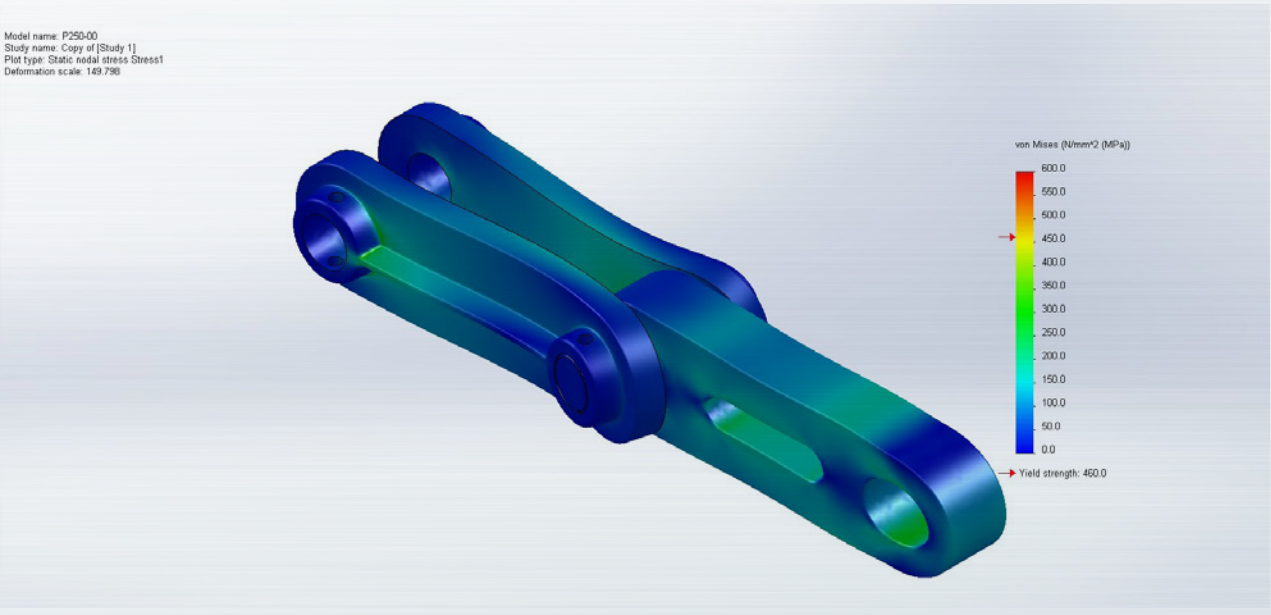
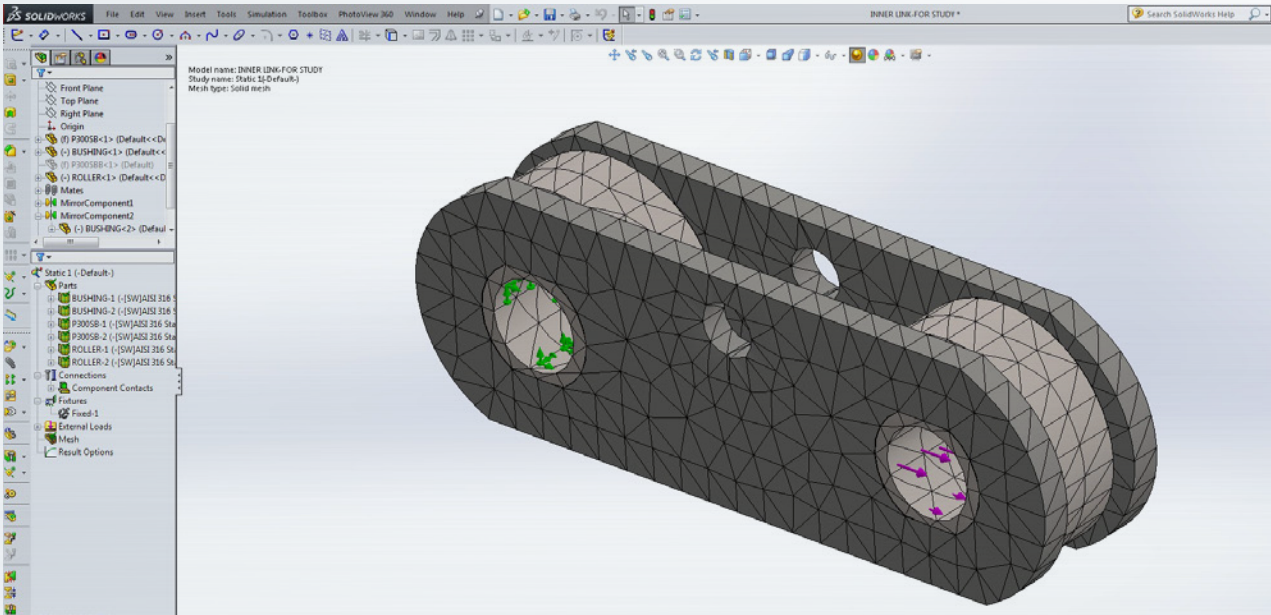
Nota 1: La dimensión A siempre se puede ajustar a la medida de la aplicación.

Nota 2: MRUT significa valor medio de la resistencia última a tracción (inglés: MUTS).

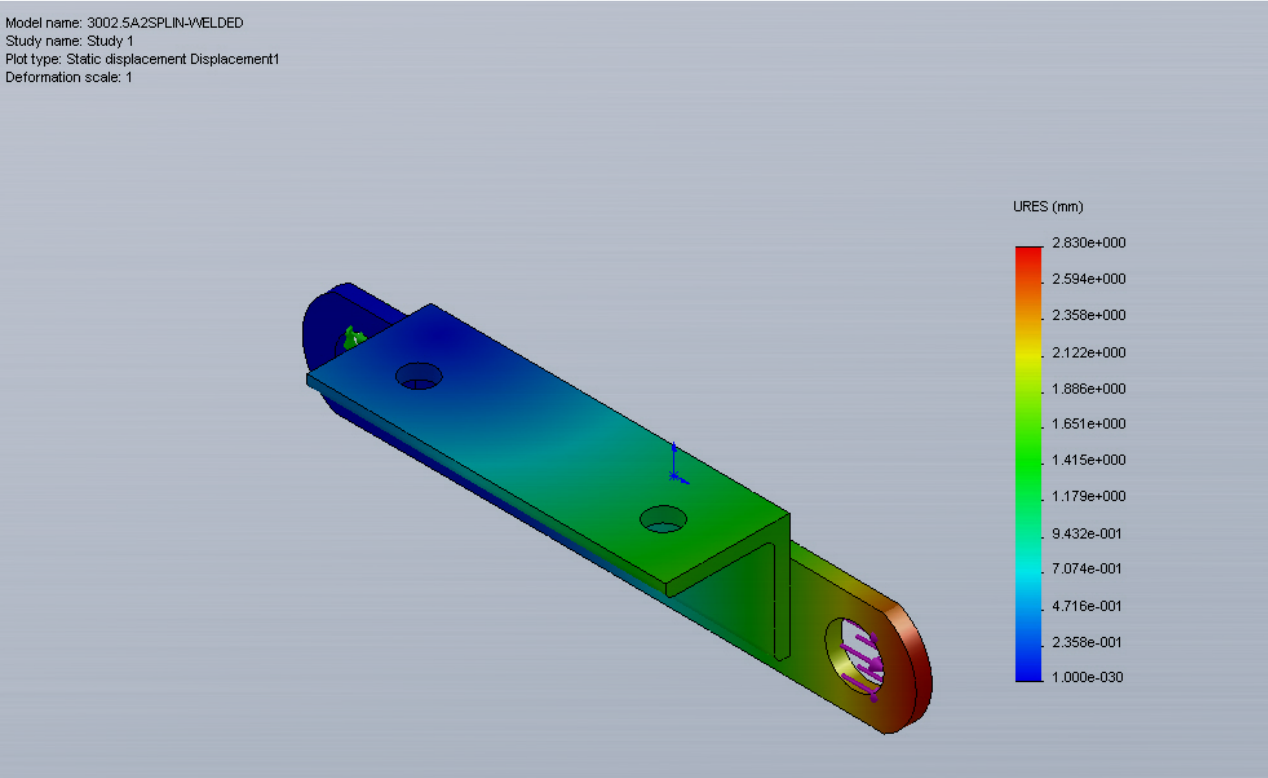
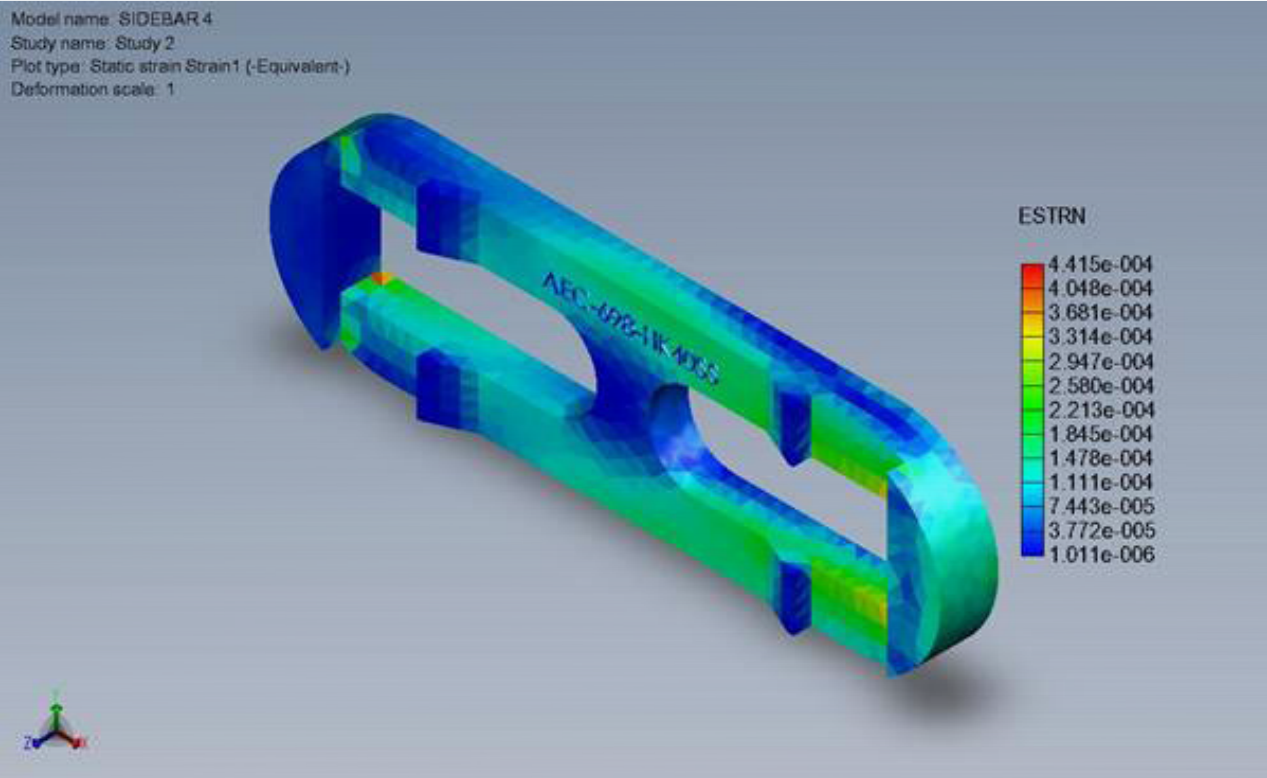
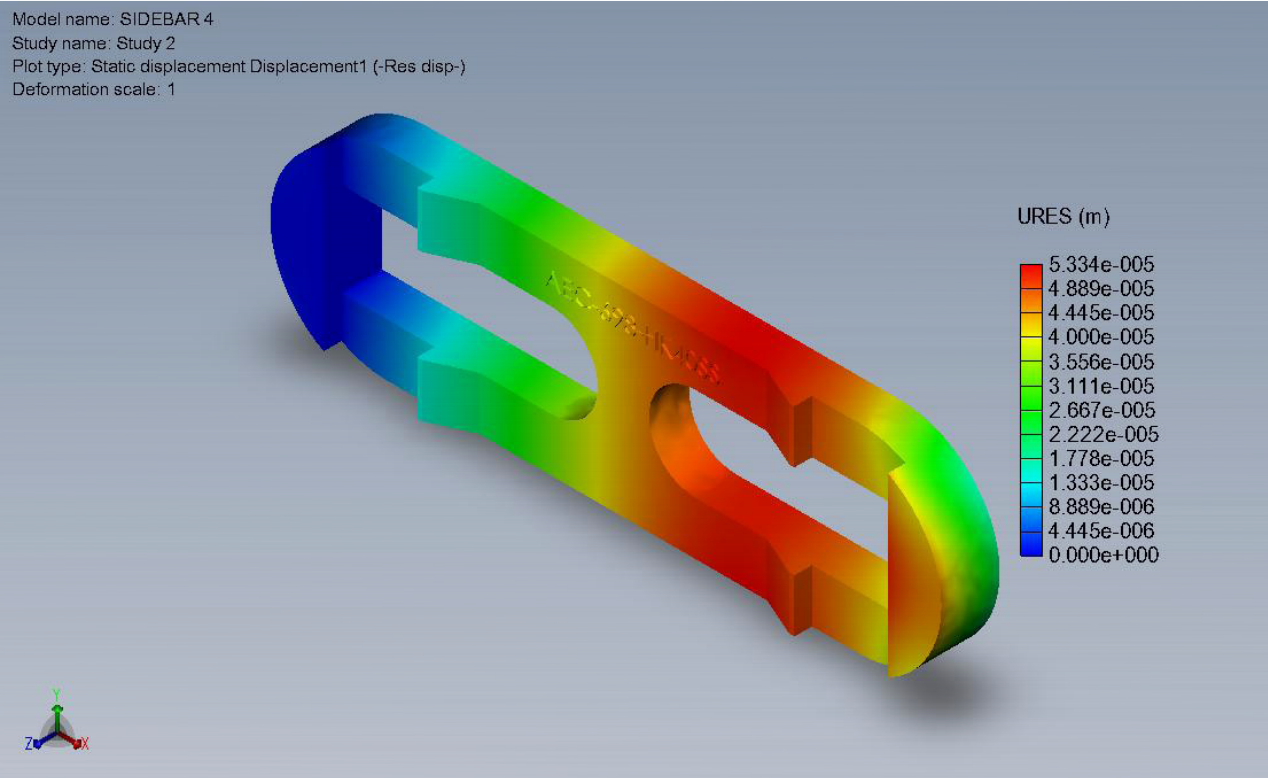
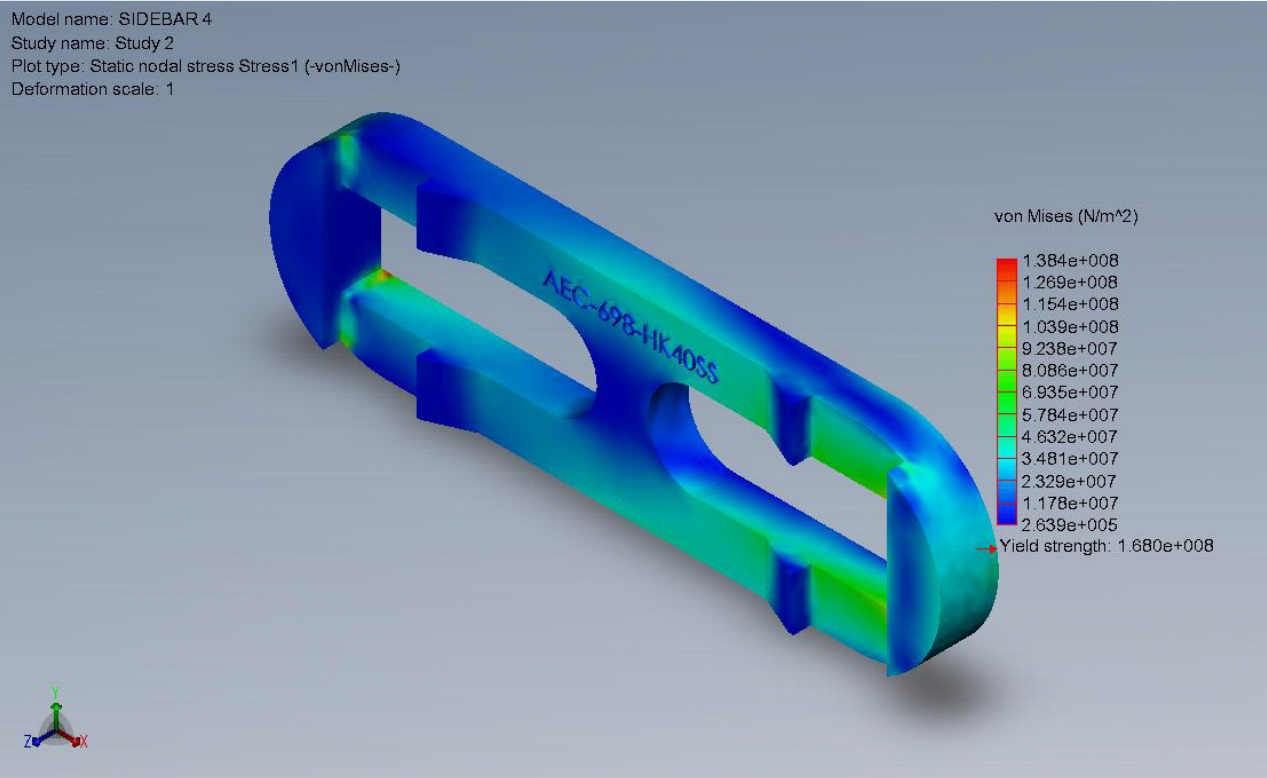


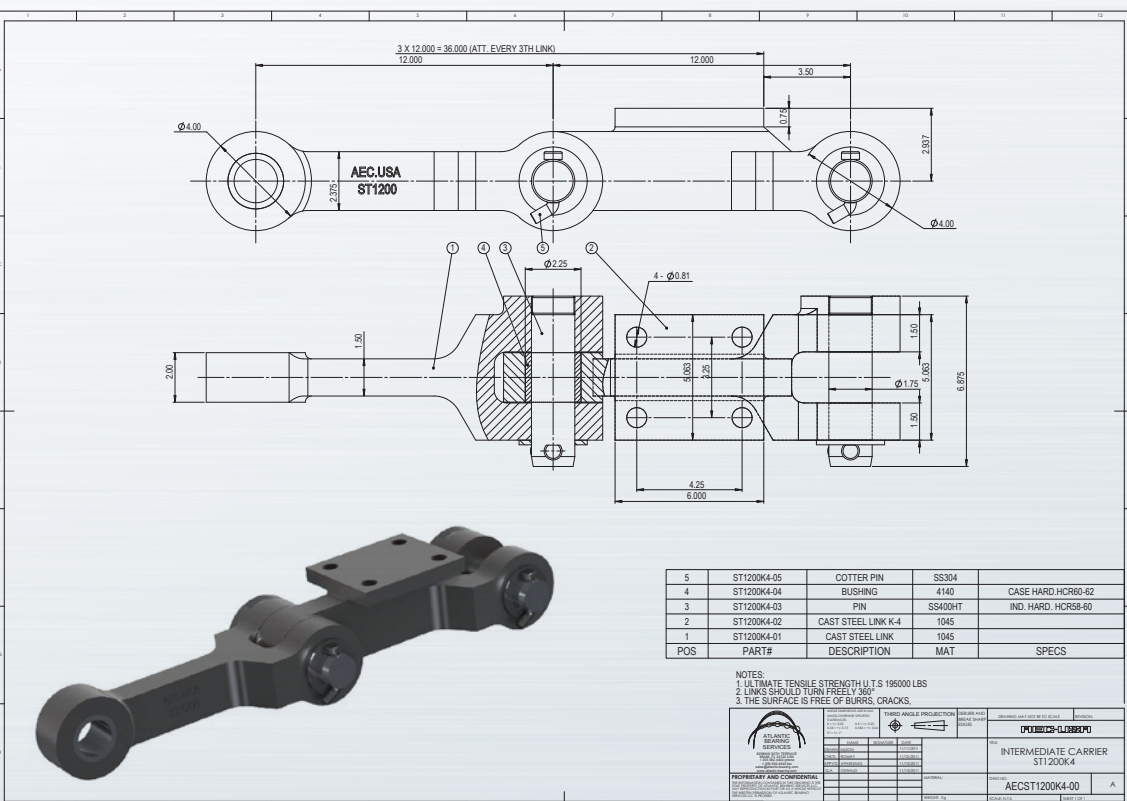
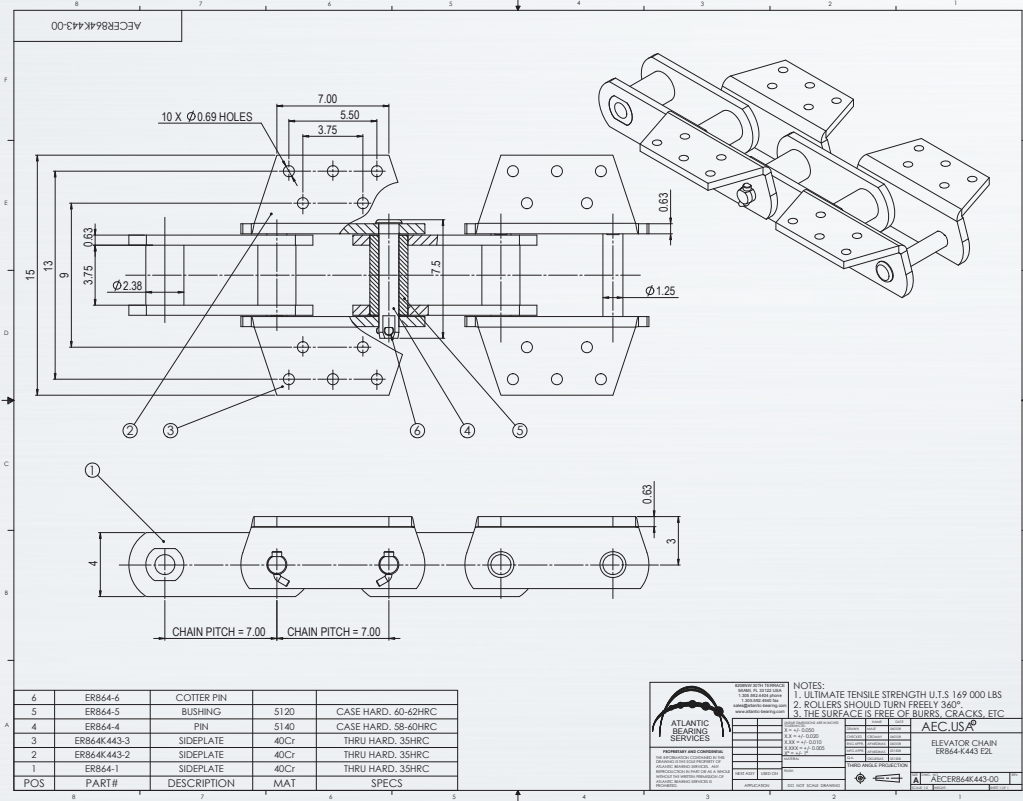
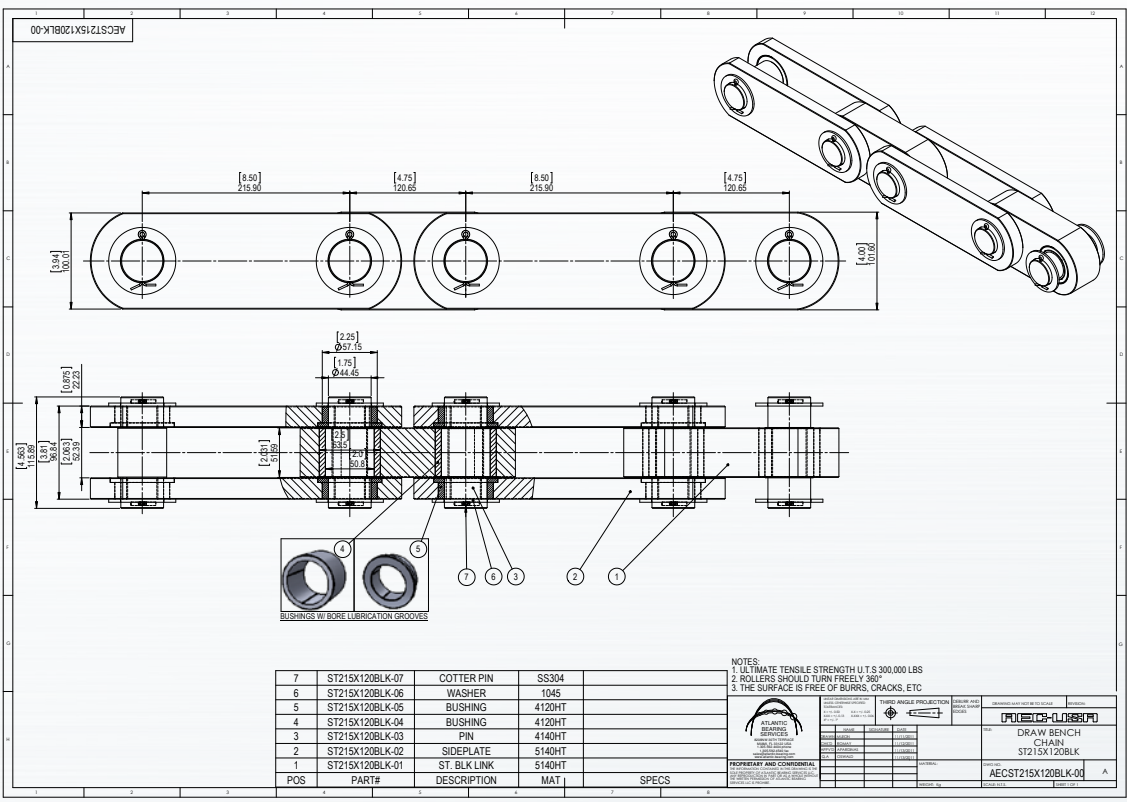
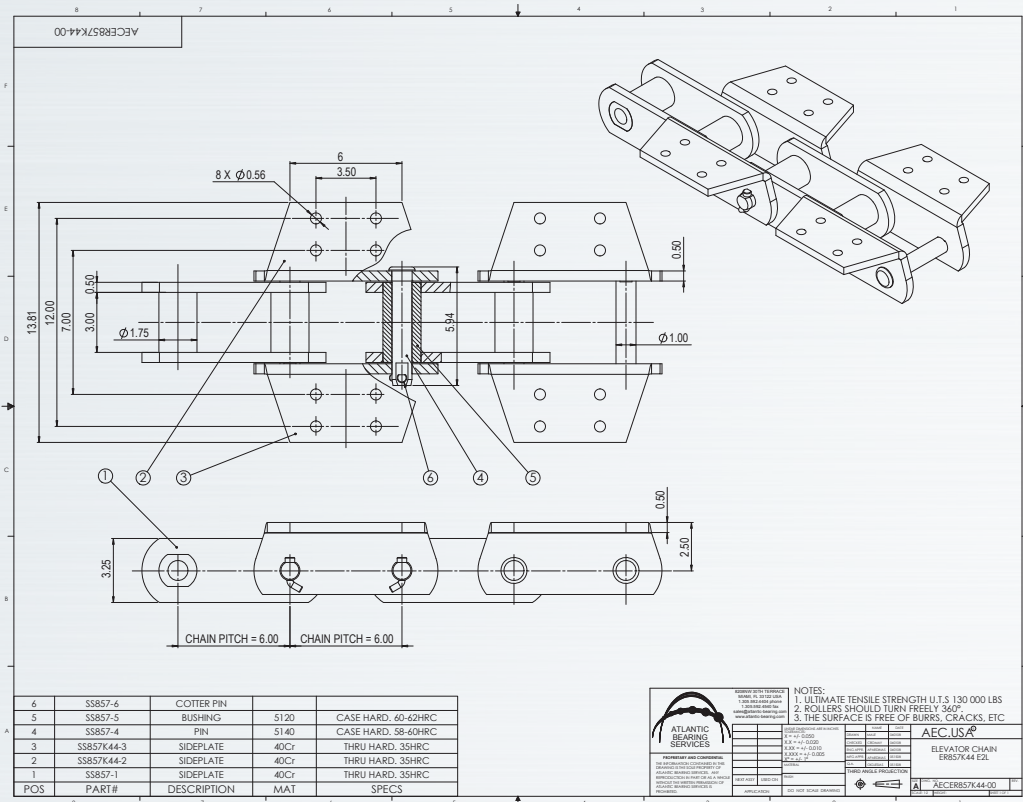


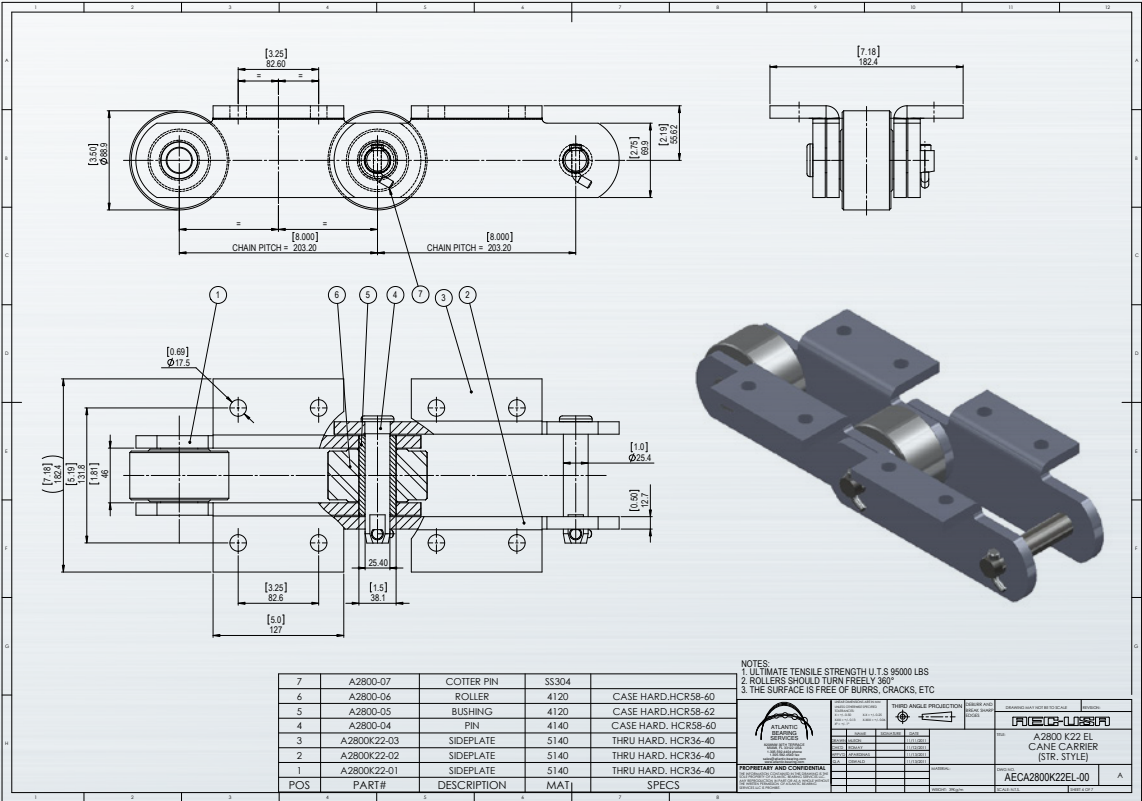
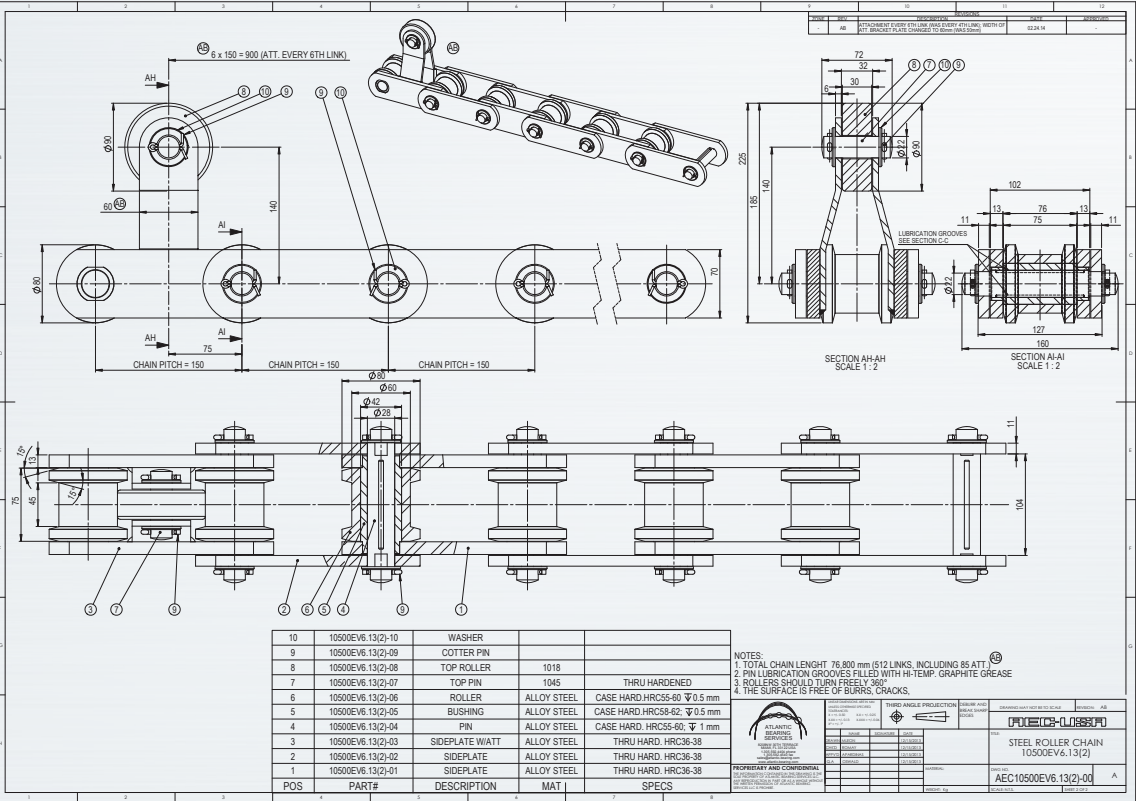
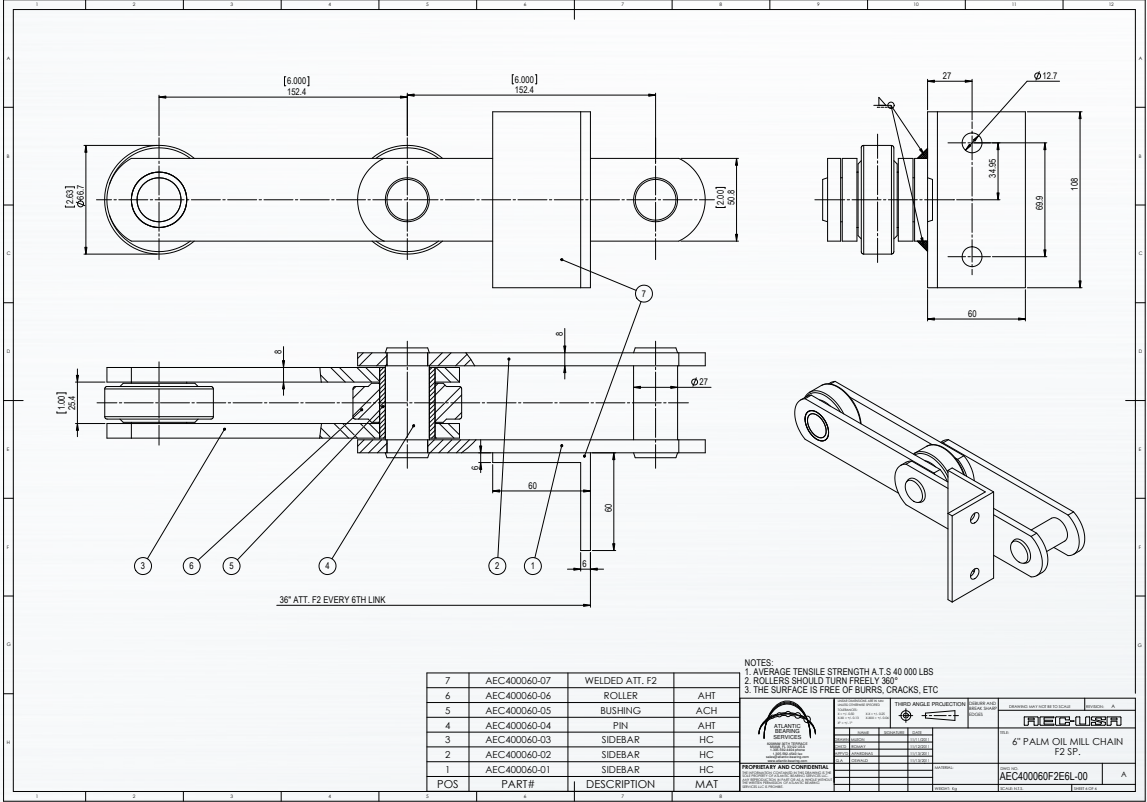
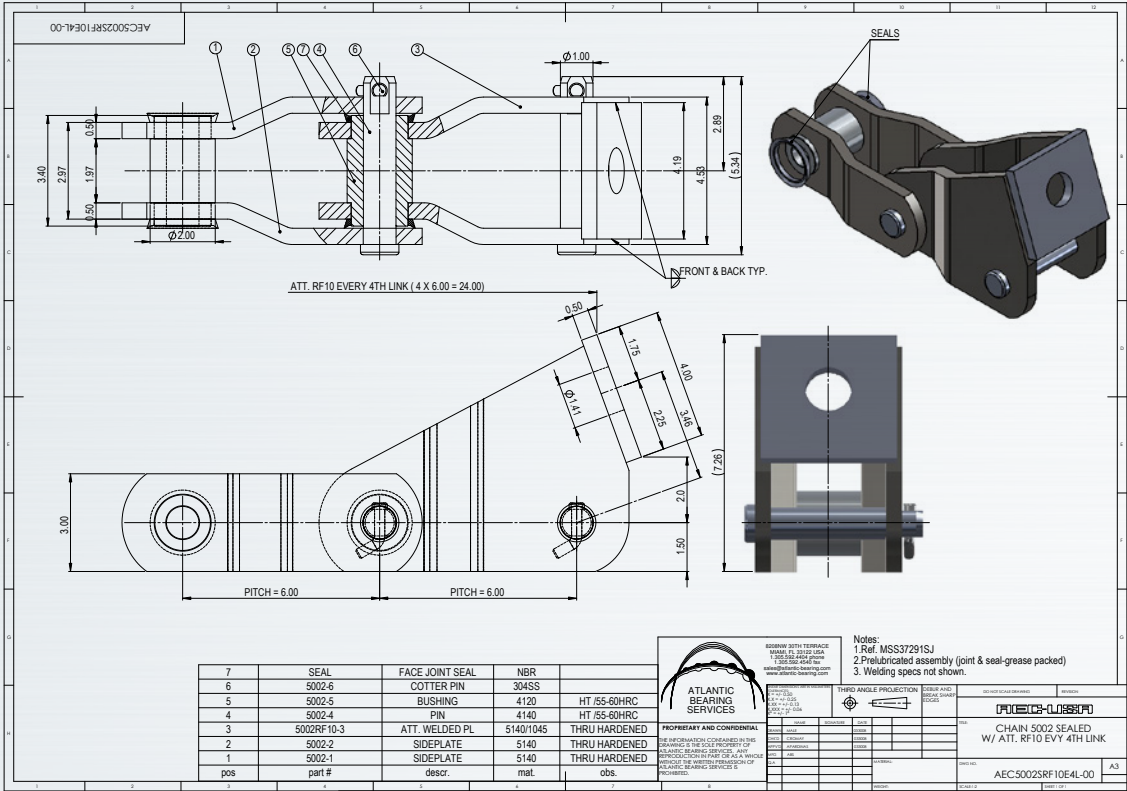
Model name: P250-00
Study name: Copy of [Study 1]
Mesh type: Solid mesh

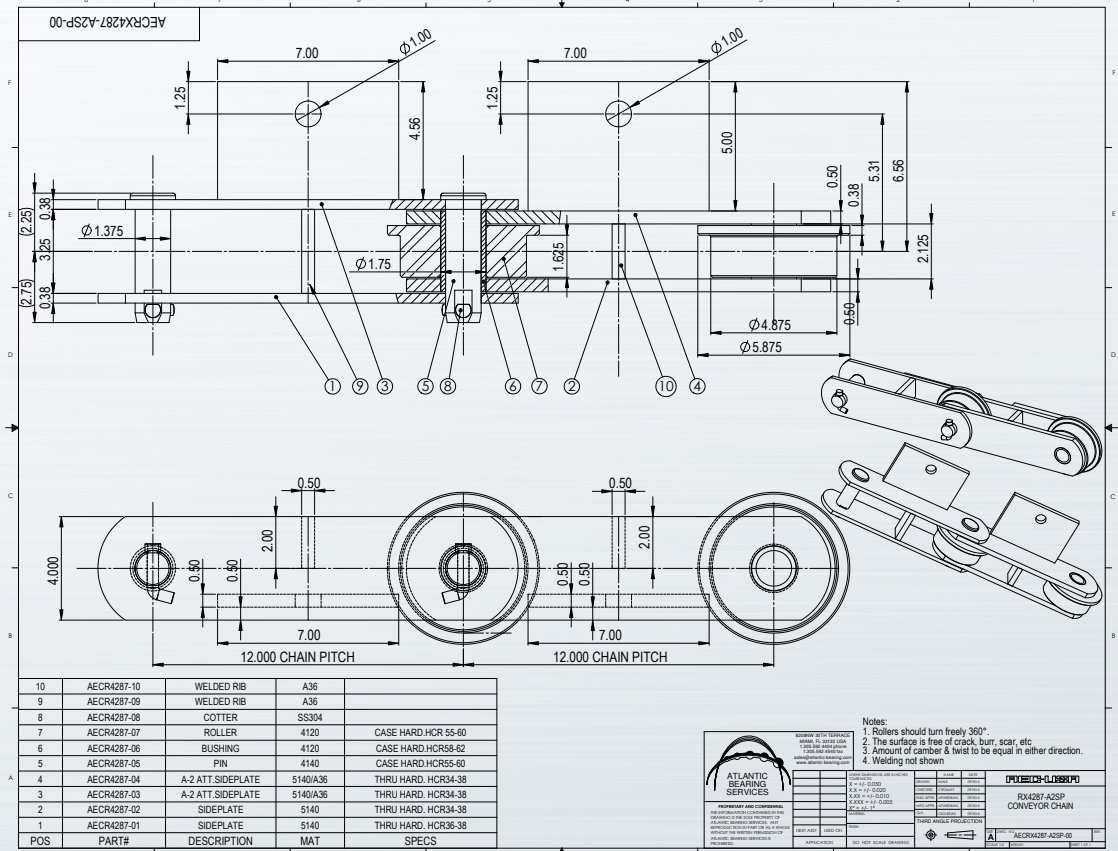
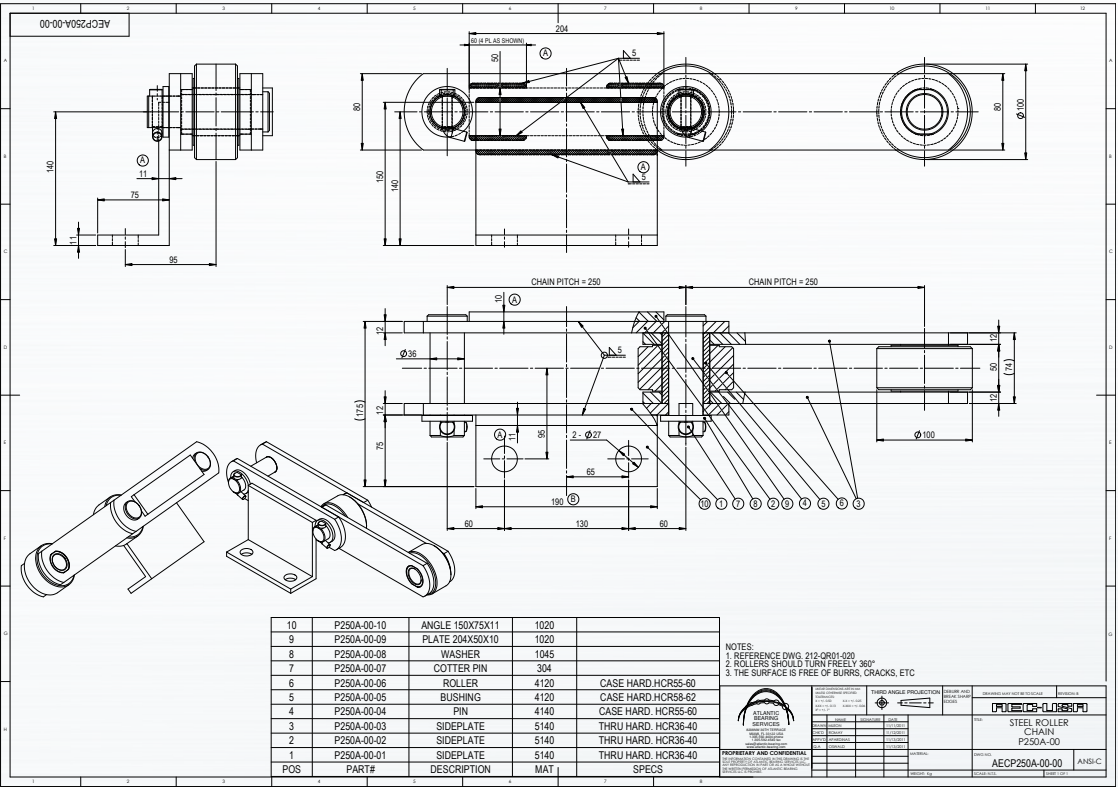
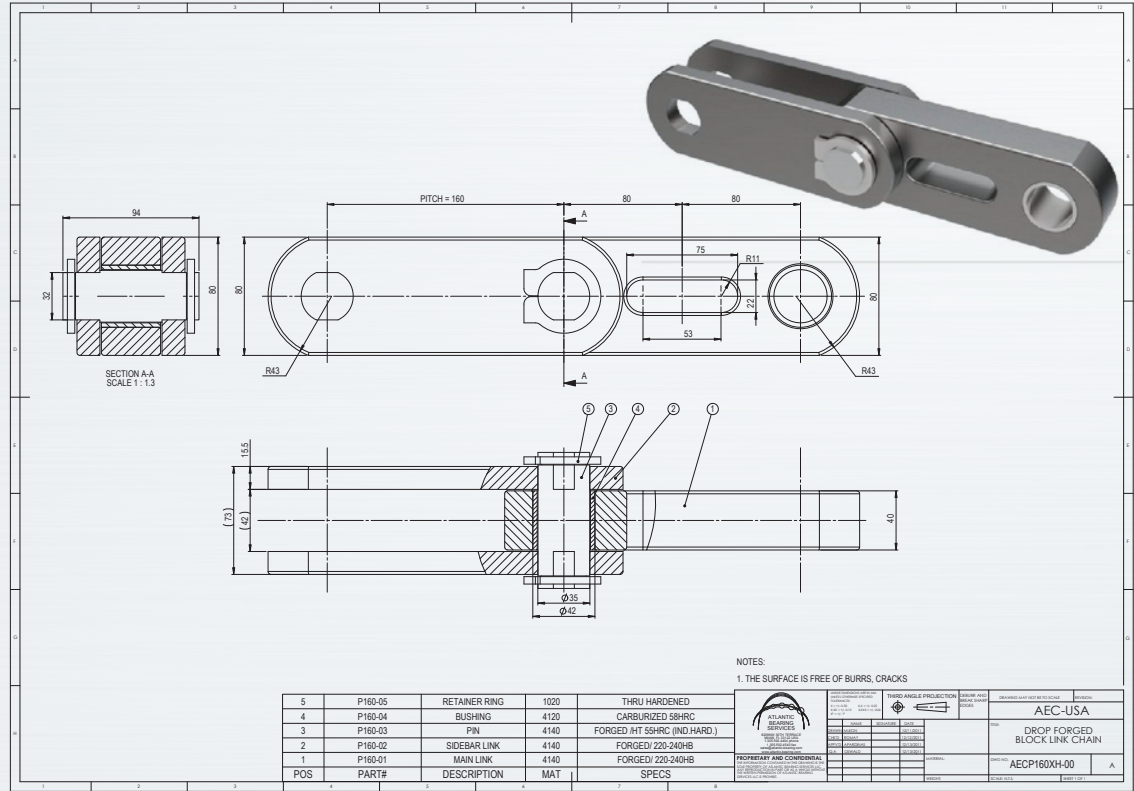
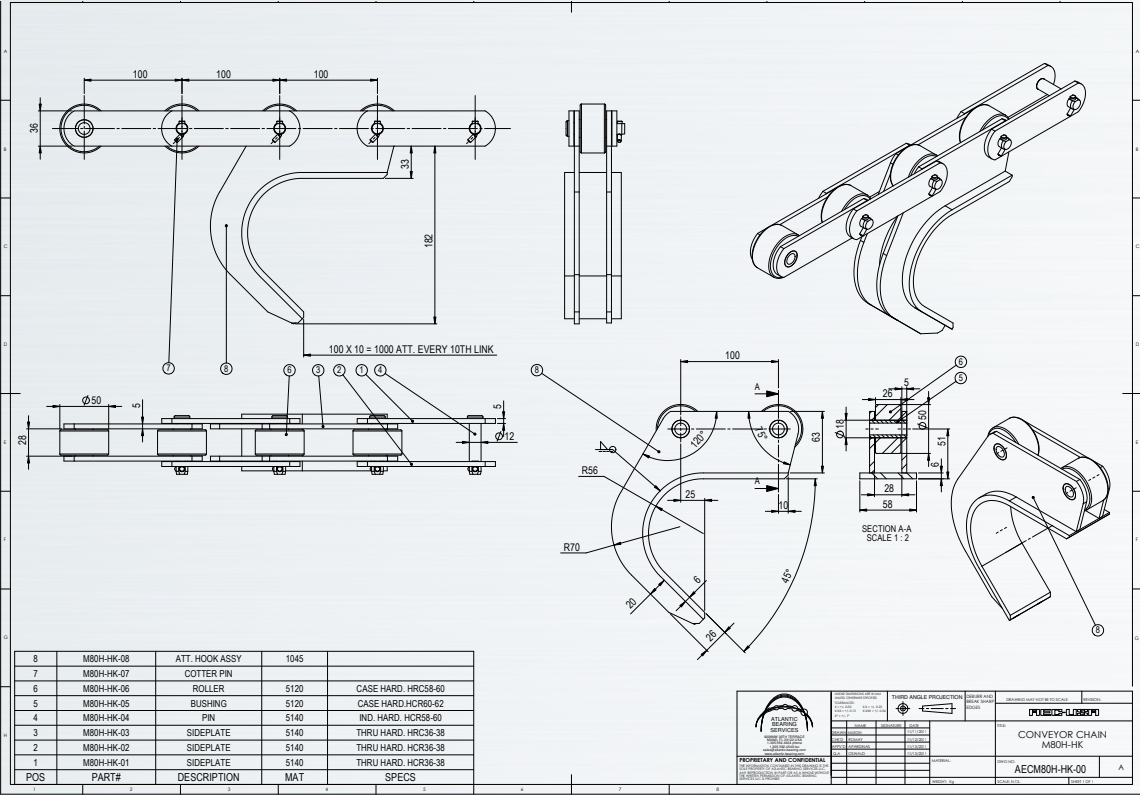


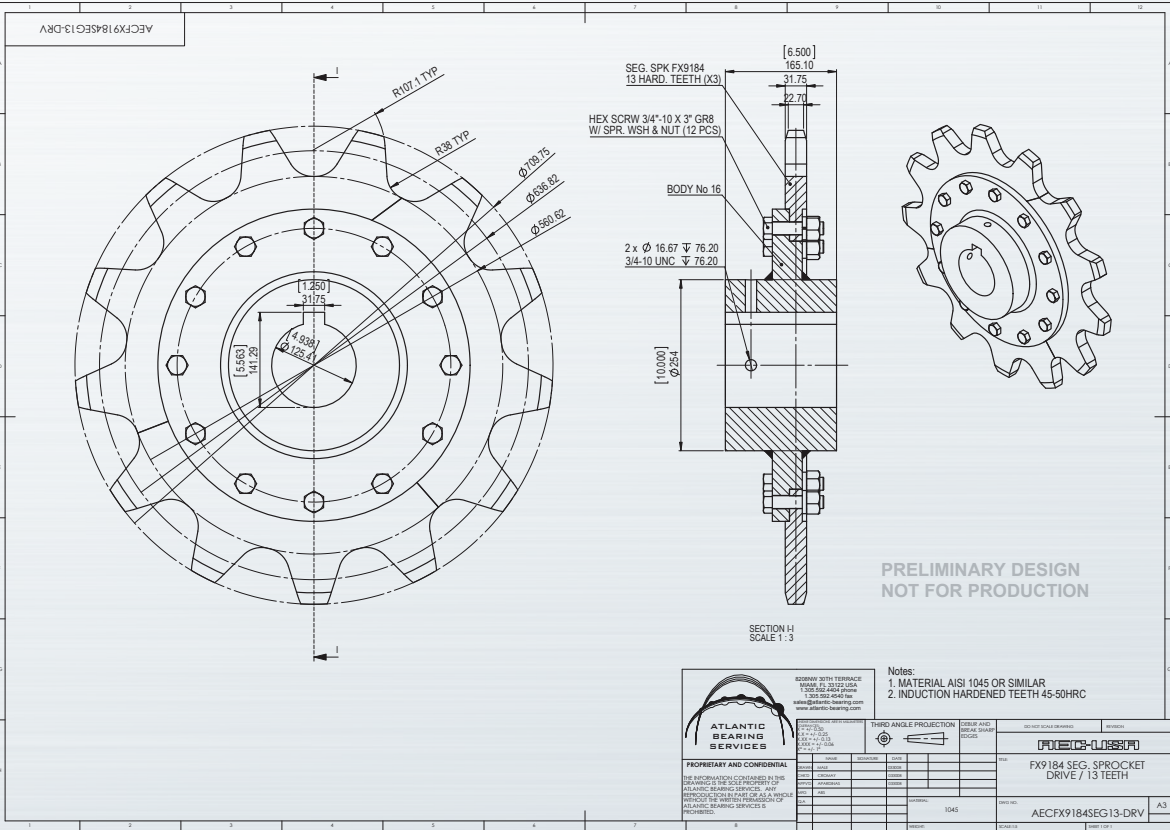
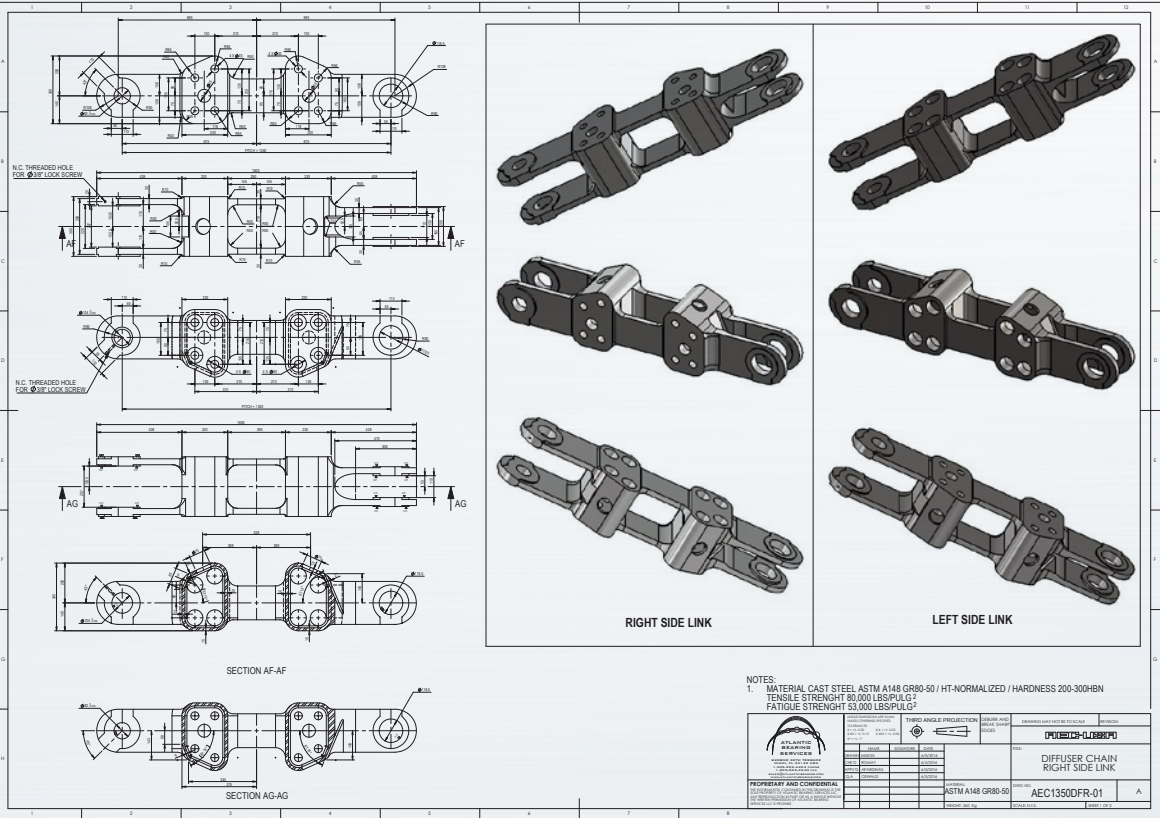
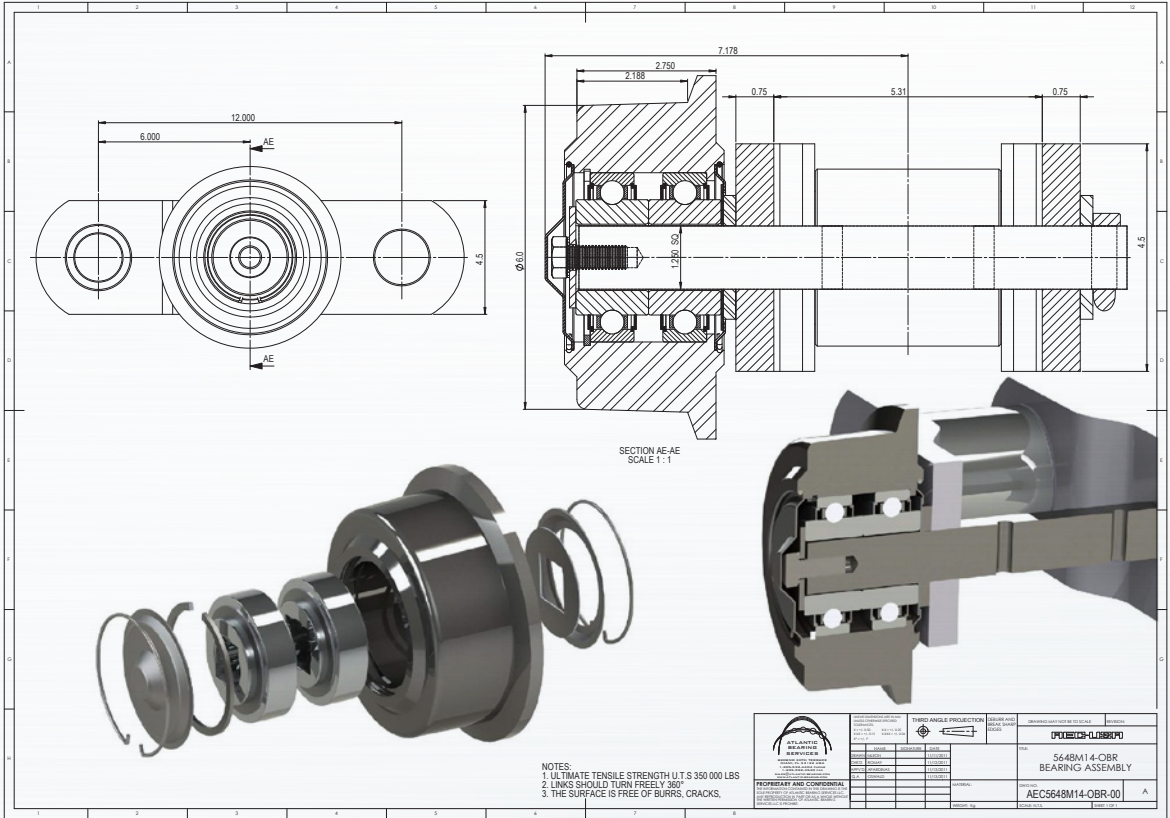
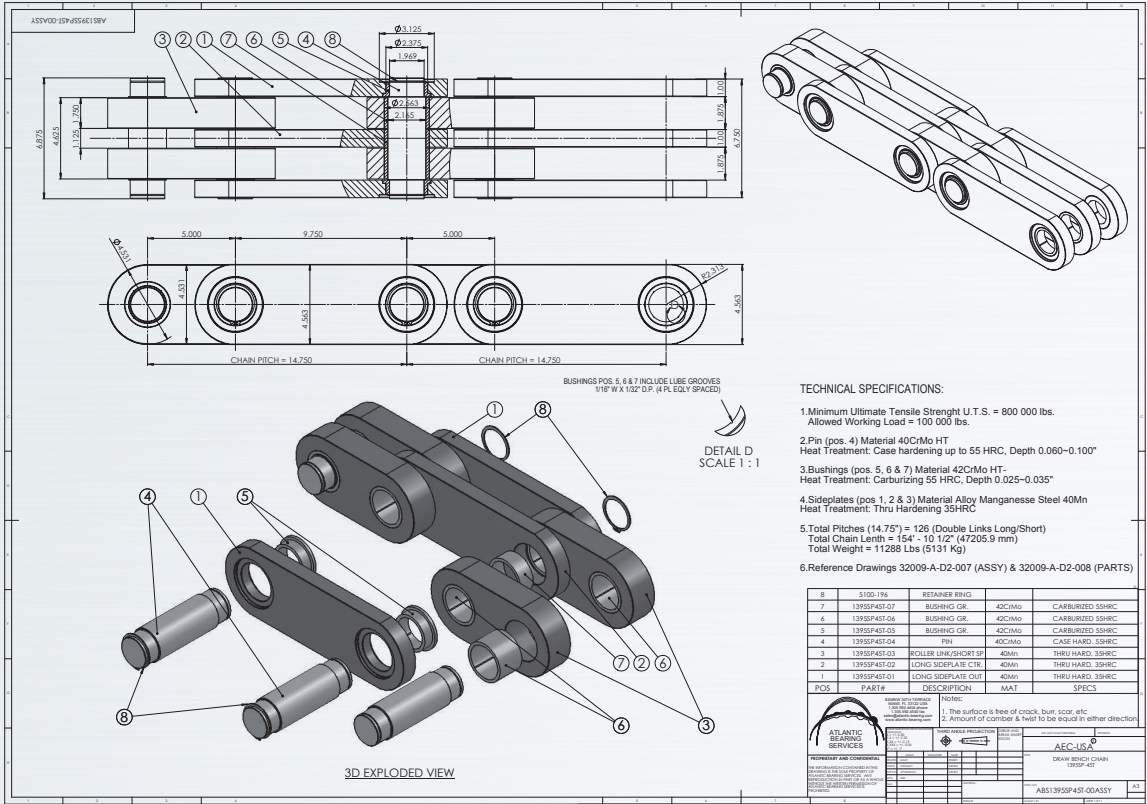
Model name: P250-00
Study name: Copy of [Study 1]
Plot type: Static nodal stress Stress1
Deformation scale: 149.798













ph 1.305.592.4404 / fax 1.305.592.4540 / sales@atlantic-bearing.com / www.atlantic-bearing.com

Guatemala - Honduras - Italia - Mexico - Nicaragua - Panama - Peru - Republica Dominicana