

02-313

Comparison of types of metal roof purlins for industrial buildings

Luis Miguel Serna Jara¹, Jose Antonio Flores Yepes²

¹Universidad a Distancia de Madrid, UDIMMA ²Universidad Miguel Hernández

This study compares different types of cold-formed steel purlins used as roof purlins in industrial buildings. It is based on the premise that material and labor costs represent the greatest economic impact in these types of projects, so the appropriate selection of purlins can lead to substantial savings. Using a typical building as a model, design parameters (span, height, wind and snow loads) and structural calculations are defined based on European (Eurocode 3) and Spanish national (CTE DB SE and SE-AE) regulations. Four families of standardized profiles—CF, UF, ZF, and OF—all manufactured from S235JR steel using cold rolling, are analyzed. The results show that the CF-180×2.0 and ZF-160×2.5 profiles are the most efficient, exhibiting the highest structural utilization coefficients (98.12% and 99.14%, respectively) and a significantly lower weight per linear meter compared to UF and OF. The CF profile stands out for its lightness (~5.12 kg/m) and its high relative rigidity, while the ZF offers a slightly superior structural utilization and greater inertia on the Z axis.

Keywords: Purlins, Profiles, Industrial building

Comparativa de tipos de correas metálicas de cubierta en naves industriales

Se aborda la comparativa de tipos de perfiles conformados en frío empleados como correas de cubierta de correas metálicas de cubierta en naves industriales. Se parte del principio de que los costes de materiales y mano de obra constituyen el mayor impacto económico en este tipo de proyectos, por lo que la selección adecuada de correas puede representar un ahorro sustancial. A través de un edificio tipo, se definen parámetros de diseño (luz, altura, cargas de viento y nieve) y de cálculo estructural basados en normativa europea (Eurocódigo 3) y nacional de España (CTE DB SE y SE-AE). Se analizan cuatro familias de perfiles normalizados CF, UF, ZF y OF, todos fabricados en acero S235JR, obtenidos mediante laminación en frío. Los resultados muestran que los perfiles CF-180×2.0 y ZF-160×2.5 son los más eficientes, al presentar los mayores coeficientes de aprovechamiento estructural (98.12% y 99.14% respectivamente) y un peso significativamente menor por metro lineal respecto a UF y OF. El perfil CF destaca por su ligereza (~5.12 kg/m) y su elevada rigidez relativa, mientras que el ZF ofrece un aprovechamiento estructural ligeramente superior y mayor inercia en el eje Z.

Palabras clave: Correas, perfiles, construcción industrial



©2026 by the authors. Licensee AEIPRO, Spain. This article is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

1. Introducción

En la construcción de edificaciones de uso industrial, una de las premisas fundamentales es la optimización económica de la construcción y de tiempos de ejecución de obras para su entrega al cliente final, en este estudio no se centra en esa optimización de tiempos, pues depende de muchas variables, entre ellas la envergadura de la obra de construcción de la edificación industrial. La parte económica es la de mayor impacto en la construcción de una edificación industrial, siendo claramente la parte de materiales de construcción y mano de obra las de mayor coste económico, es por ello, que la optimización de los costes de materiales y mano de obra, que constituyen las partidas de mayor impacto financiero, se erige como un objetivo prioritario para garantizar la viabilidad y competitividad de los proyectos. Este estudio se centra en uno de los componentes utilizados en la construcción de estas edificaciones industriales, concretamente en las correas de cubierta que se emplean para sustentar la cubierta ligera de estas edificaciones, y como dentro de la gama de este tipo de correas se pueden optimizar los resultados económicos de una construcción de industrial.

Las correas de cubierta son perfiles estructurales que se disponen perpendicularmente a las vigas o cerchas de la estructura de la edificación, su función es la de sustentar el peso de la cubierta, de chapa metálica o panel sándwich, y otros elementos de instalaciones dispuestos en cubierta, como por ejemplo, las placas fotovoltaicas para generar energía para la industria.

Tradicionalmente, la selección de correas ha estado ligada al material de la estructura principal: perfiles de hormigón armado prefabricado para estructuras de concreto y perfiles de acero laminado en caliente o conformados en frío para estructuras metálicas. Sin embargo, los perfiles conformados en frío (Cold-Formed Steel, CFS) han demostrado poseer ventajas competitivas decisivas que los posicionan como la solución óptima en un gran número de proyectos, independientemente del sistema principal, gracias a su versatilidad y eficiencia (Davies, 2009).

Figura 1: Correas de cubierta sobre pórtico a dos aguas



El acero conformado en frío (Cold-Formed Steel, CFS) ha ganado gran protagonismo en estas últimas décadas, en estructuras ligeras, aplicaciones de cubierta y componentes secundarios, estos elementos lineales actúan como apoyo directo de la cubierta (formada habitualmente por paneles sandwich o chapas metálicas) y de las sobrecargas asociadas a ella, como nieve, viento, mantenimiento y, cada vez con más frecuencia, instalaciones de paneles fotovoltaicos (Cucu et al., 2015). La elección del sistema de correas, por tanto, no es trivial, ya que su diseño influye directamente en el peso total de la estructura, los costes de material, fabricación, transporte y mano de obra de instalación.

Actualmente, frente a las soluciones tradicionales, como las correas de hormigón prefabricado o de acero laminado en caliente, los perfiles conformados en frío han demostrado poseer ventajas competitivas decisivas (Baddoo, 2008), las correas de cubierta que se emplean en este tipo de construcciones suelen ser de prefabricado de hormigón armado, si la estructura principal es de hormigón prefabricado, y perfiles de acero conformados en frío, si la estructura es metálica. Los perfiles conformados en frío se obtienen mediante un proceso de laminación en frío, lo que supone, que la plancha de acero se hace pasar por máquinas perfiladoras de rodillos a temperatura ambiente, lo que produce un moldeo de dicha chapa de acero en diversas formas produciendo un aumentando de su resistencia, sino confiriendo un endurecimiento por deformación en el acero, incrementando significativamente la resistencia del material en las zonas críticas de las esquinas (Becque, 2006). Este fenómeno permite emplear aceros de bajo espesor, típicamente entre 1.5 mm y 3.0 mm de espesor (actualmente se fabrican en mayores espesores, hasta 6 mm) con resistencias muy elevadas (de hasta 550.000 KN/m²), resultando en piezas extremadamente ligeras pero con una elevada capacidad portante (Pekoz, 1986). Esta ligereza facilita su transporte y manipulación en obra, reduciendo los requisitos de maquinaria pesada y, por ende, los tiempos de instalación y los costes logísticos indirectos (Zandonini, 1996).

A nivel de diseño, el comportamiento estructural de las correas de CFS es complejo, ya que sus esbeltas secciones son susceptibles a fenómenos de inestabilidad como el pandeo lateral-torsional, el pandeo local o el pandeo distorsional (Schafer, 2008). El comportamiento de este tipo de perfiles, está ampliamente regulado por normativas internacionales de prestigio, como la Norma Europea EN 1993-1-3 (Eurocódigo 3) (European Committee for Standardization, 2006), que proporciona metodologías detalladas para el cálculo y dimensionamiento de este tipo de elementos. A nivel nacional en España, el Código Técnico de la Edificación (CTE) traslada estas directrices europeas al ámbito legal, siendo de obligado cumplimiento y estableciendo las exigencias básicas de seguridad estructural (DB SE) y las acciones de cálculo (DB SE-AE) para este tipo de perfiles (Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, 2022). A nivel internacional, cabe destacar el estándar internacional AISI (American Iron and Steel Institute, 2016) que proporcionan metodologías detalladas para el cálculo y dimensionamiento de este tipo de elementos, garantizando la seguridad estructural. Estudios recientes continúan optimizando el diseño de secciones complejas, como las correas armadas (Wang & Young, 2018).

Las formas de estos perfiles, suelen ser variadas dependiendo del fabricante, atendiendo a su sección transversal reciben distinta nomenclatura según normativa europea, pueden ser en "CF" (UNE 36573:1979, 1979), en "UF" (UNE 36572:1980, 1980), en "ZF" (UNE 36576:1979, 1979), y "OF" (UNE 36575:1979, 1979), son las más usuales empleadas en edificaciones de tipo industrial, pues no hay un único catálogo oficial de europeo de estos materiales, pero sí de asociaciones de fabricantes como Constructalia de ArcelorMittal (Constructalia, 2019), Voestalpine Sadef, Biekapa, Welser Profile o Metalco.

Este estudio se centra, en los perfiles comerciales de acero S235JR conformados en frío para las correas de cubierta, que se emplean en la construcción de las edificaciones industriales definidos por la norma europea EN 10219-1:2007 (European Committee for Standardization, 2007), y mediante un análisis de los mismos para una misma resistencia mecánica, que perfil se vislumbra como óptimo cumpliendo los criterios normativos de resistencia, posteriormente teniendo en cuenta el precio medio de este material según base de datos de precios de acero en Europa (MEPS International, 2025) que suele oscilar entre un rango de precios de 0,53 y 0,62 €/kg al por mayor, se realizará el estudio del ahorro económico que supone la utilización de un perfil u otro; dado que estos precios son de venta mayorista, no son precios finales puestos en obra, se utilizará el banco de precios de la construcción en España (Dirección General de Vivienda y Urbanismo de la Región de Murcia, 2025) para 2025, cuyo precio para este tipo de perfiles es de 3,06 €/kg.

A pesar de la extensa literatura sobre el comportamiento estructural de los perfiles conformados en frío, existe un vacío en la investigación aplicada respecto a la comparación técnica-económica directa de las cuatro familias de perfiles comerciales más comunes (UF, CF, ZF y OF) bajo condiciones de diseño idénticas. Este estudio contribuye de forma diferenciadora al establecer una jerarquía de eficiencia basada no solo en la capacidad resistente, sino en el coste real de mercado, proporcionando una herramienta de decisión práctica para ingenieros en la fase de proyecto.

2. Objetivos

El objetivo general de este estudio, atendiendo a los distintos perfiles comerciales de correas conformadas en frío y sus series, será analizar cuál de los perfiles conformados en frío sometidos a estudio con unos criterios de diseño y variables de cálculo comunes, obtienen mejores resultados, cuál de ellos ofrece menor peso; así de esta forma, la estructura de la edificación industrial podrá ser más liviana.

realizar un análisis técnico-económico comparativo de los principales tipos de perfiles laminados en frío utilizados como correas de cubierta en edificios industriales, con el fin de establecer una jerarquía de idoneidad basada en criterios de eficiencia estructural y minimización de costes.

Para alcanzar este propósito general, se definen los siguientes objetivos específicos:

Definir un escenario de diseño estandarizado: Establecer los parámetros geométricos y de carga de un edificio industrial tipo que sirva como caso de estudio base y permita una comparativa homogénea y reproducible de los diferentes perfiles, de acuerdo con las exigencias del CTE DB SE-AE (Código Técnico de la Edificación, Documento Básico Seguridad Estructural, 2008) y el Eurocódigo 1 (European Committee for Standardization, 2003)

Seleccionar y caracterizar los perfiles objeto de estudio: Identificar las series comerciales normalizadas de perfiles CF, UF, ZF y OF de distintos fabricantes, definiendo sus propiedades geométricas (área, inercias) y mecánicas (límite elástico) conforme a la norma EN 10219-1:2007.

Realizar el cálculo estructural y la optimización, para cada perfil de las series seleccionadas, realizar las comprobaciones de resistencia (flexión, cortante) y estados límite de servicio (flecha) frente a las combinaciones de cargas definidas, siguiendo los procedimientos establecidos en el Eurocódigo 3.1.3 y el CTE DB SE-A. Identificar para cada familia de perfil la dimensión óptima que, cumpliendo todas las comprobaciones, presente el menor peso por unidad de longitud.

Evaluar la eficiencia estructural, cuantificar y comparar el grado de aprovechamiento de la capacidad resistente de cada perfil óptimo, analizando fenómenos como los distintos modos de pandeo y su influencia en la eficiencia final de la sección (Schafer, 2008).

Analizar el impacto económico, calcular el coste material por metro cuadrado de cubierta para cada solución óptima, utilizando un precio de referencia actualizado del acero, con el fin de cuantificar el ahorro económico potencial asociado a la selección del perfil más eficiente.

Sintetizar los resultados en una secuencia de selección clara que priorice las soluciones en función de los criterios de minimización de peso y coste, proporcionando así una herramienta de apoyo a la decisión para ingenieros y prescriptores en la fase de desarrollo de proyectos de edificaciones industriales.

3. Métodos de investigación

Para llevar a cabo el presente estudio se ha definido un método de investigación sistemático basado en criterios de diseño estructural, normativa vigente y optimización técnica-económica, siguiendo una secuencia lógica que permite comparar de forma objetiva distintas tipologías de correas metálicas conformadas en frío empleadas en cubiertas de edificaciones industriales

Como primera etapa, se ha fijado un modelo de edificación industrial tipo, representativo de naves de uso industrial ligero o logístico, caracterizadas por grandes luces, espacios diáfanos y cubiertas ligeras. La elección de una geometría regular y repetitiva responde a la necesidad de analizar un caso generalizable y habitual en la práctica profesional.

El edificio considerado presenta una planta rectangular de 40 m de longitud y 20 m de luz, con pórticos rígidos de acero separados 5,00 m, dando lugar a un total de ocho vanos. La altura de los pilares se fija en 6,00 m, con una cubierta a dos aguas y una pendiente del 20 %, alcanzando una altura de cumbrera de 8,00 m. Estas dimensiones se corresponden con soluciones habituales que permiten optimizar la relación entre volumen útil, coste estructural y facilidad constructiva.

Asimismo, se consideran dos huecos de acceso para vehículos, uno en cada fachada longitudinal, de dimensiones 4,00 × 4,00 m, que influyen directamente en la acción del viento sobre el edificio. Los perfiles estructurales principales se definen con longitudes comerciales estándar de 8, 10, 12 y 14 m, favoreciendo la viabilidad industrial, la reducción de desperdicio de material y la facilidad de suministro.

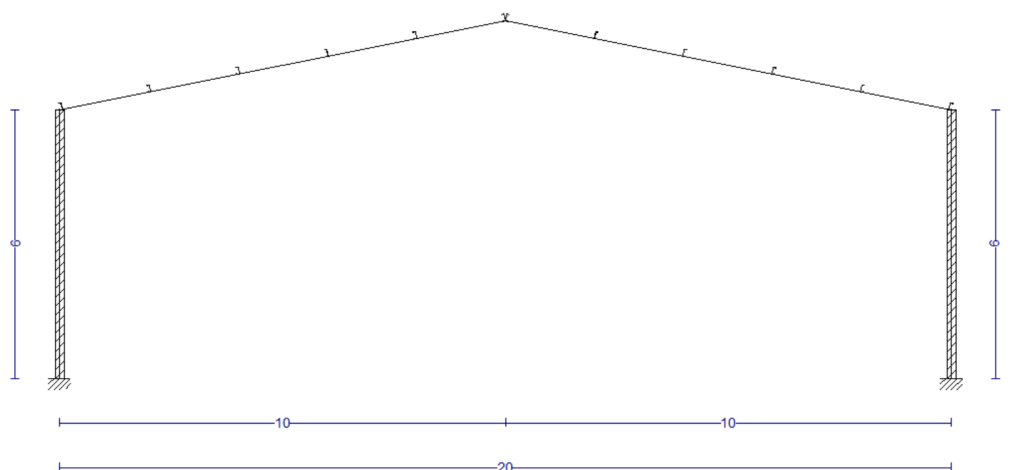
Los parámetros geométricos y funcionales adoptados se resumen en la Tabla 1:

Tabla 1: Parámetros de diseño de la edificación industrial

Dimensiones	Ud (S.I.)	Valor
Longitud	m	40
Luz	m	20
Altura de pilar	m	6
Pendiente	%	20
Altura de cumbrera	m	8
Cubierta		2 aguas
Pórtico		rígido
Huecos puerta acceso vehículos (1 en fachada anterior y 1 en fachada posterior)	m	4,00 x 4,00
Número de vanos		8
Separación entre vanos	m	5

En la figura 2, se puede observar una sección de la edificación industrial sometida a estudio:

Figura 2: Sección de la edificación industrial sometida a estudio



Una vez fijadas las características geométricas y funcionales de la edificación tipo, se procede a la definición de los parámetros de cálculo estructural, atendiendo a las acciones más representativas que actúan sobre una nave industrial de estas características.

Se consideran acciones permanentes (cargas gravitatorias) y acciones variables, concretamente viento y nieve, de acuerdo con la normativa vigente. No se han tenido en cuenta otras acciones variables como las térmicas, accidentales o sísmicas, al no resultar determinantes en el comportamiento resistente de las correas de cubierta para el caso de estudio planteado y con el objetivo de centrar el análisis en las acciones más influyentes.

Las cargas permanentes incluyen el peso propio del cerramiento de cubierta, compuesto por panel sándwich de 3,0 cm de espesor, así como el peso de elementos auxiliares como tapajuntas y tornillería. Se incorpora además un coeficiente de seguridad del 10 % para contemplar posibles desviaciones en la ejecución y tolerancias constructivas, resultando una carga fija total de 13,2 kg/m².

Las cargas variables consideradas son:

- Sobrecarga de mantenimiento en cubierta.
- Acción del viento, definida mediante una velocidad básica de 27 m/s, considerando la presencia de huecos en fachada.
- Acción de la nieve, correspondiente a una altitud topográfica de 600 m.

Los parámetros de cálculo empleados, son los que se muestran en la tabla 2.

Tabla 2: Parámetros de diseño de la edificación industrial

A. Cargas fijas o gravitatorias	Peso(Kp/m ²)
Elementos de Cubierta	
panel sándwich de 3,0 cm	10,5
Tapajuntas y tornillería	1,5
Seguridad 10%	1,2
Subtotal cargas fijas	13,2
B. Cargas variables	
Sobre carga de cerramiento (labores de mantenimiento)	40

Velocidad del viento	27 m/s
Nieve (600 m de altitud topográfica)	40
Flecha límite	L/300
Fijación de correas	Rígida
Distancia entre correas (m)	2

Para el desarrollo del estudio se han empleado los programas de cálculo estructural de CYPE Ingenieros, ampliamente utilizados en la práctica profesional y basados en métodos de análisis contrastados. En función del tipo de estructura y módulo, estos programas emplean distintos enfoques de cálculo, incluyendo el análisis matricial de barras y nudos para estructuras tridimensionales (CYPE 3D) y el análisis por elementos finitos (FEM) para modelos complejos, como uniones metálicas en CYPE Connect.

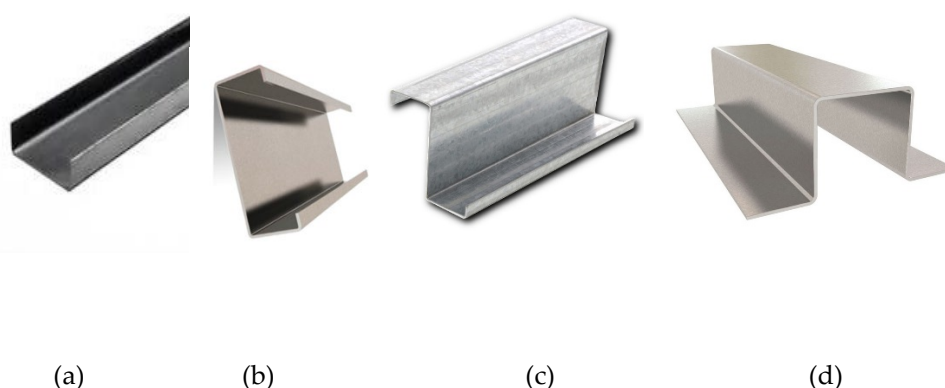
En particular, se ha utilizado el Generador de Pórticos como herramienta principal para:

- Definir automáticamente la geometría de la nave industrial.
- Generar las acciones de viento y nieve conforme a la normativa seleccionada.
- Calcular y dimensionar las correas metálicas de cubierta y cerramientos laterales.
- Exportar la geometría, cargas, hipótesis y longitudes de pandeo a CYPE 3D para su análisis global.

Este procedimiento permite reducir errores de introducción manual, garantizar la coherencia entre modelo geométrico y acciones aplicadas, y agilizar el proceso de cálculo del modelo completo.

Una vez definidos los parámetros de diseño y cálculo, se procede a la selección de los perfiles conformados en frío objeto de análisis. Se han considerado perfiles tipo UF, CF, ZF y OF, ampliamente utilizados en correas de cubiertas industriales y definidos en la normativa europea y normas UNE correspondientes. Las secciones transversales de estos perfiles se muestran en la Figura 3.

Figura 3: Sección de perfiles en frío “UF”(a), “CF”(b), “ZF”(c) y “OF”(d).



La elección de estos perfiles responde a su uso extendido en el mercado, su disponibilidad comercial y sus diferentes comportamientos estructurales frente a flexión, cortante y fenómenos de inestabilidad local.

Finalmente, para cada tipología de perfil y cada una de las series dimensionales disponibles, se realiza la comprobación estructural completa con el objetivo de identificar el perfil óptimo en términos de resistencia y eficiencia material.

Las verificaciones se realizan conforme al CTE DB SE-A y al Eurocódigo 3 EN 1993-1-3, considerando:

- La relación anchura/espesor de los elementos de la sección.
- La resistencia a flexión respecto al eje principal de carga.
- La resistencia a cortante del alma.

Estas comprobaciones, resumidas en la Tabla III, se llevan a cabo mediante un software de cálculo matricial de elementos estructurales, garantizando el cumplimiento de los estados límite últimos y de servicio. A partir de los resultados obtenidos, se comparan los perfiles en términos de capacidad resistente, aprovechamiento estructural y peso propio, permitiendo identificar la solución más eficiente para la edificación industrial analizada.

Tabla 3: Normativa para el cálculo de la resistencia

Cálculo de resistencia	Normativa
Relación anchura / espesor	(CTE DB SE-A, Tabla 5.5 y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 5.2)
Resistencia a flexión. Eje Y	(CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.4.1)
Resistencia a corte Z	(CTE DB SE-A y Eurocódigo 3 EN 1993-1-3: 2006, Artículo 6.1.5)

4. Resultados

Los resultados obtenidos para los distintos perfiles conformados en frío normalizados, y las distintas series de dichos perfiles “CF”, “UF”, “ZF” y “OF” son los que se muestran en la siguiente tabla 4:

Tabla 4: Perfiles óptimos de cada serie que cumplen los criterios de cálculo

Perfil	Serie	Nº correas	Peso lineal (kg/m)	Peso superficial (kg/m ²)
CF	180x2	12	61,39	3,07
UF	140x4	12	99,84	4,99
ZF	160x2,5	12	69,10	3,45
OF	123x60x30x157x4.75	12	154,49	7,72

Para las mismas condiciones de carga, aprovechamiento de la resistencia y de la flecha, los porcentajes comparativos entre los distintos perfiles seleccionados son los que se muestran en la siguiente tabla 5:

Tabla 5: Porcentajes de aprovechamiento de resistencia de los perfiles seleccionados

Familia / Perfil	Aprovechamiento (Resistencia)	Aprovechamiento (Flecha)	Nº correas (proyecto)	Peso lineal total listado (kg/m)	Peso lineal por correa (kg/m)
CF / CF-180x2.0	98.12 %.	Flecha: 78.44 %.	12	61.39.	5.12

UF / UF-140×4	90.15 %.	Flecha: 75.89 %.	12	99.84.	8.32
OF/ G 123×60	66.49 %.	Flecha: 79.09 %.	12	154.49.	12.87
ZF / ZF-160×2.5	99.14 %.	Flecha: 88.12 %.	12	69.10.	5.76

En la siguiente tabla 6, se muestra la tabla de resultados en peso, ordenados de menor a mayor en peso y porcentajes de ahorro:

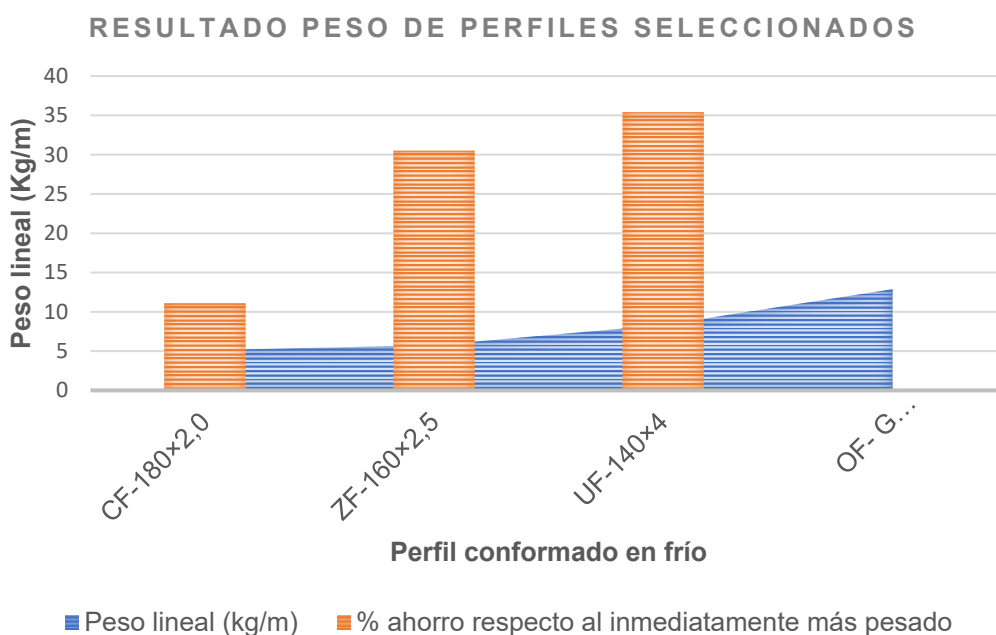
Tabla 6: Porcentajes de ahorro en peso

Ranking (ligereza)	Perfil	Peso lineal (kg/m)	% ahorro respecto al inmediatamente más pesado	% ahorro respecto a OF (perfil más pesado)
1	CF-180×2.0	5.12.	11.1% frente a ZF (5.76)	60.2% frente a OF (12.87).
2	ZF-160×2.5	5.76	30.5% frente a UF (8.32)	55.2% frente a OF
3	UF-140×4	8.32	35.4% frente a OF	—
4	OF — G 123×60×30×157×4.75	12.87	—	—

La marcada diferencia de aprovechamiento entre los perfiles analizados sugiere que el sobredimensionamiento geométrico de series como la OF (aprovechamiento del 66.5%) no se traduce en una ventaja competitiva para luces estándar. La interpretación crítica de estos datos indica que la esbeltez optimizada de los perfiles CF y ZF es el factor determinante en la rentabilidad, permitiendo ahorros de hasta 14.220 € por cada 1000 m² sin comprometer la seguridad estructural.

De forma más visual se representan estos resultados en la siguiente figura 4:

Figura 3: Resultados peso de perfiles óptimos de edificación industrial



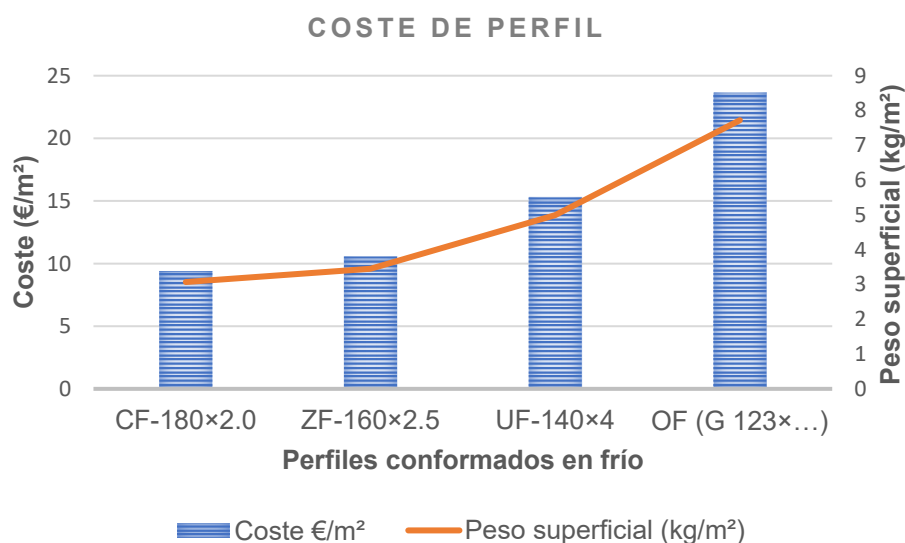
Los perfiles CF-180×2.0 y ZF-160×2.5 muestran los mayores coeficientes de aprovechamiento (98.12% y 99.14% respectivamente) y son los más eficientes en términos de peso por unidad de correa. CF es ligeramente más ligero (≈ 5.12 kg/m) que ZF (≈ 5.76 kg/m), pero ZF ofrece un aprovechamiento marginalmente superior ($\approx +1$ %).

El perfil UF-140×4 (perfil intermedio), cumple con los requisitos (aprovechamiento 90.15%) pero penaliza en peso (8.32 kg/m). Podría emplearse por cuestiones de disponibilidad, rigidez local, o requisitos constructivos (por ejemplo, mayor capacidad para fijación de lucernarios, bandejas, etc.).

El perfil de la serie OF (perfil G grande): está sobredimensionado para la misma acción; su aprovechamiento (66.5%) indica que su capacidad estructural está muy por encima de lo solicitado y, por tanto, tiene un coste material mucho mayor (12.87 kg/m). Puede ser útil solo si se buscan rigideces o se requieren condiciones especiales (por ejemplo, grandes luces entre correas, intensas concentraciones puntuales, o criterios no contemplados en este análisis).

Todos los perfiles seleccionados cumplen las comprobaciones según CTE DB SE-A Las flechas se mantienen por debajo del límite $L/300$; el perfil ZF presenta flecha con aprovechamiento 88.12% y CF 78.44% (diferencia que puede ser relevante si exigencias de servicio requieren margen extra frente a vibraciones o instalaciones pesadas en cubierta). En la tabla 8 se incluyen un resumen de resultados comparativos:

Figura 4: Coste de los perfiles del estudio



Si se compara el perfil CF con el perfil OF en 1000 m² de edificación industrial con los parámetros de diseño establecidos, el ahorro es de 14.220 € en coste de acero solo por elegir el perfil más eficiente en peso. Si se analiza el perfil CF con respecto al perfil ZF, el ahorro es de 1.160 € cada 1000 m² (aunque ZF ofrece un aprovechamiento estructural ligeramente superior); y por último el perfil conformado seleccionado de la serie CF con respecto al de la serie UF, supone un ahorro económico de 5.870 € cada 1000 m².

5. Discusión de resultados

Los hallazgos de este estudio corroboran la eficiencia de los perfiles CFS señalada por la literatura (Davies, 2009), pero introducen un matiz económico crítico basado en precios de mercado actuales de 2025. Una limitación del modelo empleado es que se centra en una

geometría de nave regular; en contextos de sismicidad elevada o cargas dinámicas, la jerarquía de selección podría variar. No obstante, para naves industriales estándar, la aplicabilidad de estos resultados es directa y permite una comparación más realista que los enfoques puramente teóricos basados únicamente en el peso

6. Conclusiones

Como conclusiones a este estudio, se desprende que el perfil óptimo para una edificación de tipo industrial con los parámetros fijados por eficiencia (rigidez por masa) es CF-180×2.0, pues ofrece la mayor I_y por unidad de masa ($\approx 103 \text{ cm}^4$ por kg/m^2), es el más ligero por m^2 y su aprovechamiento es del 98%, esto lo hace la opción más eficiente cuando la restricción es reducir masa en cubierta sin sacrificar la capacidad resistente/flector. El segundo perfil por compromiso peso/rigidez es el de la serie ZF-160×2.5, tiene buen aprovechamiento ($\approx 99.1\%$) y buen I_y por kg, es ligeramente menos eficiente que CF pero aporta mayor I_z relativa que CF (puede ser interesante si hay solicitaciones en Z). El perfil conformado en frío de la serie UF, ofrece más área/masa (por tanto más peso) y su eficiencia (I_y por kg) es intermedia, por otra parte este perfil es recomendable cuando se desea mayor inercia local (por ejemplo, por detalles geométricos), pero no es la mejor opción si se pesa la economía por kg de acero. Por último el perfil seleccionado de la serie OF (perfil más pesado), aporta gran I_z (muy alto), por tanto excelente si la demanda de resistencia/soldado o solicitaciones transversales en el eje Z es crítica; sin embargo su coste y peso superficial son los mayores, solo justificarlo si la geometría/condiciones de carga requieren claramente elevada inercia en Z o mayor sección resistente global.

Como, el criterio principal establecido, es minimizar peso (y por ende coste de acero) manteniendo cumplimiento normativo, la secuencia óptima en este caso es emplear el perfil conformado en frío de la serie CF, seguido del perfil ZF, para continuar en la elección con criterios económicos con el perfil de la serie UF, y por último los de la serie OF. Entre CF y ZF la decisión final puede basarse en el precio por kg local, facilidad de suministro, disponibilidad, compatibilidad con fijaciones y chapas, y detalle de rigidizadores/patillas que afectan resistencia local y comportamiento frente a pandeo.

Se confirma que el perfil CF-180x2.0 es la solución óptima por su equilibrio entre rigidez y masa, seguido por la serie ZF. La elección adecuada del perfil supone un impacto financiero mayor que la simple optimización del material.

6.1 Recomendaciones

A la luz de los resultados obtenidos, se recomienda a los proyectistas y directores de obra priorizar el uso de perfiles de la serie CF en naves industriales con luces de cubierta estándar (entre 5 y 7 metros). Esta recomendación se fundamenta en que el perfil CF-180x2.0 no solo ofrece el mejor ratio de aprovechamiento estructural, sino que permite una reducción de peso propio que impacta positivamente en el dimensionado de las cerchas principales.

Asimismo, en proyectos donde existan requisitos estrictos de flecha o vibraciones debidas a equipos mecánicos en cubierta, se recomienda la transición a la serie ZF (Zeta), aprovechando su mayor inercia relativa. Por el contrario, se desaconseja el uso de perfiles de la serie OF (Omega) para aplicaciones estructurales de correas salvo en casos de cargas mínimas, dado que su baja eficiencia técnica penaliza significativamente el presupuesto global de la estructura, incrementando el coste de material innecesariamente hasta en un 30% respecto a la solución óptima.

6.2 Trabajos futuros

Esta investigación abre diversas líneas de estudio que permitirán complementar la optimización técnico-económica iniciada:

- **Análisis del montaje y uniones:** Se propone investigar el impacto económico de los tiempos de ejecución y el coste de la tornillería y sistemas de solape (viga continua vs. viga simplemente apoyada), especialmente en perfiles ZF donde el solape puede mejorar la eficiencia pero aumenta la complejidad del montaje.
- **Ciclo de Vida y Sostenibilidad (LCA):** Evaluar la huella de carbono de cada solución. Dado que el acero es un material con alta intensidad energética, la reducción de peso conseguida con los perfiles CF no solo es una ventaja económica, sino un factor clave para la sostenibilidad del proyecto.
- **Resistencia al fuego y corrosión:** Estudiar cómo los distintos recubrimientos (galvanizados vs. pinturas intumescentes) afectan a la competitividad de cada familia de perfiles, considerando que la mayor esbeltez de los perfiles optimizados puede presentar desafíos adicionales ante la pérdida de sección por fuego."

7. Referencias

- American Iron and Steel Institute. (2016). North American specification for the design of cold-formed steel structural members (AISI S100-2016). Washington, D.C.
- Baddoo, N. R. (2008). Cold-formed steel structures. *Journal of Constructional Steel Research*, 64(11), 1199–1206. <https://doi.org/10.1016/j.jcsr.2008.07.012>
- Becque, J. (2006). The interaction of local and overall buckling of cold-formed steel columns [Tesis de doctorado, University of Sydney].
- Constructalia. (2019). Construction with light steel profiles: Technical manual. ArcelorMittal. <https://constructalia.arcelormittal.com/>
- Cucu, V., et al. (2015). Structural efficiency of cold-formed steel purlins. *International Conference Knowledge-Based Organization*, 21(3), 809–814. <https://doi.org/10.1515/kbo-2015-0137>
- Davies, J. M. (2009). The conceptual design of buildings using cold-formed steel sections. *Thin-Walled Structures*, 47(6-7), 582–588. <https://doi.org/10.1016/j.tws.2008.10.012>
- Dirección General de Vivienda y Urbanismo Arquitectura y Calidad en la Edificación de la Región de Murcia. (2025). Portal de Vivienda y Urbanismo. Gobierno de la Región de Murcia. [https://www.google.com/search?q=https://www.carm.es/web/pagina%3FIDCONTENIDO%3D493%26IDTIPO%3D100%26RASTRO%3Dc193\\$m456](https://www.google.com/search?q=https://www.carm.es/web/pagina%3FIDCONTENIDO%3D493%26IDTIPO%3D100%26RASTRO%3Dc193$m456)
- European Committee for Standardization. (2003). Eurocode 1: Actions on structures - Part 1-3: General actions - Snow loads (EN 1991-1-3:2003).
- European Committee for Standardization. (2006). Eurocode 3: Design of steel structures - Part 1-3: General rules - Supplementary rules for cold-formed members and sheeting (EN 1993-1-3:2006).
- European Committee for Standardization. (2007). Cold formed welded structural hollow sections of non-alloy and fine grain steels - Part 1: Technical delivery conditions (EN 10219-1:2007).
- MEPS International. (2025, 3 de septiembre). Precios de acero en Europa, 2025. <https://mepsinternational.com/gb/en/landing-page/carbon-steel/europe>
- Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana. (2022). Código Técnico de la

Edificación (CTE). Documento Básico SE Seguridad Estructural. Documento Básico SE-AE Acciones en la edificación. Gobierno de España. <https://www.codigotecnico.org/>

Pekoz, T. (1986). Development of the AISI specification for the design of cold-formed steel structural members. En SSRC Proceedings.

Schafer, B. W. (2008). Review: The Direct Strength Method of cold-formed steel member design. Journal of Constructional Steel Research, 64(7-8), 766–778. <https://doi.org/10.1016/j.jcsr.2007.12.011>

UNE 36572:1980. (1980). Productos de acero. Perfiles abiertos conformados en frío. Perfil UF. Medidas. AENOR.

UNE 36573:1979. (1979). Productos de acero. Perfiles abiertos conformados en frío. Perfil CF. Medidas. AENOR.

UNE 36575:1979. (1979). Productos de acero. Perfiles abiertos conformados en frío. Perfil OF. Medidas. AENOR.

UNE 36576:1979. (1979). Productos de acero. Perfiles abiertos conformados en frío. Perfil ZF. Medidas. AENOR.

Wang, Y.-C., & Young, B. (2018). Testing and design of cold-formed steel built-up section beams. Engineering Structures, 160, 417–428. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2018.01.040>

Zandonini, R. (1996). Thin-walled structures: advances and developments. Thin-Walled Structures, 25(1-4), 1–46. [https://doi.org/10.1016/0263-8231\(96\)00003-4](https://doi.org/10.1016/0263-8231(96)00003-4)

Utilización de Inteligencia Artificial Generativa

Para la elaboración de este trabajo no ha sido utilizada la inteligencia artificial generativa.

**Comunicación alineada con los
Objetivos de Desarrollo Sostenible**

