

Análisis de los perfiles conformados en frío fabricados por METUNAS.

R. Goytisolo Espinosa*, R. Chou Rodríguez**

*Universidad de Cienfuegos

Facultad de Ingeniería Mecánica. Departamento de Mecánica.

Cienfuegos 59430, Cuba.

Teléfono 22962 E-mail ragoyti@fmec.ucf.edu.cu

** Empresa Goecuba.

(Recibido el 23 de septiembre de 1999, aceptado el 14 de enero del 2000).

Resumen

En el trabajo se hace un análisis de las propiedades del surtido de perfiles conformados en frío fabricados por METUNAS, en comparación con los tradicionales perfiles laminados en caliente. Se destacan en el trabajo las ventajas que para ciertas aplicaciones tienen los perfiles conformados en frío y las bondades que presenta el catálogo de los perfiles de METUNAS

Palabras claves: Perfiles de paredes delgadas, perfiles conformados en frío, perfiles laminados en caliente.

1. Introducción.

En la práctica moderna de la construcción de estructuras y máquinas se emplean, con más frecuencia, los elementos de paredes delgadas, los cuales garantizan alta rigidez y resistencia y tienen al mismo tiempo un peso relativamente pequeño. Las particularidades específicas del cálculo de resistencia de este tipo de construcciones dio origen a la aparición de un esquema de cálculo especial: las barras de paredes delgadas [2]. La particularidad fundamental de la barra de paredes delgadas es la relación característica de sus dimensiones geométricas. Una de las dimensiones de la sección transversal; el espesor, es mucho menor que la otra: la longitud del contorno y ambas a su vez son mucho menores que la longitud del eje de la barra. Tradicionalmente, en las construcciones mecánicas se han utilizado los perfiles laminados en caliente: Vigas I, Vigas U, angulares de alas iguales y desiguales y otros.

La Empresa METUNAS del Grupo Empresarial BK-CETI ha lanzado al mercado una nueva gama de perfiles conformados en frío compuesta por vigas canales U, vigas canales C, angulares de alas iguales y tubos redondos, cuadrados y rectangulares como se muestra en la Fig.1 [3], los cuales son comercializados por ACINOX.

En el presente trabajo se hace un análisis de las cualidades de estos perfiles en comparación con los

tradicionales perfiles laminados en caliente y se destacan las bondades del catálogo de los perfiles de METUNAS.

2. Desarrollo.

Cuando se analiza el catálogo de perfiles conformados en frío de METUNAS se aprecia en primer lugar que se trata de una gama de perfiles de relativamente pequeño espesor, muy ligeros en comparación con los tradicionales perfiles laminados en caliente. Esta cualidad los hace muy atractivos ya que resultan una solución muy funcional y económica para un gran número de aplicaciones estructurales donde las exigencias, desde el punto de vista de las cargas, son tales que no se requiere de la resistencia de los pesados perfiles laminados en caliente. Otro de los aspectos interesantes que se observa al analizar el catálogo de surtidos es que se le ofrecen al usuario una serie de datos de gran utilidad para el empleo de estos perfiles y que no son comunes en los catálogos de los perfiles laminados en caliente. Como se destacaba en la introducción, las barras de paredes delgadas constituyen un esquema de cálculo especial, que se adecua al empleo de estos perfiles y como tales se requiere de características geométricas adicionales.

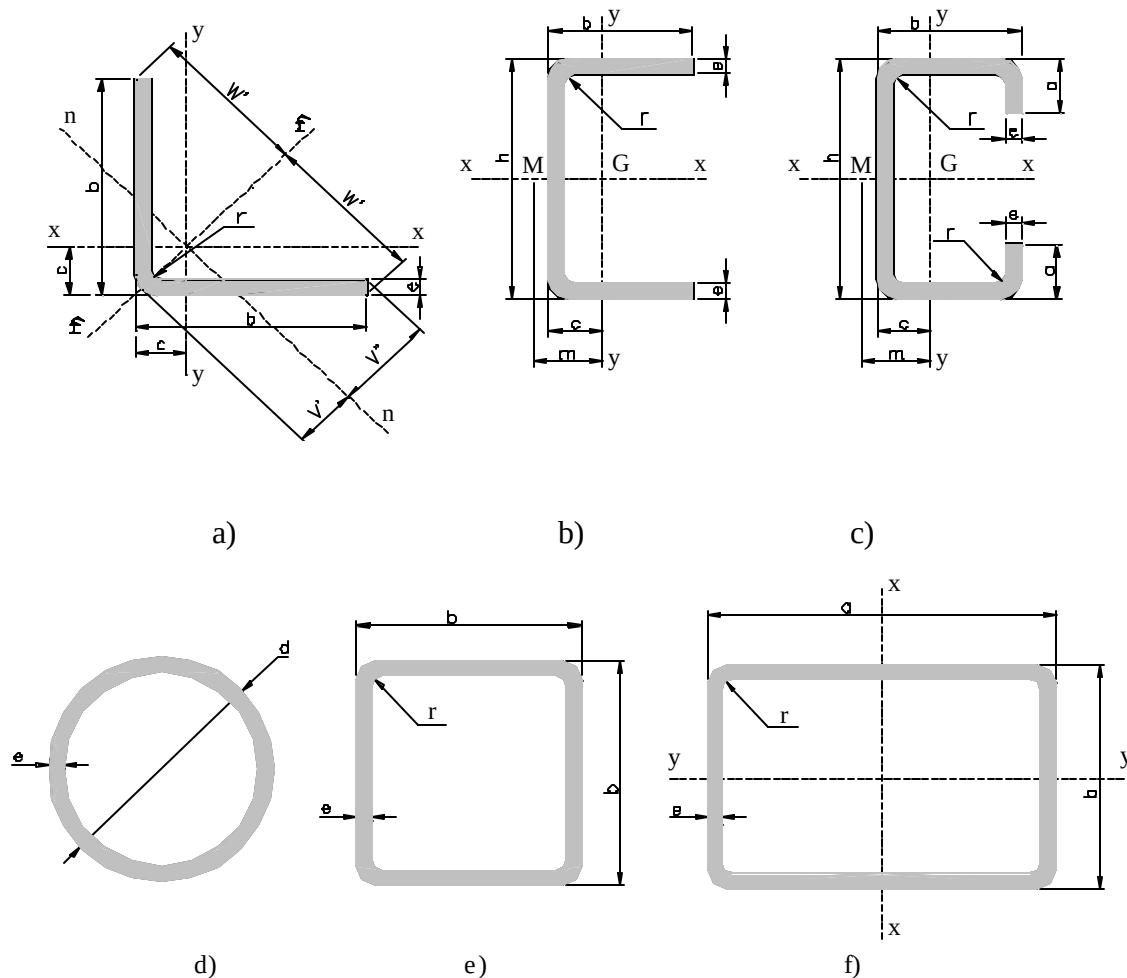


Figura.1.- Gama de perfiles conformados en frío de METUNAS

a) Angular de alas iguales b) Viga canal U c) Viga canal C
d) Tubo redondo e) Tubo cuadrado f) Tubo rectangular.

Así, en el catálogo se dan estos datos como son: Perímetro U (m^2/m) es la superficie libre exterior del perfil por metro de longitud, de interés para cálculos de recubrimientos, pinturas, etc. El factor de rigidez a la torsión I_T (cm^4), a partir del cual se puede calcular el módulo de resistencia a la torsión W_T (cm^3), (para los perfiles abiertos $W_T = I_T / e$, e - espesor en cm , de fundamental importancia en los cálculos de rigidez y resistencia a la torsión de estos perfiles y el momento sectorial principal de inercia $I_A = I_W$ (cm^6), imprescindible para cálculos de alabeo, torsión restringida o cálculos de tensiones y desplazamientos en casos complejos de sollicitación. Se destaca también en el catálogo el dato correspondiente a la posición del centro de flexión M , acotada por m (cm) con relación al centroide G , cuya posición está acotada como c (cm). El centro de flexión como se muestra en la Figura.2 es el lugar geométrico donde sería necesaria aplicar las

cargas transversales se flexión para que no se produzca el alabeo del perfil.

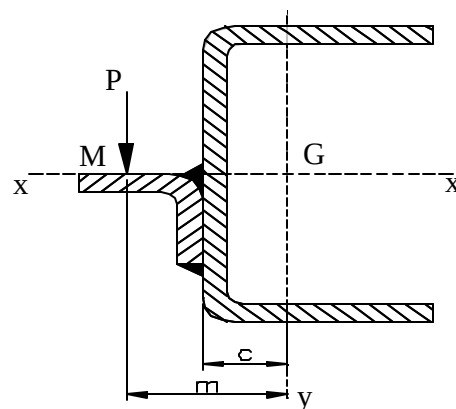


Figura. 2 Centro de Flexión.

El hecho de que el surtido de perfiles ofertados por METUNAS sean de espesor relativamente pequeño no implica que no posean elevadas cualidades de resistencia ya que otro aspecto interesante del surtido es que el mismo se oferta en dos grados de acero diferentes según la norma ASTM A570-85: el acero Grado 30 con tensión de fluencia $\sigma_f = 30$ ksi (207 MPa) y de rotura $\sigma_u = 49$ ksi (338 MPa) y el acero Grado 50 con tensión de fluencia $\sigma_f = 50$ ksi (348 MPa) y de rotura $\sigma_u = 65$ ksi (455 MPa) [1], mientras que los tradicionales perfiles laminados en caliente se ofertan de acero Grado C_{T-3} según la norma GOST 380-60 con $\sigma_f = (215 \text{ a } 235)$

MPa y $\sigma_u = (372 \text{ a } 450)$ MPa [4].

En las tablas 1 y 2 se muestran los datos y la comparación de la masa por unidad de longitud, el momento flector límite y la tensión crítica de Euler entre una viga canal U, la laminada en caliente, de acero Grado C_{T-3} de dimensiones 80 x 40 x 7,4 y una conformada en frío, de acero Grado 50 de dimensiones 80 x 40 x 5,0 que está dentro de las más pequeñas del surtido de METUNAS y las canales U de 300 x 100 x 11 laminadas en caliente y de 300 x 100 x 7,0 conformada en frío, la más grande del surtido de METUNAS.

Tabla 1. Datos de los perfiles para su comparación

Perfil	M (kg/m)	Wx (cm ³)	σ_f (MPa)	I_{min} (cm)
Canal U 80 x 40 x 7,4 L.C.- Grado C_{T-3}	7,05	22,4	215	1,19
Canal U 80 x 40 x 5,0 C.F.- Grado 50	5,52	15,9	348	1,22
Canal U 300 x 100 x 11 L.C.- Grado C_{T-3}	31,8	387	215	2,84
Canal U 300 x 100 x 7,0 C.F.- Grado 50	26,0	277	348	2,97

Tabla 2. Comparación entre las canales U conformadas en frío y las laminadas en caliente

Elemento de comparación	Perfiles comparados	
	U – C.F. 80 x 40 x 5,0	U – C.F. 300 x 100 x 7,0
	U – L.C. 80 x 40 x 7,4	U – L.C. 300 x 100 x 11,0
Masa por unidad de longitud. $M_{C.F.} / M_{L.C.}$	0,783	0,818
Momento flector límite $\frac{M_{f_{C.F.}}}{M_{f_{L.C.}}} = \frac{(\sigma_f \cdot W_x)_{C.F.}}{(\sigma_f \cdot W_x)_{L.C.}}$	1,149	1,159
Tensión crítica de EULER $\frac{\sigma_{crit_{C.F.}}}{\sigma_{crit_{L.C.}}} = \left(\frac{i_{min_{C.F.}}}{i_{min_{L.C.}}} \right)^2$	1,051	1,094

Como se aprecia de la Tabla 2 los perfiles canales U conformados en frío de METUNAS, si se solicitan de acero Grado 50 pueden resultar alrededor de un 15 %

más resistente a la flexión, entre un 5 y un 10 % superiores desde el punto de la estabilidad del equilibrio

a la compresión y conservar la cualidad de ser alrededor de un 20 % más ligeros.

En las Tablas 3 y 4 se muestran los mismos datos y la misma comparación entre los perfiles angulares de alas

iguales laminados en caliente y conformados en frío de dimensiones 40x3 y 100x7.

Tabla 3. Datos de los perfiles para su comparación.

Perfil	M (kg/m)	$W_x = W_y$ [cm ³]	s f [MPa]	I_{min} [cm ⁴]
Angulares Alas iguales 40 x 3 L.C.- Grado C _{T-3}	1,85	1,22	215	0,79
Angulares Alas iguales 40 x 3 C.F.- Grado 50	1,77	1,23	348	0,765
Angulares Alas iguales 100 x 7 L.C.- Grado C _{T-3}	10,8	17,97	215	1,98
Angulares Alas iguales 100 x 7 C.F.- Grado 50	10,2	17,92	348	1,88

Tabla 4. Comparación entre los angulares de alas iguales conformados en frío y los laminados en caliente

Elemento de comparación	Perfiles comparados	
	L - C.F. 40 x 3	L - C.F. 100 x 7
	L - L.C. 40 x 3	L - L.C. 100 x 7
Masa por unidad de longitud $M_{C.F.} / M_{L.C.}$	0,957	0,944
Momento flector límite $\frac{M_{f_{C.F.}}}{M_{f_{L.C.}}} = \frac{(\sigma_f \cdot W_x)_{C.F.}}{(\sigma_f \cdot W_x)_{L.C.}}$	1,632	1,614
Tensión crítica de EULER $\frac{\sigma_{crit_{C.F.}}}{\sigma_{crit_{L.C.}}} = \left(\frac{i_{min_{C.F.}}}{i_{min_{L.C.}}} \right)^2$	0,938	0,902

Como se aprecia en la Tabla 4 en el caso de los angulares de alas de idénticas dimensiones los conformados en frío son alrededor del 5 % más ligeros y hechos de acero Grado 50 pueden ser del 60 % más resistentes, hechos de acero Grado 30, la resistencia a flexión sería alrededor del 5 % inferior, sin embargo los angulares de alas iguales conformados en frío son entre el 6 al 10 % menos estables a la compresión.

En el caso de las Canales C no existe en el caso de los perfiles tradicionales laminados en caliente un perfil con el cual se pueden comparar, sin embargo si se comparan con las canales U se pueden obtener algunas conclusiones. En la Tabla 5 se muestran algunos datos de las canales U y C de 80 mm de altura y 3 mm de espesor de pared.

Tabla 5. Comparación entre las canales U y C.

Tipo de perfil	h (cm)	b (cm)	e (cm)	M (kg/m)	I_x (cm ⁴)	W_x (cm ³)	i_{min} (cm)	I_t (cm ⁴)
Canal U	80	40	0,3	3,53	43,9	14,0	1,25	0,135
Canal C	80	15	0,3	4,0	49,0	12,3	1,46	0,153

Como se puede apreciar en la Tabla 5, en comparación con las canales U, las canales C tienen las siguientes cualidades: son mucho más estrechas que las canales U de la misma altura; son ligeramente más pesadas cuando poseen el mismo espesor, alrededor del 10 – 15% (M_c/M_u); son un poco más rígidas a flexión (I_{xc} / I_{xu}), alrededor del 10 – 15%, pero alrededor del 10 – 15 % menos resistentes (W_{xc} / W_{xu}) pero sin embargo son ideales para elementos de celosías ya que son muy buenos a la estabilidad del equilibrio (i_{minc} / i_{minu})², alrededor del 35 al 40% superiores y mucho más rígidos y resistentes a la torsión (IT_c / IT_u), alrededor del 10 – 15 %.

En lo referente a los perfiles cerrados: tubo redondo, tubo cuadrado y tubo rectangular, es ampliamente conocido que son mucho más resistentes y rígidos a la torsión que los similares perfiles abiertos, sin embargo, para estos perfiles, a diferencia de los perfiles abiertos,

no se brinda el catálogo de valores de IT (cm^4) y WT (cm^3). En la Tabla 6 se dan las fórmulas mediante las cuales el usuario pudiera calcular estas propiedades aproximadamente.

En la Tabla 7 se muestra a modo de comparación las propiedades geométricas de un conjunto de perfiles de similares dimensiones, ordenados de forma ascendente desde el punto de vista de la masa por unidad de longitud y donde se pueden apreciar claramente las ventajas de los perfiles cerrados con relación a los perfiles abiertos.

En la Tabla 8 se muestra el cociente de la propiedad específica de cada uno de los perfiles con relación al perfil canal U que se tomó como referencia.

Como se aprecia en la tabla, los perfiles cerrados son más rígidos a flexión y cientos de veces mucho más rígidos y resistentes a torsión sin embargo, sólo el perfil de tubo cuadrado es poco más del 50% más resistente a flexión.

Tabla 6. Fórmulas para el cálculo aproximado del factor de rigidez a la torsión (IT cm^4) y del módulo de resistencia a la torsión (WT cm^3) para los perfiles cerrados de METUNAS

Perfil	$IT - cm^4$	$WT - cm^3$
Tubo redondo	$\frac{p}{4} (d - e)^3 \cdot e$	$\frac{p}{2} (d - e)^2 \cdot e$
Tubo cuadrado	$(b - e)^3 \cdot e$	$2 \cdot (b - e)^2 \cdot e$
Tubo rectangular	$\frac{2[(h - e)(b - e)]^2 \cdot e}{(h - e) + (b - e)}$	$2 \cdot (h - e)(b - e) \cdot e$

Tabla 7. Comparación entre los perfiles abiertos y cerrados de similares dimensiones.

Perfil	Dimensiones	M [Kg / m]	I_x [cm^4]	W_x [cm^3]	i_{min} [cm]	IT [cm^4]	WT [cm^3]
Canal U	80 x 40 x 3	3,53	43,9	14,0	1,25	0,135	0,45
Canal C	80 x 15 x 3	4,00	49,0	12,3	1,46	0,153	0,51
Tubo rectangular	80 x 40 x 3	5,19	57,85	13,96	1,67	42,72	17,10
Tubo redondo	ϕ 80 x 3	5,697	53,87	13,47	2,725	107,60	27,94
Tubo cuadrado	80 x 3	7,01	86,69	21,65	3,11	136,96	35,58

Tabla 8. Parámetros relativos de diferentes perfiles conformados en frío de similares dimensiones con relación al perfil canal U

Perfil	M / M_u	I_x / I_{xu}	W_x / W_{xu}	i_{min} / i_{minu}	IT / IT_u	WT / WT_u
Canal U	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Canal C	1,13	1,12	0,88	1,168	1,133	1,133
Tubo rectangular	1,47	1,32	0,997	1,336	316,44	38,00
Tubo redondo	1,61	1,23	0,962	2,180	797,04	62,09
Tubo cuadrado	1,99	1,98	1,546	2,488	1014,52	79,07

Desde el punto de vista de la estabilidad del equilibrio también son muy superiores los perfiles cerrados a causa de su mayor simetría geométrica con relación a ambos ejes centroidales principales de inercia.

De la Tabla 8 se hace evidente que el perfil tubo cuadrado es el más completo desde todos los puntos de vista, aunque posee la mayor masa por unidad de longitud.

3. Conclusiones.

- Los perfiles conformados en frío de METUNAS constituyen una gama de perfiles de relativamente pequeño espesor lo que los hace mucho más ligeros que los tradicionales perfiles laminados en caliente de similares dimensiones.
- El hecho de que se suministran en dos grados de acero diferentes permite al usuario satisfacer simultáneamente requisitos de ligereza y resistencia.

- Un elemento importante del surtido es la inclusión de perfiles cerrados, insustituibles en un número grande de aplicaciones por su rigidez y resistencia.

4. Bibliografía.

1. ACINOX. La Habana, Cuba. Guía para la selección y conversión de aceros soviéticos a otras normas internacionales, 1997 (Catálogo Industrial).
2. Feodosiev V.I. Resistencia de Materiales. Moscú: Editorial MIR, 1985.—583 p.
3. METUNAS. Las Tunas, Cuba. Perfiles conformados en frío, 1998. (Catálogo Industrial).
4. Promsyrioimport. Moscú, URSS. Metallurgist's Handbook Part. 1., 1965. (Catálogo Industrial).

Analysis of cold manufactured profiles conformed by METUNAS.

Abstract

In this paper an analysis of properties for selection of cold conformed profiles manufactured by METUNAS in comparison with the traditional hot laminated profiles is carried out. The advantages of cold conformed profiles and the kindness of METUNAS'S profiles catalog for certain applications stand out.

Key words: Thin walls profiles, cold conformed profile, hot laminated profiles.