



2019 10 al 13 de septiembre - Cartagena de Indias, Colombia

RETOS EN LA FORMACIÓN
DE INGENIEROS EN LA
ERA DIGITAL



ÁBACOS PARA PREDIMENSIONAR CELOSÍAS TUBULARES EN ACERO. ETAPA 4 Y 5

Zulma Stella Pardo Vargas

**Pontificia Universidad Javeriana
Bogotá, Colombia**

Resumen

El presente artículo presenta el proceso investigativo realizado durante los últimos 30 meses, por parte de la autora, en el campo de predimensionamiento de estructuras en acero estructural tubular, donde a través del modelamiento estructural se han deducido ábacos en función de las cargas, las luces, las relaciones ancho espesor, que permiten obtener una buena aproximación para el diseño final de cerchas o celosías de luces variando entre 20m y 45m.

La utilidad de estos ábacos radica en la simplicidad de la primera aproximación al problema y que no requiere de conocimientos avanzados del usuario, para obtener soluciones muy cercanas a la realidad.

Los ábacos han sido empleados en la enseñanza de la asignatura arquitectura metálica con éxito, también se han sometido a la evaluación de expertos y profesionales de diseño estructural constituyendo una herramienta poderosa para el predimensionamiento de este tipo de estructuras.

Palabras clave: celosías; estructuras metálicas; diseño estructural; ábacos para estructuras de acero; pre dimensionamiento de estructuras de acero

Abstract

In this paper the author presents the results of the research about the creation of abacuses for pre dimension steel trusses. This study has been done for 30 months, where the author has designed some steel trusses and has find some ratios between ultimate loads, spans, width-to-thickness-ratios. These ratios permit to obtain a good approximation for pre dimension of steel trusses or steel framing with spans between 20m and 45m.

The abacuses are simple and permit that a beginner of architecture or civil engineering can obtain a good pre dimension of a steel truss. In the process of structural design, the abacuses permit an approximation near to the real dimension of the structure.

These abacuses have been used for teaching of the course Steel Architecture successfully. They have been evaluated for experts and structural engineers and are an important tool for to reduce the time of structural design.

Keywords: *trusses; steel structures; structural design; abacuses for steel structures; pre dimension of steel trusses*

1. Introducción

Se presenta la evolución de los ábacos diseñados por la autora que tienen aplicación en la enseñanza y en la vida práctica para el predimensionamiento de celosías tubulares. El desarrollo previo a lo presentado en este artículo puede consultarse en (Pardo, 2019). En este documento se presentan los resultados de la etapa 4 y la propuesta para la etapa 5 de la investigación.

2. Resumen de Etapa 1 a la 3 de la investigación

Durante la etapa 1, se analizaron 29 cubiertas y se realizaron 3 ábacos que se suministraron a los estudiantes para su uso. De este modo, se determinó cuáles eran más fáciles de usar por parte de ellos.

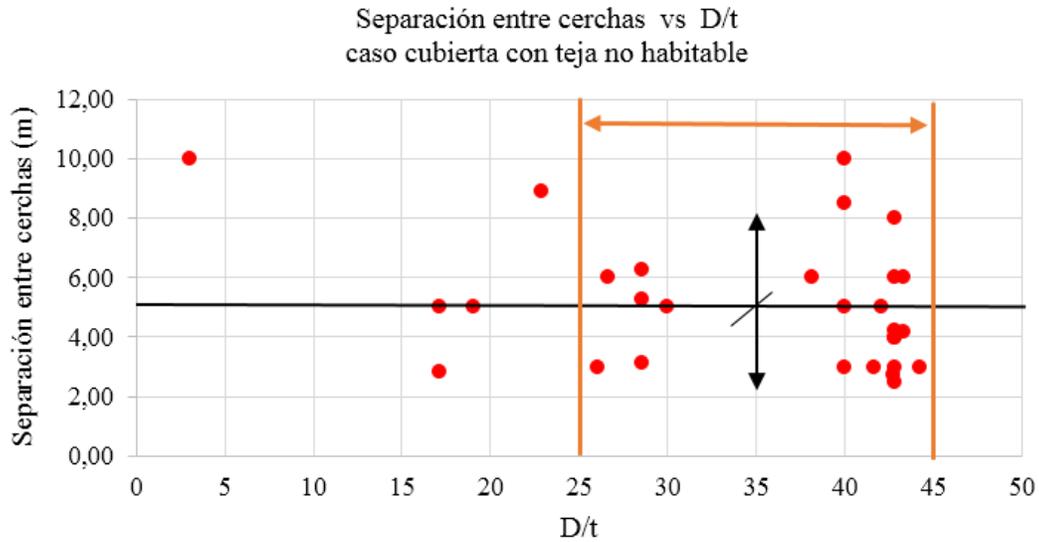
Durante la etapa 2, se analizaron 29 cubiertas adicionales ubicadas en diferentes regiones del país, donde se consideraban los efectos del granizo y no. En esa etapa se realizaron 5 gráficas que modificaban y complementaban las de la etapa 1. Nuevamente, se suministraron a los estudiantes, observando su uso y los resultados obtenidos por los alumnos.

Durante la etapa 3, los ábacos se sometieron a la evaluación de un experto en cubiertas livianas de estructuras metálicas, quien hizo sus sugerencias y se establecieron límites para uso de los ábacos propuestos.

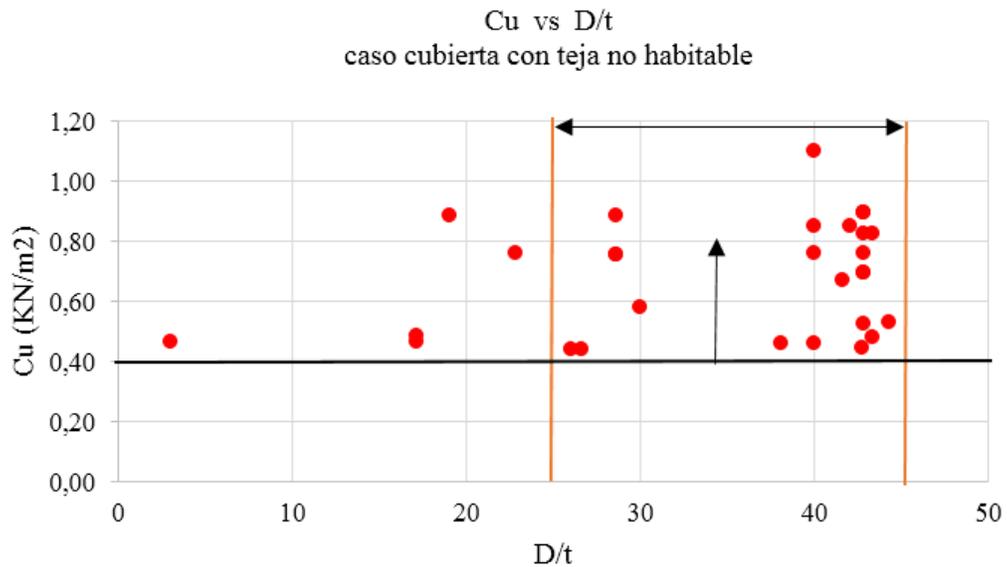
3. Etapa 4 de la investigación

Durante esta etapa los ábacos propuestos se resumen en los siguientes 3 gráficos.

En el gráfico 1, se presenta el límite inferior para cerchas de centro desde la línea horizontal hacia arriba y cerchas de borde se ubicarán por debajo de la línea horizontal a partir de 3.00m de separación.



En la gráfica 2, se plantea un límite inferior a partir de la línea horizontal para el esfuerzo último y dos límites inferior y superior para la relación D/t delimitado por las dos líneas verticales.



Con los datos actuales para cubiertas con teja y no habitables el valor del esfuerzo último oscila entre 0.41 KN/m² y 1.10 KN/m², para cerchas espaciadas entre 3m y 10m. (Gráfica 3). En este caso el tipo de teja constituye una variable muy importante a considerar en el diseño por ser lo que más dispersa la gráfica.

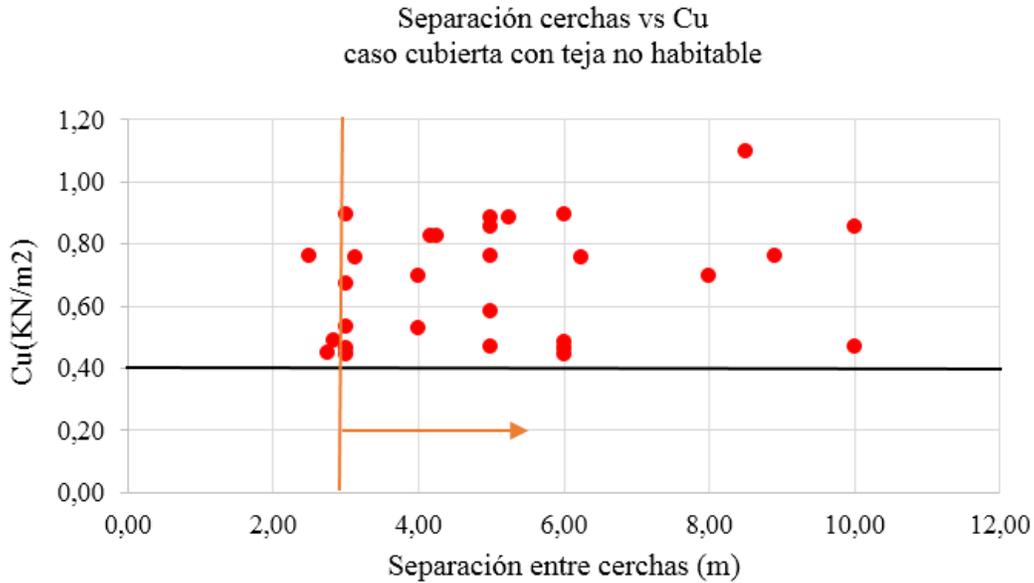


Gráfico 3. Esfuerzo último vs Separación entre cerchas

Estos gráficos, se suministraron nuevamente a los estudiantes, para su uso. Adicionalmente se realizaron 47 cerchas adicionales y se calibraron totalmente los ábacos a los que se presentan a continuación en los gráficos 4, 5, 6. En este artículo se coloca a disposición del mundo académico, el resultado de este trabajo.

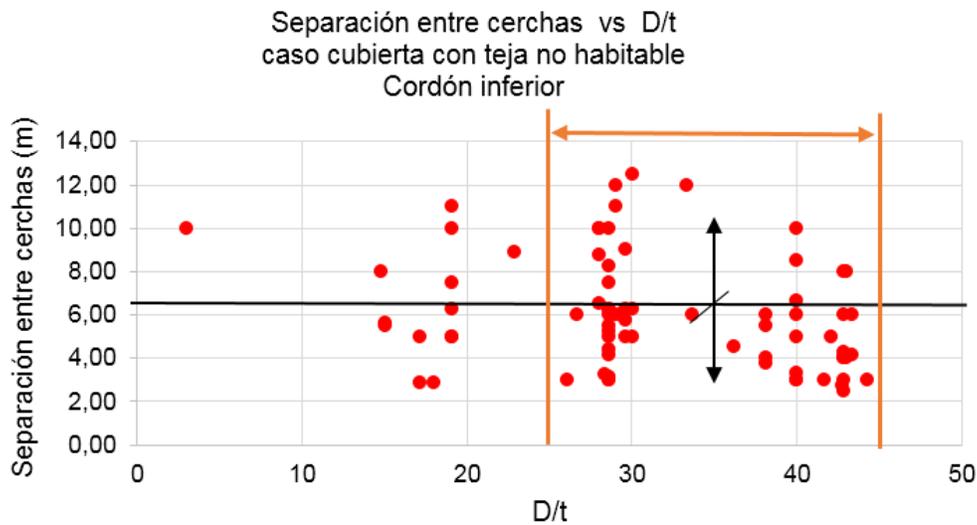


Gráfico 4. Esfuerzo último vs Separación entre cerchas. Versión final.

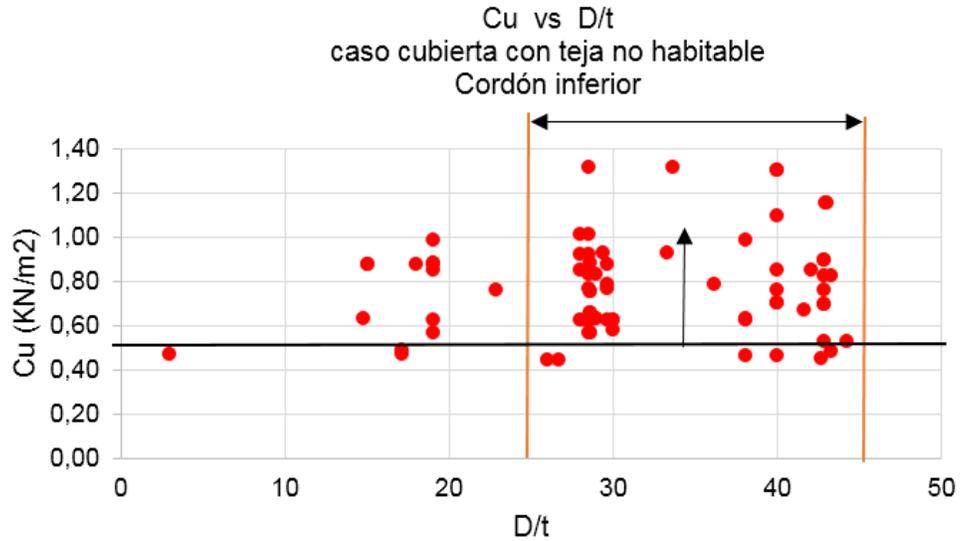


Gráfico 5. Esfuerzo último vs Diámetro exterior/Espesor. Versión final.

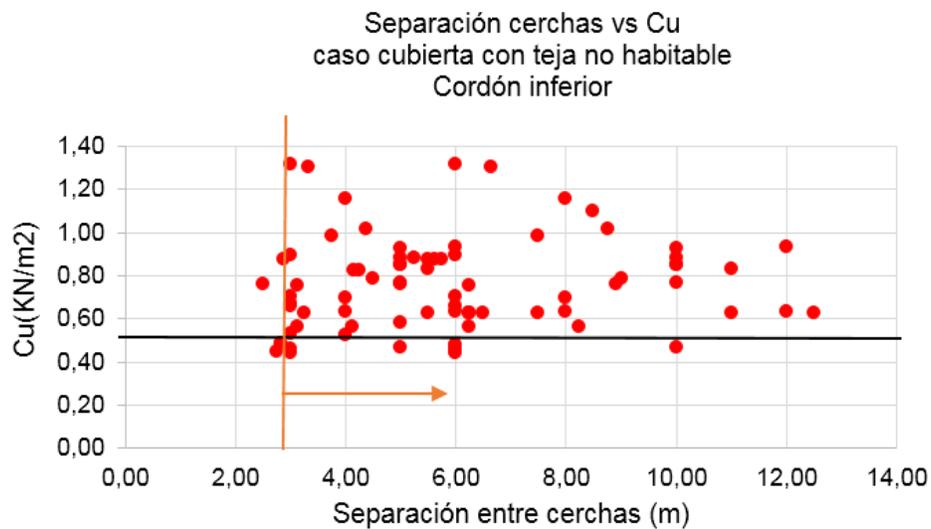


Gráfico 6. Esfuerzo último vs Separación entre cerchas. Versión final.

4. Etapa 5 de la investigación

Una vez calibrados los ábacos para el cordón inferior, la siguiente etapa consiste en calibrar los ábacos para el cordón superior, considerando arriostramientos verticales entre celosías cada $L/3$, para estimar la longitud de pandeo del cordón superior.

Para esta fase se proponen los siguientes ábacos que se han construido predimensionando 18 cerchas. El gráfico 7, presenta el ábaco propuesto relacionando el esfuerzo último con la relación de esbeltez del cordón superior.

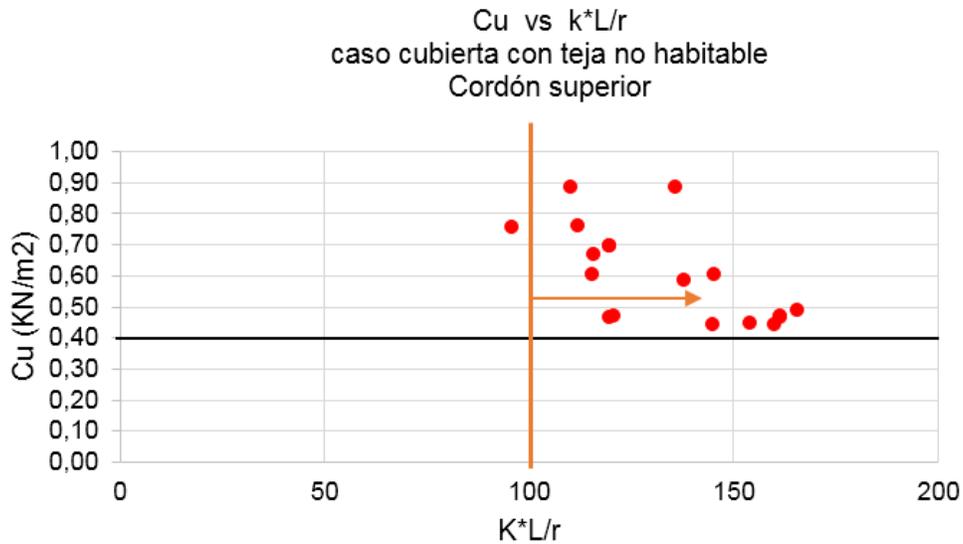


Gráfico 7. Esfuerzo último vs Relación de esbeltez del cordón superior.

El gráfico 8, presenta el ábaco propuesto relacionando la fuerza a compresión máxima del cordón superior y la relación de esbeltez del perfil tubular a compresión.

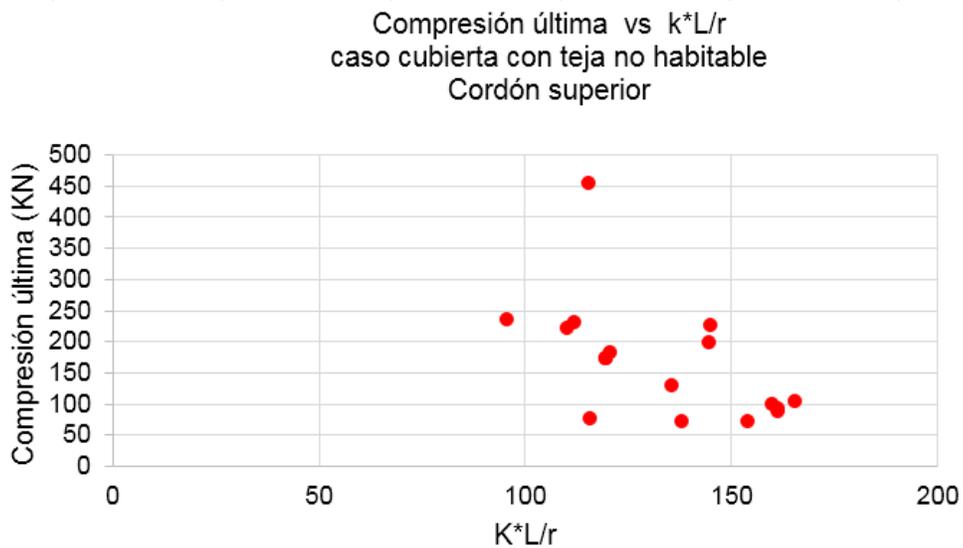


Gráfico 8. Esfuerzo último vs Separación entre cerchas. Versión final.

El gráfico 9, presenta el ábaco propuesto relacionando la separación entre las cerchas y la relación ancho espesor dada por el diámetro exterior dividido el espesor del tubo.

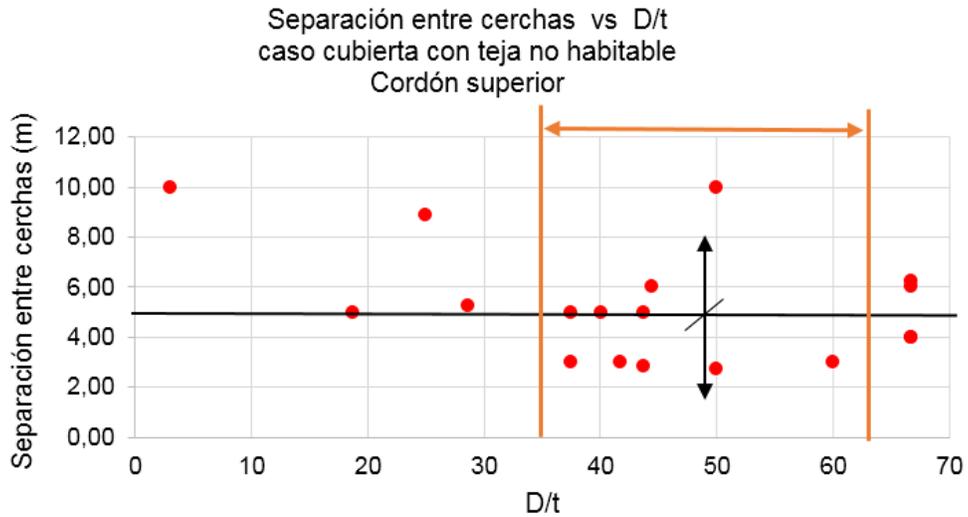


Gráfico 9. Esfuerzo último vs Separación entre cerchas. Versión final.

El gráfico 10, presenta el ábaco propuesto relacionando el esfuerzo último actuante en la cercha y la relación ancho espesor dada por el diámetro exterior dividido el espesor del tubo.

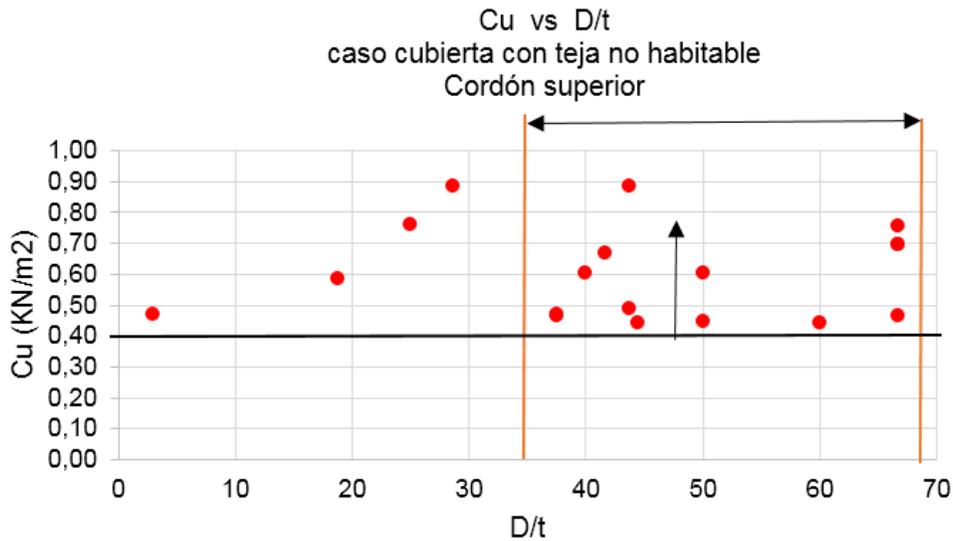


Gráfico 10. Esfuerzo último vs Separación entre cerchas. Versión final.

El gráfico 11, presenta el ábaco propuesto relacionando el esfuerzo último actuante en la cercha y la separación entre cerchas.

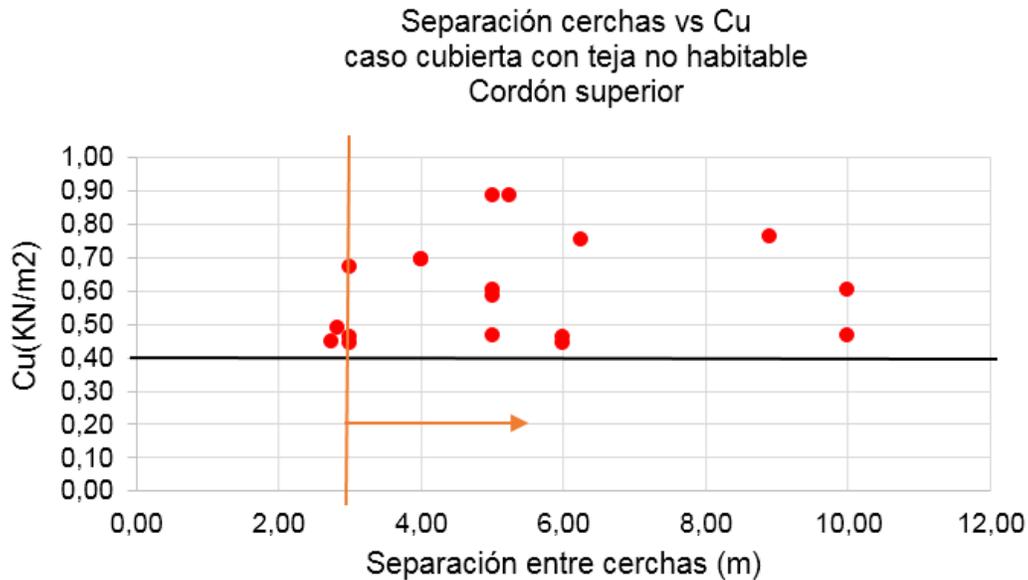


Gráfico 11. Esfuerzo último vs Separación entre cerchas. Versión final.

Con estos nuevos ábacos desarrollados para predimensionamiento del cordón superior de las celosías se realizarán pruebas para determinar cuál es más práctico y se espera presentar los resultados cuando se hayan calibrado.

5. Conclusiones

1. Se colocan a disposición del mundo académico los ábacos presentados en las gráficas 4, 5, 6, que sirve de material educativo para dimensionar cordones inferiores de celosías tubulares.
2. Los ábacos sirven para predimensionamiento de celosías metálicas tubulares en la vida práctica reduciendo el tiempo de diseño estructural del proyecto analizado.
3. Los ábacos permiten a una persona que inicia en el campo del diseño estructural predimensionar una celosía sin importar el sitio de Colombia en que se encuentre, el tipo de teja que use, ni la pendiente seleccionada para la estructura. Son ábacos generales.
4. Mientras se calibran los ábacos correspondientes al cordón superior de la celosía, se pueden emplear soluciones con los ábacos del cordón inferior o empleando las gráficas 7, 8, 9, 10 u 11, presentadas en este artículo.
5. Con estos ábacos, la aplicabilidad para perfiles tubulares de las formulaciones de flexión simple se garantiza, porque los ejercicios tienen en cuenta las limitaciones de las expresiones contenidas en el AISC 360-16.

6. Agradecimientos

A todos los alumnos de la asignatura arquitectura metálica de mis cursos, en la Pontificia Universidad Javeriana de Bogotá, desde el segundo semestre de 2017 hasta el primer semestre

de 2019, que han usado estos ábacos, manifestado sus impresiones al respecto que han permitido su mejorar las primeras propuestas para facilidad del predimensionamiento de las celosías.

A la ingeniera Jacqueline Contreras Castaño quién actuó como experta en este estudio, presentando sus sugerencias a los ábacos diseñados.

Los diseñadores estructurales que en el Congreso de sismica de 2019 de AIS, emitieron sus comentarios al respecto.

7. Referencias Bibliográficas

- AIS. (2019). Ábacos para predimensionar celosías tubulares de acero. IX Congreso de Ingeniería Sísmica. Univalle, Cali.
- AISC. (2016). Specifications for structural Steel buildings. AISC, Chicago,IL.
- Pardo, Z. (2017). Diseño de estructuras metálicas 1. Según AISC 360-16. Zulma S. Pardo V., Bogotá.

8. Acerca de la autora

- **Zulma Stella pardo Vargas.** Es ingeniera civil y magíster en estructuras de la U. Nacional de Colombia, Especialista en gerencia de obra, especialista y magistra en TIC aplicadas a la educación. Gerente de ZJ Ingenieros Estructurales Ltda. (zspardo@hotmail.com)

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.

Copyright © 2019 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)