

DISEÑO A FLEXIÓN Y CORTANTE CON VIGAS TIPO I EN MATLAB
(BEAM DESIGNER)

AMADOR SUAREZ SERGIO ANDRÉS.

ARIAS BALLEEN ESNEIDER ALONSO.

RODRÍGUEZ GALEANO EDISON ALEXANDER.

UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

DECIMO SEMESTRE

BOGOTÁ D.C

2025

TABLA DE CONTENIDO

1. RESUMEN.....	6
2. INTRODUCCIÓN.....	6
3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	11
3.1 OBJETIVO GENERAL.....	11
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	11
4. METODOLOGIA.....	12
4.1 DESARROLLO DISEÑO A FLEXIÓN EN PERFILES TIPO I (COMERCIAL).....	12
4.2 DESARROLLO DISEÑO A CORTANTE EN PERFILES TIPO I (COMERCIAL Y PRE-FABRICADO)	21
4.3 DESARROLLO DISEÑO A FLEXIÓN EN PERFILES TIPO I (PREFABRICADOS).....	23
5. DESARROLLO	31
5.1 COMPARATIVO DE PERFILE COMERCIALE BEAM DESIGNER/ AISC.....	31
DESARROLLO DE PERFILES PREFABRICADOS	38
5.2 DESARROLLO DE PERFILES COMERCIALES A CORTANTE.....	47
5.3 DESARROLLO DE PERFILES PREFABRICADO A CORTANTE.....	50
6. ANALISIS DE RESULTADOS.....	53
7. CONSLUSIONES	60
8. REFERENCIAS	61

INDICE DE TABLAS

TABLA 1.....	25
<i>CENTROIDE PARA PERFIL PREFABRICADO</i>	25
TABLA 2.....	26
<i>INERCIA PARA PERFIL PREFABRICADOS.....</i>	26
TABLA 3.....	27
<i>INERCIA SOBRE EL EJE Y PARA PERFILES PREFABRICADOS.....</i>	27
TABLA 4.....	32
<i>COMPACIDAD EN ALETA PARA PERFIL COMERCIAL.....</i>	32
TABLA 5.....	33
<i>COMPACIDAD EN ALMA PARA PERFIL COMERCIAL</i>	33
TABLA 6.....	34
<i>MOMENTO POR RESISTENCIA POR LONGITUD PARA PERFIL COMERCIAL.....</i>	34
TABLA 7.....	36
<i>MOMENTO POR COMPACIDAD Y POR RESISTENCIA POR LONGITUD.....</i>	36
TABLA 8.....	37
<i>MOMENTO NOMINAL</i>	37
TABLA 9.....	39
<i>COMPACIDAD EN ALETA Y ALMA PERFIL PREFABRICADO</i>	39
TABLA 10.....	40
<i>MOMENTO PLÁSTICO POR COMPACIDAD PARA PERFIL PREFABRICADO</i>	40
TABLA 11.....	41
<i>LP PERFI PREFABRICADO</i>	41
TABLA 12.....	44
<i>LR PERFILE PREFABRICADO</i>	44
TABLA 13.....	46
<i>MOMENTO NOMINAL POR RESISTENCIA POR LONGITUD PARA PERFIL PREFABRICADO.....</i>	46
TABLA 14.....	47
<i>METODOLOGÍA DE DISEÑO LRFD PARA PERFIL PREFABRICADO.....</i>	47
TABLA 15.....	48
<i>ÁREA ÚTIL DEL PERFIL COMERCIAL A CORTANTE</i>	48

TABLA 16.....	49
<i>CORTANTE NOMINAL PARA PERFILES COMERCIALES.....</i>	49
TABLA 17.....	49
<i>RELACIÓN DE ESFUERZOS PARA PERFILES COMERCIALES A CORTANTE.....</i>	49
TABLA 18.....	50
<i>DATOS DE ENTRADA PERFIL PREFABRICADO A CORTANTE.....</i>	50
TABLA 19.....	51
<i>ÁREA ÚTIL PARA PERFIL PREFABRICADO A CORTANTE.....</i>	51
TABLA 20.....	52
<i>CORTANTE NOMINAL PARA PERFIL PREFABRICADO.....</i>	52
TABLA 21.....	54
<i>RESULTADOS CON METODOLOGÍA LRFD A CORTANTE PARA PERFIL PREFABRICADO.....</i>	54
TABLA 22.....	54
<i>RESULTADOS DE BEAM DESIGNER EN COMPARACIÓN CON OTRAS FUENTES PARA PERFILES COMERCIALES A FLEXIÓN.....</i>	54
TABLA 23.....	57
<i>RESULTADOS DE BEAM DESIGNER EN COMPARACIÓN CON OTRAS FUENTES PARA PERFILES COMERCIALES A CORTANTE.....</i>	57
TABLA 24.....	58
<i>% DE DIFERENCIA PARA DISEÑO DE PERFIL PREFABRICADO A FLEXIÓN.....</i>	58
TABLA 25.....	59
<i>% DE DIFERENCIA PARA DISEÑO DE PERFIL PREFABRICADO A CORTANTE.....</i>	59

INDICE DE FIGURAS

FIGURA NO. 1. ALGORITMO DISEÑO A FLEXIÓN PERFILES COMERCIALES.....	12
FIGURA NO. 2. CLASIFICACIÓN DE VIGAS SEGÚN SU LUZ LIBRE.....	18
FIGURA NO. 3. ALGORITMO DISEÑO A CORTANTE PERFILES COMERCIALES Y PREFABRICADOS.....	21
FIGURA NO. 4. ALGORITMO DISEÑO A FLEXIÓN PERFILES PREFABRICADOS.....	23
FIGURA NO. 5. DIVISIÓN DEL PERFIL PARA HALLAR LAS ÁREAS.....	24

FIGURA NO. 6. COMPARACIÓN MOMENTO POR COMPACIDAD PARA PERFILES	
COMERCIALES BEAM DESIGNER CON RELACIÓN A OTROS ARTÍCULOS	55
FIGURA NO. 7. COMPARACIÓN MOMENTO POR RESISTENCIA POR LONGITUD PARA	
PERFILES COMERCIALES BEAM DESIGNER CON RELACIÓN A OTROS ARTÍCULOS.....	56
FIGURA NO. 8. COMPARACIÓN CORTANTE NOMINAL PARA PERFILES COMERCIALES	
BEAM DESIGNER CON RELACIÓN A OTROS ARTÍCULOS	57
FIGURA NO. 9. COMPARACIÓN PERFIL PREFABRICADO A CORTANTE.....	60

1. RESUMEN

En el presente documento se pretende ilustrar el desarrollo de una aplicación destinada al diseño de vigas a flexión y córtate de perfiles tipo I comerciales y prefabricados con doble simetría, a través del lenguaje de programación Matlab, esto de la mano con las normas AISC-360-22, para ello fue necesario la implementación de un algoritmo que ilustrara las posibles rutas del diseño según las diferentes variables que se contemplan como: propiedades geométricas, tipo de perfil, tipo de acero, luz libre, su metodología de diseño, entre otras. Posterior a ello, se compararon los resultados arrojados de la aplicación con ejercicios resueltos de diferentes artículos y se estimó su margen de error en la secuencia de pasos que conlleva el diseño.

Palabras clave: Aplicación, diseño, vigas a flexión, perfiles tipo

2. INTRODUCCIÓN

La ingeniería evoluciona de acuerdo con las necesidades y distintos contextos que se presentan durante el tiempo, en el ámbito estructural se debe tener como prioridad la seguridad y funcionalidad de los diferentes sistemas estructurales, para lograr estos objetivos es necesario tener en cuenta los materiales de construcción, su forma, entre otros. En el caso del material, el acero ha tenido un papel fundamental durante los últimos siglos, de igual forma su evolución ha sido notoria, más hoy en día con la construcción de estructuras metálicas, su versatilidad conlleva a fomentar cada vez más su uso en la construcción, esto se ve reflejado en su producción de 1.47 millones de toneladas en 2023, siendo esta la tercera cifra más alta desde 2018, (Agencia nacional de minería, 2024).

La estructura metálica hoy en día genera el tipo de construcción más segura, la cual si es diseñada a detalle genera seguridad y resistencia, ya que, esta tiende a durar más de 50 años con mantenimientos preventivos pertinentes, evitando así las reparaciones recurrentes, lo que por otra parte disminuye la cantidad de desechos generados con este tipo de construcciones, con esto disminuyendo así la huella de carbono generada en comparación con la estructura en hormigón tradicional en un 100% desde el momento de su fabricación a nivel de consumo energético y también desde su construcción con reducciones desde el 30% (SteelPRO PEB, 2025). De todas las funciones que tiene una estructura metálica, el diseño a flexión y cortante en vigas tipo I es principal para garantizar el soporte de cargas. Estas vigas resisten la flexión, lo que permite que una estructura sea segura y eficiente. El diseño a flexión es el proceso de dimensionar elementos estructurales, como vigas o losas, para resistir cargas

que tienden a doblarlos, combinando fuerzas de compresión en un lado y de tracción, evitando fallas como el pandeo y la fatiga. Por parte del diseño a cortante sirve para soportar resistencia, estabilidad y seguridad a la estructura.

El diseño estructural debe contemplar esfuerzos como lo son la flexión y el cortante. Para el caso puntual de las vigas tipo I con una única luz libre la flexión se refiere el estado límite en la deformación del perfil bajo la acción de una carga de tensión, bajo esta capacidad se encuentran clasificados en sección compacta en la cual sus aletas y alma se encuentran dentro del primer límite de compacidad sin superar este, permitiendo que el perfil alcance la resistencia máxima de fluencia antes del pandeo, por otra parte existe la sección no compacta, está excede el primer límite de compacidad pero no excede el límite de esbeltez, en este caso si se produce pandeo antes de alcanzar la fluencia máxima del perfil, por ultimo existe la sección esbelta la cual esta si excede los límites de esbeltez e igual que la sección no compacta presenta el comportamiento de pandeo antes de alcanzar la fluencia máxima, y el cortante a las fuerzas verticales internas que tienden a deslizar secciones adyacentes la cual se da principalmente en el alma en la cual se debe verificar la esbeltez de esta ya que, de llegar a ser esbelta se debe considerar rigidizadores transversales para aumentar la estabilidad de este y así poder reducir en pandeo y con este evitar el corte de la sección el cual se puede estimar con el esfuerzo cortante vertical dividido por el área del alma. Ambos son estados límite críticos. En la práctica, esto significa verificar que las secciones resistan los momentos aplicados y las fuerzas cortantes asociadas, evitando pandeos laterales o fallos por cortadura en los elementos metálicos.

La especificación AISC 360-22 (2022) es la norma vigente más actualizada para edificaciones de acero en Colombia. Como destaca un manual técnico, *“los manuales de construcción en acero del AISC han sido... las herramientas disponibles más completas para el diseño, fabricación y montaje de estructuras de acero para edificios, las cuales están en permanente actualización”* (AHMSA, 2013). Asimismo, se señala que *“la mayor parte de los programas de computadora especializados para el diseño de estructuras de acero... se basan en las Especificaciones del AISC”* (AHMSA, 2013). Estos reconocimientos indican que AISC 360-22, al ser revisada periódicamente por ANSI y emplear métodos LRFD/ASD modernos, es una referencia detallada, actual y ampliamente adoptada en la práctica profesional.

Cabe recalcar que bajo el contexto colombiano a la hora de diseñar estructuras se debe tener en cuenta la NSR-10 ya que esta presenta un marco normativo propio del territorio en el que se hace énfasis en el diseño sísmo resistente teniendo en cuenta factores como lo son las derivas generadas por las distintas cargas de viento para cada caso puntual en lo extenso del territorio lo que es primordial considerar a la hora del diseño, asimismo se debe considerar el tipo de suelo que de igual manera que la variable del viento cambia dependiendo de la región en la que se está diseñando y se vuelve una variable fundamental a la hora del diseño estructural bajo la normativa colombiana que se enfoca en la protección sísmica.

Ante esta difícil asequibilidad, el presente proyecto propone el desarrollo de una aplicación en MATLAB para el diseño de vigas tipo I a flexión y cortante, dirigida a los estudiantes de la Universidad Piloto de Colombia, siguiendo los pasos de la norma AISC 360-22. Con esta aplicación buscamos optimizar el tiempo, la eficiencia y la precisión de los cálculos. Además, queremos brindar una herramienta de aprendizaje que puede ser de gran enseñanza para los estudiantes de Ingeniería Civil. Por otro lado, será un valor agregado para la universidad, ya que el diseño de estructuras metálicas suele apoyarse en software profesional de alto costo. Por ejemplo, CYPECAD tiene un precio entre \$2.253.305 y \$74.262.500 COP (CYPE, 2024) según versión. SAP2000 se vende por aproximadamente 11.457.527 a 68.729.456 (Computers and Structures, Inc, 2025) según versión, mientras que su módulo ETABS ronda los 23.068.187.

Estos precios sirven de ejemplo para ilustrar el rango de inversiones necesarias en software profesional de acero estructural. Pocas herramientas de diseño de acero son completamente gratuitas. Algunas ofrecen versiones de prueba: por ejemplo, ideCAD Structural permite descarga gratuita de su software integrado de diseño de acero. Sin embargo, no se identificó hasta ahora ninguna aplicación desarrollada en Colombia específica y totalmente gratuita para el cálculo a flexión y cortante en acero. Esto sugiere que, en la práctica local, los ingenieros suelen recurrir a software comercial para este

propósito. Con respecto a lo anteriormente mencionado y para entrar en materia sobre el alcance de la aplicación esta permitirá calcular la capacidad de una viga y/o vigueta, ya sea prefabricada o comercial, y determinar su resistencia última, indicando si cumple o no con los requisitos normativos. Adicionalmente, incorporará un módulo para clasificar la viga como corta, mediana o larga. Para complementar, se elaborará un manual que permitirá a cada persona con acceso a la aplicación conocer su funcionamiento y uso correcto.

3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Objetivo general

Desarrollar una aplicación para los estudiantes de la universidad Piloto de Colombia capaz de diseñar a flexión y cortantes perfiles tipo I teniendo en cuenta las propiedades del manual AISC.

3.2 Objetivos específicos

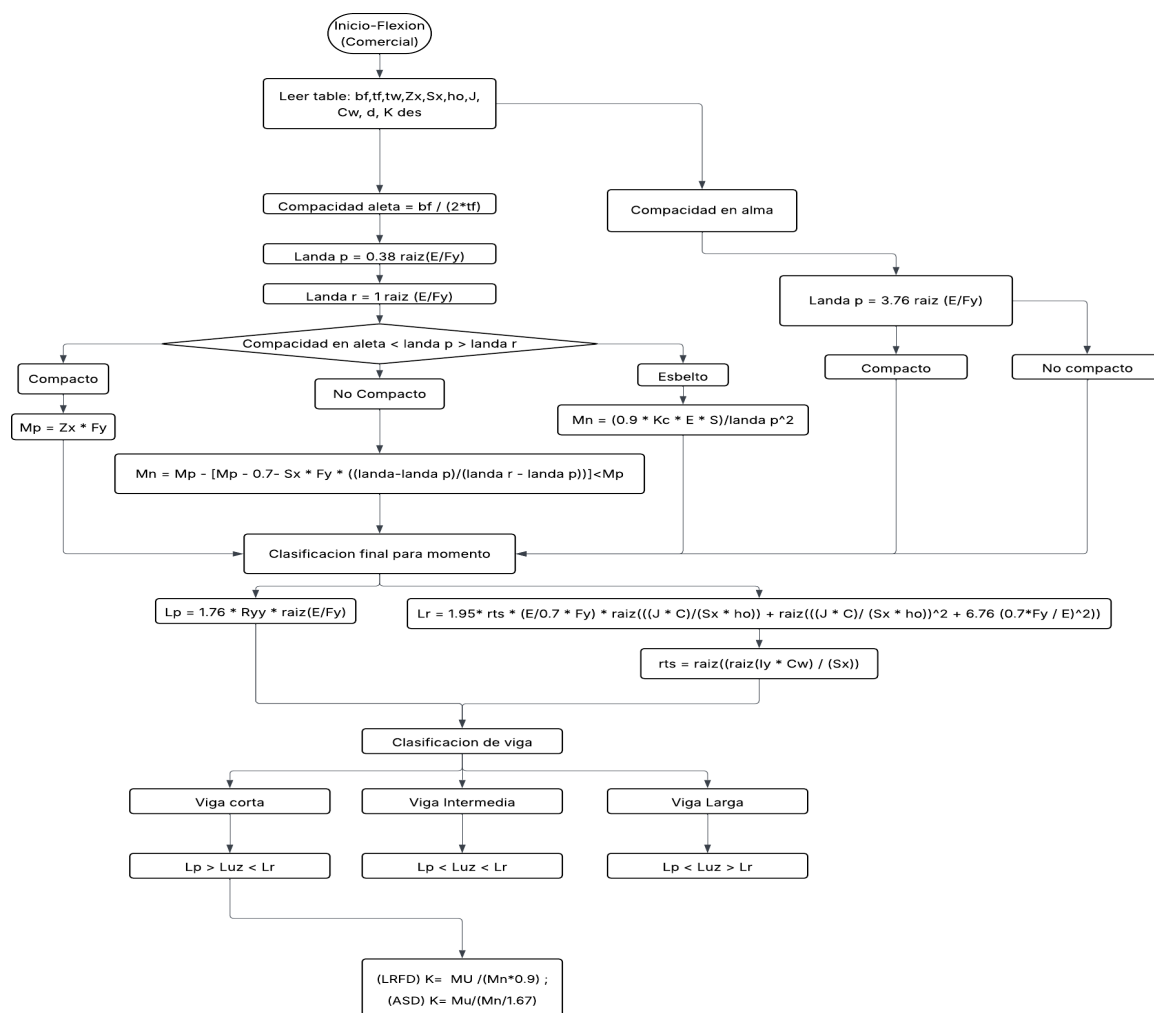
- Comprender y desarrollar el algoritmo de diseño a flexión y cortante en vigas según los parámetros del AISC-360-22.
- Desarrollar una aplicación que emplee el algoritmo dentro de la herramienta “App Designer” de la plataforma Matlab.
- Validar todos los resultados de diseño del programa con diversos ejercicios de prueba

4. METODOLOGIA

4.1 DESARROLLO DISEÑO A FLEXIÓN EN PERFILES TIPO I (COMERCIAL)

Figura No. 1.

Algoritmo diseño a flexión perfiles comerciales



Para realizar un diseño a flexión en perfiles tipo I, primero se realiza la identificación del perfil específico que se va a diseñar. Posteriormente, se debe conocer el tipo de acero con el que se trabajará. Finalmente, antes de iniciar el diseño, se requiere definir las dimensiones de la viga, tales como la luz, las cargas actuantes y el tipo de apoyos.

El diseño comienza con el cálculo del momento resistente por compacidad, el cual se determina a partir de la verificación tanto del alma como de las alas del perfil.

El cálculo por alma se hace mediante la siguiente manera:

$$\text{Alma} = \frac{h}{tw}$$

(Ecuación No. 1)

$$h = d - 2(K_{des})$$

(Ecuación No. 2)

Para determinar si una sección es compacta o no, se debe realizar la verificación mediante el cálculo del límite. La sección será considerada compacta siempre y cuando el valor obtenido para el alma sea menor que el valor límite; de lo contrario, se clasifica como no compacta.

La fórmula del límite es la siguiente

$$\text{Límite } \lambda_p = 3.76 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

(Ecuación No. 3)

El cálculo por aleta se hace mediante la siguiente ecuación:

$$Aleta = \frac{bf}{2tf}$$

(Ecuación No. 4)

Para determinar si una sección es compacta o no, es necesario verificarlo mediante el cálculo del límite correspondiente. La sección será considerada compacta cuando el valor obtenido para el alma sea menor que el límite λ_p ; será no compacta cuando se encuentre entre λ_p y λ_r ; y se clasificará como esbelta si supera el valor de λ_r .

$$\text{Limite } \lambda_p = 0.38 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

(Ecuación No. 5)

$$\text{Limite } \lambda_r = 1 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

(Ecuación No. 6)

Posterior a la obtención de resultados de compacidad se calcula el momento, ya sea plástico o nominal. La ecuación 5 aplica para secciones compactas, la ecuación 6 para no compactas y la ecuación 7 para perfiles esbeltos.

$$M_p = Z_{xx} * F_y$$

(Ecuación No. 7)

$$M_n = M_p - [M_p - 0.7 S_x x F_y (\lambda_r - \lambda_p \lambda - \lambda_p)] < M_p$$

(Ecuación No. 8)

$$M_n = \frac{0.9 * K_c * E + S}{\lambda}$$

(Ecuación No. 9)

$$K_c = \frac{4}{\sqrt{\frac{h}{t_w}}}$$

$$0.35 < K_c < 0.76$$

(Ecuación No. 10)

Seguidamente se pasa a la verificación del momento resistente por longitud, donde se determinará el tipo de viga a utilizar, ya sea viga corta, intermedia o larga.

Lo primero que se debe tener en cuenta es la luz de la viga a calcular. Posteriormente, se procede con la determinación de la longitud plástica, la cual se obtiene mediante la siguiente fórmula.

$$l_p = 1.76 * r_y \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

(Ecuación No. 11)

Para ejecutar la fórmula de la longitud plástica (L_p), primero se debe calcular el valor de R_{yy} , el cual se obtiene mediante la siguiente expresión.

$$r_y = \sqrt{\frac{I_{yy}}{A}}$$

(Ecuación No. 12)

Inicialmente se determina la longitud plástica L_p , la cual define el rango en el que la viga puede desarrollarse. Posterior a esto, se calcula la longitud límite L_r , que establece la transición hacia el comportamiento elástico. Con estos valores se compara la longitud lo que permite clasificarla como corta, intermedia o larga.

Su momento plástico completo. La fórmula de longitud de límite es la siguiente:

$$L_r = 1.95 * r_{ts} * \frac{E}{0.7 * F_y} * \sqrt{\frac{J * C}{S_{xx} * h_o}} + \sqrt{\left(\frac{J * C}{S_{xx} * h_o}\right)^2 + 6.76 \left(\frac{0.7 * F_y}{E}\right)^2}$$

(Ecuación No. 13)

Para realizar este cálculo, primero es necesario determinar otros valores como r_{ts} , C_w , h_o y J . En el caso de r_{ts} , se utiliza la siguiente fórmula:

$$r_{ts} = \sqrt{\frac{I_{yy} * C_w}{S_{xx}}}$$

(Ecuación No. 14)

La fórmula de C_w es la siguiente. En algunos casos, este valor esta dado en la información del perfil, pero en otros no; por este motivo, es recomendable realizar el cálculo directamente utilizando la fórmula.

$$C_w = \frac{t_f * b_f^3}{12} * \frac{h_o^2}{2}$$

(Ecuación No. 15)

La fórmula de h_o debe calcularse primero para poder determinar C_w en donde también en la información de los perfiles puede llegar a encontrarse.

$$h_o = d - t_f$$

(Ecuación No. 16)

Finalmente, la fórmula para calcular L_r será con la que se terminaría el proceso de cálculo, la cual corresponde a la ecuación de J . En algunos perfiles este valor ya viene dado, pero es recomendable realizar el cálculo mediante la siguiente fórmula:

$$J = \left(\frac{b f_s * t_f s^3}{3} \right) + \left(\frac{b f_i * t_f i^3}{3} \right) + \left(\frac{h * t_w^3}{3} \right)$$

(Ecuación No. 17)

Ya habiendo recopilado todas las fórmulas necesarias, se pueden realizar los cálculos para determinar si la viga en estudio es corta, larga o intermedia. Esto se establece de la siguiente manera:

$$L_p < L_{UZ} < L_r \text{ Viga larga}$$

(Ecuación No. 18)

$L_p < L_{UZ} < L_r$ Viga intermedia

(Ecuación No. 19)

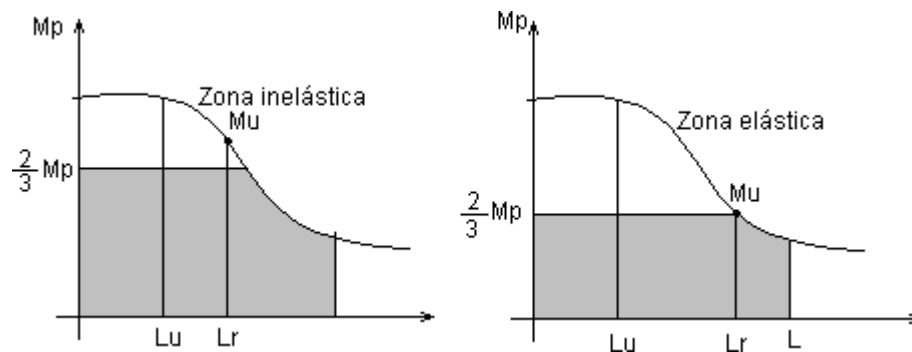
$L_p > L_{UZ} < L_r$ Viga corta

(Ecuación No. 20)

Una vez identificado el tipo de viga, se continúan los cálculos correspondientes, dependiendo de los límites L_u y L_r , como lo indica la Figura 2

Figura No. 2.

Clasificación de vigas según su luz libre



Forcada Quezada, I. (s. f.). Miembros a flexión [Imagen]. En ConstruyeAprende. Recuperado de <https://www.construyeaprende.com/docs/apuntes/317-apuntes-estructuras-metalicas?start=11>

Si es viga corta la fórmula es la siguiente:

$$M_p = F_y \cdot Z_x$$

(Ecuación No. 21)

Si es viga intermedia la fórmula es la siguiente:

$$M_n = M_p - ((m_p * 0.7 * F_y * S_{xx}) * (\frac{l_{uz} - l_p}{l_r - l_p}))$$

(Ecuación No. 22)

Si es viga larga la fórmula es la siguiente:

$$M_n = F_{cr} * S_{xx} < M_p$$

(Ecuación No. 23)

De igual manera, para la viga larga debemos conocer la siguiente fórmula.

$$F_{cr} = \frac{C_b * \pi^2 * E}{(\frac{L_{uz}}{r_{ts}})^2} \sqrt{1 + 0.078 \left(\frac{J * C}{S_{xx} * h_o} \right) + \left(\frac{L_{uz}}{r_{ts}} \right)^2}$$

(Ecuación No. 24)

Cabe mencionar que, para calcular la fórmula de F_{cr} , es necesario tener en cuenta la fórmula de C_b .

$$C_b = \frac{12.5 M_{max}}{2.5 M_{max} * 3 M_a * 4 M_b * 3 M_c}$$

(Ecuación No. 25)

Finalmente, ejecutamos la fórmula relación de esfuerzos en donde la podemos hacer por LRFD y por ADS:

$$(\text{LRFD}) K = \frac{M_u}{M_n * 0,9} ; (\text{ASD}) K = \frac{M_u}{\frac{M_n}{1,67}}$$

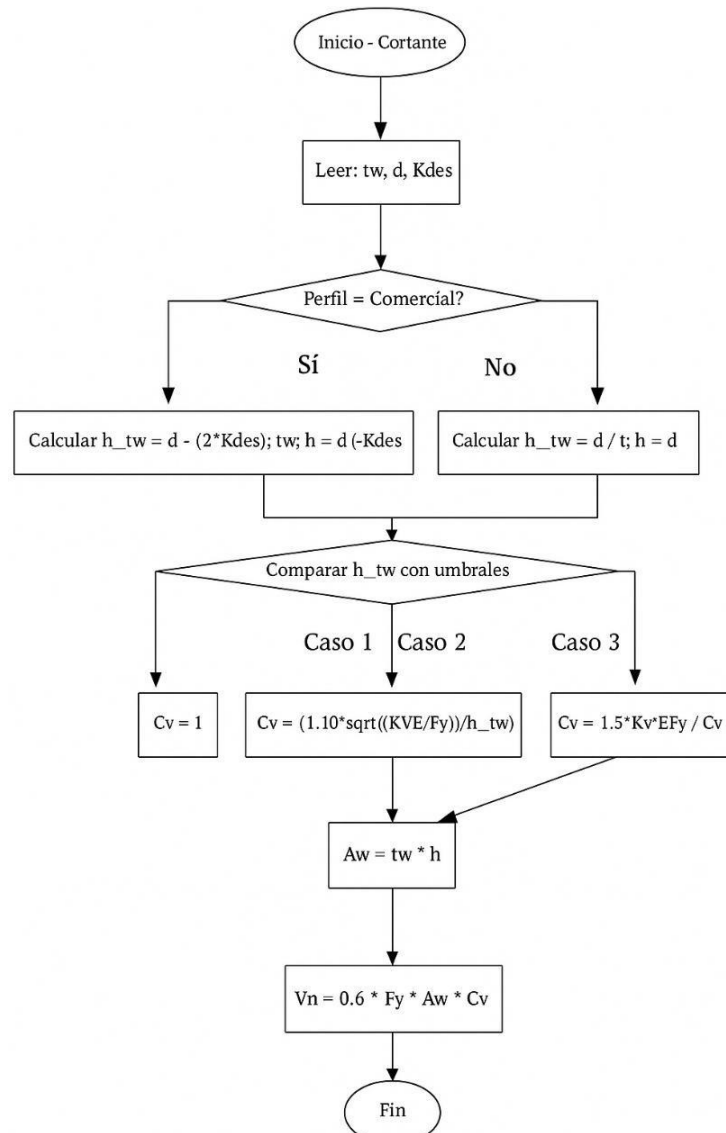
(Ecuación No. 26)

Es importante destacar que, si el resultado de la fórmula de la relación de esfuerzos es mayor que 1, la viga no cumple ya que se presentará fractura debido a que esta estará trabajando por encima de su capacidad, mientras que, si es menor que 1, la viga sí cumple con la resistencia requerida para soportar la carga actuante.

4.2 DESARROLLO DISEÑO A CORTANTE EN PERFILES TIPO I (COMERCIAL Y PRE-FABRICADO)

Figura No. 3.

Algoritmo diseño a cortante perfiles comerciales y prefabricados



Para comenzar con el diseño a cortante en perfiles tipo I se tiene como primer paso determinar el cortante máximo presentado en la viga a través del análisis estructural.

Según el tipo de perfil podemos conocer las características de este como lo son T_w , h , V_n , A_w , C_v .

Para el cálculo de V_n la fórmula es la siguiente:

$$V_n = 0.6 * F_y * A_w * C_v$$

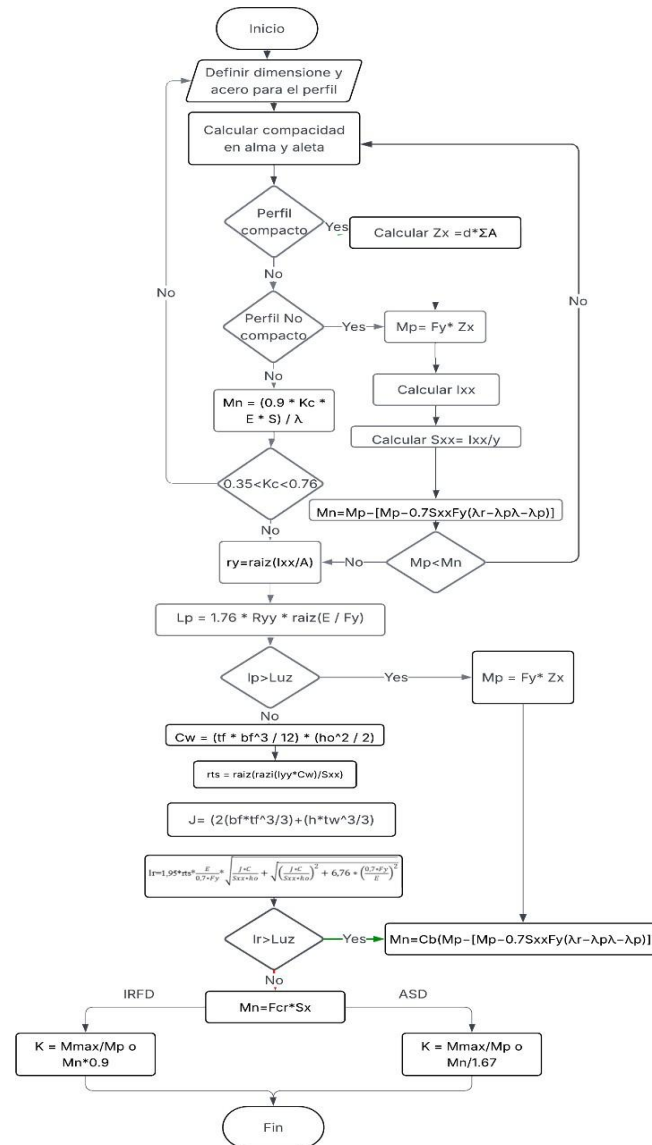
(Ecuación No. 27)

Finalmente, se ejecuta la fórmula de relación de esfuerzos según la ecuación 21. Es importante destacar que, si la relación es mayor que 1, la viga no cumple y fallara por flexión, ya que, la carga actuante estará por encima de la capacidad de resistencia de la viga, por otra parte si el resultado es inferior a 1 el perfil soportara la carga de diseño.

4.3 DESARROLLO DISEÑO A FLEXIÓN EN PERFILES TIPO I (PREFABRICADOS)

Figura No. 4.

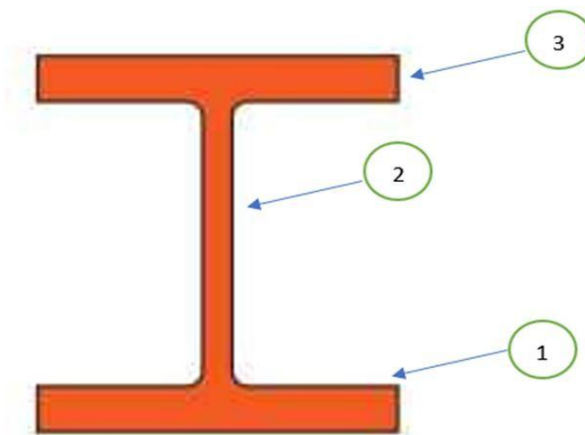
Algoritmo diseño a flexión perfiles prefabricados



Como indica la figura 4, a diferencia del diseño a flexión para perfiles comerciales, los prefabricados requieren el calculo de sus propiedades geométricas, esto a partir de los datos de entrada: tipo de acero, bfs, bfi, tfs, tfi y tw.

Figura No. 5.

División del perfil para hallar las áreas



Nota. Imagen elaborada por (A. Esneider)

Las fórmulas para determinar las áreas son las siguientes:

$$A1 = bf*tf$$

$$A2 = tw *d-(2tf)$$

$$A3 = bfs * tfs$$

(Ecuación No. 28)

Luego se realiza el cálculo del centroide, punto geométrico donde se concentra el área de una sección transversal, actuando como su centro de gravedad. El cálculo del centroide se realiza mediante la tabla 1 como se muestra a continuación

Tabla 1.

Centroide para perfil prefabricado

FIGURA	ÁREA	Y	A*Y	X	AX
1	A1	tf/2	A1*y1	bf/2	A1*x1
2	A2	d/2+tf	A2*y2	bf/2	A2*x2
3	A3	H-tf/2	A3*y3	bf/2	A3*x3

$$\bar{y} = \frac{\sum A\bar{y}}{\sum A}; \quad \bar{x} = \frac{\sum A\bar{x}}{\sum A}$$

(Ecuación No. 29)

Una vez determinado el centroide, se procede con el cálculo de la inercia para ambos ejes según la ecuación 27.

Tabla 2.*Inercia para perfil prefabricados*

FIGURA	IXX	A	Y	DY
1	$\frac{BF - TF^3}{12}$	A1	$\bar{y}1$	$\bar{y} - \bar{y}1$
2	$\frac{TW - D^3}{12}$	A2	$\bar{y}2$	$\bar{y} - \bar{y}2$
3	$\frac{BF - TF^3}{12}$	A3	$\bar{y}3$	$\bar{y} - \bar{y}3$

Posterior a esto, se aplica la siguiente ecuación para hallar la inercia de toda la sección por el eje débil

$$I_{xx} = (ix1 + A1 * dy1^2) + (ix2 + A2 * dy2^2) + (ix3 + A3 * dy3^2)$$

(Ecuación No. 30)

El cálculo de la inercia respecto al eje Y (I_{yy}) se realiza utilizando la tabla 3 y la ecuación 28 como se muestra a continuación. No se contempla el dx debido a que la geometría del perfil genera que este sea = 0.

Tabla 3.

Inercia sobre el eje y para perfiles prefabricados

FIGURA	I_{yy}	A	X	DX
1	$\frac{BF - TF^3}{12}$	A1	$\bar{x}1$	$\bar{x} - \bar{x}1$
2	$\frac{TW - D^3}{12}$	A2	$\bar{x}2$	$\bar{x} - \bar{x}2$
3	$\frac{BF - TF^3}{12}$	A3	$\bar{x}3$	$\bar{x} - \bar{x}3$

$$I_{yy} = (I_{y1} + I_{y2} + I_{y3})$$

(Ecuación No. 31)

Posterior a esto se realiza el cálculo del radio de giro en donde es por el eje X y por el eje Y es una propiedad que relaciona el momento de inercia con el área del perfil e indica qué tan distribuida está el área respecto a un eje. En perfiles tipo I prefabricados se utiliza para determinar la esbeltez y evaluar la resistencia al pandeo.

La expresión para calcular el radio de giro se refleja en la ecuación 10, para el eje débil sería la siguiente:

$$r_x = \sqrt{\frac{I_{xx}}{A}}$$

(Ecuación No. 32)

Consecuentemente, la constante de alabeo se hace mediante la ecuación 13 mencionada anteriormente

Seguido a esto se continúa con la compacidad del perfil, la cual se determina mediante el cálculo de la relación de las dimensiones de alma y aletas. El cálculo se realiza de la misma manera que para los perfiles comerciales, reflejado en la ecuación 1 a la 5.

A continuación, se calcula el momento ya sea plástico o nominal utilizando la misma fórmula que se realizó en los perfiles comerciales, formula 17 a 19.

Posterior, se calcula la longitud límite L_r según la ecuación 11, Este valor, permite realizar la comparación correspondiente, dependiendo del resultado, se determina el rango de comportamiento estructural si se clasifica como viga corta, intermedia o larga, esto a partir de la figura 2. Su momento plástico completo. La fórmula de longitud de límite igual que se utiliza para los perfiles comerciales.

Por otro lado, el módulo de sección plástico es una variable que se debe conocer al momento de calcular el momento plástico, se puede determinar multiplicando cada mitad de sección " ΣA " por la distancia desde su centroide al centroide de toda la sección " d " (ScienceDirect, s. f.), como se resume en la ecuación 30.

$$Z_x = d * \Sigma A$$

(Ecuación No. 33)

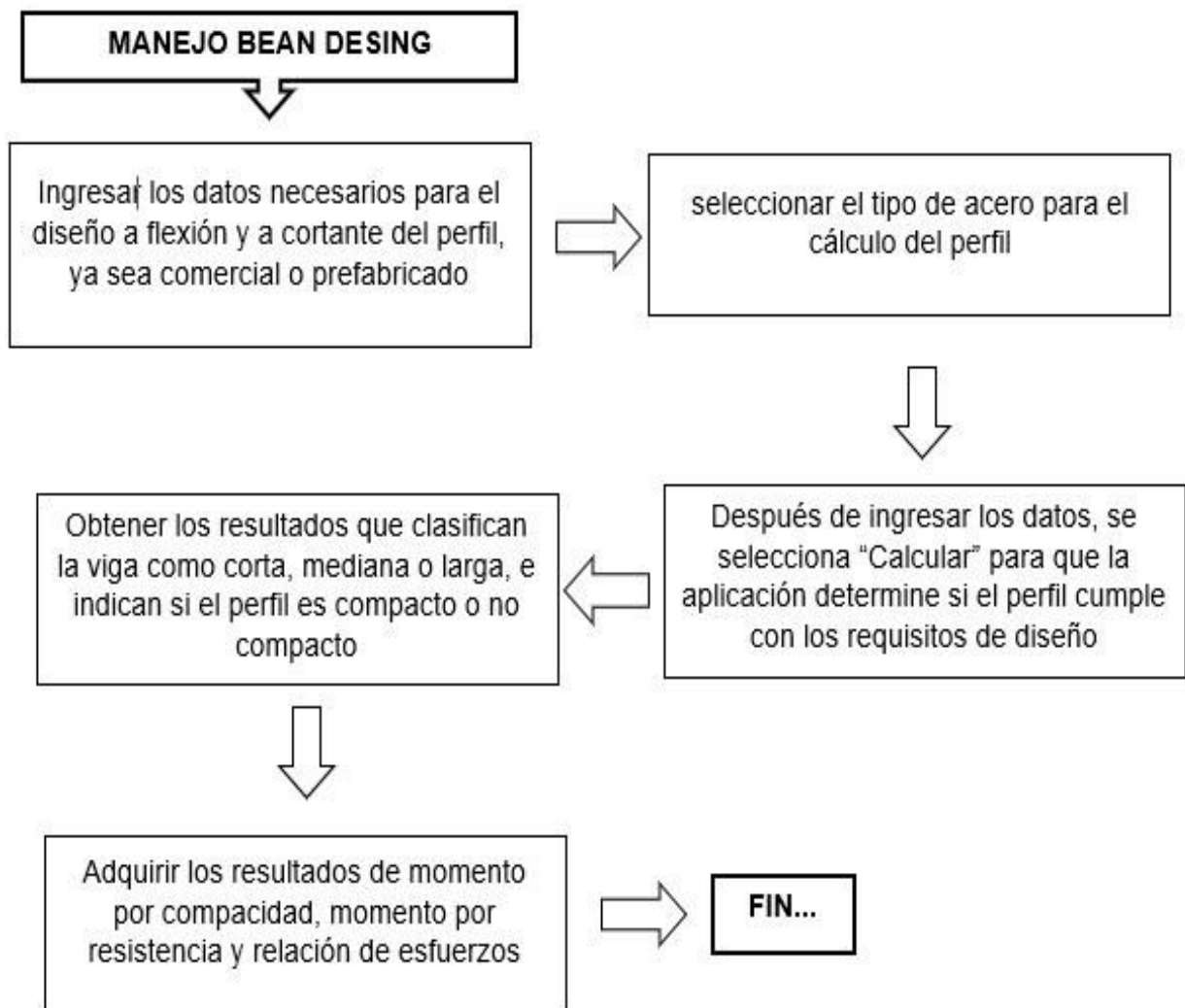
Una vez obtenidas todas las fórmulas necesarias, se pueden realizar los cálculos para determinar si la viga en estudio es corta, larga o intermedia. Cuando se realice la identificación del tipo de viga, se continua con los cálculos correspondientes, según las ecuaciones 17 a 19.

Finalmente, se determina el menor de los momentos calculados, ya sea por compacidad o por resistencia por longitud y a partir de este se halla la relación de esfuerzos por la metodología LRFD o ASD según lo solicitado.

Es importante destacar que, si el resultado de la relación de esfuerzos es mayor a 1, la viga no cumple con los requisitos de diseño, ya que se produce una condición de falla por flexión. Por el contrario, si el valor es menor a 1, la viga cumple adecuadamente con el criterio de resistencia.

4.4 DIAGRAMA DESARROLLO BEAN DESING EN PERFILES TIPO I

A continuación, se presenta el paso a paso para la ejecución correcta de la aplicación, donde primero se deben ingresar los datos, seleccionar el perfil, realizar el cálculo, obtener los resultados del tipo de viga y, por último, visualizar los resultados generales.



5. DESARROLLO

5.1 COMPARATIVO DE PERFIL COMERCIAL BEAM DESIGNER/ AISC

Para iniciar con nuestro ejercicio, se selecciona el perfil W16×40, con el cual se realizará la comparación entre los resultados obtenidos mediante la herramienta Beam Design y algunos artículos del AISC (American Institute of Steel Construction). (2011).

En este primer caso, se determinará el momento resistente por compacidad en aleta con un acero ASTM A36.

Tabla 4.*Compacidad en aleta para perfil comercial*

1. COMPACIDAD EN ALETA	
BEAM DESIGNER	DESARROLLO MANUAL
Compacidad_aleta = $bf / (2 * tf)$ Landa_pf = $0.38 * \sqrt{29000 / Fy}$ Landa_rf = $1.00 * \sqrt{29000 / Fy}$ Compacidad_aleta = 6.9307 Landa_pf = 10.7853 Landa_rf = 28.3823	Patin: $\frac{b}{t} = \frac{b_f/2}{t_f} = \frac{180 \text{ mm}/2}{13.5 \text{ mm}} = 6.67$ Acero A36 $\lambda_p = 0.38 * \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 0.38 * \sqrt{\frac{200000}{250}} = 10.74 > 6.67$ OK compacto

Nota. Las unidades de Beam designer son iguales a las presentadas en el desarrollo manual

Para el análisis de compacidad del alma, también se emplea el perfil W16×40 fabricado en acero A36. A continuación, se presentan los resultados obtenidos para esta sección.

Tabla 5.*Compacidad en alma para perfil comercial*

2. COMPACIDAD EN ALMA	
BEAM DESIGNER	DESARROLLO MANUAL
<pre> h_tw = data{1, idx_h_tw} landa_pw = 3.76*sqrt(29000/Fy) h_tw = 46.5000 landa_pw = 106.7175 landa_rw = 161.7792 </pre>	Alma: $\frac{h}{t} = \frac{d-(2*k)}{t_w} = \frac{331 \text{ mm}}{8.60 \text{ mm}} = 38.49$ Acero A36 $\lambda_p = 3.76 * \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 3.76 * \sqrt{\frac{200000}{250}} = 106.34 > 38.49$ OK compacto

Nota. Las unidades de Beam designer son iguales a las presentadas en el desarrollo manual

Se continúa con el cálculo del momento resistente por longitud, en el cual se evalúa la luz, la longitud plástica L_p y la longitud límite L_r con base en estos tres parámetros, se determina el tipo de comportamiento de la viga (corta, media, larga) según la clasificación

establecida en la normativa. para este cálculo vamos a realizamos con el perfil W18X50
con luz de 140in y acero A-992

Tabla 6.

Momento por resistencia por longitud para perfil comercial

3. MOMENTO RESISTENTE POR LONGITUD	
BEAM DESIGNER	
$l_p = 1.76 r_y \sqrt{29000 / F_y}$	
$l_r = 1.95 r_{ts} \sqrt{29000 / (0.7 F_y)} \sqrt{\left(\frac{J C}{S x h_o} \right) + \sqrt{\left(\frac{J C}{S x h_o} \right)^2 + 6.76 \left((0.7 F_y) / 29000 \right)^2}}$	
$l_p =$	
69.9376	
$l_r =$	
203.3472	
DESARROLLO MANUAL	
$L_p = 1.76 r_y \sqrt{\frac{E}{F_y}}$	

$$L_r = 1.95 r_{ts} \frac{E}{0.7 F_y} \sqrt{\frac{J_c}{S_x h_0}} \sqrt{1 + \sqrt{1 + 6.76 \left(\frac{0.7 F_y S_x h_0}{E J_c} \right)^2}}$$

$$L_p = 5.83 \text{ ft}$$

$$L_r = 16.9 \text{ ft}$$

$$L_p = 5.83 \text{ ft} \times 12 = 69.96 \text{ in} \approx 70 \text{ in}$$

$$L_r = 16.9 \text{ ft} \times 12 = 202.8 \text{ in} \approx 203 \text{ in}$$

Nota. Las unidades de Beam designer son iguales a las presentadas en el desarrollo manual

Posteriormente se calcula el momento por compacidad y la resistencia por longitud, para el caso del momento nominal hay una diferencia significativa, este comportamiento se presenta principalmente por la diferencia de decimales en el C_b

Tabla 7.

Momento por compacidad y por resistencia por longitud

1. MOMENTO POR COMPACIDAD Y POR RESISTENCIA POR LONGITUD	
BEAM DESIGNER	DESARROLLO MANUAL
$M_p = F_y \cdot Z_x$ $C_b = 12.5 \cdot M_{\max} / ((2.5 \cdot M_{\max}) + (3 \cdot M_a) + (4 \cdot M_b) + (3 \cdot M_c));$ $C_b =$ 1.0136 $M_{n1} = C_b \cdot (M_p - (M_p - 0.7 \cdot F_y \cdot S_x) \cdot ((l_b - l_p) / (l_r - l_p)))$ $M_{p1} =$ 5050 $M_{n1} =$ 4.0869 $M_{n21} =$ 5.9104	$C_b = \frac{12.5(1.00)}{2.5(1.00) + 3(0.972) + 4(1.00) + 3(0.972)}$ $= 1.01$ $M_p = 5,050$ kip-in. (from Example F.1-1B) $M_n = C_b \left[M_p - (M_p - 0.7 F_y S_x) \left(\frac{l_b - l_p}{l_r - l_p} \right) \right] \leq M_p \quad (\text{Spec. Eq. F2-2})$ $= 1.01 \left\{ 5,050 \text{ kip-in.} - \left[5,050 \text{ kip-in.} - 0.7(50 \text{ ksi})(88.9 \text{ in.}^3) \right] \left(\frac{11.7 \text{ ft} - 5.83 \text{ ft}}{16.9 \text{ ft} - 5.83 \text{ ft}} \right) \right\} \leq 5,050 \text{ kip-in.}$ $= 4,060 \text{ kip-in. or } 339 \text{ kip-ft}$

Nota. Las unidades de Beam designer son iguales a las presentadas en el desarrollo manual

calculados antes de llegar a este último paso, producto del conteo exacto de decimales por parte de Beam designer.

DESARROLLO DE PERFILES PREFABRICADOS

A continuación, se plantean estas dimensiones para el siguiente perfil prefabricado, haciendo alusión a un perfil W16X50, donde se comparan los resultados de las propiedades geométricas arrojados por Beam designer vs los resultados del AISC. También se verifican los resultados de momentos por compacidad como por resistencia por longitud de forma manual para una luz de 288 in en A-992 y metodología LRFD.

$$b_f = 7.07 \text{ in}$$

$$t_f = 0.63 \text{ in}$$

$$t_w = 0.38 \text{ in}$$

$$d = 15.04 \text{ in (altura del perfil sin } 2b_f)$$

$$M_{\max} = 5000 \text{ Kips/in}$$

$$M_a = 2500 \text{ Kips/in}$$

$$M_b = 5000 \text{ Kips/in}$$

$$M_c = 2500 \text{ Kips/in}$$

Tabla 9.*Compacidad en aleta y alma perfil prefabricado*

1. COMPACIDAD	
BEAM DESIGNER	DESARROLLO MANUAL
$h_{tw} = d/tw;$ $h_{tw} =$ 39.5789	$Alma = \frac{15.04}{0.38} = 39.57 < 3.76 \sqrt{\frac{29000}{50}} =$ 90.55
$\lambda_{pw} = 3.76 * \sqrt{29000/F_y};$ $\lambda_{pw} =$ 90.5528	$Aleta = \frac{7.07}{2*0.63} = 5.611 < 0.38 \sqrt{\frac{29000}{50}} =$ 9.15
$Compacidad_{aleta} = \max(compacidad_{aleta_inferior...}, compacidad_{aleta_superior});$ $Compacidad_{aleta} =$ 5.6111	
$\lambda_{pf} = 0.38 * \sqrt{29000 / F_y};$ $\lambda_{pf} =$ 9.1516	

Nota. Las unidades de Beam designer son iguales a las presentadas en el desarrollo manual

Una vez conocido el momento plástico, se verifica la resistencia por longitud a través de l_p .

Tabla 11.

L_p perfil prefabricado

3. l_p																																			
BEAM DESIGNER			DESARROLLO MANUAL																																
<pre>%Inercias ix1 = (bfs*tf³)/12; ix2 = (tw*d³)/12; ix3 = (bfi*tfi³)/12;</pre> <pre>ix1 = 0.1473193575</pre> <pre>ix2 = 107.732282026667</pre> <pre>ix3 = 0.1473193575</pre> <pre>Area1= bfs*tf; Area2= tw*d; Area3= bfi*tfi;</pre>			<table> <thead> <tr> <th>Fig</th><th>I_{xx} (in⁴)</th><th>A (in²)</th><th>$\bar{y}$ (in)</th><th>$d\bar{y}$ (in)</th><th>I_{yy} (in⁴)</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td><td>0,147</td><td>4,454</td><td>15,985</td><td>7,835</td><td>18,553</td></tr> <tr> <td>2</td><td>107,732</td><td>5,715</td><td>8,150</td><td>0,000</td><td>0,069</td></tr> <tr> <td>3</td><td>0,147</td><td><u>4,454</u></td><td>0,315</td><td>7,835</td><td><u>18,553</u></td></tr> <tr> <td></td><td></td><td>14,623</td><td></td><td></td><td>37,175</td></tr> </tbody> </table> $I_x = 2(0,147+(4,454*7,835^2)) + 107,732+(5,715*0^2)$ $I_x = 654,8764 \text{ in}^4$			Fig	I_{xx} (in ⁴)	A (in ²)	$\bar{y}$ (in)	$d\bar{y}$ (in)	I_{yy} (in ⁴)	1	0,147	4,454	15,985	7,835	18,553	2	107,732	5,715	8,150	0,000	0,069	3	0,147	<u>4,454</u>	0,315	7,835	<u>18,553</u>			14,623			37,175
Fig	I_{xx} (in ⁴)	A (in ²)	$\bar{y}$ (in)	$d\bar{y}$ (in)	I_{yy} (in ⁴)																														
1	0,147	4,454	15,985	7,835	18,553																														
2	107,732	5,715	8,150	0,000	0,069																														
3	0,147	<u>4,454</u>	0,315	7,835	<u>18,553</u>																														
		14,623			37,175																														

```
Area1 =
4.4541

Area2 =
5.7152

Area3 =
4.4541
```

```
y_barra1 = (d+tfs+tfi)-(tfs/2);
y_barra2 = (d+tfs+tfi)/2;
y_barra3 = tfi/2;
```

```
y_barra1 =
15.985

y_barra2 =
8.15

y_barra3 =
0.315
```

```
dy1= abs(Y_barra-y_barra1);
dy2= abs(Y_barra-y_barra2);
dy3= abs(Y_barra-y_barra3);
```

```
dy1 =
7.835

dy2 =
0

dy3 =
7.835
```

$$r_y = \sqrt{\frac{37,175}{14,623}} = 1,59439 \text{ in}$$

$$l_p = 1,76 * 1,59439 * \sqrt{\frac{29000}{50}} = 67,58 \text{ in} < 288 \text{ in}$$

```
iy1 = (tfs*bfs^3)/12;
iy2 = (d*tw^3)/12;
iy3 = (tfi*bfi^3)/12;
```

```
iy1 = (tfs*bfs^3)/12;
iy2 = (d*tw^3)/12;
iy3 = (tfi*bfi^3)/12;
ix = ix1+(Area1*dy1^2)+ix2+(Area2*dy2^2)+ix3+(Area3*dy3^2);
```

```
iy1 =
18.553

iy2 =
0.068772906

iy3 =
18.553

ix =
654.87659
```

```
ry = sqrt(Iy/sum([Area3,Area2,Area1]));
```

```
ry =
1.59441612992341
```

```
lp=1.76*ry*(sqrt(29000/Fy));
```

```
lp =
67.5815804450151
```

Nota. Las unidades de Beam designer son iguales a las presentadas en el desarrollo manual

Se continua con el cálculo debido a que la viga no se considera viga corta según la ecuación No. 16.

Tabla 12.

lr perfil prefabricado

4. <i>lr</i>	
BEAM DESIGNER	DESARROLLO MANUAL
$ho = d + (tfs/2) + (tft/2);$ $ho =$ 15.67 $Cw = (median([tfs,tft])*median...([bfs,bft].^3))/12 *ho.^2/2;$ $Cw =$ 2277.85220475967 $Sx = ix/Y_barra;$ $Sx =$ 80.3529568695297 $rts = sqrt(sqrt(Iy*Cw)/Sx);$ $rts =$ 1.90302013616977	$ho = 15,04 + \left(\frac{0,63}{2}\right) + \left(\frac{0,63}{2}\right) = 15,67 \text{ in}$ $Cw = \frac{0,63 * 7,07^3}{12} * \frac{15,67^2}{2} = 2277,8522 \text{ in}^6$ $Sx = \frac{654,8764}{8,15} = 80,3529 \text{ in}^3$ $rts = \sqrt{\frac{\sqrt{37,715 * 2277,8522}}{80,3529}} = 1,903 \text{ in}$ $J = \left(\frac{7,07 * 0,63^3}{3}\right) + \left(\frac{7,07 * 0,63^3}{3}\right) + \left(\frac{15,04 * 0,38^3}{3}\right)$

<pre>J = ((bfi*tfi^3)/3)+... ((bfs*tfi^3)/3)+((d*tw^3)/3);</pre> J = 1.45364648666667 C= 1; <pre>lr= 1.95*rts*(29000/(0.7*Fy))... *sqrt(((J*C)/(Sx*ho))+sqrt... (((J*C)/(Sx*ho))^2+6.76*... ((0.7*Fy)/29000)^2));</pre> lr = 206.214961243006	$J = 1,4536 \text{ in}^4$ $C=1$ $lr=1,95*1,903*\frac{29000*}{0,7*50}$ $\sqrt{\frac{1,4536*1}{80,3529*15,67}} + \sqrt{\left(\frac{1,4536*1}{80,3529*15,67}\right)^2 + 6,76 * \left(\frac{0,7*50}{29000}\right)^2}$ $lr = 206,21166 \text{ in} < 288 \text{ in}$
--	---

Nota. Las unidades de Beam designer son iguales a las presentadas en el desarrollo manual

Se clasifica como viga larga, por lo que se opta por la ecuación No.18 de momento nominal.

Tabla 13.

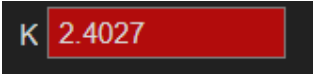
Momento nominal por resistencia por longitud para perfil prefabricado

5. Mn	
BEAM DESIGNER	DESARROLLO MANUAL
$Cb = \frac{12.5 * M_{max}}{(2.5 * M_{max}) + (3 * M_a) + (4 * M_b) + (3 * M_c)}$ $Cb = 1.31578947368421$ $f_{cr} = \frac{Cb * \pi^2 * 29000}{(l_b / r_{ts})^2} \sqrt{1 + 0.078 * \left(\frac{J * C}{S_x * h_o} \right) * (l_b / r_{ts})^2}$ $f_{cr} = 28.7752791699642$ % Viga larga $M_{n21} = f_{cr} * S_x$ $M_{n21} = 2312.17876605281$	$Cb = \frac{12.5 * 5000}{2.5(5000) + 3(2500) + 4(5000) + 3(2500)} = 1.31$ $f_{cr} = \frac{1.31 \pi^2 * 29000}{\left(\frac{288}{1.903}\right)^2} \sqrt{1 + 0.0078 * \left(\frac{1.4536 * 1}{80.3529 * 15.67} \right) + \left(\frac{288}{1.903} \right)^2}$ $f_{cr} = 28,6479 \text{ Ksi}$ $M_n = 80,3529 * 28,6479 = 2301,946 \text{ Kips/in}$

Nota. Las unidades de Beam designer son iguales a las presentadas en el desarrollo manual

Por último, se calcula la relación de esfuerzos por le metodología solicitada.

Tabla 14.*Metodología de diseño LRFD para perfil prefabricado*

6. Metodología LRFD	
BEAM DESIGNER	DESARROLLO MANUAL
<pre>app.K.Value= num2str... (app.MmaxEditField.Value/(min(M2,M1)*0.9));</pre> 	$K = \frac{5000}{2301,946 \cdot 0,9} = 2,4134$

La diferencia es en relación de esfuerzos es del 0.44%, esto producto de la diferencia acumulada de decimales desde el cálculo de las propiedades geométricas.

5.2 DESARROLLO DE PERFILES COMERCIALES A CORTANTE

Para iniciar el ejercicio, se selecciona el perfil W12×65 con las siguientes condiciones ASTM A992 y $V_u = 10$ Kips, con el cual se realizó la comparación entre los resultados obtenidos mediante la herramienta Beam Design y los presentados en el artículo de referencia.

Teniendo en cuenta las propiedades geométricas del perfil, lo primero que se hizo fue el cálculo del área útil del alma del perfil (A_w).

Tabla 15.*Área útil del perfil comercial a cortante*

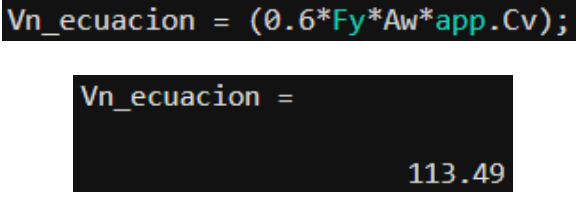
1. AREA UTIL DEL PERFIL	
BEAM DESIGNER	DESARROLLO MANUAL
$A_w = t_w \cdot v \cdot h;$ 	$h = 12,1 - (2 \cdot 1,2) = 9,7 \text{ in}$ $A_w = 9,7 \cdot 0,39 = 3,783 \text{ in}^2$

Nota. Las unidades de Beam designer son iguales a las presentadas en el desarrollo manual

Posteriormente, se procede a calcular el valor nominal de cortante (V_n), la cual es la diferencia entre la aplicación y el artículo aumenta por las desigualdades del A_w .

Tabla 16.

Cortante nominal para perfiles comerciales

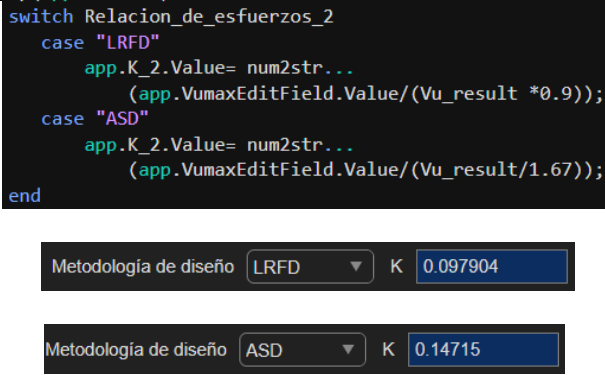
2. CORTANTE NOMINAL (VN)	
BEAM DESIGNER	DESARROLLO MANUAL
	$V_n = 0.6 * 50 * 3.783 * 1 = 113,49 \text{ Kips}$

Nota. Las unidades de Beam designer son iguales a las presentadas en el desarrollo manual

Finalmente, se realiza el cálculo de la relación de esfuerzos por metodología LRFD y ASD.

Tabla 17.

Relación de esfuerzos para perfiles comerciales a cortante

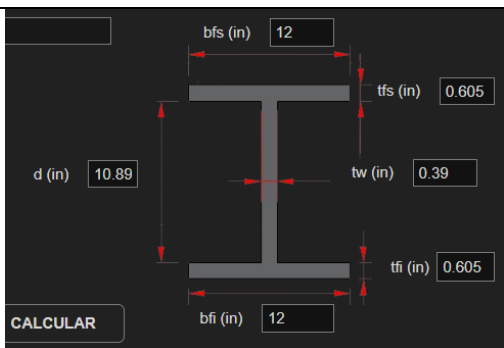
3. RELACION DE ESFUERZOS	
BEAM DESIGNER	DESARROLLO MANUAL
	$(ASD) K = \frac{10}{\frac{113,49}{1,67}} = 0,147$ $(LRFD) K = \frac{10}{113,49 * 0.9} = 0,097$

5.3 DESARROLLO DE PERFILES PREFABRICADO A CORTANTE

Para iniciar el ejercicio, se evaluó el mismo perfil bajo las mismas condiciones del ejercicio anterior. Sin embargo, se ingresan las mismas dimensiones del perfil W12X65.

Tabla 18.

Datos de entrada perfil prefabricado a cortante

1.INGRESO DE DATOS	
BEAM DESIGNER	DESARROLLO MANUAL
	$b_f = 12 \text{ in}$ $t_{fs} = 0.605 \text{ in}$ $t_w = 0.39$ $t_{fi} = 0.605$ $b_{fi} = 12 \text{ in}$ $d = 10.89$

Teniendo en cuenta las propiedades geométricas del perfil, lo primero que se debe realizar es el cálculo del área útil del perfil (A_w).

Tabla 19.

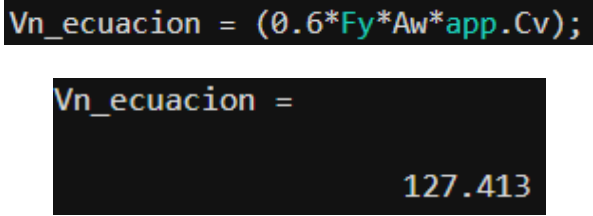
Área útil para perfil prefabricado a cortante

2. ÁREA UTIL DEL PERFIL	
BEAM DESIGNER	DESARROLLO MANUAL
$A_w = t_{w_v} * h;$ $A_w =$ 4.2471	$A_w = 10,89 * 0.39 = 4,2471 \text{ in}^2$

Nota. Las unidades de Beam designer son iguales a las presentadas en el desarrollo manual

Posteriormente, se procede a calcular el valor nominal de cortante (V_n), el cual permite realizar la comparación del diseño tanto por el método LRFD como por el método ASD.

Tabla 20.*Cortante nominal para perfil prefabricado*

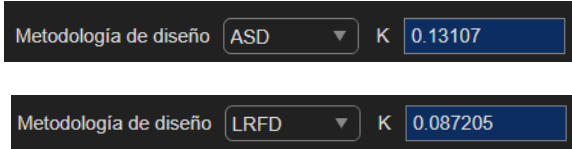
3. CORTANTE NOMINAL (VN)	
BEAM DESIGNER	DESARROLLO MANUAL
	$V_n = 0.6 * 50 * 4,2471 * 1 = 127,413 \text{ Kips}$

Nota. Las unidades de Beam designer son iguales a las presentadas en el desarrollo manual

Posteriormente, se realiza el cálculo de la relación de esfuerzos para el diseño a cortante, obteniéndose los siguientes resultados.

Tabla 21.

Resultados con metodología LRFD a cortante para perfil prefabricado

4. METODOLOGIA LRFD	
BEAM DESIGNER	DESARROLLO MANUAL
<pre>switch Relacion_de_esfuerzos_2 case "LRFD" app.K_2.Value= num2str... (app.VumaxEditField.Value/(Vu_result *0.9)); case "ASD" app.K_2.Value= num2str... (app.VumaxEditField.Value/(Vu_result/1.67)); end</pre> 	(ASD) $K = \frac{10}{\frac{127,413}{1,67}} = 0,131$ (LRFD) $K = \frac{10}{127,413 * 0.9} = 0,087$

6. ANALISIS DE RESULTADOS

En la tabla 22 se presentan los resultados obtenidos por Beam Design comparados con otras fuentes para el diseño a flexión de secciones comerciales, donde se aprecia una variación en el margen de error según el tipo de elemento estructural. En particular, las secciones W12X30 y W24X68 presentan una variación alta, esto debido a la aproximación acumulada en los decimales durante el proceso de diseño, Esta variación es más significativa en parámetros como L_r , L_p , F_{cr} y C_b , los cuales se determinan a partir de ecuaciones que involucran diversas variables interdependientes tienen pequeñas diferencias en los decimales y afectan significativamente el cálculo final mostrado en la tabla 22 y figura 6.

Tabla 22.

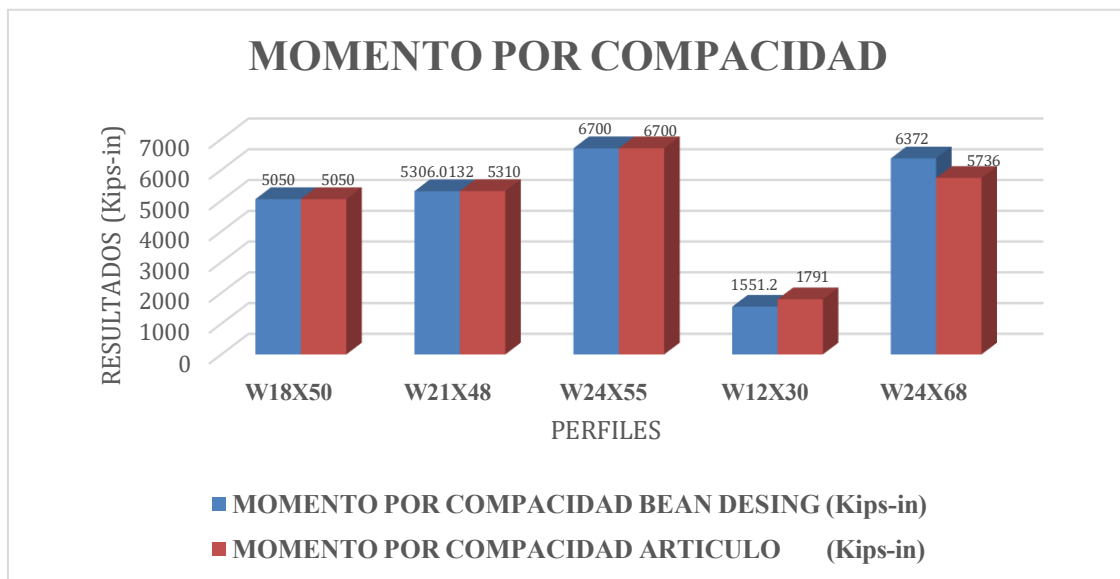
Resultados de Beam designer en comparación con otras fuentes para perfiles comerciales a flexión

Perfil	MOMENTO POR COMPACIDAD		% de error	MOMENTO POR RESISTENCIA		% de error
	BEAN DESING (Kips-in)	Desarrollo manual (Kips-in)		BEAN DESING (Kips-in)	Desarrollo manual (Kips-in)	
W18X50	5050	5050	0%	5383,9	5050	7%
W21X48	5306,0132	5310	0%	5306,01	5350	-1%
W24X55	6700	6700	0%	7101,28	6700	6%
W12X30	1551,2	1791	-13%	1551,2	1791	-13%
W24X68	6372	5736	11%	6367	5736	11%

A continuación, se observa un resumen del comparativo en resultados de momento por compacidad. Como se puede apreciar, no existe un patrón constante de error, varía según el tipo de perfil, en términos generales hubo un 0.475% de diferencia entre los 5 perfiles. Las desigualdades provienen seguramente del número de decimales que maneje la fuente con que se compara.

Figura No. 6.

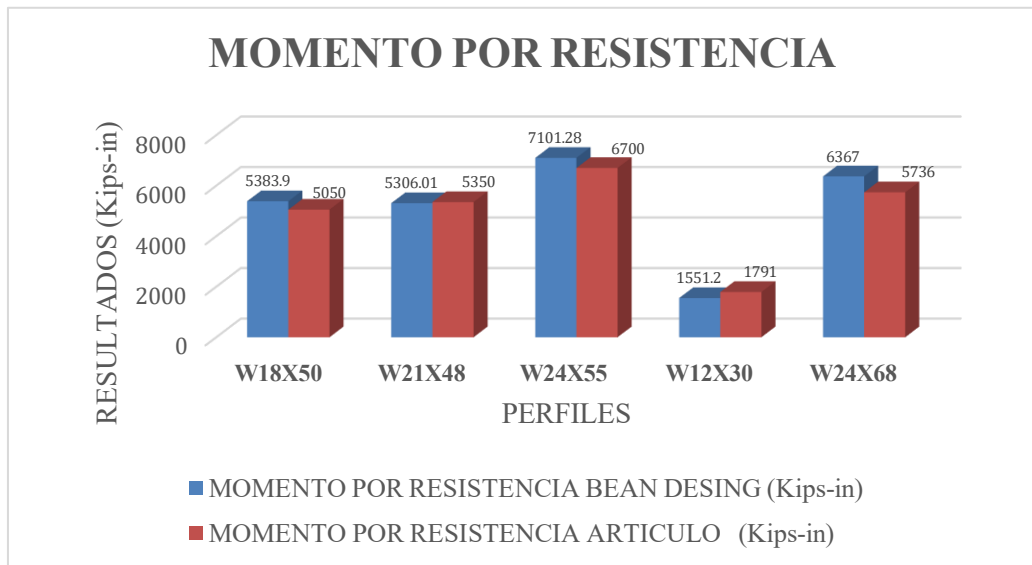
Comparación Momento por compacidad para perfiles comerciales Beam designer con relación a otros artículos



Por otro lado, para el momento por resistencia hubo una variación más constante para cada perfil, Además, el porcentaje de diferencia también aumenta a un 1,87%, esto debido a la adición de variables y demás factores necesarios para calcular el momento por resistencia, lo que quiere decir que, si hay una diferencia desde los primeros pasos de cálculo, está incrementara a medida que se avanza el proceso de diseño.

Figura No. 7.

Comparación Momento por resistencia por longitud para perfiles comerciales Beam designer con relación a otros artículos



En la tabla 23 se puede apreciar la diferencia del diseño a cortante entre Beam designer y otras fuentes, en este caso artículos del (American Institute of Steel Construction, 2011), para el perfil W21X48, Beam designer se calcula el área del alma multiplicando su espesor por la altura del perfil sin las aletas y sin el filete, mientras que el artículo si las contempla.

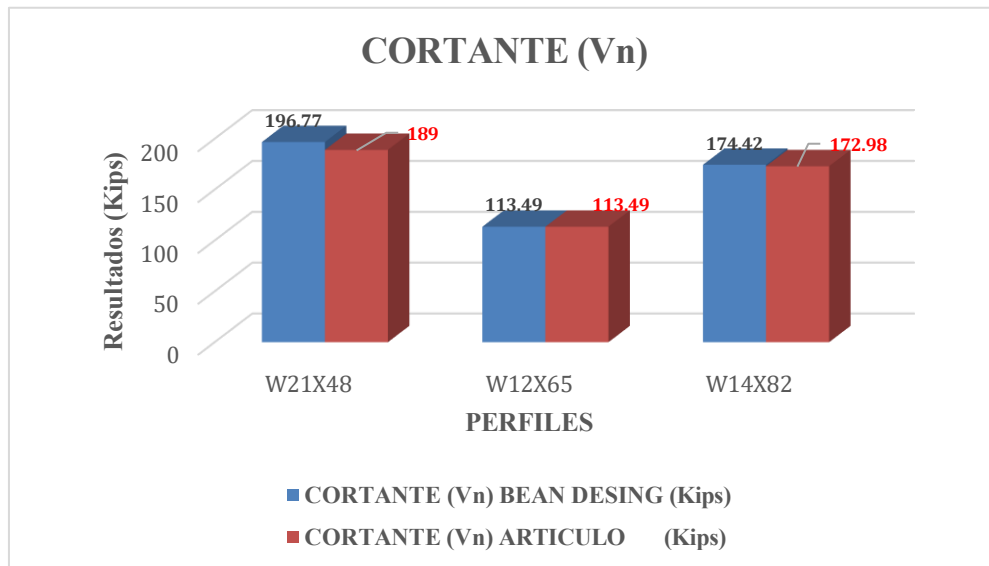
Tabla 23.

Resultados de Beam designer en comparación con otras fuentes para perfiles comerciales a cortante

PERFIL	CORTANTE (Vn)		% de error
	BEAN DESING (Kips)	ARTICULO (Kips)	
W21X48	196,77	189	4%
W12X65	113,49	113,49	0%
W14X82	174,42	172,98	1%

Figura No. 8.

Comparación cortante nominal para perfiles comerciales Beam designer con relación a otros artículos



Para el caso de los siguientes elementos estructurales, hay una diferencia general de 1,6% contemplada mayormente en el perfil W12X48, el margen de error influye mucho por el tipo de fuente, cada fuente maneja su número de decimales y aproximaciones.

Tabla 24

% de diferencia para diseño de perfil prefabricado a flexión

Variables de diseño	Beam designer	Ejercicio manual	% de diferencia
Zx (in ³)	91,2849	91,2792	0,0062%
Mp (Kips-in)	4564,24495	4563,96	0,0062%
Ix (In ⁴)	654,87659	654,8764	0,0000%
ry (in)	1,594416	1,59439	0,0016%
lp (in)	67,5815	67,58	0,0022%
Cw (in ⁶)	2277,852	2277,852	0,0000%
Sx (in ³)	80,3529	80,3529	0,0000%
rts (in)	1,90302	1,903	0,0011%
J (in ⁴)	1,4536	1,4536	0,0000%
lr (in)	206,214	206,21496	-0,0005%
cb	1,3157	1,31	0,4351%
fcr (Ksi)	28,775	28,64	0,4714%
Mn (Kips-in)	2312,1787	2301,946	0,4445%
K	2,4027	2,4134	-0,4434%

Según la tabla 24, la variación para el perfil prefabricado es casi nula, y esta crece relativamente a medida que se ejecutan los pasos de cálculo como se refleja en el incremento del % de diferencia.

Por otro lado, el diseño del perfil prefabricado a cortante al igual que en los diseños anteriores, la diferencia aumenta conforme a la ejecución del algoritmo, Sin embargo, al ser un proceso de cálculo relativamente simple, el margen de error también es casi nulo.

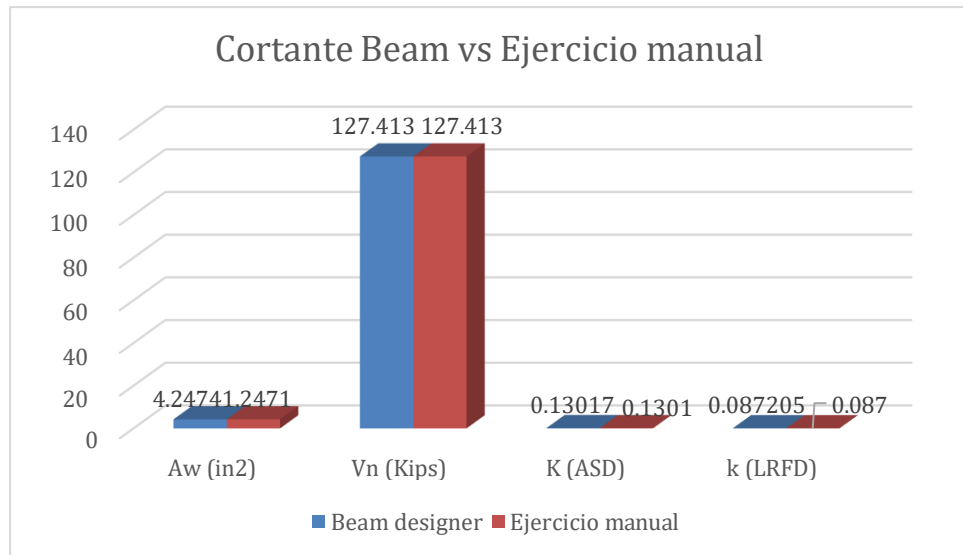
Tabla 25

% de diferencia para diseño de perfil prefabricado a cortante

	A_w (in ²)	V_n (Kips)	K (ASD)	k (LRFD)
Beam designer	4,2471	127,413	0,13017	0,087205
Ejercicio manual	4,2471	127,413	0,1301	0,087
% de diferencia	0,00%	0,00%	0,05%	0,24%

Figura No. 9.

Comparación perfil prefabricado a cortante



7. CONSLUSIONES

- Los algoritmos desarrollados para el diseño de vigas metálicas Tipo I para flexión y cortante permitieron facilitar la adaptación de este proceso de cálculo a Matlab sin provocar errores en bucles o inconsistencias durante el desarrollo del código dentro del App Designer.
- Beam designer está al alcance de los estudiantes de la universidad piloto de Colombia, esta aplicación de escritorio permite diseñar perfiles tipo I tanto comerciales como prefabricados bajo flexión y cortante según las especificaciones del AISC-360-22.
- Los resultados arrojados por Beam designer comparados con las demás fuentes de artículos y ejercicios manuales son favorables al tener porcentajes promedios

inferiores al 2%, esta variación ocurre mayormente por la cantidad de decimales que determina cada fuente de comparación, mayormente evidenciada en formulas como cb, fcr, lp y lr, mientras que Beam designer toma el resultado exacto de cada calculo dentro del algoritmo.

- Beam designer es una alternativa considerable para los estudiantes de la Universidad Piloto de Colombia como herramienta de aprendizaje complementaria y de desarrollo laboral, fortaleciendo la adopción de nuevas tecnologías para el diseño estructural como valor agregado.

8. REFERENCIAS

- **Agencia Nacional de Minería. (2024).** Panorama de la industria del acero en Colombia. Recuperado de <https://mineriaencolombia.anm.gov.co/sites/default/files/docupromocion/Documento%20Retos%20y%20Oportunidades%20del%20Acero%2021-05-2024.pdf>
- **American Institute of Steel Construction. (2022).** AISC 360-22: Specification for Structural Steel Buildings. Recuperado de <https://es.slideshare.net/luzquispe60551805/aisc-36022-specification-for-structuralsteel-buildingspdf>
- **Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica. (2010).** NSR-10. Recuperado de <https://www.unisdr.org/campaign/resilientcities/uploads/city/attachments/3871->

10684.pdf

- **Csernak, J. C.-S. (2012).** Diseño de estructuras de acero (McCormac Jack C.).

Recuperado de

https://www.academia.edu/43835732/DISE%C3%91O_DE_ESTRUCTURAS_DE_ACERO_McCORMAC_JACK_C

- **Heller Sánchez-Acevedo, J. (2017, mayo).** Metodología para la detección de fallas

en una estructura entramada metálica empleando las técnicas de análisis modal y PSO. Revista UIS Ingenierías. Recuperado de

<https://revistas.uis.edu.co/index.php/revistauisingenierias/article/view/6450/6868>

- **Meprosa Construcciones. (2020, 12 de octubre).** Las estructuras metálicas en la construcción moderna. Recuperado de

<https://meprosaconstrucciones.mx/lasestructuras-metalicas-en-la-construccion-moderna/>

- **Portafolio. (2014, 4 de agosto).** Oikos le apuesta a construir estructuras metálicas.

Recuperado de <https://www.portafolio.co/negocios/empresas/oikos-le-apuestaconstruir-estructuras-metalicas-6414>

- **Sociedad Colombiana de Arquitectos. (2023, 10 de marzo).** Panorama del acero en Colombia. Recuperado de

<https://sociedadcolombianadearquitectos.org/panorama-del-acero-en-colombiadesde-la-perspectiva-de-la-directora-ejecutiva-del-comite-de-productores-de-acerode-la-andi>

- **Universidad de las Américas-Puebla. (2005).** Estudio sobre comportamiento estructural de edificaciones de acero. Recuperado de https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642005000100009

- **SteelPRO PEB. (2025, February 21).** La sostenibilidad del acero en la construcción: 15 razones por las que los edificios de acero reducen el impacto medioambiental - SteelPRO PEB. Acero pro PEB.

<https://peb.steelprogroup.com/es/estructura-de-acero/environmental/steel-sustainability-construction/>

- **AHMSA. (2013).** Manual de Diseño para la Construcción con Acero · [www.ahmsa.com](https://www.ahmsa.com/assets/files/manuales/manual-ahmsa/Capitulo_2b.pdf) 75. https://www.ahmsa.com/assets/files/manuales/manual-ahmsa/Capitulo_2b.pdf

- **CYPE. (2024, July 12).** *CYPECAD* | *CYPE Shop*. CYPE Shop. https://shop.cype.com/es/software/cypecad/?_gl=1

- **Computers and Structures, Inc. (2025).** *CSI Global Sales* | *Computer and Structures, Inc.* Computers and Structures, Inc. <https://www.csiamerica.com/sales>

- Medina Tovar, M. Á. (2015). *Serie Guías de Clase: Diseño de estructuras metálicas* (Cartilla Guía de Clase, v. 01-01). Facultad de Ingeniería, Programa de Ingeniería Civil,

Fundación Universitaria Agraria de Colombia. <https://www.uniagraria.edu.co/wp-content/uploads/2021/07/Serie-Guia-de-Clase-Dise%C3%B1o-de-Estructura-Metalicas.pdf>

- Manrique, Á. (s. f.). *Diseño simplificado en acero estructural*. ING Ángel Manrique. Recuperado de <https://www.ingangelmanrique.cl/attachments/Dise%C3%B1o-Simplificado-en-Acero-Estructural.pdf>
- ScienceDirect. (s. f.). *Section modulus*. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/section-modulus>