

ESTRUCTURAS I B

T.P. N° 5: DIMENSIONADO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES DE ACERO SOMETIDOS A FLEXIÓN SIMPLE

RESOLUCION DEL EJERCICIO



Alumno:

Grupo N° :

TURNO :

PROF. ASIST:

OBJETIVOS

Conocer las **propiedades** del **acero** como **material estructural**.

Reconocer las **deformaciones** que producen las acciones en los **elementos estructurales** sometidos a solicitaciones de **flexión**.

Representar en forma cualitativa **la deformada** de un **elemento estructural**, **identificando** la ubicación y valor de la **flecha máxima**.

Realizar el aprendizaje de la **verificación** de la **RIGIDEZ SECCIONAL** a partir de la **comparación** entre los **descensos máximos** y los valores **admisibles**.

Reconocer los **valores máximos** de **Esfuerzo de Corte y Momento Flector** de un elemento estructural sometido a Flexión.

Reconocer y analizar conceptualmente los **parámetros** que intervienen en el **dimensionado** de elementos estructurales de **acero** sometidos a **flexión**.

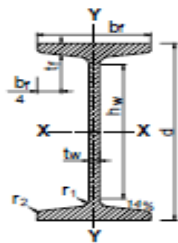
Desarrollar la capacidad para **realizar cambios tanto de diseño estructural como en el tipo de perfil utilizado** en búsqueda de la **eficiencia estructural**.

RESUMEN DE ACTIVIDADES

El trabajo práctico desarrollará:

- Verificación de Rigidez
- Verificación de Resistencia (Flexión)
- Verificación de Resistencia (Corte)
- Conclusión de las Verificaciones y Redimensionado de ser necesario - (TPN°3) **V2x**
– **V1y**

**IPN según
IRAM-IAS
U 500-511**



A_g = Área bruta de la sección transversal.
 I = Momento de Inercia de la sección respecto de los ejes principales.
 $r = \sqrt{I/A}$ Radio de giro.
 S = Módulo resistente elástico de la sección.
 Q = Momento estático de media sección.
 Z = Módulo plástico de la sección.

Designación	Dimensiones						Relaciones		Ag	Peso	X - X				
	d	bf	tf	hw	tw=r	r ₂	bf/2tf	hw/tw			ix	Sx	rx	Qx	Zx
	mm	mm	mm	mm	mm	mm					cm ⁴	cm ³	cm	cm ³	cm ³
80	80	42	5,9	59	3,9	2,3	3,56	15,1	7,57	5,94	77,8	19,5	3,20	11,4	22,8
100	100	50	6,8	75	4,5	2,7	3,68	16,7	10,6	8,34	171	34,2	4,01	19,9	39,8
120	120	58	7,7	92	5,1	3,1	3,77	18,0	14,2	11,1	328	54,7	4,81	31,8	63,6
140	140	66	8,6	109	5,7	3,4	3,84	19,1	18,2	14,3	573	81,9	5,61	47,7	95,4
160	160	74	9,5	125	6,3	3,8	3,89	19,8	22,8	17,9	935	117	6,40	68,0	136
180	180	82	10,4	142	6,9	4,1	3,94	20,6	27,9	21,9	1450	161	7,20	93,4	187
200	200	90	11,3	159	7,5	4,5	3,98	21,2	33,4	26,2	2140	214	8,00	125	250
220	220	98	12,2	176	8,1	4,9	4,02	21,7	39,5	31,1	3080	278	8,80	162	324
240	240	106	13,1	192	8,7	5,2	4,05	22,1	46,1	36,2	4250	354	9,59	206	412
260	260	113	14,1	208	9,4	5,6	4,01	22,1	53,3	41,9	5740	442	10,4	257	514
280	280	119	15,2	225	10,1	6,1	3,91	22,3	61,0	47,9	7590	542	11,1	316	632
300	300	125	16,2	241	10,8	6,5	3,86	22,3	69,0	54,2	9800	653	11,9	381	762

VIGA V2x

DATOS V2x

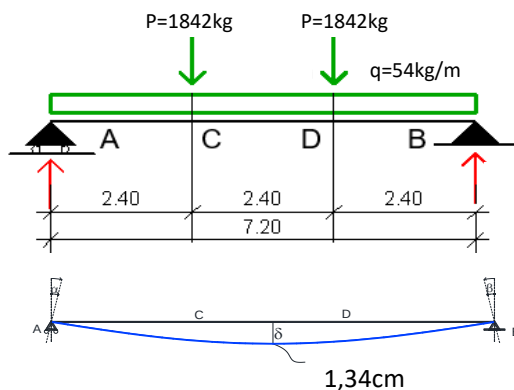
Sección predimensionada $d = L/25 = 720/25 = 28,8$ cm Se adopta Perfil IPN 300

$E = 2.000.000$ kg/cm² (Módulo de Elasticidad del Acero)

$F_y = 2400$ kg/cm² (Tensión de Fluencia)

VERIFICACIÓN DE LA RIGIDEZ

Recordemos que para calcular la deformación utilizamos las **CARGAS DE SERVICIO**:



Deformación Máxima

La deformación es obtenida a través de un programa de cálculo:

$\delta =$	1,34 cm
------------	----------------

Deformación Admisible

Según Cirsoc 301 EL para acero, (tabla del Anexo I pisos susceptibles de fisuración):

$$\delta_{adm} = L/300$$

$$L = 720 \text{ cm}$$

$$\delta_{adm} = 720\text{cm} / 300$$

$\delta_{adm} =$	2,40 cm
------------------	----------------

La deformación debe ser menor que la admisible.

$$\delta \leq \delta_{adm}$$

VERIFICA LA DEFORMACIÓN

VERIFICACIÓN DE LA RESISTENCIA

Ahora pasamos a utilizar las **CARGAS ULTIMAS** obtenidas del TP3:

Cálculo de Esfuerzo de Corte:

$$q_u = 65 \text{ kg/m}$$

$$P_u = 2800 \text{ kg}$$

$$R_a = 3034,00 \text{ kg}$$

$$R_b = 3034,00 \text{ kg}$$



VAi =	0 kg
VAd = 3034 kg =	3034 kg
VCi = 3.034,00 kg - 65 kg/m x 2,4m =	2878 kg
VCd = 2.878,00 kg - 2800 kg =	78
VDi = 78,00 kg - 65 kg/m x 2,4m =	-78
VDd = -78,00 kg - 2.800,00 kg =	-2878 kg
VBi = -2.878,00 kg - 65 kg/m x 2,4m =	-3034 kg
VBd = -3034 kg + 3.034,00 kg =	0

Determinación de "x"

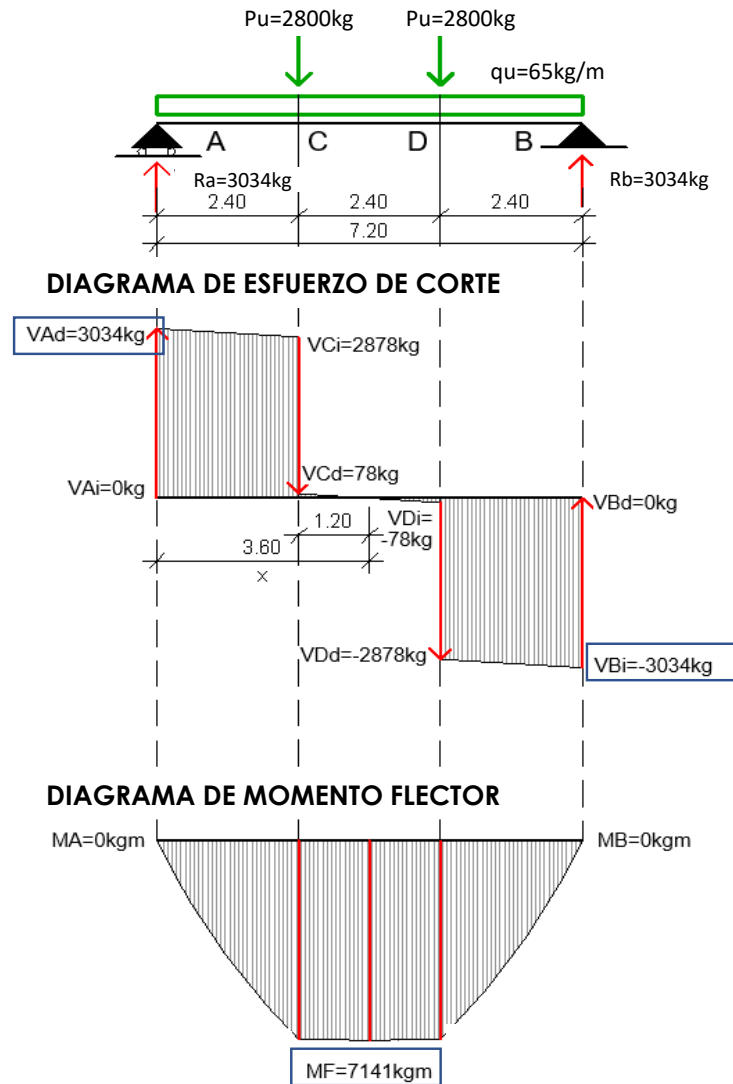
$$VD = 78,00 \text{ kg} - 65 \text{ kg/m} \times 'X' \text{ m} = 0 \text{ kg}$$

$$X = 3034 \text{ kg} / 65 \text{ kg/m} = 1,2 \text{ m}$$

Cálculo de Momentos Flectores:

$$MA = MC = 0 \text{ kgm}$$

$$MF = 3034 \text{ kg} \times 3,6\text{m} - 2800 \text{ kg} \times 1,2\text{m} - 65\text{kg/m} \times 3,6\text{m} \times 3,6\text{m}/2 = 7141 \text{ kgm}$$



Solicitaciones Máximas

$$V_u \max = 3034,00 \text{ kg}$$

$$M_u \max = 7141,20 \text{ kgm}$$

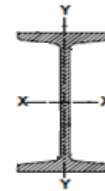
VERIFICACIÓN DE LA RESISTENCIA A FLEXIÓN

Para que una viga resista a Flexión se debe cumplir que el **Momento último máximo M_u** , sea menor o igual que el **Momento Resistente o de Diseño M_d**

$$M_u \leq M_d$$

Como el ejercicio ya tiene predimensionado un perfil metálico, para desarrollar una verificación también se debe:

- Determinar el Módulo Resistente Plástico Z (Tabla de Perfiles).
- Calcular el Momento Plástico $M_p = Z \times F_y$
- Calcular el Momento Resistente o de Diseño $M_d = M_p \times \Phi$
- Comparar



Entramos a la tabla de perfiles y obtenemos, para el perfil:

Area (A)

Momento de Inercia (I_x)

Módulo Resistente Elástico (S_x)

Módulo Resistente Plástico (Z_x)

Nos interesa particularmente el **Módulo Resistente Plástico Z_x** ya que el perfil está trabajando a flexión alrededor del eje x.

Datos para un IPN300:

$$F_y = 2400 \text{ kg/cm}^2$$

$$A = 69 \text{ cm}^2$$

$$Z_x = 762 \text{ cm}^3$$

Momento Plástico

$$M_p = F_y \times Z_x$$

$$M_p = 2400 \text{ kg/cm}^2 \times 762 \text{ cm}^3$$

$$M_p = 1828800 \text{ kgcm}$$

$$M_p = 18288 \text{ kgm}$$

Momento Resistente de Diseño

$$M_d = M_p \times \phi$$

$$M_d = 18288 \text{ kgm} \times 0,9$$

$$M_d = 16459,2 \text{ kgm}$$

Momento Último máximo

$$M_u = 7141,20 \text{ kgm}$$

Comparación (se debe verificar que $M_u \leq M_d$)

$$7141,2 \text{ kgm} < 16459,2 \text{ kgm}$$

VERIFICA A FLEXIÓN

NOTA: Recordar que en el caso de perfiles laminados en caliente no verificamos el pandeo local del alma y el ala y tampoco pandeo lateral torsional debido a que en el ejemplo la viga está vinculada a las vigas terciarias del plano del entrepiso.

VERIFICACIÓN DE LA RESISTENCIA A CORTE

Para que una viga resista a Corte se debe cumplir que el **Corte último máximo V_u** , sea menor o igual a la **Resistencia de Diseño a Corte V_d**

$$V_u \leq V_d$$

Para desarrollar la verificación se debe:

- Calcular Resistencia Nominal a Corte **$V_n = A_w \times 0,6 \times F_y$**
- Calcular Resistencia de Diseño a Corte **$V_d = V_n \times \phi$**
- Comparar

La RESISTENCIA NOMINAL A CORTE que se obtiene multiplicando el area del alma del perfil (A_w) por la Resistencia a corte del Acero ($\tau_y = 0,6 \times F_y$) :

$$F_y = 2400 \text{ kg/cm}^2$$

Datos para un IPN300 (Los valores en la tabla están en mm)

$$h_w = 24,1 \text{ cm}$$

$$t_w = 1,08 \text{ cm}$$

Área del alma del perfil:

$$A_w = h_w \times t_w = 24,1 \text{ cm} \times 1,08 \text{ cm}$$

$$A_w = 26,03 \text{ cm}^2$$

Resistencia Nominal a Corte

$$V_n = A_w \times 0,6 \times F_y$$

$$V_n = 26,03 \text{ cm}^2 \times 0,6 \times 2400 \text{ kg/cm}^2$$

$$V_n = 37480,32 \text{ kg}$$

Resistencia de Diseño a Corte

$$V_d = V_n \times \phi$$

$$V_d = 37480,32 \text{ kg} \times 0,9$$

$$V_d = 33732,29 \text{ kg}$$

Corte Último máximo

$$V_u = 3034,00 \text{ kg}$$

Comparación (se debe verificar que $V_u \leq V_d$)

$$3034 \text{ kg} < 33732,288 \text{ kg}$$

VERIFICA A CORTE

CONCLUSIÓN: Como la viga V2y **VERIFICA** las condiciones de **RIGIDEZ y RESISTENCIA**, entonces la misma está en condiciones de ser utilizada para la función que se le asignó. Podría haberse elegido un perfil de menor dimensión ya que las verificaciones dan holgadas.

Viga Vy1

DATOS V1y

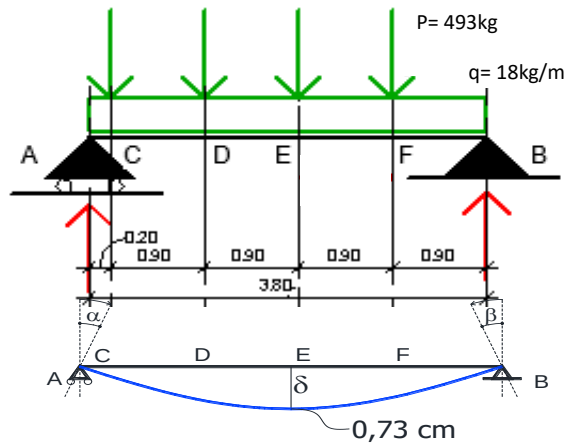
Sección predimensionada $d = L/25 = 380 / 25 = 15,2$ cm se adopta **Perfil IPN 160**

$E = 2.000.000 \text{ kg/cm}^2$ Módulo de Elasticidad del Acero

$F_y = 2400 \text{ kg/cm}^2$ Tensión de Fluencia del Acero

VERIFICACIÓN DE LA RIGIDEZ

Recordemos que para calcular la deformación utilizamos las **CARGAS DE SERVICIO**:



Deformación Máxima

La deformación es obtenida a través de un programa de cálculo:

$$\delta = 0,73 \text{ cm}$$

Deformación Admisible

Según Cirsoc 301 EL para acero, (segundo renglón de la tabla del Anexo I):

$$\delta_{adm} = L/250$$

$$L = 380 \text{ cm}$$

$$\delta_{adm} = 380 \text{ cm} / 250$$

$$\delta_{adm} = 1,52 \text{ cm}$$

La deformación debe ser menor que la admisible.

$$\delta \leq \delta_{adm}$$

VERIFICA LA DEFORMACIÓN

VERIFICACIÓN DE LA RESISTENCIA

Ahora pasamos a utilizar las **CARGAS ULTIMAS** obtenidas del TP3:

Cálculo de Esfuerzo de Corte:

$$\begin{aligned}q_u &= 21,5 \text{ kg/m} \\P_{1u} &= 749 \text{ kg} \\R_a &= 1814,80 \text{ kg} \\R_b &= 1262,90 \text{ kg}\end{aligned}$$



$$\begin{aligned}V_{Ai} &= 0,00 \text{ kg} \\V_{Ad} &= 1.814,80 \text{ kg} = 1814,80 \text{ kg} \\V_{Ci} &= 1.814,80 \text{ kg} - 21,5 \text{ kg} \times 0,2\text{m} = 1810,50 \text{ kg} \\V_{Cd} &= 1.810,50 \text{ kg} - 0,00 \text{ kg} = 1061,50 \text{ kg} \\V_{Di} &= 1.061,50 \text{ kg} - 21,5 \text{ kg} \times 0,9\text{m} = 1042,15 \text{ kg} \\V_{Dd} &= 1.042,15 \text{ kg} - 0,00 \text{ kg} = 293,15 \text{ kg} \\V_{Ei} &= 293,15 \text{ kg} - 21,5 \text{ kg} \times 0,9\text{m} = 273,80 \text{ kg} \\V_{Ed} &= 273,80 \text{ kg} - 749 \text{ kg} = -475,20 \text{ kg} \\V_{Fi} &= -475,20 \text{ kg} - 21,5 \text{ kg} \times 0,9\text{m} = -494,55 \text{ kg} \\V_{Fd} &= -494,55 \text{ kg} - 749 \text{ kg} = -1243,55 \text{ kg} \\V_{Bi} &= -1.243,55 \text{ kg} - 21,5 \text{ kg} \times 0,9\text{m} = -1262,90 \text{ kg} \\V_{Bd} &= -1.262,90 \text{ kg} + 1.262,90 \text{ kg} = 0,00 \text{ kg}\end{aligned}$$

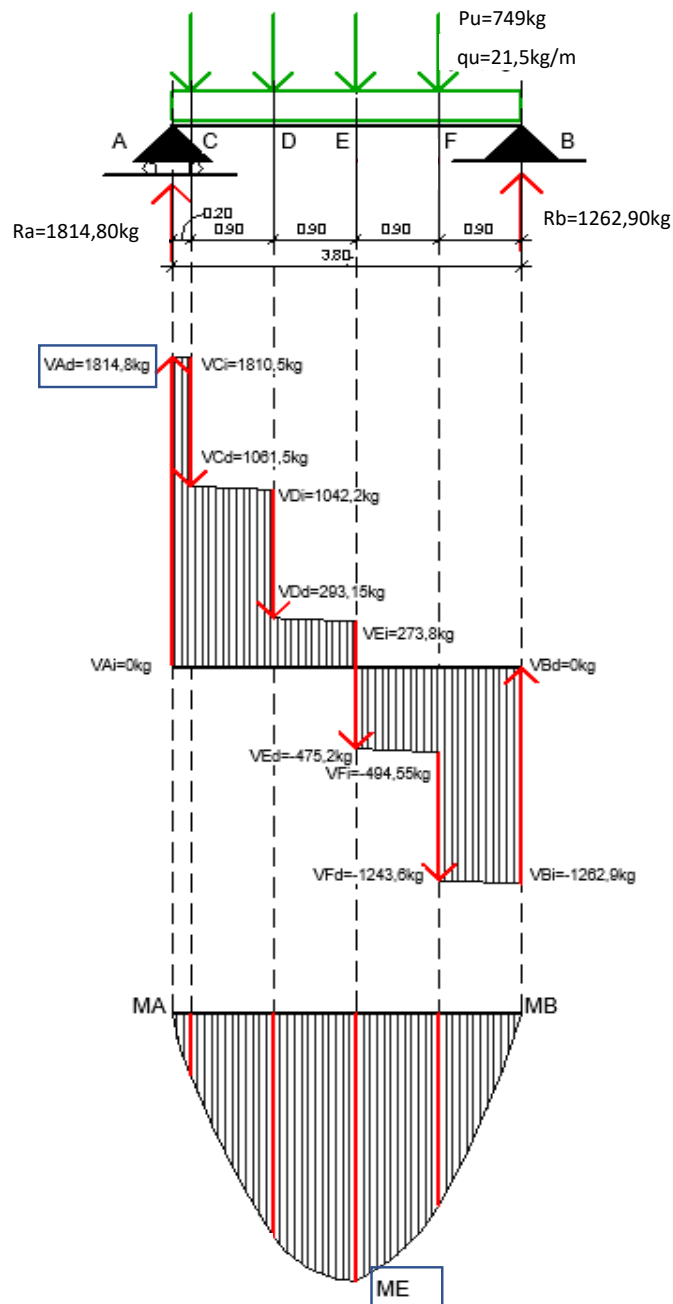
Cálculo de Momentos Flectores:

$$\begin{aligned}M_A &= M_G = 0 \text{ kgm} \\M_E &= 749\text{kg} \times 0,90\text{m} + 21,5\text{kg/m} \times 1,8\text{m} \times 0,9\text{m} - 1262,9\text{kg} \times 1,8\text{m} = -1564,29 \text{ kgm}\end{aligned}$$

Solicitaciones Máximas

$$V_{\max} = 1814,80 \text{ kg}$$

$$M_{\max} = 1564,29 \text{ kgm}$$



VERIFICACIÓN DE LA RESISTENCIA A FLEXIÓN

Para que una viga resista a Flexión se debe cumplir que el **Momento último máximo M_u** , sea menor o igual que el **Momento Resistente o de Diseño M_d**

$$M_u \leq M_d$$

Como el ejercicio ya tiene predimensionado un perfil metálico, para desarrollar una verificación también se debe:

- Determinar el Módulo Resistente Plástico Z (Tabla de Perfiles).
- Calcular el Momento Plástico $M_p = Z \times F_y$
- Calcular el Momento Resistente o de Diseño $M_d = M_p \times \Phi$
- Comparar

Entramos a la tabla de perfiles y obtenemos, para el perfil:

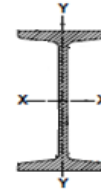
Area (A)

Momento de Inercia (Ix)

Módulo Resistente Elástico (Sx)

Módulo Resistente Plástico (Zx)

Nos interesa particularmente el **Módulo Resistente Plástico Zx** ya que el perfil está trabajando a flexión alrededor del eje x.



Datos para un IPN160:

$$\begin{aligned} F_y &= 2400 \text{ kg/cm}^2 \\ A &= 22,9 \text{ cm}^2 \\ Z_x &= 136 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

Momento Plástico

$$\begin{aligned} M_p &= F_y \times Z_x \\ M_p &= 2400 \text{ kg/cm}^2 \times 136 \text{ cm}^3 \\ M_p &= 326400 \text{ kgcm} \\ M_p &= 3264 \text{ kgm} \end{aligned}$$

Momento Resistente de Diseño

$$\begin{aligned} M_d &= M_p \times \phi \\ M_d &= 3264 \text{ kgm} \times 0,9 \\ M_d &= 2937,6 \text{ kgm} \end{aligned}$$

Momento Último máximo

$$M_u = 1564,29 \text{ kgm}$$

Comparación (se debe verificar que $M_u \leq M_d$)

$$1564,29 \text{ kgm} < 2937,6 \text{ kgm} \quad \text{VERIFICA A FLEXIÓN}$$

NOTA: Recordar que en el caso de perfiles laminados en caliente no verificamos el pandeo local del alma y el ala y tampoco pandeo lateral torsional debido a que en el ejemplo la viga está vinculada al plano del entrepiso.

VERIFICACIÓN DE LA RESISTENCIA A CORTE

Para que una viga resista a Corte se debe cumplir que el **Corte último máximo V_u** , sea menor o igual a la **Resistencia de Diseño a Corte V_d**

$$V_u \leq V_d$$

Para desarrollar la verificación se debe:

- Calcular Resistencia Nominal a Corte **$V_n = A_w \times 0,6 \times F_y$**
- Calcular Resistencia de Diseño a Corte **$V_d = V_n \times \phi$**
- Comparar

La RESISTENCIA NOMINAL A CORTE que se obtiene multiplicando el area del alma del perfil (A_w) por la Resistencia a corte del Acero ($\tau_y = 0,6 \times F_y$) :

$$F_y = 2400 \text{ kg/cm}^2$$

Datos para un IPN160:

$$h_w = 12,5 \text{ cm}$$

$$t_w = 0,63 \text{ cm}$$

Área del alma del perfil:

$$A_w = h_w \times t_w = 12,5 \text{ cm} \times 0,63 \text{ cm}$$

$$A_w = 7,88 \text{ cm}^2$$

Resistencia Nominal a Corte

$$V_n = A_w \times 0,6 \times F_y$$

$$V_n = 7,88 \text{ cm}^2 \times 0,6 \times 2400 \text{ kg/cm}^2$$

$$V_n = 11340 \text{ kg}$$

Resistencia de Diseño a Corte

$$V_d = V_n \times \phi$$

$$V_d = 11340 \text{ kg} \times 0,9$$

$$V_d = 10206,00 \text{ kg}$$

Corte Último máximo

$$V_u = 1814,80 \text{ kg}$$

Comparación (se debe verificar que $V_u \leq V_d$)

$$1814,8 \text{ kg} < 10206 \text{ kg}$$

VERIFICA A CORTE

CONCLUSIÓN: Como la viga V2y **VERIFICA** las condiciones de **RIGIDEZ y RESISTENCIA**, entonces la misma está en condiciones de ser utilizada para la función que se le asignó. Podría haberse utilizado un perfil menor, aunque es posible que la elección contemple otros aspectos constructivos como por ejemplo incorporar el espesor del steel deck dentro de la altura del perfil.