

ESTRUCTURAS III

Ing. Alejandro Velastegui Cáceres MsC.

PREDISEÑO VIGAS SECUNDARIAS

Predimensionamiento de Vigas Secundarias

Para el predimensionamiento de las vigas secundarias se debe tomar en cuenta la disposición adoptada, según la figura 227. En líneas segmentadas se muestra el ancho cooperante para una viga secundaria, cuyo valor es 1.65 m.

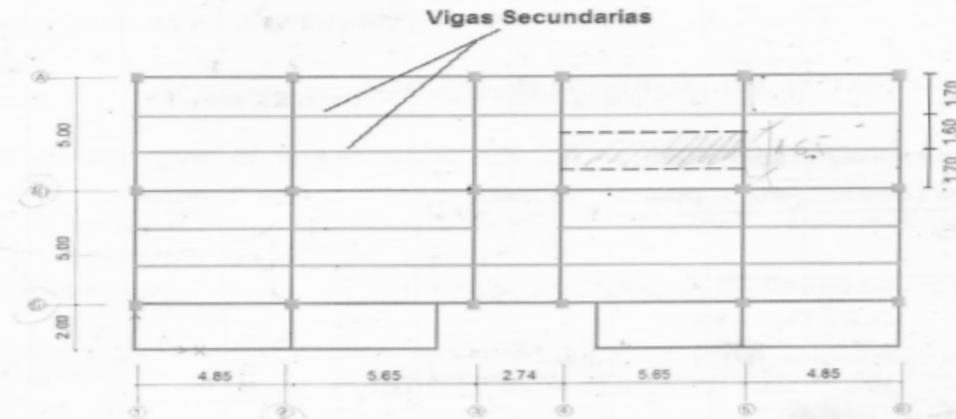


Figura 227: Disposición de vigas secundarias

Las conexiones entre vigas secundarias y vigas principales se consideran flexibles o simplemente apoyadas. En estructuras de acero, el tipo de conexión entre elementos estructurales es un tema sumamente importante y que requiere de un análisis con mayor detenimiento, en páginas posteriores se amplía el tema de conexiones en edificios.

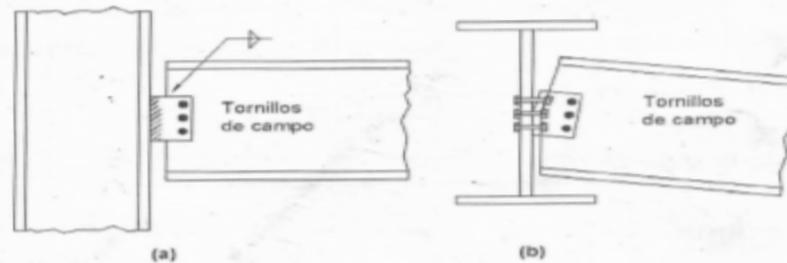


Figura 228: Conexiones flexibles

En la figura 228, se presenta dos conexiones flexibles, en la primera se muestra la conexión entre una viga y una columna (figura 228 a), mientras que

en la segunda se grafica la flexión de una conexión simple entre viga secundaria y viga primaria (figura 228 b).

Se hace notar al lector que si durante la etapa de diseño se asume una condición de simple apoyo, dicha condición deberá trasladarse a la etapa de construcción, caso contrario si por la condición de apoyo se generan momentos no considerados en el diseño, dichos momentos podrían hacer fallar las conexiones.

Para el predimensionamiento de las vigas secundarias se tomará como referencia la viga secundaria que tiene 5.65 m de longitud y un ancho cooperante de 1.65 m, con esta información se tiene que:

$$\text{Carga Permanente+ Peso propio de Losa} = 474.38 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

$$\text{Carga Viva} = 200 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

Con fines de prediseño se desprecia el peso propio de la viga secundaria, y se trabaja con la siguiente combinación de carga LRFD.

$$U = 1.2D + 1.6L$$

$$U = 1.2(474.38 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}) + 1.6(200 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2})$$

$$U = 889.26 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$$

Multiplicando por el ancho cooperante se obtiene la carga por longitud uniformemente distribuida:

$$U = 889.26 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} * 1.65\text{m} = 1.47 \frac{\text{t}}{\text{m}}$$

Con esta información se procede a determinar el momento positivo máximo para la viga simplemente apoyada. Adicionalmente se determina las reacciones en los apoyos, que las vigas secundarias transmitirán a las vigas principales.

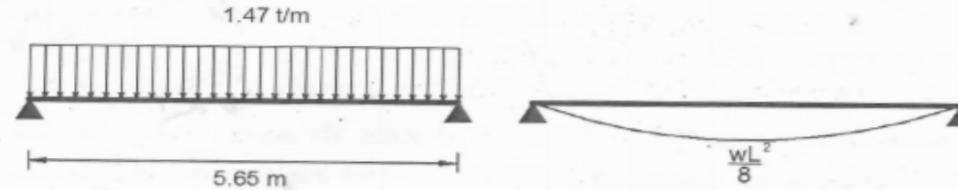


Figura 229: Esquema de viga simplemente apoyada

$$Mu = \frac{wL^2}{8}$$

$$Mu = \frac{1.47 \frac{t}{m} * (5.65 m)^2}{8} = 5.85 tm$$

$$R_1 = \frac{1.47 \frac{t}{m} * 5.65 m}{2} = 4.15 t$$

Mediante la siguiente expresión se calcula el valor del módulo plástico requerido $Z_{x_{req}}$.

$$Z_{x_{req}} = \frac{Mu}{\phi_b * f_y}$$

$$Z_{x_{req}} = \frac{5.85 tm * 10^5}{0.9 * 2534 \frac{kg}{cm^2}} = 256.73 cm^3$$

Ahora con ayuda de las tablas correspondientes publicadas por el AISC-LRFD, se selecciona un elemento comercial cuyo módulo de sección plástico sea similar al módulo de sección requerido.

Las tablas presentadas en el AISC están publicadas en unidades inglesas y para elementos **Laminados en Caliente**, por lo que en primera instancia se tiene que transformar las unidades, y por otra parte se debe tomar en cuenta que en nuestro país no se dispone de todas estas secciones, por lo que será necesario utilizar elementos conformados mediante soldadura (vigas armadas). No obstante con fines de predimensionamiento el procedimiento es válido.

$$Z_{x_{req}} = 256.73 \text{ cm}^3 = 15.67 \text{ pulg}^3$$

Vigas de Alma Llena

Las tablas del AISC-LRFD, presentan secciones para vigas de alma llena. Este tipo de vigas es ampliamente utilizado en la construcción de edificios de acero.

Tabla 23. Tabla de propiedades de vigas I

Table 1-1 (continued) W Shapes Properties														 W12 - W10	
Nom- inal Wt. lb/ft	Compact Section Criteria		Axis X-X				Axis Y-Y				r_h in.	r_o in.	Torsional Properties		
	b_f in.	t_w in.	I in. ⁴	S in. ³	r in.	Z in. ³	I in. ⁴	S in. ³	r in.	Z in. ³			J in. ⁴	C_w in. ⁶	
58	7.82	27.0	475	78.0	5.28	96.4	107	21.4	2.51	32.5	2.82	11.6	2.10	3570	
53	8.69	28.1	425	70.6	5.23	77.9	95.8	19.2	2.48	29.1	2.79	11.5	1.58	3160	
50	6.31	26.6	391	64.2	5.18	71.9	56.3	13.9	1.96	21.3	2.25	11.6	1.71	1880	
45	7.00	29.6	348	57.7	5.15	64.2	50.0	12.4	1.95	19.0	2.23	11.5	1.26	1650	
40	7.77	33.6	307	51.5	5.13	57.0	44.1	11.0	1.94	16.5	2.21	11.4	0.906	1440	
35	6.31	36.2	285	45.6	5.25	51.2	24.5	7.47	1.54	11.5	1.79	12.0	0.741	879	
30	7.41	41.8	238	38.6	5.21	43.1	20.3	6.24	1.52	9.56	1.77	11.9	0.457	720	
26	8.54	47.2	204	33.4	5.17	37.2	17.3	5.34	1.51	8.17	1.75	11.8	0.300	607	
22	4.74	41.8	156	25.4	4.91	29.3	4.66	2.31	0.848	3.66	1.04	11.9	0.293	164	
19	5.72	46.2	130	21.3	4.82	24.7	3.76	1.88	0.822	2.98	1.02	11.8	0.180	131	
16	7.53	49.4	103	17.1	4.67	20.1	2.82	1.41	0.773	2.26	0.962	11.7	0.103	96.9	
14	8.82	54.3	88.6	14.9	4.62	17.4	2.36	1.19	0.753	1.90	0.962	11.7	0.0704	80.4	
112	4.17	10.4	716	126	4.66	147	236	45.3	2.68	68.2	3.07	10.1	15.1	6020	
100	4.62	11.6	623	112	4.60	130	207	40.0	2.65	61.0	3.03	10.0	10.9	5150	
88	5.18	13.0	534	95.5	4.54	113	179	34.8	2.63	53.1	2.99	9.85	7.53	4330	
77	5.86	14.8	455	85.9	4.49	97.6	154	30.1	2.60	45.9	2.95	9.73	5.11	3630	
68	6.58	16.7	394	75.7	4.44	85.3	134	26.4	2.59	40.1	2.91	9.63	3.50	3100	
60	7.41	18.7	341	66.7	4.39	74.6	116	23.0	2.57	35.0	2.88	9.54	2.48	2640	
54	8.15	21.2	303	60.0	4.37	66.6	103	20.6	2.56	31.3	2.86	9.48	1.82	2320	
49	8.93	23.1	272	54.6	4.35	60.4	93.4	18.7	2.54	28.3	2.84	9.42	1.39	2070	
45	6.47	22.5	248	49.1	4.32	54.9	53.4	13.3	2.01	20.3	2.27	9.48	1.51	1200	
39	7.53	25.0	209	42.1	4.27	46.8	45.0	11.3	1.96	17.2	2.24	9.39	0.976	992	
33	9.15	27.1	171	35.0	4.19	38.8	36.6	9.20	1.94	14.0	2.20	9.30	0.583	791	
30	5.70	29.5	170	32.4	4.38	36.6	16.7	5.75	1.37	8.84	1.60	10.0	0.622	414	
26	6.56	34.0	144	27.9	4.35	31.3	14.1	4.69	1.36	7.50	1.58	9.89	0.402	345	
22	7.99	36.9	118	23.2	4.27	26.0	11.4	3.97	1.33	6.10	1.55	9.81	0.239	275	
19	5.09	35.4	96.3	18.8	4.14	21.6	4.29	2.14	0.874	3.35	1.06	9.65	0.233	104	
17	6.08	36.9	81.9	16.2	4.05	18.7	3.56	1.78	0.845	2.80	1.04	9.78	0.156	85.1	
15	7.41	38.5	68.9	13.8	3.96	16.0	2.89	1.46	0.810	2.30	1.01	9.72	0.104	68.3	

El lector podrá notar que existen varias secciones cuyos valores de Z son similares al requerido. En la Tabla 23 (Table 1-1), se muestran dos que

cumplen con los requerimientos, las secciones son W10x17 y W10x15. Es importante dar a conocer al lector que la letra W corresponde a la forma de la sección, en este caso es una sección (Wide), el primer número corresponde al peralte de la sección en pulgadas y el segundo número el peso de la sección en lb/pie.

Entre los criterios para seleccionar una sección de viga, sea secundaria o primaria, se mencionan los siguientes:

- Se procurará en lo posible, seleccionar el perfil más liviano pero que cumpla y satisfaga la demanda de esfuerzos requeridos.
- Se recomienda tomar en cuenta los criterios para limitar las deflexiones, puesto que deflexiones excesivas pueden dañar los elementos adyacentes. Adicionalmente la apariencia de las estructuras se ve afectada por deflexiones excesivas y la estructura generará una sensación de inseguridad.
- Conviene adoptar un peralte adecuado para limitar las vibraciones.

Con respecto a los dos últimos criterios, es una práctica común limitar las vibraciones seleccionando vigas con un peralte no menor que $L/20$, en donde L es la luz del claro considerado. Criterios adicionales para la determinación del peralte se exponen a continuación:

$\frac{L}{24}$: Para vigas simplemente apoyadas.

$\frac{L}{20}$: Para minimizar la sensación de que el piso se mueve con el paso de las personas.

$\frac{f_y * L}{800}$: Para vigas totalmente esforzadas que se usan para piso, en donde f_y está expresado en ksi y la luz del claro L en pulgadas. Para trabajar con f_y en

kg/cm², y L en cm, en lugar de dividir para 800, divida para 56300, y obtendrá el peralte en cm.

Es claro que estas guías pueden ser alteradas para otras condiciones como: voladizos, extremos empotrados, contraflechas de fabricación, las cuales reducen la deflexión.

Las secciones publicadas por el AISC son de fácil adquisición en los Estados Unidos, sin embargo en el país solo pueden encontrarse algunas de ellas, por lo que como alternativa, el diseñador puede plantear una viga armada, conformada por placas de acero para las alas y el alma. Existen parámetros adicionales que deberán ser revisados como por ejemplo: Verificar si se trata de una sección compacta, revisar la relación ancho espesor, pandeo local, etc.

Se plantea dos alternativas que cumplen con los requisitos de módulo de sección plástico, las dos secciones tienen aproximadamente la misma inercia, como es sabido dos maneras de conseguir inercia son: con material, o con geometría, siendo la segunda opción la mejor en términos de eficiencia y peso.

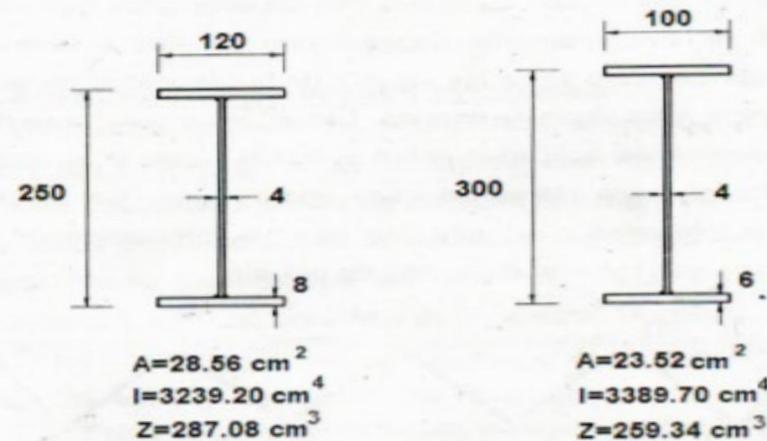


Figura 230: Secciones de vigas secundarias propuestas

De las dos opciones mostradas, la segunda viga es más liviana por lo que será una mejor opción siempre y cuando no existan limitaciones desde el punto de

vista arquitectónico. Fácilmente se puede seguir encontrado secciones adecuadas para nuestros requerimientos, pero obviamente este procedimiento implicaría una inversión adicional de tiempo. Como se mencionó anteriormente, el ETABS dispone de una rutina de autoselección de elementos, para ello se debe proveer al programa una lista de secciones de entre las cuales el programa seleccionará aquella que resulte óptima. Similar procedimiento se utilizará para los restantes elementos estructurales, no obstante es importante presentar el fundamento teórico.

Vigas de Alma Abierta

A criterio de muchos diseñadores, las vigas de alma abierta son las más convenientes para pisos de edificios con cargas relativamente ligeras y para estructuras en las cuales no hay mucha vibración. Por lo general entre más ligera sea la carga y mayor el claro, más económico resulta el sistema de vigas de alma abierta. Se debe evitar tener grandes cargas concentradas o tratar el tema con especial atención. Adicionalmente, las instalaciones y ductos se pueden disponer fácilmente a través de este tipo vigas.

Las vigas de alma abierta son utilizadas con separaciones que van desde 50 cm hasta 2.50 m, evidentemente dependiendo del tipo y resistencia de la cubierta que cubre el claro entre las vigas y de la capacidad de las vigas para transmitir las cargas a las vigas de soporte. Las vigas de celosía se diseñan para resistir cargas uniformes aplicadas sobre el borde superior. A veces las vigas de celosía para grandes claros se usan como vigas que soportan cargas concentradas a intervalos que coinciden con las intersecciones verticales y diagonales en la parte superior de la viga de celosía.

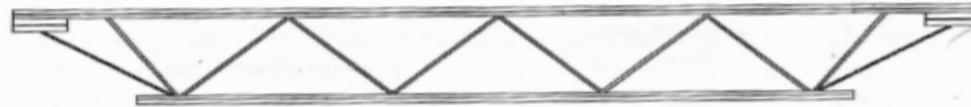


Figura 231: Típica viga de acero de alma abierta

Los peraltes usados normalmente van desde 20 cm hasta 70 cm con incrementos de 5 cm y se usan para claros de hasta aproximadamente 20 m.

Las vigas de alma abierta se diseñan principalmente en forma de vigas armadura con apoyo simple y carga distribuida uniformemente sobre el borde superior.

Cuando las vigas no están apoyadas lateralmente de alguna u otra manera, se requiere el uso de miembros estructurales de acero continuos (puntales), los cuales estarán sujetos a las cuerdas superiores e inferiores para fijar las vigas de alma abierta, para así evitar la torsión y el pandeo, dichos elementos serán situados a intervalos que dependen de la longitud del claro.

Al igual que para las vigas de alma llena, existen catálogos de los fabricantes en los cuales se muestran las características de las secciones de vigas de celosía.¹¹ En el Ecuador este tipo de vigas se fabrican a partir de perfiles conformados en frío, típicamente ángulos para el tejido y perfiles U para los cordones superiores e inferiores, incluso pueden fabricarse con varillas. El Etabs solamente permite modelar las viguetas de alma abierta disponibles en catálogos de fabricantes norteamericanos, por lo que se debe utilizar procedimientos alternos para modelar las vigas de alma abierta que se fabrican en el país.¹¹