

PIEZAS DE DIRECTRIZ RECTA SOMETIDAS A FLEXIÓN (VIGAS)

GENERALIDADES

Las vigas se clasifican en

- 1.- Vigas de alma llena: En la que tendremos
 - a.-Perfiles laminados sencillos o compuestos;
 - b.-Vigas armadas; mediante chapas soldadas entre sí.
- 2.- Vigas en celosía

Para luces y cargas moderadas se utilizan vigas constituidas por perfiles laminados sencillos o múltiples.

Para mayores luces o cargas, normalmente se utilizan vigas de celosía.

El nombre de alma llena se aplica por no estar aligerada dicha parte, al contrario de lo que ocurre en las vigas de celosía.

Por motivos económicos; se suele preferir el empleo en primer lugar de los perfiles laminados y luego de las vigas armadas. Así mismo, por economía del material se utilizan las vigas de celosía en lugar de las armadas aunque su ejecución requiera una mayor mano de obra.

CÁLCULO DE VIGAS

CÁLCULO GENERAL A FLEXIÓN SIMPLE.

En vigas resueltas con perfiles laminados, los que se utilizan frecuentemente son el IPN y el IPE; el perfil HEB no es económico puesto que a igualdad de módulo resistente W_x ; con el perfil IPN utiliza mayor sección de acero.

Tanto los perfiles IPN como los IPE se pueden reforzar con platabandas para aumentar su módulo de inercia y su módulo resistente.

Con esta disposición estamos aumentando la inercia

Repasando un poco lo que es la flexión

Tenemos que la tensión de los puntos a una altura y de la sección.

;

Estas han sido las tensiones normales a una sección, provocadas por el flector.

Vemos las tensiones tangenciales ; provocadas por el esfuerzo cortante

La expresión

MOMENTO ESTÁTICO DE LA SECCIÓN COMPRENDIDA ENTRE y RESPECTO A LA FIBRA NEUTRA (respecto $\bar{x}$)

ESPESOR DEL ALMA.

Esto se simplifica dando un valor cero en las alas y constante en el alma, y el valor que se toma es

ALTURA DEL ALMA.

En vigas cortas y muy cargadas donde pueda ser importante se afinará el cálculo de utilizándose la expresión exacta. Tendremos que la comprobación de la sección sometida a flexión simple se realizará utilizando la expresión de la condición de agotamiento en un estado plano de tensiones que es

Por lo tanto en una sección; en un punto tal como este $\underline{A}$ deberíamos comprobar que

y que para un punto tal como el $\underline{B}$

;;

CÁLCULO DE DEFORMACIONES.

Las flechas se calcularán con el de la sección bruta, las flechas de una viga de celosía puede asimilarse a la de una viga de alma llena cuyo sea igual al 75% del correspondiente a los cordones. La flecha en el centro del vano, de una viga de alma llena apoyada de sección constante y constituida por un perfil simétrico de canto y luz ; puede calcularse mediante la fórmula

MÁXIMA TENSIÓN PRODUCIDA POR EL MÁXIMO MOMENTO FLECTOR;

COEFICIENTE QUE DEPENDE DEL TIPO DE APOYO DE LA VIGA Y DEL TIPO DE CARGA.

(Tabla 3.4.4.1 pág.147. Valores del coeficiente)

PANDEO LATERAL DE VIGAS.

En la flexión de vigas; el cordón o ala sometido a compresión puede verse afectado por el fenómeno de pandeo; según sea su esbeltez mecánica, dicho pandeo tendrá lugar en el plano perpendicular a la viga, ya que en el propio plano de la viga el alma de la misma lo impedirá. Por lo tanto deberá comprobarse la seguridad de una viga o pieza flectada al pandeo lateral.

Si la viga es de celosía, se comprobará el pandeo del cordón comprimido conforme a la teoría general de barras comprimidas.

La longitud de pandeo se decidirá en función de la distancia entre puntos que coarten dicho posible pandeo lateral; no entre nudos de viga.

CORDÓN 1. COMPRIMIDO.

CORDÓN 2. TRACCIONADO.

Esto lo veíamos anteriormente con los diagramas de tensiones; puesto que en la sección de la viga.

Todo dependerá del sentido de los momentos flectores.

En cada caso vemos como se deforma la viga, ello se nos da a conocer por la ley de flectores.

Tendremos que se producirá un pandeo de tal manera que el perfil pueda hacer una cosa así.

Según la norma, no es necesaria la comprobación de seguridad al pandeo lateral cuando la viga soporte o esté incluida en un forjado o cubierta de rigidez suficiente para que pueda considerarse que se realiza un arriostramiento continuo del cordón comprimido. Tampoco es necesaria la comprobación cuando el cordón comprimido de la viga esté firmemente inmovilizado en sentido transversal en puntos aislados cuya distancia sea igual o menor que 40 veces el radio de giro de dicho cordón comprimido.

RADIO DE GIRO CORRESPONDIENTE AL EJE DE INERCIA CONTENIDO EN EL PLANO DEL ALMA.

El forjado impedirá el pandeo lateral del cordón comprimido siempre que las uniones viga-forjado sean capaces de absorber el cortante originado por el pandeo, este cortante se evalúa igual a

MÁXIMO ESFUERZO DE COMPRESIÓN DEBIDO AL MOMENTO FLECTOR.

Para comprobar el pandeo lateral debe cumplirse en la viga, la condición

MÁXIMO MOMENTO FLECTOR PONDERADO QUE ACTÚA SOBRE LA VIGA O TRAMO DE LA MISMA CONSIDERADO.

MOMENTO CRÍTICO DEL PANDEO LATERAL.

El Momento Crítico en las piezas flectadas, es aquel que de alcanzarse origina inestabilidad o pérdida de la forma original en el cordón comprimido. Depende de la forma de la sección, de la distribución de las cargas solicitantes y de la posición de las mismas respecto al baricentro (c.d.g.)

VALOR DEL MOMENTO CRÍTICO PARA VIGAS DE SECCIÓN SIMÉTRICA SENCILLA O PUNTUAL Y PARA CUALQUIER TIPO DE SOLICITACIÓN O SECCIÓN DE CARGA.

LONGITUD DE PANDEO LATERAL DEL CORDÓN COMPRIMIDO.

MOMENTO DE INERCIA DE LA VIGA RESPECTO AL EJE Y-Y.

MÓDULO DE TORSIÓN DE LA SECCIÓN DE LA VIGA.

En este tipo de secciones tendríamos

Por lo tanto hallaríamos el momento crítico en esa fórmula, y comprobaríamos que en ese momento crítico.

Estas fórmulas son válidas en el dominio elástico; es decir si la tensión crítica

LÍMITE DE PROPORCIONALIDAD DEL ACERO.

LÍMITE ELÁSTICO DEL ACERO.

DOMINIO ANELÁSTICO.

Debemos entrar con el valor de la tensión crítica

(Tabla 3.4.5.3 pág.149. Coeficiente de reducción anelástica)

Tendremos por lo tanto un Momento Crítico Real

Cuestiones Adicionales

1. –Para aplicar el Método del Momento Crítico es necesario que la viga tenga sección simétrica, en caso contrario se aplica el método aproximado consistente en suponer que el cordón comprimido esta aislado respecto al alma de la viga y sometido a la carga centrada ; se le estudia como barra sometida a compresión centrada que intenta pandear en el plano exterior al de la viga.

Tenemos la sección de la viga, sometida a una flexión de tal manera que tomemos un cordón comprimido y otro traccionado.

ÁREA DEL CORDÓN COMPRIMIDO.

VALOR QUE DEBEMOS APLICAR PARA ESTUDIAR LA BARRA POR EL MÉTODO APROXIMADO.

2.– En las vigas continuas; en las zonas de apoyo el cordón comprimido es el inferior, por lo que las viguetas del forjado o tablero no impiden el pandeo lateral si no se dispone cartelas de rigidización.

Una manera de arriostrar una viga sometida a flexión.

El sistema aquí expuesto no sirve para el caso anterior; en la zona del tramo central de la viga continua sometida a tracción.

Lo que se dice aquí, es que se suelden cartelas para rigidizar.

Hemos de tener en cuenta que tenemos que rigidizar la zona comprimida.

3.– Las vigas armadas se utilizan cuando las cargas exteriores son de tal magnitud que los perfiles laminados no alcanzan las características mecánicas necesarias.

El espesor t del alma para las vigas biapoyadas se toma dentro de los siguientes valores.

h (mm)	t (mm)
$H < 600$	$6 < t < 8$
$600 < h < 1000$	$10 < t < 12$
$h > 1000$	$t > 12$

También se puede practicar la expresión

Argüelles recomienda

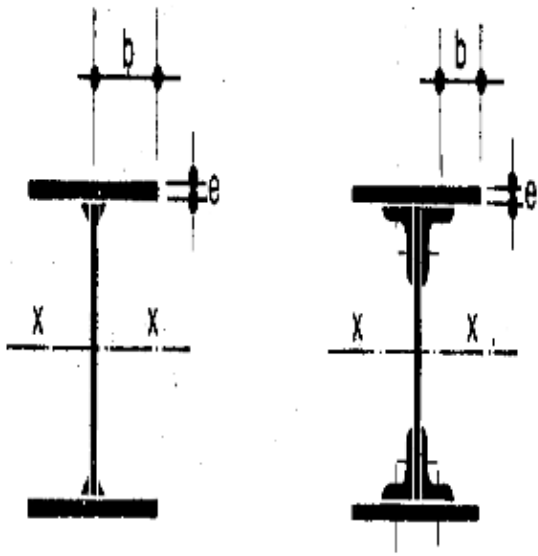
a esto se le llama canto económico.

El número de platabandas para conformar los cordones será de tres, llegando como máximo a cuatro; con espesores no mayores de 15 (mm) y nunca mayores de 30 (mm) por soldabilidad pudiendo construirse mayor el cordón comprimido por trabajar a pandeo.

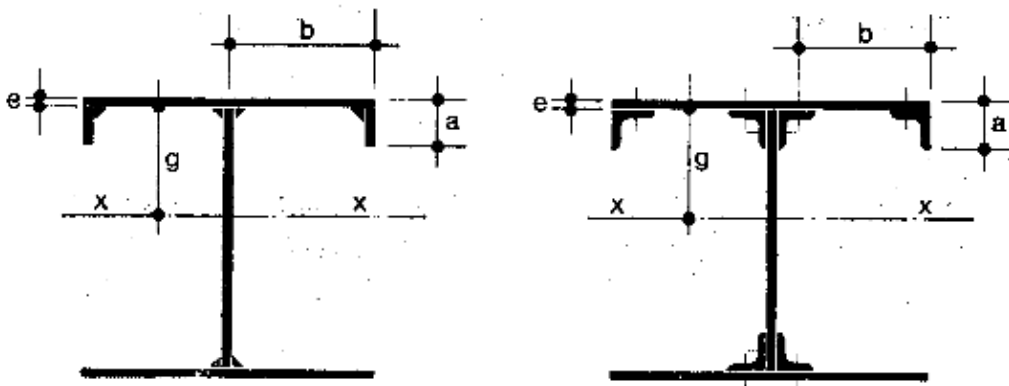
4.– En las vigas armadas las platabandas que conforman el cordón comprimido no deben sobresalir mucho del alma de la viga, debido a las deformaciones locales.

Las platabandas que constituyen el ala comprimida de una viga armada cuya dimensión b satisfaga las condiciones, que se indican continuación, no necesita ser comprobadas a pandeo local.

A.- ALAS CON BORDES LIBRES.



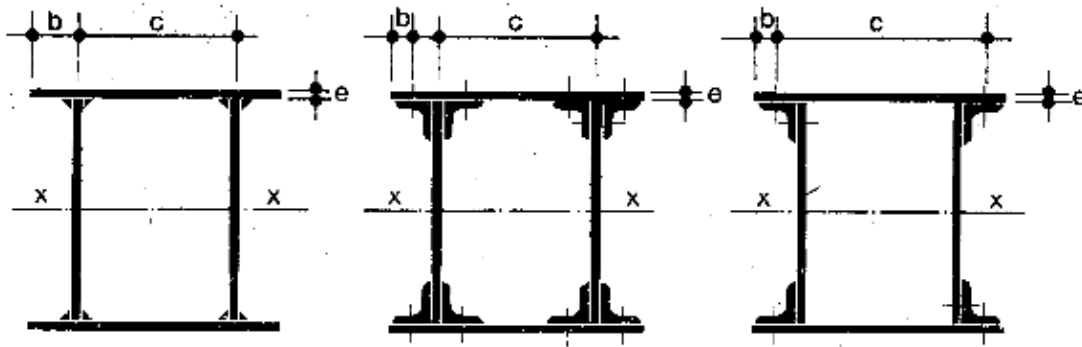
B.- ALAS CON BORDES RIGIDIZADOS.



ALTURA DE LA PARTE COMPRIMIDA DEL ALMA.

ALTURA DE LOS RIGIDIZADORES.

C.- ALA DE UNA VIGA CON DOS ALMAS.



5.- En vigas armadas o también en vigas de celosía, al ser el momento flector variable con objeto de economizar material se adaptan sus secciones transversales a los diferentes valores de M^* , según el diagrama de momentos. Esta forma de construcción es sólo válida para vigas de cierta importancia y grandes luces. Así en el diagrama de momentos flectores se establecen dos o más escalones discretizando dicho diagrama; el diagrama de momentos flectores de agotamiento a lo largo de la viga debe envolver al de momentos flectores ponderados que actúa sobre ella. Las platabandas sobrepasarán el punto a partir del cual ya no son necesarias en una longitud tal que para vigas remachadas sea por lo menos la colocación de dos filas de roblones o tornillos; y en platabanda soldada sea por lo menos igual a la mitad de ancho de dicha platabanda.

Ahora el $M_{\text{máx}}$ que aguanta la viga será mayor. Cuando discretizamos una viga; esta ha de ser una envolvente de la ponderada.

6.- Limitaciones de las flechas de las vigas.

Los valores máximos de la relación flecha-luz que se pueden adoptar son los siguientes.

- vigas o viguetas de cubierta 1/250
- vigas de hasta 5 mts de luz y viguetas de forjado que no soporten muros de fábrica 1/300
- vigas de mas de 5 mts de luz; que no soporten muros de fábrica 1/400
- vigas y viguetas de forjado; que soporten muros de fábrica 1/500
- ménsulas con la flecha medida en el extremo libre 1/300
- cualquier otro elemento (a menos que se justifique debidamente) 1/500

ESTUDIO DE LA ABOLLADURA DEL ALMA.

En vigas armadas; se disponen montantes o rigidizadores cuya misión es evitar la abolladura del alma.

Si tenemos una visión longitudinal de la viga; y tomamos un tramo del alma; sobre el tramo señalado tendremos tensiones normales y tangenciales.

Se procede a la colocación de dos chapas, una a cada lado, soldadas y es lo que denominamos rigidizadores.

¿Cuándo comprobaremos la abolladura del alma?

SEGÚN LA EA-95, NO ES NECESARIO COMPROBAR LA ABOLLADURA DEL ALMA EN LOS CASOS SIGUIENTES.

NO ES RECOMENDABLE NUNCA QUE

CASOS

1.- ABOLLADURA DEL ALMA PRODUCIDA POR CARGAS CONCENTRADAS.

Estas pueden ser reacciones de los apoyos, o cargas puntuales, la EA-95 indica que se colocarán rigidizadores del alma en todos los puntos de la viga en los que actúen cargas concentradas.

Para dimensionar los rigidizadores debidos a cargas concentradas se calcularán a compresión centrada, con longitud h_a y considerando la sección resistente compuesta por el propio rigidizador y una zona del alma igual a veinte veces su espesor.

Será necesario el cálculo del pandeo de esta sección en el caso de que la esbeltez lo requiera; si en puntos de la viga sometidos a cargas concentradas no se disponen rigidizadores, se efectuará la comprobación a pandeo local del alma considerando comprimida una zona eficaz de dicha alma igual a veinte veces su espesor.

En este caso de una viga sometida a tres cargas puntuales, colocamos los rigidizadores en los puntos señalados y calculamos a compresión centrada.

Esta es la sección, con que realizamos el cálculo a compresión centrada y la correspondiente comprobación a pandeo.

De tener un rigidizador sólo en una parte de la viga sería exactamente igual.

2.- ABOLLADURA DEL ALMA PRODUCIDA POR TENSIONES DE COMPRESIÓN.

Puede producirse el abollamiento del alma debido a las tensiones normales de compresión debidas a M^* y Q^* ; en el interior de los rectángulos definidos por los rigidizadores colocados debido a cargas concentradas. La solución está en colocar otros rigidizadores intermedios que reduzcan las dimensiones de los rectángulos primitivos. Cualquiera de los rectángulos en que hayamos dividido el alma de la viga, estará sometido a

1.- Flexión pura

2.- Cizalladura

3.- Flexión simple y

4.- Flexión compuesta ; y

Esto significa que en los bordes del rectángulo debido a la flexión, existirán tensiones normales de igual o diferente magnitud y de igual o diferente signo.

Por consiguiente, vemos que estos rectángulos podrán tener

CÁLCULO DE LA TENSION CRÍTICA DE ABOLLADURA.

La tensión crítica de Euler, según la EA-95 es

Coeficiente de Poisson.

Sustituyendo esos dos valores tendremos que

Esta es la expresión de tensión crítica de abolladura de Euler; tendremos los siguientes casos de comparación.

A.–Si el rectángulo está sometido sólo a tensiones normales en sus bordes tendremos que

TENSIÓN CRÍTICA IDEAL DE ABOLLADURA, EN LOS BORDES DEL RECTÁNGULO

TABLA 3.4.6.A EA–95 (Pág. 152)

B.–Sólo tensiones tangenciales en los bordes del rectángulo

TABLA 3.4.6.A (Pág. 152)

C.– Tensiones normales de máximo valor y tangenciales

y IGUAL QUE EN EL CASO ANTERIOR.

RELACIÓN DE VALORES EXTREMOS TENSIONES TANGENCIALES (TABLA 3.4.6.A Pág. 152)

En los rectángulos debe cumplirse que

Esto es válido si ; (Dominio elástico)

Si tenemos que dominio anelástico

TABLA 3.4.5.3

TABLA 3.4.6.B ;

RIGIDIZADORES.

Cuando no fuesen suficientes los rigidizadores transversales para asegurar la estabilidad del alma frente al fenómeno de abolladura, se dispondrá además un rigidizador longitudinal en la zona comprimida de tal forma que la relación sea ó ; entonces se volverá a comprobar el rectángulo superior y se utilizará en el cálculo de , en sustitución de .

- Rigidizador longitudinal

El Momento de Inercia de un rigidizador transversal para que pueda considerarse como ultra-rígido, deberá cumplir

RESPECTO A UN EJE CONTENIDO EN EL PLANO DE SIMETRÍA DEL ALMA.

El Momento de Inercia de un rigidizador longitudinal respecto al plano de simetría del alma para que pueda considerarse como ultra-rígido, debe cumplir

ESPESOR.

EMPALME DE VIGAS.

Los perfiles laminados tienen una longitud comercial de 12 a 18 metros, es debido a esto que en determinados casos se precisa hacer uniones, bien en taller i en obra. Así mismo por razones de montaje los largos de viga están supeditados a los medios auxiliares de elevación y transporte de que se disponga.

En taller se ejecutarán los empalmes por soldadura a tope; preferentemente, ya que la norma dispone que no se precisan calcular en este tipo de uniones. En obra se utiliza mas generalmente el empalme con cubre-juntas disponiéndose este en las secciones de la viga menos solicitadas por los esfuerzos.

Unión a tope.

Con cubrejuntas.

(1) CUBREJUNTAS ALA.

(2) CORDÓN SOLDADURA.

(3) CUBREJUNTAS ALMA.

EN ROJO RESALTAMOS LOS ESFUERZOS EN LAS CUBREJUNTAS.

El empalme con cubrejuntas, se calcula de la siguiente manera. Se supone que el Momento flector M^* existente en la sección de la unión, es soportado por el total de los cubrejuntas en la unión y que el esfuerzo cortante Q^* lo resisten únicamente los cubrejuntas del alma.

La sección resistente en la unión es la formada por el perfil y el cubrejuntas de alma.

Cubrejuntas de ala.

El momento M^* solicitante, se admite que se reparte entre los cubrejuntas de ala y alma, en proporción a sus momentos de inercia.

Debido a en las alas; en los cubrejuntas de las alas aparecerán fuerzas de compresión y tracción cuyo valor será

Si es la sección transversal de los cubrejuntas de alas, la condición de seguridad a comprobar será

Los cordones de soldadura se comprobarán como cordones laterales o frontales, sometidos al esfuerzo de compresión o tracción.

Cubrejuntas de alma.

;;

Por lo tanto en las almas la condición de seguridad será (en un estado de tensiones plano)

Y los cordones de soldadura se comprobarán como unión; solicitada a torsión y esfuerzo cortante, resuelta mediante dos cordones y uno frontal.

VIGAS CARRIL.

Este tipo de vigas están sometidas a fuerzas dinámicas verticales y horizontales.

Los tipos de esfuerzos a que están sometidos son fuerzas verticales, el peso propio y las reacciones de las ruedas; fuerzas horizontales tendremos reacciones transversales y reacciones longitudinales. Las reacciones longitudinales se absorben con pórticos de frenado; situados en las hileras de pilares, las demás reacciones o acciones se han de considerar directamente en el cálculo de la viga carril. Las reacciones de las ruedas y

transversales tienen valores máximos y mínimos; según se considere la posición extrema del carro.

CARRO PUENTE-GRÚA

(1) PUENTE-GRÚA.

Las reacciones de las ruedas y las transversales van a tener valores máximos y mínimos dependiendo de la posición del carro.

La flecha máxima admisible en vigas-carriles puede ser de

La viga-carril se proyecta como isostática o como continua; como viga continua resulta un cálculo más favorable; pero constructivamente suele ser peor por tener que ejecutar en obra los empalmes de la misma.

23

PIEZAS DE DIRECTRIZ RECTA SOMETIDAS A FLEXIÓN (VIGAS)

1.b)

1.a)

Cordón inferior

Cordón superior

Alma

2)

Platabandas

τ^*

Simplif.

τ^*

Diagrama

Diagrama

σ^*

$\sigma_{\max}^*$

B

y

A

ha

h

Sección deformada

2'

2

1'

1

comprimido

traccionado

+

C

C

T

T

C

T

+

-

-

Cordón comprimido

Plano de pandeo

N_c^*

N_c^*

t3

t2

t1

b3

b2

b1

hs

Cordón comprimido

Nc*

M*

DEFORMADA

T

T

T

T

C

C

C

C

lp

vigueta

t

h

M'máx

Mmáx

Mmáx

M*

La otra platabanda por simetría.

Hemos de reforzar; por lo que soldamos una platabanda

y

b

b

b

h

ha

e

e

d

τ

σ

Rigidizadores

t

Cordón de soldadura

P

P

P

ha

20 t

10 t

10 t

20 t

σ_2^*

σ_2^*

σ_1^*

σ_1^*

d

ha

$$\sigma_2^*$$

$$\sigma_2^*$$

d

ha

$$\sigma_1^*$$

$$\sigma_1^*$$

(1)

ha

e

(1)

Debemos comprobar el cálculo del rectángulo superior

h'

h'

Cordón de soldadura

h

(3)

(2)

(1)

Q*

M*

N*

N*

tc

hc

MOVIMIENTO DEL PUENTE-GRÚA

MOVIMIENTO DEL CARRO

(1)

VIGAS CARRIL