

**APA**

# Vigas I Clasificadas por Desempeño

**GUÍA PARA DISEÑO/CONSTRUCCIÓN**



Las recomendaciones en este documento están basadas en el método de diseño por esfuerzos permisibles (DEP) definido en los Reglamentos y Normas de Construcción de los Estados Unidos

## ADVERTENCIA

Las recomendaciones en este documento están basadas en el método de diseño por esfuerzos permisibles (DEP) definidas en los Reglamentos y Normas de Construcción en los Estados Unidos.

Los espaciamientos entre apoyos y de los conectores en este documento siguen las prácticas comunes de construcción en los Estados Unidos y se basan en las mediciones del sistema inglés. Se usan valores “nominales” o redondeados para indicar los equivalentes métricos para espaciamiento de apoyos y conectores. Las medidas exactas para el espaciamiento de las vigas I están enlistadas abajo. Los valores nominales métricos equivalentes a las medidas del sistema inglés se muestran en el texto, las figuras y tablas en este documento.

<b>CONVERSIONES MÉTRICAS</b>	
<b>Espaciamiento nominal entre apoyos mm</b>	<b>Espaciamiento real entre apoyos mm (pulgadas)</b>
400	406 (16)
500	488 (19.2)
600	610 (24)
800	813 (32)
1200	1219 (48)

## LAS VIGAS I APA® CLASIFICADAS POR DESEMPEÑO PROVEEN UNA SELECCIÓN DE CALIDAD PARA PISOS RESIDENCIALES

Las vigas I Clasificadas por Desempeño APA (VICD®) proveen una alternativa de alto desempeño a las vigas de madera aserrada para aplicaciones en pisos residenciales. Esta guía le ayudará a utilizar las VICDs APA de manera eficiente llevándolo paso a paso a través de las etapas de selección del producto, especificación e instalación.

La marca registrada APA EWS significa que los fabricantes de vigas I están comprometidos con las estrictas normas de calidad de APA, y que las VICDs están fabricadas de acuerdo con las normas PRI-400 por sus siglas en inglés, Normas de Desempeño para vigas I APA EWS. Los rigurosos programas de verificación de la calidad y pruebas de APA están diseñados para asegurar desempeños de los productos consistentes y confiables.

La norma PRI-400 les da a los productos una normatividad mientras proveen al usuario con una amplia variedad de situaciones de diseño y construcción. La norma provee información de diseño para numerosos tipos y tamaños de vigas I. Ahora los proyectistas y constructores pueden seleccionar y utilizar vigas I de varios fabricantes miembros de APA, utilizando solamente un conjunto de criterios de diseño e instalación. Debido a que las normas PRI pueden ser seleccionadas basadas en sus claros permisos para pisos residenciales encolados y clavados cargados uniformemente, es muy fácil incorporarlos en su diseño.

Aunque esta guía enfatiza los sistemas de construcción de pisos residenciales, mucha de la información básica de diseño puede ser usada para otras aplicaciones de construcción. Para aplicaciones que van más allá del alcance de este documento, se requiere una revisión por parte de un diseñador profesional. (Vea la tabla 8 para propiedades de diseño.)

Simple de especificar. Fáciles de instalar. Las vigas I APA clasificadas por desempeño son la selección correcta para la construcción de pisos residenciales.



## SELECCIONANDO VIGAS I APA CLASIFICADAS POR DESEMPEÑO

### Descripción del producto

La viga I APA clasificada por desempeño (PRI) es un miembro de madera de ingeniería estructural con forma de I diseñado para usar en la construcción de pisos residenciales. El producto se prefabrica utilizando patines de madera aserrada o madera compuesta y almas fabricadas con placas de madera estructural, unidas con adhesivos para uso exterior. Para ser clasificadas como una viga I APA, la viga se limita a una máxima deflexión por carga viva de  $L/480$  (donde  $L$  = claro) para aplicaciones de pisos residenciales encolados y clavados, un criterio que provee un desempeño superior del piso.

TABLA 1

#### CLAROS PERMISIBLES (m) PARA VIGAS I CLASIFICADAS POR DESEMPEÑO APA EWS—CLARO SIMPLE ÚNICAMENTE<sup>a,b,c,d</sup>

Peralte	Designación de la Viga	Claros Simples			
		Espaciamiento Centro a Centro (mm)			
		300	400	500	600
9-1/2" (241 mm)	PRI-20	4.93	4.52	4.27	3.99
	PRI-30	5.21	4.75	4.50	4.19
	PRI-40	5.41	4.95	4.67	4.37
	PRI-50	5.44	4.98	4.70	4.39
	PRI-60	5.69	5.21	4.90	4.57
11-7/8" (302 mm)	PRI-20	5.87	5.38	5.08	4.75
	PRI-30	6.20	5.66	5.36	5.00
	PRI-40	6.45	5.89	5.56	5.08
	PRI-50	6.45	5.92	5.59	5.21
	PRI-60	6.76	6.17	5.84	5.44
	PRI-70	7.01	6.38	6.02	5.61
	PRI-80	7.47	6.81	6.40	5.97
14" (356 mm)	PRI-90	7.67	6.99	6.60	6.15
	PRI-40	7.32	6.68	6.25	5.59
	PRI-50	7.34	6.71	6.32	5.92
	PRI-60	7.67	7.01	6.63	6.17
	PRI-70	7.95	7.24	6.83	6.38
16" (406 mm)	PRI-80	8.46	7.72	7.26	6.76
	PRI-90	8.71	7.92	7.47	6.96
	PRI-40	8.10	7.39	6.73	6.02
	PRI-50	8.13	7.42	7.01	6.15
	PRI-60	8.51	7.77	7.32	6.83
16" (406 mm)	PRI-70	8.79	8.03	7.57	7.04
	PRI-80	9.37	8.53	8.05	7.49
	PRI-90	9.63	8.76	8.26	7.70

## Notas:

- El claro libre permisible es aplicable a la construcción de pisos residenciales de claro simple con una carga de diseño de 0.48 kPa y una carga viva de 1.92 kPa. La deflexión por carga viva está limitada al claro/480.
- Los claros están basados en un piso compuesto con revestimiento clavado y encolado que cumple los requerimientos del revestimiento clasificado APA o el tablero Clasificado STURD-I-FLOOR conforme con las normas PS 1, PS 2, CSA O325, OCS 0437 con una Categoría de Desempeño mínima de 19/32 (40/20 o 20 c.a.c.) para un espaciamiento de vigas de 500 mm o menos, o una Categoría de Desempeño 23/32 (48/24 o 24 c.a.c.) para un espaciamiento de vigas de 600 mm. El adhesivo deberá cumplir con la norma ASTM D3498 o la Especificación APA AFG-01. Los claros se deberán reducir 300 mm cuando el revestimiento del piso esté clavado únicamente.
- La longitud mínima de apoyo deberá ser de 45 mm para los apoyos extremos.
- No se requieren rigidizadores cuando las vigas I se usan con los claros y espaciamientos dados en esta tabla, excepto cuando se requiera por los fabricantes de conectores.

TABLA 2

**CLAROS PERMISIBLES (m) PARA VIGAS I CLASIFICADAS POR DESEMPEÑO APA EWS—CLARO MÚLTIPLE ÚNICAMENTE<sup>a,b,c,d</sup>**

Peralte	Designación de la Viga	Claros múltiples			
		Espaciamiento Centro a Centro (mm)			
		300	400	500	600
9-1/2" (241 mm)	PRI-20	5.36	4.90	4.65	4.09
	PRI-30	5.66	5.18	4.88	4.57
	PRI-40	5.89	5.38	4.98	4.45
	PRI-50	5.92	5.41	5.11	4.75
	PRI-60	6.20	5.66	5.33	4.98
11-7/8" (302 mm)	PRI-20	6.40	5.84	5.11	4.09
	PRI-30	6.73	6.17	5.74	4.57
	PRI-40	7.01	6.22	5.66	5.05
	PRI-50	7.04	6.43	6.07	4.90
	PRI-60	7.37	6.73	6.35	5.92
	PRI-70	7.62	6.96	6.55	5.64
	PRI-80	8.13	7.39	6.99	6.48
14" (356 mm)	PRI-90	8.38	7.62	7.16	6.65
	PRI-40	7.90	6.83	6.22	5.56
	PRI-50	8.00	7.29	6.15	4.90
	PRI-60	8.38	7.65	7.21	6.02
	PRI-70	8.66	7.90	7.06	5.64
	PRI-80	9.22	8.41	7.90	7.29
16" (406 mm)	PRI-90	9.50	8.64	8.13	7.57
	PRI-40	8.51	7.37	6.71	5.99
	PRI-50	8.84	7.39	6.15	4.90
	PRI-60	9.27	8.46	7.54	6.02
	PRI-70	9.58	8.48	7.06	5.64
	PRI-80	10.21	9.30	8.76	7.29
	PRI-90	10.49	9.55	8.99	8.10

## Notas:

- El claro **libre** permisible es aplicable a la construcción de pisos residenciales de claro simple con una carga de diseño de 0.48 kPa y una carga viva de 1.92 kPa. Los claros extremos serán 40% o más que los claros adyacentes. La deflexión por carga viva se limita al claro/480.
- Los claros están basados en un piso compuesto con revestimiento clavado y encolado que cumple los requerimientos del revestimiento clasificado APA o el tablero Clasificado STURD-I-FLOOR conforme con las normas PS 1, PS 2, CSA O325, OCS O437 con una Categoría de Desempeño mínima de 19/32 (40/20 o 20 c.a.c.) para un espaciamiento de vigas de 500 mm o menos, o una Categoría de Desempeño 23/32 (48/24 o 24 c.a.c.) para un espaciamiento de vigas de 600 mm. El adhesivo deberá cumplir con la norma ASTM D3498 o la Especificación APA AFG-01. Los claros se deberán reducir 300 mm cuando el forro del piso esté clavado únicamente.
- La longitud mínima de apoyo deberá ser de 45 mm para los apoyos extremos y 90 mm para los apoyos intermedios.
- No se requieren rigidizadores cuando las vigas I se usan con los claros y espaciamientos dados en esta tabla, excepto cuando se requiera por los fabricantes de conectores.

Las vigas I APA clasificadas por desempeño se identifican por su peralte seguido de la serie de las vigas, tal como PRI-30, la cual tiene propiedades de diseño únicas.

Las vigas I APA se fabrican con tolerancias estrictas de acuerdo con las siguientes características:

- **Los patines** son de madera aserrada o de compuestos estructurales, tal como madera laminada con chapas (LVL). El patín superior es del mismo tipo y clase de material que el patín inferior. El tamaño neto del patín depende de la serie de la viga.
- **Las almas** consisten de placas de madera estructural, las cuales puede ser de madera contrachapada o de OSB. Todos los paneles se clasifican como Exposición 1 o Exterior y son de Categoría de Desempeño 3/8 o mayor.
- Todas las vigas I se ensamblan utilizando adhesivo de tipo exterior, resistente al calor conforme a las normas ASTM D2559 y D7247.
- Las vigas I APA están disponibles en cuatro peraltes: 9-1/2 (241 mm), 11-7/8 (302 mm), 14 (356 mm) y 16 pulgadas (406 mm).
- Las vigas I del mismo peralte se fabrican con varios anchos de patín; el ancho del patín es una consideración de diseño importante cuando se especifican conectores especiales de placa.
- La mayoría de las plantas suministran las vigas I a los distribuidores y concesionarios en longitudes de hasta 18 m. Estos se cortan en las longitudes más usuales, de 5 a 11 m en incrementos de 0.6 m para envío al sitio de la obra. Consulte a su suministrador local para conocer la disponibilidad.

### Claros permisibles para pisos residenciales

La designación específica de la viga I requerida para su aplicación particular se determina fácilmente seleccionando el claro requerido y escogiendo la viga I que cumple con sus criterios de claro, espaciamiento y carga uniforme.

Las tablas 1 y 2 son para aplicaciones de claros simples o múltiples, respectivamente. El uso de estas tablas le proveerá los máximos claros para los espaciamientos y condiciones de claro indicados.

Para ilustrar la selección de un producto viga I APA, suponga un claro simple de diseño de 4.90 m. Por razones arquitectónicas limite el peralte de la viga a 302 mm y el espaciamiento entre vigas a 500 mm c.a.c. de los datos para 241 mm y 302 mm en la tabla 1, busque hacia abajo en la columna de espaciamiento c.a.c. de 500 mm. Para peraltes de 241 mm, seleccione la viga **PRI-60 de 9-1/2" (241 mm)**, y para peraltes de 302 mm, note que **cualquier** serie de vigas funcionará.

Aunque cualquiera de las vigas I mostradas en las tablas 1 y 2 pueden estar disponibles en cualquier área de mercado específico, deberá verificar la disponibilidad de cualquier viga antes de la selección del producto final.

Los claros permisibles en las tablas en esta guía de diseño indican **el claro libre** permisible para varios espaciamientos de vigas bajo cargas de piso uniforme típicas de la construcción residencial (carga viva de 1.92 kPa y carga muerta de 0.48 kPa) para sistemas encolados y clavados.

Los claros mostrados en las tablas 1 y 2 se basan en un espaciamiento especificado para las vigas de 600 mm o menos. Adicionalmente el revestimiento o cubierta del piso debe estar encolado en la obra y clavado a los patines de la viga I para alcanzar los claros permisibles para las vigas I. El uso de estas tablas de claros está limitado a condiciones de carga uniforme y los claros para pisos con vigas I no deberán exceder estos claros permisibles. Las vigas I APA pueden ser usadas para otras aplicaciones, tales como techos, para soportar cargas lineales o concentradas, entre otros tipos de carga cuando están diseñadas adecuadamente utilizando las propiedades de diseño especificadas en la tabla 8.

## CONSIDERACIONES PARA DISEÑO POR FUEGO

Para disminuir o prevenir la dispersión del fuego, los reglamentos de construcción requieren que se usen ensamblajes resistentes al fuego o clasificados contra el fuego en ciertas ubicaciones, ocupaciones y tipos de edificios. Hay numerosos ensamblajes para cielos rasos de piso clasificados contra fuego que incorporan vigas I y paneles estructurales de madera. Estos ensamblajes de cielo raso para piso y cielo raso para techo con resistencia de una hora están enlistados en el Directorio de Resistencia al Fuego de U.L. y están reconocidos como construcciones clasificadas contra el fuego por los reglamentos de construcción. La mayoría incluye una capa de tableros de yeso de 15.9 mm o 12.7 mm como componentes de resistencia al fuego.

## ARMADO TÍPICO DE LOS PISOS Y DETALLES DE CONSTRUCCIÓN

### Notas para instalación:

1. La instalación de las vigas I APA será como se muestra en la figura 1.
2. Excepto por el corte longitudinalmente, los patines de las vigas I **nunca** deberán cortarse, perforarse o hacerle muescas.
3. Instale las vigas I de tal manera que los patines superior e inferior no queden a más de 13 mm del alineamiento vertical real.
4. Las cargas concentradas deberán aplicarse solamente en la superficie superior del patín superior. No deberán suspenderse cargas concentradas del patín inferior con la excepción de cargas ligeras, tales como ventiladores de techo o lámparas.
5. Las vigas I deberán protegerse del clima antes de la instalación.
6. Las vigas I no deben usarse en aplicaciones donde estén permanentemente expuestas a la intemperie, o que puedan alcanzar un contenido de humedad de 16 por ciento o mayor, tal como albercas o áreas con tinas (jacuzzi). No deben instalarse donde estén en contacto directo con el concreto o la mampostería.
7. La longitud de apoyo en el extremo debe ser por lo menos de 45 mm. Para vigas de claros múltiples, la longitud del soporte intermedio debe ser por lo menos de 90 mm.
8. El extremo de las vigas de piso deberá restringirse para prevenir que se ladeen. Utilice Tableros de Borde APA Clasificadas por Desempeño o paneles de bloqueo hechos con vigas I.
9. Las vigas I instaladas debajo de los muros de soporte perpendicular a las vigas deberán tener placas de bloqueo en todo el peralte, tableros de borde APA Clasificadas por Desempeño o bloques especiales para transferir las cargas gravitacionales que están arriba del sistema de piso al muro inferior o a la cimentación.
10. Para las vigas I instaladas directamente debajo de los muros de carga paralelos a las vigas o utilizados como bloques o tableros de borde la máxima carga vertical permisible cuando se usa una sola viga I es de 29.2 kN/m, y 58.4 kN/m si se usan vigas I dobles.

- 11.** Se requiere soporte lateral continuo para los patines de compresión de las vigas I para prevenir rotación y pandeo lateral. En usos de claro simple, el soporte lateral del patín superior normalmente es proporcionado por el recubrimiento o cubierta del piso. En aplicaciones de claros múltiples o voladizos, también se requiere arriostamiento del patín inferior de las vigas I en los apoyos interiores de las vigas de claros múltiples y en el apoyo extremo junto a la extensión del voladizo. Los extremos de todas las extensiones del voladizo deben estar arriostados lateralmente, como se muestra en las Figuras 3, 4, 5a o 5b.
- 12.** Los clavos instalados en la cara del patín o en el canto deberán estar espaciados de acuerdo con los requerimientos aplicables del reglamento de construcción o de los planos de construcción aprobados, pero no podrán ponerse más cerca de lo especificado en la Tabla 3.
- 13.** Los detalles de la Figura 1 en las páginas siguientes muestran solamente requerimientos específicos para conectores de vigas I. Para otros requerimientos de conectores consulte el reglamento de construcciones aplicable.



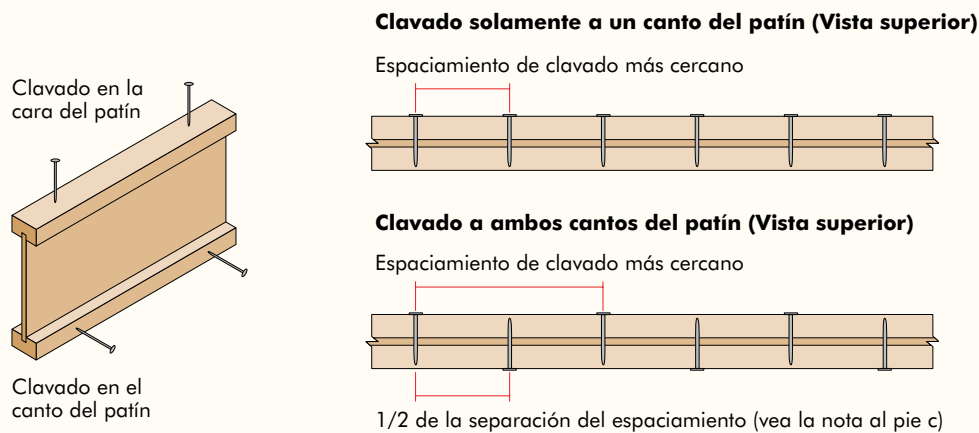
TABLA 3

**ESPACIAMIENTO MÁS CERCANO RECOMENDADO PARA CONECTORES DE RECUBRIMIENTOS A LOS PATINES DE VIGAS I APA EWS PARA MINIMIZAR EL RAJADO<sup>a</sup>**

Material	Tamaño de Conector (diámetro x longitud)	Clavado en la Cara del Patín <sup>b</sup>		Clavado en el Canto del Patín <sup>c</sup>		
		Distancia al Extremo (mm)	Espaciamiento de Clavos (mm)	Distancia al Extremo (mm)	Espaciamiento de Clavos (mm)	
					Clavado a un solo canto del patín	Clavado a ambos cantos del patín
Patín de madera de 38 mm de grosor y de 65 mm de ancho y mayor	3.25 mm o menor en diámetro y 85 mm o más corto en longitud (clavos para caja 8d o ahogado, 10d para caja o ahogado, o 12d para caja)	50	50	50	50	100
	Mayor de 3.25 mm hasta 3.76 mm de diámetro y 85 mm o más corto en longitud (8d común, 10d común, 12d ahogado o común, o 16d ahogado)	50	75	50	75	150
Patín de LVL de 35 mm de grueso y mayor 38 mm de ancho y mayor	3.25 mm o menor en diámetro y 85 mm o más corto en longitud (clavos para caja 8d o ahogado, 10d para caja o ahogado, o 12d para caja)	75	75 <sup>d</sup>	75	75	150
	Mayor de 3.25 mm hasta 3.76 mm de diámetro y 85 mm o más corto en longitud (8d común, 10d común, 12d ahogado o común, o 16d ahogado)	75	75	75	75 <sup>e</sup>	150 <sup>e</sup>

Notas:

- Vea la figura abajo.
- Si se requiere más de una fila, coloque las filas con una separación mínima de 13 mm a tresbolillo.
- El espaciamiento de clavos más cercano se mide desde un extremo del patín. Los clavos sobre los cantos de los patines opuestos deben estar separados en la mitad del espaciamiento mínimo.
- El espaciamiento de clavos más cercano puede reducirse a 50 mm si el ancho del patín es de 45 mm o mayor.
- Limitado a clavos de 3.33 x 65 mm (clavos comunes 8d) o más pequeños.



**PRESIONE LOS NÚMEROS EN LOS CÍRCULOS PARA LOS DETALLES**

FIGURA 1

**ARMAZÓN TÍPICA PARA PISOS CON VIGAS I CLASIFICADAS POR DESEMPEÑO Y CONSTRUCCIÓN**

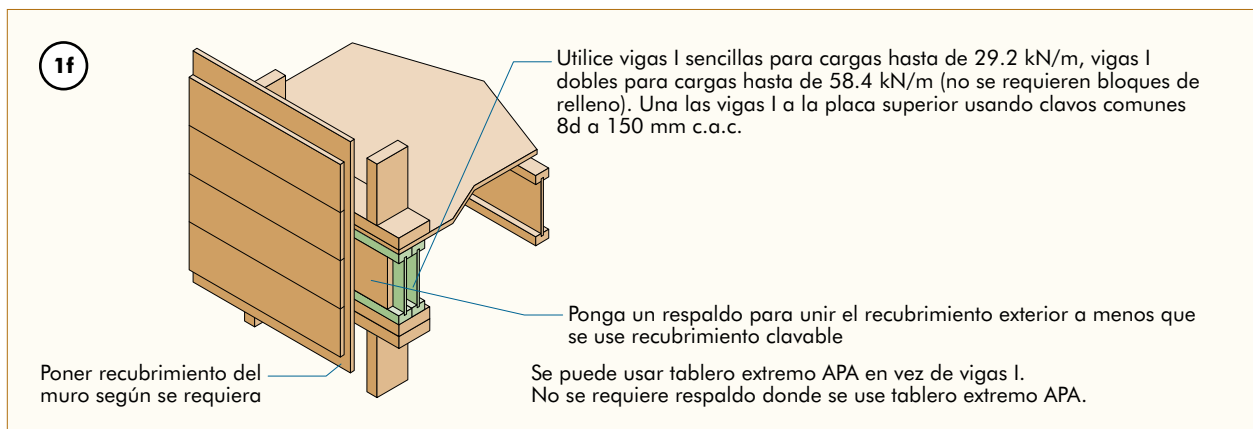
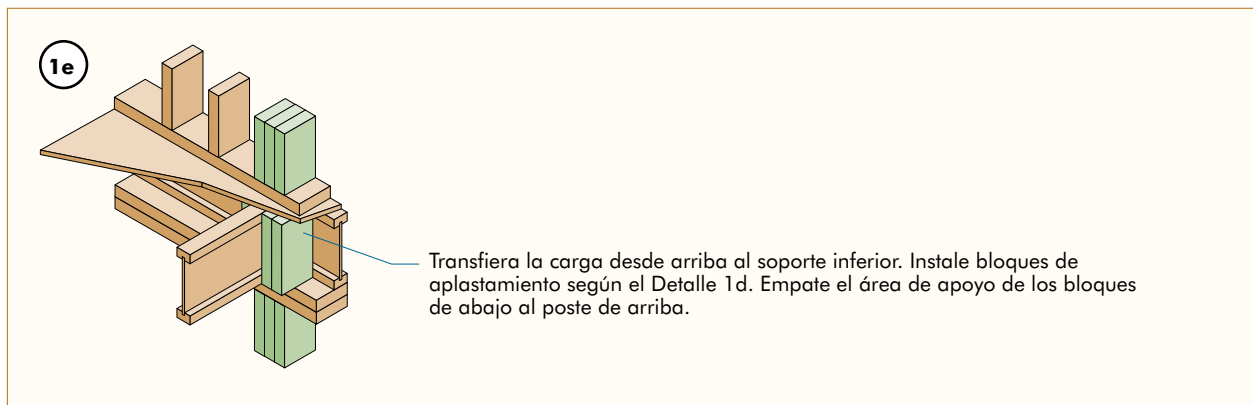
<b>Placa de bloqueo o Viga Extremo</b>	<b>Capacidad de transferencia de carga vertical uniforme<sup>a</sup></b>
Vigas clasificadas PRI	(kN/m.l) (29.2)

Notas:

- a. La capacidad de carga vertical uniforme está limitada a un peralte de viga de 406 mm (16 pulg) o menos y no será incrementada para ninguna duración de carga menor que la normal (10 años). No será usada en el diseño de un miembro en flexión tal como viga, cabezal o larguero. Para capacidad de transferencia de carga vertical, vea 1d.

Todos los clavos que se muestran en los detalles de las figuras de arriba son clavos comunes a menos que se indique lo contrario. Los clavos para cajas 10d (3.25 mm x 75 mm) pueden ser sustituidos por clavos comunes 8d (3.33 mm x 65 mm) mostrados en los detalles. Los componentes individuales no se muestran a escala por claridad del dibujo.

Todos los clavos que se muestran en los detalles de las figuras de arriba son clavos comunes a menos que se indique lo contrario. Los clavos para cajas 10d (3.25 mm x 75 mm) pueden ser sustituidos por clavos comunes 8d (3.33 mm x 65 mm) mostrados en los detalles. Los componentes individuales no se muestran a escala por claridad del dibujo.



Todos los clavos que se muestran en los detalles de las figuras de arriba son clavos comunes a menos que se indique lo contrario. Los componentes individuales no se muestran a escala por claridad del dibujo.

**1g**

Adhiera las vigas según el Detalle 1b

Los muros de carga de arriba deberán alinearse verticalmente con los muros de abajo. Otras condiciones, tales como muros separados, no están cubiertos por este detalle.

Se requiere bloqueo sobre todos los apoyos interiores bajo los muros de carga o cuando las vigas del piso no son continuas sobre los apoyos. En zonas de alta sismicidad (SDC D<sub>or</sub>, D<sub>1</sub>, D<sub>2</sub>) el IRC requiere bloqueo en todos los apoyos intermedios. El IBC, requiere bloqueo en todos después de los apoyos en todas las categorías de diseño sísmico (SDC).

Clavos comunes 8d a cada 150 mm c.a.c. a la placa superior

Bloqueo con tableros de vigas I según el Detalle 1a

**1h**

**Bloque de respaldo (utilice si la carga del conector excede 1.1 kN)**

Antes de instalar un bloque de respaldo a una viga I doble, clave 3 clavos comunes 10d adicionales a través de las almas y el bloque de relleno en donde se ajustará el bloque de respaldo. Dele vuelta a la punta del clavo. Instale el respaldo ajustado al patín superior. Utilice 12 clavos comunes 10d, con la punta doblada cuando sea posible. La máxima capacidad para el conector para este detalle = 5.7 kN.

BLOQUES DE RESPALDO (los bloques deben ser suficientemente largos para permitir el clavado requerido sin rajarse).

Ancho del patín	Grosor del material requerido <sup>a</sup>	Peralte mínimo <sup>b</sup>
38 mm	15 mm	140 mm
45 mm	18 mm	140 mm
60 mm	25 mm	185 mm
65 mm	25 mm	140 mm
90 mm	36 mm	185 mm

Notas:

- La clase mínima para el material de los bloques de respaldo deberá ser Utility de la especie SPF (sur) o mejor para madera aserrada y recubrimiento clasificados o Piso Sencillo para tableros estructurales de madera
- Para conectores montados en la cara utilice el peralte neto de la viga menos 83 mm para vigas con patines de 38 mm de grosor. Para patines de 33 mm de grosor utilice el peralte neto menos 73 mm

Conector montado en la parte superior o en la cara

Cabezal de viga I doble

Nota: a menos que los lados del conector soporten lateralmente el patín superior, deberán usarse rigidizadores en el apoyo.

Bloque de relleno según el Detalle 1p

Bloque de respaldo requerido (a ambos lados para conectores montados en la cara)

Para saber la capacidad del conector consulte las recomendaciones del fabricante. Verifique la capacidad de las vigas I dobles para soportar cargas concentradas.

**1j**

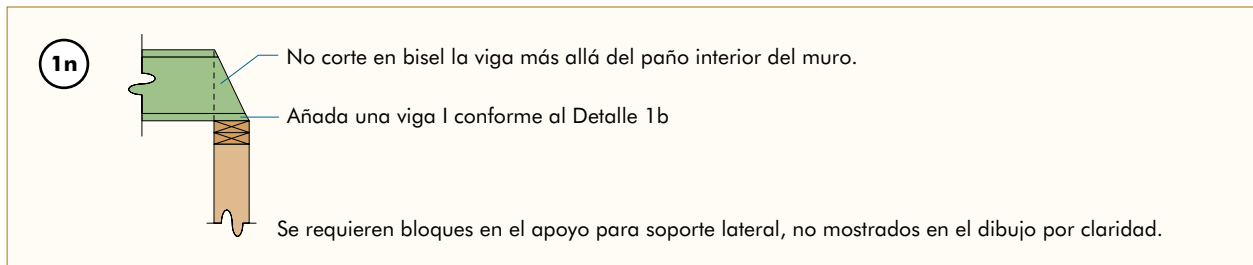
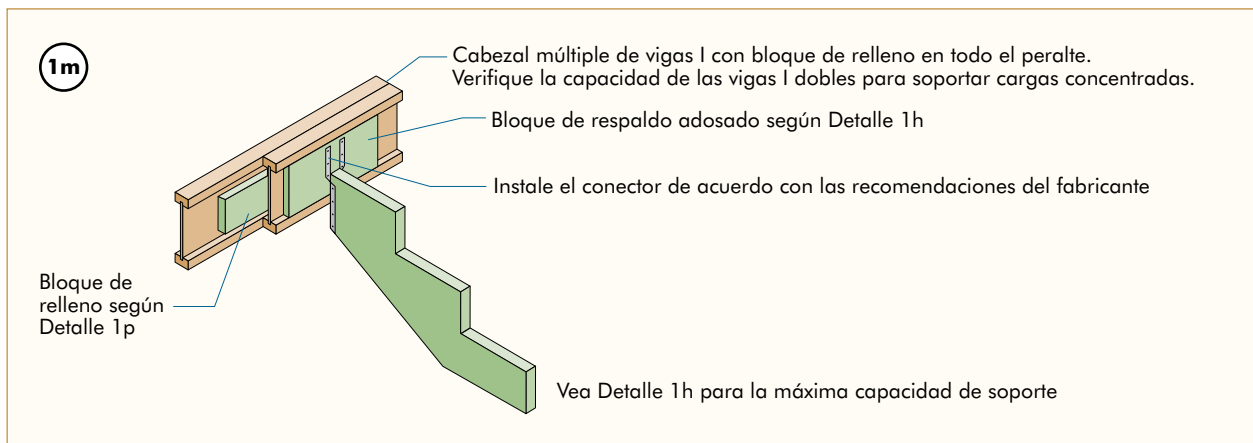
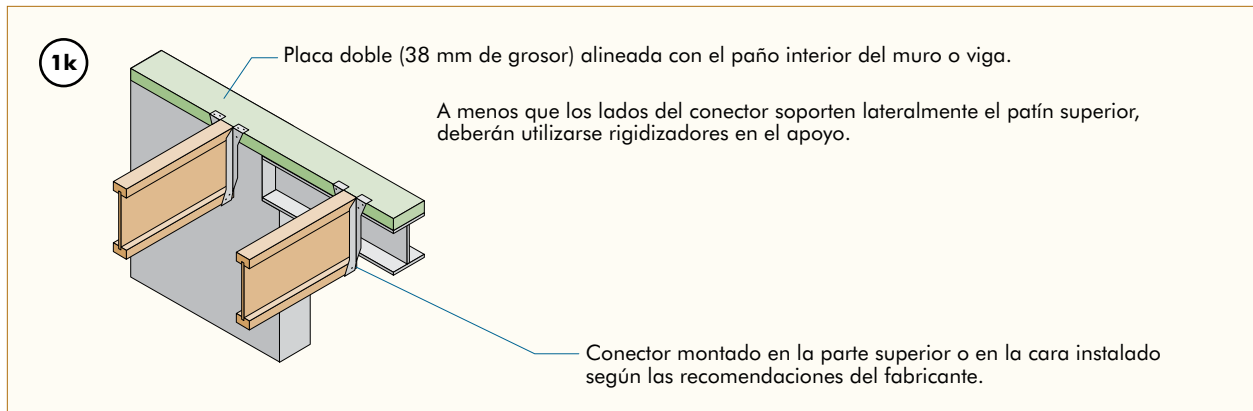
Vigas laminadas o vigas múltiples de madera estructural compuesta (SCL)

Para patrones de clavado de vigas múltiples SCL, vea las recomendaciones del fabricante.

Conector montado en la parte superior o en la cara instalado según las recomendaciones del fabricante

A menos que los lados del conector soporten lateralmente el patín superior, deberán utilizarse rigidizadores en el apoyo.

Todos los clavos que se muestran en los detalles de las figuras de arriba son clavos comunes a menos que se indique lo contrario. Los componentes individuales no se muestran a escala por claridad del dibujo.



Todos los clavos que se muestran en los detalles de las figuras de arriba son clavos comunes a menos que se indique lo contrario. Los componentes individuales no se muestran a escala por claridad del dibujo.

**1p**

Bloque de relleno

300 mm

Clavos separados de los de la cara opuesta

Separación de 3 a 6 mm entre el patín superior y el bloque de relleno

**REQUERIMIENTOS DE BLOQUES DE RELLENO PARA CONSTRUCCIÓN DE VIGAS I DOBLES**

Ancho del patín (mm)	Peralte neto (mm)	Tamaño del bloque de relleno (mm)
38	241	28.5 x 150
	302	28.5 x 200
45	241	35 x 150
	302	35 x 200
	356	35 x 250
	406	35 x 300
60	302	51 x 200
	356	51 x 250
	406	51 x 300
65	241	54 x 150
	302	54 x 200
	356	54 x 250
	406	54 x 300
90	302	76 x 200
	356	76 x 250
	406	76 x 300

Notas:

- Soporte la parte posterior del alma de la viga I durante el clavado para prevenir el daño a la conexión entre alma y patín.
- Deje una separación de 3 a 6 mm entre la parte superior del bloque de relleno y la parte inferior del patín superior de la viga.
- Se requiere un bloque de relleno entre las vigas en toda la longitud del claro.
- Para anchos de patín de 65 mm o menos, clave las vigas entre sí con dos hileras de clavos comunes 10d a 300 mm c.a.c. (doblando la punta cuando sea posible) a cada lado de la viga y doble (un total de 4 clavos en cada 300 mm). Para anchos de patín mayores a 65 mm, utilice 2 hileras de clavos comunes de 10d a cada 150 mm c.a.c. en cada lado de la doble viga I (un total de 8 clavos por cada 300 mm).
- La máxima carga que puede ser aplicada a un lado de la viga I doble utilizando este detalle es 9.0 kN/m.

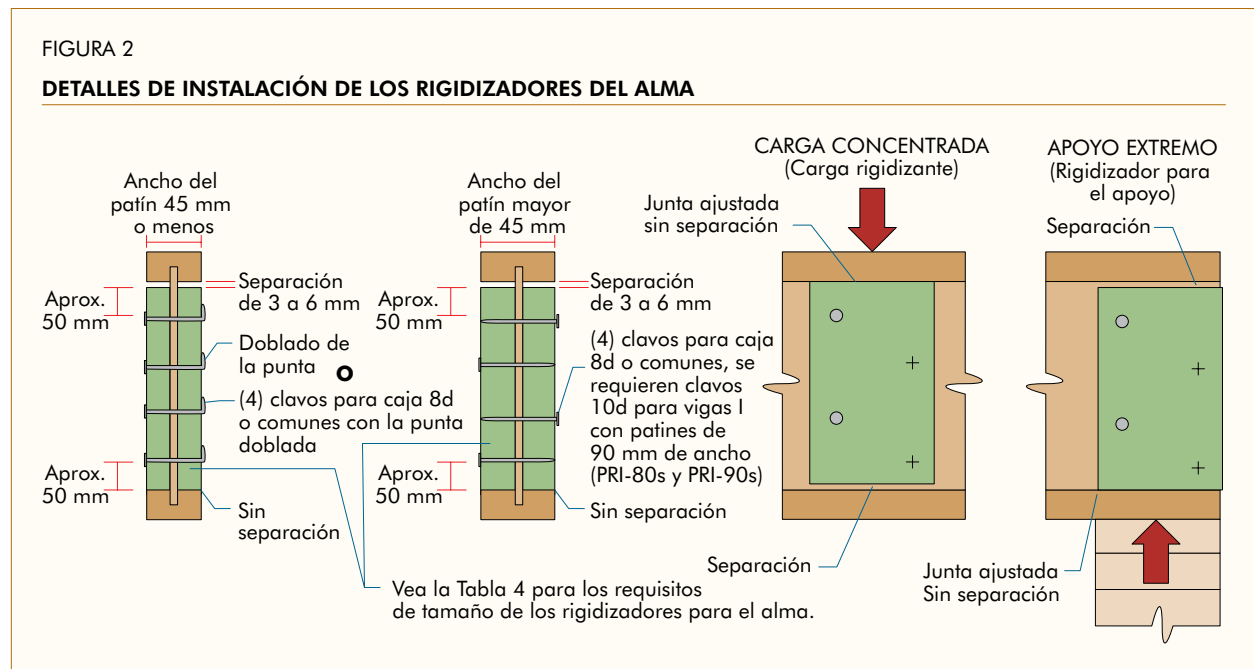
Todos los clavos que se muestran en los detalles de las figuras de arriba son clavos comunes a menos que se indique lo contrario. Los componentes individuales no se muestran a escala por claridad del dibujo.

## RIGIDIZADORES PARA ALMAS DE VIGAS I

Un rigidizador para alma es un bloque de madera que se utiliza para reforzar el alma de una viga I en los lugares donde:

- Las almas de las vigas I están en riesgo de pandeo lateral. Esto usualmente ocurre en vigas I de gran peralte.
- Las almas de la viga I están en riesgo de “atravesar” los patines de la viga I. Esto puede ocurrir a cualquier peralte de viga I cuando las cargas de reacción de diseño exceden un nivel específico.
- La viga I esta soportada en un conector colgante y los lados del conector no se extienden hasta el patín superior. Con el patín superior no soportado por los lados del conector, la viga puede flexionarse lateralmente, poniendo un giro en el patín de la viga. El rigidizador de alma soporta la viga I a lo largo del eje vertical como fue diseñado. (En esta aplicación, el rigidizador de alma actúa esencialmente como un bloque de respaldo.)

Hay dos clases de rigidizadores de alma: **rigidizadores de soporte** y **rigidizadores de carga**. Ellos se diferencian por la carga aplicada y la ubicación de la abertura entre el rigidizador que es ligeramente menor y el patín superior o inferior. (ver Figura 2.)



Los **rigidizadores de soporte** están colocados en las reacciones, tanto interior como exterior cuando se requieren.

Los **rigidizadores de carga** se localizan entre apoyos donde están aplicadas cargas puntuales significativas en el patín superior de una viga I.



**Descripción física:**

Los bloques rigidizadores de alma pueden estar hechos de madera, Tableros de borde de APA o paneles de madera estructural. Los paneles de madera estructural deberían ser revestimientos clasificados o Piso Sencillo; el grado mínimo de la madera aserrada es grado Utility SPF (sur) o mejor.

Idealmente, el peralte del rigidizador de alma debería ser igual a la distancia entre los patines de la viga menos 3 a 6 mm. Para **rigidizadores de soporte**, esta abertura se coloca entre la parte superior del rigidizador y la parte inferior del patín superior para **rigidizadores de carga**, la abertura se coloca en la parte inferior del rigidizador.

TABLA 4

**REQUISITOS DE TAMAÑO DE LOS RIGIDIZADORES**

Ancho de Patín de Viga I (mm)	Tamaño del Rigidizador del Alma en Cada Lado del Alma (mm)
38	11.5 x 60 de ancho mínimo
45	15 x 60 de ancho mínimo
60	25 x 60 de ancho mínimo
65	25 x 60 de ancho mínimo
90	38 x 60 de ancho mínimo

**Recomendaciones para vigas I diseñadas de acuerdo con la Norma APA PRI-400:**

1. Se requiere un **rigidizador de apoyo** en todas las aplicaciones de ingeniería con reacciones de diseño en los extremos mayores a 6.9 kN, con la excepción de PRI-90, lo cual requiere rigidizadores en los extremos cuando los valores de la reacción en el extremo exceden 8.4 kN. La abertura entre el rigidizador y el patín está en la parte superior.
2. Se requiere un **rigidizador de apoyo** cuando la viga I está apoyada en un conector colgante y los lados del conector no se extienden hasta el patín superior para apoyo del mismo. La abertura entre el rigidizador y el patín está en la parte superior.
3. Se requiere un **rigidizador de carga** en lugares donde se aplica una carga concentrada mayor a 6.7 kN al patín superior entre apoyos, o en el caso de un voladizo, donde sea entre la punta del voladizo y el apoyo. Estos valores son para duración normal de carga, y pueden ser ajustados para otras duraciones de carga como lo permita el reglamento. La abertura entre el rigidizador y el patín está en la parte inferior.

### Detalles de voladizo para balcones (sin carga por muros)

Los balcones pueden ser construidos utilizando ya sea vigas I APA continuas (Figura 3) o añadiendo extensiones de madera (Figura 4) a la viga I. Los voladizos continuos de vigas I se limitan a un cuarto del claro adyacente cuando soportan solamente cargas uniformes. Para aplicaciones que soportan cargas concentradas en el extremo del voladizo, tales como un muro, vea las Figuras 5a, 5b, 5c y 5d.

A menos que se calculen de otra manera, los voladizos se limitan a un máximo de 1.2 m cuando soportan cargas uniformes únicamente. Se requiere bloqueo en el apoyo del voladizo, como se muestra.

Las cargas uniformes para piso no deberán exceder 1.92 kPa de carga viva y 0.48 kPa de carga muerta. La carga del balcón no deberá exceder 2.87 kPa de carga viva y 0.48 kPa de carga muerta.

**PRECAUCIÓN:** los detalles para balcones en voladizo APA toman en cuenta consideraciones estructurales únicamente. Los detalles de los balcones en voladizo para control de humedad, intemperización y durabilidad van más allá del alcance de esta publicación.

Todos los clavos que se muestran en los detalles de las figuras de arriba son clavos comunes a menos que se indique lo contrario. Los componentes individuales no se muestran a escala por claridad del dibujo.

FIGURA 3

#### DETALLES DE VOLADIZO CON VIGAS I PARA BALCONES

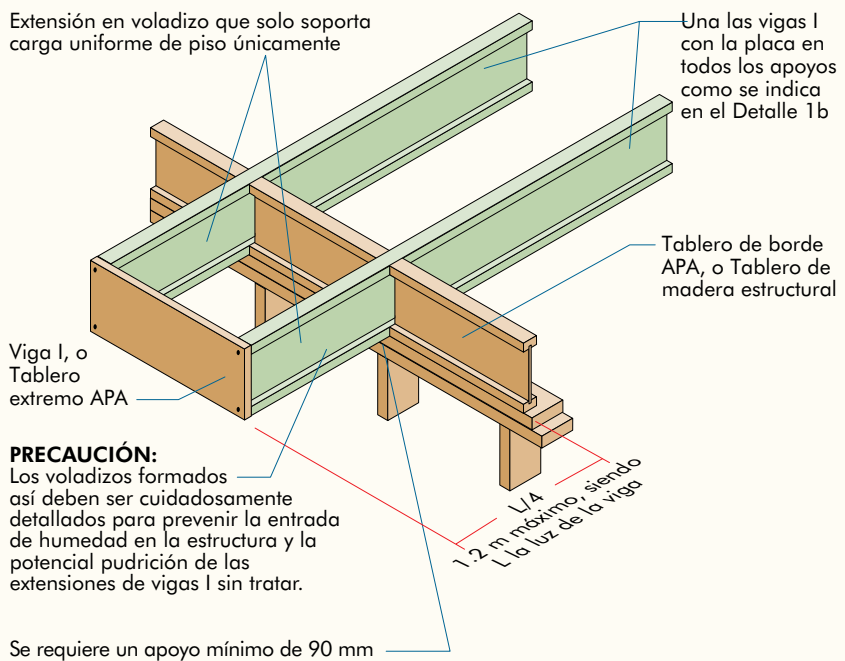
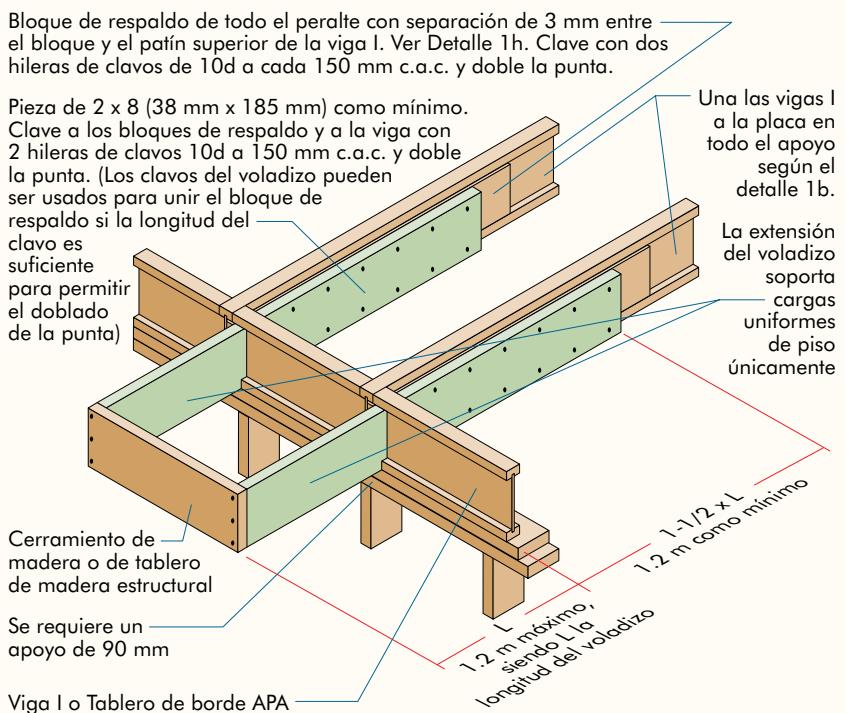


FIGURA 4

#### DETALLES DE VOLADIZO CON MADERA ASERRADA PARA BALCONES



### Detalles del voladizo para salientes verticales en la construcción (carga uniforme para muro)

Las vigas I también pueden ser usadas en aplicaciones en voladizo soportando una carga uniforme de muro aplicada en el extremo del voladizo, tal como una saliente vertical en la construcción. Para aplicaciones de carga en el extremo de voladizo que requieran refuerzo basado en la Tabla 5, el voladizo se limita a un máximo de 0.6 m. Adicionalmente, se requiere bloqueo a lo largo del apoyo del voladizo y para 1.2 m de cada lado del área del voladizo. Sujeto a las cargas de techo y a la distribución (ver Tabla 5), se permiten tres métodos de refuerzo en aplicaciones de voladizo que soportan carga: recubrimiento de refuerzo aplicado a un lado de las vigas I (Método 1), recubrimiento de refuerzo aplicado a ambos lados de la viga (Método 2) o vigas I dobles (Método Alternativo 2).

FIGURA 5a

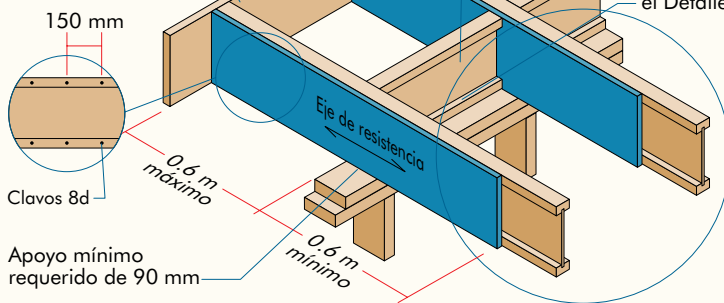
#### DETALLE DEL VOLADIZO PARA SALIENTES VERTICALES EN LA CONSTRUCCIÓN

##### Método 1 REFORMAZAMIENTO DE RECUBRIMIENTO EN UN LADO

Cerramiento con tablero de borde APA o tablero de madera estructural (Categoría de Desempeño mínima 23/32), unido como se indica en el Detalle 1b

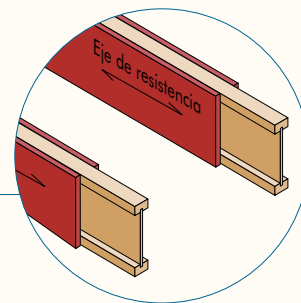
Bloqueo con tablero de viga I o tablero de borde APA, unido como se señala en el Detalle 1g

Una la viga I a la placa según el Detalle 1b



##### Método 2 REFUERZO DEL RECUBRIMIENTO EN DOS LADOS

Use la misma instalación del Método 1, pero refuerce ambos lados de la viga I con forro o tablero de borde APA



Utilice el patrón de clavado mostrado para el Método 1 con separación de 75 mm en los clavos y en las caras opuestas.

RECUBRIMIENTO CLASIFICADO APA 48/24 o TABLERO CLASIFICADO APA STURD-I-FLOOR 24 c.a.c. (Categoría de Desempeño mínima 23/32) en ambos lados de la viga I. El peralte debe empatar la altura total de la viga. Use clavos 8d a 150 mm c.a.c. para clavar los patines superior e inferior. Instale al hilo de la madera en la cara de forma horizontal. Una las vigas I a la placa en todos los apoyos como se señala en el Detalle 1b.

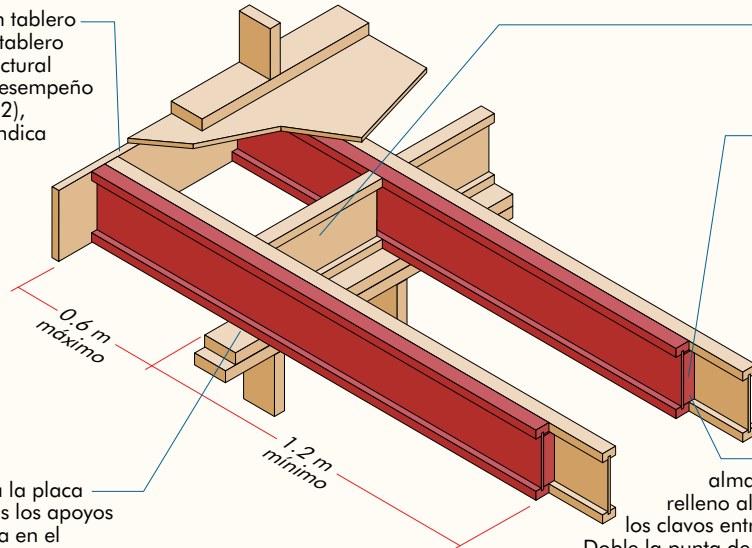
Todos los clavos mostrados en los detalles de arriba son clavos comunes a menos que se señale otra condición. Los componentes individuales no se muestran a escala por claridad en el dibujo.

FIGURA 5b

**DETALLE DEL VOLADIZO PARA SALIENTES VERTICALES EN LA CONSTRUCCIÓN**

**Método Alternativo 2**  
VIGA I DOBLE

Cerramiento con tablero de borde APA o tablero de madera estructural (Categoría de Desempeño mínima de 23/32), unido como se indica en el Detalle 1b.



Bloqueo con tablero de vigas I o tablero extremo APA, unido como se indica en el Detalle 1g.

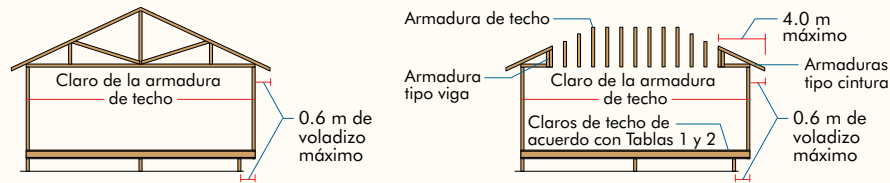
Bloquee las vigas I para que se unan con bloques de relleno en toda la longitud del refuerzo. Para anchos de patín de las vigas I mayores a 75 mm coloque una hilera adicional de clavos 10d a lo largo de la línea centroidal del tablero de refuerzo a cada lado. Doble la punta de los clavos cuando sea posible.

Clave dos hileras de clavos 10d a 300 mm c.a.c. en cada cara a lo largo de un alma de la viga I y el bloque de relleno al alma de la otra viga I. Separe los clavos entre caras opuestas en 150 mm. Doble la punta de los clavos cuando sea posible (se requieren cuatro clavos por cada 300 mm).

Una las vigas I a la placa superior en todos los apoyos según se muestra en el Detalle 1b, se requiere un apoyo mínimo de 90 mm

Todos los clavos mostrados en los detalles de arriba son clavos comunes a menos que se señale otra condición. Los componentes individuales no se muestran a escala por claridad en el dibujo.

FIGURA 5c



Vea la tabla 5 para los requerimientos de refuerzo para vigas I APA en voladizo.

Para techos con armaduras tipo cintura que van paralelos a las vigas del techo en voladizo, los requerimientos del refuerzo para un claro de 7.9 serán permitidos para ser usados.

TABLA 5

MÉTODOS DE REFUERZO PERMITIDOS PARA VIGAS I EN VOLADIZO

Peralte de la Viga (pulg.)	Claro de la Armadura de Techo (m)	Cargas de Techo											
		CT = 1.68 kPa				CT = 2.15 kPa				CT = 2.63 kPa			
		CV no debe exceder 0.96 kPa				CV no debe exceder 1.44 kPa				CV no debe exceder 1.92 kPa			
		Espaciamiento de Vigas (mm)				Espaciamiento de Vigas (mm)				Espaciamiento de Vigas (mm)			
		300	400	500	600	300	400	500	600	300	400	500	600
9-1/2 (241 mm)	7.9	N	N	N	1	N	N	1	2	N	1	2	X
	8.5	N	N	N	1	N	N	1	2	N	1	2	X
	9.1	N	N	1	1	N	N	1	2	N	1	2	X
	9.8	N	N	1	2	N	1	1	X	N	1	2	X
	10.4	N	N	1	2	N	1	2	X	N	2	X	X
11-7/8 (302 mm)	11.0	N	N	1	2	N	1	2	X	N	2	X	X
	7.9	N	N	N	1	N	N	1	1	N	1	1	2
	8.5	N	N	1	1	N	1	1	1	N	1	1	2
	9.1	N	N	1	1	N	1	1	2	N	1	1	2
	9.8	N	N	1	1	N	1	1	2	N	1	1	2
	10.4	N	N	1	1	N	1	1	2	N	1	2	2
14 (356 mm)	11.0	N	N	1	1	N	1	1	2	N	1	2	2
	11.6	N	1	1	2	N	1	1	2	N	1	2	X
	7.9	N	N	N	1	N	N	N	1	N	N	1	1
	8.5	N	N	N	1	N	N	1	1	N	N	1	2
	9.1	N	N	N	1	N	N	1	1	N	1	1	2
	9.8	N	N	N	1	N	N	1	1	N	1	1	2
16 (406 mm)	10.4	N	N	N	1	N	N	1	2	N	1	1	2
	11.0	N	N	1	1	N	1	1	2	N	1	1	2
	11.6	N	N	1	1	N	1	1	2	N	1	1	2
	7.9	N	N	N	1	N	N	1	1	N	N	1	1
	8.5	N	N	N	1	N	N	1	1	N	N	1	2
	9.1	N	N	N	1	N	N	1	1	N	1	1	2
16 (406 mm)	9.8	N	N	N	1	N	1	1	1	N	1	1	2
	10.4	N	N	1	1	N	1	1	2	N	1	1	2
	11.0	N	N	1	1	N	1	1	2	N	1	1	2
	11.6	N	N	1	1	N	1	1	2	N	1	1	2
	12.2	N	N	1	1	N	1	1	2	N	1	2	2
12.8	N	N	1	1	N	1	1	2	N	1	2	X	

Notas:

N = No se requiere refuerzo

1 = Las vigas I se refuerzan con tableros de madera estructural Categoría de Desempeño 23/32 en un solo lado.

2 = Las vigas I se refuerzan con tableros de madera estructural Categoría de Desempeño 23/32 a ambos lados o se usa viga I doble.

X = Intente una viga más peraltada o un menor espaciamiento

El código de color en la tabla se empaata con los detalles en las Figuras 5a y 5b.

La máxima carga será de: 0.72 kPa de carga muerta de techo, 2.39 kPa carga total de piso, y 1.2 kN/m de carga de muro. La carga del muro se basa en una ventana o puerta con un ancho máximo de 0.9 m. Para aberturas mayores, o anchos de abertura múltiples espaciados a menos de 1.8 m c.a.c., pueden requerirse vigas adicionales por debajo de los pies derechos de la apertura recortados.

La tabla aplica para vigas espaciadas de 300 mm a 600 mm c.a.c. Para espaciamientos menores use los requerimientos para 300 mm c.a.c.

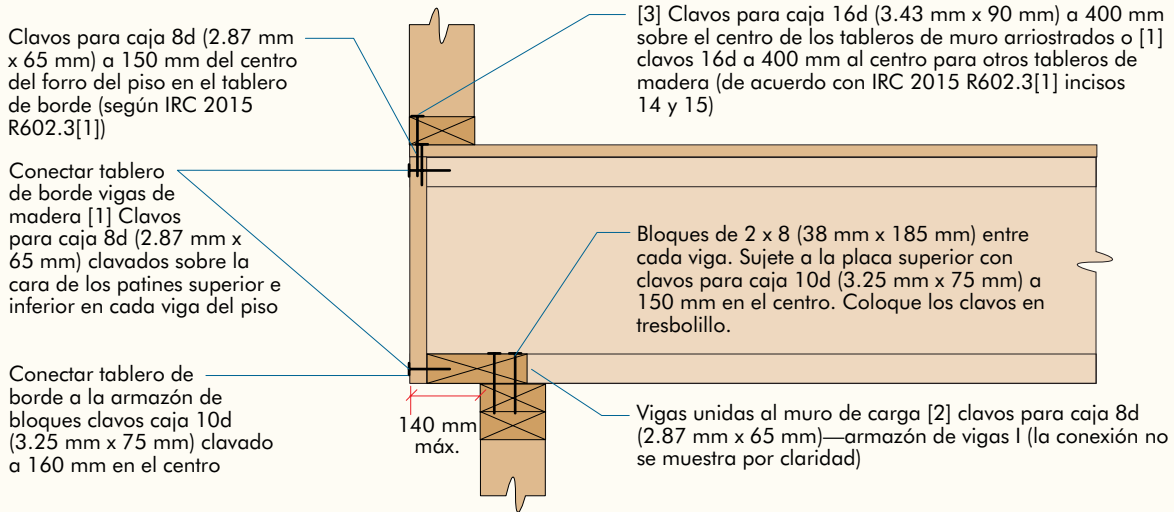
Para construcción de techos convencionales que utilizan una cumbrera, la columna de Claro de Armaduras para Techo es equivalente a la distancia entre el muro de apoyo y la viga cumbrera. Cuando el techo se forma utilizando un tablero para la cumbrera, el Claro de Armaduras para Techo es equivalente a la distancia entre los muros de apoyo como si se usara una armadura.

## Vigas cortas en voladizo

Para cargas de muro uniformes actuando en el extremo de voladizos muy cortos (un máximo de 140 mm), consulte el detalle mostrado en la Figura 5d. Esta figura está basada en el Reglamento Residencial Internacional 2015 (IRC) Secciones R301.2.2.2.5, R602.10, y R602.11, y Tabla R602.3(1). En este detalle, la viga I no necesita ser reforzada. Note que el Reglamento IRC 2015 provee otras opciones de conectores equivalentes para muchos de los detalles de conexión mostrados en la Figura 5d.

FIGURA 5d

### DETALLE PARA VOLADIZO CORTO



**Notas:**

El Reglamento Residencial Internacional 2015 (IRC) provee múltiples opciones de conexión. Las opciones de conexión usadas arriba reflejan las aplicaciones más comunes.

El detalle de arriba es apropiado para estructuras residenciales para una o dos familias, construidas de acuerdo con IRC 2015 Secciones R301.2.2.2.5 y R602.10, y Tabla R602.3[1].

Las vigas en voladizo deben estar dimensionadas apropiadamente para soportar todas las cargas de diseño.

Las aplicaciones que caigan fuera del alcance del Reglamento IRC 2015 deberán ser diseñadas de acuerdo con el Reglamento de Construcción Internacional 2015 (IBC).

## ESPECIFICACIONES PARA PERFORACIONES EN EL ALMA

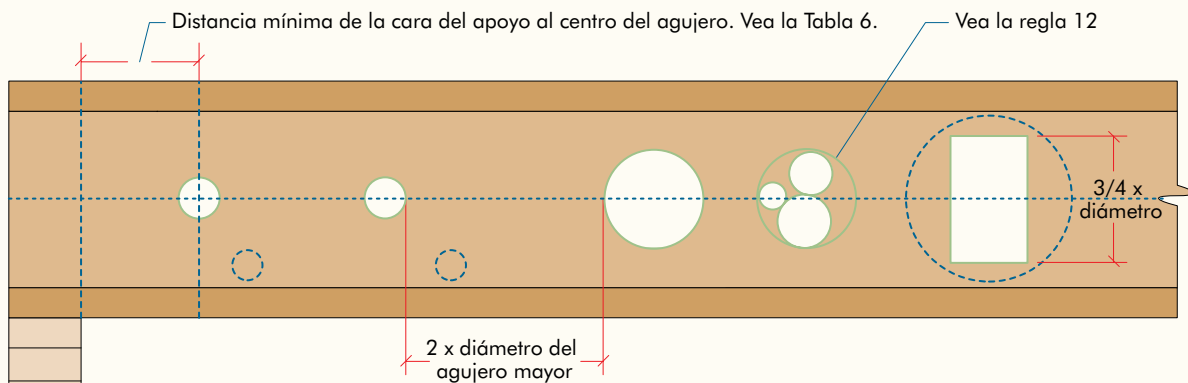
Uno de los beneficios de usar vigas I en construcción de pisos residenciales es que las perforaciones pueden cortarse en las almas de la viga para acomodar el cableado eléctrico, las líneas de tubería y otros sistemas mecánicos, por lo tanto, minimizando el peralte de los sistemas de piso.

### Reglas para hacer perforaciones en vigas I

1. La distancia entre el paño interior del apoyo y la línea de centro de cualquier perforación estará de acuerdo con los requerimientos de la Tabla 6.
2. Los patines superior e inferior de las vigas I **nunca** deben ser cortados, ranurados o modificados de ninguna manera.
3. Cuando sea posible, los agujeros que se hagan en la obra deberán estar centrados en la parte media del alma.
4. El máximo tamaño de agujero que puede hacerse en el alma de una viga I será igual a la distancia libre entre los patines de la viga I menos 6 mm. Siempre deberá mantenerse un mínimo de 3 mm entre la parte superior o inferior del agujero y el patín adyacente de la viga I.
5. Los lados de los agujeros cuadrados o los lados más largos de perforaciones rectangulares no deberán exceder tres cuartos del diámetro del máximo agujero redondo permitido en ese punto.
6. Donde se necesite más de un agujero, la distancia entre los cantos de agujeros adyacentes deberá exceder dos veces el diámetro del máximo agujero redondo o dos veces el tamaño del mayor agujero cuadrado (o dos veces la longitud del lado mayor del mayor agujero rectangular) y cada perforación deberá ser del tamaño y ubicarse de acuerdo con los requerimientos de la Tabla 6.
7. Una parte desprendida del alma **no** se considera un agujero, puede ser utilizado en donde sea que ocurra, y puede ser ignorado para propósitos de calcular las distancias mínimas entre perforaciones.
8. Los agujeros que midan 38 mm o menos se permitirán en donde sea en la sección en voladizo de una viga I. Los agujeros de mayor tamaño pueden ser permitidos sujetos a verificación.
9. Un agujero de 38 mm o menos puede colocarse donde sea en el de alma siempre que cumpla con los requerimientos del punto número 6 de esta lista.
10. Todas las perforaciones deberán hacerse de acuerdo con las restricciones enlistadas arriba e ilustradas en la Figura 6.
11. Los agujeros se limitan a tres agujeros del tamaño máximo permitido en cada claro.
12. Se permitirá un grupo de agujeros redondos ubicados aproximadamente en el mismo lugar si cumplen los requerimientos de un agujero redondo individual circunscrito a su alrededor.

FIGURA 6

**AGUJEROS TÍPICOS EN VIGAS I**



Los desprendidos son agujeros prefabricados proporcionados a menudo por el fabricante de las vigas I para la conveniencia del constructor para instalar las líneas del cableado eléctrico y la tubería de las instalaciones hidráulicas. Típicamente tienen diámetros de 35 mm a 38 mm y están espaciados entre 300 mm y 600 mm en el centro de la viga I a lo largo de la misma. Cuando sea posible, es preferible usar desprendidos en vez de agujeros perforados en la obra.

**Cortando el agujero**

- Nunca perforo, corte o haga muescas en patín, o corte de más el alma.
- Los agujeros en las almas deberán cortarse con una sierra afilada.
- Para perforaciones rectangulares, evite cortar de más en las esquinas, ya que esto puede causar concentraciones de esfuerzo innecesarias. Se recomienda redondear ligeramente las esquinas. Empiece a cortar el agujero rectangular perforando un agujero de 25 mm de diámetro en cada una de las esquinas y después haciendo los cortes entre los agujeros; este es un buen método para minimizar daños en la viga I.

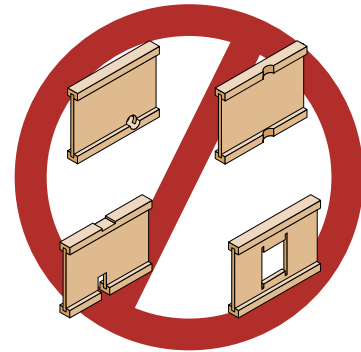




TABLA 6

**UBICACIÓN DE AGUJEROS CIRCULARES EN ALMAS DE VIGAS I**

Claros simples o múltiples para cargas muertas hasta de 0.48 kPa (10 lb/pie<sup>2</sup>) y cargas vivas hasta de 1.92 kPa (40 lb/pie<sup>2</sup>)<sup>a,b,c,d</sup>

Peralte	Designación de la Viga	FAC <sup>e</sup>	Distancia Mínima de la Cara Interior de Cualquier Apoyo al Centro del Agujero (m)														
			Diámetro del Agujero Redondo (mm)														
			51	76	102	127	152	159	178	203	219	229	254	273	279	305	324
9-1/2" (241 mm)	PRI-20	3.99	0.18	0.28	0.66	1.07	1.52	1.65									
	PRI-30	4.19	0.23	0.61	0.99	1.40	1.85	1.98									
	PRI-40	4.37	0.18	0.51	0.91	1.32	1.75	1.91									
	PRI-50	4.39	0.33	0.71	1.12	1.52	1.98	2.11									
	PRI-60	4.57	0.48	0.86	1.27	1.70	2.16	2.29									
11-7/8" (302 mm)	PRI-20	4.09	0.18	0.20	0.20	0.23	0.58	0.71	1.09	1.73	2.13						
	PRI-30	4.57	0.18	0.20	0.20	0.53	1.02	1.14	1.52	2.08	2.44						
	PRI-40	5.05	0.18	0.20	0.36	0.74	1.14	1.24	1.55	2.03	2.41						
	PRI-50	4.90	0.18	0.20	0.28	0.74	1.24	1.37	1.75	2.31	2.69						
	PRI-60	5.44	0.18	0.53	0.91	1.32	1.75	1.85	2.18	2.67	3.00						
	PRI-70	5.61	0.18	0.36	0.74	1.14	1.57	1.70	2.11	2.69	3.07						
	PRI-80	5.97	0.51	0.91	1.30	1.70	2.16	2.26	2.62	3.10	3.45						
	PRI-90	6.15	0.18	0.20	0.33	0.84	1.37	1.52	1.96	2.57	2.97						
14" (356 mm)	PRI-40	5.56	0.18	0.20	0.20	0.23	0.56	0.66	0.97	1.40	1.65	1.83	2.31	2.84			
	PRI-50	4.90	0.18	0.20	0.20	0.23	0.23	0.30	0.74	1.32	1.70	1.96	2.62	3.18			
	PRI-60	6.02	0.18	0.20	0.20	0.48	0.86	0.99	1.37	1.91	2.24	2.46	3.05	3.56			
	PRI-70	5.64	0.18	0.20	0.20	0.28	0.76	0.89	1.27	1.80	2.13	2.39	3.07	3.66			
	PRI-80	6.76	0.18	0.53	0.91	1.32	1.73	1.85	2.16	2.62	2.92	3.12	3.63	4.09			
	PRI-90	6.96	0.18	0.20	0.20	0.64	1.12	1.24	1.63	2.16	2.51	2.74	3.35	3.84			
16" (406 mm)	PRI-40	5.99	0.18	0.20	0.20	0.23	0.23	0.25	0.43	0.84	1.09	1.24	1.68	2.01	2.13	2.67	3.28
	PRI-50	4.90	0.18	0.20	0.20	0.23	0.23	0.25	0.25	0.25	0.53	0.76	1.37	1.83	2.01	2.82	3.53
	PRI-60	6.02	0.18	0.20	0.20	0.23	0.23	0.25	0.56	1.07	1.37	1.57	2.11	2.59	2.77	3.48	4.06
	PRI-70	5.64	0.18	0.20	0.20	0.23	0.23	0.25	0.30	0.89	1.24	1.47	2.11	2.62	2.77	3.51	4.09
	PRI-80	7.29	0.18	0.20	0.20	0.48	0.89	0.99	1.37	1.88	2.21	2.41	2.97	3.43	3.58	4.24	4.75
PRI-90	7.70	0.18	0.20	0.20	0.25	0.69	0.81	1.17	1.65	1.96	2.16	2.69	3.10	3.25	3.94	4.52	

Notas:

- a. Las tablas de arriba pueden usarse para espaciamientos de vigas I de 600 mm c.a.c. o menores.
- b. La distancia de la ubicación de los agujeros se mide desde la cara interior de los apoyos al centro del agujero.
- c. Las distancias en esta tabla están basadas en vigas cargadas uniformemente.
- d. Los tamaños y/o ubicaciones de los agujeros que salgan del alcance de esta tabla pueden ser aceptables basados en un análisis del tamaño real del agujero, el claro, espaciamiento y condiciones de carga. La capacidad en cortante de la viga I en el lugar de un agujero circular en el alma ( $V_{rh}$ ) se calcula utilizando la siguiente ecuación:

$$V_{rh} = \text{valor de cortante publicado} \times [(\text{peralte de la viga} - \text{diámetro del agujero}) / \text{peralte de la viga}]$$

- e. FAC = Factor de Ajuste de Claro, usado como se define abajo:

**OPCIONAL:**

La Tabla 6 se basa en las vigas I utilizadas en su claro máximo. Si las vigas I se colocan a un claro menor que el máximo permisible, la distancia máxima desde el centro del agujero a la cara de cualquier apoyo (D) como se señala arriba puede ser reducido como sigue:

$$D_{\text{reducida}} = \frac{L_{\text{real}}}{\text{FAC}} \times D$$

Donde:  $D_{\text{reducida}}$  = Distancia desde la cara interior de cualquier apoyo al centro del agujero, reducida para aplicaciones con claro menor al máximo (m). La distancia reducida no será menor a 150 mm de la cara del apoyo al canto del agujero.

$L_{\text{real}}$  = Distancia real del claro medida ente los paños interiores de los apoyos (m).

FAC = Factor de ajuste del claro dado en esta tabla.

D = La máxima distancia del paño interior de cualquier apoyo al centro del agujero de esta tabla.

Si  $\frac{L_{\text{real}}}{\text{FAC}}$  es mayor que 1, use 1 en el cálculo de arriba para  $\frac{L_{\text{real}}}{\text{FAC}}$

## ESPECIFICACIONES PARA AGUJERO EN TABLEROS DE BORDE

El tamaño máximo permisible de agujero para un tablero de borde APA será de 2/3 del peralte del tablero de borde, como se muestra en la Tabla 7. La longitud del segmento del tablero de borde que contenga un agujero será cuando menos ocho veces el tamaño del agujero.

TABLA 7

**TAMAÑOS DE AGUJEROS EN TABLERO DE BORDE Y LONGITUD MÍNIMA**

Peralte del Tablero de Borde (mm)	Máximo Tamaño Permisible de Agujero <sup>a,b</sup> (mm)	Máxima Longitud del Segmento de Tablero de borde <sup>c</sup> para el Máximo Tamaño Permisible de Agujero (m)
241	160	1.3
302	200	1.6
356	235	1.9
406	265	2.1

- a. Estas indicaciones para agujeros no se aplican a los tableros de borde instalados sobre aberturas, tales como puertas o ventanas.
- b. El diámetro de un agujero redondo o la mayor dimensión de un tablero rectangular.
- c. La longitud del segmento del tablero de borde por línea de muro. Para agujeros múltiples, la longitud máxima del segmento del tablero de borde será ocho veces la suma de todos los tamaños de agujero.

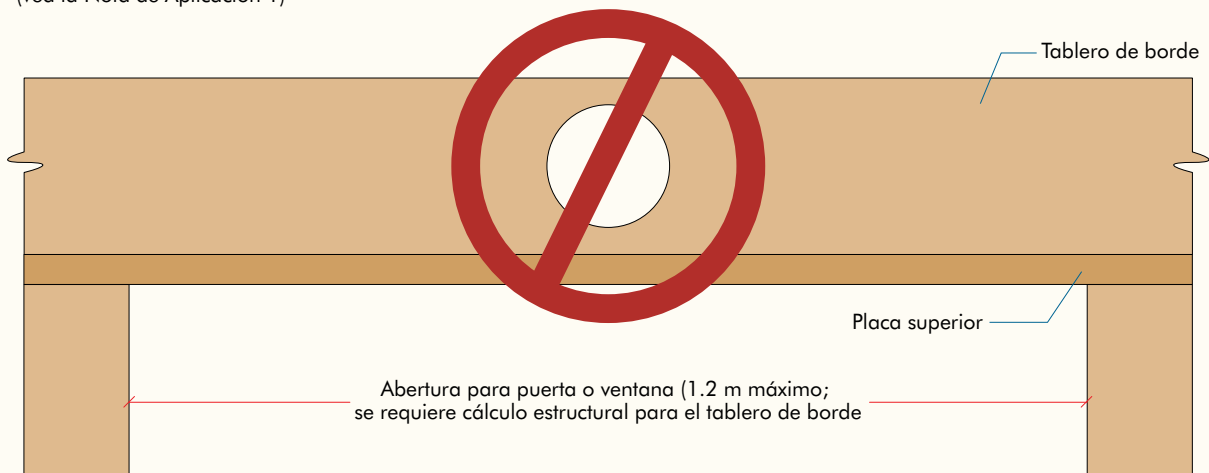
### Notas de Aplicación

- No corte agujeros en tableros de borde instalados sobre aberturas, tales como puertas o ventanas, donde el tablero de borde no está apoyado completamente, excepto que los agujeros de 38 mm o menos se permiten siempre que estén ubicados a la mitad del peralte y en el tercio medio del claro (ver Nota 5 para el espaciamiento mínimo de agujeros).

FIGURA 7

**TABLERO DE BORDE SOBRE UNA ABERTURA**

No corte agujeros en el tablero de borde sobre la abertura excepto para agujeros que sean de 38 mm de diámetro o menos (vea la Nota de Aplicación 1)

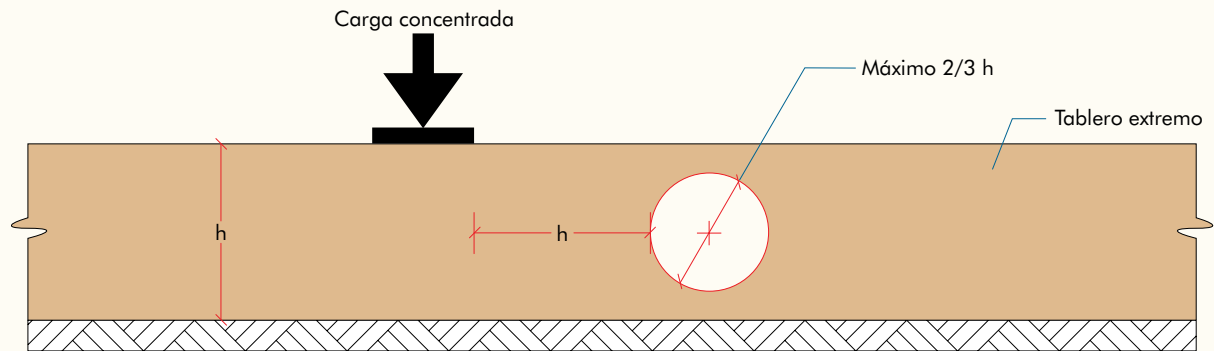


- Los agujeros cortados en obra deberán estar centrados verticalmente en el tablero de borde cuando menos un diámetro de agujero de 150 mm, el que sea menor, a una distancia libre del extremo de la línea de muro. Los agujeros nunca deberían colocarse de tal forma que interfieran con la sujeción del tablero de borde los extremos de la viga de piso, o cualquier otro clavado requerido por el reglamento.

3. Aunque se prefieren agujeros redondos, pueden utilizarse agujeros rectangulares siempre que no se corte de más en las esquinas. Se recomienda redondear ligeramente las esquinas pre-taladrando con una broca de 25 mm de diámetro.
4. Cuando se presentan cargas concentradas en los tableros de borde cargas que no están soportadas por ningún otro miembro vertical de carga tales como bloques especiales, los agujeros no deberán colocarse en el tablero de borde a una distancia igual al peralte del tablero de borde desde el área de carga.

FIGURA 8

**TABLERO DE BORDE CERCA DE CARGA VERTICAL CONCENTRADA**



5. Para agujeros múltiples, el espaciamiento libre entre agujeros deberá ser cuando menos dos veces el diámetro del agujero mayor, o dos veces la distancia del lado mayor del mayor agujero rectangular. Este espaciamiento mínimo entre agujeros no aplica a agujeros de 38 mm de diámetro o menores, los cuáles pueden ubicarse en cualquier lugar del tablero de borde (vea la Nota 1 para agujeros sobre aberturas) excepto que la distancia libre al agujero adyacente deberá ser de 75 mm como mínimo.
6. Todos los agujeros deberán cortarse de acuerdo con las limitaciones enlistadas arriba. Vea la información para cortado de agujeros debajo de la Figura 6.

FIGURA 9

**AGUJEROS MÚLTIPLES PARA TABLEROS DE BORDE**

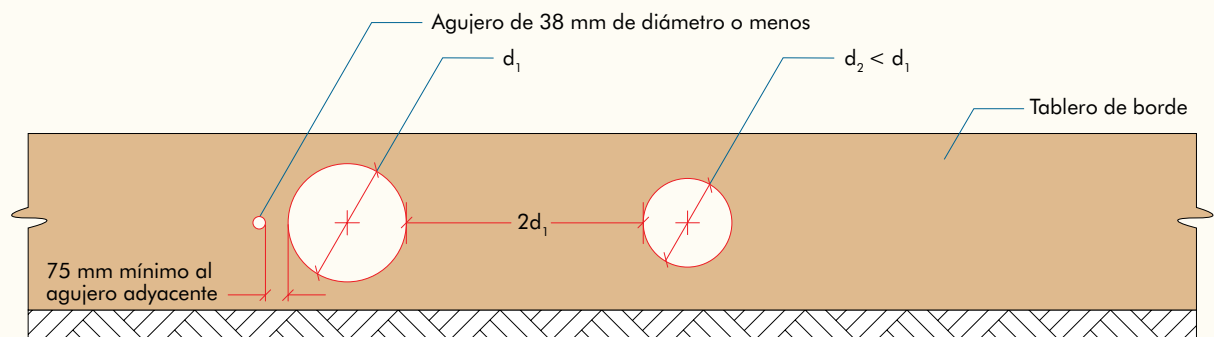


TABLA 8

PROPIEDADES DE DISEÑO PARA VIGAS I APA EWS CLASIFICADAS POR DESEMPEÑO<sup>a</sup>

Peralte	Designación de la Viga	EI <sup>b</sup> 10 <sup>6</sup> kN-mm <sup>2</sup>	M <sup>c</sup> kN-mm	V kN	IR <sup>e,i</sup> kN	ER <sup>f,i</sup> (kN)				VLC <sup>g</sup> kN/m	k <sup>h</sup> kN
						45 mm		100 mm			
						Apoyo sin Rigidizadores	Apoyo con Rigidizadores	Apoyo sin Rigidizadores	Apoyo con Rigidizadores		
9-1/2" (241 mm)	PRI-20	379	3,416	4.98	7.56	3.69	3.69	4.98	4.98	29.2	21,973
	PRI-30	456	4,372	4.98	8.47	4.20	4.20	4.98	4.98	29.2	21,973
	PRI-40	528	3,708	4.98	9.61	4.80	4.80	4.98	4.98	29.2	21,973
	PRI-50	534	5,152	4.98	9.07	4.51	4.51	4.98	4.98	29.2	21,973
	PRI-60	628	5,125	4.98	9.61	4.80	4.80	4.98	4.98	29.2	21,973
11-7/8" (302 mm)	PRI-20	646	4,427	6.32	7.56	3.69	3.69	6.32	6.32	29.2	27,489
	PRI-30	778	5,653	6.32	8.47	4.20	4.20	6.32	6.32	29.2	27,489
	PRI-40	898	4,806	6.32	11.12	5.34	5.34	6.32	6.32	29.2	27,489
	PRI-50	907	6,664	6.32	9.07	4.51	4.51	6.32	6.32	29.2	27,489
	PRI-60	1,065	6,643	6.32	11.12	5.34	5.34	6.32	6.32	29.2	27,489
14" (356 mm)	PRI-70	1,194	8,941	6.32	10.39	5.16	5.16	6.32	6.32	29.2	27,489
	PRI-80	1,486	9,409	6.32	12.28	5.69	5.69	6.32	6.32	29.2	27,489
	PRI-90	1,639	11,890	8.56	14.92	6.23	6.23	8.38	8.56	29.2	27,489
	PRI-40	1,317	5,789	7.61	11.12	5.34	5.34	6.89	7.61	29.2	32,381
	PRI-50	1,329	7,945	7.61	9.07	4.51	4.51	6.89	7.61	29.2	32,381
16" (406 mm)	PRI-60	1,561	7,992	7.61	11.12	5.34	5.34	6.89	7.61	29.2	32,381
	PRI-70	1,748	10,663	7.61	10.39	5.16	5.16	6.89	7.61	29.2	32,381
	PRI-80	2,169	11,334	7.61	13.43	5.69	5.69	6.89	7.61	29.2	32,381
	PRI-90	2,388	14,181	9.45	14.92	6.23	6.23	8.38	9.45	29.2	32,381
	PRI-40	1,794	6,711	8.76	11.12	5.34	5.34	6.89	8.76	29.2	37,007
16" (406 mm)	PRI-50	1,808	9,104	8.76	9.07	4.51	4.51	6.89	8.76	29.2	37,007
	PRI-60	2,121	9,267	8.76	11.12	5.34	5.34	6.89	8.76	29.2	37,007
	PRI-70	2,370	12,215	8.76	10.39	5.16	5.16	6.89	8.76	29.2	37,007
	PRI-80	2,939	13,137	8.76	13.43	5.69	5.69	6.89	8.76	29.2	37,007
	PRI-90	3,231	16,249	10.36	14.92	6.23	6.23	8.38	10.36	29.2	37,007

Notas:

- a. Los valores tabulados son valores de diseño para duración normal de carga (10 años). Todos los valores, excepto EI y K, podrán ser ajustados para otras duraciones de carga como lo permitan los reglamentos, y los valores VLC no serán incrementados para duraciones más cortas.
- b. Rigidez en flexión (EI) de la viga.
- c. Capacidad de momento (M) de la viga I.
- d. Capacidad en cortante (V) de la viga I.
- e. Reacción intermedia (IR) de la viga I con una longitud mínima de apoyo de 90 mm sin rigidizadores en el apoyo.
- f. Reacción en el extremo (ER) de la viga I. Se puede interpolar entre apoyos de 45 mm y 100 mm con o sin rigidizadores en el apoyo.
- g. Capacidad de carga uniforme vertical (en aplastamiento) (VLC).
- h. Coeficiente de deflexión en cortante (K). Para calcular la deflexión por carga uniforme y por carga vertical concentrada, utilice las ecuaciones 1 y 2.

Carga Uniforme: 
$$\delta = \frac{5\omega\ell^4}{384EI} + \frac{\omega\ell^2}{K} \tag{1}$$

Carga Concentrada Puntual: 
$$\delta = \frac{P\ell^3}{48EI} + \frac{2P\ell}{K} \tag{2}$$

Donde:  $\delta$  = Deflexión calculada (mm),  
 P = Carga concentrada (kN),  
 EI = Rigidez en flexión de la viga I (kN-mm<sup>2</sup>), y  
 K = Coeficiente de deflexión por cortante (kN),  
 $\omega$  = Carga uniforme (kN/mm),  
 $\ell$  = Claro de diseño (mm).

- i. Los valores de diseño para IR y ER después de ser ajustados por duración de carga deberán cumplir con los requisitos dados en la ecuación 3.  
 $ER \times C_D \text{ o } IR \times C_D \text{ (kN)} \leq C_b b_{brg} L_{brg} F_{c\perp}$  o la capacidad de la placa de apoyo que soporta la viga I (kN), el que sea menor. [3]

Donde:  $C_D$  = Factor de duración de carga para ER e IR de acuerdo con el reglamento aplicable,  $b_{brg}$  = Ancho del apoyo de la viga I-joint = típicamente el ancho del patín ( $b_i$ ) menos 3.8 mm debido al redondeado del canto, (mm),  
 $C_b$  = Factor de área del apoyo como se define en la Sección 3.10.4 de las NDS (= 1.0 para la reacción en el extremo),  $L_{brg}$  = Longitud de apoyo de la viga I (mm), y  
 $F_{c\perp}$  = Esfuerzo de compresión perpendicular a la fibra de los patines de la viga I (MPa).

Nota (no es obligatoria, es informativa solamente): ejemplos de ancho de patín de las vigas I y  $F_{c\perp}$  se enlistan abajo para referencia. Refiérase al fabricante para anchos específicos de los patines y los valores  $F_{c\perp}$  requeridos.

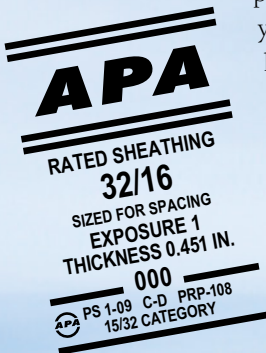
Series	Ancho del patín $b_i$ , mm	$F_{c\perp}$ , MPa	Series	Ancho del patín $b_i$ , mm	$F_{c\perp}$ , MPa
PRI-20 & PRI-30	38	31	PRI-70	60	31
PRI-40 & PRI-60	65	29	PRI-80	90	29
PRI-50	45	31	PRI-90	90	31



# Acerca de APA

APA es una asociación comercial con fines no lucrativos de y para los fabricantes de tableros de madera estructural, madera laminada, vigas I de madera, madera estructural compuesta, y otros productos de madera diseñados para fines de ingeniería. Basada en Tacoma, Washington, APA representa aproximadamente a 160 plantas a lo largo y ancho de Norteamérica, que van desde pequeñas compañías operadas independientemente hasta grandes corporaciones integradas.

Siempre insista en que los tableros lleven la marca de calidad—el sello de calidad APA. Su compra de tableros no es solamente la forma de asegurarse la más alta calidad del producto, sino una inversión en los muchos servicios comerciales que APA provee a los clientes de sus socios. El sello de calidad de la Asociación aparece solamente en productos fabricados por plantas de los socios de APA y es la garantía del fabricante de que el producto está hecho conforme a las marcas mostradas en el sello. Ese estándar puede ser una norma de desempeño APA, la Norma de Producto Voluntaria PS 1-09 para tableros contrachapados estructurales o la Norma de Producto Voluntaria PS 2-10, Norma de Desempeño para Tableros a Base de Madera de Uso Estructural. La calidad de los tableros y de todos los productos con el sello de APA está sujeta a verificación a través de auditorías APA.



## Vigas I Clasificadas por Desempeño

Tenemos representantes en muchas de las principales ciudades en Estados Unidos y Canadá que pueden ayudarle a resolver preguntas que involucren productos con el sello APA. Para asistencia adicional cuando especifique productos de madera diseñados, contáctenos en:

**OFICINAS CENTRALES DE APA**  
7011 So. 19th St. ■ Tacoma, Washington 98466  
(253) 565-6600 ■ Fax: (253) 565-7265

**OFICINA DE ATENCIÓN Y SOPORTE TÉCNICO**  
(253) 620-7400 ■ [help@apawood.org](mailto:help@apawood.org)

### ADVERTENCIA

*La información contenida aquí se basa en los programas de actualización continua y de pruebas de laboratorio de APA – La Asociación de Madera de Ingeniería, así como en la investigación de productos y la amplia experiencia en obra. Ni APA ni ninguno de sus miembros ofrecen ninguna garantía, expresada o implícita, ni asumen ninguna responsabilidad o compromiso legal por el uso aplicación de, y/o referencia a las opiniones, descubrimientos, conclusiones, o recomendaciones incluidas en esta publicación. Consulte con su jurisdicción local o con un diseñador profesional para asegurarse el cumplimiento con los requisitos del reglamento de construcciones y el desempeño requerido. Debido a que APA no tiene control sobre la calidad de la mano de obra o las condiciones bajo las cuales se usen los productos de madera de ingeniería, no puede aceptar responsabilidad por el desempeño del producto o los diseños que realmente se construyen.*

Form No. EX S725 LA/Issued June 2017



REPRESENTANDO LA INDUSTRIA DE LA MADERA DE INGENIERÍA