

Guía de Productos de Glulam



PRODUCTOS DE MADERA INDUSTRIAL Y PANELES ESTRUCTURALES DE MADERA, CON CERTIFICACIÓN ESTADOUNIDENSE

En general, los productos de madera industrial descritos en este folleto corresponden a materiales fabricados en conformidad con las normas Voluntary Product Standard PS 1-09, Structural Plywood, Voluntary Product Standard PS 2-04, Performance Standard for Wood-Based Structural-Use Panels o la norma ANSI Standard A190.1 for Structural Glued Laminated Timber.

Las tres normas mencionadas establecen los requerimientos mínimos relativos a las evaluaciones de conformidad de los productos, realizadas por agencias independientes. Cada una de las agencias independientes se identifica en el cuerpo de la marca de certificación, que se encuentra en el producto. La identificación e utilización de las marcas comerciales es responsabilidad de la agencia en particular que efectúa los servicios relativos a la calidad en la planta maderera.

Varias agencias independientes en los Estados Unidos suministran servicios de evaluación de conformidad. La información de contacto de dichas agencias estadounidenses se indica más adelante.

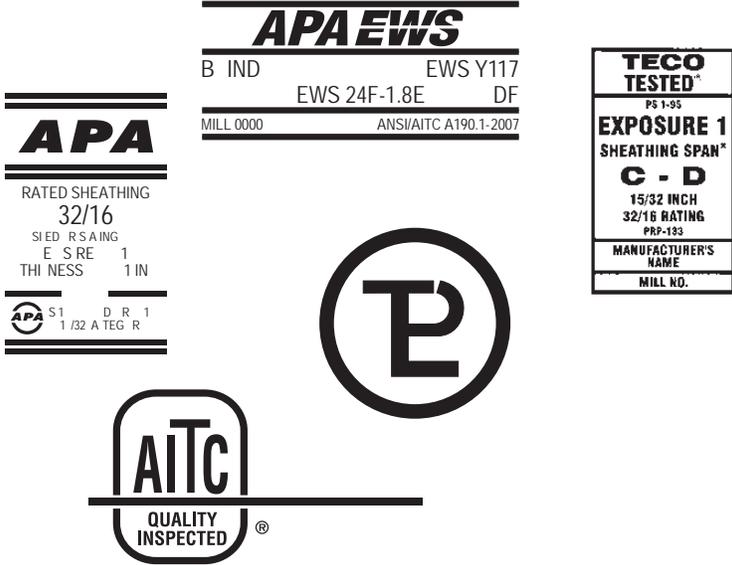
Varios fabricantes estadounidenses también suministran paneles estructurales con base de madera y productos de madera industrial fabricados en conformidad con normas propias estadounidenses, o con normas internacionales adicionales. Consulte a cada proveedor en particular de productos y paneles de madera industrial respecto a la disponibilidad de productos que cumplen con las normas alternas antes mencionadas.

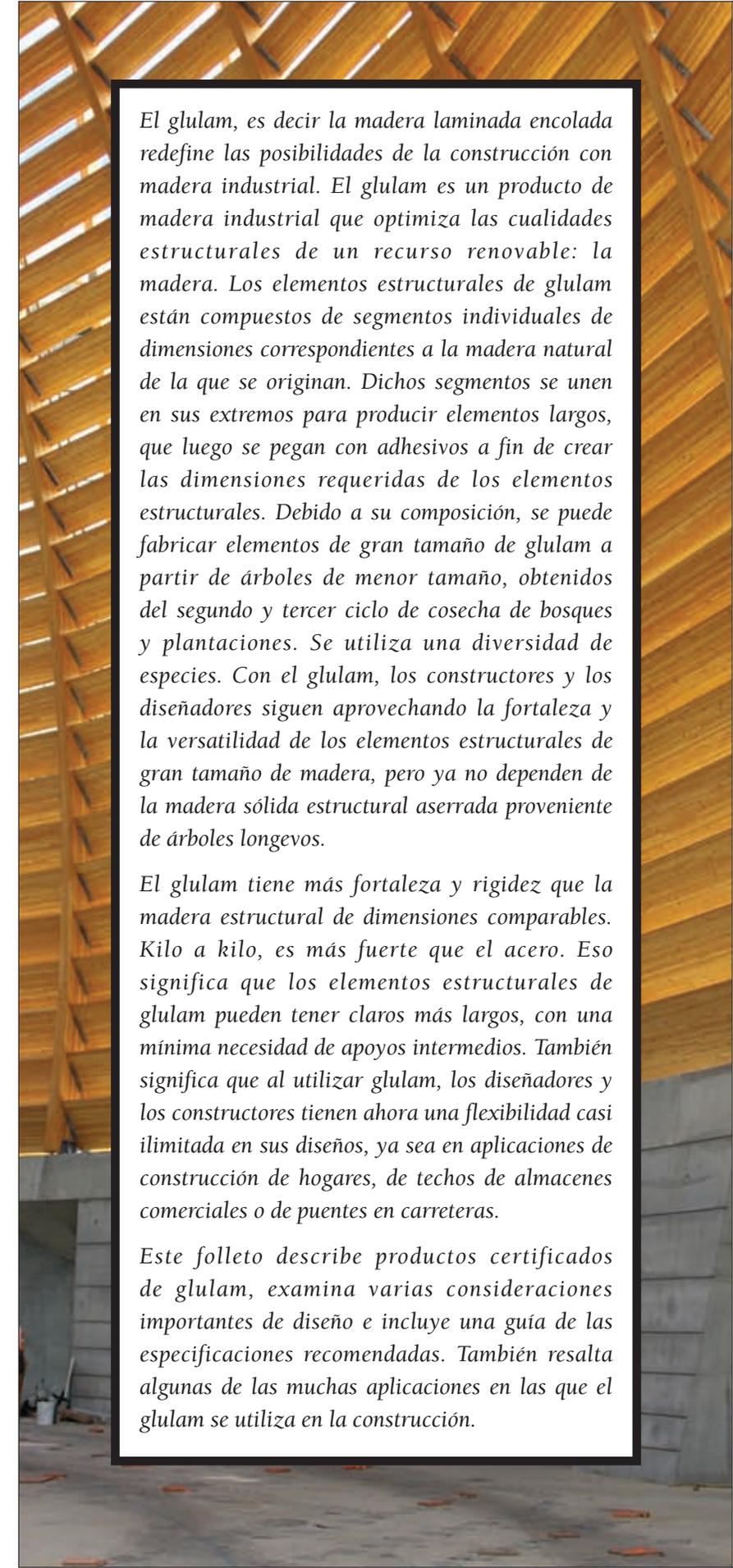
APA – The Engineered Wood Association
 7011 So. 19th St., Tacoma, WA 98466-5333 • Teléfono internacional: 1-253-565-6600
 Fax internacional: 1-253-565-7265 • <http://www.apawood.org>

American Institute of Timber Construction
 7012 South Revere Parkway 3140, Englewood, CO 80112
 Teléfono internacional: 1-303-792-9559 • Fax internacional: 1-303-792-0669
<http://www.aitc-glulam.org>

PFS/TECO
 2402 Daniels Street, Madison WI 53718 • Teléfono internacional: 1-608-221-3361
 Fax internacional: 1-608-221-0180 • <http://www.pfs-teco.com>

Professional Service Industries, Inc.
 4820 West 15th Street, Lawrence, KS 66049 • Teléfono internacional: 1-800-548-7901
 Fax internacional: 1-800-979-3727 • <http://www.psiusa.com>





El glulam, es decir la madera laminada encolada redefine las posibilidades de la construcción con madera industrial. El glulam es un producto de madera industrial que optimiza las cualidades estructurales de un recurso renovable: la madera. Los elementos estructurales de glulam están compuestos de segmentos individuales de dimensiones correspondientes a la madera natural de la que se originan. Dichos segmentos se unen en sus extremos para producir elementos largos, que luego se pegan con adhesivos a fin de crear las dimensiones requeridas de los elementos estructurales. Debido a su composición, se puede fabricar elementos de gran tamaño de glulam a partir de árboles de menor tamaño, obtenidos del segundo y tercer ciclo de cosecha de bosques y plantaciones. Se utiliza una diversidad de especies. Con el glulam, los constructores y los diseñadores siguen aprovechando la fortaleza y la versatilidad de los elementos estructurales de gran tamaño de madera, pero ya no dependen de la madera sólida estructural aserrada proveniente de árboles longevos.

El glulam tiene más fortaleza y rigidez que la madera estructural de dimensiones comparables. Kilo a kilo, es más fuerte que el acero. Eso significa que los elementos estructurales de glulam pueden tener claros más largos, con una mínima necesidad de apoyos intermedios. También significa que al utilizar glulam, los diseñadores y los constructores tienen ahora una flexibilidad casi ilimitada en sus diseños, ya sea en aplicaciones de construcción de hogares, de techos de almacenes comerciales o de puentes en carreteras.

Este folleto describe productos certificados de glulam, examina varias consideraciones importantes de diseño e incluye una guía de las especificaciones recomendadas. También resalta algunas de las muchas aplicaciones en las que el glulam se utiliza en la construcción.

ÍNDICE

| | |
|---|----|
| Introducción | 3 |
| 100 años del glulam | 4 |
| Anatomía del glulam | 4 |
| El glulam en aplicaciones comerciales | 9 |
| El glulam en aplicaciones residenciales | 13 |
| Diseños resistentes al fuego | 20 |
| Efectos de la humedad | 22 |
| Consideraciones de diseño y de especificaciones | 26 |
| Guía de especificaciones del glulam | 27 |
| Almacenamiento, manejo e instalación | 29 |
| Glosario de términos | 30 |

*En la portada: Catedral de Cristo
La Luz en Oakland, California
© John Blaustein 2008*

Más de 100 años del Glulam

En lo que respecta a las necesidades actuales de optimización de los productos fabricados de un recurso cuidadosamente administrado como es la madera, el glulam es uno de los enfoques más eficientes en lo que respecta al uso de recursos para la fabricación de productos de madera para la construcción. Es un producto industrial fabricado a fin de satisfacer los requerimientos estructurales más exigentes. Sin duda la madera laminada encolada no es un producto nuevo.

El glulam se utilizó por primera vez en Europa a comienzos de los años 1890. Una patente del año 1901 en Suiza marcó el verdadero inicio de la construcción con madera laminada encolada. Una de las primeras construcciones de glulam que se erigió en los Estados Unidos fue un laboratorio de investigación en el Laboratorio de Productos Forestales de la USDA, en Madison, Wisconsin. La estructura se erigió en el año 1934, y hoy continúa en servicio.

Un desarrollo importante en la industria del glulam fue la introducción de adhesivos de fenol resorcinol resistentes al agua, en 1942. Ese desarrollo permitió que el glulam se utilizara a la vista a la intemperie, sin temor a la degradación de la línea de cola.

El primer estándar estadounidense de fabricación de glulam fue el Estándar Comercial CS253-63, publicado por el Departamento de Comercio en 1963. La norma más reciente es la ANSI/AITC A190.1-02, que entró en vigencia en 2002.

ANATOMÍA DEL GLULAM

El glulam está hecho de laminaciones de madera, que se unen con adhesivos. El grano de todas las laminaciones se coloca paralelo a la longitud del elemento. Cada laminación individual generalmente tiene un espesor de 1-3/8" (35 mm) en el caso del pino amarillo y de 1-1/2" (38 mm) en el caso de especies del Pacífico, aunque también se pueden utilizar otros espesores. El ancho neto de los productos de glulam oscila entre anchos que van de 2-1/2" a 10-3/4" (64 a 273 mm), aunque se pueden fabricar elementos a la medida de virtualmente cualquier ancho.

Dado que son productos industriales, se pueden fabricar elementos laminados encolados a fin de satisfacer una diversidad de esfuerzos de diseño. Las vigas se fabrican con las láminas más resistentes en la parte inferior y superior, zonas en la que se producen los esfuerzos mayores de tensión y de compresión. Ese concepto permite que el recurso de madera se utilice con mayor eficiencia, al colocar madera de mejor calidad en las secciones que presentan los máximos esfuerzos, y madera de menor calidad estructural en las zonas de menores esfuerzos.

Vigas balanceadas y no balanceadas

Según su construcción, los elementos estructurales de glulam pueden ser balanceados y no balanceados.

La zona más importante de un elemento de flexión de glulam, en lo que respecta al control de la resistencia, es la zona de tensión más exterior. En las vigas no balanceadas, la madera que se utiliza en el lado de tensión de la viga es de mayor calidad que la madera que se utiliza en el correspondiente lado de



compresión, lo que permite un uso más eficiente del recurso maderero. Por lo tanto, en el diseño y la construcción de las vigas no balanceadas se asigna distintas resistencias a la flexión en las zonas de compresión y de tensión, y eso se debe tomar en cuenta en la instalación. A fin de garantizar la instalación correcta de las vigas no balanceadas, la parte superior de las vigas está marcada claramente con la palabra "TOP". Las vigas no balanceadas se utilizan principalmente en aplicaciones de claros simples.

Los elementos estructurales balanceados tienen una distribución simétrica de la calidad de la madera respecto a la línea media de la altura. Las vigas balanceadas se utilizan en aplicaciones en voladizo o de claros continuos, en las que la parte superior y también la inferior del elemento estructural podrían estar sometidas a esfuerzos de tensión debido a las cargas de servicio. También se pueden utilizar en aplicaciones de claros simples, aunque las vigas no balanceadas son más eficientes en esa aplicación.

Propiedades de diseño permisibles

Las propiedades de diseño permisibles son un factor clave al especificar elementos estructurales de glulam. Los elementos de flexión generalmente se especifican con base en el esfuerzo máximo de flexión permisible para el elemento. Por ejemplo, la designación 24F indica un elemento que puede resistir un esfuerzo de flexión de 2400 psi. Del mismo modo, la designación 26F se refiere a un elemento que puede resistir un esfuerzo de flexión de 2600 psi. Estos distintos niveles de resistencia se logran mediante la variación de los porcentajes y las calidades de las maderas utilizadas en el enchapado de la viga. El uso de distintas especies de madera también tiene un efecto en las distintas designaciones de resistencia.

Para identificar si la madera utilizada en la viga es de clasificación visual o mecánica, la combinación de resistencia también incluye un segundo grupo de designaciones. Por ejemplo, en una construcción 24F que utiliza madera de abeto Douglas clasificada visualmente, la designación del enchapado se identifica como 24F-V4. La "V" indica que en el enchapado del elemento se utilizó madera clasificada visualmente. (Se utiliza la letra "E" el caso de madera clasificada mecánicamente). El número "4" identifica con mayor precisión la combinación específica de maderas utilizadas, a la cual se asigna un conjunto completo de esfuerzos de diseño, como el cortante horizontal, el módulo de elasticidad (MOE), etc. En la tabla 1 se muestran algunos de los enchapados más usuales del glulam, con sus correspondientes esfuerzos permisibles.

TABLA 1

ESFUERZOS PERMISIBLES (psi)

| Combinación | F_{bx} | | F_{vx} | E_x | $F_{c//}$ | $F_{c\perp}$ | F_t |
|----------------------------------|----------|-------|----------|-------------------|-----------|--------------|-------|
| | ten. | comp. | | | | | |
| Enchapados no balanceados | | | | | | | |
| 24F-V4/DF | 2,400 | 1,850 | 265 | 1.8×10^6 | 1,650 | 650 | 1,100 |
| 24F-V3/SP | 2,400 | 1,950 | 300 | 1.8×10^6 | 1,650 | 740 | 1,150 |
| Enchapados balanceados | | | | | | | |
| 24F-V8/DF | 2,400 | 2,400 | 265 | 1.8×10^6 | 1,650 | 650 | 1,100 |
| 24F-V5/SP | 2,400 | 2,400 | 300 | 1.8×10^6 | 1,650 | 740 | 1,150 |

Orientación de los ejes

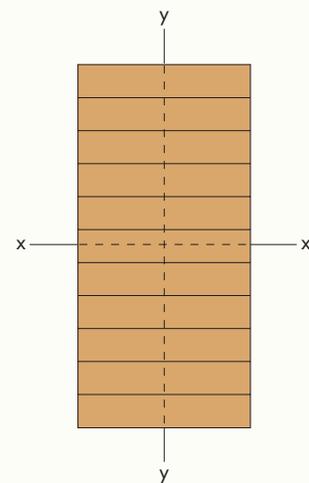
Las vigas de glulam generalmente se instalan con las caras anchas de las laminaciones perpendiculares a la carga aplicada, como se muestra en la figura 1. A eso se denomina comúnmente "elementos laminados horizontalmente". Si al mismo elemento se le rota 90 grados, de modo que la carga ahora se aplica en paralelo con la cara ancha de las laminaciones, se considera que es un elemento laminado verticalmente. Los elementos de glulam tienen distintas propiedades de resistencia, dependiendo de si el elemento se utiliza en una orientación horizontal o vertical.

Tamaños

El glulam se encuentra disponible en tamaños a la medida y también en tamaños estándar. Las vigas estándar se fabrican en dimensiones de uso común, y se cortan a la medida cuando los distribuidores y concesionarios reciben los pedidos. Los anchos típicos de las vigas estándar incluyen: 3-1/8", 3-1/2", 5-1/8", 5-1/2" y 6-3/4", que satisfacen los requerimientos de la mayoría de las aplicaciones de construcciones residenciales.

FIGURA 1

SECCIÓN TRANSVERSAL DE VIGA



Cuando el diseño está condicionado a claros de gran extensión, grandes cargas fuera de lo común y otras condiciones, generalmente se especifican elementos a la medida. Los elementos a la medida se encuentran disponibles en virtualmente cualquier forma y tamaño que se requiera, a fin de satisfacer las condiciones del diseño.

Algunas de las formas a la medida más frecuentes incluyen las vigas curvas, las vigas con inclinación y curvas, los arcos radiales y los arcos Tudor.

Clasificación de apariencia visual

El glulam está disponible en una diversidad de acabados visuales, todos con una apariencia distinta pero que mantienen las mismas características estructurales del grado de resistencia correspondiente. Las clasificaciones de apariencia del glulam son las siguientes:

Estructura. Los elementos de esta clasificación están dirigidos exclusivamente para aplicaciones que no estén a la vista. Las vigas de esta clasificación de apariencia se suministran en anchos que han sido diseñados para quedar a ras con los sistemas 2x4 y 2x6 de estructuras de paredes, que se utilizan generalmente en las construcciones en los Estados Unidos.

Estructura-L. Similar a la clasificación Estructura excepto que se coloca una laminación LVL en la superficie más exterior.

Industrial. Se utiliza en aplicaciones que no estén a la vista, o cuando la apariencia no sea de importancia primordial.

Industrial-L. Similar a la clasificación Industrial excepto que se coloca una laminación LVL en la superficie más exterior.

Arquitectónica. Es la clasificación de apariencia más deseable en las aplicaciones en las que los elementos estén a la vista, ya que tienen un acabado liso y atractivo visualmente. Las vigas estándar generalmente tienen esta apariencia, a fin de que puedan quedar a la vista en la estructura terminada.

Premium. Disponible sólo a pedido especial, cuando la apariencia final sea de importancia primordial.

Todas las clasificaciones de apariencia permiten características de crecimiento natural, con diversos grados de vacíos abiertos permisibles. Los vacíos se rellenan en conformidad con el grado de apariencia especificado, con el uso de insertos y de masillas para madera. La clasificación de apariencia no está relacionada con los requerimientos de enchapado de la madera, y por lo tanto no afecta los valores de diseño de los elementos estructurales.

Propiedades y capacidades de sección

Cuando se selecciona elementos de glulam, el constructor, el diseñador o el especificador debe utilizar elementos que suministren las propiedades de sección requeridas, a fin de satisfacer los requerimientos de resistencia a las cargas. Son posibles distintas capacidades de carga para distintas combinaciones de niveles de esfuerzos del glulam. En la página 2 se encuentra una lista de agencias que pueden suministrar tablas de capacidad de carga de elementos de glulam. Dichas capacidades se basan en la aplicación de las cargas en sentido perpendicular a las caras anchas de las laminaciones, es decir, flexión alrededor del eje x-x de la viga, como se muestra en la figura 1.

Encorvadura

Una de las consideraciones de diseño más importantes en las estructuras de madera es la deflexión. Cuando los claros son de gran longitud, la deflexión es a menudo el factor limitante del diseño. Aunque se puede diseñar cualquier tipo de elemento de madera a fin de reducir al mínimo la deflexión, el glulam es el único producto industrial de madera que se puede pre-encorvar a fin de reducir el efecto estético de las deflexiones. La pre-encorvadura consiste en fabricar el elemento con una curvatura (vea la figura 2) en dirección opuesta y de igual magnitud a la deflexión calculada que se producirá bajo las cargas de gravedad.

Los fabricantes de glulam recomiendan que las vigas de techo se pre-encorven una distancia 1-1/2 veces la deflexión calculada de carga muerta. Ese valor generalmente será suficiente para garantizar que la viga no muestre una combadura aún después de muchos años de resistir cargas, algo que sí podría ocurrir con productos de madera sin pre-encorvadura. A fin de lograr la horizontalidad del piso, se recomienda que la pre-encorvadura aplicada a las vigas de piso sea de 1 vez la deflexión calculada de carga muerta.

La pre-encorvadura de las vigas de glulam se especifica en valores de “pulgadas de pre-encorvadura” o en forma de un radio de curvatura; esos valores se utilizan en el proceso de fabricación. Los radios de curvatura utilizados generalmente en aplicaciones comerciales oscilan entre 1600 y 2000 pies (490 y 610 m), aunque se puede especificar cualquier radio.

La mayoría de las aplicaciones residenciales requieren una pre-encorvadura muy pequeña o ninguna, lo que hace que el glulam sea la opción ideal. Las vigas estándar generalmente se suministran con un radio relativamente plano de pre-encorvadura, de 3500 pies (1070 m) como se muestra en la tabla 2, o sin pre-encorvadura; de esa forma, tienen exactamente la pre-encorvadura correcta para construcciones residenciales. No obstante, si se requiere de una mayor pre-encorvadura, por ejemplo, si se trata de un techo con un claro muy largo, los fabricantes ofrecen vigas a la medida que satisfacen las especificaciones más selectivas.

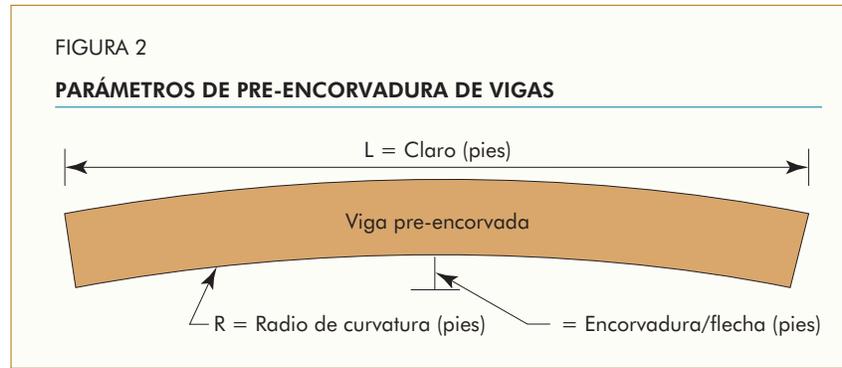


TABLA 2

PRE-ENCORVADURA DE 3500 PIES DE RADIO

| Claro en pies: | 10 | 12 | 14 | 16 | 18 | 20 | 22 | 24 | 26 | 28 |
|------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Pre-encorvadura en pulgadas: | .04 | .06 | .08 | .11 | .14 | .17 | .21 | .25 | .29 | .34 |

Las vigas híbridas ofrecen nuevas opciones de diseño

En respuesta a las demandas del mercado de un mayor desempeño estructural, APA en conjunto con sus fabricantes afiliados trabajaron para desarrollar una viga “híbrida” de glulam, de alta resistencia. Esta viga utiliza laminación de chapilla de madera (LVL) en las capas más externas, tanto arriba como abajo. El enchapado de estas vigas es balanceado, lo que elimina la preocupación de la pérdida de resistencia estructural si la viga se instala al revés por error. La clasificación del glulam híbrido es 30F – 2.1E, mientras que la del glulam tradicional es 24F – 1.8E.

Dado que estas vigas híbridas de gran resistencia frecuentemente se utilizan para dar apoyo a estructuras de pisos que utilizan viguetas “I-joist” de piso, generalmente se suministran en tamaños compatibles con las viguetas I-joist de piso (denominación IJC). Dichos tamaños garantizan que la viga encaje con las profundidades típicas de las viguetas I-joist de piso de las construcciones residenciales, que son 9-1/2", 11-7/8", 14" y 16", y que los anchos encajen con las estructuras 2x4 y 2x6 de las paredes. Están disponibles vigas de profundidades mayores de 16 pulgadas, hasta 30 pulgadas.

Las vigas híbridas de glulam solamente están disponibles en las clasificaciones de apariencia Estructura-L e Industrial-L, y el acabado superficial de las caras anchas por lo general será variable.

Emisiones de formaldehído

Las emisiones de formaldehído de los productos de glulam fabricados en conformidad con la norma ANSI/AITC A190.1-07 son extremadamente bajas. Los productos de glulam que cumplen con la norma ANSI/AITC A190.1 satisfacen o están exentos de las normas y regulaciones más exigentes de emisiones de formaldehído, incluyendo la California Air Resources Board (CARB) Air Toxic Control Measure for Composite Wood Products y las Normas Japonesas de Agricultura (JAS).

Marcas de certificación y aceptación

Los elementos de glulam fabricados por los miembros de APA y AITC están certificados con una marca. Dicha marca significa que el fabricante está comprometido con un programa riguroso de verificaciones y pruebas de calidad, y que los productos se fabrican en conformidad con la norma ANSI/AITC A190.1-07, “American National Standard for Structural Glued Laminated Timber”.

La información usual incluida en una marca puede variar en función de si el afiliado suministra un producto a la medida o estándar. La marca está reconocida por la mayoría de los principales códigos modelo de construcción, en lo relativo a la certificación de productos de madera laminada encolada.



EL GLULAM EN APLICACIONES COMERCIALES

Belleza a la vista, fortaleza oculta

El glulam se ha ganado la reputación de ser un elemento arquitectónico ideal para aplicaciones llamativas, como en techos de bóveda y otros diseños de amplios espacios abiertos. En templos, escuelas, restaurantes y otras edificaciones comerciales, con frecuencia se especifica el glulam por su belleza y también por su resistencia, por buenas razones. El glulam tiene la apariencia clásica de la madera natural, de atractivo eterno.

Y dejando de lado lo estético, existen muchas otras aplicaciones en las que la resistencia y la durabilidad de las vigas de glulam las hacen la opción estructural ideal. Los usos comunes van desde viguetas sencillas, vigas cresteras, vigas de piso y vigas en voladizo, que abarcan la totalidad de los sistemas de techos de edificaciones comerciales. En algunos casos, se han construido almacenes y centros de distribución con techos de superficies mayores de un millón de pies cuadrados (93.000 metros cuadrados), con el uso de estructuras de glulam. En espacios abiertos de gran tamaño, las vigas de glulam pueden tener claros de más de 100 pies (30 m).

Una de las mayores ventajas del glulam es que se puede fabricar en un amplio rango de formas, tamaños y configuraciones. Además de las secciones rectas prismáticas, las vigas también se pueden fabricar en configuraciones de sección decreciente, de tipo sencillo, doble y cumbreras excéntricas. Las formas curvas van desde vigas sencillas curvas, pasando por vigas con inclinación y de sección decreciente, hasta configuraciones complejas de arcos. Los claros que se pueden lograr con arcos de glulam son virtualmente ilimitados. Por ejemplo, en estructuras de domo reticulados de glulam, los arcos pueden tener claros de más de 500 pies (150 m).

Las cerchas (trusses) de glulam añaden opciones de diseño para grandes claros

Las cerchas de glulam también pueden tener muchas formas, incluyendo vigas sencillas con inclinación, configuraciones complejas de cerchas tijera y cerchas de arco de grandes claros con cordones superiores curvos. Cuando se utilizan en diseños de estructuras de espacios, los sistemas de cerchas de glulam pueden crear grandes claros para auditorios, gimnasios y otras aplicaciones que requieren de grandes superficies de pisos abiertos.

Aplicaciones a la intemperie

Cuando se utiliza adhesivos a prueba de agua en su fabricación, los productos de glulam pueden dejarse a la intemperie, siempre que reciban un tratamiento adecuado de preservante a presión. Las aplicaciones a la intemperie incluyen postes y crucetas de servicios, marinas, muelles y otras estructuras y puentes en las costas.

La construcción de puentes representa un mercado creciente para el glulam, en aplicaciones peatonales y de vehículos livianos, y en pasos de vías de agua y de carreteras. Los elementos estructurales de glulam también se utilizan en diseños de puentes secundarios de carreteras, en usos que van desde vigas maestras rectas hasta arcos elevados.



El puente sobre el río Tar en Rocky Mount, Carolina del Norte incorpora arcos de madera laminada encolada.

Los ferrocarriles han descubierto que el glulam es un producto estructural viable para su uso en estructuras de puentes de altas cargas. A medida que las cargas aumentan en las líneas principales, es necesario mejorar la capacidad de los puentes. La adición de refuerzos de glulam es una solución viable para aumentar la capacidad.

En todas esas aplicaciones, la resistencia y la rigidez del glulam les da a los constructores y a los diseñadores una mayor versatilidad en el diseño, en comparación con la que ofrecen otros productos estructurales. Y dichas ventajas tienen un costo competitivo con los otros sistemas estructurales.



Se utilizó glulam de grado arquitectónico para apoyar el atrio del edificio Garfield Commons en la Universidad Pacific Lutheran en Tacoma, Washington.



Este puente de glulam conecta el campo de golf Sheshan con una lujosa comunidad residencial, y suministra tanto elegancia como funcionalidad. El proyecto despertó un nuevo interés en el uso de glulam en puentes de campos de golf en China.



Campbell Basin Lodge en Crystal Mountain, Washington. Este resort de ski de 12.500 pies cuadrados incluye un pabellón de comida de alto nivel y muchos lugares para sentarse.



El Great Wolf Lodge en Grand Mound, Washington incorpora vigas de glulam de 65 pies sobre el parque acuático bajo techo.



Elementos duraderos de glulam forman una escalera resistente.



Dos postes de 107 pies están aperrados en este diseño único de poste de servicios. Fotografía cortesía de Western Archrib.



Arcos de glulam soportan el techo de las instalaciones de práctica de los Chicago Bears en Lake Forest, Illinois.



Este almacén de fertilizante de 236.000 pies cuadrados en Portland, Oregon incorpora arcos de glulam.

EL GLULAM EN APLICACIONES RESIDENCIALES

En construcciones residenciales, a menudo se selecciona vigas de glulam por su belleza en diseños a la vista, como en cabrios de techos abovedados o en vigas maestras de grandes claros. También son ideales en las aplicaciones de estructura oculta, como en vigas de piso y en vigas cabezal. Ningún otro producto combina la resistencia y la belleza natural de la madera como el glulam, y nada les ofrece a los constructores y a los diseñadores la flexibilidad de diseño que exigen los propietarios de viviendas de hoy.

Vigas estándar y vigas a la medida

Las vigas estándar son el producto a elegir en la mayoría de las aplicaciones residenciales. Las vigas estándar, disponibles de inmediato a través de distribuidores en toda Norteamérica, se fabrican en anchos de 3-1/8", 3-1/2", 5-1/8", 5-1/2" y 6-3/4", con profundidades que van de 9 a 136 pulgadas. Con frecuencia, las vigas estándar se suministran con distintas clasificaciones de apariencia, lo que las hace adecuadas para aplicaciones a la vista. Dichas vigas generalmente tienen la clasificación 24F-1.8E de resistencia.

Las vigas de glulam a la medida también están disponibles oportunamente en la mayoría de los mercados geográficos, y se utilizan cuando se necesita una sección transversal mayor, longitudes mayores, formas curvas o distintas clasificaciones de apariencia. Algunos ejemplos de aplicaciones a la medida de vigas curvas incluyen elementos curvos de friso (fascia) sobre superficies de grandes claros, tales como grandes salones y piscinas bajo techo.

Las vigas híbridas, descritas en la página 7, son también una opción para aplicaciones residenciales. Por lo general se utilizan cuando el diseñador especifica propiedades de diseño superiores.

Vigas de piso

La resistencia superior del glulam permite claros más largos que los que permite la madera aserrada sólida. Dado que el glulam se fabrica con madera secada en horno, se reduce al mínimo el encogimiento y la combadura. Además, las vigas de glulam tienen una excelente capacidad para la retención de clavos y tornillos, lo que aporta un subpiso sólido que minimiza el afloramiento de clavos y los chillidos.

Las vigas de piso de glulam ofrecen varias ventajas en comparación con las vigas de acero. Son de menor peso, fáciles de instalar con el uso de equipos comunes de construcción residencial, y tienen una mejor relación valor/costo instalado. Cuando se fija elementos de glulam a otros elementos de la estructura, las cuadrillas de construcción pueden utilizar herramientas estándar de fijación, ya que las uniones son madera-madera. De ser necesario, las vigas de glulam se pueden cortar a la medida en la obra; en cambio, las vigas de acero requieren de un soplete y de una segunda cuadrilla.

Las vigas de glulam se encuentran disponibles en profundidades compatibles con las viguetas I-joist de piso, a efectos de proveer estructuras a ras sin necesidad de ajustes especiales, como se muestra en la fotografía anterior. Las vigas compatibles con viguetas I-joist de piso (denominación IJC) se suministran en profundidades de 9-1/2", 11-7/8", 14" y 16", que concuerdan con las profundidades de las viguetas I-joist de piso utilizadas en las construcciones residenciales. En la aplicación mostrada en la parte superior de la página 14, una viga de glulam da apoyo a la estructura de viguetas I-joist de piso del segundo piso. Se seleccionó una viga de glulam por su tamaño, resistencia, competitividad en cuanto a costo y disponibilidad.



Las vigas compatibles con vigas I-joist de piso (IJC) se suministran en profundidades de 9-1/2", 11-7/8", 14" y 16".



Los arcos a la vista de glulam en la viga cumbre y los apoyos intermedios de este condominio residencial suministran una apariencia impactante además de integridad estructural.



Una viga cumbre de glulam soporta las impactantes líneas del techo de este hogar en el oeste de Washington; se muestra en construcción, a la izquierda, y finalizado, a la derecha.



Una viga cabezal de glulam de puerta de cochera se extiende sobre las paredes angostas cortantes. (Vea la figura 4 para más detalles.)



Esta prueba simula docenas de ciclos de cargas sísmicas laterales sobre la misma línea de pared. De esa manera los investigadores pueden determinar la idoneidad de distintos esquemas de apuntalamiento en función del desempeño sísmico, como extender la viga cabezal de glulam sobre la pared final angosta.



Columnas y vigas cabezal de glulam suministran el apoyo primario para la construcción de este condominio.

Vigas cresteras y cabrios

Los diseños abiertos y espaciosos y los techos de gran altura comunes hoy en día en las construcciones residenciales hacen que el glulam sea la opción perfecta para las aplicaciones de vigas cresteras, como se muestra en la página 14. Pueden abarcar grandes distancias y soportar casi cualquier carga de diseño. Los cabrios en pendiente de glulam son el complemento perfecto de las vigas cresteras, en aplicaciones a la vista.

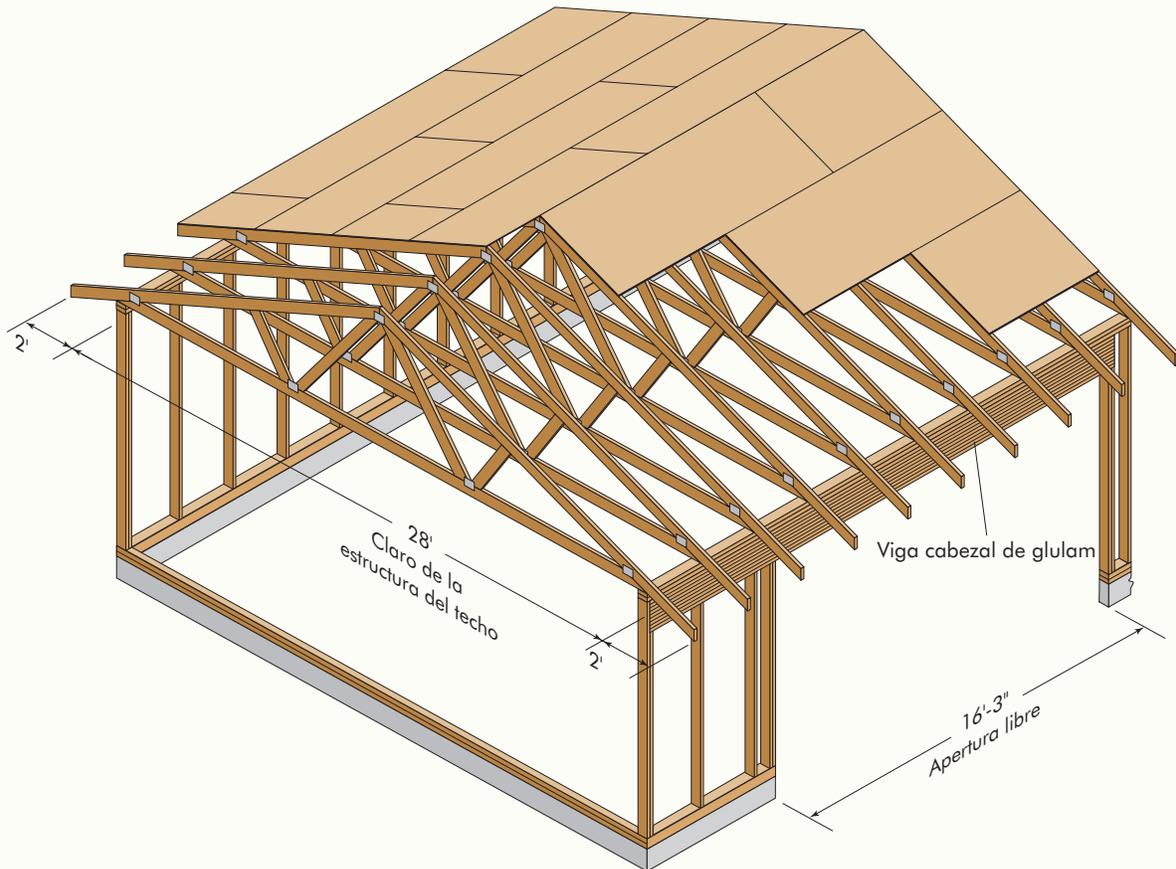
Vigas cabezal de puertas de cochera

Las vigas cabezal de glulam pueden abarcar fácilmente distancias lo suficientemente largas para aperturas de puertas de cochera de dos y tres carros. Y dado que se cortan a la medida al comprarlas, usted paga sólo por la longitud que necesita, sin desperdicio. Un ancho usual de la sección de una viga cabezal de puerta de cochera es de 3-1/2", que encaja con la construcción convencional de paredes de 2x4. En el caso de paredes de construcción 2x6, una viga cabezal de 5-1/2" encaja perfectamente. Las vigas de secciones de 3-1/8" 5-1/8" de ancho también se pueden utilizar en estas aplicaciones, pero pueden necesitar de espaciadores.

FIGURA 3

VIGAS CABEZAL DE GLULAM DE PUERTA DE COCHERA – EJEMPLO DE DISEÑO

El claro de 16'3" de la viga cabezal mostrado en esta figura es el apoyo de los cabrios en una casa de 28 pies de ancho, con aleros de 2 pies, según un diseño de 15 psf de carga muerta y de 25 psf de carga con nieve. De acuerdo a la información en las tablas 3A y 3B (páginas 18 y 19), se puede seleccionar cuatro tamaños distintos de vigas de glulam: 3-1/8" por 15", 3-1/2" por 13-1/2", 5-1/8" por 12" y 5-1/2" por 12", todos adecuados para soportar las cargas requeridas del diseño; la selección final se basa en la disponibilidad local, el costo, la compatibilidad con la estructura y las preferencias del diseñador.



Las vigas cabezal de longitud total de glulam en paredes finales suministran una excelente superficie de fijación de clavos para paneles estructurales de madera, que contribuyen a fijar la viga a los elementos de la estructura de la pared a cada lado de la apertura de la puerta del estacionamiento, para mejorar el apuntalamiento. El método de apuntalamiento de la pared angosta (como se muestra anteriormente) atiende dichas aplicaciones, en las que las secciones de paredes angostas deben resistir las mismas fuerzas laterales que reciben las demás paredes de mayor tamaño y las secciones de techo de la casa. Las conexiones en el armazón agregan rigidez y mejoran la resistencia a las cargas eólicas y sísmicas, ya que crean eficazmente una pared angosta cortante, como se muestra en la figura 4.

Para más información acerca del método de apuntalamiento de pared angosta, consulte www.wallbracing.org.

Columnas

Las columnas de glulam son rectas y dimensionalmente precisas, lo que hace que el entramado estructural sea una tarea sencilla. Debido a que las columnas de glulam están disponibles en grandes longitudes, no es necesario empalmar elementos, lo que es común cuando se utiliza madera aserrada. Y las columnas de glulam pueden estar a la vista, como una característica única arquitectónica del sistema de entramado estructural.

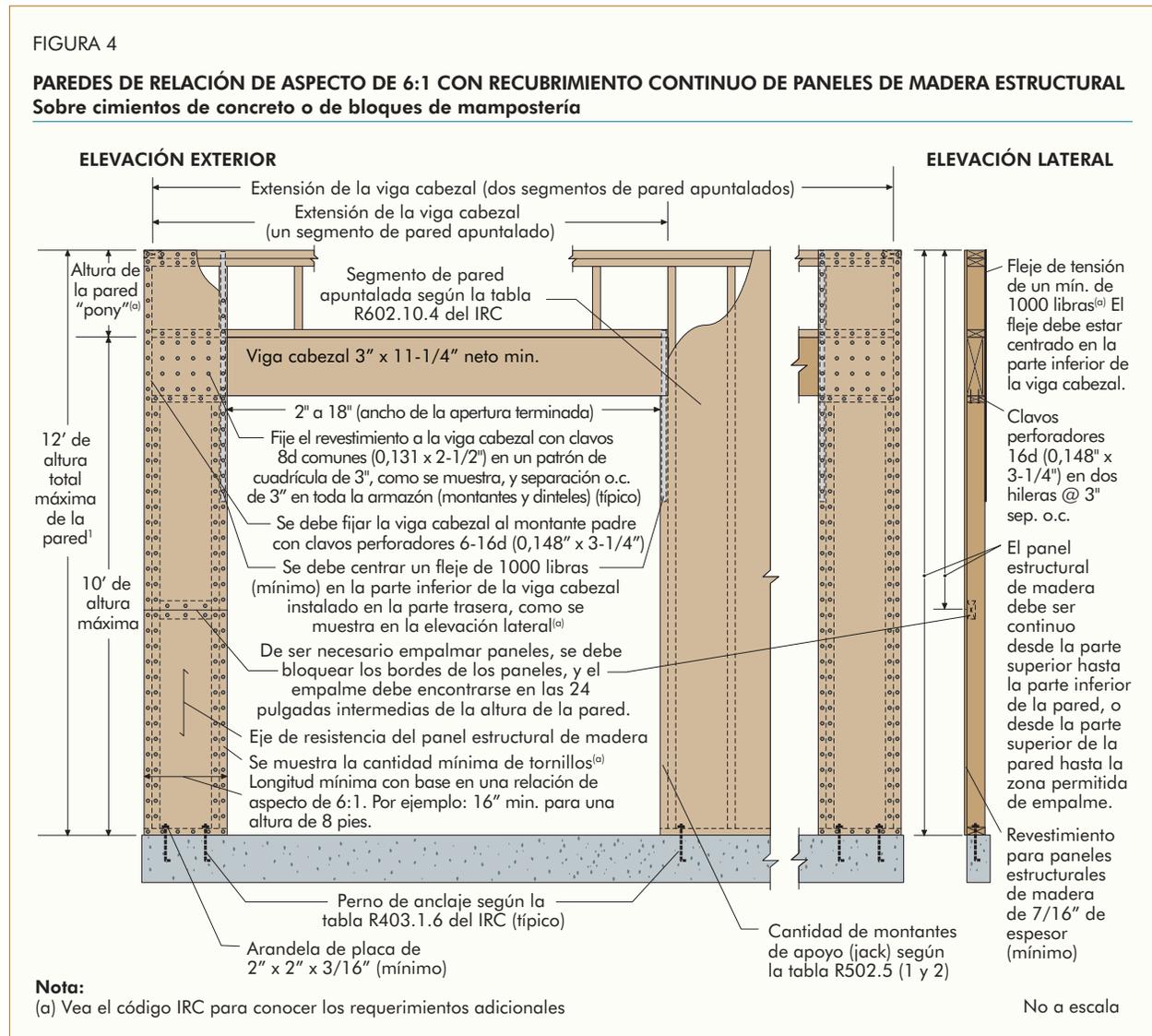


TABLA 3A

VIGAS CABEZAL DE PUERTA DE COCHERA DE GLULAM DE GRADO 24F-1.8E PARA APLICACIONES DE UN SOLO PISO
Apertura de la puerta = 9'-3" (profundidades de la viga con base en laminaciones de 1-1/2").

| | Claro de los cabrios apoyados del techo (pies) | | | | | | | | |
|------------------------|--|---------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | 22 | 24 | 26 | 28 | 30 | 32 | 34 | 36 | |
| Carga sin nieve (125%) | 3-1/8 x 7-1/2 | 3-1/8 x 7-1/2 | 3-1/8 x 7-1/2 | 3-1/8 x 7-1/2 | 3-1/8 x 7-1/2 | 3-1/8 x 7-1/2 | 3-1/8 x 9 | 3-1/8 x 9 | 3-1/8 x 9 |
| 15 psf muerta | 3-1/2 x 7-1/2 | 3-1/2 x 7-1/2 | 3-1/2 x 7-1/2 | 3-1/2 x 7-1/2 | 3-1/2 x 7-1/2 | 3-1/2 x 7-1/2 | 3-1/2 x 7-1/2 | 3-1/2 x 7-1/2 | 3-1/2 x 7-1/2 |
| 20 psf viva | 5-1/8 x 6 | 5-1/8 x 6 | 5-1/8 x 6 | 5-1/8 x 6 | 5-1/8 x 7-1/2 |
| Carga con nieve (115%) | 3-1/8 x 9 | 3-1/8 x 9 | 3-1/8 x 9 | 3-1/8 x 9 | 3-1/8 x 9 | 3-1/8 x 9 | 3-1/8 x 9 | 3-1/8 x 9 | 3-1/8 x 10-1/2 |
| 15 psf muerta | 3-1/2 x 7-1/2 | 3-1/2 x 7-1/2 | 3-1/2 x 7-1/2 | 3-1/2 x 7-1/2 | 3-1/2 x 9 |
| 25 psf viva | 5-1/8 x 6 | 5-1/8 x 7-1/2 | 5-1/8 x 7-1/2 | 5-1/8 x 7-1/2 | 5-1/8 x 7-1/2 | 5-1/8 x 7-1/2 | 5-1/8 x 7-1/2 | 5-1/8 x 7-1/2 | 5-1/8 x 7-1/2 |
| Carga con nieve (115%) | 3-1/8 x 9 | 3-1/8 x 9 | 3-1/8 x 9 | 3-1/8 x 9 | 3-1/8 x 9 | 3-1/8 x 10-1/2 | 3-1/8 x 10-1/2 | 3-1/8 x 10-1/2 | 3-1/8 x 10-1/2 |
| 15 psf muerta | 3-1/2 x 7-1/2 | 3-1/2 x 7-1/2 | 3-1/2 x 9 |
| 30 psf viva | 5-1/8 x 7-1/2 | 5-1/8 x 7-1/2 | 5-1/8 x 7-1/2 | 5-1/8 x 7-1/2 | 5-1/8 x 7-1/2 | 5-1/8 x 7-1/2 | 5-1/8 x 7-1/2 | 5-1/8 x 7-1/2 | 5-1/8 x 7-1/2 |
| Carga con nieve (115%) | 3-1/8 x 9 | 3-1/8 x 9 | 3-1/8 x 10-1/2 | 3-1/8 x 12 |
| 15 psf muerta | 3-1/2 x 9 | 3-1/2 x 9 | 3-1/2 x 9 | 3-1/2 x 9 | 3-1/2 x 10-1/2 |
| 40 psf viva | 5-1/8 x 7-1/2 | 5-1/8 x 7-1/2 | 5-1/8 x 7-1/2 | 5-1/8 x 7-1/2 | 5-1/8 x 9 |

Apertura de la puerta = 16'-3" (profundidades de la viga con base en laminaciones de 1-1/2").

| | Claro de los cabrios apoyados del techo (pies) | | | | | | | |
|------------------------|--|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | 22 | 24 | 26 | 28 | 30 | 32 | 34 | 36 |
| Carga sin nieve (125%) | 3-1/8 x 12 | 3-1/8 x 12 | 3-1/8 x 13-1/2 | 3-1/8 x 13-1/2 | 3-1/8 x 13-1/2 | 3-1/8 x 13-1/2 | 3-1/8 x 15 | 3-1/8 x 15 |
| 15 psf muerta | 3-1/2 x 12 | 3-1/2 x 12 | 3-1/2 x 12 | 3-1/2 x 12 | 3-1/2 x 13-1/2 | 3-1/2 x 13-1/2 | 3-1/2 x 13-1/2 | 3-1/2 x 13-1/2 |
| 20 psf viva | 5-1/8 x 10-1/2 | 5-1/8 x 10-1/2 | 5-1/8 x 10-1/2 | 5-1/8 x 10-1/2 | 5-1/8 x 12 | 5-1/8 x 12 | 5-1/8 x 12 | 5-1/8 x 12 |
| Carga con nieve (115%) | 3-1/8 x 13-1/2 | 3-1/8 x 13-1/2 | 3-1/8 x 15 | 3-1/8 x 15 | 3-1/8 x 15 | 3-1/8 x 15 | 3-1/8 x 16-1/2 | 3-1/8 x 16-1/2 |
| 15 psf muerta | 3-1/2 x 12 | 3-1/2 x 13-1/2 | 3-1/2 x 13-1/2 | 3-1/2 x 13-1/2 | 3-1/2 x 13-1/2 | 3-1/2 x 15 | 3-1/2 x 15 | 3-1/2 x 15 |
| 25 psf viva | 5-1/8 x 10-1/2 | 5-1/8 x 12 | 5-1/8 x 13-1/2 |
| Carga con nieve (115%) | 3-1/8 x 13-1/2 | 3-1/8 x 15 | 3-1/8 x 15 | 3-1/8 x 15 | 3-1/8 x 16-1/2 | 3-1/8 x 16-1/2 | 3-1/8 x 16-1/2 | 3-1/8 x 18 |
| 15 psf muerta | 3-1/2 x 13-1/2 | 3-1/2 x 13-1/2 | 3-1/2 x 13-1/2 | 3-1/2 x 15 | 3-1/2 x 15 | 3-1/2 x 15 | 3-1/2 x 15 | 3-1/2 x 16-1/2 |
| 30 psf viva | 5-1/8 x 12 | 5-1/8 x 12 | 5-1/8 x 12 | 5-1/8 x 12 | 5-1/8 x 12 | 5-1/8 x 12 | 5-1/8 x 13-1/2 | 5-1/8 x 13-1/2 |
| Carga con nieve (115%) | 3-1/8 x 15 | 3-1/8 x 16-1/2 | 3-1/8 x 16-1/2 | 3-1/8 x 16-1/2 | 3-1/8 x 18 | 3-1/8 x 18 | 3-1/8 x 18 | 3-1/8 x 19-1/2 |
| 15 psf muerta | 3-1/2 x 15 | 3-1/2 x 15 | 3-1/2 x 15 | 3-1/2 x 16-1/2 | 3-1/2 x 16-1/2 | 3-1/2 x 16-1/2 | 3-1/2 x 18 | 3-1/2 x 18 |
| 40 psf viva | 5-1/8 x 12 | 5-1/8 x 12 | 5-1/8 x 13-1/2 | 5-1/8 x 13-1/2 | 5-1/8 x 13-1/2 | 5-1/8 x 13-1/2 | 5-1/8 x 15 | 5-1/8 x 15 |

Notas:

- (1) Esta tabla es sólo para efectos de diseño preliminar. El diseño final debe incluir un análisis completo, que incluya los esfuerzos cortantes y la estabilidad lateral.
- (2) Condición de servicio = en seco.
- (3) Deflexión máxima bajo carga viva = claro/240.
- (4) Deflexión máxima bajo carga total = claro/180.
- (5) Aleros de cabrios de techo, de un máximo de 2 pies.
- (6) Peso de la viga = 36 pcf.
- (7) Supone una longitud máxima de apoyo de la carga de 4-1/2".
- (8) Propiedades de diseño a duración normal de la carga y condición de servicio en seco $F_b = 2400$ psi, $F_v = 215$ psi, $E_x = 1,8 \times 10^6$ psi.
- (9) Se puede reemplazar los anchos de viga de 3-1/8" y 5-1/8" por 3" y 5" respectivamente, a la misma profundidad tabulada.

TABLA 3B

VIGAS CABEZAL DE PUERTA DE COCHERA DE GLULAM DE GRADO 24F-1.8E PARA APLICACIONES DE UN SOLO PISO
Apertura de la puerta = 9'-3" (profundidades de la viga con base en laminaciones de 1-3/8").

| | Claro de los cabrios apoyados del techo (pies) | | | | | | | |
|------------------------|--|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | 22 | 24 | 26 | 28 | 30 | 32 | 34 | 36 |
| Carga sin nieve (125%) | 3-1/8 x 6-7/8 | 3-1/8 x 8-1/4 |
| 15 psf muerta | 3-1/2 x 6-7/8 | 3-1/2 x 6-7/8 | 3-1/2 x 6-7/8 | 3-1/2 x 6-7/8 | 3-1/2 x 6-7/8 | 3-1/2 x 6-7/8 | 3-1/2 x 6-7/8 | 3-1/2 x 6-7/8 |
| 20 psf viva | 5-1/8 x 6-7/8 | 5-1/8 x 6-7/8 | 5-1/8 x 6-7/8 | 5-1/8 x 6-7/8 | 5-1/8 x 6-7/8 | 5-1/8 x 6-7/8 | 5-1/8 x 6-7/8 | 5-1/8 x 6-7/8 |
| Carga con nieve (115%) | 3-1/8 x 8-1/4 | 3-1/8 x 8-1/4 | 3-1/8 x 8-1/4 | 3-1/8 x 8-1/4 | 3-1/8 x 9-5/8 | 3-1/8 x 9-5/8 | 3-1/8 x 9-5/8 | 3-1/8 x 9-5/8 |
| 15 psf muerta | 3-1/2 x 6-7/8 | 3-1/2 x 8-1/4 | 3-1/2 x 9-5/8 |
| 25 psf viva | 5-1/8 x 6-7/8 | 5-1/8 x 6-7/8 | 5-1/8 x 6-7/8 | 5-1/8 x 6-7/8 | 5-1/8 x 6-7/8 | 5-1/8 x 6-7/8 | 5-1/8 x 6-7/8 | 5-1/8 x 6-7/8 |
| Carga con nieve (115%) | 3-1/8 x 8-1/4 | 3-1/8 x 8-1/4 | 3-1/8 x 9-5/8 |
| 15 psf muerta | 3-1/2 x 8-1/4 | 3-1/2 x 8-1/4 | 3-1/2 x 8-1/4 | 3-1/2 x 8-1/4 | 3-1/2 x 8-1/4 | 3-1/2 x 9-5/8 | 3-1/2 x 9-5/8 | 3-1/2 x 9-5/8 |
| 30 psf viva | 5-1/8 x 6-7/8 | 5-1/8 x 6-7/8 | 5-1/8 x 6-7/8 | 5-1/8 x 6-7/8 | 5-1/8 x 6-7/8 | 5-1/8 x 6-7/8 | 5-1/8 x 6-7/8 | 5-1/8 x 8-1/4 |
| Carga con nieve (115%) | 3-1/8 x 9-5/8 | 3-1/8 x 9-5/8 | 3-1/8 x 9-5/8 | 3-1/8 x 9-5/8 | 3-1/8 x 11 | 3-1/8 x 11 | 3-1/8 x 11 | 3-1/8 x 11 |
| 15 psf muerta | 3-1/2 x 8-1/4 | 3-1/2 x 8-1/4 | 3-1/2 x 9-5/8 | 3-1/2 x 11 |
| 40 psf viva | 5-1/8 x 6-7/8 | 5-1/8 x 6-7/8 | 5-1/8 x 8-1/4 |

Apertura de la puerta = 16'-3" (profundidades de la viga con base en laminaciones de 1-3/8").

| | Claro de los cabrios apoyados del techo (pies) | | | | | | | |
|------------------------|--|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | 22 | 24 | 26 | 28 | 30 | 32 | 34 | 36 |
| Carga sin nieve (125%) | 3-1/8 x 12-3/8 | 3-1/8 x 12-3/8 | 3-1/8 x 12-3/8 | 3-1/8 x 13-3/4 | 3-1/8 x 13-3/4 | 3-1/8 x 13-3/4 | 3-1/8 x 13-3/4 | 3-1/8 x 15-1/8 |
| 15 psf muerta | 3-1/2 x 12-3/8 | 3-1/2 x 12-3/8 | 3-1/2 x 12-3/8 | 3-1/2 x 12-3/8 | 3-1/2 x 12-3/8 | 3-1/2 x 12-3/8 | 3-1/2 x 13-3/4 | 3-1/2 x 13-3/4 |
| 20 psf viva | 5-1/8 x 11 | 5-1/8 x 11 | 5-1/8 x 11 | 5-1/8 x 11 | 5-1/8 x 11 | 5-1/8 x 12-3/8 | 5-1/8 x 12-3/8 | 5-1/8 x 12-3/8 |
| Carga con nieve (115%) | 3-1/8 x 13-3/4 | 3-1/8 x 13-3/4 | 3-1/8 x 13-3/4 | 3-1/8 x 15-1/8 | 3-1/8 x 15-1/8 | 3-1/8 x 15-1/8 | 3-1/8 x 16-1/2 | 3-1/8 x 16-1/2 |
| 15 psf muerta | 3-1/2 x 12-3/8 | 3-1/2 x 12-3/8 | 3-1/2 x 13-3/4 | 3-1/2 x 13-3/4 | 3-1/2 x 13-3/4 | 3-1/2 x 13-3/4 | 3-1/2 x 15-1/8 | 3-1/2 x 15-1/8 |
| 25 psf viva | 5-1/8 x 11 | 5-1/8 x 11 | 5-1/8 x 11 | 5-1/8 x 12-3/8 |
| Carga con nieve (115%) | 3-1/8 x 13-3/4 | 3-1/8 x 15-1/8 | 3-1/8 x 15-1/8 | 3-1/8 x 15-1/8 | 3-1/8 x 16-1/2 | 3-1/8 x 16-1/2 | 3-1/8 x 16-1/2 | 3-1/8 x 17-7/8 |
| 15 psf muerta | 3-1/2 x 13-3/4 | 3-1/2 x 13-3/4 | 3-1/2 x 13-3/4 | 3-1/2 x 13-3/4 | 3-1/2 x 15-1/8 | 3-1/2 x 15-1/8 | 3-1/2 x 15-1/8 | 3-1/2 x 16-1/2 |
| 30 psf viva | 5-1/8 x 11 | 5-1/8 x 12-3/8 | 5-1/8 x 13-3/4 | 5-1/8 x 13-3/4 |
| Carga con nieve (115%) | 3-1/8 x 15-1/8 | 3-1/8 x 16-1/2 | 3-1/8 x 16-1/2 | 3-1/8 x 16-1/2 | 3-1/8 x 17-7/8 | 3-1/8 x 17-7/8 | 3-1/8 x 17-7/8 | 3-1/8 x 19-1/4 |
| 15 psf muerta | 3-1/2 x 13-3/4 | 3-1/2 x 15-1/8 | 3-1/2 x 15-1/8 | 3-1/2 x 16-1/2 | 3-1/2 x 16-1/2 | 3-1/2 x 16-1/2 | 3-1/2 x 17-7/8 | 3-1/2 x 17-7/8 |
| 40 psf viva | 5-1/8 x 12-3/8 | 5-1/8 x 12-3/8 | 5-1/8 x 12-3/8 | 5-1/8 x 13-3/4 | 5-1/8 x 13-3/4 | 5-1/8 x 13-3/4 | 5-1/8 x 15-1/8 | 5-1/8 x 15-1/8 |

Notas:

- (1) Esta tabla es sólo para efectos de diseño preliminar. El diseño final debe incluir un análisis completo, que incluya los esfuerzos cortantes y la estabilidad lateral.
- (2) Condición de servicio = en seco.
- (3) Deflexión máxima bajo carga viva = claro/240.
- (4) Deflexión máxima bajo carga total = claro/180.
- (5) Aleros de cabrios de techo, de un máximo de 2 pies.
- (6) Peso de la viga = 36 pcf.
- (7) Supone una longitud máxima de apoyo de la carga de 4-1/2" y una longitud mínima de apoyo de la carga de 3".
- (8) Propiedades de diseño a duración normal de la carga y condición de servicio en seco $F_b = 2400$ psi, $F_v = 215$ psi, $E_x = 1,8 \times 10^6$ psi.
- (9) Se puede reemplazar los anchos de viga de 3-1/8" y 5-1/8" por 3" y 5" respectivamente, a la misma profundidad tabulada.

DISEÑOS RESISTENTES AL FUEGO

Comportamiento en incendios de las construcciones de madera

No existe ninguna edificación que sea realmente a prueba de incendios. En la gran mayoría de las edificaciones, lo que se encuentra en el interior de ellas es inflamable, y ese es el factor crucial en los incendios. El humo y el calor generado por lo que se encuentra dentro de la edificación pueden causar grandes daños y pérdidas de vida mucho antes de que los componentes estructurales de la edificación se vean afectados.

El objetivo primordial de toda construcción resistente al fuego es la protección de la vida humana. La combinación de varios productos y métodos de construcción puede retardar la propagación de las llamas, y hacer que la edificación sea segura en caso de incendio. Además de los materiales estructurados utilizados, las variables involucradas en la creación de un entorno seguro en caso de incendios incluyen el uso de sistemas de aspersores, paredes de tabla enyesada, baldosas acústicas y paredes de separación. Se puede utilizar sistemas de aspersores para aumentar las áreas de piso permisibles en la mayoría de los tipos de ocupación y en algunos casos, los aspersores se pueden reemplazar por construcciones de resistencia de una hora al fuego en algunas secciones de la edificación. Hay gran diversidad en las normas de construcción, de modo que es importante estudiar las normas de la zona geográfica en la que se construye la edificación, a efectos de determinar los requerimientos de seguridad en caso de incendio.

Desempeño del glulam en incendios

El glulam tiene un desempeño muy bueno en el calor intenso de los incendios, cuando las temperaturas pueden alcanzar 1650 °F (900 °C) y más. Los elementos estructurales de acero sin protección generalmente se pandean y tuercen a tales temperaturas, lo que causa el derrumbamiento catastrófico del techo y de las paredes estructurales.

La madera se inflama a una temperatura entre 450 y 500 °F (230 y 260 °C), pero la carbonización puede comenzar a temperaturas tan bajas como 300 °F (150 °C). La madera comúnmente se carboniza a una velocidad de 1/40 de pulgada por minuto. Por lo tanto, después de 30 minutos de exposición al fuego, sólo los 3/4 de pulgada exteriores del glulam presentarán daños. Es importante observar que los adhesivos utilizados en la fabricación de las vigas de glulam se queman aproximadamente a la misma velocidad que la madera, y no afectan el desempeño general en cuanto al fuego del elemento estructural. El carbón que se genera aísla al elemento de glulam y, por lo tanto, aumenta las temperaturas que puede resistir. La mayor parte de la sección transversal de un elemento de gran tamaño de glulam permanecerá intacta en contacto con el fuego, y el elemento podrá seguir soportando cargas.

De esa manera, según haya sido la severidad del incendio y después de un análisis estructural por parte de un profesional calificado de diseño, con frecuencia es posible recuperar el elemento de glulam con tan sólo quitar el material que sufrió daños por el fuego y rehacer el acabado de la superficie del elemento.

Resistencia de una hora al fuego

A fin de garantizar una estructura segura en caso de incendios, las autoridades utilizan como base para los requerimientos de protección contra incendios y de las normas de construcción las investigaciones y los ensayos, así como la experiencia de incendios anteriores. Con base en esas y otras consideraciones, los códigos modelo de edificación incluyendo el IBC (International Building Code) clasifican el tipo de construcción “Madera pesada” como un tipo específico de construcción, y establecen tamaños mínimos para las vigas de techo y de piso a fin de garantizar un buen desempeño en caso de incendio.

Existen disponibles procedimientos para la determinación del tamaño mínimo de los elementos de glulam para proyectos en los que se requiera una resistencia de los elementos de una hora al fuego. Las tablas 4 y 5 muestran un ejemplo de este principio para madera estructural de glulam.

La resistencia al fuego de un elemento estructural se mide por el tiempo que puede soportar su carga de diseño durante un incendio. Una viga o columna expuesta dimensionada para una resistencia mínima de una hora al fuego soportará su carga de diseño durante al menos una hora durante condiciones estándar de ensayos de incendios, que simulan incendios reales. Las normas IBC suministran una metodología para el cálculo del tamaño mínimo de los elementos de glulam que alcanzan una clasificación de una hora en condiciones dadas de diseño. Un procedimiento alternativo se encuentra en el capítulo 16 de las especificaciones 2005 National Design Specifications.

Es importante observar que para que un elemento estructural de glulam clasifique para una clasificación de una hora al fuego, es necesario reemplazar una laminación de núcleo con una laminación de tensión, como se muestra en la figura 5.

TABLA 4

PROFUNDIDADES MÍNIMAS A LAS QUE VIGAS DE 6-3/4" Y 8-3/4" DE ANCHO SE PUEDEN ADAPTAR PARA LA CLASIFICACIÓN DE UNA HORA AL FUEGO

| Ancho de la viga (pulgadas) | Profundidad, 3 lados expuestos (pulgadas) | Profundidad, 4 lados expuestos (pulgadas) |
|-----------------------------|---|---|
| 6-3/4 | 13-1/2 | 27 |
| 8-3/4 | 7-1/2 | 13-1/2 |

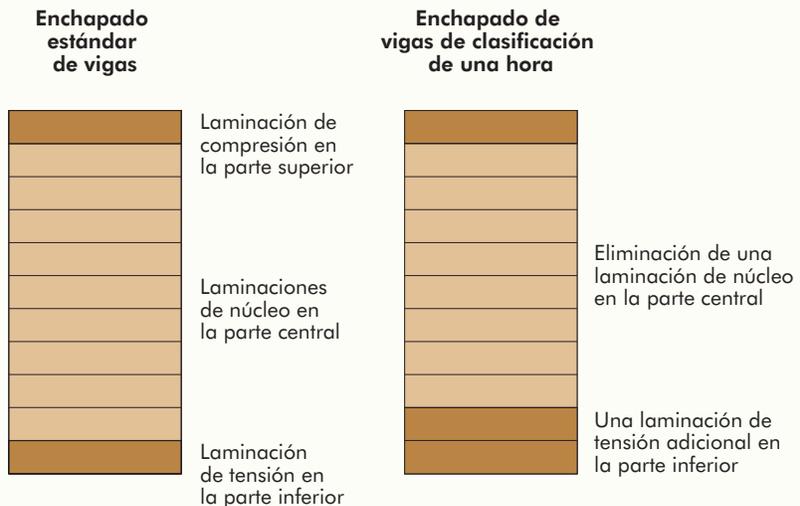
TABLA 5

PROFUNDIDADES MÍNIMAS A LAS QUE VIGAS DE 8-3/4" Y 10-3/4" DE ANCHO CALIFICAN PARA LA CLASIFICACIÓN DE UNA HORA, PARA UNA RELACIÓN I/D DADA

| Criterio I/d | Ancho de la columna (pulgadas) | Profundidad, 3 lados expuestos (pulgadas) | Profundidad, 4 lados expuestos (pulgadas) |
|---------------|--------------------------------|---|---|
| $I/d > 11$ | 10-3/4 | 10-1/2 | 13-1/2 |
| $I/d \leq 11$ | 8-3/4 | 7-1/2 | 12 |
| | 10-3/4 | 7-1/2 | 10-1/2 |

FIGURA 5

ENCHAPADO NO BALANCEADO DE CLARO SIMPLE



Al igual que con cualquier otra armazón estructural, las especificaciones de los elementos diseñados para proporcionar una resistencia de una hora al fuego deben ser comprobadas cuidadosamente por un ingeniero o un arquitecto profesional, a fin de garantizar su conformidad con todas las normas locales de construcción.

Tratamientos contra incendios

Aunque en algunos productos de madera a menudo se utilizan compuestos químicos retardadores de fuego a fin de retardar la propagación de las llamas, no se recomienda esos compuestos con elementos de glulam. Si se utilizan compuestos retardadores de fuego, el profesional de diseño es responsable de determinar los efectos de dicho tratamiento en la resistencia del glulam; dicha información la debe obtener del fabricante del tratamiento retardador del fuego. Otra opción para reducir la propagación de las llamas es aplicar una pintura de expansión por calor a la superficie del glulam, lo que no afecta la integridad estructural del elemento.

EFFECTOS DE LA HUMEDAD

Control de la humedad en los sistemas de madera

La madera es un material natural poroso, que siempre contiene un cierto nivel de humedad. El contenido de humedad en la madera es una medida del peso total de la humedad en la madera, expresado como un porcentaje del peso de la madera secada en horno. Los procesos de fabricación de productos de madera generalmente involucran un paso de secado. Durante la producción, las vigas de glulam generalmente tienen un contenido promedio de humedad de un 12 por ciento. En comparación, el contenido de humedad de la madera verde puede oscilar entre el 20 y el 50 por ciento, con un valor del 16 por ciento para la madera seca en horno.

Una vez instaladas, las vigas de glulam en aplicaciones bajo techo alcanzarán un equilibrio en el contenido de humedad de entre un 8 y un 12 por ciento. La cifra exacta del nivel de humedad en equilibrio es primordialmente una función de la humedad relativa y de la temperatura del interior de la edificación. El tiempo que toma para que el contenido de humedad de un elemento de madera se equilibre con su entorno depende del tamaño del elemento y de los niveles de humedad en el interior de la edificación, y puede ser prolongado para vigas de gran tamaño de glulam.

Los códigos modelo de construcción establecen requerimientos mínimos para la ventilación de espacios de piso y techo. Dichos requerimientos de ventilación varían en función de si se utiliza o no retardadores de vapor. Consulte las normas locales a fin de garantizar la conformidad.

Se puede proteger al glulam de la intrusión de humedad en su superficie durante el tránsito y durante el ciclo de construcción, con el uso de envolturas plásticas protectoras o compuestos selladores. Los selladores de superficies, que se pueden aplicar a la parte superior, inferior y a ambos lados de las vigas, son resistentes a la suciedad y a la humedad, y contribuyen a controlar el agrietamiento y la elevación del grano. Se recomienda el uso de selladores penetrantes si se va a aplicar tintura a las vigas o se les va a dar un acabado natural. Se puede aplicar selladores a las vigas antes de salir de la planta, o el contratista puede aplicarlos en el campo. La aplicación de selladores debe formar parte de la especificación si se va a aplicar en la planta.

La aplicación de selladores en los extremos de las vigas también contribuye a protegerlas contra la penetración de humedad y contra el excesivo agrietamiento. Si en la obra se recorta un elemento o se corta por cualquier razón, se debe aplicar sellador a los extremos de corte.

Efectos del crecimiento de moho y hongos en los elementos de madera

Dado que es un material orgánico, es fácil que crezca moho y hongos sobre la madera si hay demasiada humedad presente. El moho crece en la madera si está en contacto con el agua o con niveles de humedad por encima del 70 por ciento durante un tiempo prolongado.

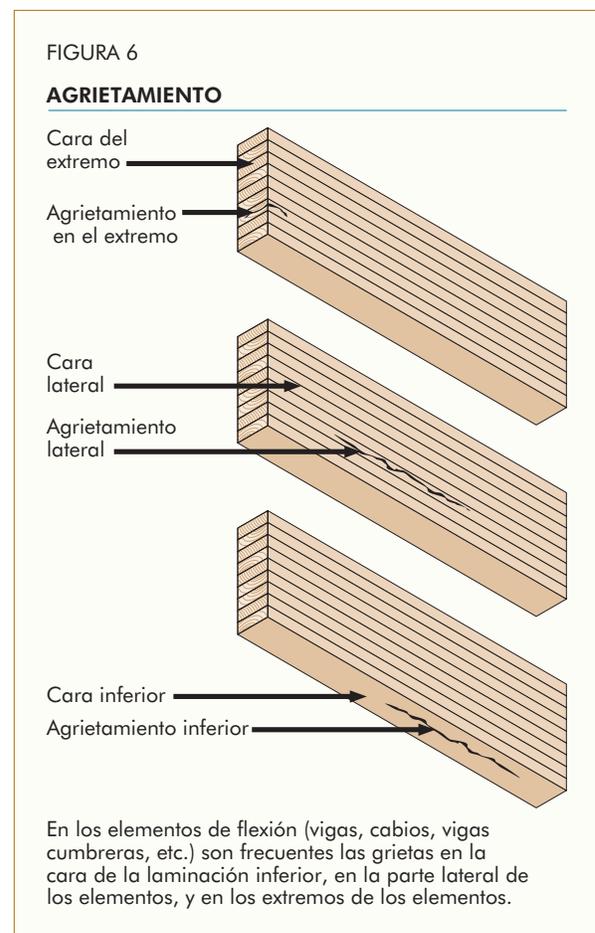
El moho es un hongo diferente del tipo de hongos que causan la putrefacción de la madera. A diferencia de los hongos que causan la putrefacción de la madera, los mohos no causan una pérdida importante en la resistencia de los productos de madera. Sin embargo, el moho y los hongos en la madera pueden crear un problema de salud, y son una señal de que está presente una condición de alta humedad. Períodos prolongados de alta humedad también pueden fomentar el crecimiento de hongos de putrefacción de la madera; esa es otra razón por la que es importante seguir los métodos correctos de diseño, manejo, instalación y mantenimiento, que fomentan el control de la humedad e inhiben el crecimiento de moho y hongos.

Agrietamiento

Un fenómeno usual relacionado con la humedad es el agrietamiento de la madera. El agrietamiento se produce de forma natural en los productos de madera una vez instalados. Se forman grietas en la superficie de la madera en dirección paralela al grano del elemento. Una evaluación visual de cerca de las grietas siempre mostrará fibras desgarradas de madera. El origen de las grietas es el encogimiento de las fibras de la madera a medida que liberan humedad al ambiente. El secado rápido aumenta la diferencia en el contenido de humedad entre las fibras interiores y exteriores, lo que aumenta la probabilidad de agrietamiento.

Las vigas de glulam generalmente muestran menos agrietamiento y de menor intensidad que las vigas aserradas de tamaños similares, debido al relativamente bajo contenido de humedad durante la fabricación. No obstante, a menudo es difícil controlar el contacto del glulam con la intemperie durante el transporte, el almacenamiento y la construcción. El glulam podría capturar humedad en su superficie durante cualquiera de esas etapas del proceso de construcción.

A menudo se puede observar grietas cerca de las líneas de cola en los elementos de glulam, que es el punto en que los esfuerzos diferenciales durante el secado son mayores. Eso ocurre con mayor frecuencia cerca de la línea de cola más externa, en la que la cantidad de superficie expuesta por la laminación más externa es máxima. El agrietamiento es una característica natural de la madera, y no se considera que tenga un efecto perjudicial en la resistencia del elemento a menos que las grietas se transformen en hendiduras.



Tratamientos preservantes

La putrefacción de la madera se produce cuando el contenido de humedad en la madera supera el 20–25 por ciento durante un período prolongado. La renovación y el mantenimiento puede contribuir a controlar el contenido de humedad y prevenir el crecimiento de hongos de putrefacción; no obstante, en muchas aplicaciones en las que hay exposición directa a la intemperie o en las de entornos de alta humedad, eso no es posible. En esos casos, es necesario especificar un tratamiento preservante adecuado de impregnación a presión a fin de eliminar los riesgos de putrefacción y de insectos, o especificar el uso de madera del núcleo de una especie naturalmente resistente como el cedro amarillo de Alaska, el cedro rojo del Pacífico o el cedro blanco.

Se puede aplicar tratamientos al glulam después del encolado y la fabricación, o se puede aplicar tratamientos a las laminaciones individuales antes del encolado, dependiendo de las especies de madera utilizadas y del tratamiento especificado. La disponibilidad de elementos de glulam con tratamientos preservantes varía de una zona geográfica a otra, de modo que pregunte a su proveedor antes de especificar un tratamiento en particular.

Cuando se vaya a aplicar un tratamiento preservante a vigas de glulam después del encolado, se debe pedir los elementos del tamaño exacto, y se debe hacer toda operación de taladrado y de fabricación antes del proceso de tratamiento. Eso elimina la ruptura de la capa de tratamiento por cortes y perforaciones postratamiento, y contribuye a garantizar una larga vida del elemento. Los elementos de glulam a los que se les haya aplicado un preservante a presión se deben unir con adhesivos de uso en presencia de humedad.

Acabado de los conectores estructurales

Al igual que con cualquier otro material estructural, el acabado correcto de los conectores estructurales es esencial para garantizar el desempeño estructural del elemento. Lo anterior es también válido con el glulam, dado que una conexión estructural mal diseñada e instalada podría conducir a una falla grave. El diseñador debe tomar en cuenta los efectos de los cambios de humedad en el elemento de glulam, la colocación correcta del retén mecánico y la cantidad de retenes necesarios para soportar las cargas, a fin de generar un acabado correcto de la conexión estructural.

Con base en muchos años de experiencia, la industria del glulam ha desarrollado información detallada respecto a situaciones usuales de conexiones estructurales. Dicha información ilustra la manera correcta e incorrecta de hacer conexiones estructurales, e indica las consecuencias de la realización incorrecta.



Ranuras para pernos permiten el movimiento horizontal de una viga con inclinación y curva.

Cortes y perforaciones en el glulam

Los cortes y las perforaciones en el glulam están muy vinculados a las conexiones estructurales. Dado que los elementos estructurales de glulam son componentes de alta ingeniería fabricados con laminaciones de maderas especialmente seleccionadas y colocadas, una muesca mal cortada o un agujero taladrado en un lugar incorrecto pueden afectar gravemente la capacidad de carga de los elementos. A los elementos de glulam se les puede hacer sólo los agujeros, muescas y cortes en diagonal que hayan sido aprobados por el profesional responsable de diseño, conforme a lo asentado en los planos de obra y de taller.

Se debe evitar las muescas, cortes y perforaciones de las vigas de glulam en la obra, particularmente en el lado de tensión del elemento. Los requerimientos de la obra podrían obligar a hacer cortes, muescas y perforaciones que no fueron previstas originalmente. En ciertos casos, los cortes, muescas y perforaciones se pueden hacer en zonas del glulam que no estén sometidas a grandes esfuerzos, y de esa manera tendrán un efecto mínimo en la capacidad estructural de elemento.



Los agujeros y las muescas se deben colocar de manera precisa a efectos de la apariencia arquitectónica, y se deben tomar en cuenta en el diseño de los conectores estructurales de las vigas y la capacidad de las columnas.



Estos elementos de glulam utilizan muescas y conectores estructurales ocultos, para crear un diseño limpio y elegante.

CONSIDERACIONES DE DISEÑO Y DE ESPECIFICACIONES

WoodUniversity.org

La Wood University es un centro de capacitación en línea sin costo dirigido a los arquitectos, constructores y diseñadores de edificaciones. La Wood University está acreditada para la educación continua por el American Institute of Architects y el American Institute of Building Designers, y ofrece módulos de aprendizaje tanto introductorios como avanzados, relativos a productos de madera industrial y a diseños en madera. Entre a www.wooduniversity.org. (Solo en inglés.)

Especificaciones correctas

En muchas aplicaciones residenciales y comerciales ligeras, las vigas estándar de glulam satisfacen totalmente los requerimientos. También existen aplicaciones residenciales y muchos diseños comerciales que requieren del uso de elementos a la medida. Cualquiera sea el caso, la capacidad y el tamaño especificados del elemento debe ser comprobada por un profesional de diseño.

Para el establecimiento correcto de las especificaciones de los elementos de glulam utilice la guía de especificaciones en las páginas 27 y 28. Aunque no se puede abarcar todas las consideraciones posibles de diseño con el uso de una especificación general como ésta, en la guía están incorporados la mayoría de los factores usuales de las especificaciones.



GUÍA DE ESPECIFICACIONES DEL GLULAM

A continuación una guía para el desarrollo de especificaciones de madera laminada encolada, que se utiliza en elementos de flexión tales como viguetas, vigas, y vigas cresteras, y para elementos sometidos a cargas axiales tales como columnas y cuerdas de cerchas (trusses).

A. General

1. La madera estructural laminada encolada se debe suministrar en la forma indicada en los planos correspondientes, y en conformidad con las especificaciones siguientes. (Cuando rijan otros usos o requerimientos, modifique las especificaciones como sea necesario.)

2. En el caso de elementos diseñados a la medida, los planos de taller y los detalles deben ser suministrados por el (fabricante) y el (vendedor), y deben ser aprobados por el (arquitecto) (ingeniero) (contratista general) y el (comprador) antes de que se inicie la fabricación de dichos elementos.

3. El (fabricante) (vendedor) (contratista) deberá suministrar los conectores estructurales de acero y los accesorios para la unión de los elementos estructurales de madera laminada encolada, entre los elementos mismos y también con sus apoyos, aparte de los anclajes incorporados a la obra civil de mampostería o concreto, las placas de apoyo y los elementos soldados en obra al acero estructural. Los conectores estructurales de acero deben ser revestidos con una capa de pintura anti-herrumbre.

B. Manufactura

1. Materiales, manufactura

y **garantía de calidad** – La madera estructural laminada encolada fabricada a partir de especies de madera suave debe cumplir con la norma ANSI/AITC A190.1, American National Standard for Structural Glued Laminated Timber, o con otros procedimientos de diseño,

manufactura y/o aseguramiento de la calidad que cuenten con la aprobación por parte de los códigos correspondientes.

2. **Aplicaciones de uso final** – Los elementos estructurales de madera laminada encolada se fabricarán para las siguientes aplicaciones estructurales, según corresponda: (Elementos de flexión de claro simple – B) (Elementos de flexión de claro continuo o en voladizo – CB) (Elementos de compresión – C) (Elementos de tensión – T).

TABLA 6

CLASES DE ESFUERZOS DEL GLULAM

| Clase de esfuerzos | F_{bx+} (psi) | $F_{bx-}^{(1)}$ (psi) | $F_{c lx}$ (psi) | $F_{vx}^{(3)}$ (psi) | E_x (10^6 psi) |
|-------------------------------|--------------------|--------------------------|---------------------|-------------------------|------------------------|
| SC 16F-1.3E | 1,600 | 925 | 315 | 195 | 1.3 |
| SC 20F-1.5E | 2,000 | 1,100 | 425 | 210 | 1.5 ⁽⁵⁾ |
| SC 24F-1.7E | 2,400 | 1,450 | 500 | 210 | 1.7 |
| SC 24F-1.8E | 2,400 | 1,450 ⁽²⁾ | 650 | 265 ⁽⁴⁾ | 1.8 |
| SC 26F-1.9E | 2,600 | 1,950 | 650 | 265 ⁽⁴⁾ | 1.9 |
| SC 28F-2.1E SP | 2,800 | 2,300 | 805 | 300 | 2.1 ⁽⁶⁾ |
| SC 30F-2.1E SP ⁽⁷⁾ | 3,000 | 2,400 | 805 ⁽⁸⁾ | 300 | 2.1 ⁽⁶⁾ |

Notas al pie

- (1) En el caso de enchapado balanceado, F_{bx-} será igual a F_{bx+} en lo que respecta a la clase de esfuerzos. El diseñador deberá especificar cuándo se debe utilizar elementos de enchapado balanceado.
- (2) Se permite el aumento del esfuerzo de flexión negativa, F_{bx-} , hasta 1850 psi en el caso de abeto Douglas y hasta 1950 psi en el caso del pino amarillo, para combinaciones específicas. El diseñador deberá especificar cuándo se debe utilizar estos esfuerzos aumentados.
- (3) En el caso de elementos de sección no prismática, elementos con muescas y elementos sujetos a impactos o a cargas cíclicas, se debe multiplicar el valor de diseño del esfuerzo cortante por un factor de 0,72.
- (4) $F_{vx} = 300$ psi en el caso de glulam fabricado con pino amarillo.
- (5) E_x se puede aumentar hasta 1.8×10^6 psi en el caso de glulam fabricado con SPF canadiense o con abeto negro.
- (6) $E_x = 2.0 \times 10^6$ psi en el caso de elementos que cuenten con más de 15 laminaciones, excepto en el caso del glulam híbrido (vea la página 7).
- (7) Limitado a un ancho máximo de 6 pulgadas excepto en el caso del glulam híbrido (vea la página 7).
- (8) $F_{c lx} = 650$ psi en el caso del glulam híbrido (vea la página 7).

Los valores de diseño indicados en esta tabla representan los correspondientes a grupos de combinaciones similares de madera laminada encolada. Se puede obtener valores de diseño más altos para algunas propiedades, al especificar una combinación particular. Para ello comuníquese con alguna de las agencias enumeradas en la página 2. Los valores de diseño corresponden a elementos de 4 o más laminaciones. Algunas clases de esfuerzos no están disponibles en todas las especies. Comuníquese con el fabricante de productos de glulam para conocer la disponibilidad.

3. Valores de diseño – La madera estructural laminada encolada debe suministrar valores de diseño para las duraciones normales de las cargas y condiciones de uso en seco. (1)(2) El diseño debe especificar una combinación de esfuerzos como las de la tabla 6.

4. Grado de apariencia visual – El glulam deberá ser de grado (Estructura) (Estructura-L) (Industrial) (Industrial-L) (Arquitectónico) o (Premium) (3) en conformidad con la norma ANSI/AITC A190.1.

5. Adhesivos de laminación – Los adhesivos utilizados en la fabricación de madera laminada estructural encolada deben cumplir los requerimientos de las condiciones de servicio (en humedad) y (en seco).(1)

6. Pre-encorvadura (si corresponde) – La manera laminada estructural encolada (deberá) (no deberá) ser fabricada con una pre-encorvadura.

7. Tratamiento preservante (si corresponde) – Se deberá hacer un tratamiento de presión al glulam después de la fabricación, en conformidad con el estándar U1 de la American Wood-Preservers' Association (AWPA), con el uso del compuesto preservante (solución de creosote o de creosote/alquitrán de carbón) (pentaclorofenol en aceite) (pentaclorofenol en un solvente ligero) según lo requerido por la exposición (contacto con el suelo) (separado del suelo).

8. Resistencia al fuego (si corresponde) – Los elementos de glulam deberán tener dimensiones y estar fabricados para una resistencia de una hora al fuego.(4)

9. Selladores y acabados protectores – A menos que se indique lo contrario, se debe aplicar sellador a los extremos de todos los elementos. (Se deberá) (No se deberá) sellar la superficie de los elementos con (sellador penetrante) (sellador con compuesto de primer/recubrimiento sellador).(5)

10. Marcas y certificaciones – Se deberá marcar los elementos con las marcas que indican la conformidad con lo previsto en la norma ANSI/AITC A190.1 respecto a la fabricación, aseguramiento de la calidad y marcas de certificación.

11. Certificados (si corresponde) – El (fabricante) (vendedor) podría suministrar un certificado de conformidad a fin de validar la conformidad con la norma ANSI/AITC A190.1, si se le solicita.

12. Protección para transporte – Los elementos deberán estar (no envueltos) (envueltos) (envueltos en paquete) (envueltos individualmente) con un material impermeable a efectos del transporte.

Notas para los especificadores:

(1) Condiciones de servicio en seco – el contenido de humedad de los elementos en servicio estará por debajo del 16%; condiciones de servicio en humedad – el contenido de humedad de los elementos en servicio será de un 16% o mayor. Cuando se va a aplicar tratamientos preservantes a elementos de madera laminada encolada, se debe especificar el uso de adhesivos de uso en humedad en la fabricación de dichos elementos.

(2) Como alternativa a especificar una combinación de enchapado o una combinación de esfuerzos, se puede especificar los esfuerzos permisibles de diseño requeridos para la aplicación de diseño específica.

(3) En la página 6 se describen las clasificaciones de apariencia visual.

(4) Cuando se especifica madera estructural laminada encolada con resistencia de una hora al fuego, rigen requerimientos de limitación del tamaño mínimo y de laminaciones adicionales. Los conectores estructurales de acero y los retenes también se deben proteger a fin de alcanzar la clasificación de una hora al fuego. Recubra con tabla enyesada (Tipo X) o con revestimientos resistentes al fuego, o con madera de 1-1/2" de espesor, a fin de suministrar la protección necesaria. Vea la página 20.

(5) Especifique un sellador penetrante si se va a dar un acabado natural o una tintura semitransparente. Los revestimientos de primer/selladores tienen un contenido mayor de sólidos y suministran una mayor protección contra la humedad; son adecuados para su uso con acabados opacos o de colores sólidos.

ALMACENAMIENTO, MANEJO E INSTALACIÓN

Los elementos de glulam se deben almacenar correctamente y también se deben manejar con cuidado a fin de garantizar su óptimo desempeño. Las vigas se pueden proteger con selladores, compuestos de primer o con envolturas de papel al salir de la planta de fabricación. La aplicación de selladores en los extremos de las vigas contribuye a protegerlas contra la penetración de la humedad y el agrietamiento. Si en obra se recorta un elemento a la medida, o se corta para cualquier otro efecto, se debe aplicar sellador a los extremos de corte. Los selladores de superficies, que se pueden aplicar a la parte superior, inferior y a ambos lados de las vigas, son resistentes a la suciedad y a la humedad, y contribuyen a controlar el agrietamiento y la elevación del grano. Utilice selladores penetrantes si se va a aplicar tintura a las vigas o se les va a dar un acabado natural.



Una capa de primer también protege a las vigas de la humedad y del sucio, y crea una superficie sobre la que se puede aplicar pintura. Las envolturas resistentes al agua son otra manera de proteger a las vigas del contacto con la humedad, el sucio y contra daños en su superficie durante el transporte, el almacenamiento y la construcción. Dado que la luz del sol puede decolorar las vigas, se recomienda el uso de envolturas opacas. Las vigas se pueden envolver individualmente, por paquete o por carga. Si es necesario quitar una porción de la envoltura durante la secuencia de la obra a fin de facilitar la instalación de conectores estructurales, retire totalmente la envoltura a fin de evitar la decoloración dispereja por la exposición al sol.

El traslado de las vigas de glulam generalmente se hace con montacargas. Para mayor estabilidad, las partes laterales de las vigas se deben apoyar sobre las horquillas del montacargas. No obstante, apoyar vigas extremadamente largas sobre sus lados puede hacer que se flexionen en exceso, lo que aumenta el riesgo de daños al elemento. En esos casos se debe utilizar varios montacargas. Si se utiliza una grúa con amarres para trasladar las vigas, coloque un bloque de protección adecuado entre los amarres y el elemento. Utilice bloques o tacos de madera para proteger las esquinas. Al elevar elementos de glulam, se debe utilizar amarres que no dañen las superficies. El uso de barras de distribución de la carga puede reducir la posibilidad de daños al elevar vigas con grúas, especialmente las muy largas.

Al transportar las vigas, apílelas sobre tacos de madera o plataformas, al cargarlas en vagones y en camiones. Las vigas pueden descansar sobre sus lados o sobre su parte inferior. Sujete la carga con cintas a fin de evitar que se desplacen. Proteja las esquinas de las vigas con “suavizadores” al asegurarlas con cintas.

En el patio de distribución y en la obra, se recomienda el almacenamiento en un depósito techado, con buen drenaje. Evite el contacto de los elementos de glulam con el suelo, con el uso de bloques, plataforma y sistemas de estantes. Las vigas deben permanecer envueltas a fin de protegerlas de la humedad, del sucio, de la luz del sol y de daños a su superficie. Haga cortes en la parte inferior de la envoltura a fin de permitir la ventilación y el drenaje del agua. En la obra, utilice esquemas de almacenamiento similares siempre que sea posible.

Una de las ventajas de la alta relación resistencia/peso de las vigas de glulam es que en muchas aplicaciones residenciales y comerciales livianas se pueden instalar con montacargas, cargadoras frontales y otros equipos usualmente disponibles en las obras. Eso elimina el tiempo y el costo de tener una grúa en la obra.

GLOSARIO DE TÉRMINOS

Clasificación de apariencia visual: Define el acabado superficial del elemento. Las clasificaciones más comunes de apariencia visual son Arquitectónica e Industrial. Están disponibles vigas de apariencia visual Premium en pedidos a la medida. La calidad estructural de los elementos de glulam no está relacionada con la clasificación de apariencia visual.

Viga: Generalmente, un elemento colocado en posición horizontal o en pendiente que está diseñado para soportar cargas verticales:

- **Claro simple:** Un elemento que está apoyado solamente en sus extremos.
- **Continuo:** Un elemento único que está soportado por más de dos posiciones de apoyo.
- **En voladizo:** Un elemento en el que uno o ambos apoyos no están en los extremos del elemento, uno de los cuales se extiende más allá de su apoyo.

Pre-encorvadura: La curvatura incorporada a la viga (en dirección contraria a la deflexión esperada) que impide que se flexione y que muestre una apariencia combada en condiciones de carga.

Columna: Generalmente, un elemento vertical que está diseñado para soportar las cargas de las vigas:

- **Cargadas concéntricamente:** Cuando la carga resultante actúa en paralelo al eje del elemento y se aplica en su línea central.
- **Cargadas excéntricamente:** Cuando la carga resultante actúa en paralelo al eje del elemento pero se aplica fuera de su línea central.

Número de combinación: La identificación utilizada para describir el tipo de enchapado de la laminación del elemento de glulam, los esfuerzos de diseño permisibles asociados y si la madera utilizada fue clasificada visualmente o mecánicamente.

Deflexión: El movimiento vertical que se produce al aplicar cargas sobre una viga, generalmente se mide en posiciones entre los apoyos, o en el extremo en el caso de vigas en voladizo.

Límite de deflexión: La magnitud máxima de la deflexión de la viga bajo carga. Generalmente se establecen límites distintos de deflexión para cargas vivas y cargas totales.

Valores de diseño: Son los valores permisibles de esfuerzos establecidos para cada viga de glulam, descritos en términos de Flexión (Fb), Cortante horizontal (Fv), Módulo de elasticidad (E) y otros esfuerzos.

Equilibrio del contenido de humedad: Todo cuerpo de madera absorberá o liberará humedad a la atmósfera circundante, hasta que la humedad de la madera esté en equilibrio con la de la atmósfera. El contenido de humedad en la madera en el punto de equilibrio se denomina el contenido de humedad en equilibrio, y se expresa como un porcentaje del peso de la madera secada en horno.

Vigas cabeza: Una viga que se utiliza para apoyar paredes y/o pisos, y viguetas de piso que están colocadas en dirección perpendicular a la viga.

Laminaciones: Las piezas individuales de madera que se encolan en sus extremos y que se utilizan en la fabricación de madera laminada encolada. Dichas laminaciones unidas en sus extremos se unen en sus caras para crear la forma y el tamaño deseados del elemento.

Enchapado de las laminaciones: La distribución física de los distintos grados de laminaciones a lo largo de la profundidad de la sección transversal de los elementos de glulam.

Contenido de humedad: La cantidad de agua contenida en la madera, que se expresa generalmente como un porcentaje del peso de la madera secada en horno.

Viguetas: Un elemento estructural secundario de la estructura, como una vigueta de piso o un cabrio, que generalmente se apoya sobre paredes o vigas primarias.

Radio de curvatura: Una dimensión que se utiliza generalmente como una manera de describir los requerimientos de pre-encorvadura de las vigas de glulam.

Elementos estándar de glulam: Elementos de glulam que se fabrican en conformidad con dimensiones y características comunes estándar, y que se mantienen en inventario permanente por los distribuidores o concesionarios para la entrega inmediata. (Se pueden cortar a las longitudes especificadas por el cliente).

Guía de Productos de Glulam

Contamos con representantes que pueden ayudarle. Para obtener asistencia técnica, promocional o de diseño, o información adicional sobre paneles y aplicaciones con la marca registrada APA, comuníquese con la APA.

OPERACIONES INTERNACIONALES

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

www.apawood.org



PRODUCT SUPPORT HELP DESK

(253) 620-7400 ■ E-mail Address: help@apawood.org

NEGADOR

Las recomendaciones contenidas en esta publicación sobre el uso de los productos están basadas en los programas continuos de la APA – The Engineered Wood Association, en pruebas de laboratorio, investigación del producto y experiencia práctica. Sin embargo, debido a que la Asociación no tiene control sobre la calidad de la mano de obra o las condiciones bajo las cuales se utilizan sus productos de madera, no puede aceptar responsabilidad por el rendimiento del producto o de los diseños usados en la construcción. Debido a que los requerimientos para el rendimiento de productos estructurales de madera varían de acuerdo con la zona de instalación, consulte con un arquitecto, ingeniero o profesional de diseño local para asegurar que se cumple con los requisitos de código, construcción y uso.

Form No. EX L440/December 2010

