

REGISTRO OFICIAL

Administración del Sr. Ec. Rafael Correa Delgado
Presidente Constitucional de la República

EDICIÓN ESPECIAL

Año IV - N° 842

Quito, jueves 19 de
enero de 2017

SUMARIO:

Págs.

FUNCIÓN EJECUTIVA

ACUERDO:

MINISTERIO DE DESARROLLO
URBANO Y VIVIENDA:

033-16 Expídense varios capítulos de la Norma Ecuatoriana de
la Construcción..... 1

No. 033-16

Arq. María de los Ángeles Duarte Pesantes
MINISTRA DE DESARROLLO
URBANO Y VIVIENDA

Considerando:

Que, el artículo 30 de la Constitución de la República del Ecuador, establece que: "Las personas tienen derecho a un hábitat seguro y saludable, y a una vivienda adecuada y digna, con independencia de su situación social y económica";

Que, el numeral 1 del artículo 154 de la Norma Suprema, faculta a los señores Ministros de Estado a expedir las normas, acuerdos y resoluciones que requiere la gestión ministerial;

Que, el artículo 375 ibídem, establece que le corresponde al Estado ejercer la rectoría para la planificación, regulación, control, financiamiento y elaboración de políticas de hábitat y vivienda;

Que, el artículo 17 del Estatuto del Régimen Jurídico Administrativo de la Función Ejecutiva establece "Los ministros de Estado son competentes para conocer y dar trámite legal a todos los asuntos inherentes a sus ministerios sin necesidad de contar con la autorización del señor Presidente de la República, salvo los casos expresamente señalados en la Constitución Política del Estado y las leyes";

Que, mediante Decreto Ejecutivo No. 3, de 10 de agosto de 1992, publicado en el Registro Oficial No. 1, de 11 de agosto de 1992, se creó el Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda;

LEXIS

CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS
CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN

Art. 107.- Materia no protegible.- No son objeto de protección las disposiciones legales y reglamentarias, los proyectos de ley, las resoluciones judiciales, los actos, decretos, acuerdos, resoluciones, deliberaciones y dictámenes de los organismos públicos, y los demás textos oficiales de orden legislativo, administrativo o judicial, así como sus traducciones oficiales.

Tampoco son objeto de protección los discursos políticos ni las disertaciones pronunciadas en debates judiciales. Sin embargo, el autor gozará del derecho exclusivo de reunir en colección las obras mencionadas en este inciso con sujeción a lo dispuesto en este Capítulo.

Art. 116.- ...

La información y el contenido de las bases de datos producto de las investigaciones financiadas con recursos públicos serán de acceso abierto. Las instituciones o entidades responsables de tales investigaciones deberán poner a disposición dicha información a través de las tecnologías de la información.

REGISTRO OFICIAL: Órgano del Gobierno del Ecuador marca registrada de la Corte Constitucional.

2 - Jueves 19 de enero de 2017 Edición Especial N° 842 - Registro Oficial

Que, mediante Acuerdo Ministerial No. 01243, de 13 de junio de 2001, publicado en el Registro Oficial No. 382, de 2 de agosto de 2001, se expidió el Código Ecuatoriano de la Construcción, oficializado como obligatorio, cuyo objeto principal era establecer un conjunto de especificaciones básicas adecuadas para el diseño de estructuras que están sujetas a los efectos de terremotos que podría presentarse en algún momento de su vida útil;

Que, mediante Acuerdo Ministerial No. 058, de 9 de diciembre de 2009, se expidió la Reforma Integral al Estatuto Orgánico de Gestión Organizacional por Procesos del Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI) que en su artículo 5 establece como Misión Institucional "Formular normas, políticas, directrices, planes, programas y proyectos de hábitat, vivienda, para contribuir al buen vivir de la ciudadanía";

Que, el Gobierno Ecuatoriano por intermedio del Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, MIDUVI, ente rector de hábitat y vivienda, ha impulsado en los últimos años un cambio estructural en la política habitacional, así como en la elaboración de normativa enfocada al desarrollo urbano, a la consolidación de las ciudades y al acceso a la vivienda digna;

Que, el Gobierno Nacional tiene como deber fundamental el trabajar sostenidamente a fin de que la gestión integral para la prevención de riesgos y manejo oportuno de emergencias y desastres se convierta en una política de Estado, con la finalidad de alcanzar el buen vivir de la población, asegurando los logros del desarrollo y bienestar social en el largo plazo;

Que, mediante Decreto Ejecutivo No. 705, de 24 de marzo de 2011, publicado en el Registro Oficial No. 421, de 6 de abril del 2011, se conformó el Comité Ejecutivo de la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC) encargado de expedir la Norma Ecuatoriana de la Construcción; y contempla los requisitos mínimos que debe observarse al momento de realizar los diseños, al construir y controlar la ejecución de obras y orientada a promover la necesidad de mejorar la calidad de las edificaciones, sobre todo a proteger la vida de la población;

Que, es indispensable actualizar el Código Ecuatoriano de la Construcción y determinar una nueva normativa, acorde a los avances tecnológicos en el área de la construcción que garantice la seguridad y habitabilidad de los ciudadanos;

Que, la Norma Ecuatoriana de la Construcción, estará integrada por capítulos relacionados con el tratamiento de los siguientes temas: seguridad estructural, definiendo los principios básicos para el diseño sismo resistente de las estructuras; habitabilidad y salud, estableciendo los parámetros mínimos de seguridad y calidad de las edificaciones; y, servicios básicos, mejorando los mecanismos de control y mantenimiento en los procesos constructivos, los cuales una vez aprobados por el Comité Ejecutivo de la Norma Ecuatoriana de la Construcción, se oficializarán e integrarán a la NEC;

Que, la Disposición General Décimo Quinta del Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización, establece que: "Los procesos

constructivos que inician a partir de la expedición de la presente reforma, deberán obligatoriamente cumplir con las normas ecuatorianas de la construcción que el ente rector en materia de hábitat y asentamientos humanos expedirá para el efecto. El alcance específico de su aplicación deberá ser detallado en los capítulos de la misma norma. Los gobiernos autónomos descentralizados municipales o metropolitanos, en atención a consideraciones particulares del cantón, podrán desarrollar normativa técnica adicional y complementaria que regule los procesos constructivos, siempre que el contenido de estas no contravenga ni sea de menor exigibilidad y rigurosidad que los detallados en las normas ecuatorianas de la construcción".;

Que, mediante Acuerdo Ministerial No. 0028, de 19 de agosto de 2014, publicado en el Registro Oficial No. 319, de 26 de agosto de 2014, se oficializó el contenido de los capítulos: NEC-SE-CG CARGAS (NO SÍSMICAS), NEC-SE-DS CARGAS SÍSMICAS Y DISEÑO SISMO RESISTENTE, NEC-SE-RE REHABILITACIÓN SÍSMICA DE ESTRUCTURAS, NEC-SE-GM GEOTECNIA Y DISEÑO DE CIMENTACIONES, NEC-SE-HM ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO; y, NEC-SE-MP MAMPOSTERÍA A ESTRUCTURAL;

Que, mediante Acuerdo Ministerial No. 0047, de 15 de diciembre de 2014, publicado en el Suplemento del Registro Oficial No. 413, de 10 de enero de 2015, se oficializó los capítulos: NEC-SE-AC ESTRUCTURAS DE ACERO, NEC-SE-MD ESTRUCTURAS DE MADERA, NEC-HS-VI VIDRIO; y, NEC-SE-VIVIENDA VIVIENDA DE HASTA 2 PISOS CON LUCES DE HASTA 5 M;

Que, mediante Registro Oficial No. 413 de 10 de enero de 2015, se publicaron 10 capítulos normativos de la NEC, en el marco del eje de seguridad estructural;

Que, mediante Decreto Ejecutivo No. 585, de 18 de febrero de 2015, el señor Presidente Constitucional de la República del Ecuador, designó a la Arq. María de los Ángeles Duarte Pesantes, como Ministra de Desarrollo Urbano y Vivienda;

Que, mediante Registro Oficial No. 630 del 18 de noviembre de 2015, se publicó el capítulo NEC-HS-CI: Contraincendios, en el marco del eje de servicios básicos;

Que, en el marco del eje de habitabilidad y salud, se ha desarrollado el capítulo NEC-HS-AU: Accesibilidad Universal, que contempla los requisitos mínimos y características funcionales y constructivas que deben cumplir las edificaciones para que cualquier persona pueda acceder al medio físico; para lo cual el Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, a través de la Subsecretaría de Hábitat y Asentamientos Humanos, mediante Oficio No. MIDUVI-SHAH-2015-0279-O de 23 de abril de 2015, conformó el Grupo de Trabajo de la NEC, para la elaboración del mencionado capítulo;

Que, posterior al desarrollo de ocho (8) reuniones, en instancia del Grupo de Trabajo, mediante Acta No. 8 de 17 de marzo de 2016, se aprueba el anteproyecto final de la NEC-HS-AU: Accesibilidad Universal, indicando que es necesario que en el respectivo Acuerdo Ministerial, se señale un plazo para la implementación del mismo, de 12 meses;

Que, a partir del terremoto del 16 de abril de 2016, la construcción con la guadúa ha sido tomada en cuenta como una alternativa para la reconstrucción, en vista de que se ha visualizado las características sísmo resistentes de las estructuras de guadúa; surge la necesidad de elaborar un capítulo en el marco del eje de seguridad estructural que aborde dicho sistema constructivo; por lo cual, con este antecedente, en respuesta a Oficio No. INBAR-ORE-16-37, la Red Internacional de Bambú y Ratán-INBAR-solicita la inclusión de un documento normativo de guadúa; el MIDUVI, a través de la Subsecretaría de Hábitat y Asentamientos Humanos, mediante Oficio No. MIDUVI-SHAH-2016-0223-O, de fecha 08 de junio de 2016, conformó el grupo de trabajo para elaboración del mencionado capítulo;

Que, posterior al desarrollo de cinco reuniones del grupo de trabajo, y 12 Talleres de reestructuración del documento base, mediante Acta de 18 de agosto de 2016, aprueba el Anteproyecto final del capítulo: NEC-SE-GUADÚA: Estructuras de Guadúa, y el documento reconocido: NEC-DR-BE: Viviendas de Bahareque Encementado de 1 y 2 pisos;

Que, mediante Acta de reunión de 18 de agosto de 2016, el Comité Ejecutivo de la Norma Ecuatoriana de la Construcción designado mediante Decreto Ejecutivo 705 de 24 de marzo de 2011, integrado por los siguientes organismos: Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, quien lo preside, Secretaría de Gestión de Riesgos, Secretaría de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e Innovación, Asociación de Municipalidades Ecuatorianas, un representante de las Facultades de Ingeniería de las Universidades y Escuelas Politécnicas, Federación Ecuatoriana de Cámaras de la Construcción, Ministerio Coordinador de Seguridad, aprueban por unanimidad los capítulos: NEC-HS-AU: Accesibilidad Universal; NEC-SE-GUADÚA: Estructuras de Guadúa, y el documento reconocido: NEC-DR-BE: Viviendas de Bahareque Encementado de 1 y 2 pisos.

Que, la Subsecretaría de Hábitat y Asentamientos Humanos del MIDUVI, mediante Memorando No. MIDUVI-SHAH-2016-0426-M, solicita a la Coordinación General Jurídica del MIDUVI, la elaboración del Acuerdo Ministerial mediante el cual se expiden los capítulos: "**NEC-HS-AU: Accesibilidad Universal; NEC-SE-GUADÚA: Estructuras de Guadúa; y, NEC-DR-BE: Viviendas de Bahareque Encementado de 1 y 2 pisos**";

En ejercicio de las atribuciones que le confiere el numeral 1 del artículo 154 de la Constitución de la República del Ecuador, en concordancia con los artículos 17 y 55 del Estatuto del Régimen Jurídico y Administrativo de la Función Ejecutiva:

Acuerda:

Expedir los siguientes capítulos de la Norma Ecuatoriana de la Construcción: **NEC-HS-AU: Accesibilidad Universal; NEC-SE-GUADÚA: Estructuras de Guadúa; y, el documento reconocido: NEC-DR-BE: Viviendas de Bahareque Encementado de 1 y 2 pisos:**

Art. 1.- Objeto.- El presente Acuerdo tiene por objeto expedir el contenido de los capítulos de la Norma Ecuatoriana de la Construcción: **NEC-HS-AU: Accesibilidad Universal**, relacionada con los requisitos mínimos y características funcionales y constructivas que deben cumplir las edificaciones para que cualquier persona pueda acceder al medio físico; el capítulo: **NEC-SE-GUADÚA: Estructuras de Guadúa**, relacionada con la construcción con Guadúa, teniendo en consideración sus características sísmo resistentes; y, el documento reconocido: **NEC-DR-BE: Viviendas de Bahareque Encementado de 1 y 2 pisos**; que se establece como un documento complementario, guía o instructivo, mediante el cual se dispone de especificaciones técnicas para casos particulares que sin ser de obligatorio cumplimiento, facilita el uso de la norma.

La ejecución de las acciones pertinentes para el cumplimiento de este Acuerdo se delegan a la Subsecretaría de Hábitat y Asentamientos Humanos del MIDUVI, en coordinación con los órganos de la Función Ejecutiva y otras entidades relacionadas.

Art. 2.- Contenido.- El contenido detallado y pormenorizado de las normas que se expiden, relacionadas a la accesibilidad universal, estructuras de guadúa; y, viviendas de bahareque encementado de 1 y 2 pisos, se integrarán a la Norma Ecuatoriana de la Construcción y serán difundidas y socializadas a través de la publicación en la página web institucional del Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda: [www. hábitatvivienda.gob.ec](http://www.habitatvivienda.gob.ec)

DISPOSICIÓN GENERAL

PRIMERA.- El presente acuerdo no modifica, ni deroga, a los demás acuerdos ministeriales emitidos con los cuales se han oficializado otros capítulos de la NEC.

DISPOSICIÓN TRANSITORIA

PRIMERA.- La implementación del capítulo **NEC-HS-AU: Accesibilidad Universal**, se realizará en el plazo de doce (12) meses, contados desde la oficialización del presente acuerdo, plazo en el cual, se realizará la difusión y socialización del contenido del capítulo, para garantizar su efectiva aplicación.

DISPOSICIÓN FINAL

El presente Acuerdo entrará en vigencia a partir de la fecha de su suscripción, sin perjuicio de su publicación en el Registro Oficial.

Dado en el Distrito Metropolitano de la ciudad de Quito, a los 26 de agosto de 2016.

f.) Arq. María de los Ángeles Duarte Pesantes, Ministra de Desarrollo Urbano y Vivienda.

MINISTERIO DE DESARROLLO URBANO Y VIVIENDA.- Certifico que este documento es fiel copia del original.- 11 de noviembre de 2016.- f.) Ilegible, Documentación y Archivo.

NEC

NORMA ECUATORIANA
DE LA CONSTRUCCIÓN

033-16

ESTRUCTURAS DE GUADÚA (GaK)



CÓDIGO
NEC – SE – GUADÚA


CONTENIDO

1. Generalidades
 - 1.1. Preliminar
 - 1.2. Antecedentes
 - 1.3. Definiciones
 - 1.4. Simbología
 - 1.4.1. Unidades
 - 1.4.2. Abreviaciones
 - 1.4.3. Simbología de Fórmulas
 - 1.5. Marco normativo y referencias
 - 1.5.1. Normas y estándares internacionales
 - 1.5.2. Norma Ecuatoriana de la Construcción
 - 1.5.3. Documentos de investigación (Repositorios Académicos)
 - 1.5.4. Otras referencias citadas
2. Campo de aplicación
3. Requisitos de calidad para guadúa estructural
 - 3.1. Identificación de la GaK
 - 3.2. Selección de los Culmos de GaK en la plantación
 - 3.3. Corte de Culmos y Ramas
 - 3.4. Transporte de los Culmos
 - 3.5. Preservación de la GaK
 - 3.5.1. Tipos de preservantes
 - 3.5.2. Métodos de preservación
 - 3.6. Secado
 - 3.6.1. Secado al ambiente
 - 3.6.2. Secado artificial
 - 3.7. Almacenamiento
 - 3.7.1. Almacenamiento Vertical
 - 3.7.2. Almacenamiento Horizontal
 - 3.8. Identificación de la GaK Idónea para la Construcción
4. Bases para el Diseño Estructural
 - 4.1. Requisitos de diseño
 - 4.2. Requisitos de calidad para las estructuras en GaK
 - 4.3. Método de diseño estructural
 - 4.3.1. Esfuerzos admisibles y módulos de elasticidad
 - 4.3.2. Esfuerzos Admisibles
 - 4.3.3. Coeficientes de modificación
 - 4.4. Diseño de elementos sometidos a flexión
 - 4.4.1. Perforaciones
 - 4.4.2. Área neta

6 - Jueves 19 de enero de 2017 Edición Especial N° 842 - Registro Oficial

- 4.4.3. Luz de diseño
- 4.4.4. Deflexiones
- 4.4.5. Flexión
- 4.4.6. Cortante
- 4.4.7. Aplastamiento
- 4.5. **Diseño** de elementos solicitados por fuerza axial
 - 4.5.1. Elementos solicitados a tensión axial
 - 4.5.2. Tensión perpendicular a la fibra
 - 4.5.3. Elementos solicitados a compresión axial
- 4.6. Diseño de elementos solicitados por flexión y carga axial
 - 4.6.1. Elementos solicitados a flexión con tensión axial
 - 4.6.2. Elementos solicitados a flexo-compresión
- 4.7. Muros de corte, carga lateral, sismo o viento
 - 4.7.1. Requisitos de resistencia y rigidez
- 4.8. Diseño de uniones
- 5. **Diseño y Construcción con GaK**
 - 5.1. Consideraciones generales
 - 5.2. Adquisición de los culmos de GaK
 - 5.3. Protección por diseño
 - 5.4. Cimentación y sobrecimiento
 - 5.5. Anclaje de los culmos a los sobrecimientos
 - 5.5.1. Mediante varillas de acero
 - 5.5.2. Mediante pletinas de acero.
 - 5.6. Cortes para uniones entre culmos de GaK
 - 5.7. Uniones entre piezas estructurales de GaK.
 - 5.7.1. Requisitos generales para la realización de las uniones
 - 5.7.2. Uniones empernadas y con pletinas
 - 5.8. Elementos constructivos de GaK
 - 5.8.1. Columnas
 - 5.8.2. Vigas
 - 5.8.3. Paneles
 - 5.8.4. Entrepiso
 - 5.8.5. Cubierta
 - 5.9. Acabado y mantenimiento
- 6. Apéndice.
 - Apéndice 1: Estudio de Especies Prioritarias de Bambú en el Mundo, INBAR
 - Apéndice 2: Especies Nativas de Bambú en el Ecuador
 - Apéndice 3: Media Anual de HE de Madera en Varias Localidades del Ecuador
 - Apéndice 4: Tiempos de Secado según infraestructura Jorge Augusto Montoya
 - Apéndice 5: Diseño de un Secador Solar.
 - Apéndice 6: Tabla Comparativa de Propiedades Mecánicas de la GaK.

Documento con posibles errores digitalizado de la publicación original. Favor verificar con imagen.

 No imprima este documento a menos que sea absolutamente necesario.

ÍNDICE DE TABLAS

- Tabla 1: Conicidad admisible de la GaK
Tabla 2: Límites de fisuras en la GaK
Tabla 3: Esfuerzos admisibles F_i (MPa), CH=12%
Tabla 4: Esfuerzos últimos F_u (MPa), CH=12%
Tabla 5: Módulos de elasticidad, E_i (MPa), CH=12%
Tabla 6: Factores de reducción de resistencia
Tabla 7: Coeficientes de modificación por duración da carga
Tabla 8: Coeficientes de modificación por contenido de humedad (C_m)
Tabla 9: Coeficientes de modificación por temperatura (C_t)
Tabla 10: Fórmulas para el cálculo de deflexiones
Tabla 11: Deflexiones admisibles \ddot{O} (mm), nota3 Tabla
12: Valores de C_c
Tabla 13: Cargas w para cálculo de sección y deflexiones Tabla 14:
Coeficientes C_L para diferentes relaciones d/b
Tabla 15: Coeficiente de longitud efectiva (*)
Tabla 16: Coeficientes de longitud efectiva de columna k_e
Tabla 17: Clasificación de columnas por esbeltez

■

ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1: Falla a compresión
Figura 2: Determinación del Diámetro y del Espesor Real de la Pared
Figura 3: Ejemplo de sección compuesta
Figura 4: Detalle conectores secciones compuestas
Figura 5: Detalle de apoyo de columnas de GaK en sobrecimiento
Figura 6: Protección de las edificaciones de las escorrentías
Figura 7 Detalle de cimientó y sobrecimiento
Figura 8 Ejemplo de anclaje mediante varillas de acero
Figura 9: Ejemplo de un anclaje con pletinas
Figura 10: Cortes para uniones
Figura 11: Vaciado de mortero y unión de los culmos con mortero
Figura 12: Uniones longitudinales con pieza de madera
Figura 13: Uniones longitudinales con dos piezas metálicas
Figura 14: Uniones longitudinales con dos culmos
Figura 15: Unión perno tensor

8 - Jueves 19 de enero de 2017 Edición Especial N° 842 - Registro Oficial

Figura 16: Uniones perpendiculares con disco y media caña metálica

Figura 17: Unión Diagonal Simple

Figura 18: Unión Diagonal con Bambú de Apoyo

Figura 19: Unión zunchada

Figura 20: Columna compuesta por 5 culmos y que soportan vigas dobles transversales

Figura 21: Viga compuesta tipo A

Figura 22: Viga compuesta tipo B

Figura 23: Detalle de unión de culmos paralelos

Figura 24: Panel con estructura de culmos de GaK.

Figura 25: Detalle uniones en panel con estructura de culmos de GaK.

Figura 26: Paneles estructurales con GaK.

Figura 27: Paneles con estructuras de madera (semidura) de sección 5 x5

Figura 28: Detalle de uniones de paneles con estructuras de madera (semidura)

Figura 29: Paneles con estructura de GaK y Madera

Figura 30: Detalle de uniones de solera de madera a sobrecimiento con arandela y tuerca

Figura 31: Detalle de uniones de solera de madera a sobrecimiento con varilla de acero

Figura 32: Detalle de unión de la columna de GaK a la solera de madera

Figura 33: Uniones entre muros

Figura 34: Paneles con estructuras de GaK y madera. Vista superior

Figura 35: Recubrimiento de Paredes con latillas de bambú

Figura 36: Recubrimiento de paredes con mortero de arena cemento

Figura 37: Detalle de entrepiso de concreto

Figura 38: Detalle de entrepiso entablado

1. Generalidades

1.1. Preliminar

La información contenida en este capítulo fue elaborada sobre la base del Proyecto Normativo de Guadúa presentado por INBAR (siglas en inglés para la Red Internacional de Bambú y Ratán), bajo la autoría del maestro Jorge Moran Ubidia, arquitecto ecuatoriano referente internacional en la construcción con bambú. INBAR es una organización compuesta por 41 países, de la que Ecuador forma parte y es sede de la oficina de enlace para América Latina.

El presente capítulo fue elaborado por un grupo de trabajo liderado por MIDUVI e integrado por representantes técnicos de INBAR, Universidad Católica Santiago de Guayaquil, Universidad Central del Ecuador, Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Universidad Tecnológica Equinoccial, Colegio de Arquitectos, y el Gobierno Autónomo Descentralizado de Santo Domingo de los Tsáchilas, entre otras instituciones que revisaron el documento base y realizaron distintos aportes sobre requisitos de calidad, bases para el diseño estructural, diseño y construcción con guadúa.

Para la elaboración del presente documento se tomó como referencia la Norma Técnica E 100 Bambú del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento del Perú, y la Norma Sismo Resistente NSR-10 Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente, que se alinea con los procesos que INBAR lidera para la actualización de las ISOS relacionadas con el bambú. De igual forma, como parte del documento se tomó información de tesis de grado desarrolladas por varias universidades ecuatorianas; destacamos la información generada por la Universidad Católica Santiago de Guayaquil, a través de su planta de Investigación de Ecomateriales, que ha desarrollado varios ensayos de caracterización físico mecánica de la Guadua *angustifolia* Kunth (GaK).

1.2. Antecedentes

La caña Guadua *angustifolia* Kunth (GaK) es una de las más de mil doscientas especies de bambú que han sido identificadas en el mundo (Ver Apéndice 1: Estudio de Especies Prioritarias de Bambú del Mundo), es un bambú leñoso que crece en regiones tropicales y sus tallos pueden alcanzar una altura aproximada de 30m, El bambú pertenece a la subfamilia de las gramíneas denominada bambusoideae, y a diferencia de las maderas, éstas presentan un rápido crecimiento y propagación sin que haya necesidad de replantarlo después del aprovechamiento adecuado, lo que representa ventajas productivas y económicas.

Los bambúes del género guadúa son endémicos de Centro y Sur América, integrando 32 especies aproximadamente, sin embargo, la Guadua *angustifolia* Kunth es nativa de Colombia, Ecuador y Perú, aunque en la actualidad otros países han empezado a plantarla por el potencial que posee para su aplicación en diferentes usos (construcción, artesanías, muebles, laminados, entre otros) debido a sus características físicas y mecánicas.

Desde la época precolombina la GaK ha sido utilizada como material en la construcción de diferentes estructuras, y hoy en día los testimonios de su durabilidad, son edificaciones aún existentes que fueron construidas hace más de 100 años a lo largo del Eje Cafetero en Colombia, o en ciudades como Guayaquil, Jipijapa y Montecristi en Ecuador; además, en la costa norte del Perú en ciudades como Piura y Tumbes, existe también una larga tradición del uso de la caña guadúa como principal material para la construcción de viviendas.

10 - Jueves 19 de enero de 2017 Edición Especial N° 842 - Registro Oficial

La caña guadúa sobresale entre otras especies de su género por las propiedades estructurales de sus tallos, como la relación peso - resistencia (similar o superior al de algunas maderas), siendo incluso comparado con el acero y con algunas fibras de alta tecnología, considerando que la capacidad para absorber energía y admitir una mayor flexión, hace que esta especie de bambú sea un material ideal para construcciones sísmo resistente.

Otro aspecto a considerar, es que por las características que posee la GaK como materia prima local y como recurso renovable, ofrece la posibilidad de bajar la huella ecológica de las edificaciones, lo que resulta importante para uno de los sectores industriales más contaminantes del planeta.

1.3. Definiciones

Para efectos de aplicación de este capítulo, se adoptaron algunas definiciones técnicas. En caso de usar otros términos o conceptos de cálculo, estos deben ser los reconocidos en el campo de diseño de estructuras por organismos nacionales o internacionales de normalización,

Abrasivo: Producto sólido o líquido que desgasta una superficie.

Acabado: Estado final, natural o artificial, en la superficie de una pieza de madera o Guadúa, Estado final del recubrimiento o enlucido.

Acción conjunta: Participación de varios elementos estructurales con separación no mayor a 600 mm para soportar una carga o sistema de cargas.

Afirmado: (material de mejoramiento, recebo compactado) Material granular seleccionado de relleno, que se coloca entre el suelo natural y el entrepiso. Este material debe compactarse en forma adecuada.

Alféizar: Muro que constituye el hueco inferior de una ventana; generalmente sólo se dice del horizontal que sirve de coronación del antepecho.

Apeo: Acción y efecto de apear (II sostener un edificio). Armazón, madero o fábrica con que se apea el todo o parte de un edificio, construcción o terreno.

Arandela: Pieza metálica en forma de corona, utilizada en uniones empernadas para repartir la fuerza en un área mayor. Sinónimo de rodela.

Aspectos morfológicos: Aspectos visuales como forma, color y otros detalles.

Aserrado: Proceso mediante el cual se corta una troza (un tronco) para obtener piezas de madera de sección transversal cuadrada o rectangular.

Avinagrado: Proceso que consiste en dejar el culmo recién cortado, durante al menos 6 días, sobre el tocón para que de forma natural libere los líquidos contenidos en el mismo.

Basa: Segundo segmento del culmo de GaK, a continuación de la cepa, con una longitud entre 4 y 6 m.

Basal: Situado en la base de una formación orgánica o de una construcción.

Boucherie: Sistema de inmunización de la GaK por presión.

Cabio: Vigueta de cubierta puesta en el sentido de la pendiente, también se le conoce con el nombre de alfarda.

Caña picada: (esterilla en Colombia, caña chancada en Perú) Estera que se forma después de realizar incisiones longitudinales al culmo de GaK en estado verde y de abrirla en forma plana. (

Carrera: Solera superior que corona una estructura de muros, también se le llama solera superior.

Celulosa: Polisacárido que forma la pared de las células vegetales y es el componente fundamental del papel.

Cepa: Primer segmento basal del culmo de guadúa con longitudes que fluctúan entre 3 a 4 m; es la parte de la guadúa que presenta el mayor diámetro y el mayor espesor de pared.

Cercha: Elemento estructural reticulado destinado a recibir y trasladar a los muros portantes las cargas de cubierta. Tiene una función equivalente a la de una correa o vigueta de cubierta.

Cimentación: Entramado (malla o retícula) de vigas de hormigón reforzado que transfiere las cargas de la superestructura al suelo.

Colelector solar: Mecanismo o sistema diseñado para absorber las radiaciones solares y transformar esa energía en calor.

Columna en Guadúa: Pieza, generalmente vertical, cuyo trabajo principal es a compresión.

Conicidad: Diferencia de los promedios de los diámetros en los extremos del culmo de bambú Guadúa, dividida por la longitud entre ellos.

Contracción: Reducción de las dimensiones de una pieza de madera o guadúa causada por la disminución del contenido de humedad.

Contrapiso: (o losa base) Elemento de hormigón o mortero con arena o grava colocado sobre material de afirmado y que sirve de soporte al piso acabado.

Correa: Elemento horizontal componente de la estructura de la cubierta, también se le conoce como vigueta de cubierta o tirante.

Cuadrante: Elemento que se pone diagonalmente para conformar una forma triangular cerrada en las esquinas de entresijos y cubiertas, para limitar la deformación, en su propio plano, de los diafragmas.

Culata: Parte del muro que configura el espacio entre la cubierta y los dinteles y que remata con la pendiente de la cubierta. También se denomina cuchilla.

Culmo: Tallo del bambú, formado por nudos y entrenudos, que emerge del rizoma; es el equivalente al tallo de un árbol.

Dermis o Tripa: parte blanda del Bambú.

Diafragmas interiores del culmo: Tabiques o membranas interiores del tallo de bambú ubicados a la altura de cada uno de los nudos.

Diafragma: Elemento estructural (entresijo o cubierta) que reparte las fuerzas inerciales laterales a los elementos verticales del sistema de resistencia sísmica (muros).

Distancia eje a eje: Distancia del eje de un elemento al eje del elemento adyacente, por ejemplo, distancia entre viguetas o entre pies derechos.

Densidad básica (DB): Cociente entre la masa en estado anhidro (guadúa seca al horno) y el volumen de la guadúa en estado verde (W).

Distancia al extremo: Distancia del centro de un elemento de unión (conector) a la punta de la pieza de Guadúa.

Elementos especiales de cimentación: Son elementos atípicos en este título y que resuelven de manera particular problemas específicos de una construcción en su cimentación tales como pilotes, micropilotes, realces, muros de contención y plataformas de suelo mejorado

Elementos suplementarios de cimentación: Son elementos que complementan el trabajo de la cimentación en su función de transferencia de cargas hacia el suelo, tales como elementos de cierre de los anillos en la malla, elementos de estabilidad de elementos medianeros, etc.

Endémico: Propio, nativo u originario de un lugar.

Enlucido: (pañete, revoque) Mortero de acabado para la superficie de un muro. También se denomina mortero de alisado.

Entramado: Sistema estructural primario de los muros de bahareque, corresponde a marcos hechos de bambú guadúa o de una combinación de bambú guadúa con madera.

Entrenudo: Porción del culmo comprendida entre dos nudos; también se le conoce como canuto o cañuto, su longitud varía a lo largo del culmo y se va incrementado en el entrenudo subsiguiente de la parte alta.

Epidermis: Piel o parte externa del culmo.

Fibra: Células alargadas con extremos puntiagudos y casi siempre con paredes gruesas.

GaK: *Guadua angustifolia* Kunth.

Gramíneo: Dicho de una planta. Del grupo de las angiospermas monocotiledóneas, con tallo cilíndrico, comúnmente hueco, interrumpido de trecho en trecho por nudos llenos, hojas alternas que nacen de estos nudos y abrazan el tallo, flores muy sencillas, dispuestas en espigas o en panojas, y grano seco cubierto por las escamas de la flor.

Higrómetro: Instrumento que sirve para determinar la humedad.

Higroscópico: Que tiene la Propiedad de algunas sustancias de absorber y exhalar la humedad según el medio en que se encuentran.

Hinchamiento: Aumento de las dimensiones de una pieza de madera o bambú guadúa por causa del incremento de su contenido de humedad.

Hoja caulinar: Hoja triangular, que protege temporalmente las yemas del culmo durante los primeros seis meses.

Hormigón ciclópeo: Hormigón con adición de agregado de tamaños mayores al corriente (sobretamaño).

Horcón: Madero vertical que en las casas rústicas sirve, a modo de columna, para sostener las vigas o los aleros del tejado.

Lignina: Sustancia natural que forma parte de la pared celular de muchas células vegetales, a las cuales da dureza y resistencia

Líquenes: Organismo resultante de la simbiosis de hongos con algas unicelulares, que crece en sitios húmedos, extendiéndose sobre las rocas o las cortezas de los árboles en forma de hojuelas o costras grises, pardas, amarillas o rojizas.

Madera y/o guadúa tratada o preservada: Sometida a algún tipo de procedimiento, natural o químico, con el objeto de extraerle humedad y/o inmunizarla contra el ataque de insectos o pudrieron.

Malla expandida: Malla que no se basa en tejer o en soldar alambres, sino que resulta de expandir una lámina metálica troquelada y perforada, también conocida como malla venada.

Malla con vena estructural: Malla fabricada a partir de lámina expandida y troquelada, con resaltes continuos que la hacen autoportante.

Malla de gallinero: Malla de alambre trenzado con agujeros hexagonales con aberturas no superiores a 25.4 mm.

Micrón: (miera) Unidad de longitud equivalente a la millonésima parte del metro (0,001 mm).

Mortero: Mezcla de arena, cemento y agua, que para efectos de este Capítulo es utilizada para llenar los entrenudos en conexiones empernadas, también se utiliza para pegar ladrillos y enlucir muros o techos.

Muerte Descendente: Proceso en el cual La planta empieza a secarse, por acción de microorganismos, desde la parte alta de la guadúa hacia abajo.

Muro: Elemento laminar vertical que soporta los diafragmas horizontales y transfiere cargas a las cimentaciones.

Muros de carga: Son muros que además de su peso propio llevan otras cargas verticales provenientes del entepiso y de la cubierta. Estos muros deben estar amarrados al diafragma y deben tener continuidad vertical.

Muros de rigidez: Son muros que sirven para resistir las fuerzas laterales en cada dirección principal de la edificación. Cuando son transversales a los muros de carga, sirven adicionalmente para reducir la esbeltez de estos. Estos muros deben estar amarrados al diafragma y deben tener continuidad vertical.

Muros divisorios: (tabiques) Son muros que no llevan más carga que su peso propio, no cumplen ninguna función estructural para cargas verticales u horizontales y por lo tanto pueden ser removidos sin comprometer la seguridad estructural del conjunto. No obstante, deben estar adheridos en su parte superior al sistema estructural, con el fin de evitar su vuelco ante la ocurrencia de un sismo.

Nudo: Parte del culmo de la Guadúa, donde las fibras se entrecruzan.

Pandeo: En la construcción, flexión de una viga, provocada por una compresión lateral

Pie de amigo: Elementos oblicuos que transfieren cargas desde elementos horizontales a los elementos verticales.

Pie-derecho: (montante) Elemento vertical que trabaja a compresión. Piezas verticales de los entramados o muros de corte, en muros de bahareque generalmente son de bambú guadúa y/o madera.

Preservación: Tratamiento para prevenir o contrarrestar la acción de organismos destructores de la guadúa o la madera, como Insectos y hongos.

Preservante: Sustancia química que se aplica para prevenir o contrarrestar por un periodo de tiempo, la acción de alguno o varios tipos de organismos capaces de destruir o afectar la madera o el bambú Guadúa.

Preservantes hidrosolubles: Preservantes que pueden disolverse en agua.

Preservantes oleo solubles: Preservantes solubles en solventes oleosos derivados del petróleo.

Pudrición: Este tipo de defecto corresponde a la descomposición de los culmos de guadúa por ataque de agentes biológicos o humedad, que producen cambios en su apariencia, color y propiedades físicas y mecánicas.

Retiro: Espacio obligatorio entre construcción y el límite del lote o entre dos construcciones.

Recubrimiento: Vaciado suplementario sobre una placa prefabricada que beneficia su trabajo como diafragma.

Recubrimiento de muros de bahareque encementado: Material que conforma las caras de un muro.

14 - Jueves 19 de enero de 2017 Edición Especial N° 842 - Registro Oficial

Riostra: Elemento que limita la deformación de una estructura o de componentes de una estructura, generalmente se ponen en las esquinas de los muros en ángulos que van de los 30° a los 60°, pueden ser de bambú, madera o metálicas.

Rodela: (arandela) Pieza generalmente circular, fina y perforada, que se usa para mantener apretados una tuerca o un tornillo, asegurar el cierre hermético de una junta o evitar el roce entre dos piezas.

Rollizo/o: Estado cilíndrico natural de los tallos de guadúa o madera.

Ruma: Gran cantidad de elementos (Culmos de Bambú) dispuestos con orden unos sobre otros.

Secado: Proceso natural o artificial mediante el cual se reduce el contenido de humedad de la madera o Guadúa.

Sección transversal: Aquella sección que resulta de cortar una guadúa en sentido perpendicular a las fibras.

Silíce: Mineral formado por silicio y oxígeno. Si es anhídrico, forma el cuarzo, y si está hidratado, el ópalo.

Sismorresistente: Construido para resistir terremotos.

Sistema radicular: Raíces o rizomas.

Sobrebasa: Tercer segmento del culmo de Guadúa, localizado a continuación de la basa con longitudes hasta de 4 m.

Solera: En muros de bahareque encementado, es el elemento horizontal que sirve de base a la estructura de un muro e integra las cargas de los pié-derechos.

Tocón: Porción inferior de un tallo de árbol o bambú que queda en el terreno luego de ser cortado.

Tuerca: Complemento metálico, generalmente hexagonal, provisto de cabeza y rosca helicoidal incorporada.

Varillen: Segmento terminal del culmo de Guadúa, localizado a continuación de la sobrebasa, con longitudes hasta de 4 m. Se utiliza tradicionalmente en cubiertas como soporte de tejas de barro.

Viga: Pieza cuyo trabajo principal es la flexión.

Viga de sección compuesta: Viga conformada por dos o más culmos de guadúa conectadas entre sí por medio de pernos o varilla roscada.

Viga en Guadúa: Pieza, generalmente horizontal, cuyo trabajo principal es a flexión.

Vigueta: Elemento estructural secundario de la cubierta o entrepiso, que trabaja a flexión y cortante.

Xilófagos: Insectos que roen la madera y el bambú. Hacen que pierda sus características para ser usado como elemento estructural o de construcción.

Zuncho: Abrazadera metálica que envuelve la circunferencia de la Guadúa.

1.4. Simbología

1.4.1. Unidades

Se emplearán las unidades del Sistema Internacional (S.I.) de acuerdo con [a Norma NTE INEN-1-ISO 80000-1:2014 CANTIDADES Y UNIDADES - PARTE 1: GENERALIDADES (ISO 80000-1:2009, IDT)]. Para el cálculo se utilizarán las siguientes unidades:

- Altura y Distancia: m (metro) o mm (milímetro).
- Diámetro: mm (milímetro) o " (pulgada).
- Área: m² (metro cuadrado) o mm² (milímetro cuadrado).
- Temperatura: °C (grados centígrados).
- Momento de Inercia: mm⁴ (milímetro a la cuarta).
- Fuerza y Carga: N (newton), kN (kilonewton) o kN/m² (kilonewton por metro cuadrado).
- Masa: kg (kilogramo).
- Momento: kN/m (kilonewton por metro),
- Presión: Pa (pascal) o N/m² (newton por metro cuadrado).
- Resistencia: kPa (kilopascal) o MPa (megapascal).
- Velocidad: m/s (metro por segundo) o mm/min (milímetro por minuto).

1.4.2. Abreviaciones

- GaK Guadua angustifolia Kunth
- CH Contenido de humedad
- HE Humedad de equilibrio
- EPS Espesor de Película Seca
- INBAR International Networkfor Bambú and Ratán
Red Internacional de Bambú y Ratán
- MAGAP Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuicultura y Pesca.
- MAE Ministerio del Ambiente.
- MIDUVI Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda.

1.4.3. Simbología de Fórmulas

Símbolo	Definición
%con	Porcentaje de conicidad de la pieza en %
D ₊	Diámetro mayor en mm ll

D-	Diámetro menor en mm
L	Longitud de la pieza de guadúa
∥	Compresión paralela al eje longitudinal.
⊥	Compresión perpendicular al eje longitudinal.
f_{ki}	Valor característico en la sollicitación i
m	Valor promedio de los datos de las pruebas de laboratorio
s	Desviación estándar de los datos de las pruebas de laboratorio
n	Número de ensayos
i	Subíndice que depende del tipo de sollicitación
F_i	Esfuerzo admisible en la sollicitación i
FC	Factor de reducción por calidad tomando en cuenta las diferencias entre las condiciones de los ensayos en el laboratorio y las condiciones reales de las cargas aplicadas a la estructura.
P,	Factor de servicio y seguridad tomando en cuenta varias incertidumbres como los defectos no detectados, posibles variaciones en las propiedades del material, entre otros.
FDC	Factor de duración de la carga tomando en cuenta los esfuerzos de rotura de la caña guadúa angustifolia.
c_D	Coefficiente de modificación por duración de carga
c_m	Coefficiente de modificación por contenido de humedad
c_t	Coefficiente de modificación por temperatura
C_L	Coefficiente de modificación por estabilidad lateral de vigas
C_F	Coefficiente de modificación por forma
c_r	Coefficiente de modificación por redistribución de cargas, acción conjunta
C_P	Coefficiente de modificación por estabilidad de columnas
c_c	Coefficiente de modificación por cortante
F'_i	Esfuerzo admisible modificado para la sollicitación i
A	Área neta de la sección transversal de guadúa
D_e	Diámetro exterior de la pared de la guadúa

t	Espesor de la pared de la guadúa
H	Esfuerzo a flexión actuante
M	Momento actuante sobre el elemento
* F_b	Esfuerzo admisible
S	Módulo de Sección
I	Inercia de la sección.
A_i	Área para el i-ésimo culmo.
D_i	Distancia entre el centroide del conjunto de culmos (sección compuesta) y el centroide del i-ésimo culmo.
I_i	La inercia individual de cada culmo referida a su propio centroide.
f_v	Esfuerzo cortante paralelo a las fibras actuante
F_v	Esfuerzo admisible para corte paralelo a las fibras, modificado por los coeficientes a que haya lugar.
V	Fuerza cortante en la sección considerada
J	Espaciamiento entre conectores de vigas compuestas
l	Luz de viga
V	Máximo cortante en la viga
f_p	Esfuerzo actuante en compresión perpendicular a la fibra
F_p	Esfuerzo admisible en compresión perpendicular a la fibra, modificado por los coeficientes a que haya lugar.
R	Fuerza aplicada en el sentido perpendicular a las fibras
f_t	Esfuerzo a tracción actuante
F_t	Esfuerzo de tracción admisible, modificado por los coeficientes a que haya lugar
A_n	Área neta del elemento
l_u	Longitud no soportada lateralmente del elemento
k	Coefficiente de longitud efectiva, según las restricciones en los apoyos
l_e	Longitud efectiva

Λ	relación esbeltez del elemento
R	radio de giro de la sección
F'_c	Esfuerzo admisible en compresión paralela a las fibras
$E_{0.05}$	Módulo de elasticidad percentil 5%
f_c	Esfuerzo de compresión paralela a la fibra actuante
N	Fuerza de compresión paralela a la fibra actuante
c_k	Esbeltz que marca el limite entre columnas Intermedias y largas
F'_t	Esfuerzo de tracción admisible, modificado por los coeficientes a que haya lugar
K_m	Coefficiente de magnificación de momentos
N_a	Carga de compresión actuante
$* N_{cr}$	Carga crítica de Euler

1.5. Marco normativo y referencias

Los siguientes documentos, en su totalidad o en parte, son referidos en este documento y son indispensables para su aplicación. Para referencias fechadas, solamente aplica la edición citada. Para referencias sin fecha, aplica la última edición del documento de referencia, incluyendo cualquier enmienda:

1.5.1. Normas y estándares internacionales

- NTE INEN-ISO 80000-1:2014 Cantidades y Unidades - Parte 1: Generalidades (ISO 80000-1:2009, IDT),
- ISO 22156: 2004 Bamboo - Structural Design.
- ISO/22157-1: 2004 Bamboo - Determination of physical and mechanical properties - Part 1: Requirements.
- ISO/22157-2: 2004 Bamboo - Determination of physical and mechanical properties - Part 2: Laboratory manual.
- Norma Técnica E 100 Bambú, Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento del Perú, 2009.
- NTP341,026:1970 Barras de Acero al Carbono Laminadas en Caliente para Tuercas.
- NTP341.028:1270 Barras de Acero al Carbono Laminadas en Cliente para Pernos y Tornillos Formados en *Caliente*

Registro Oficial - Edición Especial N° 842 Jueves 19 de enero de 2017 - 19

- Norma Sismo Resistente NSR-10 Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente:

Capítulo G.12 — "Estructuras de Guadúa"

Capítulo E.7 — "Bahareque encementado",

Capítulo E.8 — "Entrepisos y uniones en bahareque encementado",

Capítulo E.9 — "Cubiertas para construcción en bahareque encementado"

Título E — "Casas de uno y dos pisos"

- Norma Técnica Colombiana:

NTC 5300 Cosecha y post cosecha del culmo de *Guadua angustifolia* Kunth, NTC 5301 Preservación y secado del culmo de *Guadua angustifolia* Kunth,

NTC 5407 Uniones de estructuras de *Guadua angustifolia* Kunth,

NTC 5525 Métodos de ensayo para determinar las propiedades físicas y mecánicas de la *Guadua angustifolia* Kunth, publicadas por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación ICONTEC.

. INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. Preservación y secado del culmo de *Guadua angustifolia* Kunth. NTC 5301. Bogotá D.C.

• INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. Uniones de estructuras con *Guadua angustifolia* Kunth. NTC 5407. Bogotá D.C.

• INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. Métodos de ensayo para determinar las propiedades físicas y mecánicas de la *Guadua angustifolia* Kunth. NTC 5525. Bogotá D.C.

. ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE INGENIERÍA SÍSMICA. Reglamento colombiano de Construcción Sismorresistente NSR-10, Título E, Casas de uno y dos pisos y Título G estructuras de madera, estructuras de Guadúa. Bogotá D.C. 2010.

1.5.2. Norma Ecuatoriana de la Construcción

- NEC-SE-CG: Cargas (no sísmicas).
- NEC-SE-DS: Peligro sísmico y requisitos de diseño sismorresistente.
- NEC-SE-RE: Riesgo sísmico, evaluación, y rehabilitación de estructuras.
- NEC-SE-GC: Geotecnia y diseño de cimentaciones,
- NEC-SE-HM: Estructuras de hormigón armado.
- NEC-SE-AC: Estructuras de acero.
- NEC-SE-MP: Estructuras de mampostería estructural.
- NEC-SE-MD: Estructuras de madera.
- NEC-SE-VIVIENDA: Viviendas de hasta 2 pisos con luces de hasta 5m.
- NEC-DR-BE: Viviendas de bahareque encementado de uno y dos pisos

Á

20 - Jueves 19 de enero de 2017 Edición Especial N° 842 - Registro Oficial

1.5.3. Documentos de investigación (Repositorios Académicos)

- CALVA, L., Diseño de un Modelo de Vivienda Ecológica con Bambú para la Zona Rural de Yantzaza. Universidad Nacional de Loja, Ecuador.2015.
- COBOS, J., y LEÓN, A., Propiedades Físicas-Mecánicas de la Guadua Angustifolia Kunth y Aplicación al Diseño de Baterías Sanitarias del ¡ASA II. Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Sangolquí Ecuador. 2007.
- CÓRDOBA, P., Obtención de las propiedades mecánicas y estructurales de la Caña Guadua angustifolia Kunth del Ecuador. Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. Ecuador. 2007, Guayaquil Ecuador. 2014.
- GUTIÉRREZ, S., Uniones Estructurales con Bambú (Guadua Angustifolia). Universidad Nacional de Ingeniería. Perú. 2010.
- LUNA, P., TAKEUCHI, C, GRANADOS, G., LAMUS, F., y LOZANO, J, Metodología de Diseño de Estructuras en Guadua Angustifolia como Material Estructural por el Método de Esfuerzos Admisibles. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá D.C. 2011,
- MENDOZA, J., ROSALES, J., Uso de la Caña Guadua en la Vivienda Modular. Universidad de Cuenca. Ecuador.2014.
- MUIRRAGUI, A., El Uso de la Guadua como Madera Alternativa para la Construcción y su Aplicación en la Elaboración de Tablas para Encofrado. Escuela Superior Politécnica del Litoral. Ecuador.2011.
- PRIETO, R., Optimización de Unión en Guadua ante Solicitación de Fuerza Sísmica. Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga Colombia. 2004.
- VÁSCONEZ, M., Rolando, J., Diseño de puentes peatonales utilizando caña guadúa como elemento de construcción. Escuela Superior Politécnica del Litoral. Ecuador.2005.

1.5.4. Otras referencias citadas

Junta del acuerdo de Cartagena PDAT - REFORT, Manual de Diseño para maderas del grupo andino, 1984

- MONTOYA, J., Investigación Tecnológica para la evaluación de métodos de preservación de la Guadua. Colombia 2002.
- MONTOYA, J, OROZCO, C, Secado Solar y Convencional de la Guadúa angustifolia. Scientia Et Technica, vol. XI, p.133 - 137. Universidad Tecnológica de Pereira. Colombia 2005.
- MONTOYA, J., Procedimientos de secado de la especie de bambú Guadua angustifolia bajo condiciones tropicales. Colombia 2006.
- MONTOYA, J., GONZALES, H., BEDOYA, J., Resultados de ensayos a flexión en muestras de bambú de la especie Guadua angustifolia Kunth. Scientia Et Technica, vol. 35, p.503-508. Universidad Tecnológica de Pereira. Colombia 2007.
- MONTOYA, J., GONZALES, H., Evaluación de Métodos para la Preservación de la Guadua angustifolia Kunth. Scientia Et Technica, vol. XIV, núm. 38, pp. 443-448. Universidad Tecnológica de Pereira. Colombia 2008.
- UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA, SEDE BOGOTÁ. Guías de diseño para estructuras de Guadua angustifolia Kunth.

Registro Oficial - Edición Especial N° 842 Jueves 19 de enero de 2017 - 21

- LONDOÑO, X., Identificación Taxonómica de los Bambúes de la Región Noroccidental del Perú. Perú 2010.
- CAMARGO, J., Guía para silvicultura de guaduales naturales. Universidad Tecnológica de Pereira, Facultad de Ciencias Ambientales. Colombia 2004.
- CAMARGO, J., RODRÍGUEZ, A., SUAREZ, J., Determinación en campo de la madurez de culmos de guadua angustifolia en el Eje Cafetero de Colombia. Costa Rica. Recursos Naturales Y Ambiente. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza Catie. 2010
- CAMARGO, J., GARCÍA, J., Condiciones de la calidad de guadua angustifolia para satisfacer las necesidades del mercado en el Eje Cafetero de Colombia. Costa Rica. Recursos Naturales Y Ambiente. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza Catie. 2010.
- CAMARGO, J., MOSQUERA, O., Concentraciones de una solución preservante a base de ácido bórico y bórax. Evaluación en culmos de Guadua angustifolia. Costa Rica. Recursos Naturales Y Ambiente. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza Catie. 2012.
- CAMARGO, J., GARCÍA, J., MORALES, T., Bases para la planificación y manejo silvicultural de bosques de Guadua: Una aplicación a nivel de finca en la Zona Cafetera de Colombia. Colombia. 2007.
- LÓPEZ, L., Estudio Exploratorio de los Laminados de Bambú Guadua Angustifolia como Material Estructural, Universidad de los Andes, Colombia 2004

2. Campo de aplicación

Esta norma está dirigida al diseño estructural de edificaciones con *Guadua angustifolia* Kunth (GaK) y otros bambúes de similares características físico - mecánicas (Ver Apéndice 2: Especies Nativas de Bambú en el Ecuador), de hasta dos niveles o pisos, para el diseño de vivienda, equipamientos en general y estructuras de soporte a infraestructuras, con cargas vivas máximas repartidas de hasta 2,0 kN/m².

Se requerirá de diseño estructural, en los siguientes casos:

- Proyectos de una planta con luces mayores a 3 m.
- Edificaciones con superficies mayores a 200 m².
- Tipologías arquitectónicas como vivienda o equipamiento, cuyo modelo será replicado en más de 15 unidades o más de 3000 m² de área construida.

Las recomendaciones mínimas establecidas en esta norma pueden usarse tanto para proyectos de estructuras diseñadas íntegramente en *Guadua* como para estructuras mixtas.

Los requisitos aquí expuestos son de índole general y están dirigidos a todos los profesionales de la ingeniería, arquitectura o profesiones afines, siempre y cuando se sigan correctamente los requerimientos presentados en esta norma.

Para construcciones de vivienda de hasta dos pisos en bahareque encementado, no se requiere de diseño estructural, siempre y cuando se apliquen los requerimientos expuestos en el documento reconocido NEC-DR-BE.

3. Requisitos de calidad para guadúa estructural

La primera parte de esta sección, desde el punto 3.1 hasta el punto 3.8 está dirigida a los productores, proveedores y expendedores del material, ya que se detallan los cuidados que deben tenerse con la GaK, desde la plantación hasta la comercialización (Identificación, selección, corte, avinagrado, apeo, corte de ramas, transporte, limpieza, preservación, secado y almacenamiento) para garantizar su calidad.

La segunda parte de esta sección, el punto 3.9, está dirigida a los profesionales encargados del diseño y construcción con GaK, ya que se indican las características generales que deben cumplir los culmos antes de ser utilizados como material de construcción.

3.1. Identificación de la GaK

La identificación de los culmos idóneos para la construcción en la plantación de GaK, se debe realizar considerando las siguientes características y aspectos morfológicos que la diferencian de otras especies de bambú:

- a) Cuando tierno, el culmo de GaK es de color verde claro con franjas blanca en las proximidades de los nudos

- b) La GaK presenta espinas en las ramas.
- c) La hoja caulinar de la G«K es de forma triangular, tiene líneas rectas que asemejan la punta de una lanza, y en la parte inmediata a su vértice posee un triángulo de textura y color diferentes al resto de la hoja.

3.2. Selección de los Culmos de GaK en la plantación

Los productores de GaK deben llevar un control de la edad de cada culmo en las plantaciones, la composición ideal de tallos en un bosque de bambú, es de aproximadamente un 10% de brotes, un 30% de tallos jóvenes y un 60% de tallos maduros.

Adicionalmente, los culmos que tienen una edad entre 4 y 6 años, tienen varios signos visibles que indican su madurez:

- a) Color verde oscuro, cuyas bandas blancas en los nudos son apenas perceptibles.
- b) Manchas espaciadas de Líquenes en el culmo, en forma de motas de color blanquecino que son indicativos de que es un culmo maduro y apto para su aprovechamiento en la construcción. Si carece de estas manchas, es indicativo de que es un culmo no maduro, no apto para construcción.
- c) Si el culmo está totalmente cubierto de Líquenes, y es de color blanquecino-amarillento, es indicativo de que es un culmo viejo o sobre maduro, no apto para ser usado en construcción, por no tener la misma resistencia físico - mecánica que un culmo en estado óptimo de madurez.
- d) Los culmos con agujeros producidos por aves e insectos, o que presenten muerte descendente (cuando la planta empieza a secarse desde la parte alta de la guadua hacia abajo) serán desechados.

3.3. Corte de Culmos y Ramas

Una vez seleccionados los culmos de G«K que pueden ser aprovechados para la construcción, para realizar un corte adecuado y optimizar el aprovechamiento de este recurso, es necesario tener en cuenta los siguientes aspectos:

- a) Los culmos maduros seleccionados, serán cortados a ras del primer nudo inferior, con el fin de evitar que en el tocón se acumule agua y prevenir la pudrición del sistema radicular de la planta.
- b) Después del corte, se procederá al apeo o tumbado del culmo, evitando que éste, en su caída, se reviente, fisure o rompa. Se recomienda usar un horcón u horqueta, que permita el apeo con caída segura del culmo, si las condiciones lo requieren,
- c) El corte de ramas será realizado con machete o sierra, cortando desde el ángulo inferior que forma cada rama con el culmo hacia la parte superior, para evitar el desgarramiento de las fibras del culmo.
- d) Se procederá a la extracción de los culmos, cuidando que sus extremos no se deterioren por el arrastre

- e) El corte y selección de culmos se lo realizará de acuerdo a los estándares comerciales o requerimientos y especificaciones técnicas del constructor, tanto en longitud como en diámetro, siempre y cuando cumpla con lo mencionado anteriormente.

3.4. Transporte de los **Culmos**

Luego de que los culmos de GaK han pasado por el proceso de corte, es necesario que estos sean transportados adecuadamente para evitar daños importantes en su estructura, por ello se debe considerar lo siguiente:

- a) El transporte del material a la zona de preservación y secado, se realizará mediante vehículos cuya longitud de carga sea igual o mayor a la longitud de corte de los culmos (6 m, 9m, 12 m).
- b) En el caso de usar transportes de plataforma, éstos llevarán estacas de seguridad fijadas a la plataforma que impidan el desplazamiento de los culmos.
- c) Durante el embarque, movilización y desembarque se evitará todo tipo de impacto que afecte al material.
- d) Debe evitarse sobrecargar los culmos durante el transporte y almacenamiento. Se apilarán en rumas hasta una altura de 2,0 m, procurando que los culmos de mayor diámetro se coloquen en la parte inferior del transporte para evitar aplastamientos.
- e) La disposición de la GaK será por capas horizontales, alternando en una capa la parte basal y en otra las de menor diámetro, para que la presión de los culmos sea uniforme.
- f) El transporte de los culmos mediante el empleo de vehículos, cumplirá con las regulaciones establecidas por los Ministerios competentes (MAGAP y MAE) y la Ley Orgánica de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial.

3.5. Preservación de la *GaK*

La preservación es el procedimiento mediante el cual los culmos de GaK se someten a un proceso que garantice su protección y conservación, para evitar con ello que sufran daños por acción de factores bióticos (xilófagos o similares) que destruyan o afecten las características físico-mecánicas de los elementos constructivos de GaK.

- a) La GaK es un material orgánico constituido por celulosa, lignina y sílice, que cuando no es manejado correctamente (tratamiento y detalles de aplicación para la preservación), puede degradarse ante ciertas condiciones, como el ataque de hongos o de insectos. Por este motivo en ningún caso se deben instalar elementos estructurales de GaK sin inmunización previa.
- b) El tratamiento de la GaK se realiza por medio de la impregnación de sustancias preservantes. Estas sustancias deben ser escogidas considerando la mayor efectividad de protección de la GaK, el menor impacto ambiental y los niveles de toxicidad de menor perjuicio para los seres humanos.
- c) Siempre se debe revisar las recomendaciones realizadas por los proveedores de los productos de preservación, para la manipulación, el grado de toxicidad y las reacciones químicas, en caso de posibles accidentes derivados del proceso de aplicación.

3.5.1. Tipos de preservantes

La inmunización de los culmos de GaK se puede realizar utilizando los mismos preservantes indicados para las estructuras de madera que tienen una baja durabilidad natural, descritos en el capítulo NEC-SE-MD sección 3.5.4, y que básicamente pueden ser de dos tipos:

- a) Preservantes hidrosolubles.
- b) Preservantes óleo solubles.

La efectividad de los preservantes a utilizar debe estar garantizada en cuanto a la durabilidad del material tratado.

3.5.2. Métodos de preservación

Los procesos que se presentan a continuación, son los más usados. La elección del método de preservación queda a elección del proveedor de la materia prima o del constructor.

3.5.2.1. Preservación por Avinagrado

Es un método natural, que, sin usar ningún tipo de aditivos, se puede realizar en la plantación después del corte, manteniendo el culmo con sus respectivas ramas y hojas, apoyado al resto de culmos de forma vertical, por el lapso de tres semanas antes del apeo o tumbado.

Es ecológico y no demanda una inversión extra, sin embargo, es necesario que, a este método, se lo acompañe de otros tipos de preservación. Los preservantes pueden ser aplicados en los culmos de guadua usando al menos uno de los métodos que se describen en esta sección.

3.5.2.2. Preservación por Inmersión

La preservación por inmersión es uno de los métodos más utilizados y se realiza mediante las siguientes actividades:

- a) Perforación longitudinal de los diafragmas interiores de los culmos, mediante una varilla de acero de 12 mm (1/2") a 16 mm de diámetro (5/8").
- b) Lavado exterior del culmo para no contaminar el líquido preservante; se usarán materiales o líquidos poco abrasivos, que no rayen o deterioren la epidermis del culmo.
- c) Se introducen los culmos en el tanque de preservación, donde previamente se ha colocado el líquido preservante en la dosis formulada (por cada 96 litros de agua se recomienda 2 Kg de cada uno de los químicos: bórax y ácido bórico). La disolución de las sustancias será óptima si los polvos químicos mencionados son diluidos en forma parcial en recipientes de 5 galones de agua a temperatura entre 50°C y 80°C.
- d) La introducción de los culmos debe ser realizada de manera tal, que el extremo superior del culmo quede a flor de agua para que el aire contenido se desplace hacia la superficie formando burbujas.
- e) Luego del tiempo indicado para su inmersión, mínimo 5 días en condiciones de temperatura ambiente o 6 horas aplicando temperatura de entre 60°C y 80°C, para la GaK rolliza, los culmos son extraídos y escurridos para su secado final.
- f) Posterior a la extracción de los culmos, estos son colocándolos en forma inclinada con la parte basal o de mayor diámetro hacia arriba, para permitir que escurra el exceso de líquido preservante antes de llevarlos hacia el sitio de secado.

26 - Jueves 19 de enero de 2017 Edición Especial N° 842 - Registro Oficial

- g) Para que los culmos tengan la capacidad de absorción del preservante, el contenido de humedad de la GaK deberá ser como mínimo del 30% medido con el higrómetro digital,
- h) El contenido de humedad de los culmos se debe medir con un higrómetro, mismo que debe tener una calibración baja para maderas duras tipo A.

3.5.2.3. Preservación por Presión (Boucherie)

Este método demanda el empleo de un equipo de compresión o tanque de presión que inyectará el líquido preservante en cada culmo. Para la aplicación del método es necesario el empleo de culmos de reciente corte (máximo 8 horas desde realizado el corte), antes que el secado natural obture los poros y vasos del culmo. En caso de que esto suceda, se recomienda cortar 0.10 m a 0.15 m del culmo para tratar de que el preservante pueda penetrar.

- a) El líquido preservante debe estar colocado en el tanque de presión. Los culmos deben estar en posición horizontal y sus bases estarán acopladas a unas mangueras con boquillas de caucho que conectan con el tanque. Los diafragmas no se deben perforar.
- b) El paso del aire y del líquido preservante están regulados por válvulas de calibración.
- c) La efectividad del método es comprobable mediante el control del líquido desplazado y el entrante, por medio de papeles medidores de ácido o de tinturas de color que permitan verificar la absorción del preservante en las paredes del culmo.
- d) Se debe recolectar el excedente de preservante y dar el tratamiento adecuado para evitar la contaminación del ambiente.

3.5.2.4. Preservación por Difusión Vertical

Para este método los culmos no deben presentar fisuras ni agujeros que puedan propiciar la pérdida de preservante.

- a) Los diafragmas interiores de los culmos deben ser perforados a excepción del último. La perforación longitudinal de los diafragmas interiores de los culmos, se debe realizar mediante una varilla de acero de 12 mm (1/2") a 16 mm (5/8") de diámetro.
- b) Los culmos deben colocarse en posición vertical con la parte basal hacia arriba y con el diafragma que no fue perforado en la parte inferior. Se llena cada culmo por su parte superior con el líquido preservante y se mantiene los culmos en la misma posición por tres semanas, siempre cuidando que el nivel del líquido se mantenga.
- c) Después de ese tiempo se perfora el último diafragma, para permitir con ello la salida del líquido sobrante.
- d) Se debe recolectar el excedente de preservante y dar el tratamiento adecuado para evitar la contaminación del ambiente y preservar la salud de quienes lo manipulan.

3.6. Secado

La GaK es un material higroscópico y poroso que absorbe la humedad presente en el ambiente ya sea en forma de vapor o de líquido.

Si la humedad del material se incrementa, este será más vulnerable al ataque de los factores biológicos. Por lo tanto

Registro Oficial - Edición Especial N° 842 Jueves 19 de enero de 2017 - 27

- a) Los culmos de GaK destinados a la construcción deben ser secados hasta alcanzar un contenido de humedad igual o inferior a la humedad de equilibrio del lugar. (Ver Apéndice 3: Media Anual de HE de Madera en Varias Localidades del Ecuador).
- b) Es necesario monitorear el contenido de humedad de los culmos desde la extracción de la plantación mediante el uso del higrómetro.
- c) Al medir el contenido de humedad de los culmos con el higrómetro, éste debe tener una calibración baja para maderas duras Tipo A.
- d) El secado correcto del material impedirá que los culmos sufran deformaciones, fisuras y daños irreversibles, ante las pérdidas de humedad posteriores a su aplicación en la estructura. En el Apéndice 4: Tiempos de Secado según Tipología de Infraestructura, pueden apreciarse los tiempos de secado recomendados.

3.6.1. Secado al ambiente

Los culmos pueden ser secados de forma vertical en sitios ventilados. Durante el proceso se debe evitar el deterioro del material por la acción del clima, agentes biológicos u otras causas.

- a) Se colocarán los culmos apoyados e intercalados a los dos lados de un caballete. Los extremos básales deben estar asentados sobre una caña picada o similar, para evitar el contacto de los culmos con el suelo.
- b) La altura del caballete debe ser de 2/3 de la longitud de los culmos a almacenar.
- c) Los culmos ubicados al inicio, al medio y al final del caballete, deben estar sujetos a éste con cuerdas o trabillas para prevenir el deslizamiento lateral de los culmos.
- d) Al montar y desmontar los culmos sobre el caballete, se los debe colocar de forma alternada (en forma de tijera) para evitar el volcamiento del caballete.
- e) Si los caballetes son dejados al aire libre, los ejes deben orientarse de este a oeste para disminuir la exposición solar.
- f) Para un secado uniforme, se recomienda un giro parcial y diario de cada uno de los culmos sobre su eje longitudinal, durante los primeros 15 días y luego con menos frecuencia.
- g) Dependiendo de las condiciones climáticas, el tiempo de secado puede variar entre dos y seis meses.
- h) Una vez que los culmos alcancen un contenido de humedad igual o inferior a la humedad de equilibrio del lugar (Ver Apéndice 3: Media Anual de HE de Madera en Varias Localidades del Ecuador), pasarán a ser almacenados bajo techo o ser utilizados en la construcción.

3.6.2. Secado artificial

Dentro de las técnicas de secado artificial (artificial porque se modifica el ambiente) hay varias que utilizan diferentes grados de control, ya sea del ambiente interno en las técnicas que usan una cámara de secado, o de la calidad del aire controlando la temperatura y la humedad.

Durante este proceso se debe garantizar la integridad de los culmos, previniendo rajaduras excesivas o aplastamientos.

Antes de utilizar este método, es necesario partir de un proceso de pre secado durante 8 días, tal como se detalla en el proceso de secado al ambiente (literales del a al e)

El secado artificial permite el control de temperatura, humedad relativa y flujo de aire en su interior; el proceso requiere menos tiempo que en el sistema de secado al ambiente.

Los sistemas empleados pueden ser:

- a) Hornos de secado: su fuente de energía son combustibles fósiles que pueden ser líquidos, sólidos o gaseosos.
- b) Inyección de aire caliente: Los culmos deben estar colocados horizontalmente y bajo cubierta. Con un ventilador y mangueras de plástico conectadas al interior de cada culmo se inyecta aire caliente.
- c) Secado Solar: El secado se obtiene mediante acción solar y la participación de equipos mecánicos que pueden ser de dos tipos:
 - Secadores solares pasivos: son cámaras de secado que demandan la presencia de un colector solar. Los flujos de salida de aire caliente saturado de humedad y el ingreso de aire frío se obtienen mediante compuertas, aprovechando el efecto físico termo-sifónico.
 - Secadores solares activos: son cámaras operadas por acción solar y participación de equipos mecánicos impulsados por energía eléctrica para acelerar los flujos de aire. Ver Apéndice 5: Diseño de un Secador Solar.

3.7. Almacenamiento

Previo a la utilización de los culmos de GaK, estos deben ser almacenados de forma adecuada, para evitar que sufran daños, por ello, se puede realizar dos tipos de almacenamiento: vertical y horizontal, procurando que en los dos casos el material quede aislado de la humedad del suelo, esté protegido de la radiación solar y se halle en sitios ventilados.

3.7.1. Almacenamiento Vertical

Cuando se almacenen los culmos de GaK de esta forma, se debe tener en cuenta lo siguiente:

- a) Se colocarán los culmos recostados e intercalados a los dos lados de un caballete. Los extremos inferiores deben estar aislados del suelo.
- b) La altura del caballete debe ser 2/3 de la longitud de los culmos a almacenarse.
- c) Los culmos ubicados al inicio del caballete, al centro y al final del mismo, deben estar sujetos con cuerdas o trabillas al caballete para prevenir su deslizamiento lateral.
- d) Si los caballetes son dejados al aire libre, los ejes de los caballetes se deben orientar de este a oeste, para disminuir la exposición solar.

3.7.2. Almacenamiento Horizontal

Cuando se almacenen los culmos de GaK de esta forma, se debe tener en cuenta lo siguiente:

- a) Las parrillas del material serán colocadas sobre soportes de madera dura y preservada, para evitar que la primera parrilla se apoye en el suelo.

Registro Oficial - Edición Especial N° 842 Jueves 19 de enero de 2017 - 29

- b) Los culmos se colocarán en tendidos de capas ortogonales, cuya altura en ningún caso excederá los 2m.
- c) Cada culmo debe estar separado entre sí de 20 a 30 cm (vertical y horizontalmente), para facilitar la circulación del aire.

3.8. Identificación de la GaK Idónea para la Construcción

La GaK rolliza utilizada como elemento estructural en forma de columna, viga, vigueta, pie-derecho, entramados, entrepisos, etc., debe cumplir con los siguientes requisitos de calidad:

- a) La guadúa debe estar seca, lo que significa que su contenido de humedad debe ser igual o inferior a la humedad de equilibrio del lugar (Ver Apéndice 3: Media Anual de HE de Madera en Varias Localidades del Ecuador). Para garantizar esto, los culmos deben estar en el sitio de la obra al menos 15 días antes de usarse.
- b) Los culmos de GaK deben cumplir con los procesos de preservación y secado descritos anteriormente como se indica en la sección 3.5. y 3.6.
- c) Los culmos de GaK no deben presentar una deformación del eje longitudinal mayor al 0,33%. Esta deformación se reconoce al colocar la pieza sobre una superficie plana (o con cuerdas) y observar si existe separación entre la superficie de apoyo (o la cuerda) y la pieza. Este procedimiento de verificación debe realizarse al menos en cada tercio de la circunferencia del culmo.
- d) La GaK es un material natural y su diámetro va disminuyendo constantemente a lo largo del tallo, se entiende que la conicidad hace parte de su anatomía, no obstante, se deben poner algunos límites a esta diferencia entre diámetros.

En la Tabla 1 se muestran los límites máximos permitidos para cada una de las partes comerciales de la GaK, obtenidos en base a la Ecuación 1, que es igual al porcentaje de la diferencia entre el diámetro inferior y el superior dividido por la longitud del culmo.

Ecuación 1;

$$\%con = \frac{(D_+ - D_-)}{L} * 100$$

Dónde:

%con	Porcentaje de conicidad de la pieza
D ₊	Diámetro mayor en mm
D ₋	Diámetro menor en mm
L	Longitud de la pieza de GaK en mm

Tabla 1: Conicidad admisible de la GaK

Parte de la Guadúa	Conicidad
Cepa	0.17%
Basa	0.33 %
Sobrebasa	0.50 %

e) La GaK es un material que tiende a agrietarse naturalmente debido a la diferencia en la densidad de sus paredes, no obstante, se deben establecer algunos límites para el tamaño y la localización de las grietas, como se indica en la Tabla 2.

Tabla 2: Límites de fisuras en la GaK

Tipo	Se permite	Límites	Recomendación
Grieta longitudinal	Sí	La grieta debe estar contenida entre dos nudos, si la grieta pasa al canuto siguiente no debe tener una longitud superior al 20% del culmo.	Si los culmos presentan fisuras después de instalados, estos pueden ser tratados por medio de abrazaderas o zunchos metálicos.

f) Los culmos estructurales no pueden presentar arrugas perimetrales que evidencien una falla debida a compresión durante la vida de la GaK (Ver Figura 1), si se presenta este tipo de falla se deberá cortar la parte defectuosa del culmo, pero el resto podrá ser usado si cumple con los demás requisitos descritos en el punto 3.8 Identificación de la GaK idónea para la construcción.

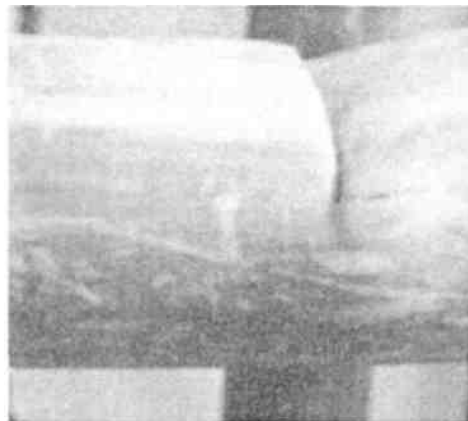


Figura 1: Falla a compresión

g) Los culmos de GaK no deben presentar perforaciones causadas por ataque de insectos xilófagos o aves antes de ser utilizadas.

h) No son aptos para la-construcción los culmos que presenten algún grado de pudrición causada por hongos

4. Bases para el Diseño Estructural

El diseño de estructuras de GaK debe tener en cuenta las características de los materiales complementarios tales como pernos, conectores, adhesivos, soportes y tableros, según las recomendaciones de los fabricantes. Se deben tomar en cuenta todas las medidas apropiadas de protección de estos materiales contra la humedad, la corrosión o cualquier agente que degrade su integridad estructural.

Algunos de los valores descritos en la presente norma han sido tomados de documentos académicos y otros estudios. Para un mayor detalle de estos valores, se puede observar el Apéndice 6: Tabla Comparativa de Propiedades Mecánicas de la GaK.

4.1. Requisitos de diseño

Una estructura en GaK debe ser diseñada y construida considerando los siguientes requisitos:

- a) Todos los elementos de GaK de una estructura deben ser diseñados, contruidos y empalmados para resistir los esfuerzos producidos por las combinaciones de las cargas de servicio consignadas en los capítulos de la NEC y estipuladas en la Tabla 3.

Tabla 3: Combinaciones de cargas para el diseño.

1	D
2	D + L
3	D + 0.75 L + 0,525 Ex
4	D + 0.75 L-0.525 Ex
5	D + 0.75 L +0.525 Ey
6	D + 0.75 L-0.525 Ey
7	D + 0.7 Ex
8	D-0.7 Ex
9	D + 0.7 Ey
10	D - 0.7 Ey
11	D +0.75 L +0.525 EQx
12	D + 0.75 L-0.525 EQx
13	D + 0.75 L +0.525 EQy
14	D + 0.75 L-0.525 EQy
15	D +0.7 EQx
16	D- 0.7 EQx
17	D +0.7 EQy
18	D-0.7 EQy

Dónde:

- D Carga muerta.
- L Carga viva.
- Ex Carga estática de sismo en sentido X
- Ey Carga estática de sismo en sentido Y

EQx Carga del espectro de aceleraciones en sentido X.

EQy Carga del espectro de aceleraciones en sentido Y.

- b) Toda construcción de GaK debe tener un sistema estructural que cumpla los requisitos de resistencia sísmica especificados en la sección 3,2 del capítulo NEC-SE-VIVIENDA, ajustándose a uno de los siguientes tipos de sistemas estructurales:
- Pórticos con diagonales en un sistema Entramado o en un sistema de Poste y Viga, utilizando un coeficiente de reducción R igual a 2 y una limitación al número de pisos igual a 2.
 - Muro de corte portante de bahareque o quinchá estipulado en la sección 6.7.3 del capítulo NEC-SE-VIVIENDA tomando las consideraciones de la Tabla 3 de la sección mencionada.
 - Sistema de armaduras para cubiertas, el cual no debe ser muy pesado con relación al resto de la estructura.
- c) El diseño estructural debe reflejar todas las posibles cargas actuantes sobre la estructura durante las etapas de construcción y servicio; además de las condiciones ambientales que puedan generar cambios en las suposiciones de diseño o que pueden afectar la integridad de otros componentes estructurales.
- d) El análisis y diseño de estructuras de GaK debe basarse en los principios de la mecánica estructural y su estructura debe cumplir con los requisitos establecidos en el capítulo NEC-SE-DS correspondiente a la determinación de cargas laterales de diseño sismorresistente. Además, deben cumplirse los requisitos particulares que se encuentran relacionados en el presente capítulo de Estructuras de Guadúa.
- e) Los elementos se considerarán homogéneos, pero no deben considerarse lineales para el cálculo de los esfuerzos producidos por las cargas aplicadas. Para esto debe considerarse como parámetro geométrico característico una imperfección vertical natural de 1.298% de excentricidad natural respecto a la longitud del culmo.
- f) El coeficiente de capacidad de disipación de energía básico para estructuras de GaK, cuyo sistema de resistencia sísmica sea el de pórticos con diagonales, será de $R_0 = 2.0$. En caso de que el sistema de resistencia sísmica sea proporcionado por muros de madera laminada o muros de bahareque en cementado, se debe tomar el valor correspondiente de $R_0 = 1.5$.

4.2. Requisitos de calidad para las estructuras en GaK

Para garantizar el correcto funcionamiento de la estructura en GaK durante toda su vida útil se debe tener en cuenta lo siguiente;

- a) La construcción de la edificación debe realizarse por personal capacitado y bajo la dirección de un profesional que conozca los lineamientos normativos correspondientes y los principios constructivos con GaK.
- b) Los materiales y productos que sean usados en la construcción deben emplearse como se especifica en este documento y siguiendo las especificaciones de uso dadas por los proveedores de la materia prima y fabricantes

- c) Las estructuras de GaK por estar fabricadas con un material de origen natural deben tener un adecuado mantenimiento preventivo, que garantice que los elementos a usar no sean atacados por insectos u hongos durante su vida útil, como se especifica en la sección 3.5.
- d) La estructura debe tener durante toda su vida útil el mismo uso para el que fue diseñada,
- e) Cuando la estructura de GaK se utilice como cubierta de piscinas de natación en donde se utiliza cloro, se debe establecer en El diseño y la construcción que no se producirá ataque del cloro a la GaK y que se han tomado todas las precauciones para evitar un deterioro de los culmos y una disminución de su resistencia estructural por esta causa.
- f) Para la determinación del diámetro y del espesor real de la pared del culmo se debe seguir los siguientes procedimientos:
- **Diámetro:** Medir en cada segmento del culmo el diámetro en ambos extremos y en dos direcciones perpendiculares entre sí. El diámetro real corresponde al promedio de las cuatro mediciones.
 - **Espesor:** Tomar cuatro mediciones en cada sección transversal del culmo, y medir, además, el espesor en los mismos sitios en que se midió el diámetro. El espesor real corresponde al promedio de las ocho mediciones. Ver Figura 2.

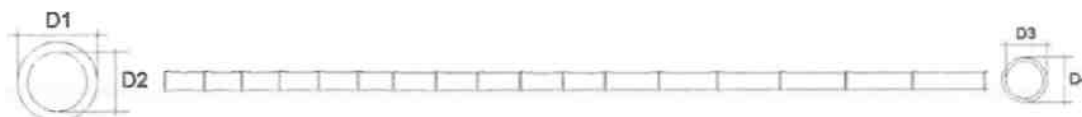


Figura 2: Determinación del diámetro y del espesor real de la pared del culmo

- g) En ningún caso se debe utilizar estructuras de GaK cuando la temperatura a la cual van a estar sometidas exceda los 65 grados centígrados,

4.3. Método de diseño estructural

El buen desempeño de las construcciones depende de que en su planeamiento estructural se sigan los criterios apropiados, así:

- a) Todos los elementos deben ser diseñados por el método de los esfuerzos admisibles empleando las cargas especificadas en el capítulo NEC-SE-CG, así como las cargas sísmicas especificadas en el capítulo NEC-SE-DS.
- b) Todas las uniones de la estructura se consideran articuladas y no habrá transmisión de momentos entre los diferentes elementos que conformen una unión, salvo si uno de los elementos es continuo, en este caso habrá transmisión solo en el elemento continuo.

4.3.1. Esfuerzos admisibles y módulos de elasticidad

Todo elemento de GaK que cumpla con los requisitos de calidad para la guadúa estructural establecidos en el numeral 3.8 de la sección anterior, debe utilizar para efectos de cálculo los7

valores de esfuerzos admisibles y módulos de elasticidad consignados en la Tabla 4 y la Tabla 6 respectivamente, obtenidos en base a lo que se estipula a continuación en el literal 4.3.2 referente a esfuerzos admisibles.

Tabla 4: Esfuerzos admisibles, Fi (MPa), CH=12%

Flexión	Ft	Fe	Fp	Fv
Flexión	Tracción	Compresión 	Compresión ⊥	Corte
15	19	14	1.4	1.2

Dónde:

|| Compresión paralela al eje longitudinal.

⊥ Compresión perpendicular al eje longitudinal.

*La resistencia a la compresión perpendicular está calculada para entrenudos rellenos con mortero de cemento.

En la Tabla 5 se encuentran los esfuerzos últimos de resistencia a la falla de la GaK ante las diferentes sollicitaciones de carga.

Tabla 5: Esfuerzos últimos, Fu (MPa), CH=12%

Fb	Ft	Fe	Fv
Flexión	Tracción	Compresión 	Corte
45	117	37	7

Dónde:

|| Compresión paralela al eje longitudinal.

Tabla 6: Módulos de elasticidad, Ei (MPa), CH=12%

Módulo percentil 5 Eo.5	Módulo percentil 5 Eo.05	Módulo mínimo Emin
12.000	7.500	4.000

Para el análisis de elementos estructurales se debe utilizar Eo5, como módulo de elasticidad del material. El Emin se debe utilizar para calcular los coeficientes de estabilidad de vigas (CL) y de Columnas (Cp).

El E se debe utilizar para calcular las deflexiones cuando las condiciones de servicio sean críticas o requieran un nivel de seguridad superior al promedio. En todo caso, la selección del módulo de elasticidad indicado dependerá del criterio del Ingeniero calculista

4.3.2. Esfuerzos Admisibles

Los valores de esfuerzos admisibles se determinan a partir del valor característico, el cual se obtiene con la siguiente fórmula:

Ecuación 2:

$$f_{ki} = f_{0.05i} \left[1 - \frac{2.7 \frac{s}{m}}{\sqrt{n}} \right]$$

Dónde:

f_{ki}	Valor característico en la sollicitación i
$f_{0.056}$	Valor correspondiente al percentil 5 de los datos de las pruebas de laboratorio en la sollicitación i.
m	Valor promedio de los datos de las pruebas de laboratorio
s	Desviación estándar de los datos de las pruebas de laboratorio
n	Número de ensayos (por lo menos 20)
i	Subíndice que depende del tipo de sollicitación (b para flexión, t para tracción paralela a las fibras, c para compresión paralela a las fibras, p para compresión perpendicular a las fibras, v para cortante paralelo a las fibras)

Los valores experimentales utilizados en el diseño deben estar apropiadamente relacionados en la memoria de cálculo estructural que se radique para solicitar la licencia de construcción, Indicando: nombre del laboratorio, fecha de realización de los ensayos, descripción de los equipos utilizados en las pruebas, número de pruebas realizadas y nombre con firma de responsabilidad del profesional que dirigió los ensayos.

Similar a la sección 5.3.4 del capítulo NEC-SE-MD, se deben definir factores de reducción de resistencia (Ver Tabla 7) que varían de acuerdo al tipo de sollicitación de carga. Una vez determinado el valor característico para cada sollicitación, se procede con el cálculo de los esfuerzos admisibles con la siguiente formula:

Ecuación 3:

$$F_i = \frac{FC}{F_3 \cdot FDC} f_{ki}$$

Dónde:

f_i	Esfuerzo admisible en la sollicitación i
f_{ki}	Valor característico del esfuerzo en la sollicitación i
FC	Factor de reducción por calidad tomando en cuenta las diferencias entre las condiciones de los ensayos en el laboratorio y las condiciones reales de las cargas aplicadas a la estructura.
F_3	Factor de servicio y seguridad tomando en cuenta varias incertidumbres como los defectos no detectados, posibles variaciones en las propiedades del material, etc.
FDC	Factor de duración de la carga tomando en cuenta los esfuerzos de rotura de la GaK.

Tabla 7: Factores de reducción de resistencia

Factor	Flexión	Tracción	Compresión	Compresión ⊥	Corte
FC	-	0.5	-	-	0.6
Fs	2.0	2.0	1.5	1.8	1.8
FDC	1.5	1.5	1.2	1.2	1.1

4.3.3. Coeficientes de modificación

En base en los valores de esfuerzos admisibles de la Tabla 4 y los módulos de elasticidad de la Tabla 6, afectados por los coeficientes de modificación a que haya lugar por razón del tamaño, nudos, grietas, contenido de humedad, duración de carga, esbeltez y cualquier otra condición modificatoria, se determinan las solicitaciones admisibles de todo miembro estructural, según las prescripciones de los numerales siguientes, con los esfuerzos admisibles modificados de acuerdo con la siguiente fórmula:

Ecuación 4:

$$F_i = F_i C_D C_m C_t C_L C_F C_r C_p C_c$$

Dónde:

- i Subíndice que depende del tipo de solicitación (b para flexión, t para tracción paralela a las fibras, p para compresión paralela a las fibras, p para compresión perpendicular a las fibras, v para cortante paralelo a las fibras)
- C_D Coeficiente de modificación por duración de carga
- C_m Coeficiente de modificación por contenido de humedad
- C_t Coeficiente de modificación por temperatura
- C_L Coeficiente de modificación por estabilidad lateral de vigas
- C_p Coeficiente de modificación por forma
- C_r Coeficiente de modificación por redistribución de cargas, acción conjunta
- C_p Coeficiente de modificación por estabilidad de columnas
- C_c Coeficiente de modificación por cortante
- F_i Esfuerzo admisible en la solicitación i
- F'_i Esfuerzo admisible modificado para la solicitación i

Los coeficientes de modificación que dependen de la clase de solicitación, se estipulan en las secciones correspondientes a cada caso particular dentro de este capítulo. Los coeficientes de modificación de aplicación general se indican en los numerales siguientes.

4.3.3.1. Por duración de la carga (CD)

Se considera que la duración normal de una carga son diez años, cuando un elemento estructural está sometido a duraciones de carga diferentes, se debe multiplicar los valores de la Tabla 4 por los valores de la Tabla 8.

Tabla 8: Coeficientes de modificación por duración de carga

Duración de carga	Flexión	Tracción	Compresión 	Compresión J.	Corte	Carga de diseño
Permanente	0.90	0.90	0.9	0.9	0.90	Muerta
Diez años	1.00	1.00	1.0	0.9	1.00	Viva
Dos meses	1.15	1.15	1.15	0.9	1.15	Construcción
Siete días	1.25	1.25	1.25	0.9	1.25	
Diez minutos	1.60	1.60	1.6	0.9	1.60	Viento y Sismo
Impacto	2.00	2.00	2.0	0.9	2.00	Impacto

Los incrementos anteriores no son acumulables. Cuando hay combinación de cargas, el dimensionamiento de los elementos debe hacerse para la condición más desfavorable.

4.3.3.2. Por contenido de humedad (Cm)

La GaK al igual que la madera pierde resistencia y rigidez, a medida que aumenta su contenido de humedad. Los valores de esfuerzos admisibles y módulos de elasticidad reportados en la Tabla 4 y la Tabla 6 fueron calculados para un contenido de humedad de la GaK de CH=12%,

Si las condiciones medioambientales en el sitio de construcción hacen variar el contenido de humedad de la GaK por encima del 12%, se deben ajustar los valores de la Tablas 4 y la Tabla 6, multiplicándolos por los valores de la Tabla 9.

Tabla 9: Coeficientes de modificación por contenido de humedad

Esfuerzos		CH ≤ 12%	CH = 13%	CH = 14%	CH = 15%	CH = 16%	CH = 17%	CH" 18%	CH ≥ 19%
Flexión	F _b	1.0	0.96	0.91	0.87	0.83	0.79	0.74	0.70
Tracción	F _t	1.0	0.97	0.94	0.91	0.89	0.86	0.83	0.80
Compresión 	F _e	1.0	0.96	0.91	0.87	0.83	0.79	0.74	0.70
Compresión ⊥	F _p	1.0	0.97	0.94	0.91	0.89	0.86	0.83	0.80
Corte	r _y	1.0	0.97	0.94	0.91	0.89	0.86	0.83	0.80
Módulo de elasticidad	E _{0.5}	1.0	0.99	0.97	0.96	0.94	0.93	0.91	0.90
	E _{0.05}								
	E _{min}								

Una vez ha sido cosechada, la GaK tiende a secarse hasta alcanzar un contenido de humedad igual a la humedad de equilibrio del lugar en donde se encuentra.

Si el secado es mecánico y se logra bajar el contenido de humedad de la GaK por debajo del 12%, ésta podrá ganar humedad si el sitio final de la edificación tiene una humedad relativa del ambiente muy alta acompañada de una temperatura baja.

Es importante tener en cuenta la humedad de equilibrio del lugar donde se encuentra la GaK, por ello, el Apéndice 3 muestra la humedad de equilibrio en varias localidades del Ecuador.

4.3.3.3. Por temperatura (Ct)

Cuando los elementos estructurales de GaK estén sometidos a altas temperaturas, los valores de esfuerzos admisibles y módulos de elasticidad de las tablas 4, 5 y 6 respectivamente, deben ser multiplicados por los valores de la tabla 10, para la condición de temperatura a la cual estén expuestos.

Tabla 10: Coeficientes de modificación por temperatura (Ct)

Esfuerzos		Condiciones de servicio	Ct		
			T ≤ 37C	37C ≤ T ≤ 52C	52C ≤ T ≤ 65C
Flexión	Fb	Húmedo	1.0	0.60	0.40
		Seco		0.85	0.60
Tracción	Ft	Húmedo		0.85	0.80
		Seco		0.90	
Compresión paralela	Fc	Húmedo		0.65	0.40
		Seco		0.80	0.60
Compresión perpendicular	Fp	Húmedo		0.80	0.50
		Seco		0.90	0.70
Corte	Fy	Húmedo		0.65	0.40
		Seco		0.80	0.60
Módulo de elasticidad	E	Húmedo		0.80	0.80
		Seco		0.90	

4.3.3.4. Por acción conjunta (Cr)

Los esfuerzos admisibles podrán incrementarse en un 10% cuando exista una acción de conjunto garantizada de cuatro o más elementos de igual rigidez, como en el caso de viguetas y pies derechos en entramados ($C_r=1.1$), siempre y cuando la separación entre elementos no sea superior a 0.6 m.

4.4. Diseño de elementos sometidos a flexión

El diseño de elementos a flexión en GaK rolliza seguirá los mismos procedimientos básicos usados en el diseño de vigas de otros materiales estructurales, además, se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- a) Debido a que la GaK presenta una relación MOR/MOE muy alta, lo que la convierte en un material muy flexible, el análisis a flexión estará regido por el control de deflexión admisible, salvo en algunas excepciones; no obstante, siempre se debe comprobar la resistencia a la flexión, corte y aplastamiento.
- b) En el diseño de elementos de GaK sometidos a flexión se deben verificar los efectos descritos a continuación, mismos que en ningún caso pueden sobrepasar los esfuerzos admisibles modificados para cada sollicitación.
 1. Deflexiones.
 2. Flexión, incluyendo estabilidad lateral en vigas compuestas.
 3. Cortante paralelo a la fibra.
 4. Aplastamiento (compresión perpendicular a la fibra).
- c) Se debe garantizar que los apoyos de un elemento de GaK rolliza sometido a flexión no fallen por aplastamiento (compresión perpendicular), en la medida de lo posible estos deben terminar en nudos, si esto no ocurre o los nudos no proveen la suficiente resistencia, se deben rellenar los entrenudos o canutos de los apoyos con mortero de cemento.
- d) Cuando exista una carga concentrada sobre un elemento, ésta debe estar aplicada sobre un nudo; en todo caso se deben tomar las medidas necesarias para evitar una falla por corte paralelo a la fibra, y/o aplastamiento en el punto de aplicación. En estos casos se recomienda rellenar los entrenudos o canutos adyacentes a la carga con mortero de cemento.
- e) Cuando en la construcción de vigas se utiliza más de un culmo (vigas de sección compuesta), estos deben estar unidos entre sí con pernos o varilla roscada y cintas metálicas (zunchos), que garanticen el trabajo en conjunto. Estos conectores deben diseñarse para resistir las fuerzas que se generan en la unión.

4.4.1. Perforaciones

En lo posible, se debe evitar realizar perforaciones en las vigas; de requerirse, estas deben encontrarse consignadas en los planos y cumplir con las siguientes limitaciones:

- a) No son permitidas perforaciones a la altura del eje neutro en secciones donde se tengan cargas puntuales o cerca de los apoyos.
- b) En casos diferentes al anterior, las perforaciones deben localizarse a la altura del eje neutro y en ningún caso serán permitidas en la zona de tensión de los elementos,
- c) El tamaño máximo de la perforación será de 32 mm.
- d) En los apoyos y los puntos de aplicación de cargas puntuales serán permitidas las perforaciones, siempre y cuando estas sean realizadas para rellenar los entrenudos con mortero de cemento.

4.4.2. Área neta

El área de la sección transversal constituida por un solo culmo, será calculada con la fórmula:

Ecuación 5:

$$A = \frac{\pi}{4} (D_s^2 - (D_s - 2t)^2)$$

Dónde:

A Área neta de la sección transversal de la guadúa, mm²

D_s Diámetro exterior de la guadúa, mm

t Espesor de la pared de la guadúa, mm

En el proceso de construcción de la estructura se deben respetar los parámetros de diseño en especial los referentes al diámetro exterior y el espesor mínimo de pared, los elementos utilizados en obra deben tener mínimo las mismas medidas del diseño en su parte superior (parte más estrecha de la GaK).

4.4.3. Luz de diseño

La luz de diseño considerada para vigas con apoyo simple, o en voladizo, será la luz libre entre caras de soporte más la mitad de la longitud del apoyo en cada extremo. En el caso de vigas continuas la luz de diseño considerada será la distancia centro a centro de apoyos.

4.4.4. Deflexiones

La GaK presenta una relación MOR/MOE muy alta, lo que obliga a que el diseño de elementos a flexión este regido por las deflexiones admisibles. En esta sección se establece los requisitos y limitaciones de las deflexiones admisibles, obtención de la sección requerida y deflexiones inmediatas y diferidas,

- a) Las deflexiones en elementos de GaK se deben calcular de acuerdo a las formulas de la teoría elástica tradicional, se debe considerar la deflexión producida por la flexión y si el caso de análisis lo amerita se debe realizar una corrección del módulo de elasticidad E0.05 por cortante,
- b) Para el cálculo de la deflexión en vigas simplemente apoyadas se utilizarán las formulas contempladas en la Tabla 11.

Tabla 11: Fórmulas para el cálculo de deflexiones

Condición de carga	Deflexión
Carga concentrada en el centro de la longitud	$\Delta = \frac{PL^3}{48EI}$
Carga uniformemente distribuida	$\Delta = \frac{5qL^4}{384EI}$

- c) Para otras condiciones de carga se debe utilizar formulas de la teoría de la elasticidad.
- d) Las deflexiones admisibles estarán limitadas a los valores de la Tabla 12.

Tabla 12: Deflexiones admisibles δ (mm) Nota 3

Condición de servicio	Cargas vivas (l/k)	Viento o Granizo (l/k)	Cargas totales (l /k) Nota 2
Elementos de Techo / Cubiertas			
Cubiertas inclinadas			
Cielo rasos de pañete o yeso	l/360	l/360	l/240
Otros cielo rasos	l/240	l/240	1/180
Sin cielo raso	l/240	l/240	1/180
Techos planos	Nota 1	Nota 1	l/300
Techos industriales	-	-	l/200
Entrepisos			
Elementos de entrepiso	l/360	-	l/240
Entrepisos rígidos	-	-	l/360
Muros exteriores			
Con acabados frágiles	-	l/240	-
Con acabados flexibles	-	l/120	-

Notas:

- 1) Dependiendo del tipo de cielo raso.
 - 2) Por evaluación de cargas totales, a largo plazo estas no deben invertir pendientes de drenaje en techos.
 - 3) Considerando únicamente la deflexión inicial, considerada en el literal g.
- e) Las deflexiones de vigas, viguetas, entablados y pies derechos, se calcularán con el módulo de elasticidad del percentil E 0.05, o el módulo de elasticidad mínimo, Emin, en todo caso la selección de! módulo dependerá del criterio del ingeniero estructural.
 - f) En referencia al efecto del cortante, para los elementos con relación de l/De < 15, se debe realizar una corrección por cortante (Ce), en la Tabla 13 se relacionan los valores de Ce para el módulo de elasticidad E 0.05.

Tabla 13: Valores de C_e

I/De	C_e
5	0.70
7	0.75
9	0.81
11	0.86
13	0.91
15	0.93

Nota: La GaK tiene una relación de E/G - 28.

g) Respecto a las cargas para cálculo de sección y deflexiones, para efecto de calcular la sección transversal mínima requerida y soto para ese caso, se debe igualar la deflexión calculada con las cargas de la Tabla 14, con la deflexión admisible de la Tabla 12 y determinar el momento de inercia I requerido.

Igualmente, en la Tabla 14 se presentan las combinaciones de carga para el cálculo de las deflexiones inmediatas y diferidas a 30 años.

Tabla 14: Cargas w para cálculo de sección y deflexiones

Condición	CHS19%t<37oC Clima constante	CH≥19%t≤37oC Clima variable
Calculo de sección (w)	2.0D + L	2.0D + L
Deflexiones inmediatas ($W_{_i}$)	D+L	D+L
Deflexiones diferidas ($W_{_f}$)	2.8 0 + 1.3 L	3.8D + 1.4L

4.4.5. Flexión

Los esfuerzos máximos de tensión y compresión producidos por flexión serán calculados para la sección de máximo momento. Estos esfuerzos no deben exceder al máximo esfuerzo admisible por flexión F_b de la Tabla 4, establecida para los culmos de GaK, modificado por los coeficientes de duración de carga y redistribución de carga, según el caso.

Los coeficientes de modificación particulares para flexión son los que se indican a continuación.

4.4.5.1. Estabilidad lateral y coeficiente de modificación (CL)

En vigas o viguetas conformadas por un solo culmo de GaK, el coeficiente de modificación que se debe considerar será $CL = 1$, además, se debe tener en cuenta que:

- a) Cuando una viga está conformada por dos o más culmos (viga de sección compuesta), se debe verificar si esta requiere o no de soporte lateral en la zona comprimida.
- b) El coeficiente de modificación por estabilidad lateral (CL), tiene en cuenta la reducción de la capacidad de carga de un elemento sometido a flexión por causa de la inestabilidad lateral o pandeo, que sucede cuando la zona a compresión de una viga se comporta como una columna.
- c) Cuando una viga de sección compuesta esta soportada en toda la longitud de la zona a compresión y además está restringida en los apoyos a la rotación, el coeficiente de modificación por estabilidad lateral será $CL = 1$.
- d) En el caso de vigas de sección compuesta (dos o más culmos de GaK), cuya relación alto (d) ancho (b) sea mayor que 1 ($d/b > 1$), deben incluirse soportes laterales para prevenir el pandeo o la rotación.

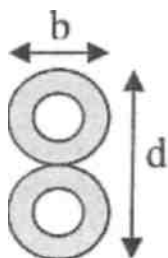


Figura 3: Ejemplo de sección compuesta

4.4.5.2. Estabilidad lateral de vigas compuestas

Para vigas de sección compuesta por dos o más culmos de GaK se debe reducir el esfuerzo admisible a flexión (F_b), por el valor de CL de la Tabla 15.

Tabla 15: Coeficientes CL para diferentes relaciones d/b

d/b	CL
1	1.00
2	0.98
3	0.95
4	0.91
5	0.87

4.4.5.3. Estabilidad lateral

En vigas compuestas por más de un culmo de GaK y cuya altura sea mayor que su ancho, debe investigarse la necesidad de proveer soporte lateral a la zona comprimida del elemento, según las siguientes recomendaciones:

- a) Si $d/b = 2$; no se requerirá soporte lateral.
- b) Si $d/b = 3$; se debe restringir el desplazamiento lateral de los apoyos.
- c) Si $d/b = 4$; se debe restringir el desplazamiento lateral de los apoyos y del borde en compresión mediante correas o viguetas.
- d) Si $d/b = 5$; se debe restringir el desplazamiento lateral de los apoyos y proveer soporte continuo del borde en compresión mediante un entablado.

4.4.5.4. Momento resistente

El esfuerzo a flexión actuante (f_b) sobre cualquier sección de GcrK rolliza, no debe exceder el valor del esfuerzo a flexión admisible (F'_b) modificado por los coeficientes b correspondientes, de acuerdo a la siguiente fórmula:

Ecuación 6:

$$f_b = \frac{M}{S} \leq F'_b$$

Dónde:

f_b	Esfuerzo a flexión actuante, en MPa
M	Momento actuante sobre el elemento en N mm
F'_b	Esfuerzo admisible modificado, en MPa
S	Módulo de sección en mm^3

El módulo de sección S , para un culmo de GaK se expresa con la siguiente fórmula:

Ecuación 7:

$$S = \frac{\pi(D_o^3 - [D_o - 2t]^3)}{32D_o}$$

Dónde:

S	Módulo de sección en mm^3
D_o	Diámetro promedio exterior del culmo en mm
t	Espesor promedio de la pared del culmo en mm

Cuando se empleen varios culmos para conformar un elemento a flexión, la inercia del conjunto se calcula como la suma de las inercias Individuales de cada uno de los culmos, con la fórmula:

Ecuación 8:

Dónde:

I	Inercia de la sección compuesta, en mm^4
I_i	Inercia individual de cada culmo referida a su propio centroide, en mm^4

4.4.6. Cortante

Los esfuerzos máximos de corte serán calculados a una distancia del apoyo igual a la altura (h) del elemento. Para lo cual, se debe considerar lo siguiente:

- Para vigas conformadas por un solo culmo de GaK, dicha altura será igual al diámetro exterior (De) de la misma, a excepción de los voladizos, donde el esfuerzo máximo de corte será calculado en la cara del apoyo.
- Para vigas conformadas por dos culmos de GaK, la altura (h) corresponde a la altura real del elemento.
- El máximo esfuerzo cortante debe ser determinada teniendo en cuenta la distribución no uniforme de los esfuerzos en la sección, y debe ser inferior al máximo esfuerzo admisible para corte paralelo a las fibras F'_v , establecido para los culmos de GaK rolliza (Tabla 4), modificado por los coeficientes a los que corresponda.

4.4.6.1. Esfuerzo cortante paralelo a las fibras

El esfuerzo cortante paralelo a las fibras actuantes (f_v) sobre cualquier sección de GaK rolliza, no debe exceder el valor del esfuerzo cortante paralelo a las fibras admisibles (F'_v), modificado por los coeficientes que correspondan, de acuerdo a la siguiente fórmula:

Ecuación 9:

$$f_v = \frac{2V}{3A} \left(\frac{3D_g^2 - 6D_g t + 4t^2}{D_g^2 + 2D_g t + 2t} \right) \leq F'_v$$

Dónde:

f_v	Esfuerzo cortante paralelo a las fibras actuante, en MPa
A	Área de la sección transversal del elemento de guadúa rolliza, en mm^2
D_g	Diámetro externo promedio de la sección de guadúa rolliza, en mm
t	Espesor promedio de la sección de guadúa rolliza, en mm
F'_v	Esfuerzo admisible para corte paralelo a las fibras, modificado por los coeficientes que correspondan, en MPa
V	Fuerza cortante en la sección considerada, en N

4.4.6.2. Conectores en vigas de sección compuesta

Cuando se construyen vigas con dos o más culmos de GaK, se debe garantizar su estabilidad por medio de conectores transversales, que garanticen el trabajo en conjunto.

El espaciamiento de dichos conectores debe estar justificado en el diseño estructural.

Todos los canutos por los que atraviese un conector en vigas de sección compuesta, deben estar rellenos de mortero de cemento, como se muestra en la Figura 4.

Además, el primer conector se debe ubicar a una distancia igual a 50 mm, medidos desde la cara del apoyo.

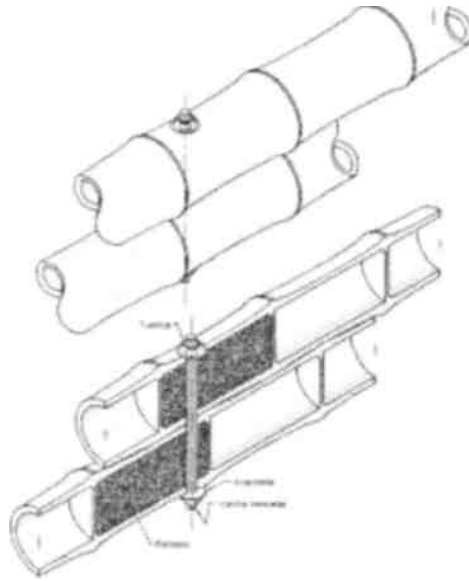


Figura 4: Detalle conectares secciones compuestas

4.4.7. Aplastamiento

Los esfuerzos de compresión perpendicular a las fibras (f_p), deben verificarse especialmente en los apoyos y lugares en los que haya cargas concentradas en áreas pequeñas.

El esfuerzo de compresión perpendicular a las fibras actuante no debe exceder al esfuerzo admisible de compresión perpendicular modificado por los coeficientes que correspondan.

El esfuerzo a compresión perpendicular a la fibra actuante se calcula con la siguiente fórmula: Ecuación 10:

$$f_p = \frac{3RD_\varepsilon}{2t^2L} \leq F_p$$

Dónde:

F_p Esfuerzo admisible en compresión perpendicular a la fibra, modificado por los coeficientes que correspondan, en MPa

f_p Esfuerzo actuante en compresión perpendicular a la fibra, en MPa

D_ε Diámetro externo promedio de la sección de GaK rolliza, en mm

t Espesor promedio de la sección de GaK rolliza, en mm

L Longitud de apoyo, en mm

R Fuerza aplicada en el sentido perpendicular a las fibras, en N

Todos los canutos que estén sometidos a esfuerzos de compresión perpendicular a la fibra, deben estar rellenos de mortero de cemento, en el caso en que esto no se cumpla el valor del esfuerzo admisible (F_p) se debe reducir a la cuarta parte ($F_p/4$)

4.5. Diseño de elementos solicitados por fuerza axial

Los elementos que serán diseñados por fuerza axial son aquellos solicitados en la misma dirección que el eje longitudinal que pasa por el centroide de su sección transversal.

4.5.1. Elementos solicitados a tensión axial

El esfuerzo de tensión axial actuante (f_t) para cualquier sección de GaK rolliza, no debe exceder el valor del esfuerzo admisible a tensión axial (F_t), modificado por los coeficientes de modificación correspondientes, de acuerdo a la siguiente fórmula:

Ecuación 11:

$$f_t = \frac{T}{A_n} \leq F_t$$

Dónde:

f_t	Esfuerzo a tensión actuante, en MPa
T	Fuerza de tensión axial aplicada, en N
" *	Esfuerzo de tensión admisible, modificado por los coeficientes a que haya lugar, en MPa
A_n	Área neta del elemento, en mm ²

Todos los elementos que están solicitados por tensión axial y momento flector deben ser diseñados de acuerdo con lo estipulado en la sección 4.6.

4.5.2. Tensión perpendicular a la fibra

En lo posible se deben evitar los diseños, en los cuales los elementos estructurales de GaK estén sometidos a esfuerzos de tensión perpendicular a la fibra, debido a su baja resistencia en esta sollicitación, no obstante, si se presentan estos esfuerzos, se debe garantizar la resistencia del elemento proporcionando el refuerzo que sea necesario en la zona comprometida, a través de zunchos metálicos o platinas.

4.5.3. Elementos solicitados a compresión axial

Para el diseño de los elementos solicitados a compresión axial, es necesario tener en cuenta los siguientes aspectos:

4.5.3.1. Longitud efectiva

La longitud efectiva es la longitud teórica de una columna equivalente con articulaciones en sus -extremos. La longitud efectiva de una columna puede calcularse con la siguiente fórmula:

Ecuación 12:

$$l_e = l_u k$$

Dónde:

l_u	Longitud no soportada lateralmente del elemento, en mm
-------	--

- k. Coeficiente de longitud efectiva, según las restricciones en los apoyos, Ver Tabla 16
- l_e Longitud efectiva, en mm.

Tabla 16: Coeficiente de longitud efectiva (*)

Condición de los apoyos	k
Ambos extremos articulados (Ambos extremos del elemento deben estar restringidos al desplazamiento perpendicular a su eje longitudinal)	1.0
Un extremo con restricción a la rotación y al desplazamiento y el otro libre	2.1

* Cuando se justifique apropiadamente, se pueden utilizar valores de k de la tabla 16 **Tabla 17: Coeficientes**

de longitud efectiva de columna k_e

Condición de los apoyos	Gráficos	k_{e1}	k_{e2}
Empotrados en ambos extremos ①		0.50	0.65
Impedido de desplazarse en ambos extremos y uno de ellos impedido de rotar ②		0.70	0.85
Articulado en ambos extremos ③		1.00	1.00
Empotrado en un extremo y el otro impedido de rotar pero libre de desplazamiento ④		1.00	1.20
Empotrado en un extremo y el otro parcialmente libre de rotar y libre de desplazamiento ⑤		1.50	1.50
Articulado en un extremo y el otro impedido de rotar pero libre de desplazamiento ⑥		2.00	2.40
Empotrado en un extremo y el otro libre de rotar y libre de desplazamiento ⑦		2.00	2.10

Dónde:

k_{e1} Teórico

k_{e2} Recomendado cuando las condiciones ideales son apropiadas

4.5.3.2. Esbeltez

En columnas constituidas por un culmo, la medida de esbeltez está dada por la fórmula:

Ecuación 13:

$$\lambda = \frac{l_g}{r}$$

Dónde:

λ Relación esbeltez del elemento

l_g Longitud efectiva del elemento, en mm

r Radio de giro de la sección, en mm

El radio de giro de la sección constituido por un culmo, será calculado con la fórmula: Ecuación 14:

$$r = \frac{\sqrt{(D_e^2 + (D_e - 2t)^2)}}{4}$$

Dónde:

D_e Diámetro externo promedio de la sección de GaK rolliza, en mm

t Espesor promedio de la sección de GaK rolliza, en mm

r Radio de giro de la sección

4.5.3.3. Elementos constituidos por dos o más culmos:

En el diseño de elementos solicitados a compresión constituidos por dos o más culmos, la medida de esbeltez será calculada usando la Ecuación 13, con el radio de giro r calculado con la siguiente expresión:

Ecuación 15:

$$r = \sqrt{\frac{I}{A}}$$

Dónde:

I Inercia de la sección

A Área neta de la sección transversal de guadúa

r Radio de giro de la sección

Cuando se empleen varios culmos para conformar un elemento a compresión, la inercia del conjunto se calcula como la suma de las inercias individuales de cada uno de los culmos, utilizando la Ecuación 8

4.5.3.4. Clasificación de columnas

Según su relación de esbeltez, las columnas de GaK rolliza pueden estar clasificadas en cortas, intermedias o largas.

Tabla 18: Clasificación de columnas por esbeltez

Columna	Esbeltez
Corta	$\lambda < 30$
Intermedia	$30 < \lambda < C_k$
Larga	$C_k < \lambda < 150$

La esbeltez C_k es el límite entre las columnas intermedias y las columnas largas, y está dada por la siguiente formula:

Ecuación 16:

$$C_k = 2.565 \sqrt{\frac{E_{0.05}}{F'_c}}$$

Dónde:

F'_c Esfuerzo admisible en compresión paralela a las fibras, modificado, en MPa

$E_{0.05}$ Módulo de elasticidad percentil 5, en MPa

Bajo ninguna circunstancia es aceptable trabajar con elementos de columna que tengan esbeltez mayor de 150.

4.5.3.5. Esfuerzos máximos

Para el cálculo de los esfuerzos máximos, se debe tener las siguientes consideraciones:

- a) **Columnas cortas ($\lambda < 30$):** el esfuerzo máximo de compresión paralela a la fibra actuante (f_c) sobre cualquier sección de GaK rolliza en columnas cortas, no debe exceder el valor del esfuerzo de compresión paralela a las fibras admisibles (F_c) modificado por los factores correspondientes, de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$f_c = \frac{N}{A_n} \leq F'_c$$

Dónde;

f_c Esfuerzo de compresión paralela a la fibra actuante en MPa

N Fuerza de compresión paralela a la fibra actuante, en N

A_n	Área neta de la sección transversal, en mm ²
F_c	Esfuerzo de compresión paralela al fibra admisible, modificado, en MPa

b) Columnas intermedias ($30 < \lambda < C_k$): el esfuerzo máximo de compresión paralela a la fibra actuante (f_c) sobre cualquier sección de GaK rolliza en columnas intermedias, no debe exceder el valor del esfuerzo de compresión paralela a las fibras admisibles (F_c) modificado por los factores correspondientes, de acuerdo a la siguiente fórmula:

Ecuación 18:

$$f_c = \frac{N}{A_n \left(1 - \frac{\lambda}{C_k} \right)^3} \leq F_c$$

Dónde:

f_c	Esfuerzo de compresión paralelo a la fibra actuante, en MPa
N	Fuerza de compresión paralela a la fibra actuante, en N
A_n	Área neta de la sección transversal, en mm ²
F_c	Esfuerzo de compresión paralela al fibra admisible, modificado, en MPa
λ	Esbeltez, Ecuación 13
C_k	Esbeltez que marca el límite entre columnas intermedias y columnas largas, Ecuación 16

c) Columnas largas ($C_k < \lambda < 150$): el esfuerzo máximo de compresión paralela a la fibra actuante (f_c) sobre cualquier sección de GaK rolliza en columnas largas, no debe exceder el valor del esfuerzo de compresión paralela a las fibras admisibles (F_c) modificado por los factores correspondientes, de acuerdo a la siguiente fórmula:

Ecuación 19:

$$f_c = 3.3 \frac{E_{0.05}}{\lambda^2} \leq F_c$$

Dónde:

f_c	Esfuerzo de compresión paralela a la fibra actuante, en MPa
F_c	Esfuerzo de compresión paralela a la fibra admisible, modificado, en MPa
λ	Esbeltez, Ecuación 13
$E_{0.05}$	Módulo de elasticidad del percentil 5, en MPa No se permiten columnas con esbeltez superior a 150.

Todos los elementos que además de estar solicitados por compresión axial, se encuentran solicitados por momento flector, deben ser diseñados de acuerdo a lo que se detalla en la sección 4.6.

4.6. Diseño de elementos solicitados por flexión y carga axial

Para el diseño de los elementos solicitados por flexión y carga axial, se debe tener en cuenta las siguientes consideraciones:

4.6.1. Elementos solicitados a flexión con tensión axial

Los elementos de la estructura que se encuentren sometidos simultáneamente a las fuerzas de tensión axial y flexión, deben ser diseñados para cumplir la siguiente fórmula:

Ecuación 20:

$$\frac{f_t}{F_t'} + \frac{f_b}{F_b'} \leq 1.0$$

Dónde:

f_t	Esfuerzo a tensión actuante, en MPa
p_t	Esfuerzo de tensión admisible, modificado por los coeficientes que correspondan, en MPa
f_b	Esfuerzo a flexión actuante, en MPa
F_b'	Esfuerzo a flexión admisible modificado, en MPa

4.6.2. Elementos solicitados a flexo-compresión

Los elementos de la estructura que se encuentren sometidos simultáneamente a las fuerzas de compresión y flexión deben ser diseñados para cumplir la siguiente fórmula:

Ecuación 21:

$$\frac{f_c}{F_c'} + \frac{k_m f_b}{F_b'} \leq 1.0$$

Dónde:

f_c	Esfuerzo de compresión paralela a la fibra actuante, en MPa
F_c'	Esfuerzo de compresión paralela al fibra admisible, modificado, en MPa
f_b	Esfuerzo a flexión actuante, en MPa
F_b'	Esfuerzo a flexión admisible modificado, en MPa
k_m	Coficiente de magnificación de momentos, calculado con la Ecuación 22

Ecuación 22:

$$K_m = \frac{1}{1 - 1.5(N_a/N_{er})}$$

Dónde:

N_a	Carga de compresión actuante, en N
N_{er}	Carga crítica de Euler, calculada con la Ecuación 23

Ecuación 23:

$$N_{er} = \frac{\pi^2 E_{0.05} I}{l_g^2}$$

Dónde:

- N_{er} Carga crítica de Euler, en N
- $E_{0.05}$ Módulo de elasticidad del percentil 5, en MPa
- I Momento de inercia de la sección, en mm^4
- l_g Longitud efectiva del elemento, en mm

4.7. Muros de corte, carga lateral, sismo o viento

4.7.1. Requisitos de resistencia y rigidez

El conjunto de diafragmas y muros de corte debe diseñarse para resistir el 100 % de las cargas laterales aplicadas, tales como acciones de viento o sismo y excepcionalmente empuje de suelos o materiales almacenados.

Los diafragmas y muros de corte deben ser suficientemente rígidos para:

- Limitar los desplazamientos laterales, evitando posibles daños a otros elementos no estructurales.
- Reducir la amplitud de las vibraciones en muros y pisos a límites aceptables.
- Proporcionar arriostramiento a otros elementos para impedir su pandeo lateral o lateral torsional.

Además, se debe considerar lo siguiente:

- a) Las uniones de los diafragmas y muros de corte, entre sí y con otros elementos, deben ser adecuadas para transmitir y resistir las fuerzas cortantes de sismo o vientos.
- b) Deben ponerse especial atención en los anclajes de los muros de corte a la cimentación, cada panel independiente debe estar conectado a la cimentación por lo menos en dos puntos, y la separación entre ellas no debe ser mayor que 2 m.
- c) Los muros cuya relación de altura a la longitud en planta, sea mayor que 2, no deben considerarse como resistencia,
- d) Bajo condiciones normales de servicio, como podrían ser sobrecargas de viento habitual o de sismos pequeños a moderados, deberá verificarse que las deformaciones de los muros no exceden de $h/1200$ (siendo "h" igual a la altura del muro).
- e) Cada muro de corte considerado por separado, debe ser capaz de resistir la carga lateral proporcional correspondiente a la generada por la masa que se apoya sobre él, a menos que se haga un análisis detallado de la distribución de fuerzas cortantes considerando la flexibilidad de los diafragmas horizontales.
- f) La fuerza cortante actuante debida a la acción del viento o sismo, se determinará a partir de lo que especifica el capítulo NEC-SE-CG y el capítulo NEC-SE-DS para ambos tipos de carga o mediante procedimientos más elaborados compatibles con la buena práctica de la ingeniería

- g) Para calcular la fuerza cortante actuante por sismo o viento en edificaciones de hasta dos pisos de altura, se puede utilizar lo dispuesto en el capítulo NEC-SE-DS.
- h) Los muros de corte de una edificación deben estar dispuestos en dos direcciones ortogonales, con espaciamientos menores de 4 m en cada dirección. La distribución de estos elementos debe ser más o menos uniforme, con rigideces aproximadamente proporcionales a sus áreas de influencia.
- i) Si los espaciamientos de los muros son mayores que 4 m y la flexibilidad en planta de los diagramas (entrepisos, techos, etc.) es tal que, no garantice un comportamiento en conjunto, este procedimiento no es aplicable.
- j) Para el cálculo de la resistencia de los muros de corte, el profesional responsable puede tomar como referencia la sección 5,1.3 del capítulo NEC-SE-MD para realizar el dimensionamiento de este tipo de elemento estructural.

4.8. Diseño de uniones

La resistencia de las uniones dependerá del tipo de unión y de los elementos utilizados. Los valores admisibles se determinarán en base a los resultados de cinco ensayos como mínimo, con los materiales y el diseño a utilizar en la obra, considerando un factor de seguridad de 3.

Se dan como referencia detalles de algunas uniones y valores admisibles para algunos de los casos estudiados./^

Registro Oficial - Edición Especial N° 842 Jueves 19 de enero de 2017 - 55

5. Diseño y Construcción con GaK

El objetivo de esta sección es establecer los requisitos mínimos para garantizar el buen desempeño de una estructura de GaK.

Cada material de construcción tiene sus especificaciones de aplicación y uso, en el caso de la GaK, existen fundamentos de diseño que deben ser considerados para cada uno de los proyectos. En esta sección se establece dichos principios y algunas aplicaciones constructivas.

Las pautas de diseño arquitectónico propuestas deben tener en cuenta las especificidades del material y asegurar estabilidad, seguridad y durabilidad de la edificación.

En caso de ser usado un proceso constructivo con GaK diferente a los mostrados en esta norma, este debe ser sustentado con los cálculos técnicos y resultados de laboratorio respectivos, y estar a cargo de un profesional responsable de la obra.

Todas las labores relativas a la preparación del material, fabricación, construcción, montaje y mantenimiento de estructuras de GaK, deben regirse por las prácticas establecidas y aceptadas por la ingeniería y la arquitectura.

5.1. Consideraciones generales

Antes de iniciar la construcción, el encargado de la obra debe contar con los diseños arquitectónicos, estructurales, de instalaciones técnicas, presupuesto, análisis de costos unitarios, estudio de mecánica de suelos, planos de detalles constructivos y especificaciones técnicas, de acuerdo a los requerimientos de los GAD's municipales.

Como en toda obra de construcción, se inicia con: reconocimiento del sitio, limpieza del lote, seguridad de las edificaciones colindantes, bodegas e instalaciones provisionales, acometida provisional de energía eléctrica y agua, provisión de materiales y mano de obra calificada.

5.2. Adquisición de los culmos de GaK

Previo a la adquisición de los culmos, se debe considerar lo siguiente:

- a) Con anticipación, no menor a dos meses del inicio de la obra, el constructor debe realizar la adquisición de los culmos de GaK, con las especificaciones de medidas y calidad requeridas en el proyecto. Se recomienda que el constructor adquiera por lo menos un 20% más de los culmos calculados para la obra, ya que existen culmos con imperfecciones, curvaturas pronunciadas, doble curvatura o alabeos y rajaduras, que solo se evidencian a la hora de la construcción. Los culmos con dichas imperfecciones no se deben usar como elementos de soporte estructural.
- b) El constructor exigirá al proveedor del material garantía de calidad del producto, donde, además del número de culmos, longitudes, diámetros, fechas (madurez y corte); sean especificados: las características de los culmos, el % de contenido de humedad del material a pie de obra, el tipo de preservante y el método utilizado para la inmunización y secado de los culmos de GaK.
- c) El constructor constatará las características de calidad indicadas en la sección 3.8. de la presente norma (prueba de cúrcuma), así como el % de contenido de humedad del material a pie de obra.

- d) En el sitio de la obra los culmos deben ser almacenados de acuerdo a lo indicado en el ítem 3.7. de este documento normativo.
- e) Se recomienda que los culmos en la obra, sean almacenados bajo cubierta provisional.

5.3. Protección por diseño

La GaK es un material poroso e higroscópico. Al igual que la madera, si la humedad se acumula en su interior afectará sus propiedades físico-mecánicas y será propensa al ataque de hongos y posterior putrefacción. Por este motivo es indispensable proteger a los elementos estructurales de la humedad.

En una edificación la humedad llega principalmente por capilaridad, lluvias o condensación. Por tal motivo, la estructura de GcJK debe protegerse como se indica a continuación:

- a) Las columnas de GaK no pueden estar en contacto directo con el suelo natural. Deben apoyarse en un sobrecimiento (zócalos, pedestales, pilaretes u otros) debidamente impermeabilizado en la superficie de contacto con los culmos.

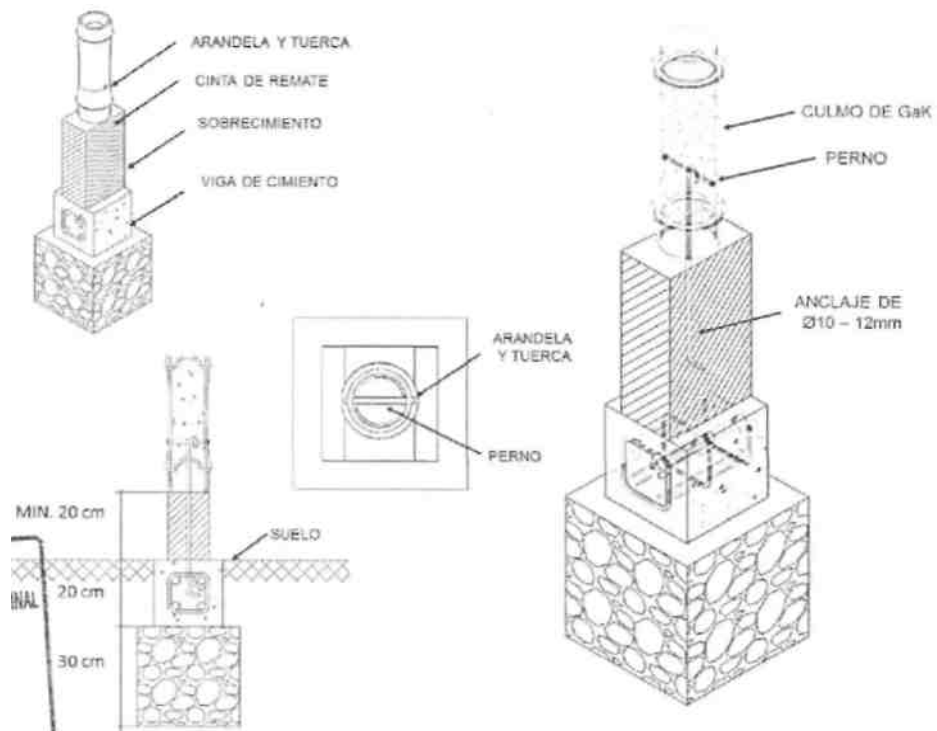


Figura 5: Detalle de apoyo de columnas de GaK en sobrecimiento

- b) Los culmos no deben estar enterrados o inmersos en la cimentación o en cualquier otro componente de hormigón.
- c) Las edificaciones deben estar protegidas de las escorrentías mediante: drenajes, cunetas, sumideros, conformación de plataformas u otros elementos

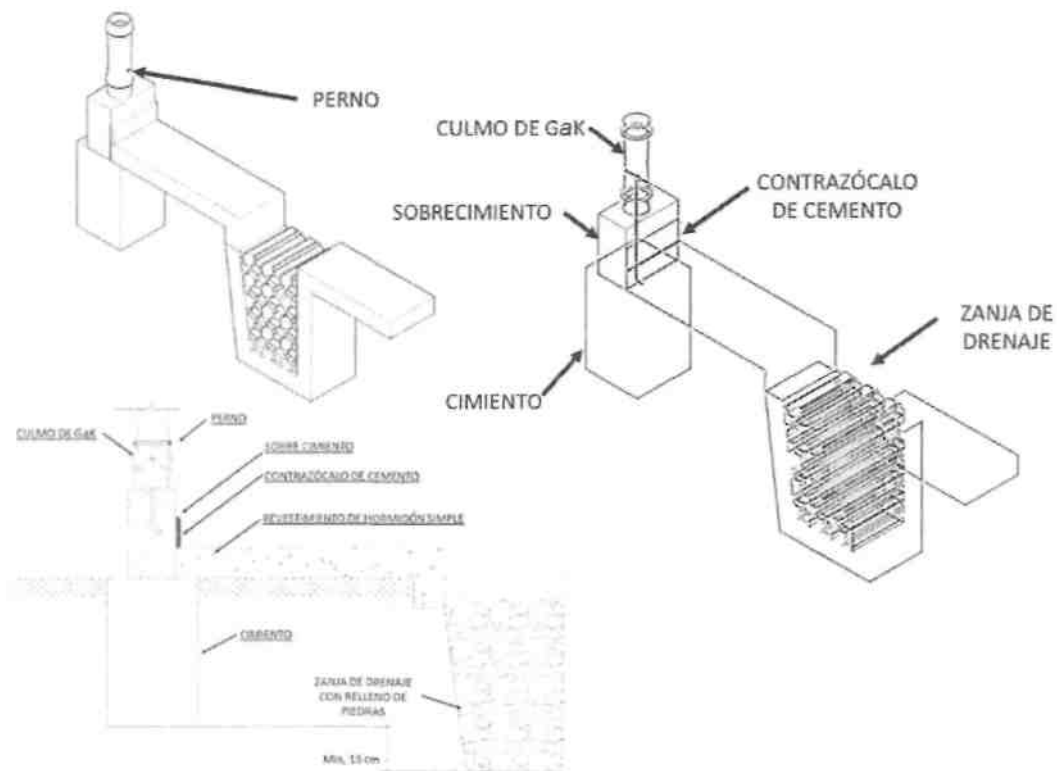


Figura 6: Protección de las edificaciones de las escorrentías

- d) Por medio del diseño se debe evitar la exposición directa de los elementos estructurales de la GaK a las condiciones climáticas del lugar (lluvia, sol, salinidad, entre otros), para ello, se recomienda usar aleros generosos y canales de recolección de aguas lluvias. En casos donde esto no sea posible, debe considerarse el recubrimiento de cada elemento estructural con sustancias hidrófugas o superficies impermeables.
- e) Para evitar la condensación se debe procurar la ventilación en los espacios interiores. En ambientes cuyo uso implique que los elementos estructurales estén expuestos al vapor, como baños y cocinas, además de la ventilación, estos deben estar protegidos con elementos impermeables.
- f) Sí existe la posibilidad de presencia de termitas, se recomienda que, sobre la capa anti capilar, se coloque una plancha metálica de 2 mm de espesor, que cubra la cabeza del sobrecimiento y sobresalga 2 mm de sus bordes. Esta plancha metálica será protegida con anticorrosivos. En ambientes salinos o costeros, se puede reemplazar la plancha metálica por planchas de neopreno de 6 u 8 mm.
- g) Cuando queden aberturas en el armado estructural (entrepisos, cubiertas y demás), es necesario sellar las mismas a través de elementos de cierre que eviten el ingreso de roedores, insectos u otros, que puedan afectar la estructura y la habitabilidad.
- h) El armado de andamios no debe anclarse o conectarse a la estructura de la edificación.
- i) Bajo ninguna circunstancia es admisible que las instalaciones hidrosanitarias, eléctricas, electrónicas y mecánicas, atraviesen o comprometan los culmos del sistema estructural,
- j) Previa utilización de los culmos, estos deben ser limpiados cuidadosamente con elementos apropiados que no causen daños en la epidermis del culmo (telas, esponjas, cepillos no abrasivos, entre otros)

- k) No maltratar los culmos durante el proceso de construcción mediante impactos, aplastamientos o caídas que afecten sus propiedades físico-mecánicas.
- l) Los culmos para uso estructural no deben ser usados previamente para la construcción de andamios u otros, que puedan comprometer la integridad de los culmos.

5.4. Cimentación y sobrecimiento

Realizado el trazado y las excavaciones, las obras de cimentación se ejecutarán de acuerdo a los capítulos de la NEC del sistema constructivo a utilizar, basado en los planos estructurales y detalles constructivos.

Se debe construir un sobrecimiento de altura mínima de 200 mm sobre el nivel del terreno natural para recibir todos los elementos estructurales verticales de GaK (sean columnas o muros estructurales).

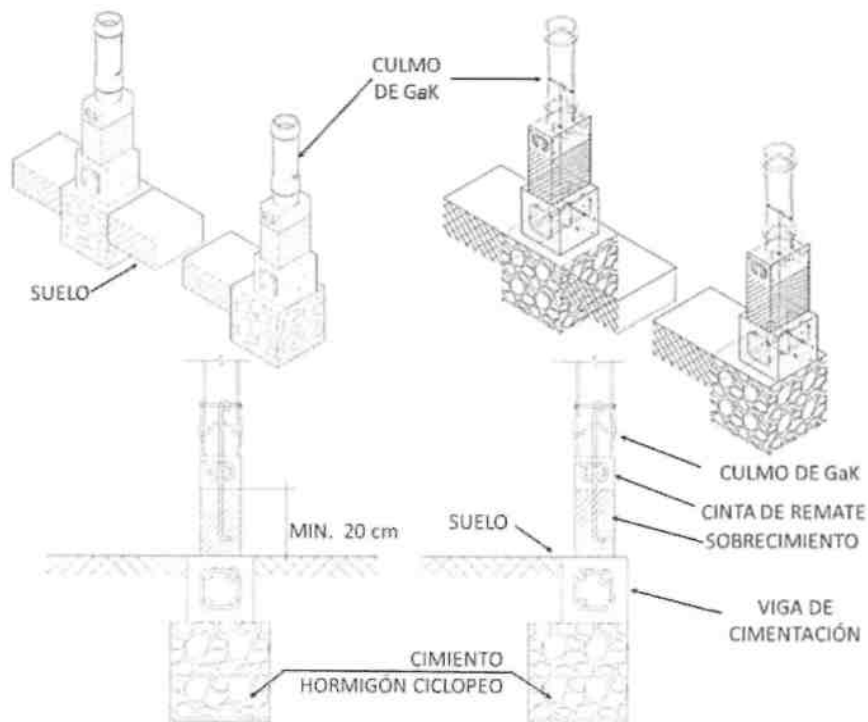


Figura 7-1: Detalle de cimiento y sobrecimiento (Viga de cimentación)

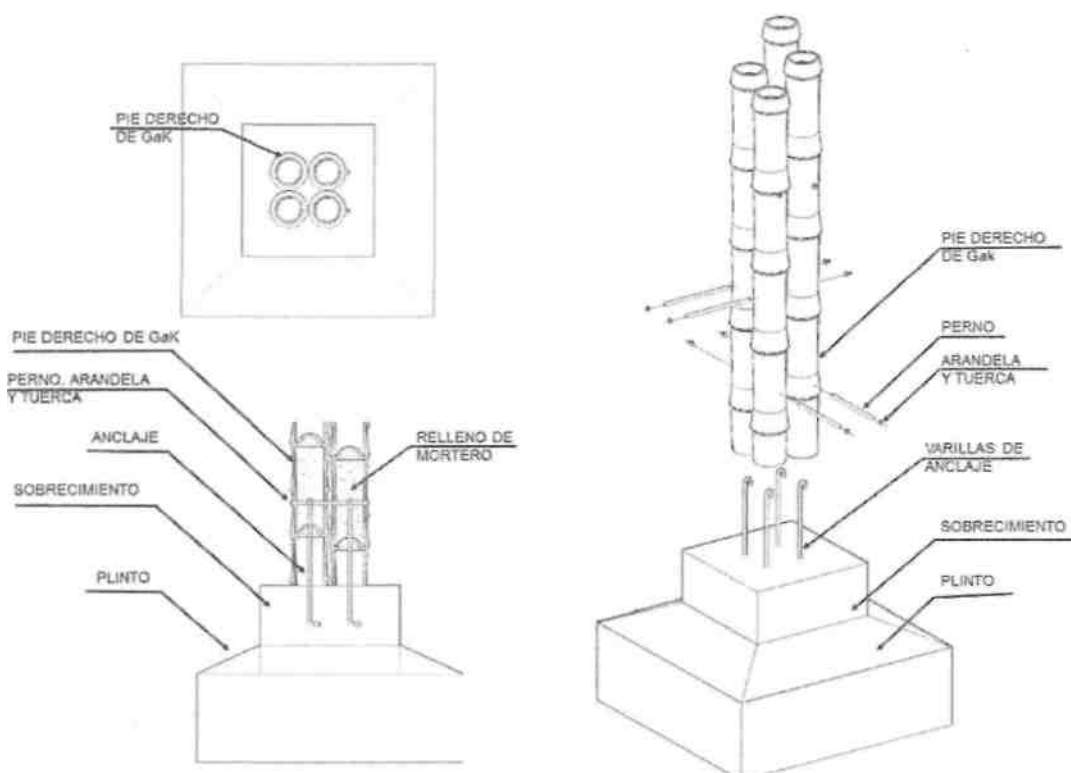


Figura 8-2: Detalle de cimiento y sobrecimiento (Plinto)

5,5, Anclaje de los culmos a los sobrecimientos

Existen varias opciones de anclaje de los culmos a los sobrecimientos, como: varilla corrugada, pletinas, tubos de acero, elementos articuladores de acero, entre otros, de acuerdo a los requerimientos del diseño estructural.

A continuación, se detallan dos de los sistemas de anclaje más usuales:

5.5.1. Mediante varillas de acero

En este tipo de anclaje se debe considerar lo siguiente:

- Las varillas inician en el cimiento y sobresalen en la cabeza del sobrecimiento, para cumplir las funciones de anclaje entre el sobrecimiento y los culmos. Ver Figura 8.
- El sistema posibilita el apoyo de, uno o más culmos, en la cabeza del sobrecimiento.
- El o los culmos debe(n) apoyarse a 20 o 30 mm por abajo del nudo.
- Antes de introducir el/los culmo(s) en las varillas, se debe eliminar el diafragma interior de los dos nudos inmediatos y extraer los restos del diafragma.
- Con la sierra de copa o saca bocados, realizar una abertura de 25 mm de diámetro en el entrenudo del culmo a 300 mm del sobrecimiento.
- El diámetro de los anclajes que penetran en los culmos de GaK, está en función de la altura de las columnas, en todo caso, no deben ser menores a 10 mm (3/8"), ni mayores a 18mm (3/4')

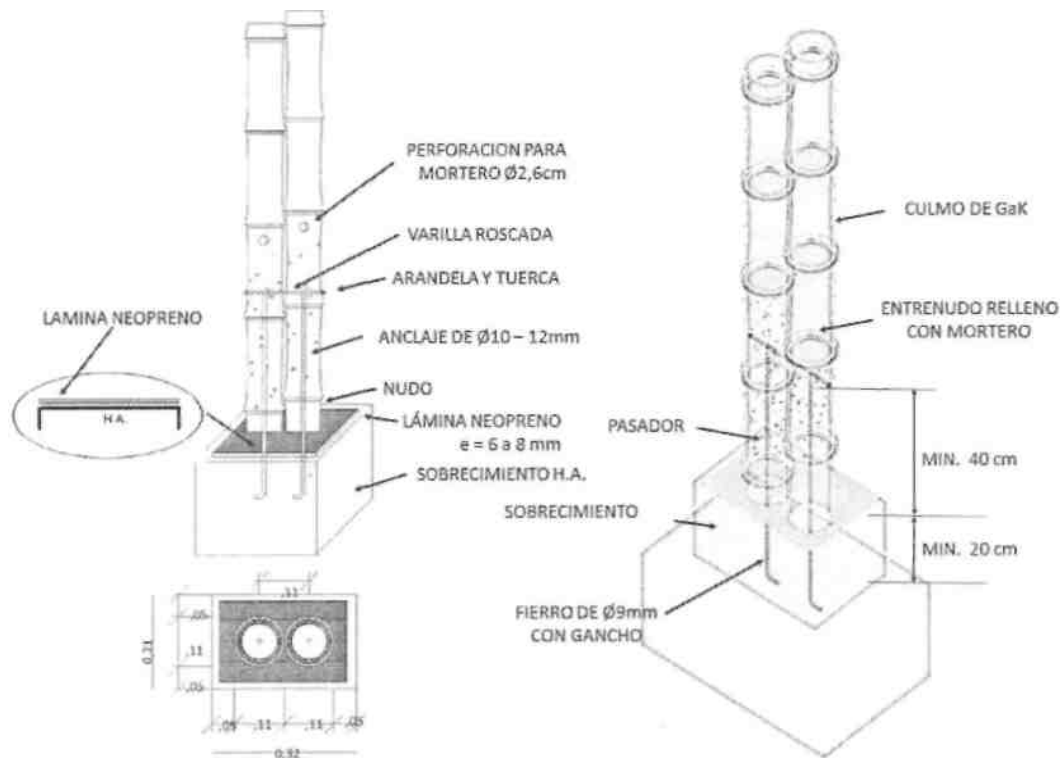


Figura 10-2: Ejemplo de anclaje mediante varillas de acero (La cabeza del sobrecimiento se cubre mediante lámina de neopreno)

5.5.2. Mediante pletinas de acero

En este tipo de anclaje se debe considerar lo siguiente:

- Este sistema permite asegurar uno o más culmos al sobrecimiento, sin necesidad de introducir morteros o mezclas de arena/cemento, al interior del culmo.
- Sobresalen del sobrecimiento dos pletinas metálicas de 40 mm de ancho y 5 mm de espesor.
- Las 2 pletinas pueden iniciar su anclaje desde el cimient o desde el sobrecimiento y sobresalir no menos de 250 mm de la cabeza del pedestal o zócalo.
- Las pletinas pueden estar previamente perforadas y atravesadas con dos pernos de 10 mm, debidamente asegurados con tuercas y arandelas, mientras dure el fraguado del cimient y sobrecimiento, para asegurar la alineación de las perforaciones en las dos pletinas. Es recomendable colocar un taco de madera entre las pletinas para evitar desplazamientos.
- Las pletinas deben ser lo suficientemente anchas como para colocar los pernos de tal forma que no se encuentren alineados en la misma cara, sino, desfasados, para minimizar el efecto de corte de los mismos a las fibras paralelas de la GaK.
- La separación entre las dos pletinas debe estar de acuerdo al diámetro de los culmos disponibles.

- g) Concluido el fraguado, se extraen las tuercas, se coloca el culmo y se lo perfora en dirección de los agujeros de las dos pletinas y se emperna.
- h) Previo a la instalación, todos los elementos metálicos deben ser limpiados (oxido, grasa, cemento, polvo, entre otras) y sujetos a lo expuesto en el literal i. Al terminar la construcción deben ser revisados y de ser necesario repintados de acuerdo al esquema del mismo literal.
- i) Pintar con anticorrosivo las pletinas, al igual que los elementos metálicos vistos: tuercas, anillos, extremos de los pernos. En ambientes con alta salinidad o zonas costeras se recomienda usar elementos metálicos de acero inoxidable, o acero negro estructural utilizando el sistema de pintura de protección por capas indicado a continuación:

- 1era Capa: un imprimante epóxico de dos componentes con endurecedor tipo poliamida de 100 micrones.
- 2da. Capa: pintura epóxica de dos componentes con endurecedor poliamida de 100 micrones.
- 3ra. Capa: pintura anticorrosiva de 100 micrones.
- 4ta. Capa: pintura de acabado tipo automotriz o de aceite de 100 micrones.

* Las capas deben ser medidas en espesor de película seca (EPS).

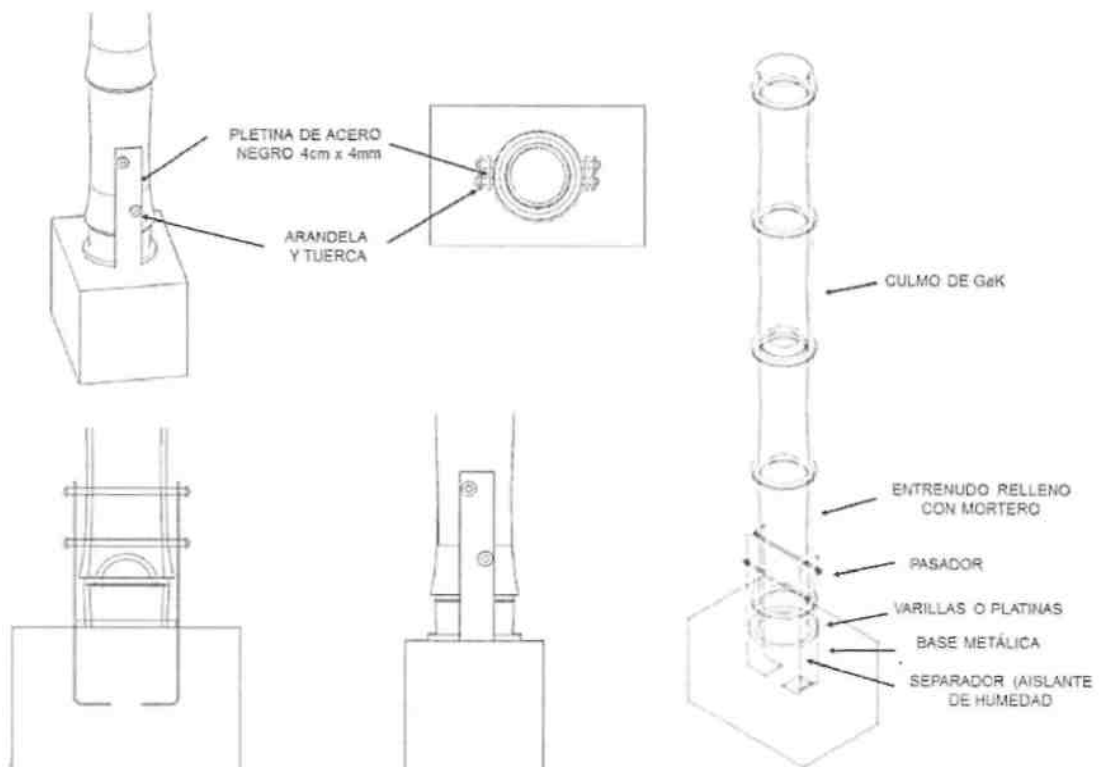


Figura 11: Ejemplo de un anclaje con pletinas

5.6. Cortes para uniones entre culmos de GaK

Las piezas de bambú deben ser cortadas de tal forma que quede un nudo entero en cada extremo o próximo a él, a una distancia máxima $D=60$ mm del nudo. La mayoría de las uniones parten de tres tipos de cortes o entalladuras. Ver Figura 10.

- a) Corte recto: plano y perpendicular al eje del culmo,
- b) Corte boca de pez: cóncavo transversal al eje del culmo.
- c) Corte pico de flauta: a diversos ángulos respecto al eje del culmo.

Este tipo de detalles en el corte para las uniones boca de pez y pico de flauta, requiere mano de obra calificada para su elaboración, cada una de ellas debe acopiarse a la pieza estructural colindante, y ese es un proceso que llevará tiempo, lo que debe ser considerado en el cronograma de obra.



Figura 12: Cortes para uniones

5.7. Uniones entre piezas estructurales de GaK

La estructura de una edificación realizada con culmos de GaK, demanda diversos tipos de uniones o nodos, las herramientas eficientes y los elementos metálicos: pernos, tuercas, varillas roscadas, pletinas y otros que facilitan su ejecución.

En ningún caso se permite el uso de clavos o elementos que fisuren los culmos de GaK que formen parte de la estructura,

5.7.1. Requisitos generales para la realización de las uniones

- a) Los culmos a ser usados para la elaboración de uniones deben cumplir todas las condiciones especificadas en la sección 3, referentes a calidad, maduración, preservación, secado y conicidad.
- b) Las uniones a realizar deben ser capaces de resistir las cargas externas a las que estarán sometidas.
- c) Se tendrán en cuenta los distintos esfuerzos a los que estarán expuestas, de manera especial, aquellas uniones que sean sometidas a tensión perpendicular a la fibra y corte paralelo a la fibra.
- d) No se admiten uniones clavadas que provoquen grietas longitudinales en las fibras del culmo.

5.7.2. Uniones empernadas y con pletinas

Estas disposiciones son aplicables a uniones empernadas de dos o más culmos, a uniones de elementos de GaK con pletinas metálicas, o a la fijación de los culmos a los elementos de hormigón por medio de pletinas y anclas,

- a) Las uniones empernadas se utilizan generalmente cuando las solicitudes sobre una conexión son relativamente grandes, requiriendo por lo tanto el uso de pernos, acompañados de pletinas de acero.
- b) Los pernos y pletinas usados para las conexiones empernadas deben ser de acero estructural con refuerzo de fluencia no menor a 240 MPa; el diámetro mínimo permitido para los pernos es de 9,5 mm y el espesor mínimo de las pletinas será de 5 mm (3/16").
- c) Las perforaciones hechas para el relleno de los entrenudos deben tener un diámetro máximo de 26 mm, luego de ser vaciado el mortero dentro del culmo, se debe reponer la tapa que fue extraída por el sacabocados,
- d) Todos los pernos y demás elementos metálicos de la unión deben estar diseñados de acuerdo a los requisitos estipulados en las normativas de acero, y todos deben tener tratamiento con pintura de acuerdo al esquema indicado en 5.5.2. literal i.
- e) Es permitido el uso de abrazaderas o zunchos metálicos dentro del diseño de las conexiones siempre y cuando se tomen las precauciones pertinentes para evitar el aplastamiento y falla por compresión perpendicular a la fibra en elementos individuales, así como la separación y el deslizamiento entre elementos conectados.
- f) En caso de uniones en las cuales los culmos de GaK estén sometidos a cargas de aplastamiento, se hace necesario rellenar los entrenudos adyacentes a la unión y por donde pasen los pernos, con una mezcla de mortero de cemento en relación 1:3

preferiblemente (puede ser también mezcla de mortero de cemento con arena y cisco, como se ha indicado anteriormente), con un aditivo plastificante que garantice la fluidez de la mezcla.



Figura 13: Vaciado de mortero y unión de los culmos con mortero

Los elementos estructurales (columnas, vigas, estructuras portantes de cubierta, etc.) pueden disponerse de diferentes formas dependiendo del diseño del proyecto, con uniones diversas que se adapten a cada uno de los requerimientos estructurales. Sin embargo, a continuación, se presentan algunos ejemplos de aplicación de los principios antes mencionados en algunos tipos de uniones estructurales:

5.7.2.1, Uniones longitudinales

Las uniones longitudinales (o uniones a tope), se realizan cuando se requiere aumentar la longitud de los culmos en la estructura, manteniendo la conicidad. Es decir, asegurar un conjunto de culmos cuyo eje longitudinal sea común.

Para unir longitudinalmente dos culmos, se deben seleccionar piezas con diámetros similares y unirlos mediante elementos de conexión, según los casos 1, 2 y 3.

- Caso 1: Con pieza de madera

Dos culmos se conectan mediante una pieza de madera y se deben unir con dos pernos de 9 mm como mínimo, perpendiculares entre sí, en cada una de las piezas.

Los pernos estarán ubicados como máximo a 30 mm de los nudos.

△ (Delta) = Distancia existente entre El perno y el borde de la pieza de madera que conecta a los dos culmos.

El valor de Delta será de cinco diámetros del perno como mínimo.

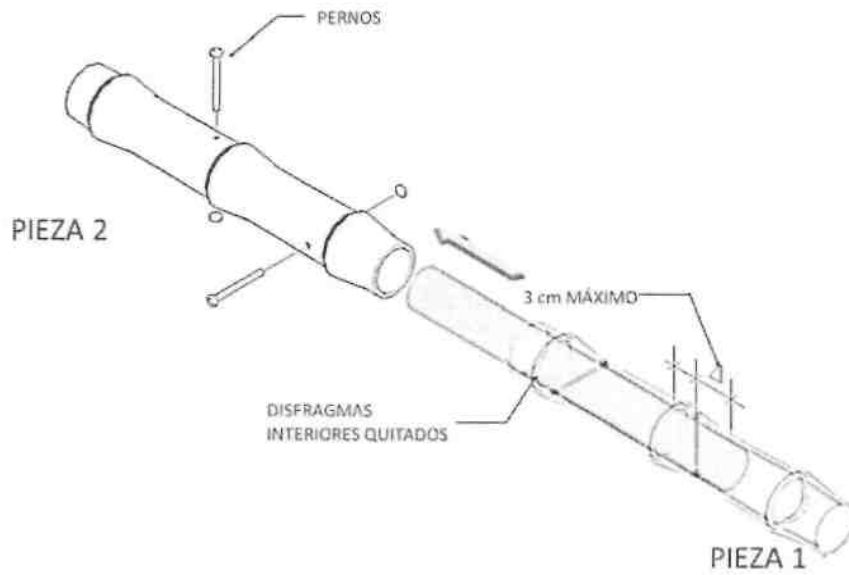


Figura 14: Uniones longitudinales con pieza de madera

- **Caso 2: Con dos piezas metálicas**

Dos culmos se conectan entre sí mediante dos elementos metálicos, sujetos con pernos de 9 mm como mínimo, paralelos al eje longitudinal de la unión.

Los pernos estarán ubicados como máximo a 30 mm de los nudos.

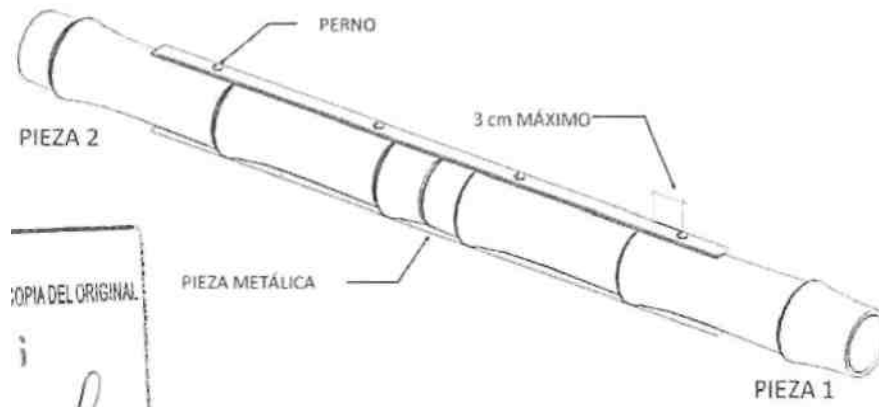


Figura 15: Uniones longitudinales con dos piezas metálicas

- **Caso 3: Con dos culmos**

Dos piezas de GaK se conectan entre sí mediante dos culmos, sujetos con pernos de 9 mm como mínimo, paralelos al eje longitudinal de la unión.

Los pernos estarán ubicados como máximo a 30 mm de los nudos.

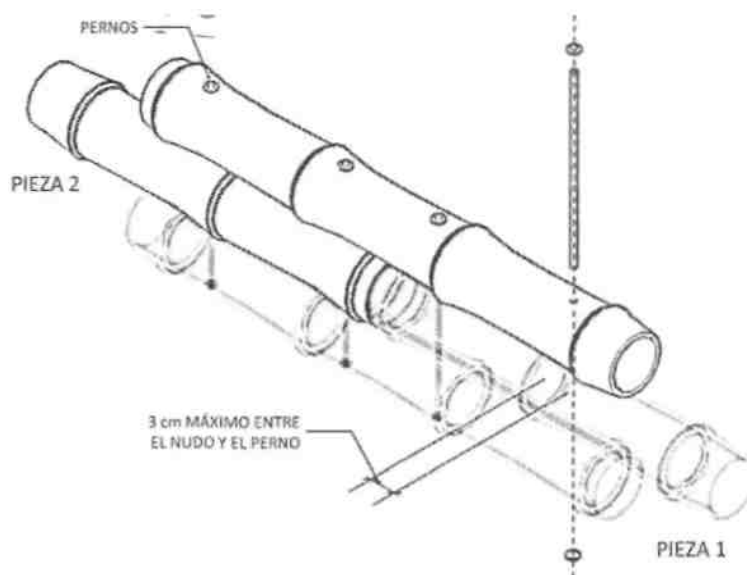


Figura 16: Uniones longitudinales con dos culmos

5.7.2.2. Uniones perpendiculares

Sirve para asegurar dos elementos estructurales que están dispuestos uno perpendicularmente al otro.

- El culmo que se asienta sobre una boca de pez debe encajar en su totalidad, los culmos que se unan deben ser de un diámetro similar.
- El culmo que tiene la boca de pez es despojado de su diafragma inmediato e interior.
- En estas uniones se debe lograr el mayor contacto entre los culmos.
- La distancia entre el nudo y la parte inferior del corte boca de pez debe tener entre 40 y 60 mm.
- En el culmo que tiene la boca de pez, se introduce una varilla roscada de 10 mm, a 30 o 40 mm por debajo del nudo, la misma que se asegura mediante arandelas y tuercas. Lo denominamos perno de anclaje.
- En el culmo a acoplarse, se realiza una perforación transversal, de manera perpendicular a sus fibras y que atraviese el culmo.
- Se prepara un perno, -llamado tensor- que en un extremo tenga un gancho y en el otro el hilo o rosca para la tuerca.
- Verificar que, este perno tensor tenga una medida tal que, alcance con su gancho el perno de anclaje y que el otro extremo sobresalga por la superficie del culmo ortogonal.
- Finalmente, se engancha el perno tensor al perno de anclaje y se introduce su otro extremo por las perforaciones realizadas en el culmo de acople, hasta asegurar con arandela y tuerca, el extremo mencionado. Para asegurar que el perno de anclaje no actúe como elemento cortante, se debe rellenar con mortero de cemento cada uno de los canutos en donde se encuentre el perno de anclaje. Donde actúa el perno tensor también se debe rellenar con mortero de cemento para evitar hundimiento por aplastamiento de la superficie de las *GaK.Jd*

- j) Si se trata de obras provisionales o temporales, se exceptúa el relleno con mortero en los elementos tensores, prevaleciendo el relleno con mortero en los elementos que trabajen a tracción o compresión.

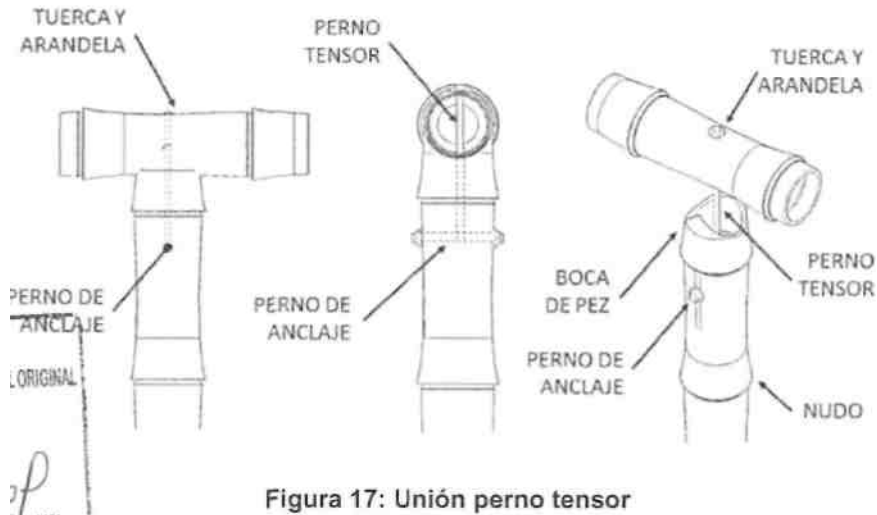
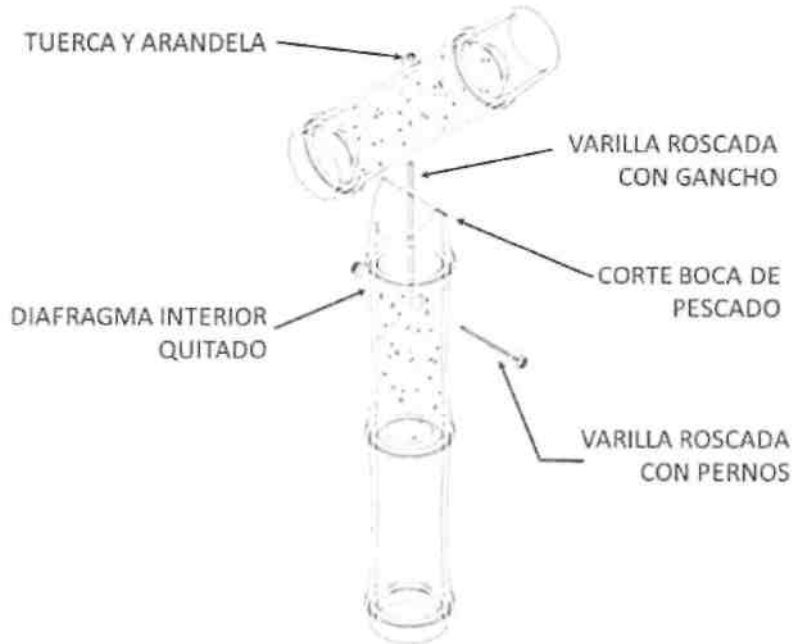


Figura 17: Unión perno tensor

5.7*23- Uniones perpendiculares con disco y media caña metálica

Son una variación de las uniones tipo boca de pez, sirven también para asegurar dos elementos estructurales perpendiculares entre sí, pero para facilitar el proceso y reducir el tiempo de ejecución de la obra la unión entre culmos se realiza por medio de elementos metálicos como lo muestra el detalle de la figura 16.

- El proyecto debe prever el diseño de las piezas metálicas y el diámetro de los culmos a utilizarse.
- El procedimiento es similar al indicado en la sección 5.7.2.2, salvo las siguientes innovaciones:

- Se realiza un corte plano en el culmo receptor y, en lugar de la boca de pez, se ubica un disco metálico de 2 mm de espesor con perforación central de 10 mm y sobre él, una media caña metálica de 150 mm de longitud, con perforación de 10 mm y proveniente de un tubo metálico de 110 mm (4") de diámetro y 2 mm de espesor.
 - El disco debe tener el diámetro previsto en función de los culmos disponibles: -100, 110, 120, 130 mm- y las medias cañas metálicas se acoplarán de igual manera a los culmos, ya sea abriendo o cerrando los lados de la media caña.
- c) La colocación y aseguramiento del perno de anclaje y el perno tensor es igual a lo expuesto en la sección 5.7.2.2.

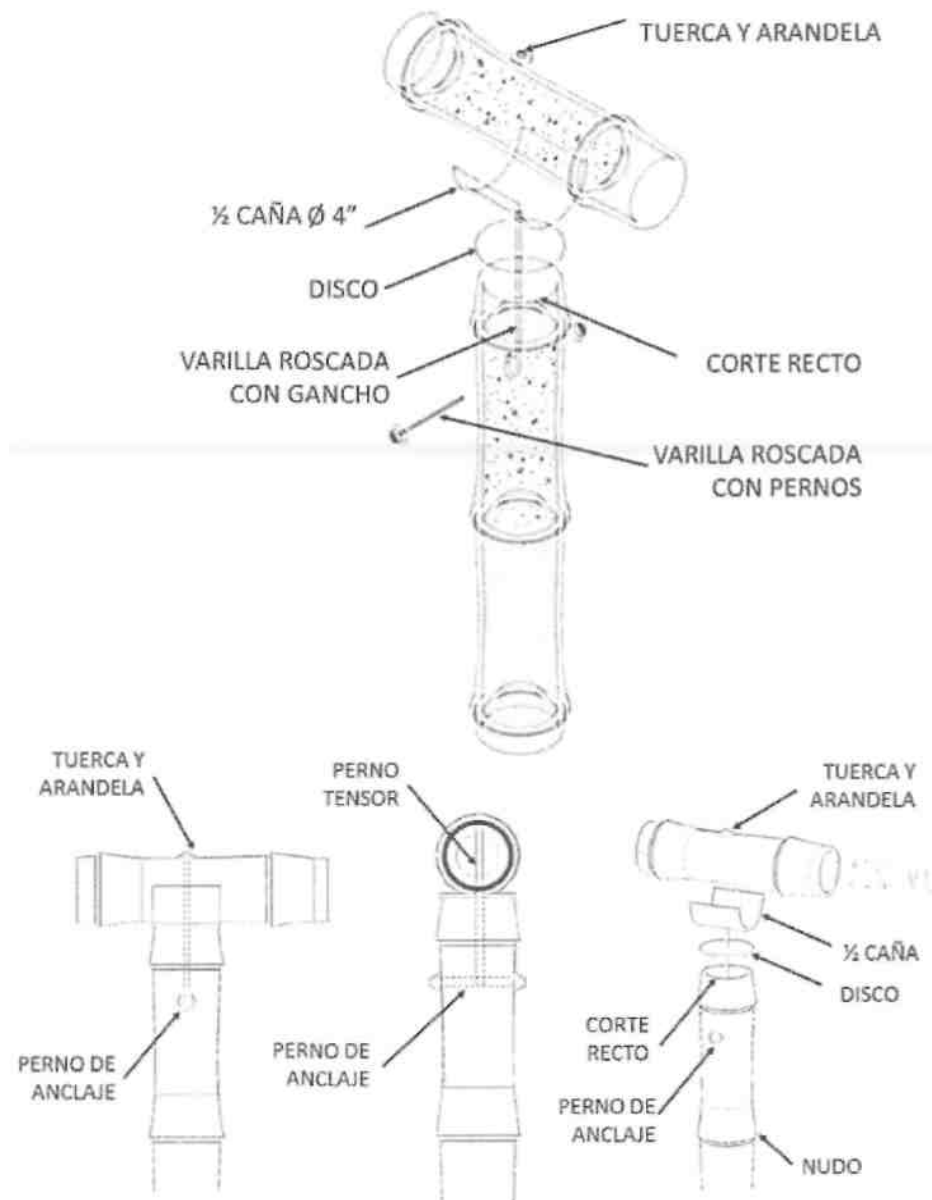


Figura 18: Uniones perpendiculares con disco y media caña metálica

5.7.2.4. Uniones diagonales

Son realizadas por medio del corte pico de flauta, entre una pieza vertical u horizontal con otra que no sea paralela ni perpendicular. En estas uniones se debe lograr el mayor contacto entre las piezas.

- La unión en diagonal puede ser asegurada de dos maneras: colocando un perno tensor y uno de anclaje y/o colocando una varilla roscada en el ángulo que forman el culmo y la pieza en diagonal. Ver Figura 17.
- La colocación de pernos en diagonal provoca que las tuercas y arandelas no queden perpendiculares a las fibras del culmo, provocando la fisura de la pieza de GaK. Para evitar esto, es preferible utilizar pequeños prismas de madera dura (preservada), neopreno o metálico, que permita un mejor empalme.
- El acople del corte pico de flauta con culmos verticales u horizontales, según sea el caso, debe provocar un perfecto ajuste de los dos elementos, ajuste que corresponde de manera exclusiva a la entalladura denominada pico de flauta.
- La varilla roscada que atraviesa y une los culmos, debe pasar por detrás del nudo del culmo que tiene el corte pico de flauta para evitar fisuras. Ver Figura 18.

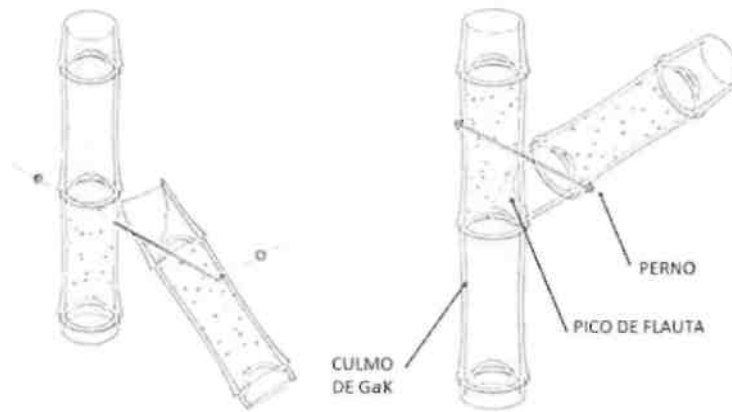


Figura 19: Unión Diagonal Simple

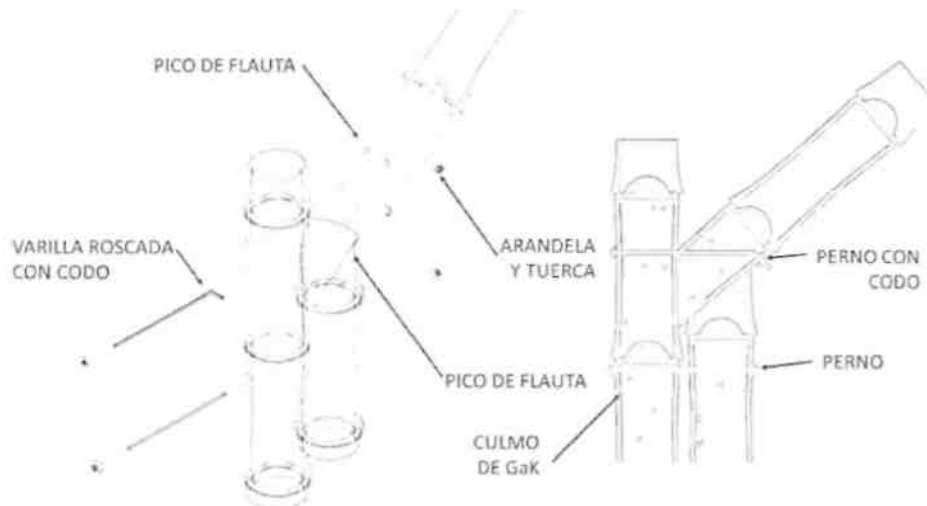


Figura 20: Unión Diagonal con Bambú de Apoyo(

5.7.2.5, Uniones zunchadas

Las uniones zunchadas (Ver Figura 19) están permitidas siempre y cuando sean para garantizar que dos elementos de GaK se acoplen correctamente entre ellos, pero no dependerá del zuncho la transmisión de carga. Se recomienda zunchar las puntas de las conexiones de GaK para evitar el agrietamiento.

- a) El zuncho puede ser de; plástico, metal, caucho, fibras vegetales, cuero, nylon, fajas, entre otros, que permitan acoplar los culmos.
- b) Esta unión no requiere de pernos u otro tipo de anclaje.

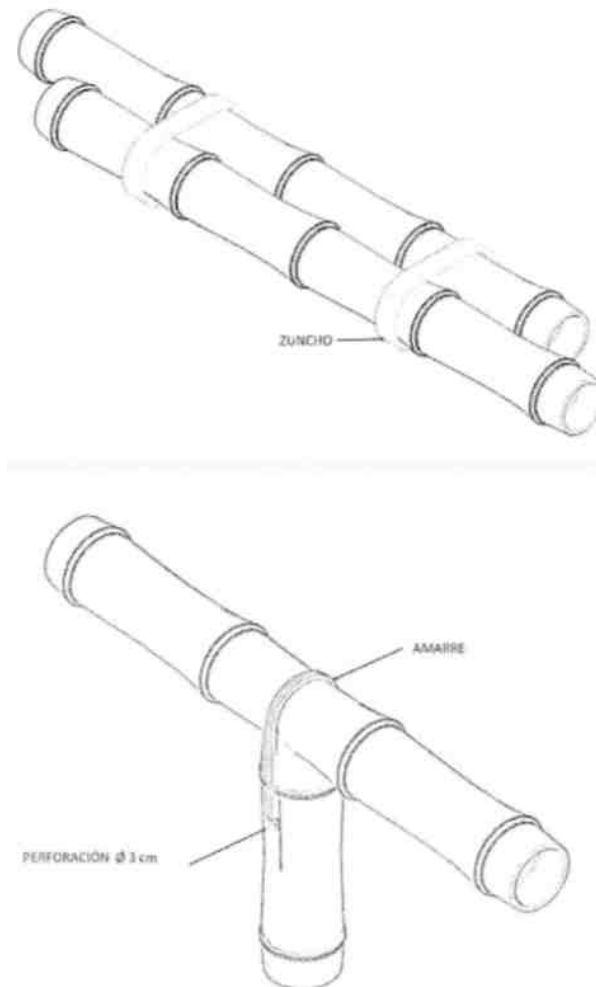


Figura 21: Unión zunchada

5.7.2.6. Otras uniones

Se permitirán otros tipos de uniones siempre que sean verificadas por un estudio científico, con no menos de 30 ensayos, que permitan verificar que la capacidad de unión propuesta es equivalente o superior a las expuestas en la presente norma

5.8. Elementos constructivos de GaK

5.8.1. Columnas

Las columnas pueden conformarse de un culmo o de la unión de dos o más piezas de GaK, colocadas de forma vertical con las bases orientadas hacia abajo.

- Las columnas compuestas de más de una pieza de bambú, deben unirse entre sí con zunchos o pernos, con espaciamientos que no excedan un tercio de la altura de la columna.
- La construcción de columnas demanda su apoyo en zócalos, pedestales o columnas de H. A. de diferente altura, de acuerdo al diseño. El anclaje de los culmos en sus apoyos, se expone en la sección 5.5.
- La altura de las columnas y la carga axial a soportar, demanda el análisis estructural de la esbeltez de aquellas, para contrarrestar posibles flexiones o pandeos de las mismas. Un procedimiento para disminuir la esbeltez de las columnas es aumentar la sección de las mismas con adición de dos o más culmos que eviten las posibles flexiones laterales o pandeos.
- La adición de culmos con alturas diferenciadas, permite asegurar vigas superiores transversales, sean éstas dobles o triples, evitando la flexión lateral de aquellas.

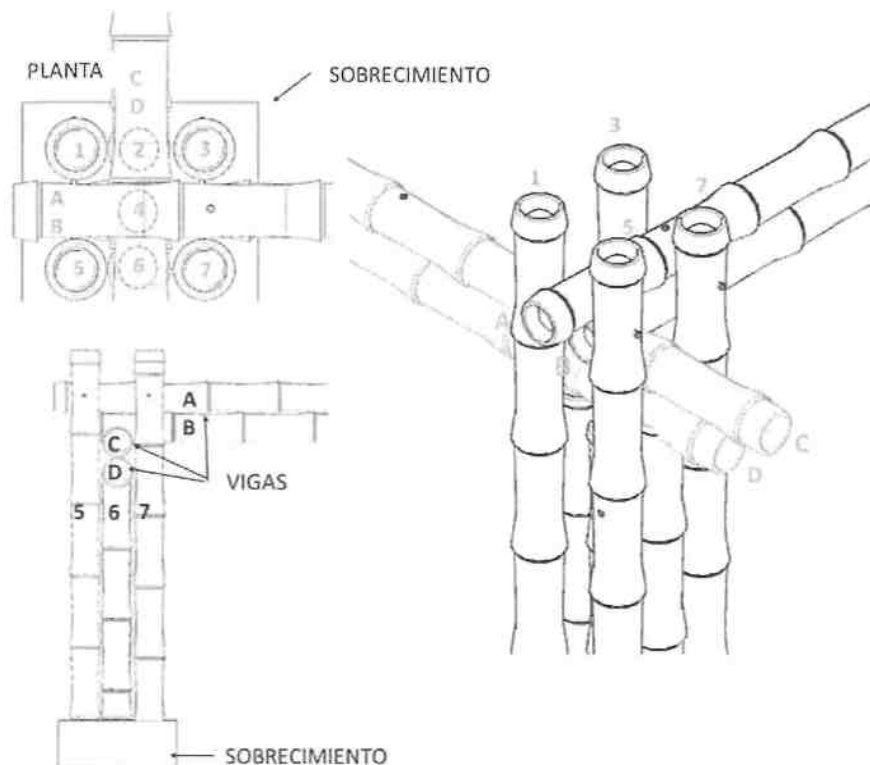


Figura 22: Columna compuesta por 5 culmos y que soportan vigas dobles transversales^A

5.8.2. Vigas

Las vigas deberán conformarse de uno o de la unión de dos o más culmos. Para cualquiera de los casos, el diseño de la viga deberá estar respaldado por el diseño estructural.

- a) Las vigas compuestas de más de un culmo, deben unirse entre sí con zunchos, tarugos de madera tipo A preservado, o pernos espaciados como mínimo de un cuarto de la longitud de la viga.
- b) Para obtener vigas de longitudes mayores a las piezas de GaK, se deben unir dos culmos longitudinalmente, según lo establecido en la sección 5.7.2.1.
- c) Las uniones de los culmos en las vigas compuestas, deben ser alternadas para que las uniones se traslapen.
- d) En la unión de vigas compuestas no deben coincidir los entrenudos de los culmos.
- e) Los pernos serán de 10 mm y se procurará que estén ubicados a 30 mm de los nudos.
- f) Las puntas de los culmos que queden expuestos deben ser rellenados con mortero, yeso, poliuretano, masilla de madera (aserrín + cola blanca), entre otros, que impidan el paso de insectos y animales que puedan afectar los culmos.

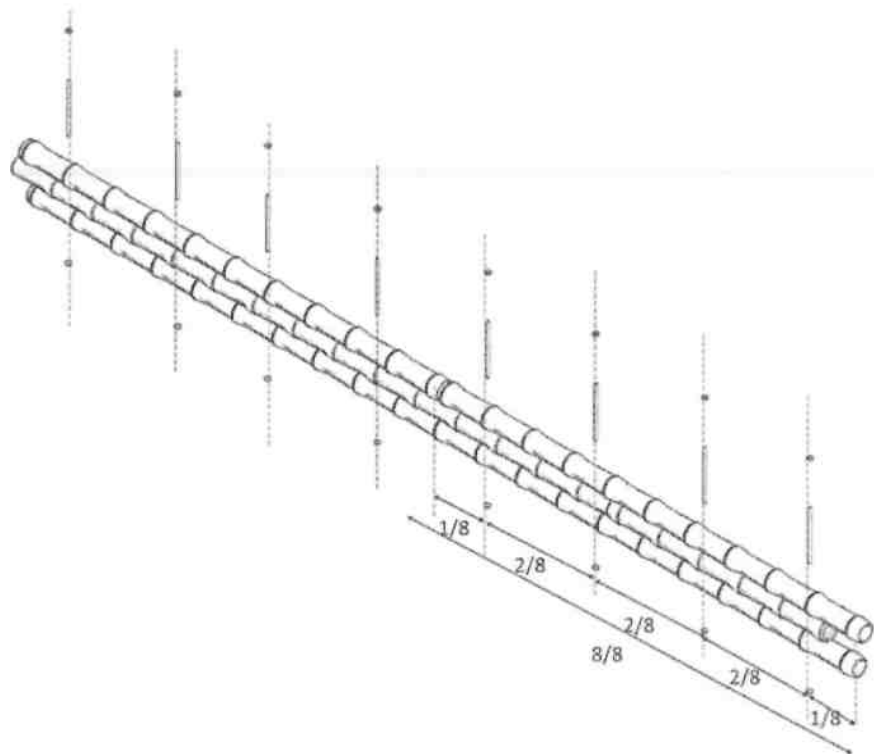


Figura 23: Viga compuesta tipo A

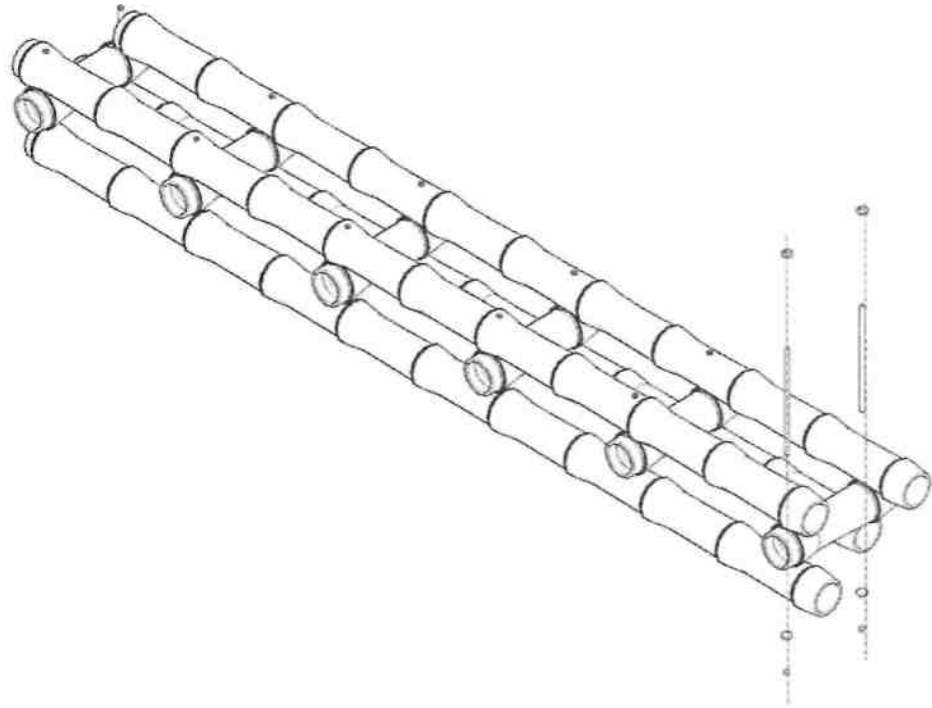


Figura 24: Viga compuesta tipo B

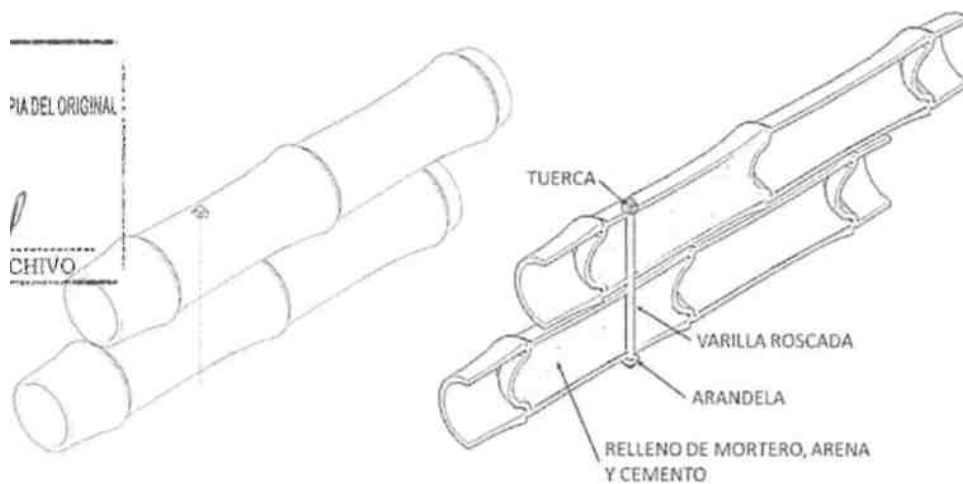


Figura 25: Detalle de unión de culmos paralelos

5.8.3. Paneles


La construcción de paneles o tabiques se puede realizar de varias maneras, diferenciadas entre sí por el tipo de estructura del panel, la misma que puede ser de culmos, listones de madera tipo A o B preservada o mixto entre GaK y madera.

5.8.3.1. Paneles con estructura de GaK

*

Para construir un panel con estructura de culmos de GaK, se debe considerar:

Documento con posibles errores digitalizado de la publicación original. Favor verificar con imagen.

 No imprima este documento a menos que sea absolutamente necesario.

- a) Se recomienda prefabricar paneles con máximo 3 m de longitud y de 3.5 m en su punto más alto, por el peso del mismo, puesto que un peso mayor dificultara su manejo y puesta en obra. Si se requiere paneles de mayor longitud, se fabricarán dos paneles cuya longitud sume la deseada, siempre y cuando no sobrepasen los 3 m cada uno. De requerir paneles con dimensiones mayores, se construirán en base al diseño estructural respectivo.
- b) Los culmos intermedios y los laterales, serán asegurados a los culmos de la solera superior e inferior, Mediante la unión boca de pez, y asegurados con pernos de anclaje y tensores, como se indica en la sección 5.7.
- c) Los culmos intermedios se colocarán espaciados a no más de 0.6 m entre ejes.
- d) En cada uno de los espacios extremos, se debe colocar un culmo en diagonal para dar rigidez al panel. Estos dos culmos deben ser asegurados con la unión pico de flauta, como se indica en la sección 5.7.
- e) La estructura del panel puede ser modificada en función de la necesidad de colocar puertas o ventanas, para lo cual se colocará dinteles y alféizar correspondiente.

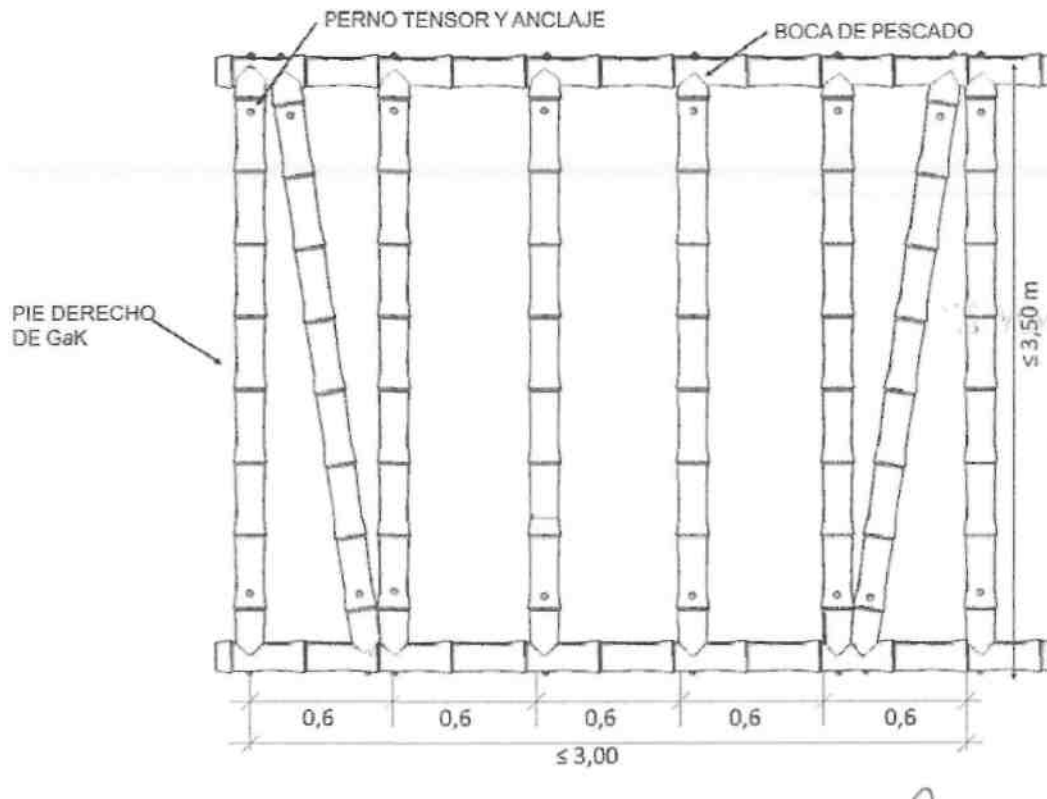


Figura 26: Panel con estructura de culmos de GerK.

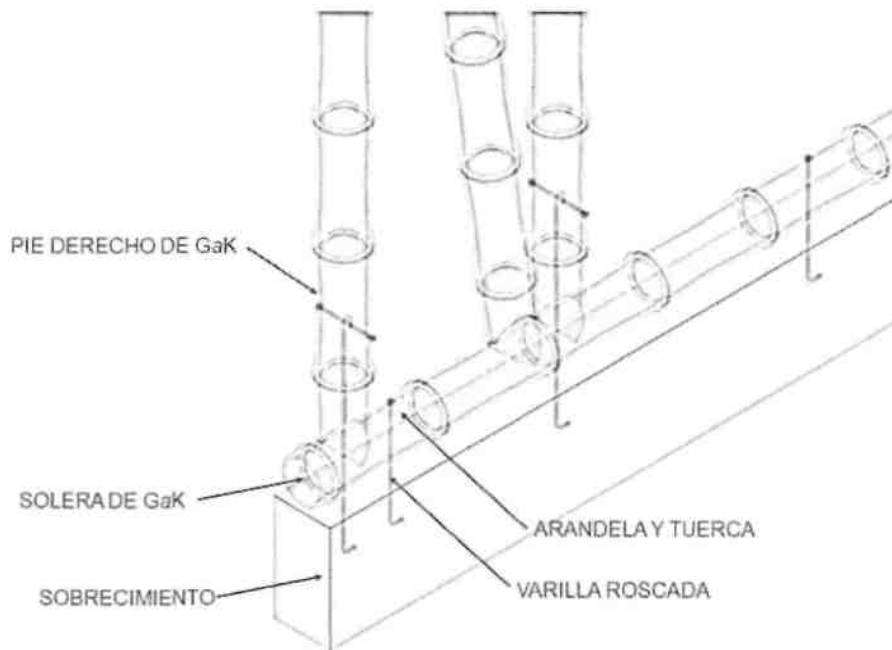


Figura 27: Detalle uniones en panel con estructura de culmos de GaK.

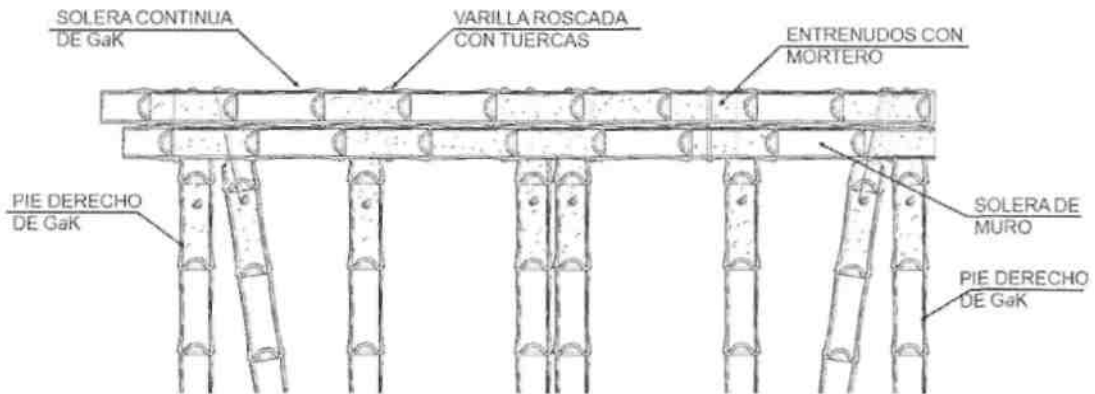



Figura 28: Paneles estructurales con GaK.

5.8.3.2. Paneles con estructura de Madera

En lugar de usar culmos como estructura del panel se pueden sustituir estos, por listones de madera tipo A o B preservada de sección 50 x 50 mm. El procedimiento es similar al utilizado en la sección 5.8.3.1,

- La madera debe estar seca e inmunizada contra insectos xilófagos, ser recta, de aristas vivas, de la sección solicitada, no presentar rajaduras, nudos o defectos.
- Las consideraciones en referencia a las medidas de los paneles son similares a las expresadas en el caso de paneles con estructura de culmos: máximo 3 metros e largo y 3 metros en su máxima altura

Documento con posibles errores digitalizado de la publicación original. Favor verificar con imagen.

 No imprima este documento a menos que sea absolutamente necesario.

- c) Si se requiere paneles de mayor longitud, se fabricarán dos paneles cuya longitud sume la deseada, siempre y cuando no sobrepasen los 3 m cada uno,
- d) Los listones de división vertical estarán espaciados 400 a 600 mm entre ejes.
- e) Las uniones entre listones son a tope, mediante clavos de acero de 3" o tornillos avellanados para madera.
- f) En los 4 vértices del panel se recomienda ubicar dos clavos (o tornillos), para evitar el giro de los listones. Se pueden usar clavos de forma lancero para mayor seguridad.
- g) En cada espacio lateral se colocará un listón en diagonal para dar mayor rigidez al panel.
- h) La estructura del panel puede ser modificada en función de la necesidad de colocar puertas o ventanas, para lo cual se colocará dinteles y alféizares correspondientes.

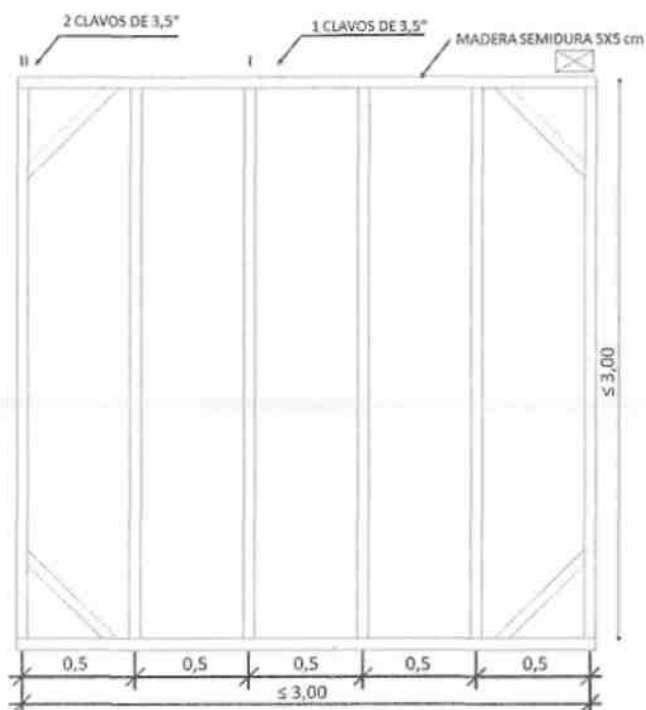


Figura 29: Paneles con estructuras de madera (semidura) de sección 5x5

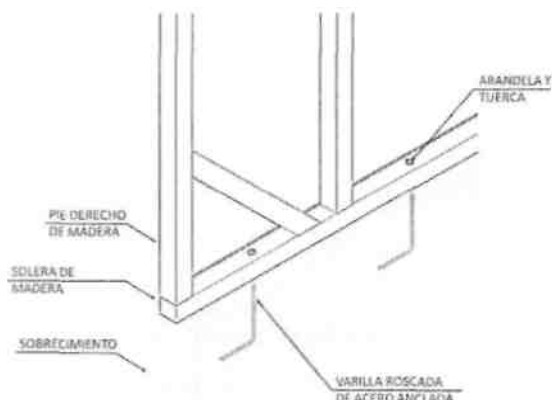


Figura 30: Detalle de uniones de paneles con estructuras de madera (semidura)

5.8.3.3. Paneles con estructura de GaK y Madera

- a) Los paneles mixtos de GaK y madera, están constituidos por elementos horizontales llamados soleras, elementos verticales llamados pie - derechos y recubrimientos.
- b) Los culmos no deben tener un diámetro inferior a 80 mm.
- c) La distancia entre los pies derechos y el número de diagonales estará definida por el diseño estructural.
- d) En caso de soleras de madera, estas tendrán un ancho mínimo igual al diámetro de los bambúes usados como pie - derechos, El espesor mínimo de la solera superior e inferior será de 35 mm y 25 mm respectivamente.
- e) El corte de los culmos se lo realizara de acuerdo a la sección 5.6.
- f) Las uniones se realizarán de acuerdo a la sección 5.7.

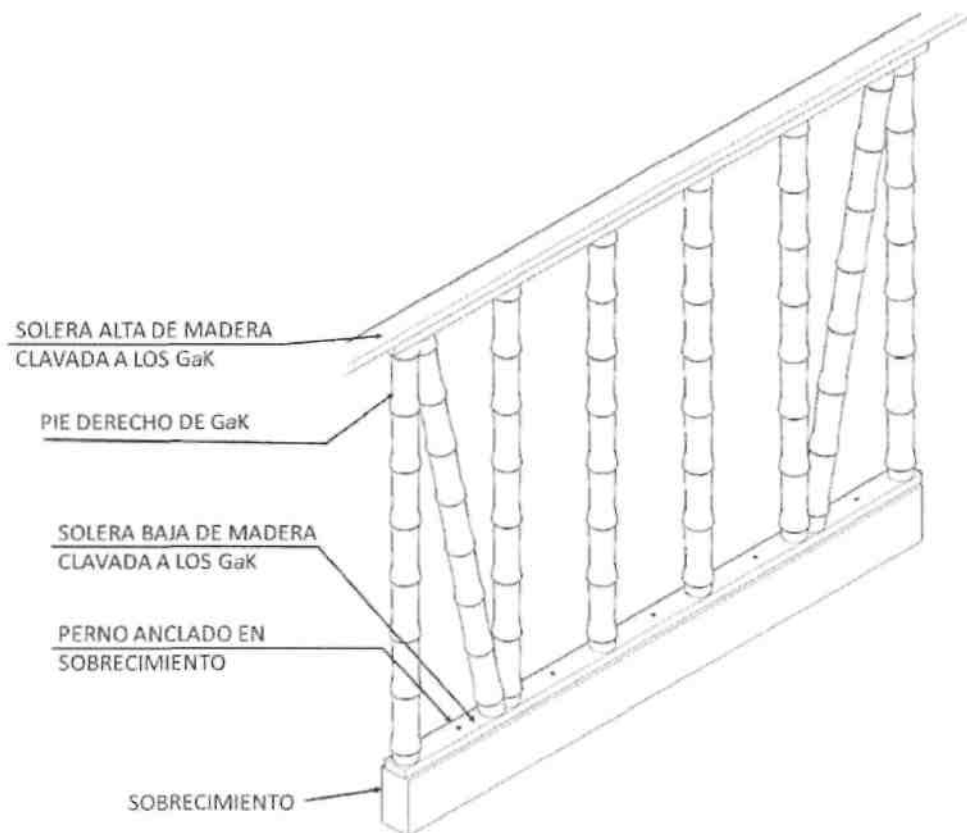


Figura 31: Paneles con estructura de GaK y Madera

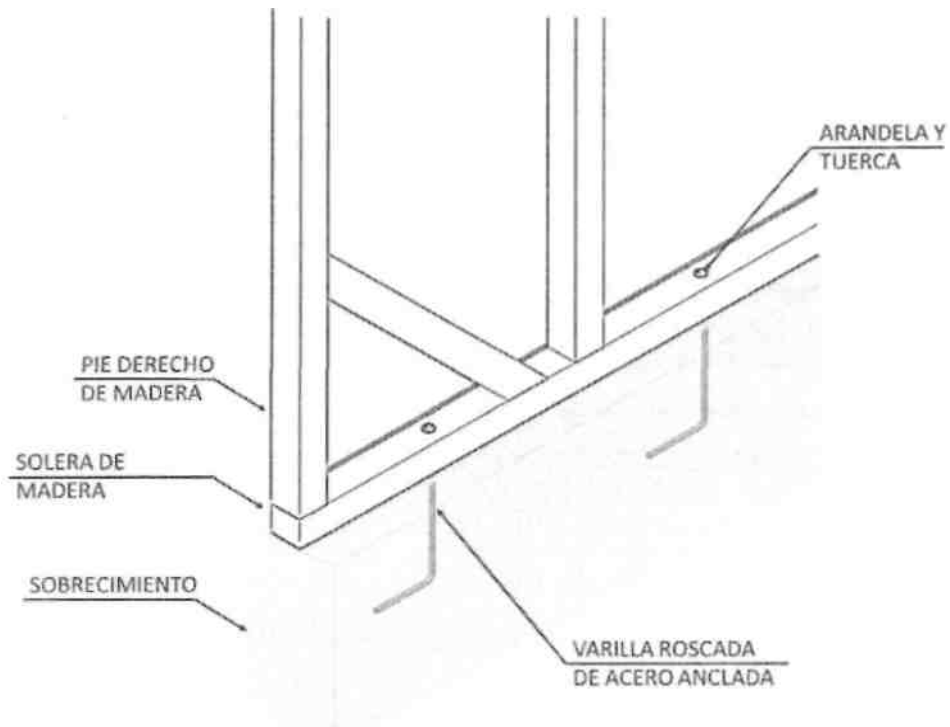


Figura 32: Detalle de uniones de solera de madera a sobrecimiento con arandela y tuerca

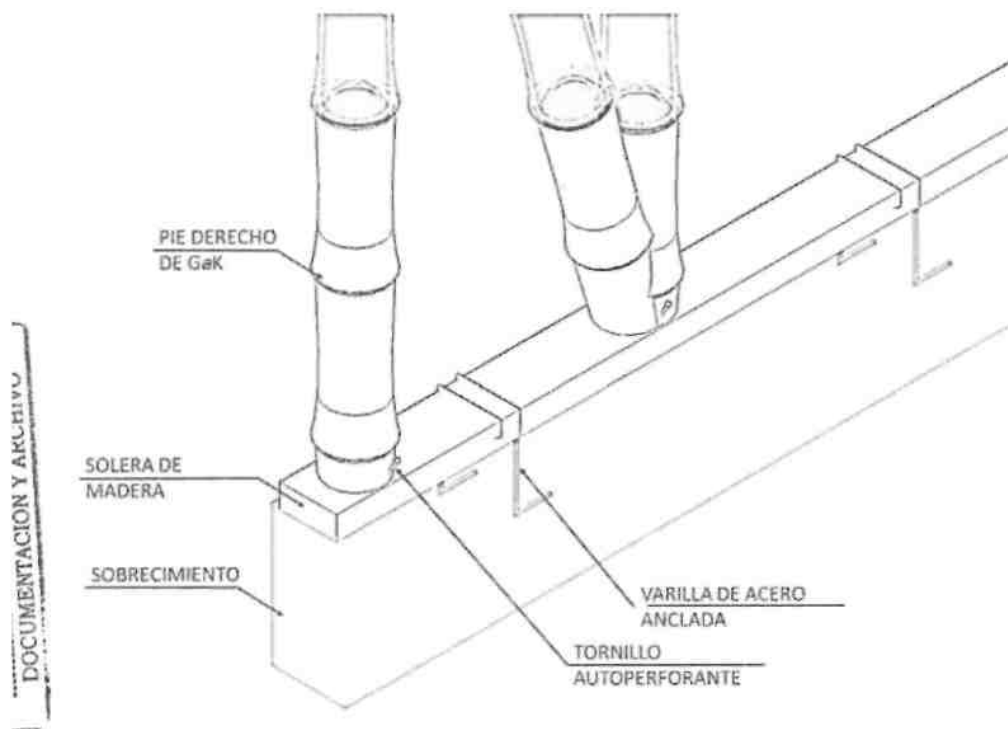


Figura 33: Detalle de uniones de solera de madera a sobrecimiento con varilla de acero anclada

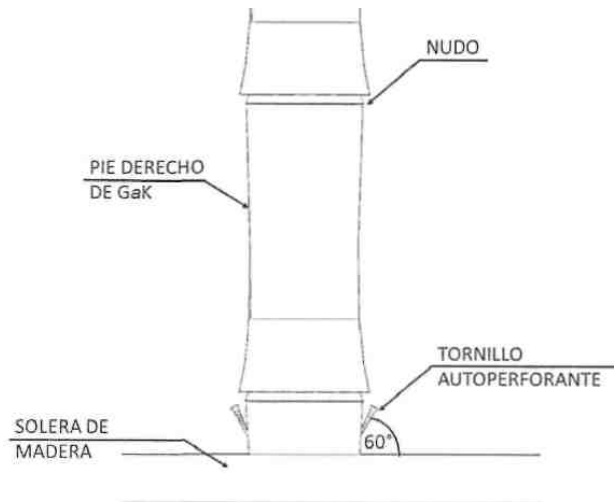


Figura 34: Detalle de unión de la columna de GaK a la solera de madera

5.8.3.3.1. Uniones entre muros

Se **unen** entre sí mediante pernos o zunchos. Debe tener como mínimo tres conexiones por unión, colocadas a cada tercio de la altura del muro. El perno debe tener por lo menos 9 mm de diámetro.

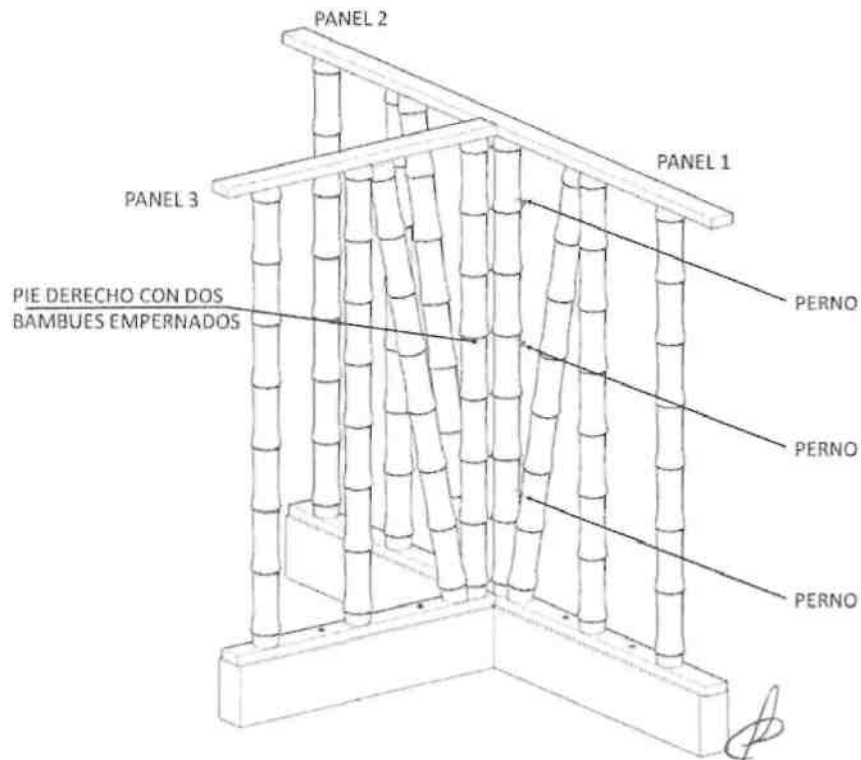


Figura 35: Uniones entre muros

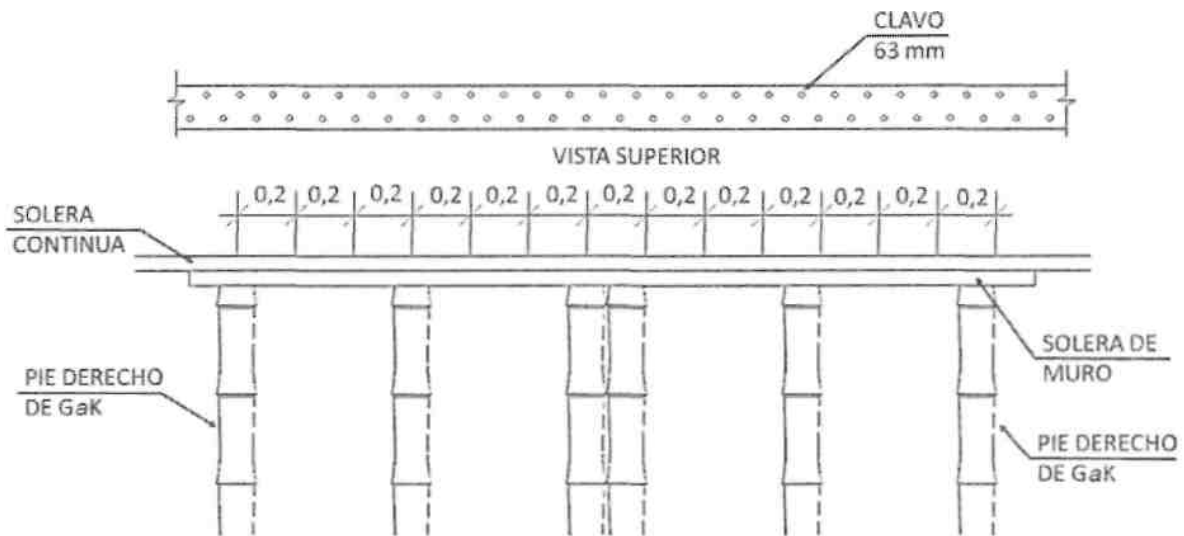


Figura 36: Paneles con estructuras de GaK y madera. Vista superior.

5.8.3.4. Recubrimiento y aseguramiento de los paneles.

Los paneles detallados en esta sección podrán ser recubiertos de distintas maneras:

5.8.3.4.1. Recubrimiento con latillas de culmos de bambú.

- a) Los paneles descritos en esta sección pueden ser recubiertos por una o por las dos caras, con latillas extraídas de los culmos.
- b) Las latillas deben estar secas y preservadas, de anchos y espesores uniformes y cantos rectos.
- c) Las latillas se colocarán con su epidermis hacia el exterior.
- d) Pueden asegurarse de manera ortogonal a la estructura del panel, sean estos de culmos enteros o de madera. Otra forma de asegurarlos es en diagonales o formando figuras geométricas.
- e) Antes de su recubrimiento se debe realizar la instalación sanitaria hasta 50 mm (2") y la eléctrica, dejando las cajas de toma corrientes y las de interruptores. Ver figura 35.
- f) Para asegurar la latilla a la estructura de los paneles de GaK madera, se utilizan clavos de 38 mm (1 1/2"), enlazados por alambre galvanizado No 18. Este alambre puede ser recubierto posteriormente con latillas del culmo de bambú.
- g) Para no provocar fisuras en las latillas, antes del clavado se recomienda realizar en la epidermis de la latilla, una pequeña Incisión en forma de cruz

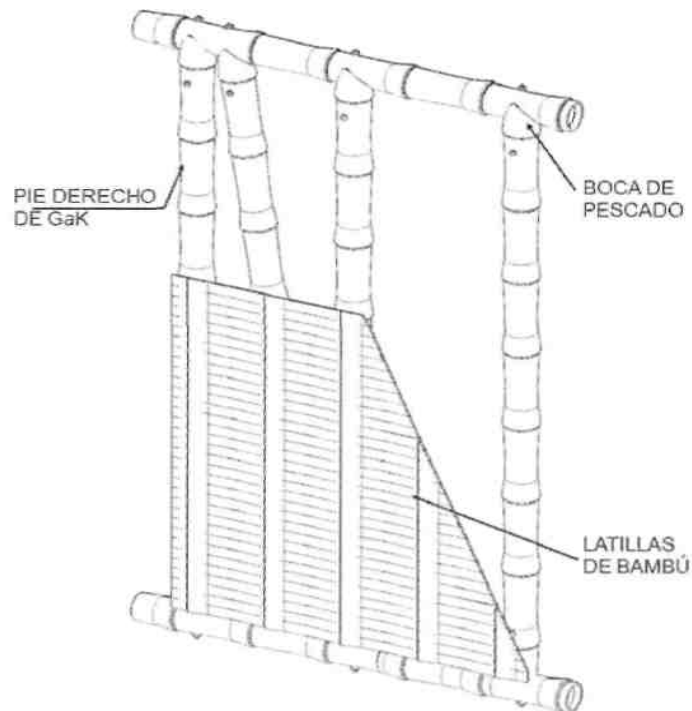


Figura 37: Recubrimiento de Paredes con latillas de bambú

5.8.3.4.2. Recubrimientos con Caña Picada

- a) Los paneles descritos en esta sección pueden ser recubiertos con caña picada, colocada de forma ortogonal a la estructura.
- b) La caña picada de manera previa ha sido desprovista de la dermis o parte blanda denominada "tripa".
- c) La caña picada puede ser ubicada sobre una o las dos caras del panel, con la epidermis hacia el exterior del panel.
- d) La caña picada será asegurada de tal manera que no queden aberturas por donde entren insectos.
- e) Antes de colocar la caña picada ubicar las tuberías sanitarias hasta 50 mm (2"), los conductores eléctricos y las cajas de toma corrientes e interruptores.
- f) La caña picada se coloca alternando: una parte ancha con una parte de delgada para compensar la diferencia de conicidad.
- g) El aseguramiento a la estructura de los paneles (GaK madera) de la caña picada se hace con clavos de 38 mm (1½"), pre clavados primero, luego enlazados por alambre galvanizado No 18, para finalmente realizar el clavado definitivo.
- h) Para recubrir el alambre galvanizado, se puede clavar una latilla de GaK en toda su longitud. Para no provocar fisuras en las latillas, antes del clavado se -recomienda realizar en la epidermis de la latilla, una pequeña incisión en forma de de cruz

5.8.3.4.3. Recubrimientos con mortero de arena - cemento

- a) Los paneles son recubiertos con caña picada, colocada de forma ortogonal a la estructura.
- b) La caña picada de manera previa ha sido desprovista de la dermis o parte blanda denominada "tripa".
- c) La caña picada puede ser ubicada sobre una o las dos caras del panel con la parte interna o dermis hacia el exterior del panel.
- d) La caña picada será asegurada de tal manera que no quede completamente cerrada, sino dejando aberturas por donde se engrampe el mortero de arena-cemento.
- e) Antes de colocar la caña picada ubicar las tuberías sanitarias hasta 50 mm (2"), los conductores eléctricos y las cajas de toma corrientes e interruptores.
- f) La caña picada se coloca alternando: una parte ancha con una parte de delgada para compensar la diferencia de conicidad.
- g) El aseguramiento a la estructura de los paneles (GaK madera) de la caña picada se hace con clavos de 38 mm (VA"), pre clavados primero, luego enlazados por alambre galvanizado No 18, para finalmente realizar el clavado definitivo.
- h) El recubrimiento con mortero de arena-cemento se realiza en dos capas:

1era. Capa:

- Humedecer el recubrimiento de caña picada.
- Colocar una lechada de cemento (agua: cemento 3:1)
- Colocar la primera capa de mortero en la relación Cemento-Arena. 1:3.
- Procurar que primera capa de mortero sea guiada por maestras para que el espesor de la capa de mortero sea uniforme.
- Hidratar este recubrimiento durante 8 días.
- Si hay fisuras no resanarlas.

2da. Capa:

- Hidratarla superficie
- Colocar la segunda capa de mortero: Cemento-Cal-Arena 1:1:3.
- Hidratar el recubrimiento.

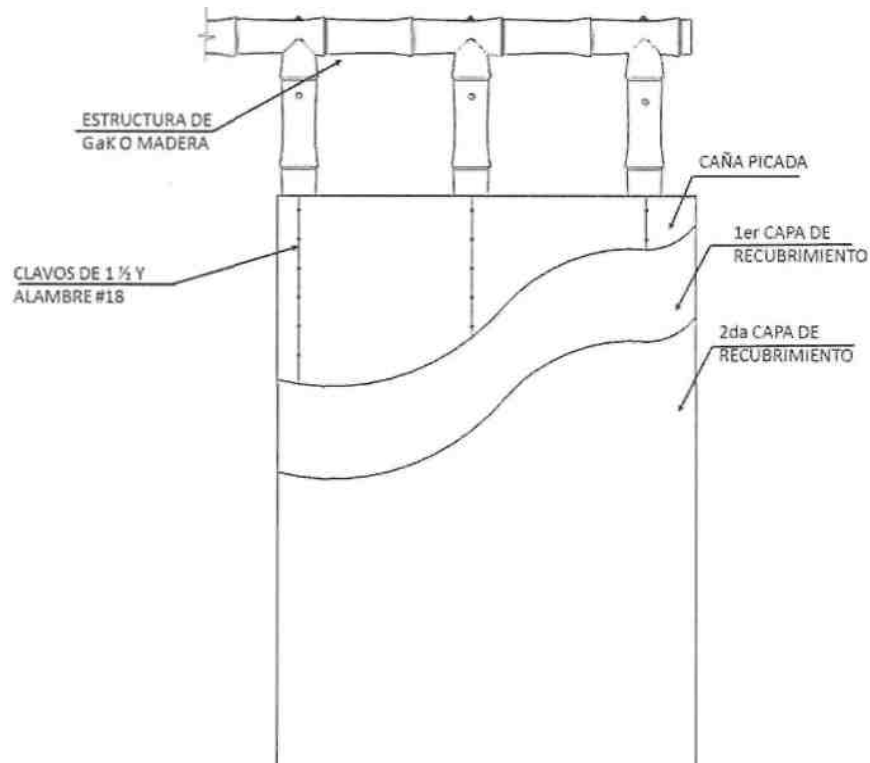


Figura 38: Recubrimiento de paredes con mortero de arena cemento

5.8.3.4.4. Recubrimientos con Tableros Prensados de Bambú

- Los tableros de bambú se colocarán de acuerdo al requerimiento del constructor.
- Estarán anclados a la estructura del panel, mediante tornillos avellanados o tirafondos para fijarse a estructuras de madera, o autoperforantes para anclarse a estructuras metálicas, cada 250 a 300 mm. en ambos casos.
- Se recomienda la utilización de tableros de 15 mm mínimo de espesor para paneles cuya cara se oriente hacia el exterior. Mientras que, hacia el interior, se pueden colocar tableros más ligeros de 4 a 8 mm de espesor, generando un panel tipo sánduche, de ancho variable según el espesor de madera y espesor de tablero de guadúa, esto considerando que la estructura de soporte será en madera. En cambio, si la estructura de soporte es de guadúa, se recomienda colocar tiras de madera en los cantos hacia donde se instalarán los tableros, con el fin de que las tiras hagan el papel de niveladores de superficie, y poder instalar los tableros en una superficie uniforme y recta.

5.8.4. Entrepiso

El entrepiso debe ser de tipo liviano, para evitar sobrecargar la estructura portante de Gak.

- El recubrimiento del entrepiso debe ser con materiales livianos, con peso máximo de 120 Kg/m², salvo que se justifique con el cálculo estructural correspondiente

- b) El diseño estructural del entrepiso de GaK, se regirá de acuerdo al numeral 4. Bases para el diseño estructural, de la presente norma.
- c) En los entrepisos se debe evitar el aplastamiento de las vigas de GaK en los puntos de apoyo, con las dos alternativas siguientes:
 - 1. Colocando tacos de madera, de peralte igual al de la viga de GaK.
 - 2. Rellenando con mortero los entrenudos de apoyo de las vigas,
- d) En caso de vigas compuestas, conformadas por culmos superpuestos, se tendrá que prever el arriostramiento necesario para evitar el pandeo lateral.
- e) Si se construye cielo raso debajo de la estructura de entrepiso, debe facilitarse la ventilación de los espacios interiores.

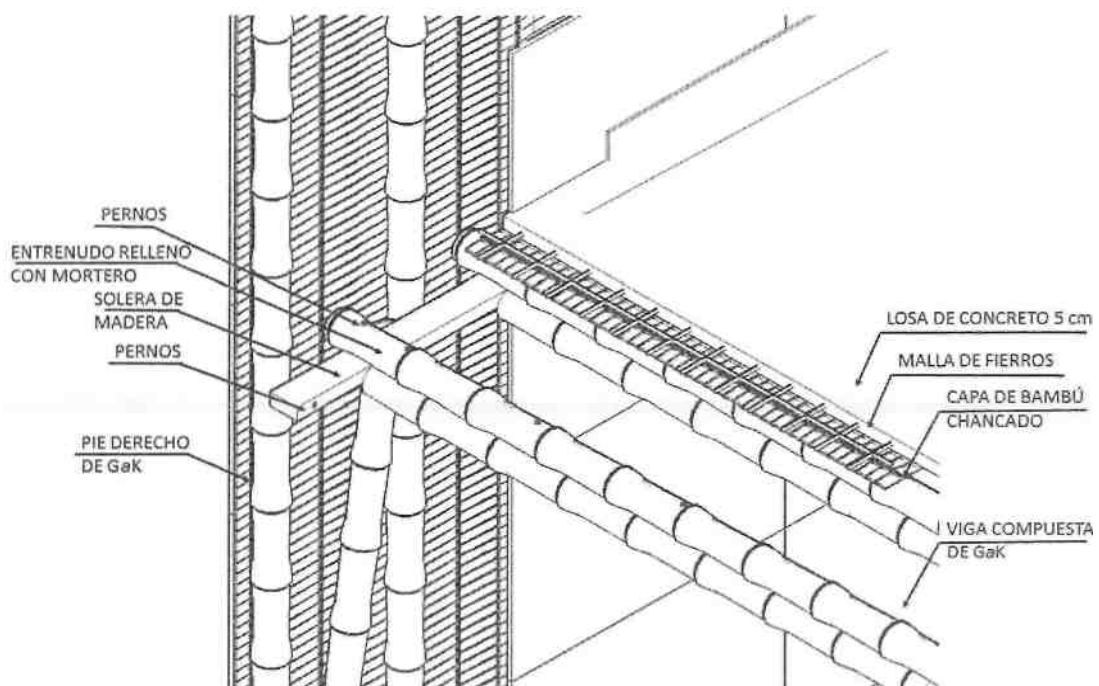


Figura 39: Detalle de entrepiso de concreto

Preferentemente considerar que los aleros de las cubiertas deben cubrir las paredes de fachada con un ángulo respecto a la radiación solar, de entre 20° y 30 grados, con el fin de cubrir la superficie de la GaK de los rayos UV y lluvias con viento

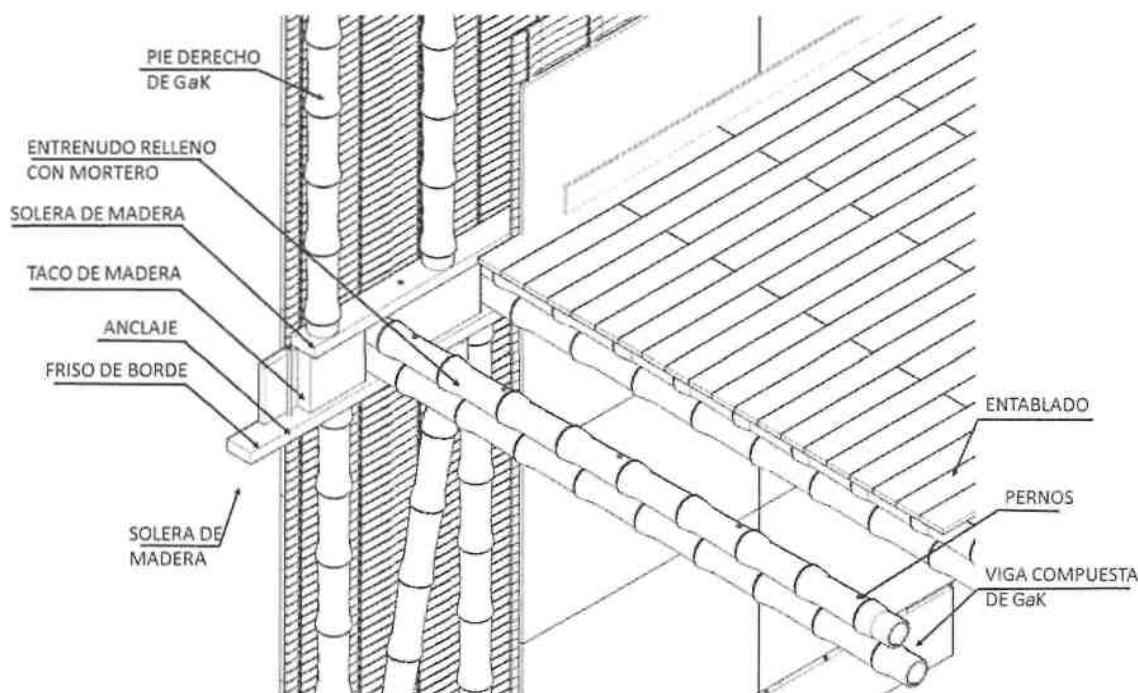


Figura 40: Detalle de entablado

5.8.5. Cubierta

La cubierta debe ser liviana, impermeable y con aleros que cubran las paredes de las fachadas con un ángulo respecto a la radiación solar, de entre 20 y 30 grados, con la finalidad de cubrir las superficies de los culmos de GaK de los rayos UV y lluvias con viento.

5.8.5.1. Estructura de la cubierta

- a) Los elementos portantes de la cubierta deben conformar un conjunto estable para cargas verticales y laterales, para lo cual tendrán los anclajes y arriostramientos requeridos.
- b) En caso de una estructura de GaK, se deben cumplir con los siguientes requisitos:
- c) Para aleros mayores de 0,6 m deberá proveerse de un apoyo adicional, salvo que se justifique estructuralmente.
- d) Las uniones se realizarán de acuerdo a la sección 5.7.
- e) Se debe nivelar la parte superior con una piola, para que los elementos estructurales de la cubierta estén totalmente alineados y a una misma altura, considerando la conicidad de la GaK.

5.8.5.2. Recubrimiento de la cubierta.

- a) Estos materiales deben ser impermeables, para proteger de la humedad a la estructura

- b) Cuando se utilicen materiales que transmiten humedad por capilaridad, como las cubiertas de teja de barro, debe evitarse su contacto directo con la estructura de la cubierta a fin de prevenir su pudrición.
- c) El recubrimiento deberá proteger la estructura de GaK de la radiación solar.
- d) Se debe considerar la durabilidad del material utilizado.

5.8.5.3. Cielo raso de la cubierta

- a) En caso de colocar un cielo-raso debe construirse con materiales livianos anclados a la estructura de la cubierta, y permitir la ventilación de cubiertas.
- b) Se puede colocar como cielo raso caña picada, latillas o tableros de bambú, siguiendo las especificaciones descritas en la sección 5.8.3.4.
- c) Si se coloca el cielo raso sobre la estructura de GaK, se debe mantener una cavidad entre el cielo raso y la cubierta con una separación mínima de 20 mm.

5.9. Acabado y mantenimiento

Toda edificación de GaK requiere de un buen acabado para mantener su valor estético y aumentar su durabilidad.

El acabado de los culmos debe ser realizado con ceras, lacas, barnices o pinturas.

La frecuencia del mantenimiento depende del grado de exposición solar, del desgaste por fricción de la película protectora y del nivel de exigencia estructural de los culmos.

Para garantizar la durabilidad de la construcción con GaK se debe llevar a cabo las siguientes actividades:

- a) Sellar cavidades en los extremos de los culmos.
- b) Cortar y lijar sobrantes de pernos y protegerlos con anticorrosivos y pintura esmalte.
- c) Reajustar los pernos de la estructura seis meses después de la construcción,
- d) Controlar el estado de la estructura a través de la inspección de presencia de afectaciones a causa de: hongos, termitas, humedad, aplastamiento, fisuras, entre otros.
- e) De ser necesario, reemplazar los elementos estructurales afectados.
- f) Se debe usar pintura anticorrosiva en todos los elementos metálicos.
- g) El propietario debe realizar cada año la revisión de los puntos antes mencionados

6. Apéndice

Apéndice I: Estudio de Especies Prioritarias de Bambú en el Mundo, INBAR

The major priority species

From the beginning it was recognized that a consensus on the major priorities for regional and international action would, of necessity, not include many of the other species which are used locally and many of which are the subject of research by national programmes. It is stressed that research on these should continue to receive attention from national programmes. However, one or more locally and some what regionally or sub-regionally important species can be added.

The following 20 taxa of bamboos are accorded high priority for international action based on the criteria discussed earlier:

Bambusa balcooa Roxb.
B. bambos (L.) Voss
B. blumeana J A and J H Schultes
B. polymorpha Munro
B. textilis McClure
B. tulda Roxb.
B. vulgaris Schrad. ex Wendl
Cephalostachyum pergracile Munro
Dendrocalamus asper (Schultes f.) Backer ex Heyne
D. giganteus Wallich ex Munro
D. latiflorus Munro
D. strictus (Roxb.) Nees
Gigantochloa apus J A and J.H. Schultes
G. levis (Blanco) Merrill
G. pseudoarundinacea (Steud.) Widjaja
Guadua angustifolia Kunth
Melocanna baccifera (Roxb.) Kurz
Ochlandra Thw. (Spp.)
Phyllostachys pubescens Mazel ex H. de Leh ¹¹ including *P. bambusoides* Sieb. and Zucc and *P. edulis* Makino
Thyrsostachys siamensis (Kurz) Gamble (Table 1)

Table 1 illustrates the value of these species for utilization and for environmental rehabilitation, their degree of domestication, climatic ranges and needs for genetic conservation and further survey.

A further 18 taxa were noted to be important and the information available on them have been updated (Table 3). See page 50 onwards.

Arundinaria spp
Bambusa atra Lindl. (*Neololeba atra* (Linn) Widjaja)
B. heterostachya (Munro) Holtum
B. nutans Wall. ex Munro
B. oldhamii Munro
B. pervariabilis McClure
Lingnania chungii McClure
Dendrocalamus brandisii (Munro) Kurz
D. hamiltonii Nees
D. hookeri Munro
D. membranaceus Munro
Gigantochloa albociliata (Munro) Kurz *B*

10 PRIORITY SPECIES OF BAMBOO AND RATTAN

Bamboos
Table 1. Priority species and species of national and regional importance (Commercial and local use)

Taxa	Value			Domestication	Climate & Ecology			Genetic resources				
	C	RI	E		C1	S1	GE	S	IV	E	Survey	
<i>Bambusa balcooa</i>	++	++	++	D	h, d	m, r	H	H*	H	H	H	
<i>Bambusa bambos</i>	++	++	++	D	h, d, s	r, m, p	H	L	M	M	H	
<i>B. blumeana</i>	++	++	++	D	h, d, s	r, m, p	H	L	H	H	H	
<i>B. polymorpha</i>	+	+	-	D	h, d	r, m	H	H	M	H	H	
<i>B. textilis</i>	+	++	+	D	st	r, m	M	L	H	H	L	
<i>B. tulda</i>	+	++	+	D	h, d	r, m	H	M	H	H	H	
<i>B. vulgaris</i>	-	-	++	D	h, d, s	r, m, p	L	L	L	L	L	
<i>Cephalostachyum pergracile</i>	+	++	+	W	h, d	m	M	L	M	H	M	
<i>Dendrocalamus asper</i>	++	+	++	D	h, d	r	H	H	M	H	H	
<i>D. giganteus</i>	+	+	+	D	h	r	H	H	M	H	H	
<i>D. latiflorus</i>	++	+	+	D	h	r	M	L	M	H	L	
<i>D. strictus</i>	++	+	++	D	d, s	m, p	M	L	L	H	M	
<i>Gigantochloa apus</i>	+	++	++	D	h	r	H	H	M	H	H	
<i>G. levis</i>	+	++	++	D	h	r	H	L	H	H	H	
<i>G. pseudoarundinacea</i>	++	+	+	D	h, d	r	M	L	H	H	L	
<i>Guadua angustifolia</i>	++	++	++	W	h	r, m	H	H	H	H	H	
<i>Melocanna baccifera</i>	+	++	+	W	h	r	H	M	H	H	M	
<i>Ochlandra sps</i>	+	+	+	W	h	r	H	H	M	H	H	
<i>Phyllostachys pubescens</i>	++	++	++	D	t	r, m	M	M	L	L	L	
<i>Thyrsostachys siamensis</i>	++	++	++	D	d, (h)	m, (r)	M	M	L	H	L	

KEY Value
 C = commercialization potential: High (++), medium (+), and little (-).
 Survey = need for further field survey: High (H), medium (M), low (L).
 RI = rural industries: High (++), medium (+), and little (-).
 E = environmental rehabilitation: High (++), medium (+), and little (-).

Domestication
 Wild = W, domesticated = D.

Climate and ecology
 C1 = climate: humid tropics (h), dry tropics (d), subtropics (st), semi-arid (s), temperate (t).
 S1 = soils: rich (r), medium (m), poor (p).


Genetic resources
 GE = genetic erosion: High (H), medium (M), low (L).
 S = need for research on seed storage: High (H), medium (M), low (L).
 IV = need for research on in vitro storage: High (H), medium (M), low (L).
 E = need for wider exchange: High (H), medium (M), low (L).

90 - Jueves 19 de enero de 2017 Edición Especial N° 842 - Registro Oficial

Apéndice 2: Especies Nativas de Bambú en el Ecuador

No.	Especies Nativas	No.	Especie	No.	Especie
01.	<i>Arthrostyidium ecuadorensis</i> Judziewicz & L.G. Clark	18.	<i>C. neurophulla</i> L.G. Clark	35.	<i>N. etata</i> (Kunth) Pilger
02.	<i>A. simpliciusculum</i> (Pilger) McClure	19.	<i>C. perigulata</i> (Pilger) McClure	36.	<i>N. fimbriiligulata</i> ssp. <i>Fimbriiligulata</i> L.G. Clark
03.	<i>A. youngianum</i> L.G. Clark & Judziewicz	20.	<i>C. aff. Polyciados</i> Pilger	37.	<i>N. nana</i> L.G. Clark
04.	<i>Aulonemia Haenkei</i> (Ruprecht) McClure	21.	<i>C. scandens</i> Kunth	38.	<i>N. nobilis</i> (Munro) Pilger
05.	<i>A. hirtula</i> (Pilger) Me Clure	22.	<i>C. serpens</i> L.G. Clark	39.	<i>N. rigida</i> L.G. Clark
06.	<i>A. longiaristata</i> L.G. Clark & X.Londoño	23.	<i>C. simpliciiflora</i> Munro	40.	<i>N. stuebelii</i> (Pilger) Pilger
07.	<i>A. patula</i> (Pilger) Me Clure	24.	<i>C. subutata</i> L.G. Clark	41.	<i>N. viitosa</i> L.G. Clark
08.	<i>A. queko</i> Goudot	25.	<i>C. tessellata</i> Munro	42.	<i>N. weberbaueri</i> Pilger
09.	<i>Chusquea albilanata</i> L.G. Clark & X. Londoño	26.	<i>C. uniflora</i> Steudel	43.	<i>Phipidocladum</i> <i>harmonicum</i> (Parodi) McClure
10.	<i>C. exasperate</i> L.G. Clark	27.	<i>Guadua angustifolia</i> Kunth	44.	<i>Rhipidocladum</i> <i>racemiflorum</i> (Steudel) McClure
11.	<i>C. falcate</i> L.G. Clark	28.	<i>G. superba</i> Huber		
12.	<i>C. lehmannii</i> ssp. <i>Lehmannii</i> Pilger	29.	<i>G. weberbaueri</i> Pilger		
13.	<i>C. Lehmannii</i> ssp. <i>Farinosa</i> L;G: Clark & X. Londoño	30.	<i>G. latifolia</i>		
14.	<i>C. loenardiorum</i> L.G. Clark	31.	<i>G. perligulata</i>		
15.	<i>C. londoniae</i> L.G. Clark	32.	<i>Neurolepis apena</i> (Munro) Pilger		
16.	<i>C. loxensis</i> L.G. Clark	33.	<i>N. aristata</i> (Munro) A. Hitchcock		
17.	<i>C. macclurei</i> L. G. Clark	34.	<i>N. asymmetrica</i> L.G. Clark		

Documento con posibles errores digitalizado de la publicación original. Favor verificar con imagen.

 No imprima este documento a menos que sea absolutamente necesario.

Registro Oficial - Edición Especial N° 842 Jueves 19 de enero de 2017 - 91

No.	Especies Introducidas	No.	Especies	No.	Especies
35	<i>Dendrocalamus asper</i>	39	<i>Bambusa Vulgaris</i>	43	<i>Dendrocalamus longispiculata</i>
36	<i>Phylostachys aurea</i>	40	<i>Bambusa Tulda</i>	44	<i>Dendrocalamus oldhamii</i>
37	<i>Phylostachys nigra</i>	41	<i>Bambusa ventricosa</i>	45	<i>Melocanna Baccifera</i>
38	<i>Phylostachys pubescens</i>	42	<i>Dendrocalamus latiflorus</i>		

Fuente: Adaptado de INBAR, 1998, "Bamboo for Sustainable Development. International Bamboo Congress", Tokyo.

Apéndice 3: Media Anual de HE de Madera en Varias Localidades del Ecuador 1, Provincia del Carchi

Localidad	Temperatura media anual °c	Humedad relativa oro medio anua) %	Humedad de equilibrio de la madera (media anual)%
Tul es n	11,3	80,0	17,5
El Ángel	11,7	72,5	14,5
El Carmelo	12,2	87,5	20,8
San Gabriel	12,4	82,9	19,0
Mira	17,2	78,3	16,9

2. Provincia de Imbabura

Localidad	Temperatura media anual °C	Humedad relativa promedio anual %i	Humedad de equilibrio de la madera (media Anual)%
Salinas	19,4	76,7	16,0
Ibarra	25,4	30,3	17,3
Cahuasqui	16,9	83,0	19,7
Sigsicunga	9,9	81,1	17,6
Atuntaqui	15,4	77 ~	16,5
Otavalo	14,4	74,6	15,3
San Pablo del Lago	13,6	82,4	18,5

3. Provincia de Pichincha

Localidad	Temperatura media anual °C	Humedad relativa promedio anual %	Humedad de equilibrio de la madera y media Anual %
Malchingui	13,3	76.2	16,0
Olmeda	10,9	77.5	16,5
Ascázubi	15.1	76.0	15.9
Cochasqui	12.4	73.8	15.1
Perucho	18,5	74,3	15.2
Tabacundo.	13,1	75.7	15.8
Quito	13.5	74,6	15,4
Mindo	19,2	90,8	22,4
San Miguel de los Bancos	20,0	93.7	24,4
Tumbaco	16,7	76.9	16.2
Conocoto	15.2	77,2	16.3
Uyumbicho	13,6	85.0	19.7
Machachi	12.5	81.6	18.1
Santo Domingo de los Sáchilas	22.6	90,8	22,2
Alluriquin	22.2	38,1	21,0
Chinboga	16,3	88,6	21.3
Puertolla	23.1	88.5	21.1

4. Provincia de Cotopaxi

Localidad	Temperatura media anual °C	Humedad relativa promedio anual %	Humedad de equilibrio de la madera (media Anual)%
Estación Cotopaxi	7.8	91.1	22.5
Latacunga	13.0	75.4	15.6

La Maná	23,9	88.2	21,2
Pilaló	12.6	91.3	22.9
El Corazón	17,7	94.3	25.0
Pujili	12,7	75,4	15.0
Salcedo	13,9	74,7	15,4

Registro Oficial - Edición Especial N° 842 Jueves 19 de enero de 2017 - 93

5. Provincia de Tungurahua

Localidad	Temperatura media anual °C	Humedad relativa promedio anual %	Humedad de equilibrio de la madera (media anual)%
Pisayambo	7*2.	S8,7	21,2
Pillaro	13,4	79,2	17,1
Ambato	14,1	76 0	15,9
Patate	15,8	87,7	21,0
Pedro F. Cevallos	12,6	83,4	18,9
Baños	16,7	83.0	18,7

6. Provincia de Bolívar

LLOCALIDAD	Temperatura media anual °C	Humedad relativa promedio <i>anual</i>	Humedad de equilibrio de la madera (media anual)%
San Simón	14,2	30,3	17,8
San Pablo de Atenas	13,4	88,2	21,1
Chillanes	13,3	37,5	20,5
Salzapamba	20,2	94,0	24,6

7. Provincia de Chimborazo

Localidad	Temperatura media anual °C	Humedad relativa promedio anual %	Humedad de equilibrio de la madera (media anual)%
Riobamba	12,4	71.4	14,1
Guaslán	14,1	73,2	16.8
<i>Guamote</i>	13,0	82,7	18,6
Pangor	9,0	84.8	19,6
Tixan	7,8	86,4	20,3
<i>Alausí</i>	14,7	77,3	16,4
<i>Chunchi</i>	14.8	86,5	20,4

8. Provincia de Cañar

Localidad	Temperatura media anual °C	Humedad relativa promedio actual %	Humedad de equilibrio de la madera (media Anual)%
Bibían	14,5	73,2	14,8
Manuel J. Calle	24,7	84,3	19,0
Cañar	10,8	76,2	15,9

9. Provincia de Azuay

Localidad	Temperatura media anual ;c	Humedad relativa promedio	Humedad de equilibrio de, la madera (media anual)%
Paute	17,1	75,3	15,6
Cuenca	14,9	70,5	13/8
El Labrado	8,5	37,3	20,9
.Ucubamba	15,6	71,6	14,1
Gualaceo	17,0	72,8	14,6
Santa Isabel	19,5	74,2	15,1

10. Provincia de Loja

Localidad	Temperatura media anual °C	Humedad relativa promedio anual %	Humedad de equilibrio de la madera (media anual)%
Saraguro	12,9	83,3	18,9
La Toma	23,8	63,2	11,8
Loja	15,4	72,4	14,5
Catacocha	18,4	82,7	18,5
Malacatos	20,7	74,2	15,0
Célica	15,1	84,5	19,5
Gonzaná	17,1	83,5	18,9
Vilcabamba	20,4	76,5	15,9
Cariamanga	18,1	79,4	17,2
Yangana.	18,9	82,3	18,4
Macará	24,9	57,3	12,8

11. Provincia de Esmeraldas

Localidad	Temperatura media anual °C	Humedad relativa promedio anual %	Humedad de equilibrio de la madera (media anual)%
San Lorenzo	25,5	86,0	19 i
Borbón	25,4	35 7	19,7
Esmeraldas	25,6	84,5	19,1
Cayapas	25,8	89,5	21,5
Muisne	24,7	85,8	19,7
Quinindé	24,6	90,5	21,9

12. Provincia de Manabí

Localidad	Temperatura media anual °C	Humedad relativa promedio anual %	Humedad de equilibrio de la madera (media anual)%
El Carmen	23,7	86,6	20,1
La Concordia	23,8	86,4	20,1
Jama	2- 8	82,7	18,3
Charapotó	25,3	83,1	18,5
San Vicente	24,6	81,2	17,7
Bahía de Caraquez	24,7	81,1	17,5
Pedernales	24,8	82,3	18,2
Chone	25,5	86,8	20,3
Tosagua	25,7	83,6	13,3
Calceta	25,6	76,8	15,8
Rocafuerte	25,2	75,5	17,0
Flavio Alfaro	24,0	85,5	19,7
Manta	25,0	77,5	15,2
Portoviejo	24,7	76,4	15,0
Poza Honda	25,3	32,1	18,0
Santa Ana	25,5	77,8	15,3
Jipijapa	:: i	80,8	17,7

13. Provincia de Los Ríos

Localidad	Temperatura media anual °C	Humedad relativa promedio anual %	Humedad de equilibrio de la madera (media anual)%
Quevedo	24,4	83,6	18,8
Vinces	25,2	79,0	17,0
Babahoyo	25,5	81,3	17,9
La Clementina	24,3	35,1	19,5
Isabel María	25,0	80,6	17,4

14. Provincia del Guayas

Localidad	Temperatura media anual °C	Humedad relativa promedio anual %	Humedad de equilibrio de la madera (media anual)%
<i>Blazar</i>	25,5	82,0	18,0
Daule	25,7	79,6	17,0
Milagro	24,6	80,9	17,6
Bucay	22,8	90,0	21,7
Salinas	23,2	80,9	17,6
Guayaquil	25,0	79,5	17,0
San Carlos	24,9	82,5	18,2
Ancón	23,7	89,1	21,3
<i>Taura</i>	25,4	78,1	16,4
Playas;	24,2	79,0	16,8
Naranjal	25,0	85,3	19,7
Tengel	25,0	88,2	21,0

15. Provincia de El Oro

Localidad	Temperatura media anual °C	Humedad relativa promedio anual %	Humedad de equilibrio de la madera (media anual)%
Machala	25,0	79,5	17,0
Pasaje	23,8	83,3	18,6
Arenillas	25,1	32,1	18,1
<i>Zaruma</i>	22,0	83,7	19,0
Marcabelli	23,0	83,5	18,8
Santa Rosa	25,0	87,8	20,8

16. Provincia del Ñapo

Localidad	Temperatura media anual °C	Humedad relativa promedio anual %	Humedad de equilibrio de la madera (media anual)%
Putumayo	25,3	85,3	19,5
El Coca	25,5	38,7	21,1
Limoncoha	24,6	89,0	21,3
Tiplítifii	25,3	87,4	20,5
Lago Agrio	25,4	84,9	19,3
El Chaco	18,3	38,2	21,1
Baeza	16,7	88,8	21,4
Tena	23,1	89,2	21,4
Papallacta	9,4	92,4	23,6

17. Provincia de Pastaza

Localidad	Temperatura media anual °C	Humedad relativa promedio anual %	Humedad de equilibrio de la madera (media anual)%
Pastaza	20,1	85,8	19,8
Puyo	20,4	86,2	20,1
Curaray	24,5	88,0	20,9

18. Provincia de Morona Santiago

Localidad	Temperatura media anual °C	Humedad relativa promedio anual %	Humedad de equilibrio de la madera (media anual)%
Macas	20,9	86,7	20,3
Taisha	24,6	87,0	20,4
Sucua	21,8	87,2	20,5
Méndez	24 -	94,5	24,9

19. Provincia de Zamora -Chínchipe

Localidad	Temperatura media anual °C	Humedad relativa promedio anual %	Humedad de equilibrio de la madera (media anual)%
Zamora	21.0	83,4	18,8

20. Provincia Insular Galápagos

Localidad	Temperatura media anual °C	Humedad relativa promedio anual %	Humedad de equilibrio de la madera (media anual)%
Seymur	24,2	74,4	14,9
Santa Cruz	23.8	51.2	22,5
San Cristóbal	23.5	79.5	17,0
Isabela	23.5	85.4	19,6

Nota: en este listado de Provincias, no constan como tales, las tres provincias nuevas que se crearon en los últimos años; ellas son: Sucumbíos, Santo Domingo de los Tsáchilas y Santa Elena. No obstante, ello, sí consta la información que hoy interesa, la cual se encuentra dentro de la información de las Provincias a las que antes pertenecieron las tres Provincias en cuestión.

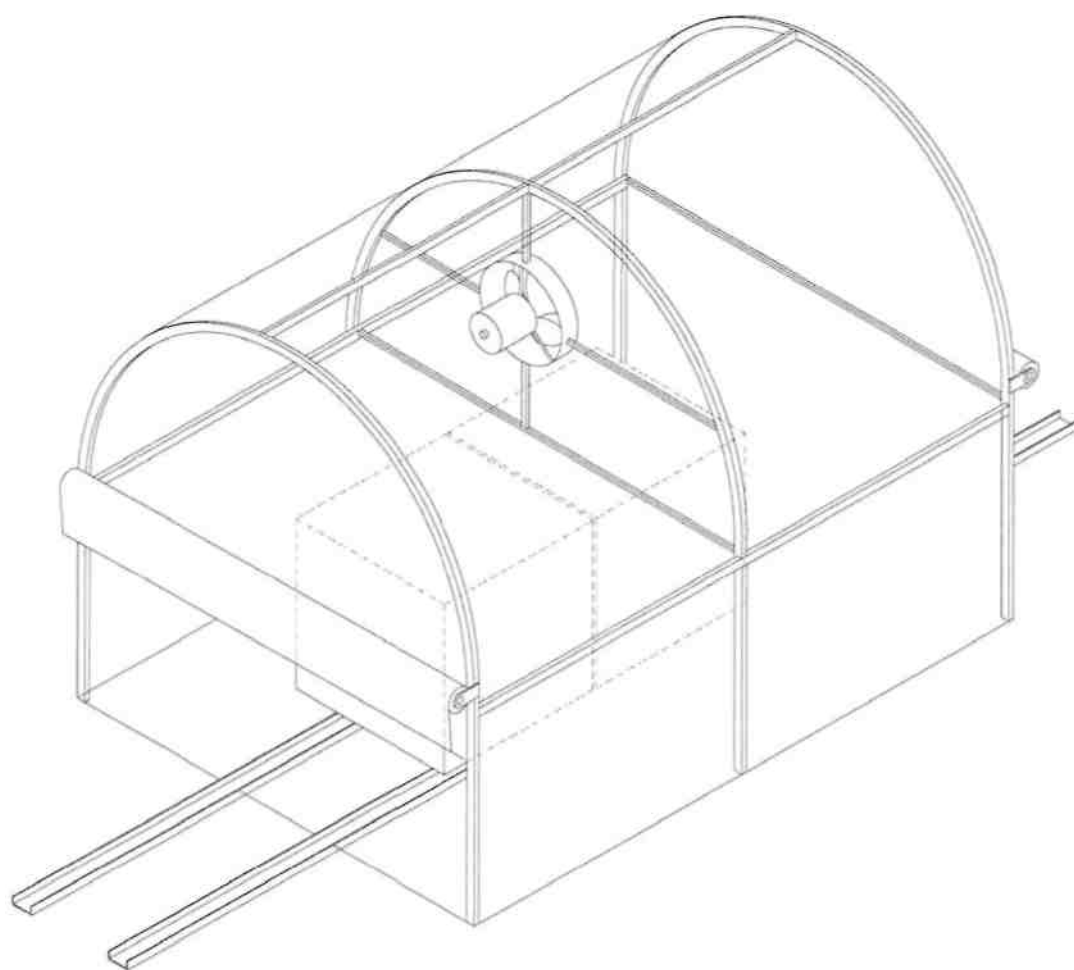
BIBLIOGRAFÍA:

ORBE VELALCAZAR, J. Contenido de humedad de equilibrio de la madera en varias localidades del Ecuador. Ministerio de Agricultura y Ganadería, Dirección Nacional Forestal, Sección Tecnología de la Madera, Centro de Capacitación e Investigación Forestal. Conocoto-Ecuador. 1989.48ÍO

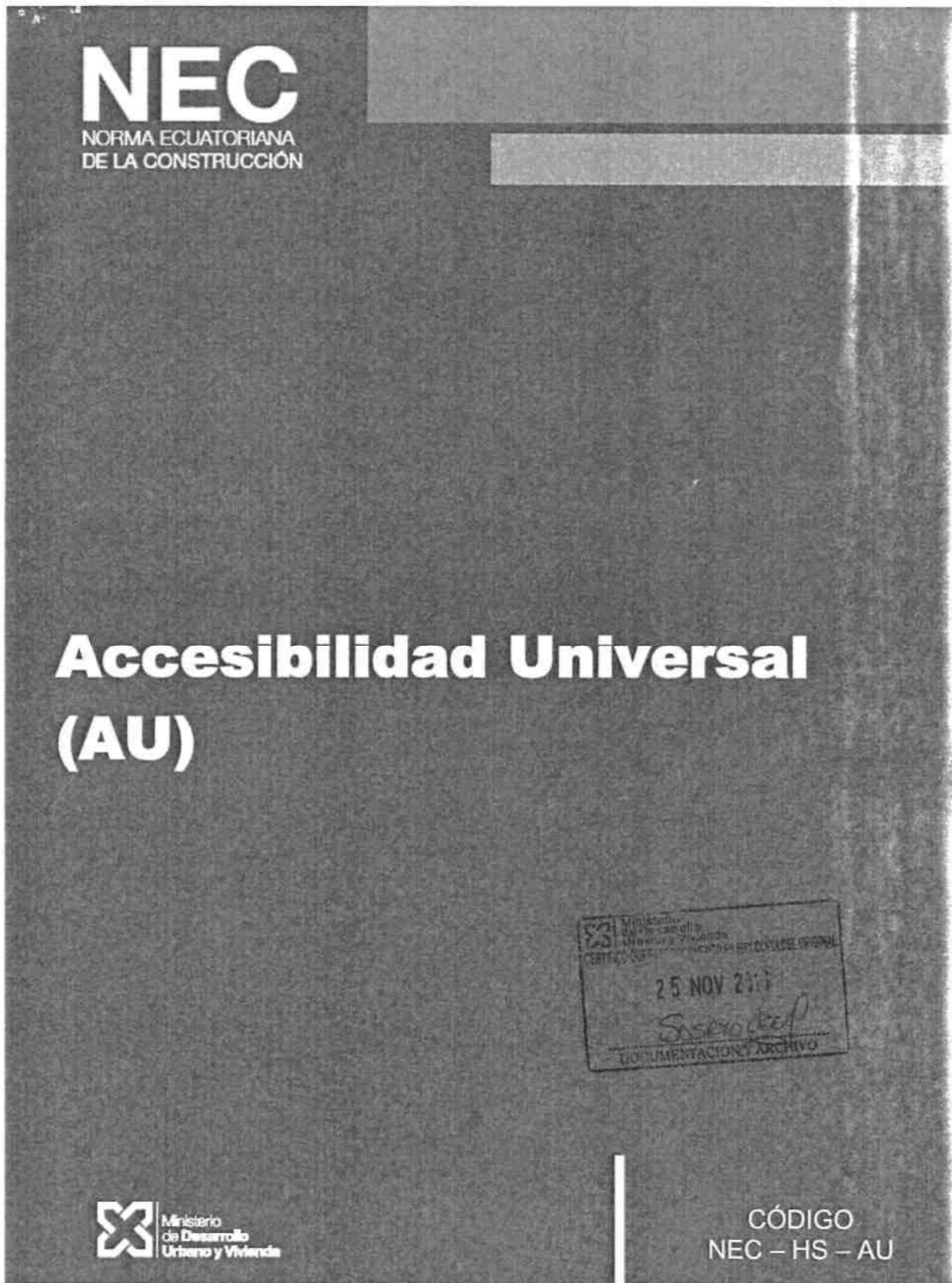
Apéndice 4: Tiempos de Secado según infraestructura Jorge Augusto Montoya

	Secado Aire Libre	Secado Solar	Secado Convencional (F/A)
Tiempo de Secado	-----	+ -	+++
Calidad del Secado	-----	+ -	+++
Inversión Inicial	+++	++	---
Costos Mano de Obra	---	+++	+++
Costos Mantenimiento	NA	++	-----
Consumo de Energía	NA	+++	--
Amigable al Medio Ambiente	+++	+++	--
Complejidad del Sistema	NA	+++	-----

Apéndice 5: Diseño de un Secador Solar.



Fuente: Universidad Técnica de Pereira



CONTENIDO:

1. OBJETO
2. CAMPO DE APLICACIÓN
3. REFERENCIAS NORMATIVAS
4. UNIDADES Y FORMA DE MEDICIÓN
5. DEFINICIONES
6. REQUISITOS DE ACCESIBILIDAD AL MEDIO FISICO
 - 6.1. Áreas de circulación peatonal: Horizontal
 - 6.2. Áreas de circulación peatonal: Vertical
 - 6.3. Delimitadores espaciales
 - 6.4. Espacios y elementos especializados
7. ANEXO TÉCNICO INFORMATIVO
 - 7.1. Anexo 1: Requisitos mínimos de accesibilidad para el mobiliario
 - 7.2. Anexo 2: Requisitos mínimos de accesibilidad para la orientación y señalización
8. ANEXO INFORMATIVO
 - 8.1. Anexo 1: Recomendaciones generales de diseño
9. BIBLIOGRAFÍA

ÍNDICE DE TABLAS:

Tabla 1: Pasillos, aceras y áreas de circulación peatonal

Tabla 2: Cruces y pasos peatonales

Tabla 3: Escaleras y desniveles

Tabla 4: Rampas y vados

Tabla 5: Ascensores y plataformas elevadoras

Tabla 6: Pasamanos

Tabla 7: Puertas

Tabla 8: Superficies acristaladas

Tabla 9: Dispositivos accesibles

Tabla 10: Mobiliario urbano

Tabla 11: Estacionamientos accesibles

Tabla 12: Espacios especializados

Tabla 13: Cuartos de baño y aseo

Tabla 14: Elementos de seguridad

Tabla 15: Mobiliario

Tabla 16: Mobiliario urbano accesible

Tabla 17: Orientación y señalización

1. Objeto

El objeto de esta norma es establecer los requisitos técnicos de diseño, mínimos y/o máximos, que corresponden a las características básicas de uso y ocupación de los elementos y espacios del medio físico, para permitir la accesibilidad universal de todas las personas en los entornos construidos.

2. Campo de aplicación

Esta norma es de aplicación obligatoria a nivel nacional, en los procesos de planificación, diseño, remodelación, rehabilitación y construcción de todos los entornos y edificaciones con acceso al público independientemente del dominio de la propiedad y aplicados a todos los elementos y espacios internos y externos a la edificación, dentro de los límites del predio en el que se sitúan, en los cuales existan: '

- a) puntos de concentración y/o distribución de personas, en espacios de uso público, de uso comunal, entre otros; y/o,
- b) flujos de usuarios externos a la edificación o al entorno construido, el cual provee un bien, producto o servicio al público;

Considerando:

2.1. El estado de la edificación:

- Para edificaciones nuevas.
- Para las edificaciones existentes ya regularizadas, en las cuales la aplicación de esta norma será definida por la entidad reguladora competente a nivel local.
- Para aquellas edificaciones existentes cuyas remodelaciones y/o rehabilitaciones impliquen el cambio total o parcial en el uso de la edificación, destinado (s) para uso público.

2.2. Los usos de los espacios en la edificación:

- Para espacios de uso semi-público entendidos como aquellos en los que existe una condición de uso restringido o condicionado establecido en reglamentos internos.
- Para espacios de uso comunal entendidos como aquellos que son de uso de copropietarios de la edificación.

2.3. Excepciones

- Cuando las condiciones de la edificación respecto de su carácter patrimonial, función específica, configuración espacial u otros de carácter restrictivo, dificulten o directamente impidan la aplicación de las especificaciones descritas en el presente capítulo, por criterios técnicos o limitaciones espaciales. En estos casos se deberá realizar un estudio de condiciones de accesibilidad y plantear soluciones alternativas justificadas mediante Informes técnicos realizados por profesionales con conocimiento en Accesibilidad Universal

3. Referencias normativas

Las siguientes normas, en su totalidad o en parte, son referidas en el presente documento como complementos técnicos e informativos. Para referencias sin fecha, aplica la última edición del documento incluyendo cualquier enmienda.

- NTE INEN ISO 21542 "Edificación. Accesibilidad del Entorno Construido".
- NTE INEN 2240 "Accesibilidad de las Personas al Medio Físico. Símbolo Gráfico. Características Generales".
- NTE INEN 2244 "Accesibilidad de las personas al medio físico. Bordillos y Pasamanos".
- NTE INEN 2245 "Accesibilidad de las personas al medio físico. Rampas"
- NTE INEN 2246 "Accesibilidad de las personas al medio físico. Cruces peatonales a nivel y a desnivel".
- NTE INEN 2249 "Accesibilidad de las personas al medio físico. Escaleras"
- NTE INEN 2850 "Requisitos de Accesibilidad para la Rotulación"
- NTE INEN 2854 "Accesibilidad de las personas al medio físico. Señalización para personas con discapacidad visual en espacios urbanos y en edificios con acceso al público. Señalización en Pisos y Planos Hápticos"
- NTE INEN 2855 "Accesibilidad de las personas al medio físico. Vados y Rebajes de Cordón".
- NTE INEN 2248 "Accesibilidad de las personas al medio físico. Estacionamientos"

4. Unidades y forma de medición

Se emplearán las unidades del sistema internacional de medidas (S.I.) de acuerdo con la Norma ISO 1000. Se utilizarán las siguientes unidades:

- Para alturas y longitudes: m, (metro) y mm. (milímetro)
- Para pendientes o planos inclinados: % (porcentaje)

Para todas las superficies que se describen a continuación, la relación de sus medidas está dada por: ancho (mm.) x profundidad (mm.). Así mismo, todas las medidas correspondientes a la altura, deberán ser contadas desde la superficie del piso o pavimento terminado.

5. Definiciones

Acera: Área, carril, vía, entre otros, destinada para el tránsito de peatones, localizada en la calle u otro espacio de uso público.

Achurado: Superficie que posee un patrón de sombreado, basado en la repetición de trazos o líneas rectas, continuas y paralelas, las cuales dan textura, en base a su separación, grosor y color.

Altorrelieve: Tipo de relieve en el que las figuras o caracteres salen del plano respecto al que están impresas en más de la mitad de su volumen o grueso principal.

Área de Circulación: Espacio determinado o destinado para el tránsito peatonal. Debe tener el ancho suficiente para permitir una movilidad peatonal fluida libre de obstáculos donde el material de la superficie es firme, antideslizante y libre de piezas sueltas. Entre ellas podemos encontrar aceras, pasillos, corredores, senderos, vías, carriles, entre otros.

Banda podotáctil de prevención: La banda podotáctil de prevención es una señalización, en pisos interiores y exteriores, que indica la existencia de un cambio de nivel en circulaciones peatonales, cambios de direcciones (bifurcaciones) de la franja guía en más de un sentido, el ingreso peatonal principal a una edificación, la existencia de paradas de vehículos de transporte público, obstáculos, mobiliario urbano.

(banda de equipamiento), elementos de información y refugios peatonales intermedios en cruces de vías de circulación vehicular.

Banda podotáctil guía: Es una señalización, en pisos interiores y exteriores, que indica la dirección de un recorrido.

Barreras Arquitectónicas: Cualquier impedimento, traba u obstáculo físico que limite o impida el acceso, la libertad de movimiento, la estancia y la circulación con seguridad de las personas en el medio físico.

Bocel: Moldura convexa lisa, de sección semicircular y a veces elíptica. Generalmente se coloca como resalto al inicio de la huella de un peldaño que sobresale sobre la contrahuella.

Bolardo: Pieza o elemento vertical de mobiliario urbano cuya función es impedir el paso o acceso vehicular a áreas de circulación restringida, pueden ser fijos o móviles, temporales o definitivos.

Cadena de Accesibilidad: Es el conjunto de elementos que, organizados de manera secuencial y lógica, permiten realizar el proceso de interacción del usuario con el entorno construido.

Calzada: Carril, vía, entre otros, destinada para el tránsito vehicular, generalmente localizada entre aceras, o junto a una de ellas.

Chaflán: Plano inclinado que corta la esquina en la cual convergen y se unen dos superficies planas, para evitar ángulos a 90°.

Contraste: Oposición en las características de elementos. Puede ser visual (luz y sombra; claro y oscuro), táctil (liso y rugoso), auditivo (agudo, grave y resonante).

Contrahuella: La distancia vertical entre huellas consecutivas o entre el descanso y el siguiente escalón.

Cruces peatonales: Área de paso en la superficie de una calzada, entre dos aceras, mesetas de refugio peatonales, parterres, entre otros, utilizadas por los peatones para cruzar vías vehiculares.

Cuarto de Baño y Aseo Accesible: Áreas destinadas para el aseo personal o para satisfacer una determinada necesidad biológica. Posee una configuración espacial especializada, en la cual se encuentran piezas sanitarias, elementos de apoyo y asistencia. Especialmente puede ser parte de una batería sanitaria o puede estar individualizado.

Edificaciones de instituciones públicas: Son los edificios destinados a la prestación de servicios públicos por entidades públicas sean estos: comercios o equipamientos.

Elemento: Cada uno de los componentes o unidades mínimas de un conjunto arquitectónico o urbano. Se pueden considerar objetos o partes de un espacio, por ejemplo: inodoro, barandilla, escalera.

Espacio de maniobra: Área mínima necesaria dentro de la cual se puede completar las maniobras adecuadas para acceder a una instalación, componente o accesorio específicos, en particular mientras se utiliza una silla de ruedas u otra ayuda para caminar.

Espacios: Conjunto arquitectónico o urbano, el cual se encuentra compuesto por varios elementos móviles y fijos.

Franja Contrastante: Cintas o espacios horizontales dispuestos a dos alturas sobre superficies acristaladas como puertas, ventanas, mamparas y otras, generan un punto de referencia o contraste visual que indica la presencia de dicha superficie, especialmente cuando son transparentes y su percepción es difícil.

Huella: Superficie horizontal de un escalón donde se apoya el pie

Indicador visual en escaleras: Elementos físicos que, colocados en la contrahuella de un peldaño, crean señales visuales de alto contraste cromático que marca la presencia del peldaño.

Pasos peatonales: Área de paso sobre o bajo una vía de circulación vehicular, utilizada por los peatones para cruzar de forma segura, de un extremo al otro de la calle.

Podotáctil: Característica de una superficie (piso o pavimento), relacionada con su relieve, que es percibida por una persona al pisar sobre ella. Puede ser identificada también a través del uso del bastón de ayuda para el desplazamiento.

Plataforma Elevadora: Dispositivo electromecánico instalado permanentemente para salvar la altura entre dos niveles o superficies de tránsito, constituido por una plataforma guiada cuyas dimensiones y características de diseño que permiten el acceso de personas con discapacidad o con movilidad reducida. Difiere de un ascensor.

Tope de seguridad: Elemento de límite espacial, a nivel de piso o cerca de él, ubicado en toda la longitud de rampas, escaleras, y elementos especializados, para que las personas con discapacidad visual identifiquen el recorrido.

Tramo de escalera: Conjunto de peldaños continuos que se encuentran entre descansos, inicio y fin de la escalera.

Señalización: Conjuntos de elementos que indican la denominación de un espacio y/o informan de la dirección a seguir para llegar a un lugar determinado o describen los usos espacios.

Sistema Braille. Sistema de lecto-escritura que utiliza puntos en relieve sobre la superficie de un determinado material; los símbolos, signos, números y letras que utiliza una lengua se representan a través de un signo generador, organizado de diferentes formas en una matriz rectangular de seis puntos denominada celda.

Vado: Elemento conformado por planos inclinados que unen dos superficies a diferente nivel para asegurar la continuidad de la circulación de todas las personas. Facilita la circulación peatonal permitiendo el cruce de las calzadas destinadas a circulación de vehículos, garantiza la continuidad entre dos áreas del mismo o diferente nivel.

Zona de rescate asistido: Espacio de un edificio adyacente a un recorrido principal de evacuación vertical y/o horizontal, que permite que las personas puedan concentrarse y esperar, de forma segura y por un tiempo determinado, la llegada de asistencia o ayuda para el rescate en casos de emergencia. Su ubicación no debe interferir u obstruir el recorrido de evacuación hacia otras zonas seguras y debe estar protegido de manera sólida y fiable contra el calor, el humo y las llamas durante y después de un incendio

6. Requisitos de accesibilidad al medio físico

En esta norma se referencian los requisitos mínimos y/o máximos indicados en las Normas Técnicas Ecuatorianas (NTE INEN) sobre accesibilidad universal al medio físico y algunos establecidos en normas afines.

En aquellos casos en que no se describan los requisitos mínimos de accesibilidad para un elemento en particular se debe remitir al elemento similar encontrado en la normativa vigente. Si el elemento no posee similares, se debe remitir a la normativa vigente nacional y/o internacional correspondiente para determinar [as características mínimas accesibles.

Se deben aplicar los requisitos mínimos y/o máximos de accesibilidad en todos los elementos y espacios descritos en las siguientes categorías:

6.1. Áreas de circulación peatonal: Horizontal

Tabla 1: Pasillos, aceras y otros

Contemplan todas aquellas áreas diseñadas específicamente para el desplazamiento de las personas entre dos espacios.

PASILLOS, ACERAS Y OTROS		
	PARÁMETROS GENERALES	ESPECIFICACIÓN TÉCNICA: MÍNIMOS / MÁXIMOS ACCESIBLES
1	Dimensiones Generales	Ancho mínimo de circulación, libre de obstáculos, igual a 1200 mm. _____ Altura máxima de desnivel entre acera y calzada igual a 200 mm. Para especificaciones técnicas, remitirse a la NTE INEN 2855
2	Giros en silla de ruedas	Superficie de diámetro mínimo, igual a 1500 mm.
3	Bordillos	Acabado superficial de color contrastante
4	Superficie	Antideslizante en seco y mojado Material resistente y estable a las condiciones de uso del material. Libre de piezas sueltas y de irregularidades debidas al uso de material con defectos de fabricación y/o colocación. Para edificaciones de instituciones públicas: Banda podotáctil de prevención en cambios de nivel, ingresos principales a los edificios y la presencia de elementos que impliquen riesgos u obstáculos. Para especificaciones técnicas, remitirse a la NTE INEN 2854. Para edificaciones de instituciones públicas: Banda podotáctil guía en las circulaciones principales. Para especificaciones técnicas, remitirse a la NTE INEN 2854. Separación máxima de las juntas de unión de materiales en acabado igual a 20 mm.
5	Obstáculos	Altura mínima de paso, libre de obstáculos, Igual a 2100 mm.
6	Rejillas de drenaje	Separación máxima de los orificios de la rejilla, Igual a 13 mm. Para especificaciones técnicas, remitirse a la NTE INEN 2246

Tabla 2: Cruces y pasos peatonales.

Los requerimientos se aplican a los elementos dentro de la propiedad de dominio privado. Para especificaciones técnicas, remitirse a la NTE INEN 2246.

CRUCES Y PASOS PEATONALES		
CRUCES PEATONALES DE SUPERFICIE	ESPECIFICACIÓN TÉCNICA: MÍNIMOS / MÁXIMOS ACCESIBLES	
1	Dimensiones	Ancho mínimo de circulación, libre de obstáculos, igual a 1500 mm.
2	Vados o Rebajes	Ubicados en los extremos de cada cruce peatonal
3	Superficie	Antideslizante en seco y mojado
		Libre de piezas sueltas y de irregularidades debidas al uso de material con defectos de fabricación y/o colocación.
4	Señalización horizontal	Señalizado en su totalidad, líneas tipo "cebra"
		Color contrastante con la superficie del piso y el entorno
PASOS PEATONALES A DESNIVEL: ELEVADOS / DEPRIMIDOS		
1	Dimensiones	Ancho mínimo de circulación, libre de obstáculos, igual a 1200 mm.
2	Superficie	Antideslizante en seco y mojado
		Libre de piezas sueltas y de irregularidades debidas al uso de material con defectos de fabricación y/o colocación.
		Para edificaciones de instituciones públicas: Banda podotáctil de prevención en cambios de nivel, ingresos principales y elementos que impliquen riesgos. Para especificaciones técnicas, remitirse a la NTE INEN 2854.

6.2.Áreas de circulación peatonal: Vertical Tabla 3:

Escaleras y desniveles

ESCALERAS Y DESNIVELES

PARÁMETROS GENERALES	ESPECIFICACIÓN TÉCNICA: MÍNIMOS / MÁXIMOS ACCESIBLES	
1	Dimensiones Generales	Longitud mínima de la huella igual a 280 mm.
		Altura máxima de la contrahuella igual a 180 mm.
		Ancho mínimo de circulación, libre de obstáculos medido entre los pasamanos igual a 1000 mm.
		Altura mínima de paso, libre de obstáculos, igual a 2100 mm.
2	Escaleras curvas y espiral	Pasamanos interior colocado paralelo a la huella en el punto que la profundidad de la misma es igual o mayor a 220 mm.
3	Bocel	Todos los peldaños sin bocel
4	Señalización	Señalización direccional que indique los puntos de entrada y salida a la edificación, incluyendo información en sistema Braille. Para especificaciones técnicas, remitirse a la NTE INEN 2850
		Señalización informativa del número de planta al ingreso del elemento, incluyendo información en sistema Braille. Para/l especificaciones técnicas, remitirse a la NTE INEN 2850 Q/.

DESNIVELES EN LAS ENTRADAS		
1	Dimensiones	Cuando existe un desnivel, entre dos superficies de tránsito el escalón debe estar achaflanado a 45° en caso de tener una altura superior a 50 mm.
ESCALERAS(HASTA DOS ESCALONES)		
1	Topes de seguridad	Altura de los bordes laterales entre 60-100 mm. Para especificaciones técnicas, remitirse a la NTE INEN 2244
ESCALERAS(MAYOR A DOS ESCALONES)		
1	Pasamanos	Pasamanos en ambos lados del tramo de escaleras Pasamano central, en escalera igual o superior a 2700 mm. de ancho de circulación, libre de obstáculos
2	Tramos	Conjunto de peldaños sin descanso en el interior y exterior de la edificación de máximo 10 contrahuellas.
3	Descanso	Igual o superior al ancho de circulación libre del tramo de escaleras
ADVERTENCIAS VISUALES Y TÁCTILES		
1	Franjas o bordes antideslizantes	Todos los peldaños deben poseer bordillos o franjas antideslizantes en sus filos, en todo el ancho de la grada
2	Indicadores visuales	Cintas entre 50- 100 mm. de ancho, colocados en toda la longitud del primer y último peldaño; o cintas entre 40 - 50 mm de ancho, colocados en toda la longitud de todos de sus peldaños
3	Superficie	Para edificaciones de instituciones públicas: Banda podotáctil de prevención en cambios de nivel, ingresos principales y elementos que impliquen riesgos. Para especificaciones técnicas, remitirse a la NTE INEN 2854.

Tabla 4: Rampas y vados

PARÁMETROS GENERALES		ESPECIFICACIÓN TÉCNICA: MÍNIMOS / MÁXIMOS ACCESIBLES
1	Superficie	Antideslizante en seco y mojado Material resistente y estable a las condiciones de uso del elemento Libre de piezas sueltas y de irregularidades debidas al uso de materiales con defectos de fabricación y/o colocación. Para edificaciones de instituciones públicas: Banda podotáctil de prevención en cambios de nivel, ingresos principales y elementos que impliquen riesgos. Para especificaciones técnicas, remitirse a la NTE INEN 2854.
2	Dimensiones en rampas	Ancho mínimo de circulación, libre de obstáculos medido entre los pasamanos, igual a 1200 mm.
3	Espacio de maniobra	Superficie mínima de giro ante el elemento, de diámetro igual a 1500 mm.
4		Bordillos en desniveles hasta 200 mm. Pasamanos en desniveles superiores a 200 mm.

L		Ubicados en ambos lados de la rampa
	RAMPAS EN EDIFICACIONES EXISTENTES (CON LIMITACIONES DE ESPACIO)	
1	Dimensiones	Pendiente máxima igual a 12% Longitud máxima de tramo igual a 3 m.
	RAMPAS EN EDIFICACIONES NUEVAS Y EXISTENTES (SIN LIMITACIONES DE ESPACIO)	
1	Dimensiones	Longitud máxima del tramo igual a 2 m. con pendiente máxima igual a 12% Longitud máxima del tramo igual a 10 m. con pendiente máxima igual a 8% (superior a 10 m. se requiere implementar descansos intermedios)
2	Descanso	Ancho igual o superior al ancho de circulación, libre de obstáculos del tramo de la rampa. Para especificaciones técnicas, remitirse a la NTE INEN 2245. Espacio de circulación libre de obstáculos como la proyección de elementos a una altura inferior a 2100 mm y el abatimiento de puertas y/o ventanas adyacentes
	BORDILLOS	
1	Dimensiones	Altura entre 60 -100 mm. Para especificaciones técnicas, remitirse a la NTE INEN 2244
	VADOS	
1	Dimensiones	Ancho mínimo de circulación, libre de obstáculos, igual a 1000 mm. Pendiente máxima igual a 12%

Tabla 5: Ascensores y plataformas elevadoras

ASCENSORES Y PLATAFORMAS ELEVADORAS		
PARÁMETROS GENERALES		ESPECIFICACIÓN TÉCNICA: MÍNIMOS / MÁXIMOS ACCESIBLES
1	Espacio de maniobra	Superficie mínima de giro ante la puerta, de diámetro igual a 1500 mm.
2	Pulsadores	Dimensión mínima de lado o diámetro, igual a 25 mm.
		Poseer alto relieve en caracteres (alfanuméricos - pictográficos) Poseer información en sistema Braille
ASCENSORES		
1	Dimensiones internas de la cabina	Para edificaciones nuevas: (ver campo de aplicación) Dimensiones mínimas iguales a 1100 x 1400 mm.
		Para edificaciones existentes que impliquen remodelación y ampliación arquitectónica: (ver campo de aplicación) Dimensiones mínimas iguales a 1100x 1400 mm.
		Para edificaciones existentes que impliquen remodelación y edificaciones existentes ya regularizadas: (ver campo de aplicación) Dimensiones mínimas iguales a 1000 x 1200 mm. con uso preferencia

		<p>*de personas con discapacidad física o movilidad reducida</p> <p>Ancho libre de paso mínimo de la puerta de ingreso, igual a 800 mm.</p> <p>Altura libre de paso mínima de la puerta de ingreso, igual a 2000mm.</p>
2	Piso de la cabina: Nivel de ingreso y egreso de usuarios	<p>Al mismo nivel que el piso terminado de la edificación en cada planta</p> <p>Tolerancia de parada de la cabina de +/-10 mm.</p> <p>Tolerancia de nivelación al ingreso y egreso de usuarios de +/- 20 mm.</p>
3	Seguridad	Poseer un dispositivo de seguridad para proteger al usuario de accidentes, debido al cierre de las puertas
4	Superficie reflectante para usuarios en silla de ruedas:	<p>Pared-espejo, espejo o elemento reflectante, ubicado en la pared frente a la puerta de ingreso a la cabina (para cabinas iguales o superiores a 1100 x 1400 mm.)</p> <p>Altura mínima del borde inferior igual a 300 mm.</p>
PLATAFORMAS ELEVADORAS		
1	Dimensiones	Dimensiones internas mínimas, iguales a 1100 x 1400 mm.
2	Seguridad..	Poseer cabina, pasamanos, topes de seguridad o antepechos
DISPOSITIVOS DE MANDOS Y SEÑALES		
1	Dimensiones de los mandos interiores y exteriores	Controles a una altura entre 900 - 1200 mm.
2	Orientación y Señalización	Poseer simbología gráfica
PASAMANOS		
1	Características	Extremos cerrados hacia la pared o paramento de fijación o desarrollarse en toda la longitud de una pared interna de la cabina
ELEMENTOS DE SEGURIDAD		
1	Alarma de Emergencia	<p>Símbolo de campana de color amarillo</p> <p>Alto relieve en caracteres (alfanuméricos - pictográficos)</p> <p>Información en sistema Braille</p>
SUPERFICIES		
1	Piso de la cabina del ascensor y plataforma	<p>Antideslizante</p> <p>Material resistente y estable a las condiciones de uso de la superficie .</p>
2	Paredes de la cabina	No reflectantes
3		Para edificaciones de instituciones públicas: Banda <small>con</small> táctil de prevención en cambios de nivel, ingresos principales y elementos que impliquen riesgos. Para especificaciones técnicas, remitirse a la NTE INEN 2854.

Tabla 6: Pasamanos

PASAMANOS	
PARÁMETROS GENERALES	ESPECIFICACIÓN TÉCNICA: MÍNIMOS/ MÁXIMOS ACCESIBLES

1	Características	Forma ergonómica o redondeada, diámetro entre 40 - 50 mm.
		Separación mínima de los pasamanos, respecto a la superficie de soporte, igual a 40 mm.
		Continuo y sin interrupciones
		Superficie lisa
2	Pasamanos	Altura del pasamanos superior entre 850 - 950 mm.
		Altura del pasamanos inferior entre 600 - 750 mm.
3	Información	Fijar textos en relieve o sistema Braille del número de planta al inicio y final del pasamanos
4	Prolongación horizontal	Prolongación igual a 300 mm. en los extremos horizontales del pasamanos (cuando no interfiera con la circulación peatonal). Para especificaciones técnicas, remitirse a la NTEINEN2244

6.3. Delimitadores espaciales Tabla 7:

Puertas

PUERTAS		
PARÁMETROS GENERALES		ESPECIFICACIÓN TÉCNICA: MÍNIMOS / MÁXIMOS ACCESIBLES
1	Dimensiones	Ancho mínimolibre de paso, igual a 900 mm.
		Altura mínima, libre de paso, igual a 2000 mm.
2	Espacio de maniobra	Superficie de giro ante la puerta, con diámetro mínimo igual a 1500 mm.
3	Tapa-marcos y rieles	Color contrastante con el piso y las paredes
		Riel guía inferior, empotrada en piso, en puertas corredizas
ACCESORIOS		
1	Cerraduras	Altura entre 800 -1000 mm.
		Manijas tipo palanca

Tabla 8: Superficies acristaladas transparentes.

Los requerimientos se aplican a todos los elementos de la edificación, los cuales estén planificados para la interacción con los usuarios.

SUPERFICIES ACRISTALADAS TRANSPARENTES		
MAMPARAS Y PUERTAS		ESPECIFICACIÓN TÉCNICA: MÍNIMOS / MÁXIMOS ACCESIBLES
1	Dimensiones	Ancho máximo del acristalamiento sin estructura, igual a 1500 mm.
2	Indicadores visuales	Franjas contrastantes entre 75-100 mm. de ancho
		Altura de la primera franja contrastante entre 800 - 1000 mm.
		Altura de la segunda franja contrastante entre 1300 - 1400 mm.
VENTANAS DE USO Y MANIPULACIÓN POR EL USUARIO.		

1	Dimensiones	Altura máxima del antepecho igual a 1100 mm. cuando el objetivo de la ventana es la relación visual
2	Dispositivos de control	Altura entre 800 - 1100 mm.

6.4. Espacios y elementos especializados

Tabla 9: Dispositivos accesibles.

Cuando existan dos o más unidades de: sistema de turno numerado, teléfono público, registros biométricos, sensores de acceso con tarjeta, expendedora de tickets y cajero automático; debe existir al menos un elemento con las siguientes características.

DISPOSITIVOS ACCESIBLES		
PARAMETROS GENERALES		ESPECIFICACIÓN TÉCNICA: MÍNIMOS / MÁXIMOS ACCESIBLES
1	Ubicación	Atura entre 800 -1100 mm.
2	Pulsadores e interruptores	Información en sistema Braille para los mandos de uso por el público en general
3	Tomacorrientes y telecomunicaciones	Altura entre 400 -1000 mm. para los mandos de uso por el público en general
SISTEMAS DE TURNO NUMERADO, ENSORES DE ACCESO CON TARJETAS, REGISTROS BIOMÉTRICOS Y EXPENDEADORAS DE TICKETS		
1	Ubicación de mandos y/o dispensación	Altura entre 800-1100 mm.
TELÉFONOS PÚBLICOS		
1	Ubicación	Altura máxima del teclado y/o controles, igual a 1100 mm.
2	Estructura de soporte	Altura mínima, libre de obstáculos, igual a 700 mm.
CAJEROS AUTOMÁTICOS		
1	Estructura de soporte	Altura mínima, libre de obstáculos, igual a 700 mm.
		Profundidad mínima, libre de obstáculos, igual a 600 mm.
		Ancho mínimo, libre de obstáculos, igual a 900 mm.
2	Teclado y pantalla	Altura entre 800 -1100 mm.

Tabla 10: Mobiliario urbano.

Los requerimientos se aplican a los elementos que se encuentren en las áreas de uso público dentro de la propiedad de dominio privado.

MOBILIARIO URBANO		
BARANDILLAS Y BOLARDOS		ESPECIFICACIÓN TÉCNICA: MÍNIMOS / MÁXIMOS ACCESIBLES
1	Barandillas	Altura máxima igual a 1000 mm.
2	Bo lardos	Altura entre 700 - 900 mm.
		Diámetro entre 50 - 200 mm.
		Separación mínima, entre bolardos, igual a 1200 mm. y máxima igual a 2000 mm.

	Color contrastante con la superficie del piso y el entorno
	Extremo superior del elemento sin aristas vivas

Tabla 11: Estacionamientos accesibles

ESTACIONAMIENTOS ACCESIBLES		
PARÁMETROS GENERALES	ESPECIFICACIÓN TÉCNICA: MÍNIMOS/ MÁXIMOS ACCESIBLES	
1	Plazas accesibles	Una plaza de estacionamiento por cada 25 plazas o fracción
2	Dimensiones de las plazas de estacionamiento	Dimensiones mínimas iguales a 3900 x 5000 mm. (incluye franja de transferencia lateral, con ancho igual a 1500 mm.)
		Dimensiones mínimas iguales a 6300 x 5000 mm. (Para 2 plazas de estacionamiento con área de transferencia compartida)
3	Elementos en la cubierta	Altura mínima, libre de paso, igual a 2200 mm.
4	Superficie	Antideslizante en seco y mojado
		Material resistente y estable a las condiciones de uso de la superficie.
		Libre de piezas sueltas y de irregularidades debidas al uso de materiales con defectos de fabricación y/o colocación.
5	Señalización	Señalización horizontal y vertical con el símbolo internacional de accesibilidad. Para especificaciones técnicas, remitirse a la NTE INEN 2240
6	Área de transferencia	Dimensiones mínimas, iguales a 1500 x 5000 mm.
		Diferenciado mediante el uso de color contrastante con respecto al resto de la superficie (achurado)
7	Vados o Rebajes	Ubicados en la acera, frente al área de transferencia o cruce

Tabla 12: Espacios especializados: auditorios, salas de concierto, escenarios deportivos, salas de reunión, salas de conferencia y similares.

■^■^^^■^^■^■B

ESPACIOS ESPECIALIZADOS AUDITORIOS, SALAS DE CONCIERTO, ESCENARIOS DEPORTIVOS, SALAS DE REUNIÓN, CONFERENCIA Y SIMILARES		
PARÁMETROS GENERALES	ESPECIFICACIÓN TÉCNICA: MÍNIMOS/ MÁXIMOS ACCESIBLES	
1	Localidades	Mínimo una localidad reservada para personas en sillas de ruedas, cada 50 butacas fijas o fracción
		En caso de tener butacas fijas, mínimo 15 butacas deben ser plegables o desmontables
		Para sillas de ruedas: Superficie con dimensiones mínimas, libre de obstáculos, iguales a 900 x 1400 mm.
		Poseer numeración visual (color contrastante) y táctil
2	Localidades reservadas	Señalización horizontal con el símbolo internacional de accesibilidad. Para especificaciones técnicas, remitirse a la NTE INEN 2240/f? .

Tabla 13: Cuartos de baño y aseo

CUARTOS DE BAÑO Y ASEO	
PARÁMETROS GENERALES	ESPECIFICACIÓN TÉCNICA: MÍNIMOS / MÁXIMOS ACCESIBLES
1	Superficie del piso Antideslizante en seco y mojado Libre de piezas sueltas y de irregularidades debidas al uso de material con defectos de fabricación y/o colocación.
CUARTO DE BAÑO Y ASEO ACCESIBLE	
1	Dimensiones Dimensiones mínimas, iguales a 1700 x 2200 mm., con abatimiento de la puerta hacia afuera. Incluye inodoro, lavamanos, barras de apoyo, espejo, accesorios y pulsadores de llamado de asistencia.
2	Espacio de maniobra Superficie de giro dentro del cuarto de baño, con diámetro mínimo igual a 1500 mm.
3	Inodoro Altura del asiento entre 400 - 480 mm. Distancia desde el borde frontal del asiento, hasta la pared posterior entre 650 - 800 mm. Separación máxima igual a 20 mm entre el tanque alto del inodoro, con la pared posterior Distancia mínima igual a 450 mm. desde el eje longitudinal del inodoro, hasta la pared adyacente más cercana Inodoros de tanque alto (respaldo): Profundidad del asiento entre 500 - 550 mm.
4	Barra de apoyo fija a la pared, piso o abatible Ambos lados del Inodoro Ubicada a una distancia entre 300 - 350 mm. desde el eje del inodoro Altura del borde superior de la barra horizontal entre 750 -780 mm. Distancia mínima desde la pared igual a 40 mm. Diámetro entre 40 - 50 mm., redondeado y sin aristas
5	Señalización Poseer símbolo gráfico. Para especificaciones técnicas, remitirse a la NTE INEN 2240
6	Lavamanos Altura inferior mínima, libre de obstáculos, igual a 670 mm. Espacio mínimo bajo el lavamanos, para acomodar las rodillas, libre de obstáculos, con una profundidad igual a 200 mm. (personas usuarias en silla de ruedas) Espacio mínimo bajo el lavamanos, para acomodar los pies, libre de obstáculos con una profundidad Igual a 300 mm. (personas usuarias en silla de ruedas) Altura máxima entre 800 - 850 mm. Borde frontal del lavabo igual a 550 mm. respecto a la pared Mandos de grifo de palanca, botones a presión o sensor
7	Espejo Borde inferior a una altura máxima igual a 900 mm.
8	Accesorios Instalados a una altura alcanzable entre 800 -1100 mm. Portarrollos de papel higiénico a una altura entre 600 - 700 mm.
9	Duchas Superficie con dimensiones mínimas iguales a 800 x 1200 mm.

		Pendiente máxima igual a 2%
		Sin bordillos
		Disponer de barra de apoyo vertical y horizontal
		Ducha tipo teléfono con manguera flexible, de longitud mínima igual a 1200 mm.
URINARIOS EN BATERÍAS SANITARIAS		
1	Ubicación	Altura entre 600 - 650 mm.
		Cuando exista una batería sanitaria, al menos un urinario a una altura igual a 400 mm. para niños y personas de talla baja

Tabla 14: Elementos de seguridad.

Para obtener información adicional en la temática, remitirse a la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-HS-CI: Contra Incendios

ELEMENTOS DE SEGURIDAD		
EXTINTORES DE INCENDIOS		
		ESPECIFICACIÓN TÉCNICA: MÍNIMOS / MÁXIMOS ACCESIBLES
1	Ubicación del mango o manija de transporte	Altura entre 800-1100 mm.
PULSADOR MANUAL DE ALARMA DE INCENDIOS		
1	Ubicación	Altura entre 800 - 1100 mm.
PULSADOR DE LLAMADO DE ASISTENCIA EN CUARTOS DE BAÑO ACCESIBLES		
1	Ubicación	Altura máxima del pulsador inferior, igual a 300 mm.
		Altura del pulsador superior, entre 800 - 1100 mm.

7. ANEXO TÉCNICO INFORMATIVO

A continuación se describen requisitos mínimos de accesibilidad para mobiliario y elementos de orientación y señalización. Para elementos que no consten dentro de los anexos, se recomienda aplicar los requisitos mínimos y/o máximos de elementos similares o equivalentes encontrados en las tablas descritas en las siguientes categorías.

7.1. Anexo 1: Requisitos mínimos de accesibilidad para el mobiliario Tabla 15:

Mobiliario accesible

MOBJLI.		
ESCRITORIOS Y MESAS		ESPECIFICACIÓN TÉCNICA: MÍNIMOS/MÁXIMOS ACCESIBLES
1	Dimensiones	Altura mínima, libre de obstáculos, igual a 700 mm.
		Altura máxima de la cara superior, igual a 800 mm.
		Espacio mínimo bajo el mesón, para acomodar las rodillas, libre de obstáculos, con una profundidad igual a 600 mm. (personas usuarias en silla de ruedas)

	ZONA DE RECEPCIÓN, MOSTRADORES, PLANOS Y MAPAS	
1	Mobiliario de recepción	Altura máxima igual a 800 mm. Altura mínima, libre de obstáculos, igual a 700 mm.
	EXPENDIO DE COMIDA PREPARADA	
1	Localidades	El 25% de las mesas deben disponer de un espacio mínimo bajo el mesón, para acomodar las rodillas, libre de obstáculos, con una altura mínima de 700 mm y profundidad igual a 600 mm. (personas usuarias en silla de ruedas) El 25% de la longitud del mostrador, con una altura máxima igual a 800 mm.
	DORMITORIO	
1	Mobiliario	Altura de la cama entre 450 - 500 mm. Altura del perchero inferior, igual a 850 mm. Altura del perchero intermedio, igual a 1100 mm. Altura del perchero superior, igual a 1800 mm.

Tabla 16: Mobiliario urbano accesible

MOBILIARIO URBANO ACCESIBLE		
	BEBEDEROS DE AGUA	ESPECIFICACIÓN TÉCNICA: MÍNIMOS / MÁXIMOS ACCESIBLES
1	Bebedores Accesibles	Altura entre 700 - 900 mm. Altura de los mandos entre 800 - 1100 mm. Cualquier elemento sobresaliente a máximo 150 mm. Color contrastante con la superficie del piso
	PAPELERAS, BASUREROS O SIMILARES	
1	Características Generales	Altura de la boca entre 700 - 900 mm. Color contrastante con la superficie del piso

7.2. Anexo 2: Requisitos mínimos de accesibilidad para la orientación y señalización Tabla 17: Orientación y señalización. Para especificaciones técnicas, remitirse a la NTE INEN 2850

ORIENTACIÓN Y SEÑALIZACIÓN		
PARÁMETROS GENERALES	ESPECIFICACIÓN TÉCNICA: MÍNIMOS / MÁXIMOS ACCESIBLES	
1	Tipografía	Estilo de caracteres palo seco Altura mínima de los caracteres, igual a 15 mm. Contraste del texto con el color del fondo
2	Soporte	Material mate
3	Localización	Altura entre 1200 -1600 mm. (Sólo ambientes) Altura máxima igual a 2100 mm. (Espacios con aglomeración de personas.)
4	Relieve	Altura entre 1-1,5 mm. ù

5	Braille	Información en sistema Braille en señalización de ambientes. Para especificaciones técnicas, remitirse a la NTEINEN2850 #>.
---	---------	---

8. ANEXO (INFORMATIVO)

A continuación se describen recomendaciones de accesibilidad para el diseño y la planificación de elementos, espacios y mobiliario.

3.1. Anexo 1: Recomendaciones generales de diseño

Para la planificación arquitectónica o el diseño de elementos, se detallan recomendaciones a seguir en el diseño:

- Para determinar las áreas donde se aplicará la presente normativa, se observará y analizará el proceso que debe cumplir el usuario dentro y fuera de la edificación, a modo de circuitos o cadenas de accesibilidad. Se priorizarán aquellos circuitos o cadenas de accesibilidad que posean mayores flujos de usuarios, es decir, las principales zonas como son los espacios de reunión, concentración, circulación y destino dentro de la edificación, entre otros, en las cuales el usuario interacciona con todos los elementos.
- No se requiere el cumplimiento de los requisitos mínimos de accesibilidad en zonas que desarrollen actividades especializadas, como es el caso de espacios de producción industrial, espacios de intervenciones médicas como quirófanos, laboratorios, entre otros de la misma naturaleza de especialización, en sus elementos, accesorios y mobiliario. Estos espacios se excluyen de las cadenas de accesibilidad (salvo excepciones) siempre y cuando el usuario del servicio prestado no posea acceso o ingreso a dichos espacios y zonas.
- Durante el proceso de diseño de edificaciones, se recomienda considerar al menos un espacio con las dimensiones necesarias para realizar una implementación posterior (futura) de algún mecanismo de circulación vertical, especialmente si la edificación podrá crecer en altura. Los accesos a todos los niveles que Ingrese El usuario, deben poseer alternativas de circulación vertical.

Recomendaciones complementarias para la implementación de accesibilidad universal en elementos, espacios arquitectónicos - urbanos, así como en cadenas de accesibilidad:

Elementos:

- Todos los accesorios de los servicios higiénicos, así como las piezas sanitarias deben contrastar con la superficie de soporte.
- Las superficies acristaladas deben evitar ser altamente reflectantes. En dichos casos se utilizarán indicadores visuales.
- Toda la señalización deberá ser uniforme, marcando claramente su tipo: orientativa, informativa, entre otras.
- Toda superficie de maniobra frente a un elemento que sea manipulable, debe considerar una superficie mínima de giro, de diámetro igual o superior a 1500 mm.
- Las puertas cuya batiente se abre hacia las bandas de circulaciones principales, así como aquellas en donde ingresen usuarios, deberán abrirse hacia afuera del espacio de estancia, sin interrumpir o bloquear la banda de circulación principal para la evacuación (remitirse a normativa de seguridad correspondiente según las necesidades particulares).
- La disposición de las puertas en los cuartos de baño y aseos, así como baterías sanitarias, deben ser de tal forma que su batiente se abra hacia afuera de los cubículos.
- El mobiliario arquitectónico, así como el urbano, deben ubicarse de tal manera que no interrumpan el área de circulación de cada uno de los espacios de la edificación.
- Para la seguridad y procedimientos de evacuación, se recomienda planificar una zona de rescate asistido adyacente al ingreso de las escaleras en cada planta. Para mayor información técnica, remitirse a la NTE INEN ISO 21542

Circulación:

- Para todos los dispositivos electromecánicos de circulación horizontal y vertical, se deberán tomar en cuenta todas sus especificaciones de seguridad industrial,
- En escaleras con un ancho superior a los 2700 mm. se recomienda generar una banda de circulación de 1000 mm. a un costado de la misma, la cual poseerá pasamanos a doble altura a ambos lados.

Espacios:

- El diseño de un dormitorio accesible debe incluir un baño accesible (las particularidades del mismo dependerán de las necesidades del mismo).
- Debe planificarse por lo menos un baño accesible por cada 10 unidades o fracción de inodoros instalados, en las zonas de acceso a los usuarios. Además, dentro de las baterías sanitarias, se recomienda la planificación de un espacio destinado para el uso de niños y niñas, en el cual, la altura máxima del lavamanos debe ser de 600 mm., la altura del asiento del inodoro debe estar comprendida entre 205 - 380 mm. y la distancia entre el eje longitudinal del inodoro y la pared adyacente más cercana, debe estar comprendida entre 305 - 380 mm,
- En hoteles, residencia de estudiantes, apartamento turístico o alojamiento similares, debe planificarse por lo menos un alojamiento accesible por cada 50 unidades de alojamiento o fracción.
- Los vestuarios accesibles deben encontrarse a una distancia máxima de 25 m. de las piscinas, gimnasios o similares.
- Las localidades reservadas para las personas con discapacidad deben ubicarse cercanas a los accesos, rampas y rutas de evacuación.
- Los parqueaderos accesibles no deben exceder los 50 m. de distancia al ingreso de la edificación.

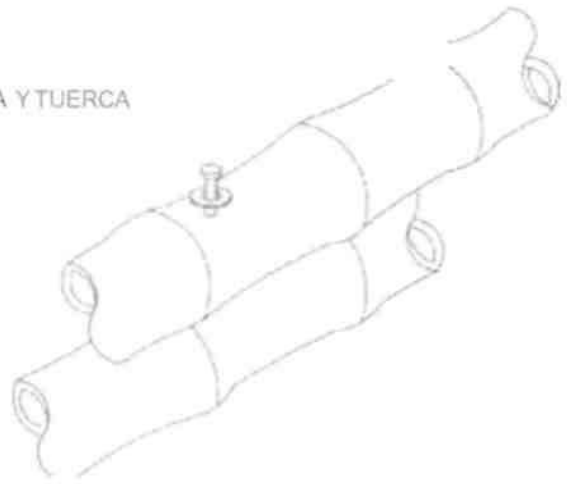
Elementos Urbanos:

- La ubicación de las paradas de transporte público, no deben exceder los 200 m. de distancia al ingreso a los equipamientos de mayor interés.
- Las paradas de transporte deben poseer cubierta, asientos de espera y un área reservada de 1500 x 1500 mm para personas usuarias en silla de ruedas o coches de bebés.
- Se recomienda el color amarillo para la pintura de bordillos y elementos de seguridad. (7p)

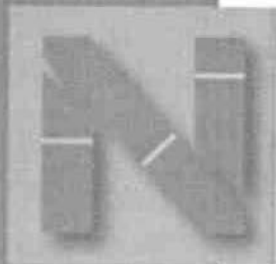
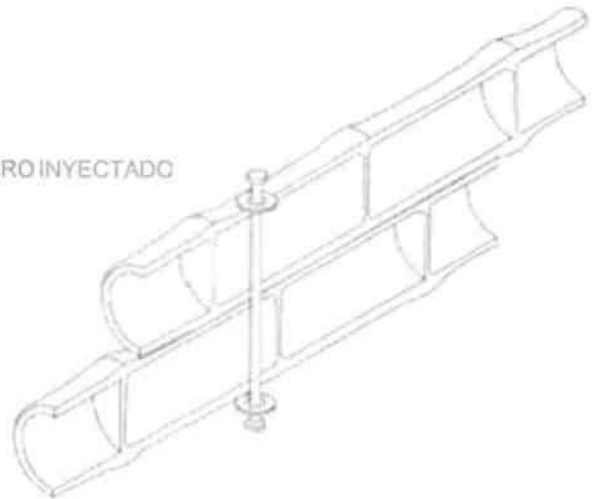
9. BIBLIOGRAFÍA

- Asociación Española de Normalización y Certificación. (2001). *UNE 41510 Accesibilidad en el urbanismo*. España: Madrid
- Corporación Ciudad Accesible. (2010) *Manual de Accesibilidad Universal*. (1ra ed.) Chile: Santiago de Chile
- Servicio Ecuatoriano de Normalización. (2014). *NTE-INEN-ISO 21542:2014 EDIFICACIÓN ACCESIBILIDAD DEL ENTORNO CONSTRUIDO*. (1ra ed.) Ecuador: Quito
- Instituto Ecuatoriano de Normalización, (s/f). *Normas INEN sobre Accesibilidad al Medio Físico*. Ecuador: Quito
- Ministerio de Fomento. (2010). *Documento Básico SUA, Seguridad de utilización y accesibilidad*. España: Madrid
- Organización de las Naciones Unidas. (2006). *Convención sobre los Derechos de las Personas con Discapacidad*.
- Secretaría Técnica para la Gestión Inclusiva en Discapacidades. (2015). *METODOLOGÍA PARA LA ELABORACIÓN DE PLANES DE ACCESIBILIDAD UNIVERSAL*. Ecuador: Quito
- Régimen Administrativo del Suela del Distrito Metropolitano de Quito (2011). Ordenanza Metropolitana 172. Ecuador: Quito/ti)

ARANDELA Y TUERCA



MORTERO INYECTADO



NORMA ANDINA PARA
DISEÑO
Y CONSTRUCCIÓN DE
CASAS DE UNO Y DOS
PISOS EN BAHAREQUE
ENCEMENTADO

1

Norma Andina para diseño y construcción de casas de uno y dos pisos en bahareque encementado

Red internacional para el Desarrollo del Bambú y el Ratán
Oficina para América Latina y el Caribe - INBAR,

Quito, Ecuador Abril 2015

NORMA ANDINA PARA DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE CASAS DE UNO Y DOS PISOS
EN BAHIA-REQUE ENCEMENTADO

RED INTERNACIONAL DE BAMBÚ Y RATÁN,
INBAR Oficina para América Latina y El
Caribe

Elaborado por el ING. LUIS FELIPE LÓPEZ MUÑOZ

Adaptación de contenidos: Arq. Andrea Jaramillo.

Diseñado por: Carlos Alberto Andrade. Quito.

Impreso en Quito, octubre del
2015 ISBN: 978-92-9-5098-73-2

Las denominaciones empleadas en esta publicación y la forma en que aparecen presentados los datos que contiene no implican por parte de la Red Internacional de Bambú y Ratán (INBAR) juicio alguno sobre la condición jurídica o nivel de desarrollo de países, territorios, ciudades o zonas, o de sus autoridades, ni respecto de la delimitación de sus fronteras o límites. La mención de empresas o productos de fabricantes en particular, están o no patentados, no implica que INBAR apruebe o recomiende de preferencia a otros de naturaleza similar que no se mencionan.

Todos los derechos reservados, INBAR fomenta la reproducción y difusión del material contenido en este producto informativo. Su uso para fines no comerciales se autorizará de forma gratuita previa solicitud. La reproducción para la reventa u otros fines comerciales, incluidos fines educativos, podría estar sujeta a pago de tarifas. Las solicitudes de autorización para reproducir o difundir material de cuyos derechos de autor sea titular INBAR y toda consulta relativa a derechos y licencias deberán dirigirse por correo electrónico a info@inbar.int

La Red Internacional de Bambú y Ratán (INBAR) es una organización intergubernamental establecida en 1997, que cuenta con 41 estados miembros, dedicada a promover el desarrollo social, económico y ambiental del bambú y ratán.

INBAR juega un rol fundamental en la búsqueda y demostración de formas innovadoras para usar el bambú a través de proyectos para proteger el paisaje, la biodiversidad, reducir la pobreza, y facilitar un comercio responsable entre los actores de la cadena. INBAR conecta una red global de plataformas público-privadas, a través de aliados gubernamentales, iniciativas privadas y sectores sin fines de lucro en más de 50 países para definir y poner en práctica una agenda global para el desarrollo sostenible a través de bambú y ratán,

International Network for Bamboo and Rattan (INBAR)
P.O.Box100102-86
Beijing100102,P.R.China
Tel:00 86 10 64706161 Fax: 00 86 10 64702166
Email:info@inbar.int

ÍNDICE

PRESENTACIÓN

1. INTRODUCCIÓN

2. REFERENCIA NORMATIVA

3. DEFINICIONES

4. ALCANCE

5. GENERALIDADES

- 5.1 Definición
- 5.2 Componentes principales del sistema constructivo

6. MATERIALES

- 6.1 Bambú Guadua
- 6.2 Madera
- 6.3 Mortero
- 6.4 Unidades de mampostería
- 6.5 Hormigón
- 6.6 Acero de refuerzo
- 6.7 Mallas de refuerzo del enlucido

7. CRITERIOS BÁSICOS DEL PLANEAMIENTO ESTRUCTURAL

- 7.1 Sistema principal de resistencia a cargas laterales (sismo y viento)
- 7.2 Disposición de muros estructurales
- 7.3 Simetría
- 7.4 Integridad estructural
- 7.5 Adiciones en otros materiales diferentes al bahareque
- 7.6 Juntas sísmicas
- 7.7 Sobre peso a nivel de cubierta

8. CIMENTACIONES

- 8.1 Generalidades
- 8.2 Estructuración de los cimientos

9. MUROS DE BAHAREQUE ENCEMENTADO

- 9.1 Composición de muros
- 9.2 Clasificación de muros
- 9.3 Longitud de muros en cada dirección

10. COLUMNAS DE BAMBÚ GUADUA

- 10.1 Ubicación y diseño de columnas
- 10.2 Carga admisible para columnas de Bambú Guadua

11. DIAFRAGMAS HORIZONTALES

- 11.1 Entrepisos de madera
- 11.2 Entrepisos de Guadua
- 11.3 Configuración de entrepisos
- 11.4 Balcones y elementos en voladizo
- 11.5 Ventilación de entrepisos

12. ESTRUCTURA DE CUBIERTA

- 12.1 Composición de cubierta
- 12.2 Estructura de cubierta en madera
- 12.3 Estructura de cubierta en Guadua

13. UNIONES

- 13.1 Tipos de cortes en uniones de elementos de Bambú Guadua
- 13.2 Tipos de uniones
- 13.3 Tipos de uniones de acuerdo con la función

14. ANEXO A. PROCEDIMIENTO DETALLADO DE DISEÑO ESTRUCTURAL DE CASAS DE BAHAREQUE DE UNO Y DOS PISOS

- 14.1 Alcance
- 14.2 Procedimiento de diseño
- 14.3 Solicitaciones consideradas
- 14.4 Período fundamental de la edificación
- 14.5 Fuerzas de viento
- 14.6 Distribución de fuerzas
- 14.7 Resistencia al corte de muros de bahareque encementado
- 14.8 Sistema de muros
- 14.9 Vuelco

BIBLIOGRAFÍA

Presentación

El bambú es un recurso que se ha usado ancestralmente para la edificación de viviendas, tanto en zonas rurales y urbanas, así como en zonas templadas y tropicales. La existencia de técnicas constructivas como el bahareque y la quincha son usadas por maestros de la construcción con base en el conocimiento tradicional que se ha ido perfeccionando con los años.

Gran parte de los centros históricos de las ciudades grandes y pequeñas de América Latina han usado el bambú como un componente en su edificación; las casonas de Lima, Guayaquil, Quito, el eje cafetero en Colombia, muestran con el pasar de los años el alma de su sistema constructivo, destacándose la Guadua en forma de caña picada, esterillas o caña chancada.

Colombia ha sido un país pionero en la investigación de estas edificaciones que usan bambú y es ahí donde se han desarrollado las primeras normativas para sustentar técnicamente el uso de la Guadua para la edificación de viviendas.

A lo largo de la región existe un gran interés por tener acceso a información que permita conocer y tener los elementos suficientes para desarrollar normas nacionales que formalicen la construcción con bambú. El presente documento, trata de responder a estas demandas y de alguna forma pretende asegurar la masificación y diseminación de estándares de construcción que formalicen y garanticen que las viviendas con bambú sean seguras, estables y saludables.

Gran parte de las construcciones (infraestructura hotelera, viviendas rurales y peri-urbanal de Colombia, Ecuador y Perú, toman como elemento principal al bambú. Sin embargo, al no contar con una norma técnica que soporte y argumente el proceso constructivo, la mayoría de estas edificaciones se consideran ilegales, esta es otra razón que justifica la pertinencia de contar con una normativa que garantice la calidad de los sistemas constructivos con bambú.

Este documento se ha desarrollado en varias etapas:

Diciembre, 2011. INBAR desarrolla un primer borrador elaborado por el Arq. Jorge Moran Ubidia que es compartido con Cámaras de la Industria de la Construcción, Universidades y un grupo de trabajo constituido por profesionales de la construcción. Este ejercicio nos permitió identificar los intereses del sector y dio paso a una reestructuración del documento, con una posible incorporación del componente de diseño estructural.

Marzo, 2012, Se solicita a INBAR incorpore en la propuesta un capítulo sobre diseño estructural. En el 2013 se presenta una nueva propuesta realizada por Luis Felipe López que incluye el capítulo de diseño estructural tomando como referencia la Norma Colombiana de Construcción sísmo resistente con Bahareque Encementado y la Norma Peruana E-100 para construcción con Bambú, para esto INBAR contactó al especialista regional, autor del instrumento normativo de Colombia y que participó en la revisión del Instrumento normativo en Perú. Enero 22, abril 2 y julio 11 del 2014, la norma es presentada y socializada y nuevamente se recogen observaciones a la misma.

Finalmente, con estas observaciones hemos llegado a contar con este documento con la finalidad de que se convierta en una guía de los principios que se tienen que considerar cuando se construye una edificación con bambú.

Invitamos a todos a usar este material y tomarlo como base para elaboración de normativas nacionales de sus respectivos países, así como para construir y proponer cambios al mismo, />

1. Introducción

La presente norma tiene como fin presentar los requisitos mínimos que se requieren para el diseño y construcción sismo resistente de viviendas construidas con muros de bahareque encementado en los países del área Andina (Colombia, Ecuador y Perú). Los requisitos aquí expuestos son de índole general y están dirigidos a todos los profesionales de la ingeniería y la arquitectura que se dediquen al diseño y construcción de viviendas. Para el uso de esta norma no se requiere de un ingeniero especialista en estructuras, solamente de un profesional en ingeniería, arquitectura y profesiones afines. Si los requerimientos presentados en esta norma se siguen correctamente, se garantizará un adecuado funcionamiento de la vivienda ante cargas verticales y ante carga laterales.

Esta norma está dirigida al diseño estructural de viviendas de uno y dos pisos para uso familiar, hasta de máximo 15 unidades de vivienda o 3000 m², para proyectos de más de 15 unidades o 3000 m², se requerirá de la supervisión de un ingeniero estructural certificado.

- La norma contiene los requisitos mínimos necesarios para otorgar a las casas de bahareque encementado, con uno y dos pisos, un grado de sismo resistencia tal que minimice la posibilidad de que la construcción colapse durante eventos sísmicos fuertes de baja probabilidad de ocurrencia, que sufra daños estructurales mínimos durante eventos sísmicos moderados y que no sufra daños estructurales durante eventos sísmicos leves de alta probabilidad de ocurrencia e igualmente para eventos eólicos.

2. Referencia normativa

Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10, Título E, Casas de uno y dos pisos y Título G estructuras de madera, estructuras de Guadua, 2010
Norma Técnica E.100 Bambú, Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento del Perú, 2009.
Norma ISO 22156:2004 Bamboo - Structural Design.
Norma 150/22157-1:2004 Bamboo - Determination of physical and mechanical properties- Part 1: Requirements.
Norma 150/22157-2:2004 Bamboo - Determination of physical and mechanical properties - Part 2: Laboratory manual. Z
Norma Técnica Colombiana NTC 5301 - Preservación y secado del culmo de Guadua Angustifolia Kunth.
Norma Técnica Colombiana NTC 5407 - Uniones de estructuras con Guadua Angustifolia Kunth.
Norma Técnica Colombiana NTC 5525 - Métodos de ensayo para determinar las propiedades físicas y mecánicas de la Guadua Angustifolia Kunth.
Manual de diseño para maderas del grupo andino, Junta del acuerdo de Cartagena PDAT-REFORT, 1984.

3. Definiciones

<i>Acabado</i>	Estado final, natural o artificial, en la superficie de una pieza de madera.
<i>Guadua</i>	Estado final del recubrimiento.
<i>Acción conjunta</i>	Participación de varios elementos estructurales con separación no mayor a 600 mm para soportar una carga o sistema de cargas.
Afirmado	(<i>material de mejoramiento, recebo compactado</i>) Material granular seleccionado de relleno, que se coloca entre el suelo natural y el entrepiso. Este material debe compactarse en forma adecuada.
<i>Arandela</i>	Pieza metálica en forma de corona, utilizada en uniones empernadas para repartir la fuerza en un área mayor.
<i>Aserrado</i>	Proceso mediante el cual se corta una troza (un tronco) para obtener piezas de madera de sección transversal cuadrada o rectangular.
<i>Basa</i>	Segundo segmento del culmo de Guadua, a continuación de la cepa, con longitud entre 4 y 6 m.
<i>Cabio</i>	Vigueta de cubierta puesta en el sentido de la pendiente, también se le conoce con el nombre de alfarda.
<i>Caña picada</i>	(<i>esterilla en Colombia o caña chancada en Perú</i>) Estera que se forma después de realizar incisiones longitudinales al culmo de Guadua en estado verde y de abrirla en forma plana.
<i>Carrera</i>	Solera superior que corona una estructura de muros, también se le llama solera superior.
Cepa o Para	Primer segmento basal del culmo de Guadua con longitudes que fluctúan entre 3 a 4 m; es la parte de la Guadua que presenta el mayor diámetro y el mayor espesor de pared.
<i>Cercha</i>	Es un elemento estructural reticulado destinado a recibir y trasladar a los muros portantes las cargas de cubierta. Tiene una función equivalente a la de una correa o vigueta de cubierta. <i>Cimentación</i> Entramado (malla o retícula) de vigas de hormigón reforzado que transfiere las cargas de la superestructura al suelo.
<i>Columna en madera o columna en Guadua</i>	Pieza, generalmente vertical, cuyo trabajo principal es a compresión.
<i>Conicidad</i>	Se define como la diferencia de los promedios de los diámetros en los extremos del culmo de bambú Guadua, dividida por la longitud entre ellos.
<i>Contracción</i>	Reducción de las dimensiones de una pieza de madera o Guadua causada por la disminución del contenido de humedad.
<i>Correa</i>	Elemento horizontal componente de la estructura de la cubierta, también se le conoce como vigueta de cubierta o tirante.
<i>Cuadrante</i>	Elemento que se pone diagonalmente para conformar una forma triangular cerrada en las esquinas de entrepisos y cubiertas, para limitar la deformación, en su propio plano, de los diafragmas.
<i>Culata</i>	Parte del muro que configura el espacio entre la cubierta y los dinteles y que remata con la pendiente de la cubierta. También se denomina cuchilla.
<i>Culmo</i>	Tallo del bambú, formado por nudos y entrenudos, que emerge del rizoma; es el equivalente al tallo de un árbol.

<i>Diafragma</i>	Elemento estructural (entrepiso o cubierta) que reparte las fuerzas inerciales laterales a los elementos verticales del sistema de resistencia sísmica (muros).
<i>Distancia eje a eje</i>	Distancia del eje de un elemento al eje del elemento adyacente, por ejemplo distancia entre viguetas o entre pies derechos.
<i>Densidad básica (DB)</i>	Se define como el cociente entre la masa en estado anhidro (Guadua seca al horno) y el volumen de la Guadua en estado verde (W).
<i>Distancia al extremo</i>	Distancia del centro de un elemento de unión (conector) a la punta de la pieza de Guadua.
<i>Elementos especiales de cimentación</i>	Son elementos atípicos en este título y que resuelven de manera particular problemas específicos de una construcción en su cimentación tales como pilotes, micropilotes, realces, muros de contención y plataformas de suelo mejorado.
<i>Bementos suplementarios de cimentación</i>	Son elementos que complementan el trabajo de la cimentación en su función de transferencia de cargas hacia el suelo, tales como elementos de cierre de los anillos en la malla, elementos de estabilidad de elementos medianeros, etc.
<i>Enlucido</i>	<i>(pañete, revoque)</i> Mortero de acabado para la superficie de un muro. También se denomina mortero de alisado.
<i>Entramado</i>	Sistema estructural primario de los muros de bahareque, corresponde a marcos hechos de bambú Guadua o de una combinación de bambú Guadua con madera.
<i>Entrenudo</i>	Porción del culmo comprendida entre dos nudos; también se le conoce como canuto o cañuto, su longitud varía a lo largo del culmo y se va incrementando en el entrenudo subsiguiente de la parte alta.
<i>Esterilla</i>	Estera que se forma después de realizar incisiones longitudinales al culmo de guadua en estado verde y de abrirla en forma plana, en Ecuador se conoce como caña picada en Perú como caña chancada
<i>Fibra</i>	Células alargadas con extremos puntiagudos y casi siempre con paredes gruesas.
<i>Hinchamiento</i>	Aumento de las dimensiones de una pieza de madera o bambú Guadua por causa del incremento de su contenido de humedad.
<i>Hormigón ciclópeo</i>	Hormigón con adición de agregado de tamaños mayores al corriente (sobretamaño). Confrep/so — (o losa base) Elemento de hormigón o mortero con arena o grava colocado sobre material de afirmado y que sirve de soporte al piso acabado,
<i>Madera y/o Guadua tratada</i>	Sometida a algún tipo de procedimiento, natural o químico, con el objeto de extraerle humedad y/o inmunizarla contra el ataque de insectos o pudrición.
<i>Malla expandida</i>	Malla que no se basa en tejer o soldar alambres sino que resulta de expandir una lámina metálica troquelada y perforada, también conocida como malla venada.
<i>Malla con vena estructural</i>	Malla fabricada a partir de lámina expandida y troquelada, con resaltes continuos que la hacen autoportante.
<i>Malla de gallinero</i>	Malla de alambre trenzado, con agujeros hexagonales con aberturas no superiores a 25.4 mm

Mortero	Mezcla de arena, cemento y agua, que para efectos de este Capítulo es utilizada para llenar los entrenudos en conexiones empernadas, también se utiliza para pegar ladrillos y enlucir muros o techos.
Muro	Elemento laminar vertical que soporta los diafragmas horizontales y transfiere cargas a las cimentaciones.
Muros de carga	Son muros que además de su peso propio llevan otras cargas verticales provenientes del entepiso y de la cubierta. Estos muros deben estar amarrados al diafragma y deben tener continuidad vertical.
Muros de rigidez	Son muros que sirven para resistir las fuerzas laterales en cada dirección principal de la edificación, Cuando son transversales a los muros de carga, sirven adicionalmente para reducir la esbeltez de estos. Estos muros deben estar amarrados al diafragma y deben tener continuidad vertical.
Muros divisorios (tabiques)	Son muros que no llevan más carga que su peso propio, no cumplen ninguna función estructural para cargas verticales u horizontales y por lo tanto pueden ser removidos sin comprometer la seguridad estructural del conjunto. No obstante, deben estar adheridos en su parte superior al sistema estructural, con el fin de evitar su vuelco ante la ocurrencia de un sismo.
Pie de amigo	Elementos oblicuos que transfieren cargas desde elementos horizontales a los elementos verticales.
Pie-derecho	(<i>montante</i>) elemento vertical que trabaja a compresión. Piezas verticales de los entramados o muros de corte, en muros de bahareque generalmente son de bambú Guadua y/o madera.
Preservación	Tratamiento para prevenir o contrarrestar la acción de organismos destructores de la Guadua o la madera, como Insectos y hongos.
Preservante	Sustancia química que se aplica para prevenir o contrarrestar por un periodo de tiempo, la acción de alguno o varios tipos de organismos capaces de destruir o afectar la madera o el bambú Guadua.
Putrición	Este tipo de defecto corresponde a la descomposición de los culmos de Guadua por ataque de agentes biológicos o humedad, que producen cambios en su apariencia, color y propiedades físicas y mecánicas.
Retiro	Espacio obligatorio entre construcción y el límite del lote o entre dos construcciones.
Recubrimiento	Vaciado suplementario sobre una placa prefabricada que beneficia su trabajo como diafragma.
Recubrimiento de muros de bahareque encementado	
Riostra	Material que conforma las caras de un muro. Elemento que limita la deformabilidad de una estructura o de componentes de una estructura, generalmente se ponen en las esquinas de los muros en ángulos que van de los 30° a los 60°, pueden ser de bambú, madera o metálicas.
Rollizo/o Secado	Estado cilíndrico natural de los tallos de Guadua o madera. Proceso natural o artificial mediante el cual se reduce el contenido de humedad de la madera o Guadua.
Sección transversal	Es aquella sección que resulta de cortar una Guadua en sentido perpendicular a las fibras.
Sobrebasa	Tallo comercial, que corresponde al tercer segmento del culmo de Guadua, localizado a continuación de la basa con longitudes hasta de 4m .
Solera	En muros de bahareque encementado, es el elemento horizontal que sirve de base a la estructura de un muro e Integra las cargas de los

<i>Tuerca</i>	pié-derechos. Complemento metálico, generalmente hexagonal, provisto de cabeza y rosca helicoidal incorporada,
<i>Varillón</i>	Segmento terminal delculmode Guadua, localizadoacontinuación de la sobrebasa, con longitudes hasta de 4 m. Se utiliza tradicionalmente en cubiertas como soporte de tejas de barro.
<i>Viga</i>	Pieza cuyo trabajo principal es la flexión
<i>Viga de sección compuesta</i>	Viga conformada por dos o más Guaduas conectadas entre si por medio de pernos o varilla roscada.
<i>Viga en madera o viga en Guadua</i>	Pieza, generalmente horizontal, cuyo trabajo principal es a flexión.
<i>Vigueta</i>	Elemento estructural secundario de la cubierta o entrepiso, que trabaja a flexión y cortante.
<i>Zuncho</i>	Abrazadera metálica que envuelve la circunferencia de la Guadua.

-

4. Alcance

En esta norma se dan los requisitos mínimos que se deben seguir en el diseño y construcción de viviendas de uno y dos pisos, realizadas en bahareque encementado, que sean para uso de vivienda y que formen parte de programas de máximo 15 viviendas y menos de 3000 m² de área construida.

No se permitirán muros de mampostería u hormigón en el nivel superior de las edificaciones. Para el diseño y construcción de programas de viviendas de uno y dos pisos con más de 15 unidades o más de 3000 m² de área construida, se requiere la realización de estudios completos de análisis y diseño estructural de acuerdo con el siguiente derrotero:

- (a) Estudios geotécnicos de acuerdo con los requisitos de las Normas de Construcción, (b) Cimentaciones en hormigón/concreto de acuerdo al diseño de estructuras de hormigón/concreto.
- (c) Sobre-cimentaciones en hormigón/concreto al diseño de estructuras de hormigón/ concreto.
- (d) Sobre cimentaciones en mampostería de acuerdo al diseño de estructuras de mampostería.
- (e) Análisis estructural de acuerdo con las previsiones de diseño sísmo resistente de la norma, los requerimientos para cálculo de cargas de la norma, y los requisitos de análisis del Anexo A de la presente norma
- (f) Diseño y construcción de entrepisos y cubiertas de madera, de acuerdo con los requisitos para diseño y construcción especificados en la norma de madera.
- (g) Diseño y construcción de los componentes en bahareque encementado, no reglamentados por lo anterior, se llevará a cabo con base en lo establecido en el presente capítulo.

5. Generalidades

5.1 Definición

El bahareque encementado es un sistema estructural de muros que se basa en la fabricación de paredes construidas con un esqueleto de bambú Guadua, o bambú Guadua y madera, cubierto con un revoque (enlucido/pañete) de mortero de cemento aplicado sobre malla de alambre (malla de gallinero o malla expandida o venada), clavada en caña picada, chancada o esterilla que, a su vez, se clava sobre el esqueleto del muro, ver Ilustración 1.

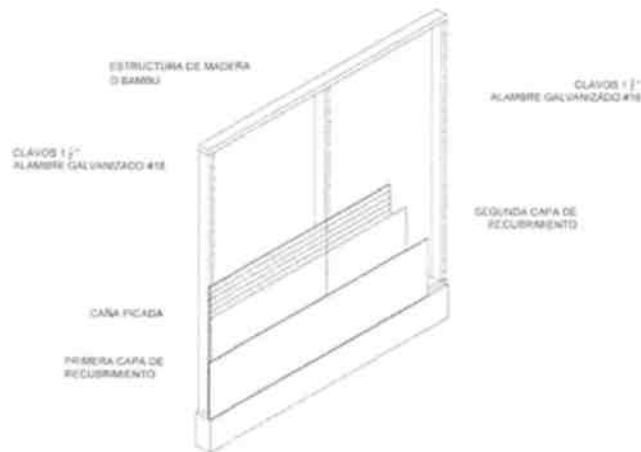


Ilustración 1 Componentes del muro de bahareque encementado (INBAR, 2011)

5.2 Componentes principales del sistema constructivo

El bahareque encementado es un sistema constituido por dos partes principales: el entramado o esqueleto y el recubrimiento o enlucido. Ambas partes se combinan para conformar un sistema estructural compuesto del tipo emparedado.

5.2.1 Entramado

El entramado está constituido por dos soleras o elementos horizontales, uno inferior y el otro superior, y pie-derechos o elementos verticales, conectados entre sí con clavos o tornillos tirafondo o varillas roscadas. El marco del entramado, es decir las soleras y los pie-derechos exteriores, pueden construirse con Guadua o con madera aserrada. El resto del entramado se construye con Guadua. Puede contener diagonales, ver Ilustración

5.2.2 Recubrimiento

El recubrimiento (enlucido) se fabrica con mortero de cemento aplicado sobre malla de alambre. La malla debe estar clavada sobre la caña picada, o sobre un entablado de madera. La caña picada debe ir anclada a los pie-derechos mediante clavos y alambre galvanizado trenzado entre los clavos, también se puede fabricar el recubrimiento utilizando malla expandida o malla troquelada para enlucido directamente clavada a los pie-derechos, sobre la cual se aplica el mortero de cemento, ver Ilustración 2.

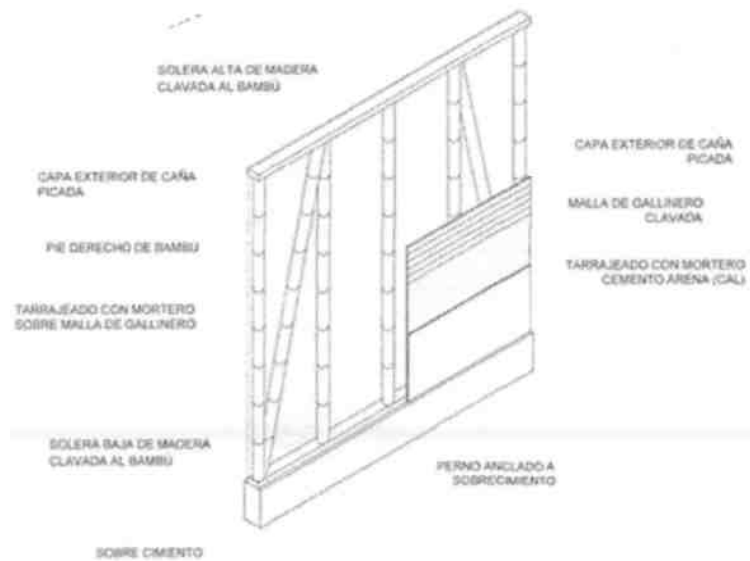


Ilustración 2 Entramado y recubrimientos del muro de barro a re que en cementado o (Ministerio de la vivienda, construcción y saneamiento del Perú, 2012)

6. Materiales

6.1 Bambú Guadua

La especie de bambú utilizado para la fabricación de los muros de bahareque encementado es la *Guadua angustifolia Kunth*, conocida vulgarmente como Guadua, caña Guadúa o caña de Guayaquil, la norma solamente contempla la utilización de esta especie.

6.1.1 Requisitos de calidad de la Guadua para uso estructural

La Guadua rolliza utilizada como elemento de soporte estructural en forma de columna, viga, vigueta, pie-derecho, entramados, entresijos etc., debe cumplir con los siguientes requisitos de calidad:

- (a) La Guadua debe ser de la especie *Guadua angustifolia Kunth*. La presente norma no contempla la posibilidad de utilizar otras especies de bambúes como elemento estructural.
- (b) La edad de cosecha para Guadua estructural debe estar entre los 3 y los 6 años.
- (c) La Guadua debe estar seca, lo que significa que su contenido de humedad debe estar por debajo del 19%.
- (d) El contenido de humedad de la Guadua debe corresponder con el contenido de humedad de equilibrio del lugar. Para garantizar esto la Guadua seca debe estar en el lugar de la obra por lo menos 15 o 20 días antes de usarse como elemento estructural.
- (e) La Guadua estructural debe estar adecuadamente preservada por medio de métodos químicos que eviten la presencia de insectos xilófagos y de hongos.

6.1.2 Clasificación visual por defectos de la Guadua

Con el fin de poder seleccionar el material óptimo para la construcción de viviendas de bahareque encementado, se presentan a continuación algunos aspectos que se deben tener en cuenta:

- (a) Guaduas curvadas o torcidas - Las piezas de Guadua estructural que trabajen como elementos estructurales principales o como viguetas de entresijo no pueden presentar una deformación inicial del eje mayor al 1.5% de la longitud del elemento, para Guaduas que se utilizaran como pie-derechos la deformación inicial podrá ser hasta del 2.0%. Esta deformación se reconoce al colocar la pieza sobre una superficie plana y observar si existe separación entre la superficie de apoyo y la pieza, ver Ilustración 3.

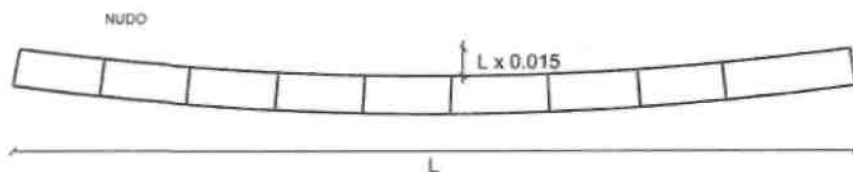


Ilustración 3. Guadua curvada o torcida

(b) **Conicidad** - Debido a que la Guadua es un material natural y su diámetro va disminuyendo constantemente a lo largo del tallo, se entiende que la conicidad hace parte de su anatomía, no obstante se deben poner algunos límites a esta diferencia entre diámetros, en la Tabla 1 se muestran los límites máximos permitidos para cada una de las partes comerciales de la Guadua, tomados como el porcentaje de la diferencia entre el diámetro inferior y el superior dividido por la longitud de la pieza.

$$\%con = \frac{(D_+ - D_-)}{L} * 100 \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde:
 %con: Porcentaje de conicidad de la pieza en %
 Dj: Diámetro mayor en mm
 D: Diámetro menor en mm
 L: Longitud de la pieza de Guadua en mm

Tabla 1 Conicidad admisible de guaduas.

Parte de la guadua	% Conicidad
Cepa	0.17%
Basa	0.33%
Sobre basa	0,50%

(c) **Fallas por compresión** - Las piezas de Guadua estructural no pueden presentar arrugas perimétrales que evidencien una falla debida a compresión durante la vida de la Guadua, si se presenta este tipo de falla se deberá cortar la parte fallada de la pieza, pero el cesto podrá ser usada si cumple con los demás requisitos de clasificación visual.

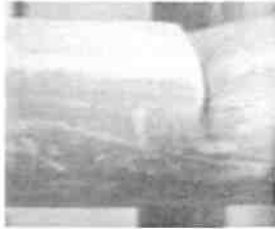


Ilustración 4* Falla a compresión

- (d) **Fisuras** - El Bambú Guadua es un material que tiende a agrietarse naturalmente debido a la diferencia en la densidad de sus paredes ,no obstante se deben establecer algunos límites para el tamaño y la idealización de las grietas, ver Tabla 2.

Tabla 2 Límites de fisuras en Guadua

Tipo	Se permite	Límites	Recomendacion
Grieta longitudinal	SE	La grieta debe estar contenida entre dos nudos, si la grieta pasa al cañuto siguiente no debe tener una longitud superior al 20% de la pieza.	Si la Guadua presenta fisuras después de instalada, estas pueden ser tratadas por medio de abrazaderas o zunchos metálicos

- (e) **Perforaciones por insectos** - Si una Guadua es atacada antes de ser utilizada en una estructura por insectos, esta no podrá ser usada en la estructura.
- (f) **Pudrición por hongos** - No se aceptan Guaduas que presenten algún grado de pudrición.

6.2 Madera

Para el armado de los entramados de los muros se pueden usar maderas de los grupos estructurales A, B y C según lo estipulado en el "Manual de Diseño para Maderas del Grupo Andino".

6.2.1 Requisitos de calidad para madera

La madera aserrada usada como soleras, viguetas, vigas o columnas dentro de la edificación de bahareque en cementado debe cumplir con los siguientes requisitos.

- Se acepta la utilización de cualquier especie de madera conífera o latifoliada (blanda o dura) que tenga una densidad básica de más 0.37.
- Se deben usar maderas de especies que estén estudiadas y a las cuales se les conozca sus propiedades físicas y mecánicas
- Toda la madera usada como elemento estructural dentro de la edificación debe estar debidamente inmunizada, en especial las soleras inferiores de los múrusele primer piso las cuales deben tener una inmunización con CCA a vacío presión.

6.2.2 Clasificación visual por defectos para madera estructura

La clasificación visual por defectos para madera estructural se hará según lo estipulado en el "Manual de Diseño para Maderas del Grupo Andino" capítulo 3 numeral 3.4.7.

6.3 Mortero

Los morteros utilizados en construcciones de Bahareque deben cumplir la norma (ASTM C270), Los morteros deben tener buena plasticidad, consistencia y ser capaces de retener el agua mínima para la hidratación del cemento y, además, garantizar su adherencia con las unidades de mampostería para desarrollar su acción cementante, en el caso de sobrecimientos de mampostería.

6.3.1 Mortero de Enlucido

6.3.1.1 Dosificación del mortero para enlucido o revoque

La dosificación mínima para morteros de enlucido será de 1 unidad de cementante por 4 unidades de arena, garantizando una resistencia mínima de $f_{cr}=7.5\text{MPa}$, se debe aplicar en dos capas; la primera más fluida para que se adhiera a la malla y la segunda más seca para el acabado final.

6.3.1.2 Uso de la cal

La cal que se utilice en la preparación del mortero debe ser cal hidratada y se debe verificar que ésta no sea perjudicial a ninguna de las propiedades especificadas.

6.3.1.3 Agregados

Los agregados para el mortero deben cumplir la norma ASTM C144 y estar libres de materiales contaminantes o deleznable que puedan deteriorar las propiedades del mortero.

6.3.1.4 Agua

El agua utilizada para el mortero de pega debe estar limpia y libre de cantidades perjudiciales de aceite, ácidos, alcoholes, sales, materias orgánicas u otras sustancias que puedan ser dañinas para el mortero o la malla embebida.

6.3.f.5Colorantes y aditivos

Los colorantes y aditivos que se utilicen en la preparación del mortero de enlucido deben someterse a la aprobación previa del supervisor y debe de mostrarse mediante realización de ensayos de laboratorio o evidencia confiable de obras similares, que no deterioran ninguna de las propiedades deseables del mortero, ni causan corrosión del refuerzo embebido.

6.3.1.6 Preparación en obra

La preparación del mortero de pega con las dosificaciones establecidas previamente, debe hacerse utilizando mezcladoras mecánicas apropiadas en seco o con el agua de amasado suficiente para obtener la plasticidad requerida. Cuando se mezclen los componentes en seco, la adición de agua se debe realizar por el albañil hasta obtener la plasticidad y consistencia requeridas. El tiempo de mezclado debe ser el suficiente para obtener uniformidad sin segregación en la mezcla. La preparación manual sólo se admite para trabajos de obras menores de hasta 3 viviendas.

6.3.2 Mortero de relleno de cañutos de Guadua

Generalmente cuando una Guadua es atravesado por un perno en una conexión cuando se requiere instalar una varilla embebida a lo largo del eje neutro de la Guadua se requiere del relleno de los cañutos por los cuales pasa el perno o la varilla roscada, esto se realiza con el fin de evitar el aplastamiento de la Guadua o para darle mayor resistencia a la conexión.

6.3.2.1 Requisitos generales

Los morteros de relleno utilizados para rellenar los cañutos de Guadua deben cumplir la norma ASTM C476, Deben ser de buena consistencia y con fluidez suficiente para penetrar los entrenudos sin segregación.

6.3.2.2 Dosificación

La dosificación mínima para morteros de relleno será de 1 unidad de cementante por 3 unidades de arena máximo, garantizando una resistencia mínima de $f'_{cr}=9.0$ MPa, para una óptima inyección del mortero se recomienda la utilización de agregado fino (arena).

6.4 Unidades de mampostería

En la construcción de viviendas de bahareque encementado es obligatorio la construcción de un sobrecimiento, el cual cumple la función de levantar el entramado de bahareque del nivel del terreno, previniendo la acción de la humedad, dicho sobrecimiento puede ser de mampostería.

6.4.1 Tipos de unidades de mampostería

Las unidades de mampostería que se utilicen en los sobrecimientos pueden ser de hormigón, cerámica (arcilla cocida), silico-calcáreas o de piedra. Las unidades pueden ser de perforación vertical o sólidas. Las unidades sólidas son aquellas cuyas cavidades ocupan menos de un 25% del volumen de la pieza.

6.5 Hormigón

En construcciones de bahareque encementado, solo se usa hormigón en el diafragma de cimentación, el hormigón usado debe tener una resistencia mínima de $f_c=21$ MPa.

6.6 Acero de refuerzo

El acero de refuerzo longitudinal debe ser corrugado. En ningún caso, el acero de refuerzo puede tener un límite de fluencia, f_y inferior a 240 MPa.

6.7 Mallas de refuerzo del enlucido

Podrán usarse los siguientes tipos:

- (a) Malla de gallinero-malla de alambre trenzado con diámetro máximo de 1,25 mm (BWG calibre 18), de abertura hexagonal no mayor a 25,4 mm,
- (b) Malla de alambre electrosoldado con diámetro máximo de 1,25 mm (BWG calibre 18), de abertura cuadrada no mayor a 25,4 mm.
- (c) Malla de enlucido de lámina metálica expandida, sin vena estructural.
- (d) Malla de enlucido de lámina metálica expandida, con vena estructural.

Las mallas (a), (b) y (c) se deberán soportar con caña picada, las mallas (d) se podrán .aporte de la caña picada.

7. Criterios básicos del planeamiento estructural

El buen comportamiento sísmico y eólico de una edificación de uno y dos pisos depende, en gran parte, de que en su planeamiento estructural se sigan algunos criterios generales apropiados, entre los cuales los más relevantes se indican a continuación:

7.1 Sistema principal de resistencia a cargas laterales (sismo y viento)

El sistema de resistencia sísmica para las casas contempladas en este capítulo, debe garantizar un comportamiento adecuado, tanto individual como de conjunto, ante cargas verticales y horizontales. Esto se logra por medio de los siguientes mecanismos:

- a. Un conjunto de muros estructurales dispuestos de tal manera que provean suficiente resistencia ante los efectos sísmicos y eólicos horizontales en las dos direcciones principales en planta, teniendo en cuenta sólo la rigidez longitudinal de cada muro. Los muros estructurales sirven para resistir las fuerzas laterales paralelas a su propio plano, desde el nivel donde se generan hasta la cimentación, las cargas verticales debidas a la cubierta y a los entresijos si los hay y su propio peso. Los muros estructurales deben diseñarse siguiendo las especificaciones dadas en los numerales 9.2, para muros de bahareque encementado.
- b. Un sistema de diafragmas que obligue al trabajo conjunto de los muros estructurales, mediante amarres que transmitan a cada muro la fuerza lateral que deba resistir. Los elementos de amarre para la acción de diafragma se deben ubicar dentro de la cubierta y los entresijos y diseñarse de acuerdo con las especificaciones dadas en el numeral 11.
- c. Un sistema de cimentación que transmita al suelo las cargas derivadas de la función estructural de cada muro. El sistema de cimentación debe tener una rigidez apropiada, de manera que se prevengan asentamientos diferenciales inconvenientes. El conjunto de cimientos debe constituir un diafragma y diseñarse de acuerdo con el numeral 8.

En la Ilustración 5, se puede apreciar cada uno de los componentes del sistema de resistencia a cargas laterales y verticales,

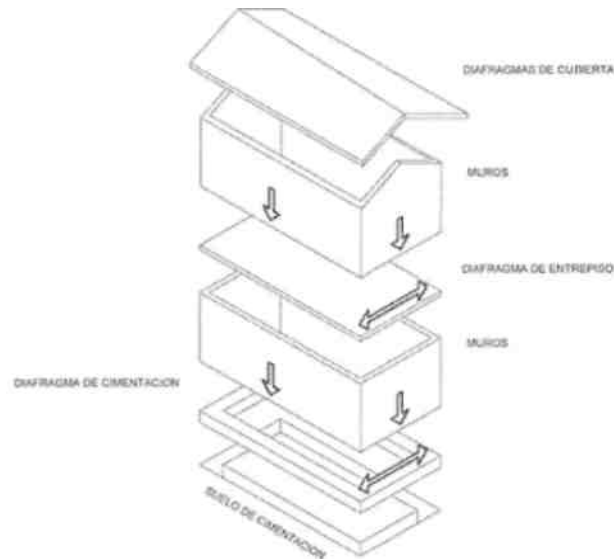


ilustración 5. Sistema principal de resistencia a cargas. (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2001)

7.2 Disposición de muros estructurales

Debido a que los muros individualmente resisten principalmente las cargas laterales paralelas a su plano, es necesaria la colocación de muros en dos direcciones ortogonales, o aproximadamente ortogonales, en planta. La longitud de los muros en las dos direcciones debe ser aproximadamente igual, ver Ilustración 6.

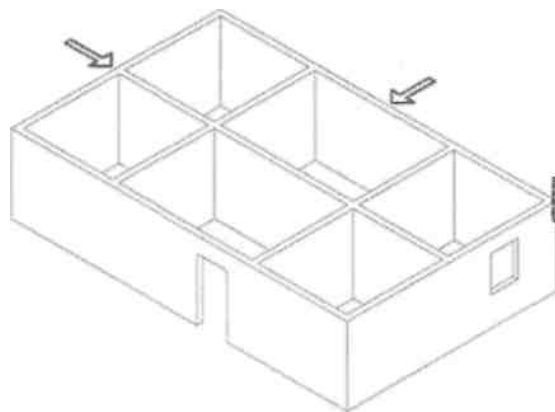


Ilustración 6 Disposición de muros estructurales (Asociación Colombiana de Ingeniería sísmica. 2001)

7.3 Simetría

Con el fin de evitar torsiones de toda la edificación, ésta debe tener una planta lo más simétrica posible. La edificación como un todo y los módulos que la conforman, deben ser simétricos con respecto a sus ejes. Cuando la planta asimétrica sea inevitable, la edificación debe dividirse en módulos independientes por medio de juntas, de tal manera que los módulos individuales sean simétricos. La distribución simétrica de los muros debe verificarse la ecuación 4.

7.4 Integridad estructural

7.4.1 General

Tanto la efectividad de los amarres en los diafragmas como el trabajo en conjunto de muros dependen de la continuidad vertical de los muros estructurales y de la regularidad de la estructura, tanto en planta como en altura. Por esta razón se debe tener en cuenta:

7.4.1.1 La continuidad vertical

Para considerar un muro como muro estructural, éste debe estar anclado a la cimentación. Cada muro estructural debe ser continuo entre la cimentación y el diafragma inmediatamente superior, sea el entrepiso o la cubierta. En casas de dos pisos, los muros estructurales que continúen a través del entrepiso deben, a su vez, ser continuos hasta la cubierta para poder considerarse estructurales en el segundo nivel, siempre y cuando no se reduzca su longitud en más de la mitad de la longitud que posee en el primer nivel y siempre y cuando se cumpla en cada nivel con los requerimientos de longitud mínima de muros dada en el numeral 9.3.1. Muros del segundo piso que no tengan continuidad hasta la cimentación no podrán considerarse como muros estructurales. Si un muro anclado a la cimentación continúa a través del entrepiso y es continuo hasta la cubierta, siendo su longitud mayor en el segundo piso que en el primero, será considerado como muro estructural del segundo piso, sólo en la longitud que tiene en el primer piso. En la ilustración 7, se puede apreciar que muros son continuos y cuáles no lo son.



Ilustración 7. Continuidad vertical de muros. (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2001)

7.4.1.2 La regularidad en planta

Debe evitarse la irregularidad geométrica en planta. Las formas irregulares podrán convertirse, por descomposición, en varias formas regulares, cumpliendo con la especificación para juntas sísmicas dada en el numeral 7.6, en la ilustración-8, se puede apreciar una planta irregular y su debida descomposición en plantas regulares,

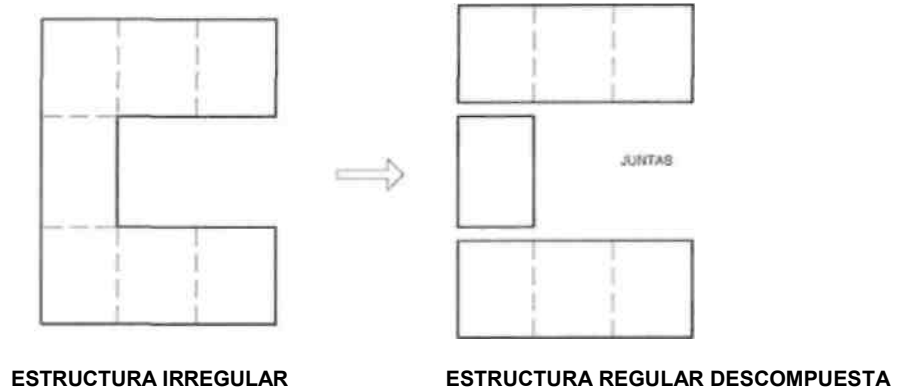


Ilustración 8. Irregularidad en planta (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2001)

Adicional a lo anterior también deben evitarse las plantas muy alargadas o con relaciones de aspecto en planta de más de 3 de un lado con respecto al otro, ver Ilustración 9.

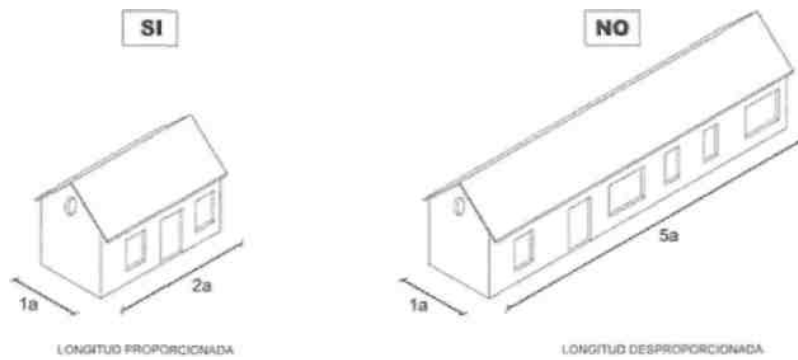


Ilustración 9. Relación de aspecto en planta (Asociación Colombiana de Ingeniería sísmica, 2001)

7.4.1.3 La regularidad en altura

Deben evitarse las irregularidades geométricas en alzado. Cuando la estructura tenga forma irregular en altura, podrá descomponerse en formas regulares aisladas, cumpliendo con la especificación para juntas sísmicas dada en el numeral 7.6, en la ilustración 10, se puede observar el manejo que se le debe dar a las irregularidades en altura.

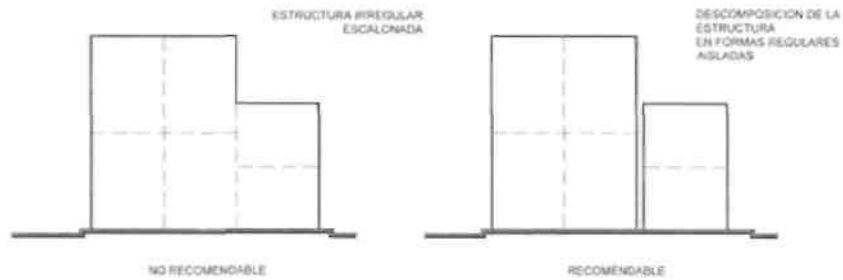


Ilustración 10. Irregularidad en altura. [Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2001]

7,5 Adiciones en otros materiales diferentes al bahareque

Deben evitarse, o aislarse convenientemente, las adiciones exteriores o reformas interiores en materiales y sistemas constructivos diferentes al del resto de la edificación. No debe cambiarse o modificarse la fachada de una construcción de bahareque por mampostería. Asimismo, deben evitarse adiciones como cocinas, baños o habitaciones adicionales en mampostería para edificaciones estructuradas con bahareque. Toda adición y modificación a las estructuras de bahareque debe construirse con este mismo material, a menos que la adición o modificación esté adecuadamente aislada del resto de la edificación, resolviendo en sí misma su estabilidad y resistencia, en la Ilustración 11 se puede ver la forma correcta de construir adiciones en otros materiales.

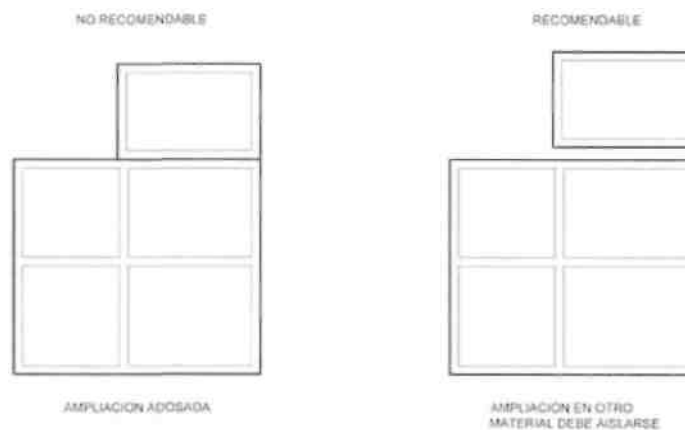


Ilustración 11. Adiciones en materiales diferentes. (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 1001).

7.6 Juntas sísmicas

Se requieren juntas sísmicas en los siguientes casos:

- (a) Cuando la relación de la longitud con respecto al ancho, en planta, excede 3:1.
- (b) Cuando el terreno tiene pendientes superiores al 30%. La junta sísmica debe colocarse de manera que separe cada una de las viviendas sin que haya muros medianeros entre dos viviendas contiguas.
- (c) Cuando en conjuntos de casas seriadas medianeras, coexisten las casas de bahareque con otras de diferentes materiales, como mampostería, hormigón reforzado, acero, etc.
- (d) Casas construidas independientemente.

La junta sísmica debe tener una dimensión mínima de j veces la altura de la edificación, medida hasta el caballete de la cubierta. Et valor de j debe establecerse con base en la Tabla 3.

TABLA 3: Junta sísmica

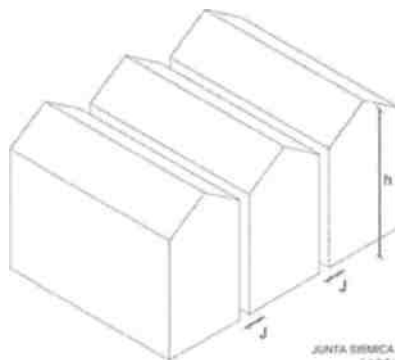
Configuración de la fachada	j (m/m)
Edificación con aberturas de más del 25% de las fachadas	0,020
Edificación con aberturas de menos del 25% de las fachadas	0.015

$$J = h * j \quad \text{Ecuación 2}$$

donde

- J es la junta sísmica entre dos edificaciones contiguas m
- h es la altura de la edificación medida hasta la parte media de la cubierta en m
- j es el valor tomado de la Tablas. Junta Sísmica

Las edificaciones separadas por junta sísmica (ver figura 12) pueden compartir cimentaciones, pero deben separarse desde el nivel del sobrecimiento de manera que actúen independientemente.



Ilustrador) 12. Descripción de la junta sísmica (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2001)

7.7 Sobre peso a nivel de cubierta

Las fuerzas que genera el sismo son fuerzas inerciales y por lo tanto, mientras mayor sea la masa de la edificación, mayor será la fuerza generada por la aceleración del sismo. Este aspecto es de especial importancia en las cubiertas, en las cuales deben evitarse la instalación de elementos muy pesados como tanques para agua de 1 m³ más de capacidad

8. Cimentaciones

8.1 Generalidades

8.1.1 Investigación mínima

En todos los casos se deben cumplir los siguientes requisitos mínimos, los cuales deberán quedar consignados en un Memorial de Responsabilidad suscrito por el profesional responsable de la licencia de construcción:

- (a) Verificar el comportamiento de casas similares en las zonas aledañas constatando que no se presenten asentamientos diferenciales, agrietamientos, pérdida de verticalidad, compresibilidad excesiva, expansibilidad de intermedia a alta, colapsabilidad, etc., que permita concluir que el comportamiento de las casas similares ha sido el adecuado.
- (b) Verificaren inmediaciones del sector a intervenir la ausencia de procesos de remoción en masa, áreas de actividad minera activa, en recuperación o suspendida, erosión, cuerpos de aguas u otros que puedan afectar la estabilidad y funcionalidad de las casas.
- (c) Se debe realizar mínimo una calicata (o perforación) por cada tres unidades construidas o por cada 300 m² de construcción, hasta una profundidad mínima de 2.0 m, en el que se constate la calidad razonable del suelo de cimentación.
- (d) En las calicatas indicadas en (c) deberán quedar determinados los espesores de los materiales inconvenientes para el apoyo directo y superficial de la cimentación, como son: descapote, escombros, materia orgánica, etc., los cuales deberán ser retirados durante la construcción.

En caso de que los resultados de la investigación mínima indiquen condiciones inadecuadas para la estabilidad del proyecto, se deberán realizar los estudios geotécnicos indicados en el numeral 8,1.2

8.1.2 Estudio geotécnico

Debe realizarse un estudio geotécnico que cumpla los requisitos de la norma de estudios geotécnicos del país, en los siguientes casos:

- (a) Suelos que presenten inestabilidad lateral.
- (b) Suelos con pendientes superiores al 30%.
- (c) Suelos con compresibilidad excesiva.
- (d) Suelos con expansibilidad de intermedia a alta,
- (e) Suelos que presenten colapsabilidad.
- (f)) Suelos en zonas que presenten procesos de remoción en masa, áreas de actividad minera activa, en recuperación o suspendida, erosión, cuerpos de aguas u otros que puedan afectar la estabilidad y funcionalidad de las casas.

8.1.3 Limpieza del terreno

El terreno debe limpiarse de todo material orgánico y deben realizarse los drenajes necesarios para asegurar una mínima incidencia de la humedad

8.1.4 Sistema de cimentación

La cimentación estará compuesta por un sistema reticular de vigas que configuren anillos aproximadamente rectangulares en planta, como se ve en la Ilustración 13, y que aseguren la transmisión de las cargas de la superestructura al suelo en forma integral y equilibrada. Debe existir una viga de cimentación para cada muro estructural. Ningún elemento de cimentación puede ser discontinuo.

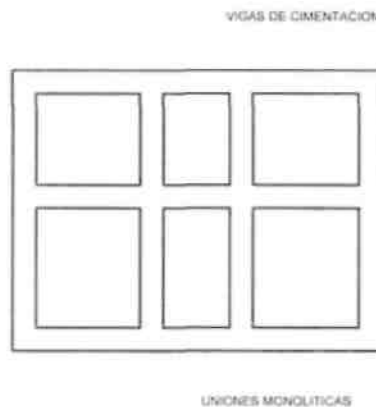


Ilustración 13. Sistema reticular de vigas que configuran anillos cerrados y continuos. (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2001)

8.1.5 Límites del tamaño de los anillos de cimentación

Si uno de los anillos del sistema de cimentación tiene una relación largo sobre ancho mayor que dos, o si sus dimensiones interiores son mayores de 4,0 m, debe construirse una viga intermedia de cimentación, así no sirva de apoyo a ningún muro, en cuyo caso sus dimensiones mínimas pueden reducirse a 150mm por 150 mm.

8.1.6 Uniones entre vigas de cimentación

La intersección de los elementos de cimentación debe ser monolítica y los refuerzos deben anclarse con ganchos estándar de 90° en la cara exterior del elemento transversal Terminal, como se muestra en la Ilustración 14, en la se muestra el tamaño de los ganchos

GANCHO ESTANDAR 90°

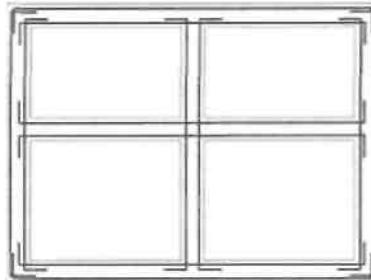


Ilustración 14. Detalle de anclaje del refuerzo longitudinal en vigas de cimentación. (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica AIS, 2010)

8.2 Estructuración de los cimientos

8.2.1 General

Las vigas de cimentación deben tener refuerzo longitudinal superior e inferior y estribos de confinamiento en toda su longitud. Las dimensiones y el refuerzo de los cimientos se presentan en la Tabla 4,

Tabla 4. Valores mínimos para dimensiones, resistencia de materiales y refuerzo de cimentaciones.
Tabla 4. Valores mínimos para dimensiones, resistencia de materiales y refuerzo de cimentaciones.

Dimensiones elementos del cimiento	Un Piso	Dos Pisos	Resistencia mínima MPa
Ancho	200 mm	250 mm	21
Alto	150mm	200 mm	21
Refuerzo longitudinal	4#3	4)í4	420
Refuerzo transversal	#2@200m	#2@200mm	240
Conectores de cortante soleras de madera	1#3(S>1	1#4@1m	240
Anclaje antivuelco varilla embebida en bambú (inicial y final de cada panel localizada en el pie-derecho ini-	1#4	1*4	420

8.2.2 Cimientos excéntricos

Los cimientos pueden colocarse excéntricos en los casos en que haya medianería o sísmica. Su geometría y refuerzo deben ser iguales a los mínimos especificados en la Tabla 4,

3.2.3 Previsiones especiales para cimentaciones sobre terreno inclinado

Cuando la inclinación del terreno exija la ejecución de cortes del terreno para la construcción del proyecto y/o sistemas de contención, éstos se deben diseñar atendiendo las disposiciones oficiales para este tipo de intervenciones en la normativa respectiva y disponiendo los elementos adicionales requeridos para las cargas laterales allí especificadas,

8.2.4 Sistema de refuerzo de cimentaciones en terreno inclinado

Para terrenos con pendientes superiores al 20% a los cuales se les hagan cortes o terrazas para implantar la viviendas, debe garantizarse la estabilidad en la cimentación, empleando procedimientos tales como pilares en hormigón de sección circular, dispuestos en las esquinas del borde inferior de ladera, a distancias no mayores de 4 m entre centros y anclados no menos de 1 m en el suelo natural. La esquina de la malla de cimentación correspondiente a cada pilar se debe anclar mediante 4 barras del N° 4 (1/2") ó 12M (12 mm) formando una canastilla de 150 mm x 150 mm que debe penetraren el pilar al menos 500 mm y anclarse en los elementos de la malla de cimentación. La configuración de los pilares y su refuerzo se ilustra en la ilustración 15.

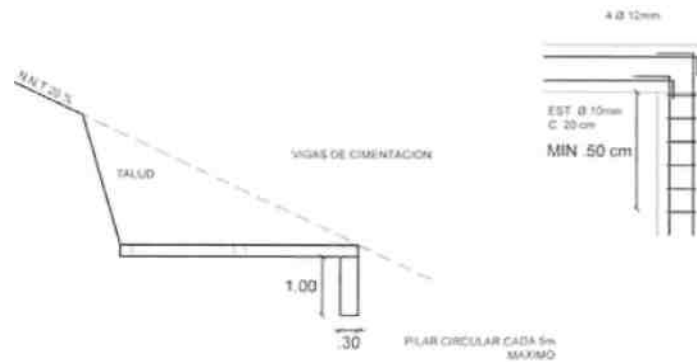


Ilustración 15. Pilares para estabilizar cimentaciones en terrenos inclinados. (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica AIS, 2010)

8.2.5 Sobrecimientos

El nivel inferior de las vigas de cimentación deberá estar a una profundidad mínima de 300 mm por debajo del nivel de acabado del primer piso. Debe construirse sobre ellas un sobrecimiento que puede fabricarse con mampostería confinada o con mampostería reforzada o con hormigón, que sobresalga mínimo 400 mm sobre el nivel del terreno. El sobrecimiento debe anclarse debidamente a la cimentación mediante barras de refuerzo. Los sobrecimientos en mampostería deben rematarse con vigas de amarre en hormigón que garanticen la adecuada transmisión de las cargas de los muros de bahareque a la cimentación,

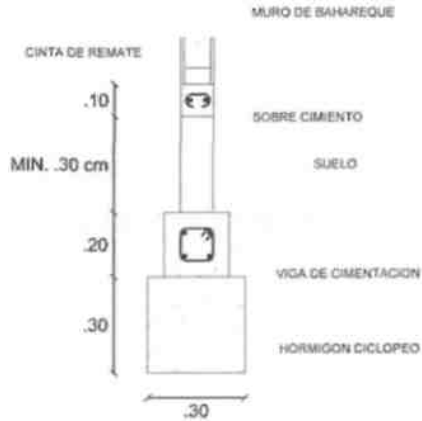


Ilustración 16. Detalle sobrecimiento

Cuando el terreno es inclinado, con una pendiente mayor al 5 %, el sobrecimiento se debe construir con altura constante en los muros paralelos a las curvas de nivel y una altura variable o escalonada en los muros perpendiculares a las curvas de nivel. No deben construirse vigas de cimentación que tengan superficies inclinadas en contacto con el suelo.

Cuando la profundidad del estrato de suelo competente es mayor de 700 m m, puede reducirse la altura del sobrecimiento, colocando la viga de cimentación sobre un relleno de hormigón ciclópeo. Este relleno debe tener una anchura mínima de 300 mm y una altura mínima de 200 mm. Para la elaboración del hormigón ciclópeo debe utilizarse material pétreo con tamaño máximo igual a la mitad de la anchura del relleno para sin exceder 250 mm. El volumen ocupado por este agregado no debe ser superior al 40% del volumen total del relleno ciclópeo. El resto del volumen debe llenarse con hormigón de la misma o mejor calidad del hormigón de las vigas de cimentación.

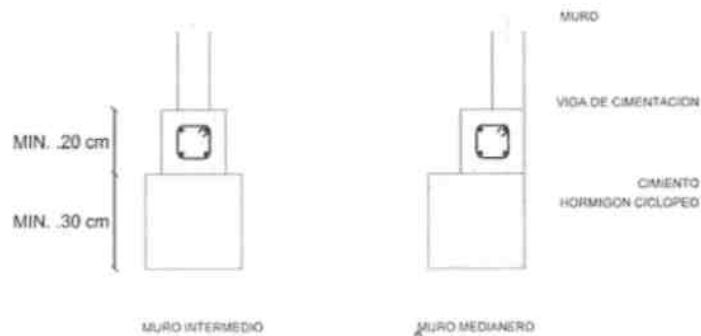


Ilustración 17. Cimentación con hormigón ciclópeo.

9. Muros de bahareque encementado

Los muros de bahareque encementado constituyen el sistema estructural de la casa, son los responsables de transmitir las cargas de servicio (vivas y muertas) a la cimentación, además son los encargados de resistir las cargas laterales debidas a eventos naturales como sismos o vientos fuertes,

9.1 Composición de muros

9.1.1 Entramado

Los muros de bahareque encementado deben componerse de un entramado de guaduas o de guaduas y madera, constituido por elementos horizontales llamados soleras (la solera superior también se llama carrera), elementos verticales llamados pie-derechos y recubrimiento de mortero de cemento. Las guaduas no deben tener un diámetro inferior a 90 mm. El espaciamiento horizontal entre pie-derechos no debe ser inferior a 300 mm ni superior a 800 mm, entre ejes.

9.1.2 Recubrimiento

El recubrimiento de mortero debe aplicarse sobre una malla de alambre delgado (diámetro no superior a 1,25 mm), que a su vez se clava sobre la caña picada, de acuerdo con lo especificado E.7.4.5.

9.1.3 Elementos

La sección de las soleras tendrá un ancho mínimo igual al diámetro de las guaduas usadas como pie-derechos y una altura no menor de 40 mm. Es preferible construir las soleras, inferior y superior de cada muro en madera aserrada, ya que sus uniones permiten mayor rigidez y son menos susceptibles al aplastamiento que los elementos de Guadua. Si se usan soleras de bambú Guadua estas deben estar completamente llenas de mortero en todos sus cañutos debido al aplastamiento producido por los pie-derechos.

9.1.4 Longitud efectiva del muro

Los muros de bahareque encementado podrán tener recubrimiento por ambos lados. Si no es posible, la longitud efectiva del muro con recubrimiento por un solo lado debe considerarse como la mitad de su longitud total real, para efectos de los requerimientos especificados en E.7.8.1 y E.7.8.2.

9.2 Clasificación de los muros

Los muros de una casa de uno o dos pisos de bahareque en cemento, dentro del alcance de presente Capítulo, se clasifican en tres tipos.

9.2.1 Muros estructurales con diagonales

Son muros, o segmentos de muros, estructurales, compuestos por solera inferior, solera superior (o carrera), pie-derechos, elementos inclinados y recubrimiento con base en mortero de cemento, colocado sobre malla de alambre, clavada sobre la caña picada o el entablado de madera. Estos muros reciben cargas verticales y resisten fuerzas horizontales de sismo o viento. Los muros estructurales con diagonales deben colocarse en las esquinas de la construcción y en los extremos de cada conjunto de muros estructurales.

9.2.2 Muros estructurales sin diagonales

Son muros, o segmentos de muros, estructurales, compuestos por solera inferior, solera superior (o carrera), pie-derechos y recubrimiento con mortero de cemento, colocado sobre malla de alambre, clavada sobre la caña picada y que carecen de elementos inclinados. Deben utilizarse únicamente para resistir cargas verticales. No deben constituirse en segmentos de los extremos de muros.

Tanto los muros estructurales con diagonales como los que no tienen diagonales deben construirse apoyados sobre vigas de cimentación o en sobrecimientos, a su vez apoyados sobre vigas de cimentación. Los muros estructurales deben tener continuidad desde la cimentación hasta el diafragma superior con el cual están conectados.

9.2.3 Muros no estructurales

Los muros que no soportan cargas diferentes a las de su propio peso se conocen con el nombre de muros no estructurales. Estos muros no tienen otra función que la de separar espacios dentro de la vivienda. Los muros no estructurales interiores deben conectarse con el diafragma superior por medio de una conexión que restrinja su volcamiento, pero que impida la transmisión de cortante o carga vertical entre la cubierta o el entrepiso y el muro no estructural. Los muros no estructurales no necesitan ser continuos y no requieren estar anclados al sistema de cimentación,



Ilustración 13. Muro estructural sin diagonales (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2001)

9.3 Longitud de muros en cada dirección

El sistema estructural del bahareque encementado corresponde al de muros de cortante, por lo tanto son los muros los elementos responsables de resistir las cargas verticales y las cargas laterales debidas a eventos naturales como viento y sismo.

Por lo tanto de vivienda deberá tener la suficiente cantidad de muros en las dos direcciones ortogonales.

Para proveer un reparto uniforme de la responsabilidad para resistir las fuerzas sísmicas en el intervalo inelástico, los muros estructurales que se dispongan en cada una de las direcciones principales deben cumplir con las siguientes condiciones:

9,3.1 Longitud mínima de muros en cada dirección

La longitud mínima de muros en cada dirección debe satisfacer la siguiente ecuación:

$$L_i \geq C_B^* A_p \quad \text{Ecuación 3}$$

Donde:

L_i = longitud mínima total de muros continuos (en m), sin aberturas, en la dirección i

C_B = coeficiente del bahareque (en m-1), especificado en la Tabla 1 a **PERÚ**
Tabla 8, en función de la aceleración espectral para el sitio donde se realice la construcción y función de la velocidad del viento, se debe escoger el mayor de los dos.

A_p = área de la cubierta (en m^2) Incluyendo aleros, para viviendas de un piso, o para los muros del segundo piso en viviendas de dos pisos. (Puede sustituirse por $1/2 \cdot A_p$ si se utilizan materiales livianos para la cubierta, tales como fibrocemento o láminas metálicas, sin base de mortero).

A_{p2} = área del entrepiso más área de la cubierta (en m^2), para los muros del primer piso en viviendas de dos pisos, si el entrepiso no tiene materiales pesados como mortero de cemento el valor de A_p correspondiente al entrepiso se podrá reducir en $2/3 \cdot A_p$

COLOMBIA

Tabla 5. Valores del coeficiente del bahareque C_n (sísmico), para calculo de longitud mínima de muros.

Amenaza sísmica	A_a	C_B
Alta	0.50	0.33
	0.45	0.34
	0.40	0.30
	0.35	0.26
	0.30	0.22
	0.25	0.18
Intermedia	0.20	0.15
	0.15	0.15
Baja	0.10	0.12
	0.05	0.12

COLOMBIA

Tabla 6, Valores del coeficiente del bahareque C , (Viento), para calculo de longitud mínima de muros, Para Colombia.

Región	Velocidad del viento (Km/h)	C_B
5	130	0.22
4	120	0.20
3	100	0.18
2	80	0.16
1	60	0.14

ECUADOR Tabla 7. Valores del coeficiente del bahareque C, (sísmico), para calculo de longitud mínima de muros,

Zona sísmica	Amenaza sísmica	Factor Z	C _B
I	Intermedia	0.15	0.15
II	Alta	0.25	0.18
III		0.30	0.22
IV		0.35	0.26
V		0.40	0.30
VI	Muy alta	£0.50	0.38

PERÚ

TablaS. Valores del coeficiente del baharequeC ,(lís mico), para calculo de longitud mínima de muros,

ZONA	Z	C _B
3	0.40	0.30
2	0.30	0.22
1	0.15	0.15

9.3.2 Distribución simétrica de los muros

Con el fin de evitar problemas torsionales debido a plantas irregulares o una mala disposición de muros, se debe garantizar que los muros estén distribuidos de manera aproximadamente simétrica.

Por lo tanto, debe cumplirse con la $\left[\frac{\frac{\sum(L_{mi} \cdot b)}{\sum L_{mi}} \cdot \frac{B}{2}}{B} \right] \leq 0.15$ Ecuación 4 tomada en su valor absoluto.

$$\left[\frac{\frac{\sum(L_{mi} \cdot b)}{\sum L_{mi}} \cdot \frac{B}{2}}{B} \right] \leq 0.15 \quad \text{Ecuación 4}$$

Donde:

- L_{mi}= longitud de cada muro (en m) en la dirección i.
- b = la distancia perpendicular a la dirección i (en m) desde cada muro, hasta un extremo del rectángulo menor que contiene el área de la cubierta o entepiso (Véase Ilustración 19).
- B = longitud del lado [en m], perpendicular a la dirección i, del rectángulo menor que Contiene el área de la cubierta o entepiso

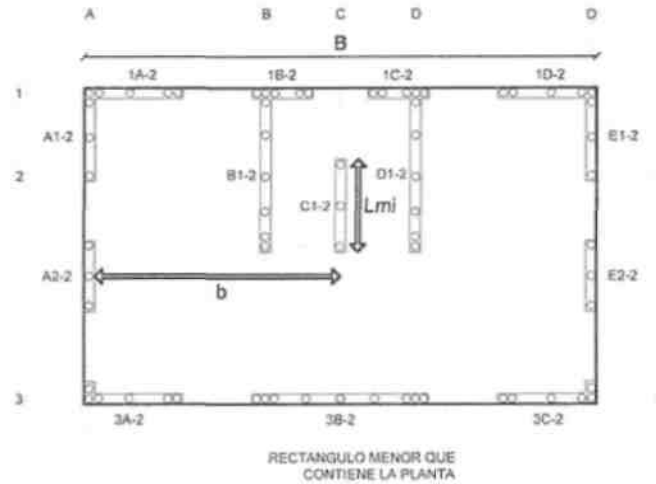


Ilustración 19. Descripción de cada una de las variables para calcular la simetría de muros.

9.3.3 Verificación de la resistencia de muros

En los casos en los cuales no se cumplan los requisitos expresados en el numeral 9.3.1, deberá aumentarse la longitud total de muros en cada dirección, en cada nivel, a menos que se demuestre, por medio de un procedimiento de análisis estructural, como el contenido en Anexo A de esta norma, que una longitud de muros inferiora la especificada por la

$C_B A_p$ Ecuación 3, es suficiente para resistir las cargas horizontales calculadas.

9.3.4 Verificación de la simetría de muros en planta

En los casos en los cuales no se cumplan los requisitos expresados en el numeral 9.3.4, debe hacerse de nuevo la distribución de los muros en planta hasta lograr cumplir con la Ecuación 4. Si en este proceso se reduce la longitud total de muros en cualquier dirección y cualquiera de los niveles, debe verificarse de nuevo el cumplimiento con la Ecuación 3, de acuerdo con lo estipulado en 9.3.1. U;

$$\left[\frac{\sum(L_{mi} + b) B}{\sum L_{mi}^2} \right] \leq 0.15$$

Ecuación 4

$$L_i \geq C_B * A_p$$

Ecuación 3

10. Columnas de Bambú Guadua

El sistema de resistencia a cargas laterales del bahareque encementado son los muros de carga, no obstante en la construcción de una vivienda de bahareque pueden aparecer columnas de bambú Guadua, para soportar el entepiso o la cubierta, estas columnas se deben diseñar y proyectar como doblemente articuladas y no tendrán resistencia a momento en la base ni en la corona, su trabajo será solo a cargas gravitacionales.

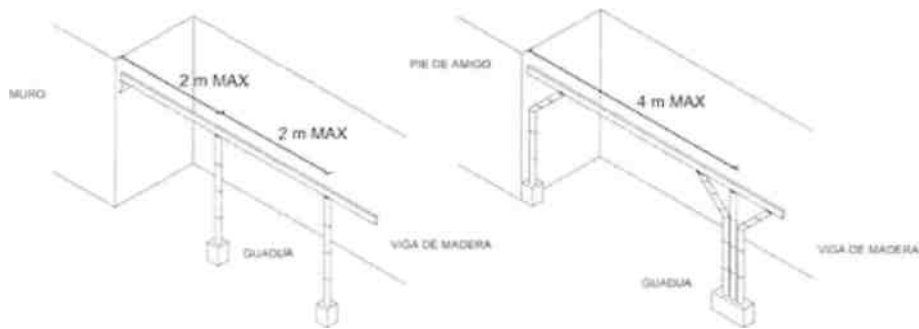


Ilustración 20. Columnas de Guadua (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2001)

10.1 Ubicación y diseño de columnas

Las columnas se localizarán en puntos de la edificación donde la magnitud o la posición de la: cargas verticales transmitidas por cubiertas o entepisos excedan la capacidad de los muros estructurales, o donde no se disponga de ellos, como es el caso de galerías abiertas, corredores y aleros.

Si las columnas se construyen en Guadua, debe evitarse la acción directa del sol y del agua. Necesariamente deben aislarse del piso por medio de un dado en hormigón o en mampostería y una unión, como se indica en el numeral 13.3.1.2 de esta norma.

10.2 Carga admisible para columnas de Bambú Guadua

En la Tabla 9, se muestran las ca/gas admisibles para Guaduas de diferentes longitudes y diferentes diámetros exteriores.

Tabla 9. Carga admisible para columnas de Guadua en kN.¹

Altura columna	Diámetro exterior (mm)			
	10	11	12	13
2	22.3	28.2	34.2	40.1
3	11,6	15.5	20.0	25.0
4	6.7	9.1	12.0	15.4
5	4.4	6.0	7.9	10.1

10.2.1 Columnas armadas por varias Guaduas

Se pueden construir columnas armadas por 2 o más Guaduas, en este caso la carga que aparece en la Tabla 9, se deberá multiplicar por el número de Guaduas de la columna, la conexión entre las Guaduas que conforman la columna se deberá hacer por medio de pernos o varillas roscadas a los tercios (2 como mínimo) y se deberá rellenar con mortero los entrenudos por donde pasen los pernos o varillas roscadas.

11. Diafragmas horizontales

Los diafragmas horizontales son los elementos encargados de transmitir las cargas horizontales debidas al viento o al sismo a los muros, deben tener la rigidez necesaria para cumplir este fin.

Los diafragmas deben existir en los niveles de cimentación, de entrepisos y de cubierta.

Las soleras deben conformar conjuntamente con los entrepisos y la estructura de la cubierta un diafragma que traslade las cargas horizontales a los muros estructurales. Deben proveerse uniones o vínculos entre los muros y los diafragmas, como se indica en el numeral 13,3.1

Deben colocarse tirantes y cuadrantes horizontales en el nivel de solera superior de cada piso, para garantizar el efecto de diafragma. Los cuadrantes bastan cuando los espacios rectangulares entre muros no superan relaciones de 1,5 sobre 1 entre lado mayor y lado menor. Para relaciones mayores, deben colocarse tirantes que dividan los espacios rectangulares en espacios con relaciones menores de 1,5 sobre 1.

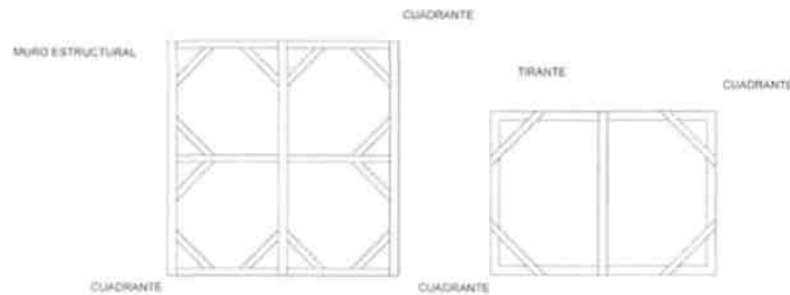


Ilustración 21. Cuadrantes y tirantes (Asociación Colombiana de ingeniería Sísmica, 2001)

El entrepiso debe soportar las cargas verticales establecidas de servicio definidas en el capítulo de cargas de cada una de las normas nacionales. Debe poseer suficiente rigidez en su propio plano para garantizar su trabajo como diafragma y debe consistir en:

- (a) Largueros, viguetas o alfardas que soporten el recubrimiento o piso,
- (b) El recubrimiento debe resistir la fuerza cortante y puede hacerse de:
 1. Caña picada, malla de refuerzo electrosoldado y mortero de cemento,
 2. Tablero de madera contrachapada u OSB, malla de refuerzo electrosoldado y mortero de cemento, o
 3. Tablas de madera clavadas a la estructura de soporte del entrepiso.
- (c) Los colectores o cordones, que enmarcan el diafragma y forman parte del sistema de resistencia en su plano.

Los entrepisos deben formar un diafragma que trabaje como un conjunto. Para ello, los elementos del entrepiso deben estar debidamente vinculados. Sin embargo, no es necesario que el entrepiso funcione como un diafragma infinitamente rígido en su propio plano.

No se permiten entrapisos en losa de hormigón para viviendas en bahareque encementado con struidas de acuerdo con el presente Capítulo.



Ilustración 22. Planta de entrapiso. (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2001)

11.1 Entrepisos de madera

Los entrapisos podrán construirse con piezas de madera aserrada, que se deberán conectar adecuadamente a los muros de bahareque, se podrán usar maderas de densidad baja mínimo 037 a densidad media 0.60.

11.1.1 Componentes del entrapiso en madera

- A Viguetas: Las vigas o viguetas serán de madera aserrada con espesor mínimo de 40 mm deberán estar espaciadas a 300mm, 400mm, 490 mm ó 600mm, dependiendo de la luz que deban librar. Las viguetas deben estar apoyadas directamente sobre la solera de los muros.
- B Friso o Tensor: corresponde al elemento de remate perpendicular a las viguetas que se pone sobre la solera de los muros, debe ser de altura igual a la de las viguetas, también se debe instalar en los muros paralelos al sentido de las viguetas.
- C Piso: existen varias opciones para el acabado de piso
 - a. Caña picada cosida a las viguetas de madera con alambre galvanizado y clavos de 38.1 mm (1 1/2"), sobre la que se puede vaciar un mortero de cemento de no más de 50 mm de espesor, reforzado con malla electro- soldada de diámetro 4 mm cada 150 mm.
 - b. Tableros de madera contrachapada (plywood) o tableros de OSB de 16 mm de espesor, estos tableros se clavarán directamente a las viguetas de madera por medio de clavos de 50.8 mm (2") cada 150mm, sobre los tableros se podrá poner un acabado de mortero de cemento de 50 mm, con el mismo refuerzo del literal a, o e puede usar un acabado más liviano como pisos de madera o vinílicos

- c Entablado de madera con tablas comunes de madera de espesor mínimo 20 mm, sobre el entablado se pueden poner los mismos acabados de los literales a y b.

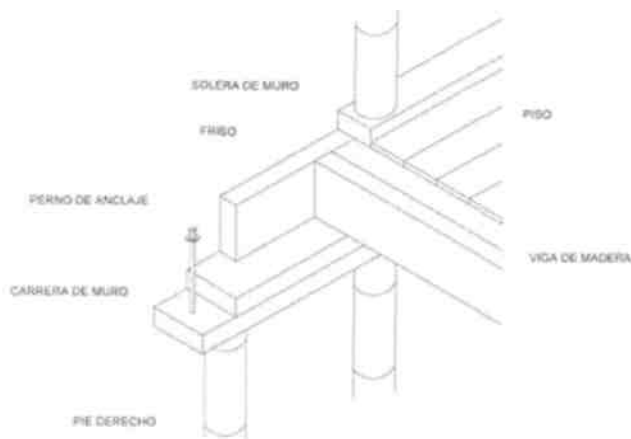


Ilustración 23. Detalle entrepiso de madera. (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2001)

11.2 Entrepisos de Guadua

Los entrepisos se podrán construir con elementos de bambú Guadua, conectándose adecuadamente a los muros por medio de pernos o varillas roscadas, todos los puntos de apoyo de los elementos de bambú deberán estar rellenos de mortero de cemento para evitar el aplastamiento.

Las Guaduas utilizadas para la elaboración de entrepisos deberán presentar una baja conicidad y ser lo más rectas posibles.

11.2.1 Componentes de los entrepisos de Guadua

- A. Viguetas: Las vigas o viguetas serán de Guadua espesor de pared mínimo de 10 mm, deberán estar espaciadas a 300mm, 400mm, 490 mm ó 600mm, dependiendo de la luz que deban librar. Las viguetas deben estar apoyadas directamente sobre la solera de los muros. Cuando se usen viguetas dobles, las Guaduas que las conforman deberán conectarse entre sí por medio de pernos o varillas roscadas y los cañutos por donde atraviese el perno deberán ser rellenos con mortero de cemento,
6. Friso o Tensor: corresponde al elemento de remate perpendicular a las viguetas que se pone sobre la solera de los muros, debe ser de altura igual a la de las viguetas, también se debe instalar en los muros paralelos al sentido de las viguetas, puede ser de Guadua o de madera.
- C. Piso; existen varias opciones para el acaba de piso

- a. Caña picada cosida a las viguetas de madera con alambre galvanizado y clavos de 38.1 mm (1 1/2"), sobre la que se puede vaciar un mortero de cemento de no más de 50 mm de espesor, reforzado con malla electro-soldada de diámetro 4 mm cada 150 mm.

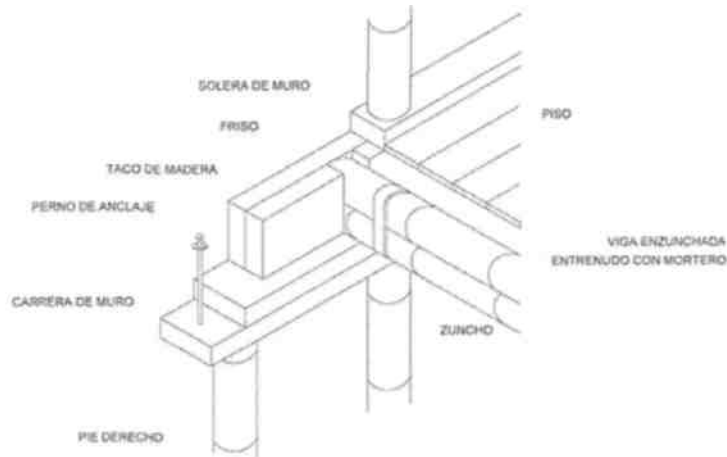


Ilustración 24. Detalle entrepiso de Guadua. (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2001)

11.3 Configuración de entrepisos

A continuación se presentan las secciones y separaciones mínimas que deberán tener los entrepisos de madera y Guadua, teniendo en cuenta que estas tablas fueran diseñadas para cargas vivas de 1.8 kN/m^3 y una carga muerta de $1,5 \text{ kN/m}^2$ cuando el acabado es de mortero y de 0.7 kN/m^2 cuando el acabado es liviano.

11.3.1 Entrepisos de madera

Existen dos tipos de dimensiones en los mercados andinos para la madera aserrada, por una parte están las maderas nativas que se comercializan en secciones de $40 \times 80 \text{ mm}$, $40 \times 180 \text{ mm}$, $80 \times 180 \text{ mm}$ y están las maderas importadas con estándar mundial que se comercializan en medidas de $40 \times 90 \text{ mm}$, $40 \times 140 \text{ mm}$ y $40 \times 180 \text{ mm}$, las primeras por lo general son maderas latifoliadas y las segundas suelen ser coníferas.

Para el dimensionamiento de los entrepisos se utilizaron maderas del grupo C del Manual de diseño para maderas del grupo andino y del grupo ES6 de la Norma Colombiana NSR-10. (iD)

Tabla 10. Secciones requeridas en mm para entrepisos de maderas nativas, del grupo C o del grupo E56

Luz (m)	Acabados pesados CM=1.5 kN/m.2				Acabados livianos CM=0.7 kN/m3			
	Separación viguetas (m)				Separación viguetas (m)			
	0.25	0,30	0.35	0.40	0,25	0.30	0.35	0.40
2.0	40x180	40x180	40x180	40x180	40x180	40x180	40x180	40x180
2.5	40x180	40x180	40x180	40x180	40x180	40x180	40x180	40x180
3.0	40x180	40x180	40x180	40x180	40x180	40x180	40x180	40x180
3.5	40x180	80x180	80x180	80x180	40x180	40x180	40x180	80x180
4.0	80x180	80x180	X	X	80x180	80x180	80x180	80x180
4.5	X	X	X	X	80x180	80x180	X	X

Tabla 11. Secciones requeridas en mm para entrepisos de maderas importadas, pino radiata.

Luz (m)	Acabados pesados CM=1.5 kN/m2				Acabados livianos CM=0.7 kN/m3			
	Separación viguetas (m)				Separación viguetas (m)			
	0.25	0.30	0.3S	0.40	0.25	0.30	0.35	0.40
2.0	40x140	40x140	40x140	40x140	40x140	40x140	40x140	40x140
2.S	40x140	40x140	40x180	40x180	40x140	40x140	40x140	40x140
3.0	40x180	40x180	40x180	40x180D	40x140	40x180	40x180	40x180
3.5	40x180	40x180 D	40x180D	40x180D	40x180	40x180	40x180	40x180 0
4.0	40x180 D	40x180 D	X	X	40x180 0	40x180 D	40x180 D	40x180 0
4.S	X	X	X	X	40x180 D	40x180 D	X	X

40x180 D: corresponde a elementos dobles de sección 40x180mm

11.3.2 Entrepisos de Guadua

Para los entrepisos de Guadua se asumieron elementos con diámetros desde 100mm hasta 140 mm, todos con un espesor mínimo de pared de 10 mm, elementos con espesores superiores son aceptados, también se presentan viguetas conformadas por 2 y 3 Guaduas, las viguetas dobles se armarán con una Guadua sobre la otra conectadas con pernos cada 10 cm en los tercios finales y cada 30 cm en el tercio centra), para las viguetas triples se pueden poner en arreglo vertical o en arreglo triangular, con la misma cantidad de pasadores.

Tabla 12. Secciones requeridas para viguetas de Guadua.

Luz (m>)	Acabados pesados CM=1.5 kN/m2				Acabados livianos CM=0.7 kN/m3			
	Separación viguetas (m)				Separación viguetas (m)			
	0.25	0.30	0.35	0.40	0.25	0,30	0.35	0.40
2.0	1GD: 100mm	1GD: 100mm	1GD: 110mm	1GD: 110mm	1GD: 100mm	1GD: 100mm	1GD: 100mm	1GD: 100mm
2.5	1G0: 120mm	IGDi 120mm	1GD: 130mm	1GD: 130mm	1GD: 110mm	1GD: 120mm	1GD: 120mm	1GD: 130mm
3.0	1GD: 140mm	1GD: 140mm	2GD: 120mm	2GD: 130mm	1GD: 130/nm	1GD: 140mm	1GD: 140mm	2GD: 120mm
3.5	2GD: 130mm	2GD: iSOmm	2GD: 140mm	3GD: 130mm	2GD: 120mm	2GD: 130mm	2G0: 130mm	2GD: 140mm
4.0	2GD: 140mm	3G D: 130mm	3GD: 140mm	X	2GDJ 140mm	2GD: 140mm	3GD: 130mm	3GD: 140mm
4.5	3GD: 140mm	X	X	X	3GD: 130mm	3GD; 140mm	X	X

1G: una Guadua, 2G: dos Guaduas, 3G: tres Guaduas, D: diámetro exterior,

11.33 Mortero de acabado

Como recubrimiento del entrepiso puede usarse un mortero de cemento reforzado con malla electrosoldada DSO o equivalente, es decir, que aporte alrededor de 0,5 cm² de área de acero, por metro lineal de malla. Sobre el mortero se deben colocar acabados livianos como colorantes integrados, pinturas o baldosas de vinilo. No debe utilizarse baldosas de cemento u otros pisos pesados y rígidos, a menos que se realicen análisis y diseño estructurales completos para toda la vivienda.

11.4 Balcones y elementos en voladizo

Los voladizos deben construirse con elementos continuos, de madera o Guadua, unidos entre sí con un elemento de borde que garantice el trabajo en conjunto de los elementos del voladizo y una mejor distribución de la carga impuesta.

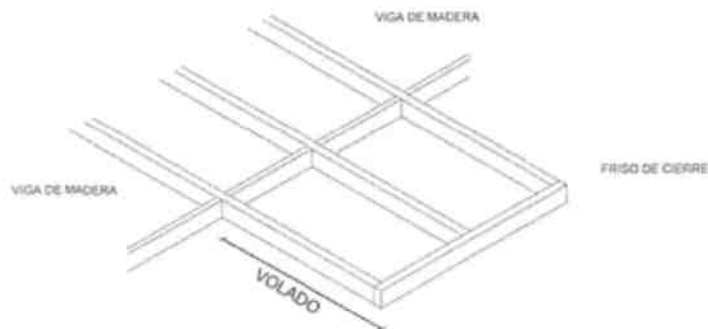


Ilustración 25. Detalle voladizo. (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2001)

11.5 Ventilación de entrepisos

Si se construye cielo raso debajo de la estructura de entrepiso, debe facilitarse una corriente de aire en los espacios interiores, con el fin de evitar la condensación en el interior,

12. Estructura de cubierta

Los elementos portantes de la cubierta deben conformar un conjunto estable para cargas verticales y laterales, para lo cual tendrán los anclajes y arrastamientos requeridos. Las conexiones deben ser lo suficientemente fuertes para resistir las cargas.

12.1 Composición de cubierta

Las correas y demás elementos que transmitan las cargas de cubierta a los muros estructurales deben fijarse entre sí y conectarse con la solera superior que sirve de amarre de los muros estructurales. Las correas pueden construirse en madera aserrada o en Guadua. Los elementos que conforman la cubierta son los siguientes:

- Sistema de correas o viguetas: pueden ser de madera o Guadua, estarán apoyadas en las soleras de los muros debidamente conectadas a estos, pueden soportar directamente las tejas.
- Sistema secundario de viguetas: si se requiere para soportar las tejas dependiendo del material, se podrá instalar un sistema secundario de viguetas que irán apoyadas sobre las correas y conectadas a estas debidamente.
- Cielo raso: el cielo raso se deberá instalar sobre las correas o sobre las viguetas secundarias según sea el caso, podrá ser de caña picada cosida, paneles de madera contrachapada o paneles de fibrocemento.
- Tejas o acabado final: las tejas podrán ser de cualquier material incluyendo las de barro, de cemento, de fibrocemento, plástica etc., también se permite una losa de mortero de máximo 40mm de espesor, reforzada con malla electrosoldada de 4mm \times 150mm, sobre la cual se deberá instalar un manto bituminoso (o asfáltico) para garantizar la impermeabilidad.

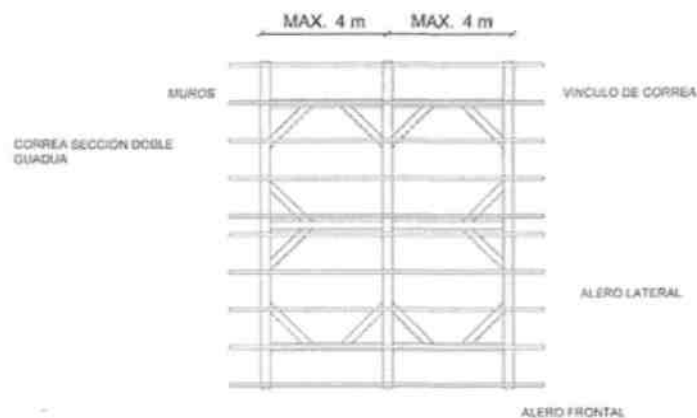


Ilustración 26. Planta cubierta. (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2001)

12.1.1 Cargas de la cubierta

Debido a que el peso de la cubierta puede afectar notablemente el desempeño sísmico de la edificación, se recomienda utilizar materiales livianos y de instalación segura.

- a) Carga muerta: Para las recomendaciones de estructura de cubierta se toman dos tipos de cubierta la pesada que corresponde a teja de barro o placa de mortero y la liviana teja plástica o de fibrocemento, para la primera se asume una carga de 1.2kN/m² y para la segunda de 0.6 kN/m²
- b) Carga viva: se uso una carga de 0.7 kN/m² (incluye granizo)
- c) Carga de viento: se uso una presión positiva de 0.5 kN/m².

12.2 Estructura de cubierta en madera

La estructura de cubierta podrá construirse con piezas de madera aserrada, que se deberán conectar adecuadamente a los muros de bahareque, se podrán usar maderas de densidad baja mínimo 0.37 a densidad media 0.60.

Existen dos tipos de dimensiones en los mercados andinos para la madera aserrada, por una parte están las maderas nativas que se comercializan en secciones de 40x80 mm, 40x180 mm, 80x180 mm y están las maderas importadas con estándar mundial que se comercializan en medidas de 40x90 mm, 40 x140 mm y 40x180 mm, las primeras por lo general son maderas latifoliadas y las segundas suelen ser coníferas.

Para el dimensionamiento de la estructura de cubierta se utilizaron maderas del grupo C del Manual de diseño para maderas del grupo andino y del grupo ES6 de la Norma Colombiana NSR-10.

Cuando las correas o viguetas se construyan con madera, las secciones y separación entre los elementos se podrán tomar de la Tabla 13 y de la **Tabla 14**.

Tabla 13. Secciones requeridas en mm para estructuras de cubierta de maderas nativas, del grupo C o del grupo ES6

Luz	Acabados pesadas CM=1.2 kN/m ²				Acabados livianos CM=0.5 kN/m ³			
	Separación viguetas (m)				Separación viguetas (m)			
	0.4	0.50	0.60	0.80	0.4	0.50	0.60	0.80
2.0	40x180	40x180	40x18	40x18	40x180	40x180	40x180	40x180
2.5	40x180	40x180	40x13	40x18	40x180	40x180	40x130	40x130
3.0	40x180	80x180	30x180	80x180	40x180	40x180	40x130	40x180
3.5	80x180	80x180	80x180	X	40x180	40x180	80x180	80x180
4.0	80x180	X	X	X	80x180	80x180	80x180	X
4.5	X	X	X	X	30x180	X	X	X

Tabla 14. Secciones requeridas en mm para viguetas de cubierta de maderas importadas, pino radiata

Luz (m)	Acabados pesados CM=1.2 kN/m ²				Acabados livianos CM=0.5 kN/m ³			
	Separación viguetas (m)				Separación viguetas (m)			
	0.4	0.50	0.60	0.80	0.4	0.50	0.60	0.80
2.0	40x140	40x140	40x140	40x180	40x140	40x140	40x140	40x140
2.5	40x180	40x180	40x180	40x180 D	40x140	40x140	40x180	40x180
3.0	40x180 D	40x130 D	40x180 D	X	40x180	40x180	40x180	40x180 D
3.5	40x130 D	X	X	X	40x180	40x180 D	40x130 D	40x180 D
4.0	X	X	X	X	40x180 D	40x180 D	X	X
4.5	X	X	X	X	40x180 D	X	X	X

40x180 D: corresponde a elementos dobles de sección 40x18Qmm

123 Estructura de cubierta en Guadua

Para la estructura de cubierta de Guadua se asumieron elementos con diámetros desde 100mm hasta 140 mm, todos con un espesor mínimo de pared de 10 mm, elementos con espesores superiores son aceptados, también se presentan viguetas conformadas por 2 y 3 Guaduas, las viguetas dobles se amarrarán con una Guadua sobre la otra conectadas con pernos cada 10 cm en los tercios finales y cada 30 cm en el tercio central, para las viguetas triples se pueden poner en arreglo vertical o en arreglo triangular, con la misma cantidad de pasadores.

Tabla 15. Secciones requeridas para viguetas de Guadua.

Luz (m)	Acabados pesados CM=1.2				Acabados livianos CM=0.5			
	Separación viguetas (m)				Separación viguetas (m)			
	0.4	0.50	0.50	a. so	0.4	0.50	0.60	0.30
2.0	1GD: 100mm	1GD: 100mm	1GD: 110mm	1GD: 110mm	1GD: 100mm	1GD: 100mm	1GD: 100mm	1GD: 100mm
2.5	1GD: 310mm	1GD: 120mm	1GD: 130mm	1GO: 140mm	tea 100mm	1GD: 110mm	1GD: 110mm	1G& 130mm
3.0	1GD: 149mm	2GD: 120mm	2GD: 130mm	2GD: 140mm	1GD: 120mm	1GD: 130mm	1GD: 140mm	2GD: 120mm
3.3	2GD: 130mm	2GD: 140mm	2GD: 140mm	3GD: 140mm	1GD: 140mm	2GD: 140mm	2GD: 140mm	2GD: 140mm
4.0	26 D: 140mm	3GD: 140mm	JGD: 140mm	X	2G D: 130mm	2GD: 140mm	2GD: 140mm	3GD: 140mm
4.5	3GD: 140mm	X	X	X	2GD: 140mm	3GD: 130mm	3GD: 140mm	X

1G: una Guadua, 2G: dos Guaduas, 3G: tres Guaduas, D: diámetro exterior.,

13. Uniones

Todos los miembros y elementos estructurales deberán estar anclados, arriostros, empalmados e instalados de tal forma que garanticen la resistencia y rigidez necesarias para resistir las cargas y transmitir las con seguridad a la cimentación.

El presente capítulo enumera algunas uniones entre elementos constitutivos del sistema constructivo con muros de bahareque encementado. Estas uniones han sido experimentadas con clavos, pernos, varillas y pletinas. Otras diferentes pueden utilizarse, siempre y cuando se demuestre su idoneidad, por medios experimentales.

13.1 Tipos de cortes en uniones de elementos de Bambú Guadua

Los tres tipos de cortes más utilizados para la fabricación de uniones con elementos de Guadua, son: corte recto, corte boca de pescado y corte pico de flauta, no obstante existen más posibilidades, pero si se propone construir una unión nueva esta deberá estar avalada por pruebas de laboratorio que garanticen la resistencia de la misma.

13.1.1 Corte recto

Corte plano perpendicular al eje de la Guadua, puede ser también con algún grado de inclinación.



Ilustración 27. Corte recto. (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica AIS, 2010)

13.1.2 Corte boca de pescado

Corte cóncavo transversal al eje de la Guadua, generalmente se utiliza para acoplar dos elementos de Guadua, también se puede realizar con ángulo de inclinación cuando el encuentro de las dos Guaduas no es a 90°, la distancia entre el nudo y la parte baja de la boca de pescado no debe ser mayor a 50mm

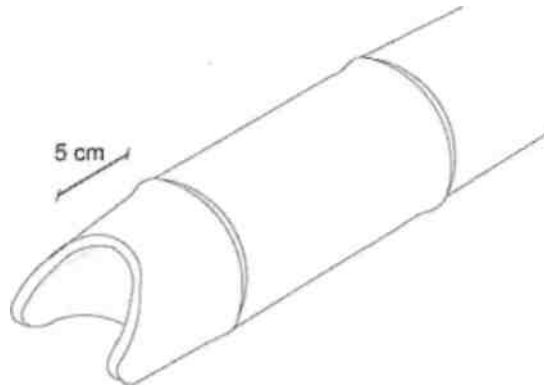


Ilustración 28. Boca de pescado. (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica AIS, 2010)

13.13 Corte pico de flauta

Este corte se utiliza para acoplar Guaduas que llegan en ángulos diferentes a 0° y 90° , se puede hacer como una boca de pescado inclinada o con dos cortes rectos, es muy utilizado cuando se fabrican diagonales o riostras de Guadua en muros de bahareque.

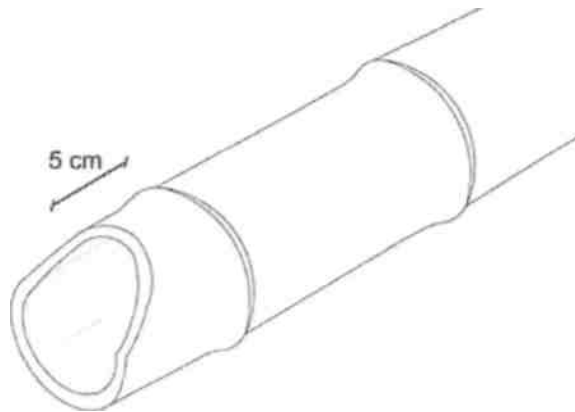


Ilustración 29. Pko de flauta. (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica AIS, 2010)

13.2 Tipos de uniones

Según el material utilizado para la conexión entre Guaduas o entre madera y Guaduas uniones se clasifican en uniones clavadas y uniones pernadas

13.2.1 Uniones clavadas **madera -Guadua**

Se reservan para esfuerzos muy bajos entre elementos de madera aserrada y Guadua, como por ejemplo de pie-derecho a solera en muro. No se aceptan para la unión de dos o más elementos rollizos de Guadua, ya que la penetración y el impacto de los clavos producen fisuración de la Guadua debido a la preponderancia de fibras longitudinales.



Ilustración 30. Uniones clavadas

Las uniones clavadas deben usarse solamente para ajuste temporal del sistema durante el armado cuando se conectan dos Guaduas entre sí y no deben tenerse en cuenta como conexiones resistentes entre elementos estructurales de Guadua,

13.2.2 Uniones pernadas Guadua-Guadua

Las uniones pernadas son las más comunes para realizar la conexión de dos elementos de bambú, generalmente se hacen para conectar elementos que pasan en planos paralelos con pernos perpendiculares al eje del bambú, como se ve en la Ilustración 31, o para conectar elementos que se encuentran en el mismo plano como se ve en la Ilustración 32, esta conexión se conoce con el nombre de "Terno tensor".

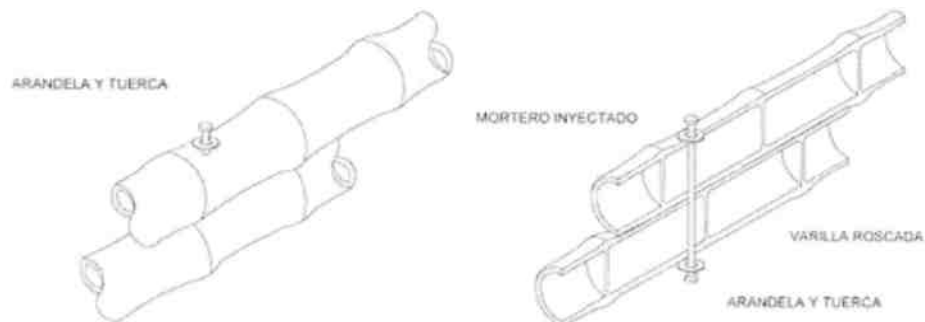


Ilustración 31. Unión pernada en planos paralelos. (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica AIS, 2010)

033-16

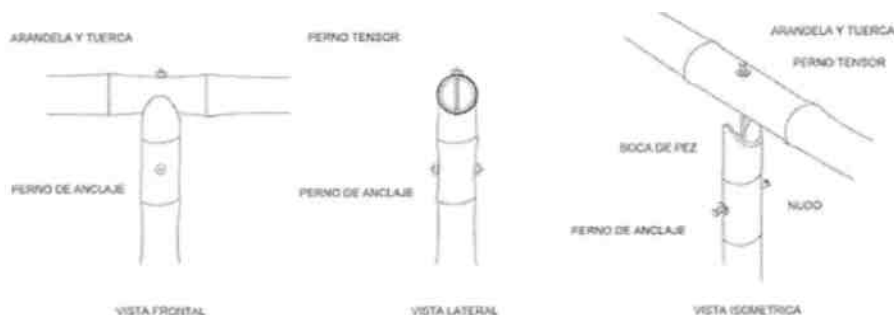


Ilustración 32. Unión perno tensor. (INBAR, 2011)

También se pueden realizar conexiones en el mismo plano para dar continuidad a elementos de Guadua, se debe tener en cuenta que esta conexión no transmite momento, por lo tanto nunca se deberá construir en la mitad de un elemento que este a flexión.



Ilustración 33. Empalme a tope de Guaduas. (INBAR, 2011)

13.2.2.1 Recomendaciones generales para uniones pernadas.

- Todos los cañutos a través de los cuales se atraviesen pernos o barras deben rellenarse con mortero de cemento.
- El mortero debe ser lo suficientemente fluido para penetrar completamente dentro del cañuto.
- El mortero de relleno debe proporcionarse con la mínima cantidad de agua necesaria para obtener una fluidez suficiente para inyectarse con muy poca presión, y sin exceder una relación 4 sobre 1, por volumen, entre el agregado fino y el cemento.
Pueden usarse aditivos reductores de agua de mezclado, no corrosivos.
- Para inyectar el mortero debe realizarse una perforación de máximo 25 mm de diámetro, lo más cercano posible al nudo, dicha perforación debe realizarse con un taladro de alta velocidad. A través del orificio se inyectará el mortero presionándolo a través de un embudo, con la ayuda de una bomba manual o simplemente con una varilla, una vez se haya llenado el cañuto este deberá ser golpeado con un martillo de goma o con un pedazo de madera para sacar el aire.
- Los pernos pueden ser varillas roscadas y deberán tener una resistencia mínima de $f_y=240\text{MPa}$.

13.2.3 Uniones zunchadas

Las uniones zunchadas están permitidas siempre y cuando sean para garantizar que dos elementos de Guadua se acoplen correctamente entre ellos, pero no dependerá del zuncho la transmisión de carga, también se recomienda zunchar las puntas de las conexiones de Guadua para evitar el agrietamiento.

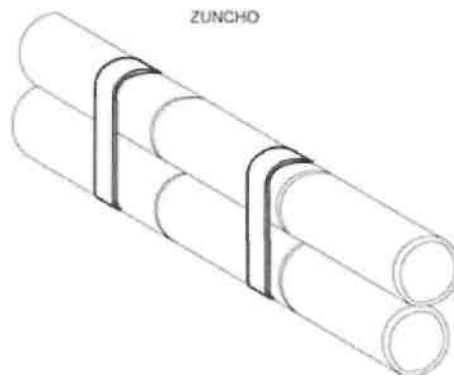


Ilustración 34. Unión zunchada. (Ministerio de la vivienda, construcción y saneamiento del Perú, 2012)

13.3 Tipos de uniones de acuerdo con la función

Las uniones entre los elementos de Guadua y madera dentro de los muros de bahareque pueden ser del tipo uniones clavadas. Las uniones de muros de bahareque entre sí y de los componentes del bahareque con la cimentación y con la cubierta deben cumplir funciones estructurales, tanto de rigidez como de resistencia. Las uniones entre componentes, de acuerdo con su función, se clasifican en:

13.3.1 Unión cimiento-muro

Los muros deben estar conectados efectivamente con la cimentación, sea en contacto directo con las vigas de cimentación o atravesando los sobrecimientos.

13.3.1.1 Unión con soleras de madera aserrada

Cuando se utilice madera aserrada para las soleras, la conexión con los cimientos se realizará **con** barras roscadas, ancladas a los mismos y de tal manera que atraviesen las soleras y se fijen a éstas, con tuercas y arandelas. La madera debe separarse del hormigón o de la mampostería con plástico u otra barrera similar.

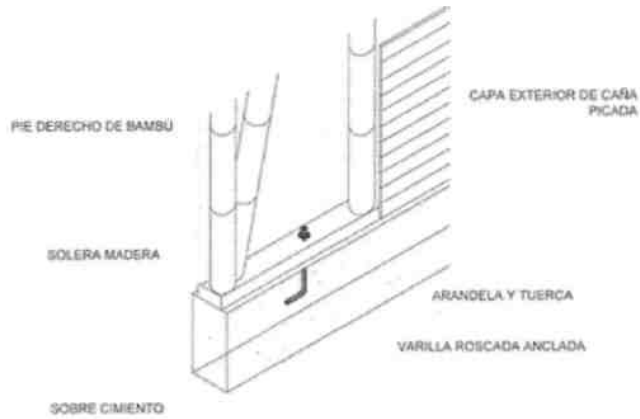


Ilustración 35. Unión muro de bahareque con solera de madera a cemento. (Ministerio de la vivienda, construcción y saneamiento del Perú, 2012)

13.3.1.2 Unión con soleras de Guadua

Para muros fabricados sólo con elementos de Guadua, deberán conectarse a los cimientos fijando los pie-derechos necesarios, a la cimentación se recomienda que la solera sea discontinua en la base y los pies derechos lleguen hasta el sobre cemento, para evitar el aplastamiento de la solera, todos los pies derecho se conectaran al cemento por medio de varillas embebidas que deberán entrar por lo menos 60 cm, todos los cañutos por donde pase la varilla deberán se rellenados con mortero.

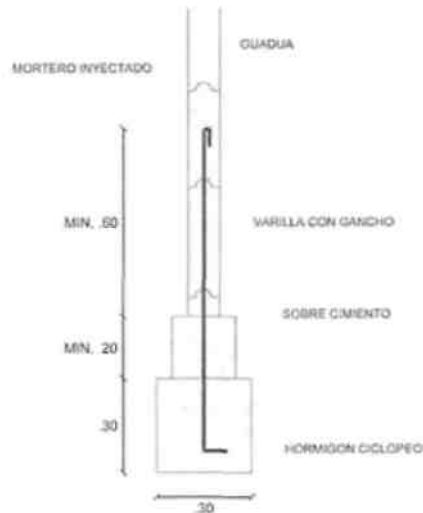


Ilustración 36. Unión pie-derecho a cemento, en muros de bahareque sin soleras de madera. (Ministerio de la vivienda, construcción y saneamiento del Perú, 2012)

Esta conexión es obligatoria en todos los pie-derechos de inicio y final de un muro, así como en los pies derechos de las esquinas de la casa y al lado de cada vano, lo anterior con el fin de prevenir el vuelco de la estructura cuando es sometida a cargas de sismo o viento.

13.3.2 Unión entre muros

Los muros deben estar conectados entre sí, en especial cuando se construyan viviendas con muros prefabricados, a continuación se presentan las tipologías de conexiones que se deben realizar para conectar muros en diferentes configuraciones.

13.3.2.1 Muros en el mismo plano

Los muros en el mismo plano se unen entre sí mediante pernos, tuercas y arandelas, como se ilustra en la Ilustración 37. Debe haber por lo menos dos conexiones por unión, puestas cada tercio de la altura del muro. El perno debe tener, por lo menos 9.5 mm de diámetro. Si los pie-derechos son de Guadua los cañutos atravesados deben rellenarse con mortero.

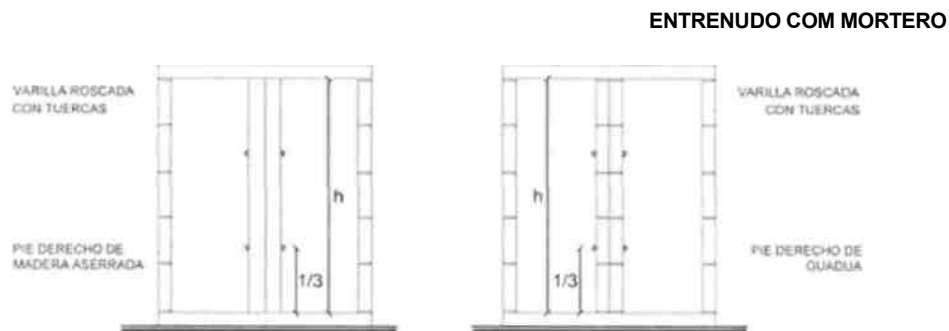


Ilustración 37. Unión muros en el mismo plano. (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2001)

13.3.2.2 Muros en planos *perpendiculares*

Cuando los muros que deben unirse están en diferentes planos, perpendiculares entre sí, pueden unirse directamente con pernos, tuercas y arandelas en una sola dirección, o a través de un elemento adicional en la intersección de los muros, utilizando pernos, tuercas y arandelas, en ambas direcciones, tal como se ve en las Ilustración 38-40. Debe haber por lo menos dos conexiones por unión, puestas cada tercio de la altura del muro.

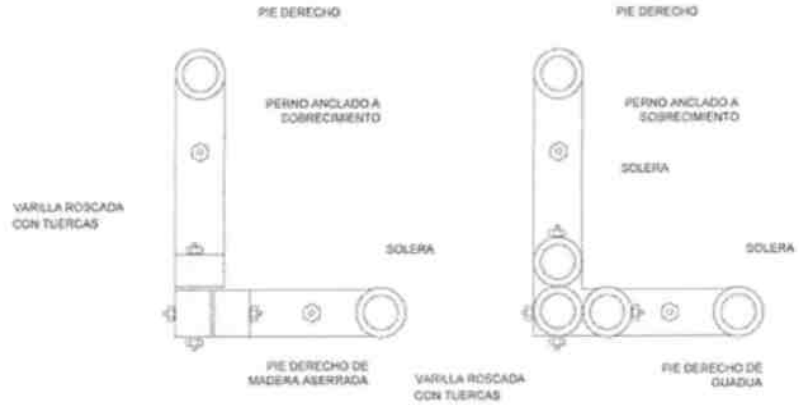


Ilustración 38. Unión muros en L (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2001)

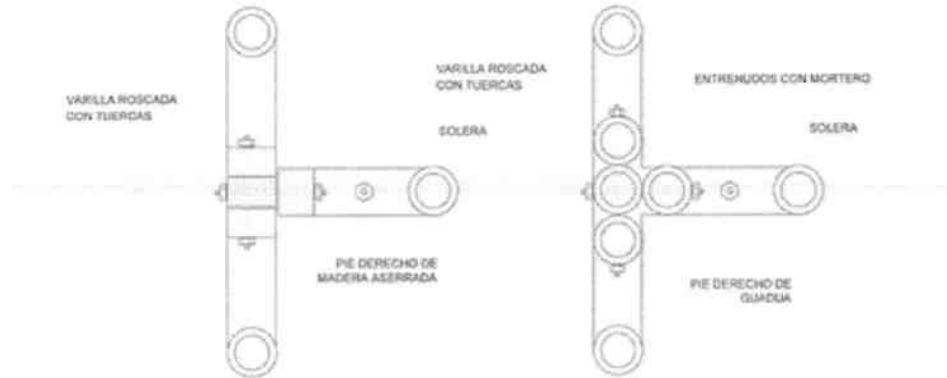


Ilustración 39. Unión muros en T (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2001)

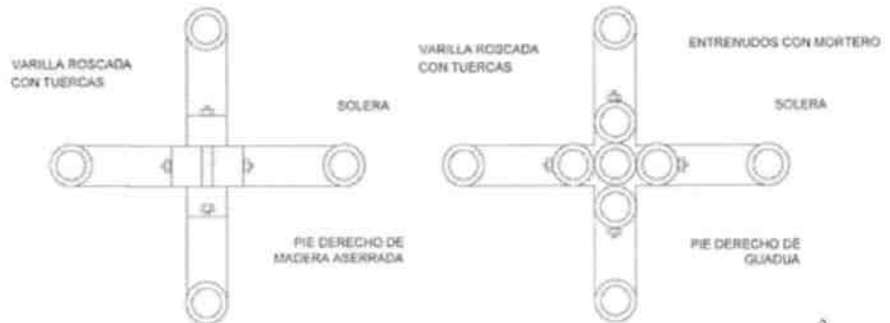


Ilustración 40. Unión muros en cruz. (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2001)

13.3.2.3 Continuidad de la solera superior

Se debe garantizar una continuidad en la solera superior de los muros, en especial cuando se construyen casas con muros prefabricados, para cumplir este fin se debe colocar una solera adicional *que* conecte los muros adyacentes, cuando la solera es de madera esta se podrá fijar por medio de clavos de 63 mm ó 2 ½" cada 200 mm en zigzag, cuando la solera sea de Guadua está se conectará por medio de pernos pasantes de diámetro 9 mm ó 3/8" cada 800 mm como máximo y rellenando los cañutos por los que pasan los pernos.

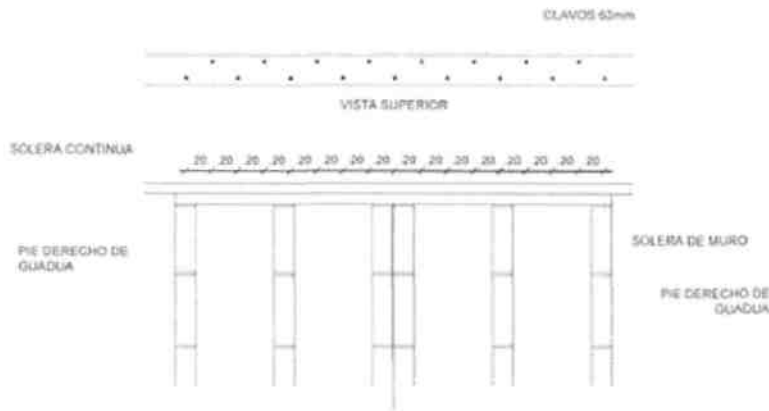


Ilustración 41. Solera continua de madera.



Ilustración 42. Solera continua de Guadua.

13.3.3 Unión muros del primer piso con muros del segundo piso

Cuando se construyen casas de dos pisos es muy importante vincular correctamente los muros del primer piso con los del segundo piso, con el fin de que se transmitan correctamente los cortantes debidos a cargas laterales de sismo o viento, además una buena conexión de los muros en el sentido vertical garantiza la integridad estructural de de la vivienda,

La conexión se realizará en todos los casos por medio de pernos de 12 mm ó VI" con una separación no mayor a 1.0 m, que vinculen la solera superior de los muros del primer piso con la solera inferior de los muros del segundo piso, incluyendo el entrepiso.

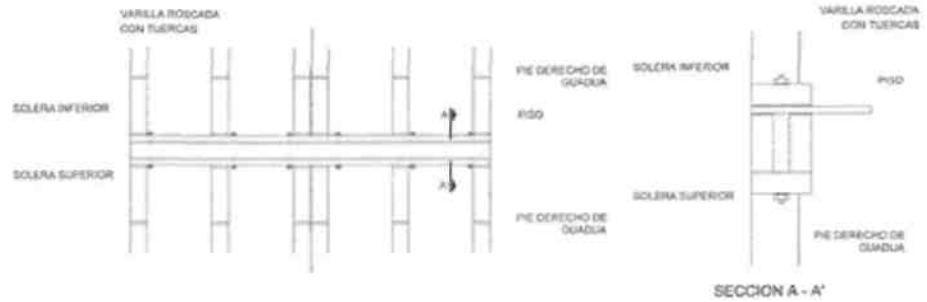


Ilustración 43. Unión muros primer piso con muros del segundo piso.

13.3.4 Unión entre muros y cubierta

La conexión de las correas con los muros debe hacerse a la solera superior, a través de un perno pasante que sujete la correa y la solera.

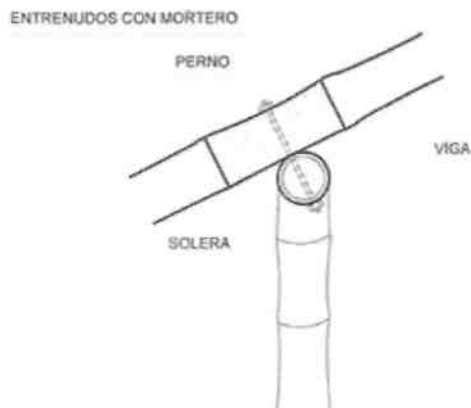


Ilustración 44. Unión vigueta cubierta a solera.

Cuando los muros se fabriquen mediante paneles debe ponerse un elemento continuo uniendo las carreras de los paneles. La conexión con la cubierta, se realizará de la misma forma mostrada en la Ilustración 44.

En zonas con vientos fuertes la conexión de las viguetas y la cubierta deberá ser más fuerte utilizando la conexión de perno tensor y sujetando el pie-derecho, la solera y la vigueta.

Las tejas deben amarrarse de las correas para formar un conjunto

Si se construye un porche anexo a los muros exteriores, con columnas de Guadua, la cubierta debe dotarse de un alero con las dimensiones necesarias para que no se exponga la Guadua directamente a la acción del sol y el agua.

Para aleros con más de 500 mm deberá construirse un apoyo inclinado o pie de amigo, desde el extremo exterior del alero hasta las columnas de Guadua que se quieren proteger, pero con una inclinación no menor de 60° con la horizontal. El extremo inferior del pie de amigo debe apoyarse en una Guadua distinta a las que forman las columnas, pero que está zunchada a éstas y que comparte con ellas el dado de cimentación. Las columnas deben estar espaciadas con distancias no mayores de 3 m./fp

i4. ANEXO A. Procedimiento detallado de diseño estructural de casas de bahareque de uno y dos pisos

14.1 Alcance

Se establecen los requisitos mínimos de verificación de resistencia los muros de viviendas de uno y dos pisos cuyo sistema estructural consiste en muros de bahareque encementado. La estructuración y demás requisitos de diseño y construcción deberán cumplir lo establecido en todos los capítulos de la presente norma, salvo el requisito de cantidad de muros en cada dirección expresado en 9.3, para el cual el presente procedimiento puede usarse en forma alternativa.

La utilización de este anexo está restringida a ingenieros civiles con especialización en el diseño de estructuras, que puedan hacer un diseño más eficiente y seguro al mismo tiempo. La verificación de resistencia de los muros de bahareque encementado se basa en el método de esfuerzos de trabajo.

14.2 Procedimiento de diseño

A continuación se presenta un procedimiento paso a paso para el diseño estructural de una vivienda de muros de bahareque encementado usando el anexo A.

- a) Definición del proyecto arquitectónico.
- b) Ubicación de los ejes estructurales en sentido X (numéricos) y en sentido Y (alfabéticos)
- c) Identificación de cada uno de los muros de la vivienda en cada uno de sus pisos.
- d) Determinación del sistema de muros, material de recubrimiento, caras recubiertas, resistencia la corte debido al sistema elegido, peso de los muros.
- e) Determinación de la masa de la casa, incluyendo muros entrepiso y cubierta.
- f) Determinación del cortante basal por el método de la fuerza horizontal equivalente o por el método expresado en cada una de las normas nacionales.
- g) Determinación del cortante basal debido a cargas de viento
- h) Cálculo de la capacidad de resistencia a cargas horizontales de los muros de la vivienda en cada dirección de acuerdo a la configuración estructural elegida, siempre debe ser mayor que el cortante basal, de lo contrario volver al literal a.
- i) Chequeo de la simetría de muros.
- j) Chequeo de vuelco en cada muro, elemento a compresión y elemento atracción
- k) Diseño de elementos de entrepiso a flexión y a deflexión.
- l) Diseño de elementos de cubierta.

14.3 Solicitaciones consideradas

14.3.1 Combinaciones de cargas

El sistema de muros de bahareque encementado debe diseñarse para los efectos de las cargas combinadas correspondientes a los esfuerzos admisibles o cargas de servido.

D
D+L
D + (Lr ó G ó Le)
D+0.75L + 0.75(Lr ó G ó Le)
D+W
D+ 0.7E
D+ 0.75W+ 0.75L + 0.75(Lr ó G ó Le)
D+ 0.75(0.7E) + 0.75L + 0.75(Lr ó G ó Le)
0.6D+W
0.6D+ 0.7E

Donde:

D: Carga muerta

L: Carga viva

Lr: carga viva de cubierta

Le: carga de empozamiento de agua

G: carga de granizo.

W: carga de viento

E: carga de sismo.

La carga de granizo se aplicará solo cuando las casas se encuentren a más de 1600 msnm, y serán de 0.5 kN/m² para cubiertas con ángulo menor a 15° y 1 kN/m² para cubiertas con ángulo mayor a 15°.

En los efectos causados por el sismo se tiene en cuenta la capacidad de disipación de energía del sistema estructural, empleando unos efectos reducidos de diseño E, obtenidos dividiendo la fuerza sísmica ó cortante basal Vs, determinada de acuerdo con los requisitos del método de fuerza horizontal equivalente, por el coeficiente de capacidad de disipación de energía R, $E = V_s/R$

14.3.2 Coeficiente de disipación de energía, r

El coeficiente de capacidad de disipación de energía, R, debe tomarse como 2.0 para muros de bahareque encementado.

14.3.3 Determinación de fuerzas sísmicas

La determinación de fuerzas sísmicas se hará según lo establecido en el Método de la fuerza horizontal equivalente, a partir de la evaluación de la amenaza sísmica.

14.1 Período fundamental de la edificación

Para efectos del cálculo de la aceleración espectral, podrá tomarse como período fundamental de la edificación el que resulte de la aplicación de la Ecuación 5.

$$T_a = 0.2S \cdot h^{0.75} \quad \text{Ecuación 5}$$

Donde:

h= altura de la casa hasta el nivel medio de la cubierta en m

14.5 Fuerzas de viento

Deben calcularse de acuerdo con el capítulo de viento de la norma del país, se deben calcular las presiones verticales para el diseño de los elementos de cubierta y las presiones horizontales para chequear la resistencia la corte de los muros y el efecto del vuelco.

14.6 Distribución de fuerzas

14.6.1 Fuerza lateral

Las fuerzas laterales del sismo o viento se aplicarán en cada dirección y se repartirán proporcionalmente a cada uno de los muros dependiendo de su longitud.

Las fuerzas laterales se deben aplicar dependiendo del nivel de la casa para casas de un piso será la fuerza sísmica debida a la masa de toda la casa, así como para los muros del primer piso en casas de dos pisos, para los muros del segundo piso en casas de dos pisos se tomara la masa del segundo piso incluyendo la cubierta para el cálculo de la fuerza de sismo y el área de la fachada y al cubierta para el cálculo de la presión de viento.

14.6.2 Fuerza vertical

Las fuerzas verticales debidas a las cargas gravitatorias deben distribuirse en proporción a las áreas aferentes de los muros estructurales, con respecto al área total del nivel considerado.

14.7 Resistencia al corte de muros de bahareque encementado

Los valores obtenidos de las solicitaciones sobre cada uno de los muros, por carga vertical y por carga horizontal, en la dirección bajo consideración, deberán ser inferiores a los valores admisibles de trabajo expresados en la Tabla 16 y Tabla 17, de acuerdo con las características de estructuración y materiales empleados en cada tipo de muro.

$$\sum L_i * V > 0.7E$$

Ecuación 6

Donde

SL_i= Sumatoria de la longitud efectiva de cada muro en la dirección i, en m

V= Valor del cortante admisible tomado de la Tabla 16 ó de la Tabla 17, en kM/m

E= V_s/R, en kN.

V= Cortante basal calculado por el método de la fuerza horizontal equivalente, en kN,

R= Coeficiente de capacidad de disipación de energía.

Los valores expresados presuponen que los muros serán anclados a la cimentación, y entre sí, de acuerdo con lo establecido en los numerales 13.3 del presente documento. De no lograrse valores que satisfagan la Ecuación 6, deberá Incrementarse la longitud de muros en la dirección bajo consideración ó se deberá escoger una configuración diferente de entramado o recubrimiento, hasta obtener su cumplimiento.

Tabla 16. Resistencia al corte admisible en muros de baharequeencementado, con recubrimiento de caña picada, malla de gallinero y mortero de cemento.

Composición del muro	Diagonales	Recubrimiento	Resistencia al corte admisible
Entramado de Guadua y madera, con soleras en madera y pie-derechos en Guadua cada 800mm.	No	Caña picada, fijada con clavos de 38 mm 1 ½ cada 150mm cocidos con alambre, malla de gallinero y mortero de cemento.	9.8
	Si, 2 diagonales de Guadua, una en cada extremo del muro, Inclinas en direcciones		13.5
	Si, 2 diagonales en platina metálica de 1 1/2" y 1/8" de espesor fijada con pernos de 3/8" a cada elemento que atraviesa		18
Entramado de Guadua con soleras y pie-derechos en Guadua cada 800 mm.	No		7
	Si, 2 diagonales de Guadua, una en cada extremo del muro, inclinadas en direcciones opuestas		9.5
	Si, 2 diagonales en platina metálica De 1 1/2" y 1/8" de espesor fijada con pernos de 3/8" a cada elemento que atraviesa		12,8

Tabla 17. Resistencia al corte admisible en muros de bahareque encementado, con recubrimiento de malla expandida y mortero de cemento.

Composición del muro	Diagonales	Recubrimiento	Resistencia al corte admisible V(kN/m)
Entramado de Guadua y madera, con soleras en madera y piederechos en Guadua cada 800mm,	No	Malla venada o malla expandida, fijada con clavos de 25 mm 1" cada 150 mm cocidos con alambre y mortero de cemento.	6.9
	Si, 2 diagonales de Guadua, una en cada extremo del muro, inclinadas en direcciones opuestas.		9.5
	Si, 2 diagonales en platina metálica De 1 1/2" y 1/8" de espesor fijada con pernos de 3/8" a cada elemento que		12.6
Entramado de Guadua con soleras y piederechos en Guadua cada 800 mm.	No		4.9
	Si, 2 diagonales de Guadua, una en cada extremo del muro, inclinadas en direcciones opuestas		6.7
	Si, 2 diagonales en platina metálica De 1 1/2" y 1/8" de espesor fijada pernos de 3/8" a cada elemento que atraviesa		9.0

14.8 Sistema de muros

Al igual que en el procedimiento simplificado se deberá verificar el cumplimiento de la simetría de los muros, de acuerdo a lo estipulado en el numeral 9.3.4.

14.9 Vuelco

Debido a que los las casas de bahareque son livianas es necesario hacer un chequeo a vuelco de cada uno de los muros de la casa, debido a cargas de sismo y viento. Los muros se deben asumir como elementos individuales trabajando en voladizo, tal y como se ve en las siguientes ilustraciones

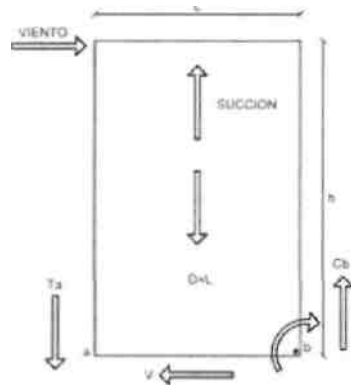


Ilustración 45. Chequeo vuelco combinaciones de carga con viento.

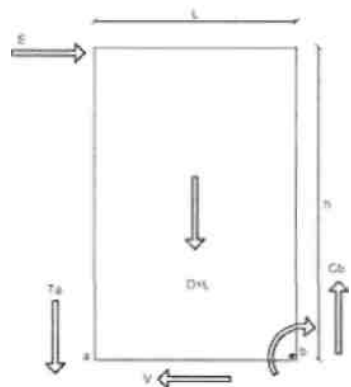


Ilustración 46. Chequeo vuelco combinaciones de carga con sismo.

Una vez hecho el análisis estático del muro se determinara la máxima tensión y la máxima compresión, con el fin de verificar la capacidad de los pies-derechos extremos del muro, si la carga actuante en el pie-derecho es mayor a la dada en la siguiente tabla se deberá utilizar doble pie-derecho en el extremo.

Tabla 18. Resistencia a la compresión y a la tracción de pie-derechos extremos en muros sometidos a vuelco.

Pie derecho extremo	Resistencia a la compresión (MPa)	Resistencia a la tracción (kN)	Observaciones
Guadua	14.0	10.0	La resistencia a la tracción se proporciona con una conexión de varilla embebida de 1/2", con una longitud dentro de la Guadua de mínimo 600 mm
Madera.	10.0	13	La resistencia a la tracción se proporcionara por medio de uniones antivuelco típicas de construcciones de madera.

Bibliografía

ISO 22156:2004 Bamboo - Structural Design,

150/22157-1:2004 Bamboo - Détermination of physical and mechanical properties- Part 1: Requirements.

150/22157-2:2004 Bamboo - Determination of physical and mechanical properties - Part 2: Laboratory manual.

Junta del acuerdo de Cartagena PDAT - REFORT, Manual de diseño para maderas del grupo andino, 1984

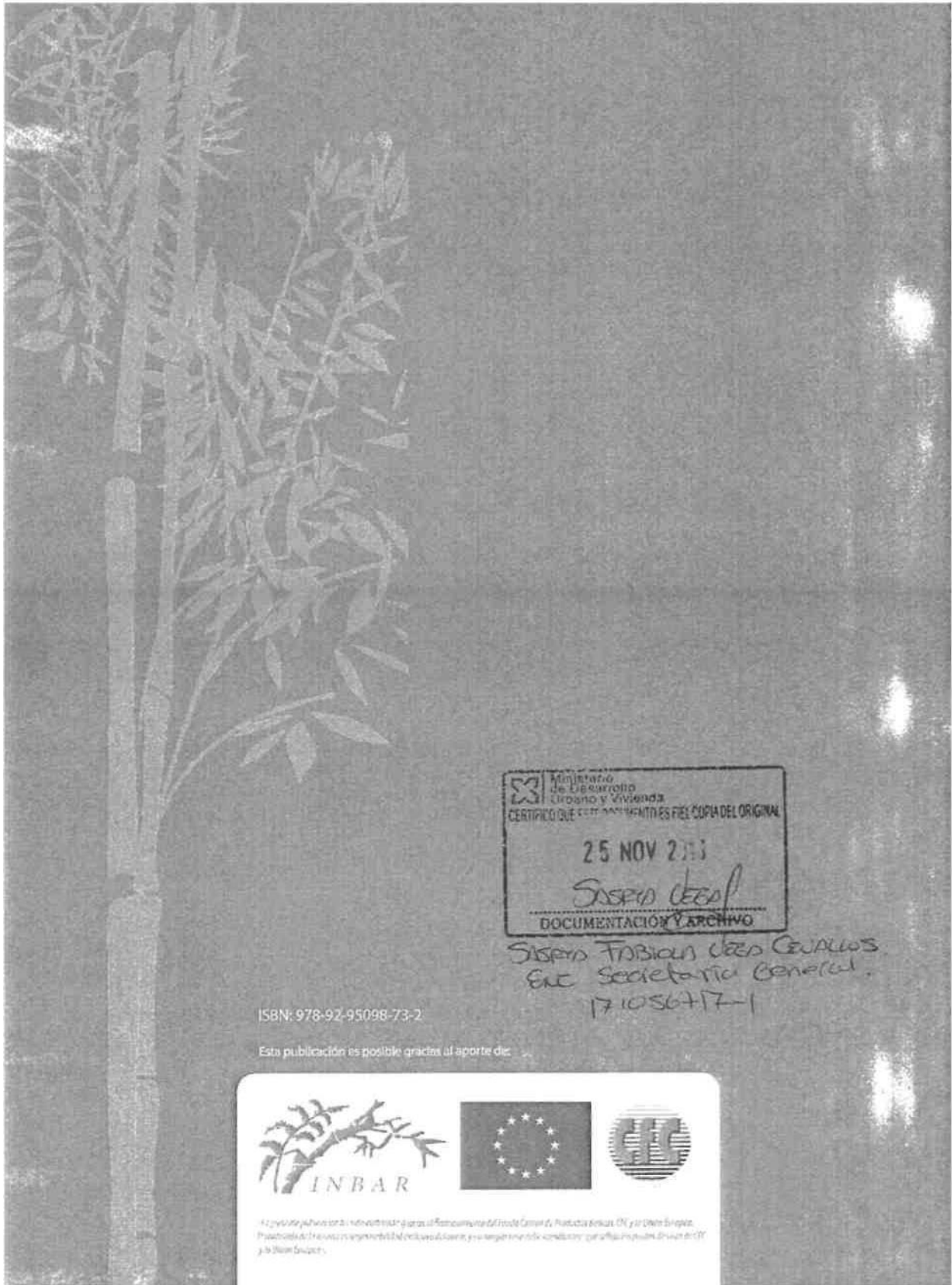
Ministerio de vivienda construcción y saneamiento del Perú, Norma Técnica E 100 Bambú, 2009.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. Preservación y secado del culmo de Guadua Angustifolia Kunth. NTC 5301. Bogotá D.C.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. Uniones de estructuras con Guadua Angustifolia Kunth. NTC 5407. Bogotá D.C

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN. Métodos de ensayo para determinar las propiedades físicas y mecánicas de la Guadua Angustifolia Kunth. NTC 5525. Bogotá D.C.

ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE INGENIERÍA SÍSMICA. Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10, Título E, Casas de uno y dos pisos y Título G estructuras de madera, estructuras de Guadua. Bogotá D.C. 2010.,n)



Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda.- Certifico que este documento es fiel copia del original.-11 de noviembre de 2016.-f.) Ilegible, Documentación y Archivo.

Documento con posibles errores digitalizado de la publicación original. Favor verificar con imagen.

🚫 No imprima este documento a menos que sea absolutamente necesario.

Imagen

Imagen