

Una propuesta para diseño de estructuras de madera, con el título G de la NSR-10

A proposal for Wood structures design using the title G of NSR-10

Zulma S. Pardo V.^{1*}

¹Profesora Cátedra, Departamento de Ingeniería Civil y Departamento de Arquitectura, Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia

RESUMEN

Se presenta una propuesta para el diseño de estructuras de madera de acuerdo al título G de la NSR-10, en la misma se plantea que es necesario que el profesional colombiano debe conocer mejor las especies nativas y aspectos de veda de algunas maderas que son protegidas por el estado.

Se propone el desarrollo de nuevas tecnologías para la creación de nuevos productos que faciliten y amplíen el campo de diseño en madera que no ha sido muy difundido en Colombia.

Se expone una tabla de identificación de defectos, para criterios de aceptación y/o rechazo del material en obra y su necesidad que sea conocido por los constructores que trabajan en el sector.

Se presenta un material educativo desarrollado para facilitar el uso de este título de la NSR10 y su aplicación al diseño estructural.

Palabras clave: Estructuras de madera, NSR-10, American Council Wood, especies nativas.

ABSTRACT

This paper is a proposal for wood structures design using the title G of NSR10, the author proposes the need of Colombian professionals have to know more about the native species and aspects of protection or telling of trees. Equally, about the protected species for the government.

It is a proposal for the development of new technologies and design of new products that facilitate and expand the field of wood structures that in Colombia is not advanced, although the country has a big potential in this material.

The author shows a table to identify defects, with it is possible define acceptance or refusal in the construction. This aspect is more important for the builders that work in the wood sector.

At the final, an educational material developed to facilitate the use of title G of NSR-10 is presented.

Keywords: Wood structures, NSR-10, American Council Wood, native species.

* Autor Correspondencia: pardo@javeriana.edu.co; zspardo@gmail.com



1 INTRODUCCIÓN

A raíz de la promulgación de la NSR-10, el título G, referente a diseño de estructuras de madera, se modificó la filosofía de diseño que por muchos años se había basado en el documento (CAN), desarrollado por la junta del Acuerdo de Cartagena que agrupa especies nativas de la Comunidad Andina de Naciones y emplea el método de esfuerzos admisibles para diseño. En el título G, de la NSR-10, se continúa aplicando la teoría de esfuerzos admisibles pero se cambia el documento raíz, ahora se basa en los estándares americanos (AWC), y se introduce una nueva clasificación para las maderas estructurales, incluyendo especies que no todas son autóctonas de Colombia, ni de fácil consecución en el país.

Este artículo presenta una metodología para que nuestros ingenieros comprendan y se les facilite el diseño estructural haciendo uso de este título.

Desde 1944, el AWC, ha proporcionado materiales educativos para propender el uso de las maderas en estructuras, primero en papel y desde 2005 usando CD ROM, en los últimos tiempos ha realizado capacitaciones en línea (on line) para ingenieros y arquitectos interesados en el tema. Complementario a lo anterior, el AWC ha suscrito convenios con diferentes universidades para impartir cursos de educación continua que promueven el uso de la madera en estructuras. (Taylor y Showalter). Organizaciones como la Sociedad de Productos Forestales, el Departamento de Agricultura de Estados Unidos, a través de sus publicaciones mantienen a los profesionales al día sobre nuevos productos desarrollados con madera y de uso para construcción. Otra estrategia empleada para divulgar el conocimiento de la madera ha sido crear grupos interdisciplinarios entre las carreras de Arquitectura e Ingeniería, donde se plantea un problema que se construye a final del curso y que es evaluado a través de un concurso. (Clouston)

A continuación, se analizan algunas políticas gubernamentales a la luz de la aplicación del título G de la NSR-10, sus implicaciones, se exponen algunos apartes del título se comentan y se presenta una propuesta para que esta especificación sobre estructuras de madera sea más fácil de comprender, emplear y aplicar. Promoviendo las energías renovables que tan en boga están hoy día.

2 POLITICAS GUBERNAMENTALES

2.1 *Especies nativas con incentivos*

El gobierno nacional a través del Certificado de Incentivo Forestal (CIF), promulgado a través de (Ley 139 de 1994), y reglamentado posteriormente (Decreto 1824 de 1994), (Decreto 900 de 1997), (Decreto 1498 de 2008), (Decreto 2448 de 2012), ha pretendido impulsar el cultivo de especies nativas y especies introducidas para explotación con fines comerciales de la madera.

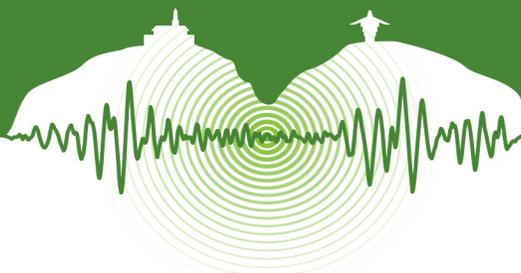
Actualmente, las especies nativas, que tienen incentivos, se presentan en la Tabla 1:

Tabla 1: Especies forestales autóctonas.

Nombre científico	Nombre común
Tabebuira rosea	Roble (ES5)
Bombacopsis quinata	Ceiba Roja
Cordia elliodora	Nogal cafetero
Ochroma pyramidale	Balso
Hevea brasillensis	Caucho
Guadua angustifolia	Guadua (Título G)

De las especies presentadas en la Tabla 1, sólo la guadua y el roble, se considera en el Apéndice G-B de la NSR-10. El roble se considera dentro del grupo de maderas selectas tipo 5. Es decir, sólo el 33% de las especies autóctonas con incentivos, se podrían usar en estructuras, fácilmente, a través del título G de la NSR-10.

2.2 *Especies forestales introducidas*



La Tabla 2, presenta las especies forestales introducidas, es decir, que no son originarias de Colombia, pero su crecimiento y desarrollo se adapta a las condiciones del territorio nacional.

Tabla 2: Especies forestales introducidas.

Nombre científico	Nombre común
Eucalyptus camaldulensis	Eucalipto plateado
Eucalyptus globulus	Eucalipto (ES5)
Eucalyptus grandis	Eucalipto
Eucalyptus pellita	Eucalipto
Eucalyptus urophylla	Eucalipto
Eucalyptus tereticomis	Eucalipto
Pinus caribaea	Pino
Pinus cocarpa	Pino
Pinus patula	Pino (ES6)
Pinus maximinoii	Pino
Pinus tecunumanii	Pino
Tectona grandis	Teca (ES6)
Acacia mangium	Acacia

De las maderas de la Tabla 2, sólo 3 están contenidas en el Apéndice G-B, de la NSR-10. Por lo tanto, sólo el 23% las especies con incentivos se pueden emplear hoy, fácilmente, aplicando el título G. Se observa que dos son del tipo selecta 6 y una del tipo selecta 5. Se llama la atención que son maderas con bajos valores de resistencia.

3 EL TÍTULO G DE LA NSR-10.

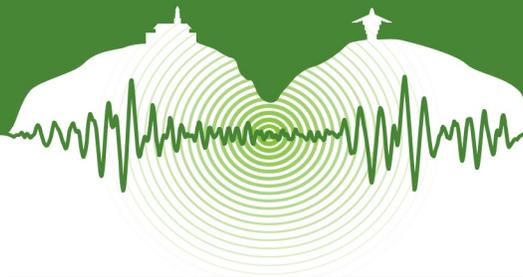
Este título se fundamenta en el documento del American Wood Council ANSI/NDS-2005, y aplica el método de los esfuerzos admisibles para diseño. A Continuación, se presentan tópicos específicos que se pueden mejorar con el fin de que cada vez más diseñadores comprendan la metodología propuesta en el título y se reduzcan las probabilidades de cometer errores por malas interpretaciones.

3.1 *Tabla de defectos de las maderas*

En la Tabla G.1.3-1, de la NSR-10, se presenta un número de parámetros que se deben evaluar por parte del diseñador para uso de la madera en aplicaciones estructurales. La Tabla 3, contiene estos aspectos.

Tabla 3: Tolerancia de la madera.

Defectos
Dimensión real (en longitud y en sección transversal)
Alabeos (Abarquillado, arqueadura, encorvadura, torcedura)
Arista faltante (una sola cara)
Duramen quebradizo
Escamaduras (una sola cara)
Falla de compresión



Grano inclinado
 Grieta superficial
 Médula
 Nudos (1m entre nudos) (sano, hueco, arracimados)
 Perforaciones selladas (no alineadas ni pasantes) (pequeñas, grandes)
 Pudrición
 Rajaduras
 Manchas

La tabla no tiene indicativos de qué trata cada defecto, y es de difícil uso para un profesional con nivel de pregrado. Desde el punto de vista de la autora, debería indicar con dibujos sencillos a qué hacen referencia los defectos que menciona en cada línea, adicionalmente, para construcción, debería incluirse un artículo donde se exigiese el diseño de un formato para revisión de cada uno de los defectos anteriores o suministrarlo la misma norma. Desde el punto de vista didáctico, resulta complejo para una persona que está aprendiendo a diseñar con este título, la comprensión de esta tabla.

3.2 Tabla maderas Tipo “ES1 a ES6”. Apéndice G-B.

Sobre las tablas contenidas en el apéndice G-B, de las cuales se especifican algunos detalles en la Tabla 4, deberían incluirse algunos aspectos adicionales entre ellos se pueden citar, la disponibilidad de la madera en Colombia, si la especie está en veda o incluida en la lista roja de especies, con el fin de advertirle al diseñador de las implicaciones de usar una u otra madera.

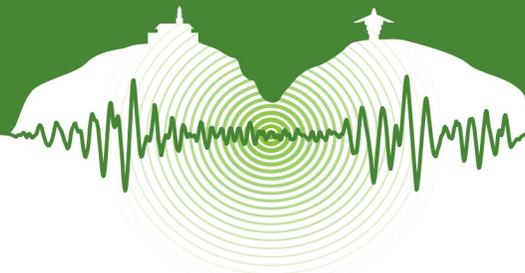
Se hace necesario, hacer una revisión general de los nombres científicos y nombres comunes puesto que en la revisión que hizo la autora encontró algunos errores, entre los que se pueden citar el carreto y el guayacán polvillo para revisión del nombre científico y el flor muerillo y el cosaco para revisión del nombre común.

Tabla 4: Maderas Tipo “ES1”

Nombre científico	Nombre común
Dipteryx oleifera	Choiba
Myroxylon balsamun	Balsamo
Licania sp.	Ambure pichangillo
platymiscium pinnatum	Guayacán trébol
Peltogyne porphyrocordia	Nazareno
Eschweilera pittieri	Coco manteco
Lecythis sp	Coco mono
Trigoniastrum sp	Marfil
Lagetroemia sp	Puente cascarillo
Xylopa sp	Yaya blanca

3.3 Diseño de apps para enseñanza de estructuras de madera

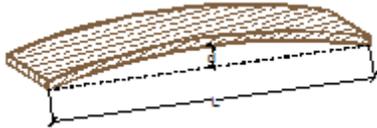
El AWC, ha desarrollado aplicaciones para facilitar el uso de las maderas del hemisferio norte, usando unidades inglesas, entre ellas se pueden citar la denominada “BeamBuddy”, en este momento solo se está disponible para iOS, es de libre acceso a los usuarios. Pero tiene la limitante que sólo está disponible para dispositivos que empleen la plataforma de Apple.

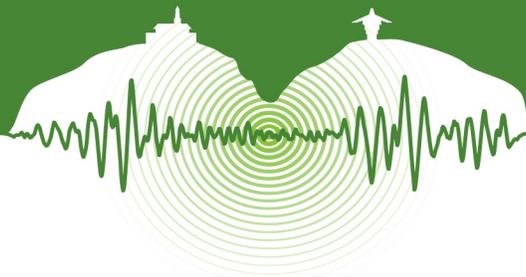


4 PROPUESTA CON MATERIAL EDUCATIVO PARA ENSEÑANZA DEL TÍTULO G

De los trabajos realizados en la Universidad Pedagógica Nacional de Colombia, (Pardo), se propone trabajar con material que complemente las tablas de defectos presentados en el título G de la NSR-10. En la Tabla 5, se presenta una copia del material educativo diseñado contenido en (Pardo, Diseño de estructuras de madera. Según NDS-2015), para que los futuros diseñadores de madera comprendan fácilmente la tabla de defectos de la NSR-10. Este material está disponible para computador, teléfonos inteligentes y tabletas. Tiene una extensión superior a 150 páginas de información con hipervínculos que complementan los temas tratados que corresponderían a un curso básico de diseño de estructuras de madera.

Tabla 5: Tolerancia de la madera aserrada. (Material educativo)

Defectos	Foto
Dimensiones real (en longitud y en sección transversal)	
Alabeos (Abarquillado, arqueadura, encorvadura, torcedura)	
Arista faltante (una sola cara)	
Duramen quebradizo	
Escamaduras (una sola cara)	
Falla a compresión	



Grano inclinado



Grieta superficial



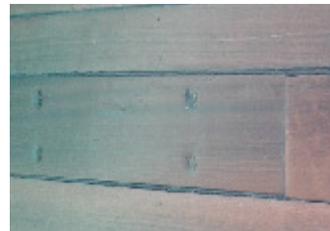
Médula



Nudos



Perforaciones selladas



Pudrición





Rajaduras



Manchas



Se propone complementación de las tablas del Apéndice G-B, de la NSR-10, con información como la que presenta la Tabla 6, contenida en (Pardo, Diseño de estructuras de madera. Según NDS-2015)

Tabla 6: Maderas Tipo “ES1” (Material educativo)

Nombre científico	Nombre común	¿Está en veda?	¿Crece en Colombia?
Dipteryx oleifera	Choiba	Especie Vulnerable (VU)	Si
Myroxylon balsamun	Balsamo	No	Si
Licania sp.	Ambure pichangillo	En Peligro (EN)	Si
platymiscium pinnatum	Guayacán trébol	No	Si
Peltogyne porphyrocordia	Nazareno	Especie Vulnerable (VU)	Si
Eschweilera pittieri	Coco manteco	No	Si
Lecythis sp	Coco mono	No	Si
Trigoniastrum sp	Marfil	Especie Vulnerable (VU)	Si
Lagertroemia sp	Puente cascarillo	No	Si
Xylopia sp	Yaya blanca	No	Si

Se propone hacer uso de aplicaciones para dispositivos móviles de libre acceso para complementar la comprensión de los temas. Está comprobado que este método funciona en las pruebas presentadas en (Z. Pardo).

En la Figura 1,2 y 3 se presentan pantallazos de una aplicación diseñada por la autora para enseñanza de los efectos y origen de las grietas en piezas de madera. En ella se incluyen tres elementos información de por qué podría encontrarse una grieta, el segundo elemento que involucra una grieta en una pieza de madera y finalmente un espacio para la reflexión del usuario, planteándole un problema, que una vez resuelto se realimenta con los primeros dos elementos.

Este material ha sido diseñado para ser visto en cualquier dispositivo móvil que trabaje con la plataforma Android y el usuario tarde menos de 2 minutos recibiendo la información total del tema.

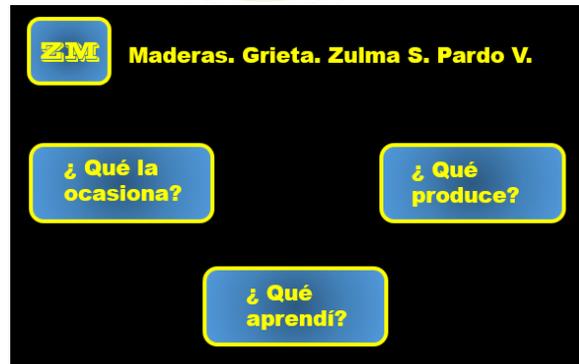


Figura 1: Aplicación ZM. Grieta.



Figura 2: Aplicación ZM. Grieta. ¿Qué la ocasiona?



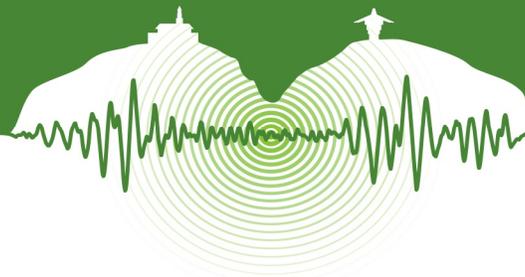
Figura 3: Aplicación ZM. Grieta. Créditos.

CONCLUSIONES

Es necesario que se implementen estrategias entre las instituciones educativas, los fabricantes, los productores, las entidades gubernamentales, los gremios, las asociaciones para educar a los Ingenieros en el uso de la madera, debido a que pocos programas universitarios colombianos imparten asignaturas sobre el tema.

Los gremios deben involucrarse más en la elaboración de políticas gubernamentales, en este caso en particular deben enviar sugerencias para futuros proyectos de ley que incentiven el uso de especies nativas con mejor comportamiento estructural que las que actualmente, se encuentran en el decreto 000080 de 2013. Se pueden recomendar los cultivos de especies catalogadas como ES1, tales como choibá (*dipteryx oleífera*), bálsamo (*myroxylon balsamum*), guayacán trébol (*platymiscium pinnatum*), nazareno (pel-

El presente artículo hace parte de las memorias del VII Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica organizado por la Universidad de los Andes y la Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica. Bogotá, Mayo de 2015.



togyne porphyrocordia. O en su defecto del tipo ES2, como el sapán (*clathrotropis brachypetala*), guayacán polvillo (*tubebuia seratifolia*), oloroso (*humiria balsamífera* o *balata nisperillo* (*manilkara bidentata*)).

Es necesario que las tablas de clasificación de especies madereras que se incluyan en las normas, en este caso la NSR-10, sean de fácil comprensión e indiquen la disponibilidad de madera en Colombia, con el fin de que un Ingeniero o Arquitecto con conocimientos básicos, fácilmente identifique y conozca la realidad nacional. Pudiendo de esta forma involucrar en sus proyectos el material disponible en el mercado que permita la economía y optimización de los recursos.

Se deben crear grupos multidisciplinarios para avanzar en el conocimiento de la madera, estos podrían estar integrados por arquitectos, ingenieros civiles, ingenieros forestales, ingenieros agrícolas, ingenieros industriales y economistas que trabajaran en el desarrollo de nuevos productos con madera aprovechando el potencial que tiene el país en este sector.

Se pueden crear materiales educativos para que los ingenieros y arquitectos adquieran fácilmente conocimientos sobre este material, ya sea a nivel pregrado, postgrado o en programas de educación continua o para la vida (*lifelong learning*). La autora ha comprobado con pruebas piloto que alumnos desde 20 años hasta 70 años aprenden lo mismo de un tema de procesos constructivos o diseño estructural si el material está adecuadamente diseñado. Este tipo de materiales deben involucrar equipos interdisciplinarios integrados por un pedagogo, un ingeniero o arquitecto, un diseñador gráfico y un ingeniero de software. Trabajos similares han sido validados internacionalmente, para la enseñanza de estructuras metálicas. (Z. Pardo), y pueden extrapolarse para estructuras de madera.

El método propuesto en este trabajo puede ser implementado con grupos de arquitectos, ingenieros, ya sean diseñadores, constructores o patólogos. La autora ha empleado aplicaciones similares en estructuras metálicas en cursos de pregrado y postgrado de la Pontificia Universidad Javeriana de Bogotá, desde Enero de 2014, con buenos resultados, una vez hecho el trabajo experimental de su implementación en la Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá, y evaluado por el programa de Maestría en TIC aplicadas a la educación de la Universidad Pedagógica Nacional de Colombia. (Z. S. Pardo, *Objetos virtuales de aprendizaje en un dispositivo móvil enfocados en el aprendizaje autorregulado y el análisis basado en problemas sobre procesos constructivos de estructuras metálicas*).

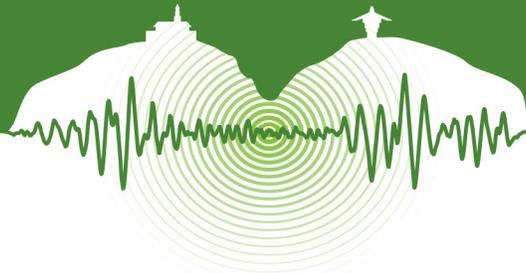
Es necesario cada vez más hacer uso de las TIC, para la divulgación y difusión del conocimiento, en este caso el de la Ingeniería Estructural. Sitios como YouTube, permiten fácilmente, a profesores y estudiantes hacer intercambio de información. En el canal ubicado en (Z. Pardo), se pueden encontrar videos de procesos constructivos empleados para la enseñanza de estructuras metálicas.

AGRADECIMIENTOS

El presente estudio fue financiado con recursos destinados para la investigación de TIC aplicadas a la Ingeniería de la firma ZJ Ingenieros Estructurales Ltda.

5 REFERENCIAS

- AIS. «Título G.» *NSR-10*. Bogotá, 2010.
- AWC. *ANSI/AWC NDS-2005. ASD/LRFD NDS*. Leesburg VA: NDS, 2005.
- Camargo, Juan Carlos, Cardona Harold y Gaviria Jhony. «Regeneración natural de árboles maderables en pasturas como estrategia para el establecimiento de sistemas silvopastoriles en la Zona Cafetera de Colombia.» Cali: Fundación CIPAV, 2008. 132-145.
- CAN. «Manual de diseño para maderas del grupo andino.» *Junta del Acuerdo de Cartagena*. 1984.
- Clouston, P. «Pedagogic Strategies for Wood Engineering in an Interdisciplinary Setting.» *Structures 2008: Crossing borders*. ASCE, 2008.
- Ministerio de Agricultura. «Decreto 1824 de 1994.» *Definición, programación y administración Incentivo Forestal*. s.f.
- . «Ley 139 de 1994.» *Certificado de Incentivo Forestal*. s.f.
- Ministerio de agricultura y desarrollo rural. *Resolucion 000080 de 2013*. Bogota, 11 de marzo de 2013.
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Territorio. «Decreto 1498 de 2008.» *Cultivos forestales con fines comerciales*. s.f.
- Ministerio de Vivienda, Ambiente y Territorio. «Decreto 2448 de 2012.» *Nuevas definiciones para el Incentivo Forestal*. s.f.



- Ministerio del Medio Ambiente. «Decreto 900 de 1997.» *Reglamentación del Certificado de Incentivo forestal.* s.f.
- Pardo, Z. «Hacia una educación continua elearning y mlearning de ingenieros civiles en diseño y construcción de estructuras metálicas.» *Ingeniería 2014.* Ed. Colegio Argentino de Ingenieros (CAI). 2014.
- Pardo, Z. «Pedagogical usability and applications for mlearning of structural engineering.» *EDULEARN 2014.* Barcelona, s.f.
- Pardo, Zulma. *Canal zspardo1.* s.f. https://www.youtube.com/results?search_query=zspardo1.
- Pardo, Zulma S. «Objetos virtuales de aprendizaje en un dispositivo móvil enfocados en el aprendizaje autorregulado y el análisis basado en problemas sobre procesos constructivos de estructuras metálicas.» Bogotá: UPN, 2014.
- Pardo, Zulma Stella. *Diseño de estructuras de madera. Según NDS-2015.* Bogotá: Zulma Pardo, 2015.
- Taylor, R.J. y B. Showalter. «A Comprehensive Approach to Wood Building Design Education.» *Structures Congress.* Ed. ASCE. 2005.
- UN-SENA. *Las maderas en Colombia.* s.f. <http://www.unalmed.edu.co/~lpforest/html/fichastecnicas.html>. 24 de 01 de 2015.