



Propuesta de Capítulos de Libro de Propiedades de Materiales Usados en Ingeniería
Civil

Ángela Milena Rojas Martín

Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito
Facultad de Ingeniería Civil
Especialización en Estructuras
Bogotá D.C.
2013

Propuesta de Capítulos de Libro de Propiedades de Materiales Usados en Ingeniería
Civil

Ángela Milena Rojas Martín



Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito
Facultad de Ingeniería Civil
Especialización en Estructuras
Bogotá D.C.

2013
Propuesta de Capítulos de Libro de Propiedades de Materiales Usados en Ingeniería
Civil

Ángela Milena Rojas Martín

Ing. Nancy Torres Castellanos
Directora



Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito
Facultad de Ingeniería Civil
Especialización en Estructuras
Bogotá D.C.
2013

Bogotá D.C., Julio ____ de 2013

Doctor
Pedro Nel Quiroga Saavedra
Director de Especialización en Estructuras
Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito
Ciudad

Asunto: Proyecto de Grado

Respetado Director

Por medio de la presente y como aspirante al Título de Especialista en Estructuras me permito presentar el informe final del Proyecto de Grado denominado "Propuesta de Capítulos de Libro de Propiedades de Materiales Usados en Ingeniería Civil" que fue dirigido por la Ingeniera Nancy Torres Castellanos.

Cordialmente,

Ángela Milena Rojas Martín
Cédula de ciudadanía: 33.365.590 de Tunja
Carné de Estudiante: 2080370

Nota de Aceptación

El proyecto de grado denominado “Propuesta de Capítulos de Libro de Propiedades de Materiales Usados en Ingeniería Civil” presentado por la Ing. Ángela Milena Rojas Martín, con Carné de Estudiante No 2080370, para optar al Título de Especialista en Estructuras que otorga la Escuela Colombiana de Ingeniería, cumple con los requisitos establecidos y recibe nota aprobatoria.

Ing. Nancy Torres Castellanos

Directora de Proyecto

Ing. Pedro Nel Quiroga

Director de Proyecto

Bogotá D.C., Julio ____ de 2013

Dedicado:

*A mi mamá por su apoyo incondicional, sus
consejos y por ser quien me motiva a superarme
como profesional y como persona.*

*A mi hermana por estar conmigo en los
momentos más difíciles.*

Agradecimientos:

*A Dios por darme la salud y la fortaleza para
culminar con éxito este trabajo.*

*A mi directora de tesis la ingeniera Nancy
Torres quién con sus conocimientos y experiencia
supo guiarme en el desarrollo de la presente tesis.*

RESUMEN

El estudio de las propiedades físicas y mecánicas de los materiales de construcción es de vital importancia en el diseño, construcción y mantenimiento de una obra de ingeniería, ya que permite una selección adecuada de los materiales dependiendo de las características y condiciones de uso.

Con el fin de ampliar los conocimientos sobre los materiales de construcción, el proyecto de grado “Propuesta de Capítulos de Libro de Propiedades de Materiales Usados en Ingeniería Civil”, trata algunos de los materiales empleados en Colombia. El libro está dividido en siete capítulos donde se estudian los siguientes materiales: Barro, Madera, Agregados, Fibras de vidrio y de carbón, Unidades de arcilla, Acero y Guadua. Se exponen los aspectos más relevantes como la historia y la evolución de los materiales, definición, clasificación, ventajas y desventajas y en el caso del Acero se presentan algunos aspectos referidos a su producción. Se identifican los factores que afectan las propiedades de los materiales y por consiguiente el comportamiento de los mismos. Igualmente se da a conocer la forma en que los materiales se presentan en el mercado para su uso comercial y sus principales aplicaciones en la obra civil.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCION	10
1. OBJETIVOS.....	11
1.1 OBJETIVO GENERAL	11
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	11
2. PROBLEMA.....	12
3. DESARROLLO DE LOS CAPITULOS	13
3.1 CONSTRUCCIONES CON TIERRA	13
3.2 GUADUA.....	15
3.3 MADERA.....	17
3.4 ARCILLA.....	19
3.5 FIBRAS PARA EL REFORZAMIENTO DEL CONCRETO	21
3.6 ACERO	23
3.7 AGREGADOS	25
BIBLIOGRAFIA.....	27
ANEXOS.....	30

INTRODUCCION

Una adecuada selección de los materiales influye en el grado de comodidad y de estabilidad que una estructura pueda proporcionar durante su vida útil.

La finalidad del libro es que los lectores conozcan el comportamiento que pueden presentar los materiales dependiendo del uso y de los factores a los que pueden estar expuestos.

Es importante señalar que el libro trata de dar unos conocimientos básicos de los materiales de construcción donde se hizo un amplio recorrido por diferente bibliografía como libros de ingeniería, normas técnicas, proyectos de grado, artículos de revistas, etc. y con base en el conocimiento adquirido en la academia y el desarrollo de la profesión, se ha procurado, agrupar, interpretar y presentar dicha información de manera particular adaptándola a la terminología de nuestro medio.

1. OBJETIVOS

1.1 OBJETIVO GENERAL

Generar una propuesta de capítulos de libro donde se trabajen y distingan las propiedades de algunos materiales de construcción utilizados en Colombia.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Recopilar e interpretar la información obtenida sobre los materiales típicos en el medio colombiano y con base al conocimiento propio adaptarla a la terminología de nuestro país.

- Proporcionar un texto de fácil entendimiento para que estudiantes y profesionales conozcan y sepan aplicar los diferentes tipos de materiales de construcción en la ejecución de cualquier obra civil.

2. PROBLEMA

La literatura sobre los materiales de construcción a la que se tiene acceso en Colombia es escasa. Aunque existe bibliografía sobre ciertos tipos de materiales de manera aislada, no hay un documento que abarque la totalidad de los materiales de construcción o en su defecto los más utilizados en el país.

Estudiantes y profesionales deben recurrir a bibliografía extranjera en su mayoría europea o americana. Muchos de los conceptos plasmados en dichos textos no son aplicables en nuestro medio debido a que los tipos de material, usos y técnicas de construcción difieren de las utilizadas en el país.

Por otra parte si se desconocen las principales características y cualidades de los materiales de construcción podrían cometerse errores en la selección de los mismos, incumpliendo con la misión constructiva para la cual fueron seleccionados. Igualmente no solo es importante conocer las propiedades de los materiales que se utilizan actualmente sino que con el fin de realizar trabajos de mantenimiento, rehabilitación o de reforzamiento de estructuras, deben conocerse las técnicas y las propiedades de los materiales utilizados en la antigüedad.

3. DESARROLLO DE LOS CAPITULOS

3.1 CONSTRUCCIONES CON TIERRA

Bajo esta técnica se construyen los muros de diferentes edificaciones utilizando como material principal la tierra arcillosa húmeda. Las construcciones con tierra se dividen en tres grupos principales: el adobe, la tapia y el bahareque.

Estudios arqueológicos demuestran que las construcciones con tierra tienen su origen muchos siglos atrás, sin embargo, algunas de estas construcciones se conservan actualmente, como el denominado Manhattan del Desierto, una ciudad amurallada con 500 construcciones en adobe que alcanzan los ocho pisos de altura, la Gran Muralla China con 700 km de longitud, las ruinas de Chan-Chan en el Perú, entre otros.

En Colombia, este tipo de arquitectura tradicional se puede observar en la regiones Andina, Caribe y Amazónica. La construcción con tierra se ve reflejada en viviendas, haciendas, edificaciones religiosas y monumentos. En los altiplanos Cundiboyacense, Payanense y Nariñense predomina la técnica del adobe que son ladrillos moldeados a partir de una mezcla de tierra arcillosa, paja, arena y gravas de diferentes tamaños. La tapia pisada que consiste en una pared de tierra arcillosa húmeda compactada a golpes, dentro de un molde o encofrado, es muy utilizada en los Santanderes. En las regiones Amazónica y Caribe predomina el bahareque que consiste en una malla doble formada por elementos verticales y horizontales de madera, guadua o caña y cuyo espacio interior se rellena con barro.

La construcción con tierra posee varias ventajas. El material utilizado es reciclable, barato y suele obtenerse en el mismo sitio de la edificación. La

extracción y preparación del material no requiere de mucha tecnificación por lo que no requiere de mano de obra especializada, las paredes gruesas protegen del frío y el calor, la tierra es un material inerte que no se incendia, pudre, o recibe ataques de insectos, como se mencionó anteriormente amplias zonas de la población colombiana están familiarizadas con el material y la técnica constructiva. Sin embargo, las construcciones con tierra son vulnerables a la lluvia y la capilaridad, las paredes pueden ser agujereadas por roedores y son más débiles ante los golpes mecánicos, la resistencia a la compresión es baja y la resistencia a la tracción se puede considerar nula, lo que puede generar fisuras con el paso del tiempo.

Frente al tapial, el adobe tiene como ventajas la simplicidad y la rapidez en la ejecución después de secado los ladrillos, requiere menos mano de obra y además facilita la abertura de vanos, sin embargo, tiene el inconveniente de que presenta menor monolitismo que la tapia pisada.

Muchas de las edificaciones construidas con tierra, son consideradas patrimonio arquitectónico y cultural de la nación, y en su mayoría deben ser intervenidas para su rehabilitación o reforzamiento, por lo que surge la necesidad de conocer las propiedades físicas y mecánicas de la tierra utilizada para la construcción y por consiguiente el comportamiento de las edificaciones construidas bajo esta técnica.

3.2 GUADUA

La guadua es un pasto gigante que desarrolla varios tallos a partir de una cepa o rizoma; estos tallos leñosos característicos, son huecos y divididos en segmentos a altura de los nudos. En Colombia se encuentran 6 especies de guadua gigantes: Guadua Macana, Guadua Cebolla, Guadua Castilla, Guadua Cotuda, Guadua Nigra y Guadua Amarilla.

La guadua se caracteriza por una gran resistencia, durabilidad y fácil manejo. Es un recurso sostenible y renovable ya que se autoreproduce a través de sus cogollos. Ecológicamente es una fuente importante de agua, aporta materia orgánica al suelo y es un purificador del ambiente. Por otro lado, es un material muy liviano y flexible, por lo que es fácil de transportar y almacenar. Es adecuada para construcciones sismo-resistentes, ya que en sus nudos posee una pared transversal que la hace más rígida y elástica al doblarse, además su relación peso/carga máxima y su forma tubular, la convierten en un material perfecto para estructuras espaciales en donde trabajan solamente fuerzas axiales. La guadua es considerada como una sustituta ideal de la madera, debido a sus condiciones de conservación y resistencia y además porque es ecológica y sostenible.

En Colombia la guadua es un tipo de bambú, muy característico en el paisaje de la zona cafetera y de la región andina. En estas zonas, no sólo se observan construcciones en guadua de poblaciones muy humildes que han logrado muy buenas soluciones de vivienda utilizando eficazmente las cualidades estructurales de este material, sino que se han realizado proyectos de mayor envergadura como el Pabellón Zeri en el Recinto de Pensamiento en Manizales, construido por el arquitecto caldense, Simón Vélez, el puente ubicado en la carrera 119 con la troncal de la Calle 80 en Bogotá, que es una obra que

combina la guadua con materiales como el hierro y el cemento, los peajes ubicados en la vía Pereira – Manizales y Pereira – Armenia, entre otros.

Actualmente, entidades educativas en Colombia han realizado diversos estudios para determinar las propiedades físicas y mecánicas de la guadua, con el fin de darle un mejor aprovechamiento en el sector de la construcción.

Por otro lado, la guadua tiene múltiples usos como la elaboración de techos y cielos rasos de viviendas, sirve como estructura secundaria (formaletas) durante el proceso constructivo. En el campo muchos habitantes la utilizan para la elaboración de muebles, juguetes, y para canales de agua, también lo utilizan para la fabricación de gallineros, galpones, corrales, cercas y postes de teléfono y luz.

3.3 MADERA

La estructura de la madera está formada por fibras de celulosa, una sustancia que constituye el esqueleto de los árboles, y lignina, sustancia que le proporciona rigidez y dureza. Debido al crecimiento natural del árbol, la madera está constituida en su mayoría por fibras orientadas longitudinalmente en dirección paralela al eje del tronco. Esta característica determina el comportamiento mecánico de la madera que difiere en cada una de sus tres direcciones (radial, tangencial y longitudinal). Propiedad que se conoce como anisotropía de la madera.

Debido a que la madera es un buen aislante térmico, las construcciones hechas con este material, mantienen una temperatura agradable (permanecen frescas en climas cálidos y conservan el calor en climas fríos). Es un material resistente a la acción del fuego debido a que absorbe calor muy lentamente. Desde el punto de vista ecológico, la madera no requiere energía para su fabricación (el árbol utiliza la energía solar) y el gasto energético en el proceso de transformación es muy inferior al requerido por otros materiales como el cemento y el acero, es biodegradable, reciclable y no es tóxica.

La madera por ser materia orgánica es susceptible al ataque de insectos y hongos, y de otros agentes como el fuego, la luz y el agua, sin embargo, puede ser un material de construcción muy duradero si se le brinda el mantenimiento adecuado.

Las propiedades físicas y mecánicas de la madera, así como sus bondades decorativas la convierten en un material ideal para la construcción de viviendas, la madera no sólo hace parte de la estructura principal de la vivienda (cerchas,

cubiertas planas, entresijos), sino que también es utilizada durante su proceso constructivo (como formaleas) y en los cerramientos y carpintería en general.

El conocimiento sobre la naturaleza de la madera, características y comportamiento, es necesario para establecer y efectuar un buen uso de este material, ya que permite que las soluciones constructivas en madera, bajo un diseño y ejecución adecuados, sean duraderas y resistentes.

3.4 ARCILLA

La arcilla constituye cerca del 95% de la corteza terrestre. Procede de la descomposición de rocas denominadas feldespáticas y según su origen se clasifican en residuales y sedimentarias. Las arcillas residuales generalmente tienen muchas impurezas, mientras que las sedimentarias pierden gran parte de los materiales no plásticos, como las arenas y fragmentos de roca al ser desplazadas por el agua o el viento.

Los productos cerámicos para la construcción utilizan la arcilla como materia prima principal, debido a su plasticidad o capacidad para ser moldeada al mezclarla con agua. La plasticidad también depende del tipo de arcilla y de las impurezas que ésta contenga. Una arcilla con mayor contenido de arena es menos plástica que una arcilla pura. La arcilla se transforma en cerámica cuando toda el agua que contiene se elimina por el calor (cocción en el horno). Cuando esto sucede el producto adquiere una dureza y un estado inalterable a veces incluso mayor que el de algunas clases de piedra.

Aunque la resistencia a la tracción de las unidades de arcilla es baja, pueden tener altas resistencias a la compresión. Los productos de arcilla cocida poseen una excelente resistencia al fuego sin sufrir variaciones. Ecológicamente los productos en arcilla tienen como ventaja que no desprenden gases ni malos olores, además son reciclables, previa trituración. Se utilizan como agregados en rellenos, pavimentos y concretos pobres. No se deterioran con el paso del tiempo.

Los materiales cerámicos utilizados en la construcción se dividen en tres grupos: La *arcilla pesada*, que está constituida por los ladrillos que son utilizados en la construcción de cerramientos, fachadas y particiones y las tejas utilizadas para

formar las cubiertas de las edificaciones, su principal función es la de cortar el paso del agua, por lo que una de sus propiedades esenciales es la impermeabilidad, los ladrillos y tejas no requieren de algún tipo de protección superficial ya que son resistentes a los agentes atmosféricos, con lo cual se ahorran costos; *balosas y pavimentos cerámicos* que son placas fabricadas en una mezcla especial de arcillas y los *materiales refractarios* que pueden soportar altas temperaturas sin modificarse.

Los materiales cerámicos tienen un volumen alto de producción y requieren un estricto control de calidad. Se deben realizar cuidadosos ensayos del suelo, ya que la calidad de los productos de arcilla cocida depende del tipo y cantidad de los componentes del mismo.

3.5 FIBRAS PARA EL REFORZAMIENTO DEL CONCRETO

Gran parte del desarrollo tecnológico que se está llevando a cabo en este siglo se debe primordialmente a la entrada de los denominados “materiales compuestos”, que son una combinación de una matriz de resina con fibras. Las fibras son los elementos que tienen la capacidad de carga, mientras que la resina permite la unión de dichas fibras y la transferencia de la carga entre ellas. Dichos materiales pueden ser estructurales o funcionales según sean sus propiedades. En los primeros, las propiedades mecánicas ocupan un lugar preferente, mientras que los segundos se caracterizan principalmente por sus propiedades eléctricas, magnéticas, químicas, etc.

En esta propuesta de libro se hará énfasis en las propiedades y aplicaciones de las fibras de carbón y las fibras de vidrio.

Las fibras de carbón son tanto materiales estructurales como funcionales. Las propiedades más importantes de las fibras de carbón son la flexibilidad, lo que las hace fácilmente manipulables y les da la facilidad de transformarse en formas complejas; la resistencia a la corrosión y a los productos químicos, por lo que requiere un bajo mantenimiento; la resistencia a temperaturas elevadas, bajo coeficiente de expansión térmico, muy buenas propiedades mecánicas, peso muy liviano, por lo que no altera la masa y por consiguiente las cargas dinámicas en una estructura; resistencia a ambientes alcalinos; rápida instalación, por lo que se ahorra tiempo y dinero.

Los usos más comunes de las fibras de carbón son: refuerzo a flexión y cortante de elementos estructurales como vigas y columnas y de muros de albañilería, incremento de capacidad de cargas vivas en edificios y puentes, reparaciones

debidas a defectos en el diseño o construcción o a daños sísmicos, rectificación de deflexiones excesivas, etc.

Por otra parte la fibra de vidrio presenta las siguientes propiedades: excelente aislante térmico, inerte a muchas sustancias incluyendo los ácidos, gran maleabilidad y altamente resistente a la tracción. La fibra de vidrio AR es una fibra de alto módulo (10 veces más rígida que el polipropileno) con una gran resistencia a la tracción (de 3 a 4 veces la del acero). Es una fibra ideal para reforzar las matrices de cemento. Cuando son incorporadas a una mezcla cemento/arena, resulta similar al concreto, con las siguientes propiedades: es ligero, lo que reduce costos de transporte y puesta en obra e instalación; puede ser moldeado en formas complejas, haciéndolo útil para la renovación o la restauración de inmuebles; posee gran resistencia contra la propagación de fisuras, reduce la carga en los edificios, lo que reduce los costos de la estructura y la cimentación, reduce los cuidados de mantenimiento, etc.

Gracias a estas propiedades la fibra de vidrio también tiene otras aplicaciones en el campo de la construcción como: paneles arquitectónicos para fachadas, encofrados de tableros de puentes y muros, en muros anti-ruídos, sistemas de transporte de agua y canales, capiteles, ménsulas, barandillas, etc.

3.6 ACERO

El acero es una aleación de hierro y carbono, en la que el carbono se encuentra presente en un porcentaje entre el 0.02% y el 1.76%. La utilización de un porcentaje mayor del 2,0% produce fundiciones; esto es, aleaciones que son quebradizas e imposibles de forjar.

Para obtener acero, se toma como materia prima el arrabio, que es una mezcla de hierro y carbón que no se ha quemado, obtenida del alto horno. Durante este proceso se eliminan al máximo las impurezas del arrabio, y se reduce el porcentaje del principal componente de la aleación que es el carbón. Esta transformación del arrabio en acero se realiza en un recipiente llamado convertidor, suministrando oxígeno al arrabio líquido.

Las propiedades mecánicas del acero se pueden mejorar a través de diversos tratamientos térmicos como el recocido, la normalización, el endurecimiento y el templeado o con la adición de elementos aleantes.

El acero es un material indispensable en las construcciones de concreto, ya que éste sin refuerzo no puede soportar los esfuerzos de tensión, lo que el acero hace con facilidad. Por otra parte, el acero estructural es utilizado en grandes edificaciones conformando la estructura principal, en la construcción de puentes, cerchas, etc. Igualmente se han desarrollado cerramientos, muros divisorios y entresijos.

Una de las características más importantes del acero es que posee una alta resistencia a compresión como a tracción y que además estas propiedades no sufren cambios significativos con el paso del tiempo. Otras ventajas que ofrece el acero son la rapidez de las construcciones; las estructuras son más livianas que

las construidas en concreto reforzado, ya que tiene una alta resistencia por unidad de peso; se pueden construir estructuras más altas y con espacios mucho más amplios; hay una mayor limpieza en obra; facilidad de ensamblaje; el acero después de cumplir su vida útil puede reciclarse, ya que la chatarra se funde en las siderúrgicas y después de algunos procesos se obtiene de nuevo acero estructural.

Una de las desventajas del acero es que es vulnerable a la corrosión y al fuego, por lo que debe ser recubierto de zinc (galvanizado), anticorrosivos, pinturas y otros recubrimientos especiales; además requiere de mano de obra calificada.

En Colombia el acero es un material de poca utilización comparado con el concreto reforzado. El uso del acero está limitado a las varillas usadas en el concreto reforzado y a los perfiles livianos usados en estructuras de cubierta, debido a que no se produce perfilería pesada en el país. Cuando se requiere de perfilería pesada, es necesario importarla o armarla a partir de láminas y soldadura, aumentándose los costos en la construcción.

3.7 AGREGADOS

Los agregados son materiales granulares inertes de diferentes tamaños, son una combinación de arena, grava o roca derivados de la trituración natural o artificial de diversas piedras. Los agregados naturales, son generalmente encontrados en ríos y valles, donde han sido depositados por las corrientes de agua. Los agregados también pueden ser reciclados, producto del tratamiento de residuos de construcción y demolición o artificiales, procedentes de escorias de industrias generadas en procesos térmicos.

Los agregados son materiales de bajo costo ya que abundan en la naturaleza, sin embargo, deben estar situados cerca a los centros de consumo para evitar los altos costos de transporte. Igualmente para garantizar una óptima calidad de los agregados deben someterse a procesos de explotación y producción tecnificados.

Los agregados son usados principalmente en la fabricación de mezclas de concreto, asfalto, mortero, como bases y sub-bases en la construcción de vías, drenajes, etc., cumpliendo una serie de requisitos dados en las normas. La normativa busca que a los agregados se les dé una adecuada aplicación, de manera que sean compatibles con el resto de materiales que hacen parte de las mezclas asfálticas, el concreto y el mortero, igualmente busca la optimización de los mismos y además especifican la forma de realizar los ensayos para conocer las propiedades físicas y químicas de los agregados. En Colombia se maneja la “Norma Técnica Colombiana” NTC, así como normas extranjeras como la “American Section of the International Association for Testing Materials” ASTM y la “American Association of State Highway and Transportation Officials” AASHTO de Estados Unidos.

En las mezclas de concreto es el material que ocupa el mayor porcentaje de participación y por consiguiente sus propiedades y características influyen en el comportamiento del concreto. La influencia de los agregados en las propiedades del concreto tiene efectos importantes no sólo en el acabado y calidad final del concreto sino también sobre la trabajabilidad y consistencia del concreto en estado plástico, así como sobre la durabilidad, resistencia, propiedades elásticas y térmicas, cambios volumétricos y peso unitario del concreto endurecido. Las características que determinan el uso de los agregados en las mezclas de concreto son: forma y granulometría, que faciliten la movilidad de las piedras dentro de la mezcla del concreto, con el fin de obtener una mezcla densa y resistente; rugosidad adecuada, que permita la compactación del agregado y la adherencia con el material aglomerante; consistencia y durabilidad, los agregados deben resistir la acción erosiva de los agentes atmosféricos y el agua; resistencia a la abrasión, deben ser capaces de resistir el efecto dañino de las cargas; resistencia a la trituración, la degradación y la desintegración, ya que la baja resistencia al desgaste de un agregado puede aumentar la cantidad de finos en el concreto durante el mezclado y provocar un aumento en la cantidad de agua.

Paralelo al proceso de extracción de los agregados, deben llevarse a cabo los procesos de rehabilitación y recuperación morfológica y ambiental del suelo.

En los ANEXOS se presentan con mayor amplitud las ventajas y desventajas, los usos y las propiedades mecánicas, térmicas, eléctricas y en algunas ocasiones las propiedades estéticas, como el color, la textura y el aspecto de los materiales presentados anteriormente.

BIBLIOGRAFIA

AIS. Asociación colombiana de Ingeniería Sísmica. Manual de Evaluación, Rehabilitación y Refuerzo de Bahareques Tradicionales Construidas con anterioridad a la vigencia del Decreto 052 de 2002. Presidencia de la República Red de Solidaridad Social.

Álvarez, Pablo Pujadas, Durabilidad del hormigón con fibras de polipropileno.

Arias Restrepo, Luz Enit. El uso de la guadua como material para la construcción. Periódico LA IMPRONTA. Medellín, Antioquia. 2004.

Uribe Escamilla, Jairo. Diseño de Estructuras metálicas. Apuntes de clase.

Encuentro Internacional del Acero en Colombia. EAC 2011

Ferri Cortes, Jaime. Principios de Construcción. Editorial Club Universitario. 2010

Geilfus, Frans. El árbol al servicio del agricultor. Volumen 2 Guía de especies. Enda Caribe y Catie. Turrialba, Costa Rica.1994.

Hidalgo López, Oscar. Manual de Construcción con Bambú. Universidad Nacional de Colombia. Estudios Técnicos Colombianos LTDA- Editores.

Kalpakjian, Serope. Manufactura Ingeniería y Tecnología. Cuarta Edición. Pearson Educación. México, 2002.

Ladrillera SANTAFE. Manual de cuidado y Protección de piezas de arcilla.

Luaces, Cesar. Los áridos y el Cemento. El Recorrido de los Minerales. Dirección General de Industria, Energía y Minas. Consejería de Economía e Innovación Tecnológica. Ed. Domenech e-learning multimedia S.A. Primera edición. 2007. Madrid.

McCormack, Jack C. Diseño de Estructuras Metálicas Método ASD. Cuarta edición. Ed. Alfaomega.2008

Manual de diseño para maderas del Grupo Andino. Proyectos Andinos de Desarrollo tecnológico en el área de los Recursos Forestales Tropicales PADT-REFORT. Editado por Junta del Acuerdo de Cartagena.

Manual. La construcción de viviendas en madera. Corporación Chilena de la Madera. CORPA.

Manual de Fibras de Uso Técnico. Aitex. Tercera entrega. 2005.

Materiales e interpretación de planos. Ediciones CEAC. Barcelona España. 2003

Materiales de construcción. Ediciones CEAC. Barcelona España. 2007

Mingarro Martín, Francisco. Degradación y conservación del Patrimonio Arquitectónico. Editorial Complutense.1996.

Miravete, Antonio. Materiales Compuestos I, Editorial Reverte S.A., 2007.

Miravete, Antonio. Los Nuevos Materiales en la Construcción, 2ª Edición, Editorial Reverte S.A., 1995.

Murillo, Sandra Viviana. Construir con Madera. Alternativa para Resolver Necesidades Habitacionales. IDEADE - Instituto de Estudios Ambientales para el Desarrollo.

NORMA TECNICA COLOMBIANA NTC 4205. Unidades de mampostería de arcilla cocida- Ladrillos y bloques cerámicos.

Noticias de Arquitectura - Construcción: Breve historia de la madera como material de construcción.arq.com.mx.

Peña Gómez, Miguel Ángel. Fundación Río Urbano.

Quiroga, Pedro Nel. Ph.D. The Effect of the Aggregates Characteristics on the Performance of Portland Cement Concrete. The University of Texas at Austin, 2003.

Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10.

Rehabilitación Sísmica de Mampostería No Estructural Mediante Listones de Madera. Pontificia universidad Javeriana.

Rivero Bolaños, Santiago. El Uso Masivo de la Tierra como Material de Construcción en Colombia. Apuntes vol.20. núm. 2. 2007.

Sánchez, Eduardo Medina, Construcciones de Estructuras de hormigón Armado Edificación, 2ª Edición, Editorial Delta Publicaciones universitarias, 2008.

Sotomayor Fontealba, Liliana Cristina. Guía de Condiciones Medioambientales a Considerar para el Diseño de una Planta de Extracción y Procesamiento de

Áridos. Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias de la Ingeniería. Escuela de Construcción Civil. Chile.2009

Valencia Clement, Gabriel. Diseño Básico de Estructuras de Acero de acuerdo con NSR-10. Ed Escuela Colombiana de Ingeniería.2010.

Xargay, Hernán Daniel, Evaluación de Hormigón Proyectado con Macrofibras para Refuerzo Primario de Túneles. Trabajo Profesional de Ingeniería Civil. Departamento de construcciones y Estructuras. Facultad de ingeniería. Universidad de buenos Aires.

ANEXOS

TABLA DE CONTENIDO

PROPUESTA DE CAPITULOS DE LIBRO DE PROPIEDADES DE MATERIALES USADOS EN INGENIERIA CIVIL

CAPITULO 1. CONSTRUCCIONES EN TIERRA	39
INTRODUCCION	39
GLOSARIO.....	40
1.1 HISTORIA DE LAS CONSRUCCIONES EN TIERRA.....	41
1.2 CARACTERISTICAS DEL BARRO COMO MATERIAL DE CONSTRUCCION.....	41
1.2.1 Componentes del Barro para Construcción.....	42
1.3 PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LOS MATERIALES DE TIERRA.....	44
1.4 CLASIFICACION DE LAS CONSTRUCCIONES EN BARRO.....	44
1.4.1 Construcciones de Tapial.....	45
1.4.2 Construcciones con Adobe	46
1.4.3 Efecto de los Estabilizantes en la Tierra.....	46
1.4.4 El Bahareque, Bajareque o Pajareque.....	49
RESUMEN.....	51
PREGUNTAS.....	52
BIBLIOGRAFIA.....	53
CAPITULO 2. MADERA.....	54
INTRODUCCION	54

GLOSARIO.....	55
2.1 HISTORIA DE LAS CONSTRUCCIONES EN MADERA.....	56
2.2 EL ARBOL Y SU ESTRUCTURA.....	56
2.3 ESPECIES MADERERAS.....	57
2.4 LA MADERA Y SUS PROPIEDADES.....	57
2.4.1 Propiedades Químicas.....	57
2.4.2 Propiedades Básicas.....	58
2.4.3 Propiedades Físicas.....	58
2.4.3.1 Contenido de Humedad.....	58
2.4.3.2 Densidad o Peso Específico.....	59
2.4.3.3 Cambios Dimensionales.....	60
2.4.3.4 Propiedades Eléctricas	60
2.4.3.5 Propiedades Acústicas.....	60
2.4.3.6 Propiedades Térmicas.....	60
2.4.4 Propiedades Mecánicas.....	61
2.4.4.1 Compresión Paralela a las Fibras	61
2.4.4.2 Compresión Perpendicular a las Fibras.....	61
2.4.4.3 Resistencia a la Tracción	62
2.4.4.4 Resistencia al Corte.....	62
2.4.4.5 Resistencia a la Flexión Paralela al Grano	63
2.4.5 Propiedades Elásticas63	
2.4.5.1 Módulo de Elasticidad.....	63
2.4.5.2 Módulo de Corte o Rigidez G.....	63
2.4.5.3 Módulo de Poissón.....	63

2.5 FACTORES QUE AFECTAN EL COMPORTAMIENTO DE LA MADERA.....	63
2.5.1 Defectos de Crecimiento.....	63
2.5.2 Influencia del Contenido de Humedad.....	64
2.5.3 Influencia de la Densidad.....	64
2.5.4 Influencia de la Temperatura.....	65
2.5.5 Duración de la carga.....	65
2.5.6 Degradación.....	65
2.5.7 Ataques Químicos.....	65
2.6 PATOLOGIA DE LA MADERA.....	66
2.6.1 Agentes Bióticos Destruedores de la Madera.....	66
2.6.2 Agentes Abióticos Destruedores de la Madera.....	67
2.7 CONVERSIÓN Y SECADO DE LA MADERA.....	68
2.7.1 Aserrado.....	68
2.7.2 Secado de la Madera.....	68
2.8 PROTECCIÓN DE LA MADERA.....	69
2.8.1 Tipos de Preservantes.....	69
2.8.2 Métodos de Preservación.....	70
2.9 MADERA PARA CONSTRUCCIÓN.....	70
2.9.1 Madera de Construcción Estructural.....	71
2.9.1.1 Clasificación de la Madera Estructural.....	71
2.9.2 Clasificación Visual por Defectos para Madera.....	73
2.9.2.1 Defectos Relativos a la Constitución Anatómica.....	73
2.9.2.2 Defectos Relativos al Ataque de Agentes Biológicos.....	74
2.9.2.3 Defectos Originados Durante el Apeo, Transporte y Almacenamiento.....	74

2.9.2.4 Defectos Originados Durante el Secado.....	74
2.9.2.5 Defectos Originados Durante el Aserrió.....	75
2.9.3 Control de Defectos.....	75
RESUMEN.....	81
PREGUNTAS.....	84
BIBLIOGRAFIA.....	85
CAPITULO 3. FIBRAS UTILIZADAS PARA EL REFORZAMIENTO DEL CONCRETO.....	86
INTRODUCCION	86
GLOSARIO.....	87
3.1 HISTORIA DE LAS FIBRAS PARA EL REFORZAMIENTO DEL CONCRETO.....	89
3.2 TIPOS DE FIBRAS.....	89
3.3 FIBRAS DE ACERO.....	90
3.4 FIBRAS SINTETICAS.....	91
3.5 FIBRA DE VIDRIO.....	91
3.5.1 Historia de la Fibra de Vidrio.....	91
3.5.2 Definición y Características de la Fibra de Vidrio.....	92
3.5.3 Tipos de Fibras de Vidrio y Propiedades.....	93
3.5.3.1 Fibra de Vidrio Tipo E.....	93
3.5.3.2 Fibra de Vidrio Tipo C.....	94
3.5.3.3 Fibra de Vidrio Tipo D.....	94
3.5.3.4 Fibra de Vidrio Tipo R.....	94
3.5.3.5 Fibra de Vidrio Tipo AR.....	95
3.5.4 Presentaciones Industriales.....	96
3.5.5 Condiciones de Almacenamiento.....	97

3.5.6 Procesos de Fabricación.....	97
3.6 FIBRA DE CARBONO.....	98
3.6.1 Historia de la Fibra de Carbono.....	98
3.6.2 Definición.....	99
3.6.3 Clasificación.....	99
3.6.4 Estructura.....	99
3.6.5 Propiedades.....	100
3.6.5.1 Propiedades Mecánicas.....	100
3.6.5.2 Propiedades Eléctricas y Térmicas.....	101
3.6.6 Aplicaciones.....	101
RESUMEN.....	102
PREGUNTAS.....	106
BIBLIOGRAFIA.....	107
CAPITULO 4. ACERO	108
INTRODUCCION	108
GLOSARIO.....	109
4.1 HISTORIA DEL ACERO EN EL MUNDO.....	110
4.2 CONCEPTO.....	110
4.3 PRODUCCIÓN DEL ACERO.....	110
4.3.1 Materias Primas.....	110
4.3.2 Fabricación de Hierro.....	111
4.3.3 Fabricación de Acero.....	113
4.3.4 Vaciado de Lingotes.....	113
4.3.5 Colada Continua.....	114

4.4 EFECTO DE VARIOS ELEMENTOS EN EL ACERO.....	114
4.5 TRATAMIENTO TÉRMICO DEL ACERO.....	116
4.6 DIAGRAMA ESFUERZO DEFORMACIÓN DEL ACERO	117
4.7 ACERO ESTRUCTURAL.....	118
4.7.1 Ventajas del Acero Estructural.....	118
4.7.2 Desventajas del Acero Estructural.....	119
4.7.3 Aceros Estructurales Modernos.....	119
4.7.4 Perfiles Estructurales.....	122
RESUMEN.....	124
PREGUNTAS.....	127
BIBLIOGRAFIA.....	128
CAPITULO 5. GUADUA.....	129
INTRODUCCION.....	129
GLOSARIO.....	130
5.1 DESCRIPCIÓN.....	131
5.2 PRINCIPALES ESPECIES.....	131
5.3 PARTES DE LA GUADUA.....	131
5.4 PROCESAMIENTO DE LA GUADUA.....	132
5.4.1 Corte.....	132
5.4.2 Curado.....	132
5.5 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA GUADUA.....	133
5.6 PROPIEDADES MECANICAS DE LA GUADUA.....	134
5.6.1 Tracción.....	134
5.6.2 Compresión Paralela a la Fibra.....	134

5.6.3 Flexión.....	134
5.6.4 Cortante.....	134
5.7 MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN DERIVADOS DE LA GUADUA.....	135
5.8 TRATAMIENTO CONTRA INSECTOS Y HONGOS.....	136
RESUMEN.....	137
PREGUNTAS.....	139
BIBLIOGRAFIA.....	140
CAPITULO 6. UNIDADES DE ARCILLA	141
INTRODUCCION	141
GLOSARIO.....	142
6.1 ORIGEN DE LOS MATERIALES CERÁMICOS.....	143
6.2 OBTENCIÓN Y PREPARACIÓN DE LAS ARCILLAS.....	143
6.2.1 Selección de las Arcillas.....	143
6.2.2 Amasado y Moldeo.....	143
6.2.3 Secado.....	144
6.2.4 Cocido.....	144
6.2.5 Esmaltado.....	145
6.3 CLASIFICACION DE LOS MATERIALES CERÁMICOS.....	145
6.4 PROPIEDADES DE LOS MATERIALES CERÁMICOS.....	145
6.4.1 Resistencia Mecánica.....	145
6.4.2 Módulo de Elasticidad y Relación de Poissón.....	147
6.4.3 Contenido de Humedad y Absorción.....	148
6.4.4 Heladicidad.....	148
6.4.5 Color.....	148

6.4.6 Impermeabilidad.....	148
6.5 PRODUCTOS CERÁMICOS PARA LA CONSTRUCCIÓN	148
6.5.1 Ladrillos.....	148
6.5.1.1 Concepto.....	148
6.5.1.2 Clasificación.....	149
6.5.2 Tejas.....	152
6.5.2.1 Definición.....	152
6.5.2.2 Clasificación.....	152
6.6 PATOLOGIA DE LAS PIEZAS DE ARCILLA.....	152
RESUMEN.....	154
PREGUNTAS.....	156
BIBLIOGRAFIA.....	157
CAPITULO 7. AGREGADOS.....	158
INTRODUCCION.....	158
GLOSARIO.....	159
7.1 HISTORIA DE LOS AGREGADOS.....	160
7.2 DEFINICIÓN.....	160
7.3 CLASIFICACIÓN.....	160
7.4 OBTENCIÓN DE LOS AGREGADOS.....	161
7.4.1 Investigación.....	161
7.4.2 Extracción.....	161
7.5 PROCESOS DE TRANSFORMACIÓN Y RECICLADO.....	162
7.5.1 Trituración y Molienda.....	162
7.5.2 Clasificación.....	162

7.5.3 El Lavado.....	162
7.5.4 Almacenamiento.....	162
7.5.5 Reciclado de Residuos de Construcción y Demolición.....	163
7.6 PROPIEDADES DE LOS AGREGADOS.....	163
7.6.1 Forma y Textura Superficial de las Partículas.....	164
7.6.2 Consistencia y Durabilidad.....	164
7.6.3 Tenacidad, Dureza y Resistencia a la Abrasión.....	165
7.6.4 Absorción.....	165
7.6.5 Gravedad Específica.....	166
7.6.6 Resistencia y Módulo.....	167
7.6.7 Granulometría y Tamaño Máximo.....	167
7.6.8 Módulo de Finura.....	169
7.7 SUSTANCIAS NOCIVAS EN LOS AGREGADOS.....	169
7.8 OPTIMIZACION DE LOS AGREGADOS.....	170
7.8.1 Especificación 18-8.....	170
7.8.2 Método Shilstone.....	170
7.8.3 Europack.....	171
7.8.4 Modelo de Acomodo Compresible CPM.....	171
7.8.5 Teoría De Mezclas De Partículas (TPM).....	172
7.8.6 Evaluación de los Métodos de Optimización.....	172
7.8.6.1 Dosificación por El Método Europack y Especificación 18-8.....	172
7.8.6.2 Dosificación por los Métodos TPM.....	173
7.8.6.3 Dosificación por los Métodos CPM.....	173
RESUMEN.....	175
PREGUNTAS.....	178
BIBLIOGRAFIA.....	179