

Estructuras de bambú en la arquitectura moderna

HORACIO SILVA

DR. ARQUITECTO

SUSANA COMOGLIO DE VIRUEL

ARQUITECTO

COLABORADORES:

ARTURO TERÁN NAVARRO

INGENIERO

JOSÉ ANTONIO MÉNDEZ MUÑOZ

ARQUITECTO

MARÍA FERNANDA SABATÉ

ARQUITECTO

El Proyecto Bambú de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la U.N.T. se propone mejorar las técnicas populares en una primera etapa y desarrollar otras tipologías estructurales y constructivas al haber verificado las enormes posibilidades que ofrecen las bambúseas. El resultado puede ser el desarrollo de una arquitectura genuinamente orgánica con auténticas ventajas económicas, tecnológicas y ecológicas con grandes posibilidades de constituirse en un sólido factor de desarrollo de las economías regionales coadyuvando además a un desarrollo sustentable.

The project Bamboo in the School of Architecture and City Planning of the U.N.T. aims at improving the popular techniques as well as creating new ones from which to get the best out of the bamboo. The outcome will be the development of a genuine organic architecture that will render economical, environmental and technological advantages.

Hablar de **estructuras de bambú** en una reunión internacional de ingenieros estructurales, puede parecer un hecho insólito, desde que en nuestra cultura se las asocia al tugurio y la miseria. El bambú es un material de construcción como cualquier otro. Los materiales clásicos no son ni de ricos ni de pobres: unos y otros los utilizan, a veces bien, a veces mal.

Hoy nadie duda que los problemas ecológicos van condicionando cada vez más el desarrollo, los procesos industriales y los asentamientos humanos. Se ha dicho ya que el siglo XXI será el siglo del medio ambiente. Por eso la búsqueda de materiales renovables y fuentes energéticas no convencionales, se han convertido en una prioridad mundial en este fin de siglo.

En este contexto, el bambú constituye el recurso natural que menos tiempo se toma en ser renovable. No hay árbol que pueda competir con él en velocidad de crecimiento, ni en rendimiento por hectárea. Sus propiedades y eficiencia estructural, tomada como la relación peso/resistencia, superan en tal magnitud a la de las maderas, que sólo se las puede comparar con las del acero o las de las nuevas fibras sintéticas de alta tecnología.

Resulta paradójico entonces que un material tan extraordinario pertenezca a la subcultura de la miseria y del tugurio. Tanto es así, que en nuestro medio, hasta sus propios usuarios lo desprecian y esperan reemplazarlo cuanto antes por la casa **de material**.

Se trata entonces de estudiarlo y analizar sus posibilidades ya que el mismo constituye un elemento muy importante en la cultura de numerosos pueblos.

LAS BAMBÚSEAS

Las cañas huecas o **Bambúseas** no son árboles sino gramíneas leñosas arborescentes. La familia de las Bambusoideae comprende alrededor de 1300 especies, entre herbáceas y leñosas. A estas últimas se las llama **Bambúes**.

En las llanuras del Este tucumano se dan diversas especies, y en menor medida, en el pedemonte de los Nevados del Aconquija. Hoy son muy utilizadas en construcciones y viviendas rurales, secaderos de tabaco, stands, muebles y cercos.

En Tucumán las especies más difundidas son la **Bambusa Vulgaris** (Bambú amarillo), el **Dendrocalamus** (Bambú común) y la **Bambusa Tul-doides Munro** (caña tacuara).

El Bambú está constituido por el **rizoma**, que es subterráneo, rugoso y grueso en el cual se acumulan sustancias de reserva, y el **tallo** que es cilíndrico con entrenudos huecos separados por tabiques transversales, lo que posibilita su flexibilidad y rigidez en forma simultánea. Algunas especies en Tucumán llegan a tener hasta 0,15 m de diámetro, alcanzando una altura de hasta 25 m. Excepcionalmente se han visto Bambúes de hasta 0,20 m de diámetro.

El particular modo de crecimiento de los rizomas, que constituyen una verdadera **armadura** del suelo, las hacen muy apropiadas para consolidar suelos erosionados y enriquecerlos, al recuperarlos en forma relativamente acelerada, por la biodiversidad que generan los bambusales.

Sobre la Guadua o Tacuaruzú

El género **Guadua**, autóctono de América, es el más importante del continente. De él forman parte alrededor de 15 especies gigantes, las de mayor va-

lor económico, no sólo por la diversidad de posibilidades de aprovechamiento que ofrece, sino porque dentro del mismo se encuentran las especies más sobresalientes del mundo en resistencia y durabilidad. Por esta razón, son las más adecuadas para su uso en la construcción. Si bien no existen estas variedades en Tucumán, es posible su incorporación y difusión en nuestro medio, aprovechando su existencia, con el nombre popular de tacuaruzú, en la provincia de Misiones.

LA TRADICIÓN DE LA GUADUA EN COLOMBIA

En Colombia, en los Departamentos de **Caldas, Quindío y Risaralda**, antiguamente integrantes del viejo Caldas, se ha desarrollado una fuerte tradición constructiva de Guadua, con una variadísima gama de usos tanto para viviendas como para todo tipo de construcciones rurales. Pueblos enteros, como **Manizales**, capital del Depto. de Caldas, fueron construidos con este material. Si bien una parte importante de sus edificios se reemplazaron por construcciones modernas de mampostería y hormigón armado, todavía están en pie numerosas viviendas y edificios de guadua, construidos con la técnica del **bahareque**, sistema constructivo con estructura de guadua y cerramiento de **guadua desplegada** y revocada. Las construcciones de bahareque, además de ingeniosas y de gran valor arquitectónico, resultaron ser muy resistentes a los terremotos que sacudieron a la región en diversas oportunidades, tanto que el pueblo las llamó de **estilo temblorero**.

Desde hace unos veinte años, jóvenes y talentosos arquitectos colombianos retomaron la tradición, proyectando y construyendo con guadua, con lo que lograron espectaculares soluciones, tanto por la magnitud de las mismas como por las calidades arquitectónicas alcanzadas.

El modo de trabajar de estos profesionales es fundamentalmente, intuitivo y pragmático, haciéndolo en base a **prueba y error**. Por esto, es necesario sistematizar los tipos estructurales y procedimientos constructivos para permitir una mayor difusión del material entre arquitectos e ingenieros.

Son de destacar los estudios del arquitecto colombiano Oscar Hidalgo López quien publicó una serie de trabajos de gran valor, referidos a todos los aspectos relativos a las bambúseas y su variada gama de usos.

En materia de realizaciones, las construcciones modernas más espectaculares fueron construidas por el arquitecto Simón Vélez, logrando soluciones impensadas hace unos pocos años. Entre las fotografías, mostramos algunas de las obras de este arquitecto.

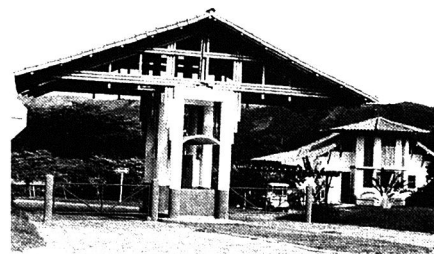
EL PROYECTO "BAMBÚ"

Hace tres años, a solicitud del Proyecto Universitario de Promoción Comunitaria (P.U.P.C.), la Cátedra de Estructuras I de la Facultad de Arquitectura, comenzó a estudiar alternativas tecnológicas para resolver la sismo-resistencia de las construcciones rurales.

En este marco, comenzó a investigar las modestas construcciones de cañas huecas, muy difundidas en el Este tucumano, con miras a mejorar las tecnologías populares, asegurando de ese modo la continuidad de una tradición constructiva y la optimización de sus posibilidades.

Desarrollo del Proyecto

Al comenzar a estudiar las distintas variedades de bambúseas que crecen en el medio, analizando sus propiedades físico-mecánicas, químicas y tecnológicas,



Portal de acceso



Club social
Condominio en Girardot. Colombia



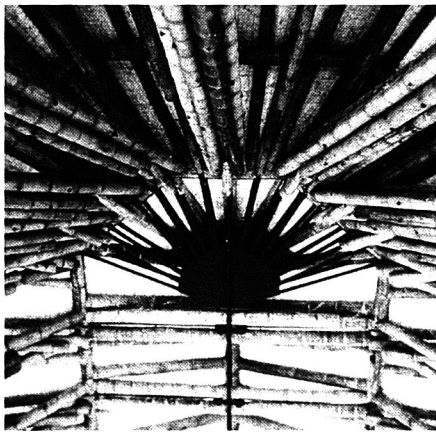
Club social
Condominio en Girardot. Colombia



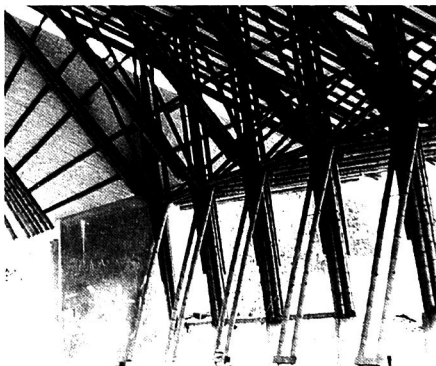
Establo - Km 41 - Caldas. Colombia
Arquitecto Simón Vélez



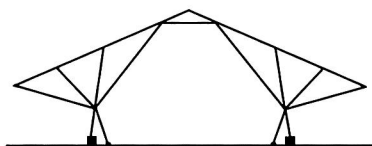
Club social en Girardot. Colombia
Vista de la cubierta



Club social en Girardot. Colombia
Vista interior-encuentro de tres aguas



Salón U.M. entre Bogotá y Girardot. Colombia
Arquitecto Simón Vélez



Esquema estructural

se tomó conciencia del enorme potencial que ofrecen, no tan sólo para resolver viviendas y construcciones rurales de interés social, sino también para construcciones mucho más importantes, como estructuras de grandes luces, puentes, muros de sostenimiento y hasta construcciones suntuarias.

Esto sin considerar todavía su aplicación en una gran variedad de industrias y artesanías, como la del mueble, papel, contrachapados, combustibles y alimentos. Se hacen también, en países del Sudeste asiático, instrumentos musicales, armas, utensilios, herramientas y hasta cuadros de bicicletas y pequeños aviones.

La gran resistencia y flexibilidad de las bambúseas, además de su liviandad, las hacen muy adecuadas para resolver construcciones **sismo resistentes**. En efecto, por su liviandad, las cargas sísmicas pierden importancia relativa, su gran resistencia le permite absorber prácticamente cualquier tipo de sollicitación (dependiendo únicamente de un adecuado diseño estructural y de una correcta resolución constructiva) y su flexibilidad le da una gran capacidad para disipar la energía sísmica.

Las viviendas populares de bambú son muy fáciles de construir y reparar y con muy poca innovación tecnológica sobre las técnicas campesinas, se pueden lograr construcciones de bajo costo, comparables en su calidad a la de los sistemas tradicionales.

Los principales inconvenientes del Bambú como material de construcción, los constituyen los daños que les causan la humedad, los insectos, los hongos y el fuego, como en casi todas las construcciones leñosas. Dado que en nuestro medio las construcciones de cañas y bambú son en general muy modestas, sin servicios sanitarios, agua corriente ni instalaciones complementarias, y como se realizan con técnicas muy elementales, es natural que se deterioren rápidamente.

El mejoramiento de las propiedades de los materiales y de las técnicas constructivas con bambúseas significará un paso muy importante para mejorar la calidad de vida de miles de personas que habitan en nuestros medios rurales, al mismo tiempo que, si se difunde a escala regional, puede significar un poderoso impulsor de sus alicaídas economías, al posibilitar industrias y tecnologías de escala. Coadyuvará también a la consolidación de las cuencas críticas erosionadas, a la restitución del equilibrio ecológico y al enriquecimiento de la biodiversidad.

Objetivos

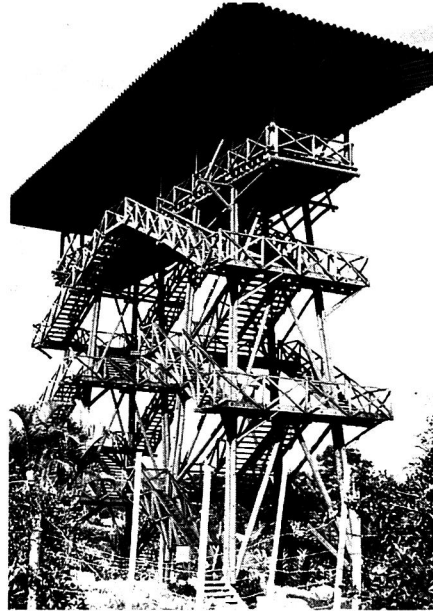
El **Proyecto Bambú** tiene los siguientes objetivos:

- Estudio de las bambúseas locales y determinación de sus propiedades estructurales, resistentes, tecnológicas y químicas.
- Mejoramiento y optimización de las técnicas populares.
- Desarrollo de nuevos sistemas estructurales y procedimientos constructivos.
- Difusión de las bondades del material ante organismos estatales, paraestatales y comunitarios a fin de promover alternativas productivas que coadyuven a un desarrollo sustentable.
- Difusión de las especies más adecuadas, en particular de la *Guadua Angustifolia*, que además de resolver problemas vinculados al desarrollo y creación de nuevas fuentes de trabajo, contribuya a mejorar el equilibrio ecológico de la región.

f. Incorporación de estudiantes universitarios a los procesos de investigación científicotecnológica, como un modo de iniciarlos en la misma al mismo tiempo que se los ubica en la realidad del medio donde habrán de actuar como profesionales.



Mirador Parque Ecológico. Manizales. Colombia



Mirador. Ecuador

Del estudio de las bambúseas locales

Uno de los más graves problemas que hay en Latinoamérica para el estudio de nuestras bambúseas es que no tenemos botánicos o taxónomos que tengan experiencia en la clasificación, nomenclatura e identificación de las mismas, en especial las del género *Guadua*, cuya taxonomía es la más complicada de todas, por la que muchas especies de este género todavía no han sido identificadas.

Se han realizado numerosas experiencias de laboratorio para determinar la resistencia a compresión, tracción y corte de nuestras especies. En base a las mismas, confeccionamos tablas de cargas admisibles para secciones simples y compuestas y distintos tipos de solicitación.

La unión de piezas traccionadas es el principal problema tecnológico que se presenta en las estructuras de bambú. Este problema se compensa de alguna manera por la eficiencia de la tracción y la gran longitud de las cañas, que permite reducir las uniones. El principio es transformar las solicitaciones de tracción en presiones sobre los nudos y sus tímpanos, mediante una apropiada resolución constructiva.

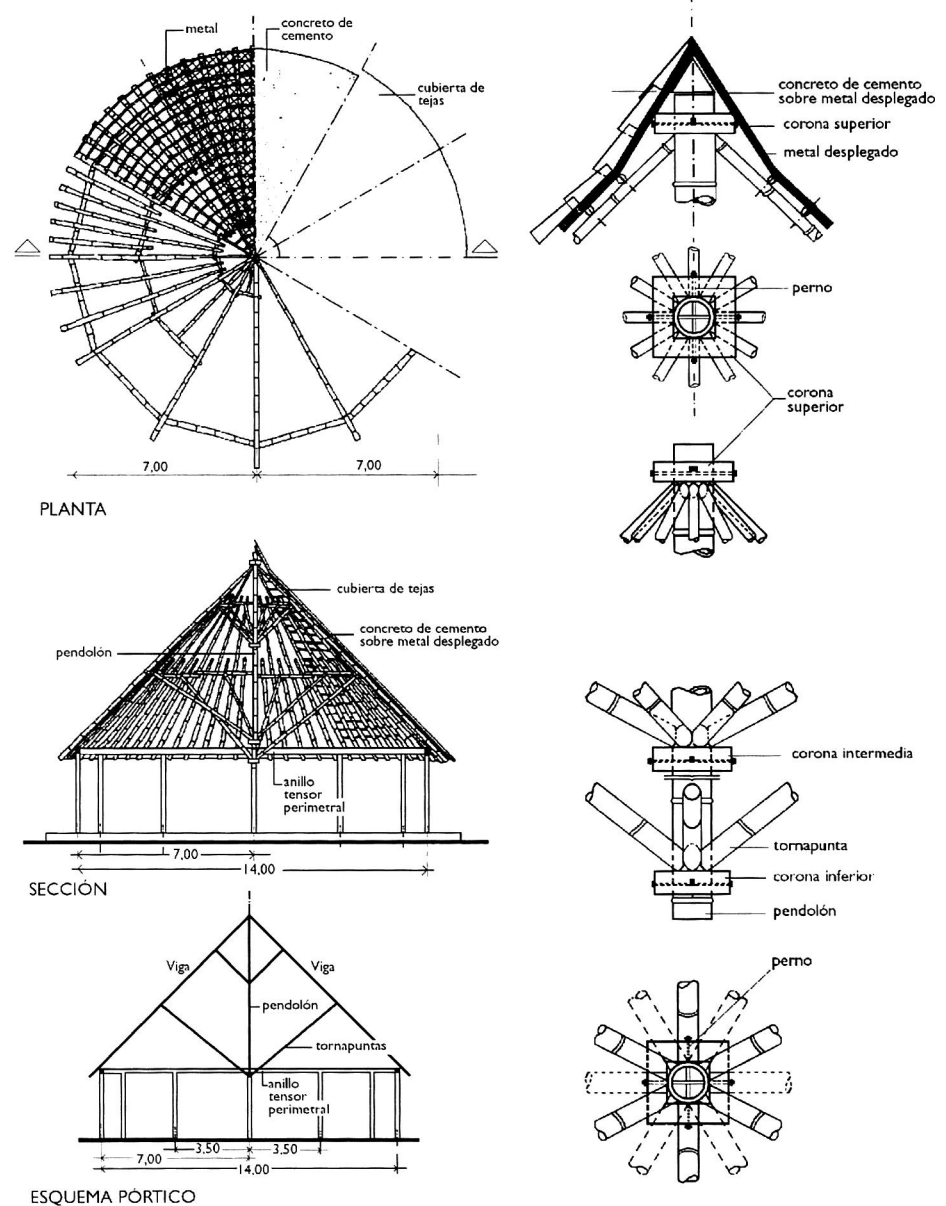
Sobre el mejoramiento de las técnicas populares y el desarrollo de alternativas tipológicas constructivo- estructurales

Los procesos constructivos en caña son muy elementales en nuestro medio: en general se las utiliza como sistemas de vigas simplemente apoyadas. Obviamente, se produce una gran deformación de las mismas, por su flexibilidad. Por ello, el material impone formas estructurales en las que se reduzca las luces de los tramos mediante tornapuntas, o mediante la confección de secciones compuestas. Naturalmente los sistemas reticulados resultan muy apropiados.

También se llevaron a cabo experiencias con modelos de estereoreticulados en caña. Estos sistemas se complican por la multiplicación de las uniones que, con el bambú, es necesario reducir todo lo que sea posible, sobre todo si son solicitadas a tracción.

Las técnicas tradicionales de unión son en todas partes en base a ataduras.

CUBIERTAS CÓNICAS



Cátedra de estructuras I-FAU-UNT. Proyecto bambú

Se han experimentado con distintos materiales nuevos tipos de unión. Se diseñaron conectores de acero, de madera y de concreto de cemento con alma metálica. Las uniones de piezas comprimidas son simples, y no requieren mayores complicaciones constructivas, no así las de piezas traccionadas. Los resultados más satisfactorios al someterlas a ensayos de tracción en laboratorio, fueron las que se realizan con planchuelas de acero, en forma de abrazaderas en los nudos. Si las mismas se hacen a la manera de los conectores de los sistemas americanos (tipo gang-nail), el comportamiento de la unión mejora sensiblemente. Conviene colocar las abrazaderas en los nudos con brotes, ya que dicho punto ofrece también una gran resistencia al corte. Esto obviamente no es fácil hacer

coincidir, pero con una adecuada cantidad de piezas se puede seleccionar las que mayor cantidad de ventajas ofrecen.

Las uniones con concreto de cemento también son bastante eficientes, pero dependen en buena medida del estado de humedad del bambú, que condiciona la absorción de la humedad del concreto por parte de las paredes de la caña y su consecuente mayor adherencia. Si bien para colar el concreto es necesario realizar pequeñas ranuras próximas a los nudos, al rellenar el espacio, de algún modo **se cura** esa pequeña herida y se transfieren las solicitaciones de tracción en un empuje homogéneo sobre los tímpanos del nudo, que es muy resistente.

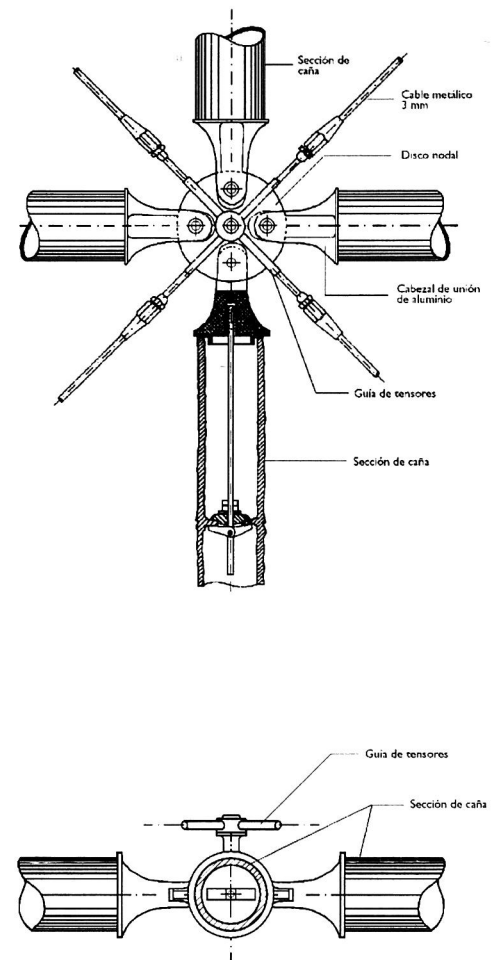
También se hicieron modelos para la determinación de la eficiencia de estructuras elementales de bambú. Si bien ésta depende de la tipología y de las cargas a que se ve sometida la misma, por las características geométricas y resistentes del bambú, las estructuras experimentadas son altamente eficientes, en función de la relación carga soportada/peso de la estructura. Como ejemplo, una probeta de quebracho colorado de 0,10 m de diámetro y 0,30 m de altura se rompió a compresión con una carga de 46 Tn. Una probeta de bambú de medidas casi idénticas, se rompió a 21 Tn. La probeta de quebracho pesó 2,95 kg, y la de bambú 0,655 kg. El resultado de la relación carga/peso evidencia que el quebracho se rompió con una carga 15.590 veces la de su peso propio, y el bambú con una carga 32.000 veces mayor que el suyo. Es decir, resulta mucho más eficiente. Naturalmente, hay una dispersión de valores por tratarse de materiales orgánicos, pero la tendencia es constante en el sentido de la eficiencia del bambú. No debemos olvidar de cualquier manera, que las probetas de bambú son huecas y las de quebracho macizas, es decir que la misma forma de la sección es **per se** más eficiente, aunque en ella influye el pandeo de las paredes, condicionado a su vez por su espesor y por la separación entre nudos.

Desde el punto de vista de los cerramientos, las tramas de cañas revocadas en barro, se mejoran sensiblemente con el uso de suelo-cemento, o sencillamente con revoques a la cal reforzada con cemento. Esta técnica tiene mucho que ver con los sistemas de **quincha** peruanos o con el **bahareque** colombiano.

El estudio del Bambú como programa educativo

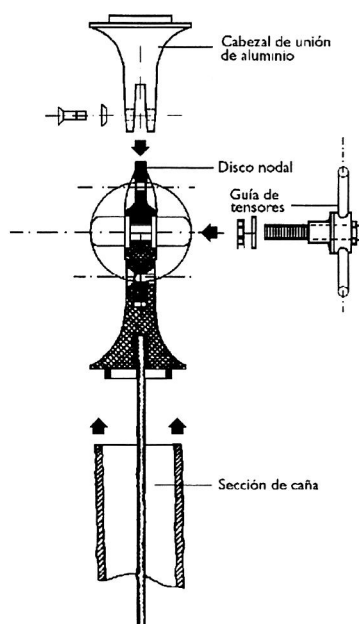
La participación de estudiantes de pre-grado en los proyectos de investigación

Detalle de uniones en aluminio fundido



Proyecto parque Jules Verne. Amiens
Arquitecto Renzo Piano

Detalle de uniones en aluminio fundido



y transferencia, constituye una poderosa herramienta didáctica, tanto desde el punto de vista del desarrollo de la capacidad creadora, como del conocimiento de la realidad que la experiencia conlleva.

Es vieja la polémica sobre los métodos para enseñar **Estructuras**. La enseñanza clásica fundamentada casi exclusivamente en **modelos matemáticos** ha resultado un fracaso en las escuelas de arquitectura. El contacto directo con los materiales, la experimentación en laboratorios de sus propiedades físicas, la ejecución de modelos en escala y el estudio de las estructuras con modelos didácticos, en el que se analiza **desde lo deformatorio a lo tensional** como aconsejaba Torroja, han resultado ser métodos mucho más adecuados para el desarrollo de la **heurística** de las estructuras. Es clásico el rechazo que la mayoría de los estudiantes de arquitectura sienten hacia las disciplinas tecnológicas, sobre todo cuando se basan exclusivamente en los modelos matemáticos. Un modesto material como el Bambú ha resultado ser mucho más adecuado para estimular a los estudiantes en el estudio del **Diseño Estructural**. Por otra parte, la falta de prejuicios del joven muchas veces posibilita notables logros y soluciones ingeniosas, resultado de aplicar sus talentos y el sentido común. Es la vieja **mayéutica** socrática, que todavía está vigente como eficaz sistema pedagógico.

OTROS ESTUDIOS Y PROYECTOS

Si bien Europa es el único continente que carece de bambúseas, esta excepcional gramínea ha sido estudiada muy profundamente por el Instituto de Construcciones Livianas de la Universidad de Stuttgart (Alemania), el que publicó un documentado informe sobre las posibilidades que las mismas ofrecen.

Por otra parte, el conocido arquitecto Renzo Piano, coautor entre otras grandes obras, del Centro Pompidou de París, realizó un Proyecto en Amiens para un parque de diversiones, tratado paisajísticamente con bambúes y con sectores cubiertos con estructuras del mismo material.

Es un arquitecto considerado High-Tech y su propuesta constructiva de uniones las hizo con sofisticadas piezas de fundición de aluminio e ingeniosos sistemas de grampas en los tímpanos. Lo interesante de esta propuesta, es constatar que también en el llamado primer mundo el modesto bambú fue considerado adecuado para resolver un problema arquitectónico-estructural de gran importancia.

GARANTIA DE CALIDAD EN CONSTRUCCION

LABORATORIO DE EDIFICACION ACREDITADO OFICIALMENTE

Desde 1966 al servicio del Sector de la Construcción en colaboración con:

- Instituciones
- Promotores
- Direcciones Facultativas
- Constructores
- Fabricantes
- Usuarios



REALIZACION DE :

- Certificados de ensayos de conformidad a normas nacionales e internacionales.
- Control, seguimiento y asesoramiento de calidad de fabricación de material y ejecución de elementos constructivos.
- Informes técnicos.
- Trabajos de investigación para empresas.

HORMIGONES

- Ensayos de control de:
 - Hormigones
 - Cementos
 - Adiciones
 - Aridos
 - Aguas
 - Aditivos
 - Aceros para armaduras
- Estudio de dosificaciones de hormigón
- Hormigones de características especiales

SUELOS

Ensayos de Mecánica del suelo:
Clasificación de suelos - Plasticidad - Compresión simple - Consolidación (Edómetro) - Resistencia al corte - Proctor - C.B.R - Permeabilidad - Grado de compactación «in situ» (Placa de Carga)

OTROS MATERIALES DE CONSTRUCCION

- Cerámicos:
Ladrillo - Tejas - Revestimientos cerámicos...
- Derivados del cemento:
Terrazos - Baldosas hidráulicas - Bloques - Tuberías...
- Morteros
- Yesos y derivados
- Cales y derivados

ENSAYOS ESPECIALES

- Estructuras:
Viguetas - Forjados - Pruebas de Carga...
- Ensayos no destructivos:
 - Esclerómetro
 - Ultrasonido
- Patología de la Construcción



LABORATORIO DE EDIFICACION

Instituto Científico y Tecnológico de Navarra, S.A.