

SUMMARY

Bamboo - identified as a *Non Timber Forest Product* (NTFP) - offering optimal mechanical properties for construction purposes, and at the same time little studied among contemporary building materials, is paradoxically most used in precarious housing. The use of natural resources within the context of sustainable development is nowadays considered a subject of vital importance, especially in the construction industry, considered as being the largest consumer of world energy.

This work concerns itself with two fundamental contemporary issues: the use of natural resources as a contribution to sustainable development and precarious housing.

The topic of housing among the different problems relating to the construction industry is one of the most critical in developing countries since poverty entails precariousness in various aspects of the habitat and particularly in housing.

The aim of this thesis is to validate a construction element designed using bamboo as its main constituent. Therefore in the first part, before presenting the composite bamboo structure, the CBS panel (an element designed within the framework of this thesis), the theme of precarious housing in relation to bamboo is examined. A final part gives insight into the appropriation and application of the proposed CBS panel.

The first part, devoted to the link between bamboo and precarious housing, analyses the problems concerning social housing in developing countries. To identify how bamboo's use for construction is related to the social habitat, precarious housing is evaluated on the basis of the world view and aspirations of inhabitants. This will help determine the challenges involved in the construction proposals put forward to reduce the complex problems of social housing in the South. In this search, the reality of intermediate cities is examined to obtain a better understanding of the urbanisation phenomenon of metropolises versus the deterioration of the rural habitat within the context of globalisation (Chapters 1 and 2).

The second part is devoted to presenting the composite bamboo structure (CBS panel) carrying out simple four-point load bending tests resulting in values that guarantee the element's load-bearing capacity, establishing the existence of a composite behaviour between bamboo and concrete. An experimental study, allowing the interaction between bamboo and concrete to be identified, was carried out. The use of bamboo in construction is validated via mechanical tests, studying the mechanical properties of bamboo and identifying high tensile strength, and confirming the weakness of bamboo, a longitudinal separation parallel to the grain. The investigation contributes to improvement by means of

fibre reinforcement: natural, such as jute, and artificial, such as glass fibre, with compression tests made parallel and perpendicular to the fibre (Chapters 3, 4, 5 and 6).

The third part concerns the study of appropriation and application criteria, applied to the composite bamboo structure (CBS panel). This part contains theoretical elements and a descriptive study with qualitative methodology that explores appropriation by various populations of Latin America, all involved with a construction project. This revision confirms the hypothesis that social appropriation is a complex issue that includes cultural, social and psychological elements, which are part of the emerging phenomenon of human settlements in precarious areas.

The production of social housing is based on the study of the relationship between bamboo, its morphology, its applicability as construction system and the spaces that can be generated. Consequently the different possible forms of housing are presented, developing details of connections between the housing elements, and their chain of production. Quality control is identified as being the most important stage to guarantee the final product. Failure to carry out this control would be to jeopardise the success of not only the CBS panel but also the use of bamboo as resource. We also demonstrate that appropriation of a technology for a target group must be considered not only in relation to this group, but also introduce its use to a superior target group, since the reference factor is important (Chapter 7).

Keywords: Bamboo construction, composite bamboo structure, bamboo panel, fibre reinforcement, sustainable building.

RÉSUMÉ

Le bambou - identifié comme produits forestiers non ligneux *Non Timber Forest Product* (NTFP), de qualité mécanique optimale pour la construction, et en même temps peu étudié dans les matériaux contemporains de construction, le bambou est paradoxalement employé en majorité dans la construction de logements précaires. L'utilisation des ressources naturelles au service du développement durable est considérée de nos jours d'une importance vitale, surtout dans l'industrie de la construction, en considérant que la plus grande consommation d'énergie mondiale est attribuée à ce secteur.

Ce travail s'insère dans deux thématiques contemporaines fondamentales : l'utilisation des ressources naturelles comme contribution au développement durable et le logement précaire.

Le question du logement parmi les différents problèmes propres à l'industrie de la construction, est une des plus critique dans les pays en voie de développement, du au fait que la pauvreté implique la précarité dans divers aspects de l'habitat et en particulier du logement.

Le but de cette thèse est de valider un élément de construction conçu en utilisant le bambou comme matériel principal. Par conséquent dans la première partie, le thème du logement précaire par rapport au bambou est examiné. La deuxième partie est présentée, le panneau *CBS*, structure mixte en bambou, (Composite Bamboo Structure) - élément de construction conçu dans le cadre de cette thèse, Une partie finale permet de donner des pistes d'application du panneau *CBS* proposé.

La première partie consacrée à la contextualisation de la thématique du bambou et le logement précaire, analyse la problématique du logement social dans les pays en voie de développement. Pour identifier comment l'utilisation de panneaux structurels *CBS* s'insère dans l'habitat social, le logement précaire est évalué sur la base de la vision du monde (cosmovision) et des aspirations des habitants. Ceci aidera à déterminer les défis impliqués dans les propositions de construction formulées pour réduire les problèmes complexes du logement social dans le Sud. Dans cette recherche, la réalité des villes intermédiaires est examinée pour obtenir une meilleure compréhension du phénomène d'urbanisation des métropoles contre la détérioration de l'habitat rural dans le contexte de la mondialisation (chapitres 1 et 2).

La seconde partie est dédiée à la présentation du panneau structurel mixte en bambou (panneau *CBS*) en développant des essais de flexion simple à quatre points, lesquels

donnent pour résultat les valeurs qui garantissent la capacité portante de l'élément, en établissant la preuve d'un comportement composé entre le bambou et le béton. Une étude expérimentale, permettant d'identifier l'interaction entre le bambou et le béton à identifier, a été effectuée. L'utilisation du bambou dans la construction est validée par l'intermédiaire des essais mécaniques, en étudiant les propriétés mécaniques du bambou de façon à identifier la haute valeur de la résistance à la traction, ainsi que la confirmation de la faiblesse mécanique du bambou qui est la fissuration longitudinale parallèle au grain. La recherche contribue à l'amélioration par le biais de renforcement au moyen de fibres : naturelles comme le jute et artificielles comme la fibre de verre en développant des essais de compression parallèle et perpendiculaire à la fibre (Chapitres 3,4,5 et 6).

La troisième partie concerne l'étude des critères d'appropriation et d'application, appliquée au panneau *CBS*. Cette partie contient des éléments théoriques et une étude descriptive avec la méthodologie qualitative qui explore l'appropriation par diverses populations d'Amérique latine impliquée dans un projet de construction. Cette révision confirme l'hypothèse que l'appropriation sociale est une issue complexe qui inclut des éléments culturels, sociaux et psychologiques, qui font partie du phénomène émergent des règlements humains dans des secteurs précaires.

La production de logement social est basée sur l'étude du rapport entre le bambou, sa morphologie, son applicabilité comme système de construction et les espaces qui peuvent être produits. Par conséquent les différentes formes possibles de croissance des logements sont présentées, développant les détails d'union entre les éléments de logement, ainsi que leur processus dans la chaîne de production. Le contrôle de qualité est identifié en tant qu'étape la plus importante pour garantir le produit final. Ne pas considérer ce contrôle compromet le succès non seulement de la proposition du panneau *CBS* mais également de l'utilisation du bambou comme ressource. D'autre part nous démontrons que l'appropriation d'une technologie pour un groupe cible doit être considérée non seulement par rapport à ce groupe, mais aussi induire la consommation à un groupe cible supérieur, puisque le facteur de référence est important (chapitre 7).

Mots clés: Construction en bambou, structure mixte en bambou, panneau en bambou, logement soutenable.

RESUMEN

Bambú, identificado como un recurso forestal no maderable *Non Timber Forest Product* NTFP, de calidades mecánicas óptimas para la construcción, y al mismo tiempo poco estudiado dentro de los materiales contemporáneos de construcción, paradójicamente a su uso mayoritario en las viviendas precarias. El tema de los recursos naturales al servicio del desarrollo sostenible es considerado hoy en día vital, sobre todo en la industria de la construcción considerando que el mayor consumo de energía mundial está dado en este sector.

Este trabajo se inserta en dos temáticas contemporáneas fundamentales: la utilización de los recursos naturales como contribución al desarrollo sostenible y la vivienda precaria.

El tema de la vivienda dentro de los diferentes problemas propios a la industria de la construcción, es uno de los más álgidos en los países en vía de desarrollo debido a que la pobreza implica precariedad en diferentes dimensiones del hábitat y particularmente en la vivienda.

El trabajo de la presente tesis se organiza para validar un elemento de construcción concebido con bambú como material principal. Para ello una primera parte, previa a presentación del panel estructural compuesta de bambú *panel CBS* (elemento concebido dentro de la presente tesis), se contextualiza la temática del bambú y la vivienda precaria. Y una última parte que permite dar pistas de apropiación y aplicación de la propuesta del *panel CBS*.

La primera parte correspondiente a la contextualización de la temática del bambú y la vivienda precaria, que consiste en el análisis de la problemática de la vivienda social en los países en vía de desarrollo. Identificando como el panel de estructural compuesta de bambú *panel CBS* se inserta en el habita social, por ello se evalúa la vivienda precaria desde la cosmovisión y aspiraciones de los habitantes la vivienda para poder determinar cuáles son los desafíos a las propuestas constructivas que quieran estar al servicio de la compleja problemática de la vivienda social en el Sur. En esta búsqueda, se revisa la realidad de las ciudades intermedias para ampliar el entendimiento del fenómeno de la urbanización de las metrópolis versus el debilitamiento del hábitat rural en el marco de la globalización (Capítulos 1, 2).

La segunda parte se da la presentación del panel estructural compuesta de bambú *panel CBS* desarrollando pruebas de flexión simple a cuatro puntos los cuales dan valores que garantizan la capacidad portante del elemento, llegando a probar un comportamiento compuesto entre el bambú y el concreto. Realizando un estudio experimental lo cual

permite identificar la interacción entre el bambú y el concreto. Se aborda la validación del bambú en la construcción. Se pasa por una validación mecánica, estudiando al bambú desde su calidad mecánica identificando valores altos en tracción, así como la confirmación de la debilidad mecánica del bambú que es la fisuración longitudinal paralelo al grano. La investigación contribuye al mejoramiento a través del reforzamiento por medio de fibras: naturales como el yute y artificiales como la fibra de vidrio desarrollando ensayos de compresión paralelo a la fibra y ensayos de compresión perpendicular a la fibra (Capítulos 3, 4, 5 y 6).

La tercera parte, corresponde al estudio de la apropiación y criterios de aplicación aceptabilidad social del bambú, que son aplicadas al panel estructural compuesta de bambú *panel CBS*. Esta es una parte que tiene elementos teóricos y un estudio de tipo descriptivo con metodología cualitativa que explora la aceptabilidad en diferentes poblaciones de América Latina, todas ellas conectadas a un proyecto constructivo. A partir de esta revisión se confirma la hipótesis de que la aceptabilidad social es un complejo que incluye elementos culturales, sociales y psicológicos que son parte del fenómeno emergente de los asentamientos humanos en zonas precarias.

La producción de la vivienda social a partir de del estudio de la relación entre el material bambú, la forma que esta ligada a la morfología y a su aplicabilidad como sistema de construcción y los espacios que se puede generar. Como consecuencia se presentan las diferentes gamas de posibles formas de crecimiento de las viviendas llegando a desarrollar los detalles de uniones entre los elementos de la vivienda, así como su proceso dentro de la cadena de producción. Se identifica la importancia del control de calidad, como la parte más importante para la garantizar del producto final. De no considerarse este control se estaría poniendo en riesgo el éxito no solo de la propuesta de la losa sino de utilización del recurso. Por otro lado demostramos que la apropiación de una tecnología por un grupo objetivo no solo debe estar considerado a este grupo, sino también inducir el consumo a un grupo objetivo superior, ya que el factor de referencia es importante. (Capítulo 7).

Palabras Claves: Construcciones con bambú, estructura compuesta de bambú, panel de bambú, reforzamiento con fibra, vivienda sostenible.