



UNIVERSIDAD DE CUENCA

FACULTAD DE ARQUITECTURA

**MAESTRIA EN CONSTRUCCIONES
II EDICIÓN**

**TÍTULO: MODELO DE PANEL PREFABRICADO EN GUADÚA,
APLICADO A LA INDUSTRIALIZACIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN,
PARA DIVISIONES VERTICALES.**

**TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL GRADO DE
MAGÍSTER EN CONSTRUCCIONES (MSc)**

AUTOR: Arq. Jimmy Alexander Encalada Núñez

DIRECTOR: Arq. PhD. Josep García Cors

Cuenca, mayo del 2016



RESUMEN

Muchos avances en las investigaciones a nivel nacional como internacional, han servido para proponer un *“MODELO DE PANEL PREFABRICADO EN GUADÚA, APLICADO A LA INDUSTRIALIZACIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN”*, con el objetivo de aportar a la construcción de viviendas dignas y de bajo costo para un mercado local.

Esta investigación, se basó como referente en el modelo “Sándwich”, con la utilización de latillas de guadúa, para la envoltura del panel, y cuyo contenido interno será de materiales de reciclaje como cubetas de huevos, polvo de aserrín, y otros, obteniendo un producto liviano, de fácil transporte y maniobra.

Se presenta una solución de las diferentes uniones, acoples y ensambles necesarios que se muestran al momento de armar una vivienda en sus múltiples componentes, tales como entre panel y estructura que vienen a ser las columnas del mismo material guadúa, o entre éstos mismos paneles, recurso indispensable en el buen desarrollo de ésta propuesta, encaminado a una posible industrialización.

PALABRAS CLAVES: guadúa, panel, prefabricado, industrialización,

ABSTRACT

Many advances in national and international researches have served as a guideline for the proposal of a "MODEL OF PREFABRICATED BAMBOO PANEL TO BE IMPLEMENTED IN THE INDUSTRIALIZATION OF CONSTRUCTION", whose objective is building decent and affordable housing for the local market.

The present work was based in the "Sandwich" model, where the bamboo strips will be the face sheets and the core will consist of recycled materials like eggs cartons, sawdust, and others; the resulting product will be light, easy to carry and handle.

At the momento of assembling the multiple house components a solution is presented for the joins, couplings, and assemblies that are required between panel and structure, that are also bamboo columns, or between panels. It is a indispensable resource in the successful development of this proposal aimed to possible industrialization.

KEYWORDS: bambú, panel, prefabricated, industrialization,

INDICE

RESUMEN	1
ABSTRACT	2
INDICE	3
CLAUSULAS DE DERECHO DE AUTOR	4
CLAUSULA DE PROPIEDAD INTELECTUAL	5
TABLA DE CONTENIDOS	6
1. CAPÍTULO I	10
1.1. INTRODUCCIÓN	10
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	12
1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	13
1.4. MARCO DE REFERENCIA	14
1.5. HIPÓTESIS	15
1.6. METODOLOGÍA	16
2. CAPÍTULO II (MARCO TEÓRICO)	17
2.1. ANTECEDENTES	17
2.2. CONCEPTOS BÁSICOS:	20
2.3. LA GUADÚA Y LA CONSERVACIÓN DEL PLANETA	24
2.4. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA GUADÚA EN LA CONSTRUCCIÓN	26
2.5. EL BAMBÚ COMO MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN	27
2.6. EL BAMBÚ EN ECUADOR	28
2.7. TABLEROS CON BAMBÚ	32
2.8. A NIVEL DE INDUSTRIA ECUATORIANA	44
2.9. ALGUNOS REFERENTES INTERNACIONALES QUE TRABAJAN EN GUADÚA	46
2.10. UNIONES	52
3. CAPÍTULO III (PROPUESTA)	62
3.1. INTRODUCCIÓN:	62
3.2. MATERIALES NECESARIOS	64
3.3. CRITERIOS DE DISEÑO:	70
3.4. DESCRIPCIÓN DEL PANEL	75
3.5. ALTERNATIVAS DE UNIONES PARA TABLEROS PREFABRICADOS.	90
4. CAPÍTULO IV (ENSAYOS DE LABORATORIO)	105
4.1. INTRODUCCIÓN.	105
4.2. DESCRIPCIÓN DE LOS ENSAYOS	105
5. CAPÍTULO V (CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES)	109
6. BIBLIOGRAFÍA	111
7. ANEXOS	114



CLAUSULAS DE DERECHO DE AUTOR



Universidad de Cuenca
Clausula de derechos de autor

Jimmy Alexánder Encalada Núñez, autor/a de la tesis *“MODELO DE PANEL PREFABRICADO EN GUADÚA, APLICADO A LA INDUSTRIALIZACIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN”*, reconozco y acepto el derecho de la Universidad de Cuenca, en base al Art. 5 literal c) de su Reglamento de Propiedad Intelectual, de publicar este trabajo por cualquier medio conocido o por conocer, al ser este requisito para la obtención de mi título de **(MAGÍSTER EN CONSTRUCCIONES (MSc))**. El uso que la Universidad de Cuenca hiciere de este trabajo, no implicará afección alguna de mis derechos morales o patrimoniales como autor/a

Cuenca, abril del 2016

Jimmy Alexánder Encalada Núñez
C.I: 1900229251



CLAUSULA DE PROPIEDAD INTELECTUAL



Universidad de Cuenca
Clausula de propiedad intelectual

Jimmy Alexander Encalada Núñez, autor/a de la tesis *"MODELO DE PANEL PREFABRICADO EN GUADÚA, APLICADO A LA INDUSTRIALIZACIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN"*, certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor/a.

Cuenca, abril del 2016

Jimmy Alexander Encalada Núñez
C.I: 1900229251

TABLA DE CONTENIDOS

RESUMEN	1	2.7.3. TABLEROS PREFABRICADOS PARA LA COORPORACIÓN DE VIVIENDA HOGAR DE CRISTO.....	40
ABSTRACT	2	2.7.4. PANELES CON VALLA DE BAMBÚ	41
INDICE	3	2.7.5. PANELES QUE SE UTILIZARON EN LA CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO DE LA CASA HECHA CON BAMBÚ	42
CLAUSULAS DE DERECHO DE AUTOR	4	2.8. A NIVEL DE INDUSTRIA ECUATORIANA	44
CLAUSULA DE PROPIEDAD INTELECTUAL	5	2.9. ALGUNOS REFERENTES INTERNACIONALES QUE TRABAJAN EN GUADÚA 46	
TABLA DE CONTENIDOS	6	2.9.1. OSCAR HIDALGO LÓPEZ.-.....	46
ÍNDICE DE CUADROS.....	7	2.9.2. SIMÓN VÉLEZ JARAMILLO	47
ÍNDICE DE ESQUEMAS.....	7	2.9.3. WILLIAM CHÍQUIZA ARIZA (Chicaiza, 2000).....	49
ÍNDICE DE IMÁGENES	8	2.9.4. JORGE STAMM "PERSONAJE EMPÍRICO QUE TRABAJA EN GUADÚA" 49	
1. CAPÍTULO I.....	10	2.9.5. MARCELO VILLEGAS	50
1.1. INTRODUCCIÓN	10	2.9.6. UARQ ARQUITECTOS	50
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	12	2.9.7. EN OTROS PAÍSES DE AMÉRICA	50
1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	13	2.10. UNIONES	52
1.4. MARCO DE REFERENCIA	14	2.10.1. GENERALIDADES.....	52
1.5. HIPÓTESIS	15	2.10.2. UNIONES DE ESTRUCTURA	52
1.6. METODOLOGÍA	16	2.10.2.1. UNIÓN SIN ELEMENTOS CONECTORES	52
2. CAPÍTULO II (MARCO TEÓRICO)	17	2.10.2.2. UNIONES PERNADAS.....	53
2.1. ANTECEDENTES.....	17	2.10.2.3. UNIÓN PERNADA CON ABRAZADERA O ZUNCHO	54
2.2. CONCEPTOS BÁSICOS:.....	20	2.10.2.4. UNIÓN PERNADA CON PLATINAS PARALELAS.....	54
2.3. LA GUADÚA Y LA CONSERVACIÓN DEL PLANETA	24	2.10.2.5. UNIÓN CON BARRA EMBEBIDA AXIAL	55
2.3.1. EN LO AMBIENTAL	24	2.11. SILVICULTURA.....	57
2.3.2. EN LO SOCIAL	24	2.11.1. LA COSECHA	57
2.3.3. EN LO ECONÓMICO	25	2.11.2. PRESERVACIÓN:.....	59
2.3.4. EN LO INDUSTRIAL.....	25	2.11.3. CURADO	60
2.4. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA GUADÚA EN LA CONSTRUCCIÓN	26	2.11.4. PROCESO DE LA INMUNIZACIÓN:	60
2.5. EL BAMBÚ COMO MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN	27	3. CAPÍTULO III (PROPUESTA)	62
2.6. EL BAMBÚ EN ECUADOR	28	3.1. INTRODUCCIÓN:	62
2.7. TABLEROS CON BAMBÚ	32	3.2. MATERIALES NECESARIOS.....	64
2.7.1. TABLEROS PREFABRICADOS CON ECOMATERIALES.....	32	3.2.1. INTRODUCCIÓN:.....	64
2.7.1.1. ECUBAM (Tablero estructural: 1.22 m x 2.44m. Esp. 2 a 3,5 cm) 32		3.2.2. TABLEROS DE GUADÚA PARA ENVOLVENTE:	64
2.7.1.2. PLASBAM (Tablero estructural: 1.22 m x 2.44m. Esp. 2 a 3,5 cm) 33		3.2.2.1. GUADÚA ANGUSTIFOLIA:	64
2.7.1.3. ESTERBAM (Tablero ligero: 1.22 m x 2.44m. Esp. 1 a 1.5 cm) ... 34		3.2.3. PARANTES DIVISORIOS.	66
2.7.1.4. TRIPBAM (Tablero ligero: 1.22 m x 2.44m. Esp. 1 a 1.5 cm) 34		3.2.3.1. PERFILES DE LATÓN GALVANIZADO.	66
2.7.1.5. OTROS ENSAYOS EN ECOMATERIALES	35	3.2.4. MATERIALES PARA CONTENIDO INTERNO.	66
2.7.2. TABLEROS PREFABRICADOS EN BAHAREQUE	37	3.2.4.1. FIBRAS Y PRODUCTOS INDUSTRIALES:	66



3.2.4.2.	FIBRAS Y PRODUCTOS NATURALES:.....	67
3.2.5.	MATERIALES DE RECICLAJE:.....	68
3.3.	CRITERIOS DE DISEÑO:.....	70
3.3.1.	DISEÑO MODULAR.....	70
3.3.2.	DESCRIPCIÓN DE LA TRAMA.....	71
3.3.3.	PROTOTIPO DE VIVIENDA.....	72
3.3.3.1.	SISTEMA DE ESTRUCTURA.....	72
3.3.4.	MODELO DE PANEL.....	74
3.4.	DESCRIPCIÓN DEL PANEL.....	75
3.4.1.	PROCESO GENERAL DE FABRICACIÓN DE LA ENVOLVENTE (GUADÚA) 76	
3.4.1.1.	SECUENCIA CONSTRUCTIVA DEL TABLERO ENVOLVENTE.....	76
3.4.1.2.	PROPUESTAS DE RELLENO DEL PANEL.....	80
3.5.	ALTERNATIVAS DE UNIONES PARA TABLEROS PREFABRICADOS.....	90
3.5.1.	ELECCIÓN DEL PARANTE.....	90
3.5.1.1.	PARANTES METÁLICOS.....	90
3.5.1.2.	PARANTES DE GUADÚA.....	91
3.5.2.	ACCESORIO DE UNIÓN.....	92
3.5.3.	DETALLE DE UNIÓN ENTRE PANEL Y COLUMNA.....	94
3.5.4.	DETALLE DE UNIÓN DE VENTANA.....	95
3.5.5.	DETALLE DE UNIÓN ENTRE TRES PANELES, (INTERSECCIONES DE PAREDES) 98	
3.5.6.	DETALLE DE UNIÓN ENTRE DOS PANELES.....	99
3.5.7.	DETALLE DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE AGUA POTABLE Y SANITARIAS.....	100
4.	CAPÍTULO IV (ENSAYOS DE LABORATORIO).....	105
4.1.	INTRODUCCIÓN.....	105
4.2.	DESCRIPCIÓN DE LOS ENSAYOS.....	106
4.2.1.	MÁQUINA DE COMPRESIÓN.....	106
4.2.2.	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL PANEL DE GUADÚA.....	106
5.	CAPÍTULO V (CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES).....	109
5.1.	CONCLUSIONES.....	109
5.2.	RECOMENDACIONES.....	110
6.	BIBLIOGRAFÍA.....	111
7.	ANEXOS.....	114

CUADRO: 2	DATOS REGISTRADOS EN UNA GUADÚA ANGUSTIFOLIA.....	73
CUADRO: 3	CANTIDADES Y PRESUPUESTO DEL 2 TABLEROS EN GUADÚA.....	79
CUADRO: 4	COMPONENTES, CANTIDADES Y COSTO DE PANEL DE ALTERNATIVA I.....	83
CUADRO: 5	COMPONENTES, CANTIDADES Y COSTO DE PANEL DE ALTERNATIVA II.....	85
CUADRO: 6	COMPONENTES, CANTIDADES Y COSTO DE PANEL DE ALTERNATIVA III.....	88
CUADRO: 7	COMPONENTES, CANTIDADES Y COSTO DE PANEL DE ALTERNATIVA III.....	89
CUADRO: 8	CUADRO RESUMEN DE RESISTENCIAS OBTENIDAS POR LAS TRES MUESTRAS DE PANELES DE GAK.....	108

ÍNDICE DE ESQUEMAS

ESQUEMA: 1	UNIONES AMARRADAS.....	46
ESQUEMA: 2	UNIONES CON PASANTES (CLAVIJAS, ANCLAJE DE MADERA O METÁLICO).....	47
ESQUEMA: 3	UNIONES PERNADAS.....	54
ESQUEMA: 4	UNIONES PERNADAS CON ABRAZADERAS Y ZUNCHO.....	54
ESQUEMA: 5	UNIONES PERNADAS CON PLATINAS PARALELAS.....	55
ESQUEMA: 6	UNIONES PERNADAS CON BARRA EMBEBIDA AXIAL.....	55
ESQUEMA: 7	FASES DE LA LUNA.....	58
ESQUEMA: 8	MÓDULO.....	71
ESQUEMA: 9	TRAMA EN PLANTA ARQUITECTÓNICA.....	71
ESQUEMA: 10	PLANTA ARQUITECTÓNICA, ESQUEMA DE COLUMNA.....	72
ESQUEMA: 11	ELEVACIÓN FRONTAL.....	72
ESQUEMA: 12	PLANTA ARQUITECTÓNICA, DIVISIÓN DE MÓDULOS Y SISTEMA ESTRUCTURAL.....	73
ESQUEMA: 13	EJEMPLO DE PANEL TIPO SÁNDWICH.....	74
ESQUEMA: 14	DETALLE DE PANEL EN ALZADO.....	75
ESQUEMA: 15	DESCRIPCIÓN DEL PANEL, INCLUIDO EL MARCO ESTRUCTURAL.....	75
ESQUEMA: 16	DESCRIPCIÓN DEL PANEL, INCLUIDO EL MARCO ESTRUCTURAL (CORTE A-A).....	76
ESQUEMA: 17	PROCESO GENERAL DE PRODUCCIÓN DEL PANEL TIPO SÁNDWICH.....	76
ESQUEMA: 18	SECUENCIA DE ARMADO DE TABLERO.....	78
ESQUEMA: 19	SECUENCIA DE ARMADO DE TABLERO II.....	78
ESQUEMA: 20	MOLDE METÁLICO.....	80
ESQUEMA: 19	RESULTADO DEL PANEL ALTERNATIVA 01.....	83
ESQUEMA: 22	RESULTADO DEL PANEL ALTERNATIVA 02.....	86
ESQUEMA: 23	RESULTADO DEL PANEL ALTERNATIVA 03.....	89
ESQUEMA: 24	UNIÓN DE DOS PANELES CON PARANTES METÁLICOS.....	90
ESQUEMA: 25	UNIÓN DE TRES PANELES CON PARANTES METÁLICOS.....	91
ESQUEMA: 26	UNIÓN DE DOS PANELES CON PARANTES DE GUADÚA.....	91
ESQUEMA: 27	UNIÓN DE TRES PANELES CON PARANTES DE GUADÚA.....	92
ESQUEMA: 28	UNIÓN DE ACOPLE DE PARANTE CON GUADÚA.....	92

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO: 1	GUADÚA ANGUSTIFOLIA KUNTH (GAK):.....	18
-----------	---------------------------------------	----

ESQUEMA: 29 UNIÓN DE ACOPLE SOLERA CON PARANTE	93
ESQUEMA: 30 UNIÓN DE ACOPLE DE PARANTE CON GUADÚA.....	93
ESQUEMA: 31 UNIÓN DE ACOPLE DE PARANTE CON GUADÚA.....	93
ESQUEMA: 32 DETALLE: UNIÓN ENTRE COLUMNA Y TRES PANELES PLANTA.....	94
ESQUEMA: 33 DETALLE: UNIÓN ENTRE COLUMNA Y TRES PANELES AXONOMETRÍA.....	94
ESQUEMA: 34 IMAGEN: UNIÓN ENTRE COLUMNA Y VENTANA.....	95
ESQUEMA: 35 DETALLE: UNIÓN SOLERA-VENTANA.....	95
ESQUEMA: 36 DETALLE: UNIÓN ENTRE PARANTE Y VENTANA.....	96
ESQUEMA: 37 DETALLE: UNIÓN ENTRE PARANTE Y VENTANA, HORIZONTAL.....	96
ESQUEMA: 38 DETALLE: UNIÓN ENTRE PARANTE Y VENTANA, 2 PANELES.....	97
ESQUEMA: 39 DETALLE: UNIÓN DE TRES PANELES CON PARANTES DE GUADÚA.....	98
ESQUEMA: 40 DETALLE: UNIÓN DE DOS PANELES CON PARANTES DE GUADÚA.....	99
ESQUEMA: 41 DETALLE: UNIÓN GUÍA DE PISO -PANEL.....	99
ESQUEMA: 42 DETALLE: UNIÓN DE SOLERA PANEL.....	99
ESQUEMA: 43 DETALLE: INSTALACIONES ELÉCTRICAS TOMACORRIENTES.....	100
ESQUEMA: 44 DETALLE: INSTALACIONES ELÉCTRICAS INTERRUPTORES.....	100
ESQUEMA: 40 MÓDULO MÍNIMO DESARROLLADO EN PROYECTO.....	107
ESQUEMA: 41 ÁREA EFECTIVA PARA EL CÁLCULO DE RESISTENCIA EN PANEL.....	108

ÍNDICE DE IMÁGENES

FIGURA: 1.- IMAGEN DE LOS RIZOMAS	18
FIGURA: 2.- LOGOTIPO DE INBAR.....	28
FIGURA: 3.- IMAGEN DE JORGE MORÁN UBIDIA	29
FIGURA: 4.- IMAGEN DEL “CENTRO DE DOCUMENTACIÓN DEL BAMBÚ”.....	29
FIGURA: 5.- IMAGEN DE “CENTRO DE INTERPRETACIÓN DE LA RESERVA ECOLÓGICA MANGLARES CHURUTE”	30
FIGURA: 6.- IMAGEN DE LA “DISCOTECA NATIVA DEL BAMBÚ”	30
FIGURA: 7.- IMAGEN DEL “GREEN VILLAGE UBUD DE BALI”	31
FIGURA: 8.- IMAGEN DEL “TABLERO ECUBAM”	33
FIGURA: 9.- IMAGEN DEL “TABLERO ECUBAM ESTÁNDAR”	33
FIGURA: 10.- IMAGEN DEL “TABLERO PLASBAM”	33
FIGURA: 11.- IMAGEN DEL “TABLERO PLASBAM ESTÁNDAR”	33
FIGURA: 12.- IMAGEN DEL “TABLERO ESTERBAM”	34
FIGURA: 13.- IMAGEN DEL “TABLERO ESTARBAM ESTÁNDAR”	34
FIGURA: 14.- IMAGEN DEL “TABLERO TRIPBAM”	35
FIGURA: 15.- IMAGEN DEL “TABLERO TRIPBAM ESTÁNDAR”	35
FIGURA: 16.- IMAGEN DEL “ENSAYOS DE NUEVOS TABLEROS”	36

FIGURA: 17.- IMAGEN DEL “ENSAYOS DE NUEVOS TABLEROS CON MATERIALES INTERMEDIOS, EN DONDE SE INTEGRA: GUADÚA, ESTOPA DE COCO, TAMO DE ARROZ, Y BAMBÚ MACIZO”	36
FIGURA: 18.- IMAGEN DEL “TABLEROS PREFABRICADOS DE BAHAREQUE O QUINCHA”	37
FIGURA: 19.- IMAGEN DEL “TABLEROS PREFABRICADOS DECORATIVOS”	37
FIGURA: 20.- IMAGEN DEL “TABLEROS DECORATIVO PARA CIELO RASO”	38
FIGURA: 21.- IMAGEN DEL “TABLEROS PENSADOS CON SURO”	38
FIGURA: 22.- IMAGEN DEL “TABLEROS PENSADOS CON CAPAS DE CARRIZO”	39
FIGURA: 23.- IMAGEN DEL “VIVIENDAS HOGAR DE CRISTO”	40
FIGURA: 24.- IMAGEN DEL “PROCESO DE ARMADO DE VIVIENDAS HOGAR DE CRISTO”	41
FIGURA: 25.- IMAGEN DEL “PARTES DE LOS COMPONENTES DE UN PANEL”	41
FIGURA: 26.- IMAGEN DEL “UNIÓN DE ESTRUCTURA Y PANEL, Y; DE PANEL Y VENTANA”	41
FIGURA: 27.- IMAGEN DEL “ETAPAS DE TEJIDO, MONTAJE Y TERMINADO DE PANEL”	42
FIGURA: 28.- IMAGEN DEL “ESTADO ACTUAL DE LA VIVIENDA, INTERNA Y EXTERNA”	42
FIGURA: 29.- IMAGEN DEL “PROTOTIPO CONSTRUIDO CON BIOPANELES Y BAMBULOSA”	43
FIGURA: 30.- IMAGEN DEL “PABELLÓN ZERI, IGLESIA DE PEREIRA”	48
FIGURA: 31.- IMAGEN DEL “PUENTE PEATONAL JENNY GARZÓN ”	48
FIGURA: 32.- IMAGEN DEL “CROSSWATERS ECOLOGDE”	49
FIGURA: 33.- IMAGEN DEL “CASA CHINAUTA”	50
FIGURA: 34.- IMAGEN DEL “CASA ECOLÓGICA DE DARREL DE BOER”.....	51
FIGURA: 35.- IMAGEN DEL “MUSEO NÓMADA DE SIMÓN VÉLEZ Y DARREL DE BOER”	51
FIGURA: 36.- IMAGEN DE “CORTE RECTO”	53
FIGURA: 37.- IMAGEN DE “CORTE BOCA DE PESCADO”	53
FIGURA: 38.- IMAGEN DE “PICO DE FLAUTA”	53
FIGURA: 39.- IMAGEN DE “RECOLECCIÓN DE LA MATERIA PRIMA DESDE PLANTACIONES”	64
FIGURA: 40.- CURADO DE LA GUADUA CON BÓRAX Y ÁCIDO BÓRICO 2:1, CONTROL DE HUMEDAD, CON PROTÍMETRO.	65
FIGURA: 41.- MÁQUINA DE SECADO, Y PROTÍMETRO.....	65
FIGURA: 42.- CORTADO DE LA GUADÚA, LATILLAS DE 4-5CM.....	65
FIGURA: 43.- ESPESOR DE GUADÚA Y CORTE EN 8 PARTES,.....	65
FIGURA: 44.- ENSAMBLE DE PERFILES DE 6X6CM, MÉTODO ARTESANAL.....	66
FIGURA: 45.- FIBRA DE ACERO DRÁMIX.....	66
FIGURA: 46.- PLANCHAS DE POLIURETANO Y ESTRATOS.....	67
FIGURA: 47.- PAJONAL Y CORTADO EN TROZOS.....	67
FIGURA: 48.- CABUYA SECÁNDOSE, Y DESFIBRADA.....	67
FIGURA: 49.- PIEDRA PÓMEZ, MINA DE EXPLOTACIÓN	68
FIGURA: 50.- RECICLAJE DE PET, EN BOTADERO MUNICIPAL DE LOJA.....	68
FIGURA: 51.- CUBETAS DE HUEVOS, RESISTENCIA DE CUBETAS.....	69
FIGURA: 52.- IMAGEN: RECICLAJE DE ASERRÍN Y POLVO DE MADERA.....	69
FIGURA: 53.- IMAGEN: MATERIALES PARA MEZCLA.....	76

FIGURA: 54.- IMAGEN: ENCOLADO DE 12 TABLILLAS. 77

FIGURA: 55.- IMAGEN: Prensado de las latillas..... 77

FIGURA: 56.- IMAGEN: CAPA 1 DE ASERRÍN + COLA. 77

FIGURA: 57.- IMAGEN: Prensado de las latillas, tablero de 1.2m y 0.60m. 77

FIGURA: 58.- IMAGEN: MOLDE DE PLANCHA GALVANIZADA..... 80

FIGURA: 59.- IMAGEN: ALAMBRE DE PÚAS EN CRUZ SOBRE PLANCHA..... 81

FIGURA: 60.- IMAGEN: ALAMBRE DE PÚAS EN CRUZ SOBRE PLANCHA..... 81

FIGURA: 61.- IMAGEN: MEZCLA DE LOS COMPONENTES EMPLEADOS, CON MEZCLADORA. 82

FIGURA: 62.- IMAGEN: RELLENO DEL MOLDE. 82

FIGURA: 63.- IMAGEN: COLOCACIÓN DEL TABLERO SUPERIOR O TAPA. 82

FIGURA: 64.- IMAGEN: COLOCADA Y LIMPIEZA DE LA TAPA. 82

FIGURA: 65.- IMAGEN: TABLERO BASE + 3 LATILLAS DE GUADÚA. 84

FIGURA: 66.- IMAGEN: TABLERO BASE + LATILLAS DE GUADÚA. 84

FIGURA: 67.- IMAGEN: COLOCACIÓN DE LA MEZCLA EN EL MOLDE..... 84

FIGURA: 68.- IMAGEN: COLOCACIÓN DEL TABLERO TAPA SOBRE EL MOLDE..... 85

FIGURA: 69.- IMAGEN: MOLDE DE LATÓN ALTERNATIVA III. 87

FIGURA: 70.- IMAGEN: CAPA DE MEZCLA ASERRÍN + COLA 1CM..... 87

FIGURA: 71.- IMAGEN: CUBETAS DE HUEVO..... 88

FIGURA: 72.- IMAGEN: TABLERO LISTO ALTERNATIVA III. 88

FIGURA: 73.- IMAGEN: ESTRUCTURA DE UNIÓN EN PLANCHA GALVANIZADA.. 90

FIGURA: 74.- IMAGEN: GUADÚA VULGARIS PINTADA. 91

FIGURA: 75.- IMAGEN: PERNO ROSCABLE CON ARANDELA SOLDADA. 92

FIGURA: 76.- IMAGEN: INSTALACIONES ELÉCTRICAS II. 101

FIGURA: 77.- IMAGEN: INSTALACIONES DE AGUA POTABLE. 101

FIGURA: 78.- IMAGEN: INSTALACIONES DE AGUAS SERVIDAS..... 101

FIGURA: 79.- IMAGEN: MÁQUINA UTILIZADA PARA LA REALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS DE COMPRESIÓN PARALELA A LA FIBRA. VERSA TESTER. (DEFORMÍMETRO MECÁNICO) 106

FIGURA: 80.- IMAGEN: MÁQUINA VERSA TESTER, PARA COMPRESIÓN..... 106

FIGURA: 81.- IMAGEN: PANELES SECÁNDOSE EN EL HORNO. 107

FIGURA: 82.- IMAGEN: DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL PANEL DE GUADÚA.. ANILLOS DE SOPORTE PARA EL DEFORMÍMETRO (COLLARINES)..... 108

1.1. INTRODUCCIÓN

La presente investigación busca obtener un modelo de panel para la construcción con el aprovechamiento de las ventajas portantes, estéticas y económicas de la caña guadúa en su estado natural, para llegar al desarrollo de Nuevas Alternativas Constructivas, de fácil aplicación en la industrialización de la construcción, aplicado como respuesta a la urgente necesidad de viviendas saludables y dignas.

Para eso se hace necesario realizar un análisis de la guadúa como material y lo que se pueda conocer sobre los paneles prefabricados que se están utilizando en la actualidad, sistemas constructivos, sistema de unión o acople entre paneles, analizar su aplicación y el beneficio económico del mismo, lo que permitirá proponer nuevas alternativas acopladas a la realidad local, con el objetivo de obtener un componente de buen funcionamiento en la construcción y lograr la optimización y potenciación de la construcción en guadúa como una alternativa sostenible.

Por todos los medios de comunicación, en especial las redes sociales, se observa la gran variedad de proyectos que se están realizando en todo el mundo con éste material, en donde se puede ver como profesionales y empíricos que han confiado en éste planta rizomatoza, en sus diferentes variedades, sacan a la luz sus mejores diseños, en las más variadas formas, usos y detalles.

Del resultado de ésta investigación se pueden adoptar nuevos criterios que viabilicen un continuo avance en el desarrollo de un nuevo modelo propuesto, con el objetivo de tener una herramienta de diseño que permita soluciones arquitectónicas creativas, que den respuesta a una arquitectura propia que atienda las exigencias de un nuevo pensamiento contemporáneo, descartando las ideas de "*material no apto para construcción*" que tienen la sociedad de éste material.



1. CAPÍTULO I

TEMA: MODELO DE PANEL PREFABRICADO EN GUADÚA, APLICADO A LA INDUSTRIALIZACIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN, PARA DIVISIONES VERTICALES

El aprovechamiento de las bondades de ésta espectacular planta se dará siempre y cuando seamos nosotros, la sociedad los responsables de su manejo, y de ver al bambú como un protagonista permanente.

Mi opinión personal sobre el nuevo modelo de panel, es que permitirá viabilizar nuevas oportunidades de uso para la utilización del bambú y sustituir los materiales como bloques, ladrillos en la elaboración de mamposterías y ver al bambú como una alternativa idónea, con las mismas oportunidades dentro del campo de la construcción, ya sea utilizado en estructura, rellenos y decoración con excelentes resultados estéticos y mecánicos.

Concretamente, creo que éste nuevo modelo de panel, permitirá viabilizar nuevas oportunidades de uso que se le podría dar al bambú, y dejar de pensar en materiales tradicionales como bloques o ladrillos para la mampostería, permitir ver al bambú, como una nueva oportunidad dentro de los materiales de construcción, que pueda ser utilizado en cada parte de una vivienda, desde la parte estructural, hasta la decorativa, y con excelentes resultados estéticos y mecánicos.

Esta investigación se encuentra dividida en cinco (5) capítulos claramente identificados como son:

CAPÍTULO I: aquí se presenta una descripción del tema de estudio, planteamiento del problema; los objetivos generales y específicos; hipótesis y la metodología a seguir.

CAPÍTULO II: hace referencia al Marco Teórico, el estado del arte, en donde se recogerán algunas de las investigaciones realizadas a nivel internacional, nacional y local, de paneles prefabricados y algunos datos de estudios y diseños ejecutados en éste material.

CAPÍTULO III: aquí se detallan algunas propuestas de paneles prefabricados, con el uso de diferentes materiales, hasta la determinación de la propuesta definitiva con materiales de reciclaje, y el uso de la guadúa en todos sus componentes, la solución a sus uniones.

CAPÍTULO IV: se realizan algunos ensayos en laboratorios con los tableros de guadúa, para confirmar su altísima resistencia.

CAPÍTULO V. conclusiones y recomendaciones de la presente investigación.

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los problemas más sobresalientes dentro de los parámetros analizados son:

- **Demanda de vivienda por crecimiento de población**

Las viviendas de bajo costo han sido un problema constante en varios países en vías de desarrollo, de manera especial el nuestro, siendo para el hombre una necesidad digna, que le proporcione seguridad a toda la familia, los principales centros urbanos crecen y se modernizan, pero los problemas de vivienda son cada vez más agravantes, de manera especial las orientadas a la gente más necesitada.

Como una alternativa para minimizar el problema de la habitación dentro de una política de vivienda adecuada y tratando de utilizar los recursos locales a través de soluciones ecológicas, el bambú, puede representar la solución a muchos de ellos.

- **Escasos sistemas constructivos alternativos**

A nivel nacional y local mayoritariamente se utilizan los sistemas constructivos tradicionales (ladrillo, bloque, hormigón y madera), siendo muy limitado lo que se ha aportado en la búsqueda de otras alternativas de construcción, de manera especial con el bambú.

En los sectores periféricos y rurales se evidencian algunas construcciones con el uso de la guadúa, pero su manejo se lo ha asociado con la miseria y la pobreza extrema, siendo su aplicación, mal vista en la arquitectura moderna.

- **Desconocimiento del manejo de la guadúa en el medio**

Uno de los problemas que se presentan en las construcciones de guadúa que se desarrollan en el medio, es cultural, por el simple hecho de considerarlo un material no tradicional, fruto del desconocimiento y por uso indebido, lo que hace que se lo vea como un material vetusto o de aspecto desagradable.

En los actuales momentos, dentro de la construcción, el uso exclusivo de la guadúa se da en andamiajes, por sus bondades estructurales, y chozas por su fácil obtención, sin embargo no se ha experimentado con un sistema constructivo alternativo en el bastimento de una vivienda.

En nuestro medio podríamos decir que los profesionales, los centros de formación universitaria, las empresas constructoras y comercializadoras, han avanzado muy poco y no se ha promovido la investigación científica, en la búsqueda de una opción de vivienda a base de un nuevo sistema constructivo alternativo de guadúa, por el desconocimiento absoluto de su manejo.

Otro de los problemas a resolver es también, el proporcionar un rendimiento adecuado ante la necesidad de mejorar la técnica constructiva para la producción en serie, debido a la escasez de viviendas que actualmente enfrenta el país.

1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

OBJETIVO GENERAL

Proponer un modelo de paneles prefabricados, que aporten a la construcción de viviendas dignas, estéticas y de bajo costo, mediante la utilización de uno de los materiales vegetales nativos del Ecuador, como es la Guadúa Angustifolia Kunt (GAK).

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Fundamentar y actualizar las bases teóricas acerca de la guadúa como material, y su estado del arte.

Proponer las técnicas de fabricación y construcción del panel (analizar su costo y su aplicación).

Probar alternativas de paneles, y seleccionar la mejor propuesta, bajo el mejor criterio.

Generar nuevos prototipos de uniones (entre tableros) que se puedan prefabricar, para la utilización técnica en el montaje y desmontaje rápido y fácil de los paneles, aplicado a la industrialización de la construcción.

Elaborar un modelo de vivienda con la aplicación del panel para la construcción en guadúa. Cuyo montaje y adaptabilidad será representado en modelo virtual.

1.4. MARCO DE REFERENCIA

La guadúa se ha venido desarrollando durante el siglo XX como una nueva alternativa para realizar construcciones ágiles, ecológicas y a bajo costo, muchos expertos han hablado de las potenciales virtudes de esta especie de gramínea, analizaremos algunos criterios.

En la parte ambiental se recuerda siempre las principales características de este material ya que ha sido generador de grandes Simposios, Seminarios, Foros, Talleres, recalando siempre su gran belleza paisajística, pero poco y nada se dice sobre la generación de empleo e ingresos continuos, definitivamente falta trabajarlo.

Se analiza varios ejemplos de viviendas con paneles prefabricados como la del Hogar de Cristo en la ciudad de Guayaquil, las empresas mexicanas Kaltia y Bambuterra, y las investigaciones de la Universidad del Estado de San Paulo (UNESP).

Los avances tecnológicos han permitido que el bambú sea convertido en madera dura o ingenierizada, cuyas características técnicas son mejores que la madera dura tropical, con una gran aceptación en el mercado, primero de productos importados (piso flotante, tableros, etc.), y actualmente con la producción local, que ha recibido un gran apoyo por parte de la empresa privada y pública, legalizando su introducción en el mercado.

Existen varios referentes a nivel mundial, pero sin duda los de mayor renombre resultan ser los colombianos Oscar Hidalgo y Simón Vélez, entre otros, de los que analizaremos de una manera rápida, su aporte a la presente investigación.

Así también se analiza lo que está pasando en nuestro país, debido a que se han ejecutado trabajos importantes como los de Jorge Morán Ubidia, Robinson Vega, Álvaro Valladares, Claudia Altamirano entre otros, bajo cuyas responsabilidades se han realizado trabajos

investigativos de muy buena factura por su belleza, ingenio y nuevos sistemas constructivos.

Se analiza uno de los problemas más complicados que tiene la guadúa, que son los diferentes tipos de uniones y sus avances tecnológicos, la presente investigación permitirá entender de mejor manera, el desarrollo del acople de los paneles.

1.5. HIPÓTESIS

Es viable que los paneles prefabricados de bambú, ofrezcan tanto las características físicas- técnicas, como las económicas necesarias para su uso en la construcción.

El manejo del panel prefabricado será versátil, pensando en la industrialización de la construcción.

Las uniones lograrán solucionar la disposición espacial entre:

- Dos paneles divisorios
- En marcos de puertas y ventanas,
- Unión estructura panel prefabricado,
- Entre panel y soleras superior e inferior.

1.6. METODOLOGÍA

La presente investigación está prevista para ser desarrollada en tres etapas.

La primera, es de revisión bibliográfica y su objetivo es fundamentar las bases teóricas acerca de la (GAK), evaluación del material como sistema constructivo. En ésta etapa se recopila la información existente proveniente de las fuentes bibliográficas, y de expertos en cada tema, luego se revisa, se analiza y se sacan conclusiones que permitan el avance de la propuesta.

La segunda etapa es la proposición, el objetivo es decidir y proponer los elementos componentes, de unión del sistema estructural o conexiones. En esta etapa se pre-dimensionan los elementos, el sistema y se elabora un modelo teórico, un prototipo para ser evaluados y, finalmente se desarrolla una maqueta virtual del proceso.

La tercera etapa es la evaluación, el objetivo es evaluar los elementos componentes y de unión del sistema y evaluar la eficiencia constructiva, estructural y los beneficios de la aplicación propuesta. En esta etapa, se calculan o ensayan (ensayos de laboratorio), su eficiencia, calidad y garantía estructural, comparándola con otros materiales que se utilizan en paredes divisorias, por la inexistencia de norma nacional e internacional.

También se evalúan los procesos planteados sobre la fabricación y la construcción del sistema y la relación entre el beneficio y la aplicación propuesta para el sistema.

Para la protección y la preservación de este material o adhesivos, acogeremos lo existente en el mercado para su evaluación; así como su aplicación en el proceso de construcción

Para el cumplimiento de estas etapas se ha planteado lo siguiente:

Realizar la investigación teórica en textos que especifiquen los avances de las investigaciones que se han logrado sobre la guadúa.

Investigar lo que se está haciendo, con paneles prefabricados a nivel nacional.

Analizar las diferentes tesis que han propuesto la utilización del bambú, el uso de uniones eficientes y que han realizado pruebas que corroboran la eficacia de sus métodos.

Visitas a diferentes centros y laboratorios de investigación y procesamiento de la guadua, tanto a nivel nacional, e internacional.

Se realizará una visita a Colombia a los centros de investigación, así como las fábricas y empresas que se pueda recomendar.

Llegar a la elaboración de un PROTOTIPO, de panel de guadúa, realizar sus respectivos análisis, consideraciones y conclusiones.

Realizar las pruebas necesarias del panel, en un laboratorio de la localidad, como es el de la Universidad Técnica particular de Loja.

Luego del análisis, se elaborará el informe respectivo con sus resultados, el que incluirá lo siguiente

- Texto prescriptivo
- Planteamiento de propuesta, descripción de proyecto.
- Esquema básico.
- Propuesta estructural del panel.
- Detalles constructivos.
- Maqueta virtual del proceso
- Conclusiones y recomendaciones.

2.1. ANTECEDENTES

Quando se habla de guadúa, sin que ésta permita algún tipo de confusión en el contexto de la presente investigación, indicaremos que la guadúa es un bambú, como lo indica (Londoño Pava, 2001) "...*Taxonómicamente, los bambusoideae son una familia de las gramíneas, tiene aproximadamente 87 géneros y más de 1250 especies en todo el mundo.*"..."*de las cuales casi la mitad pertenecen a América (41 géneros y 451 especies) que se extienden desde el sudoeste de los Estados Unidos hasta Chile*".

Bambooforest Botanically (Hinostrza, s.f), es una revista especializada en bambú, y ha clasificado al bambú como una hierba y no como un árbol, que su principal procedencia es Asia, África y América. Sin ningún tipo de discusión se reconoce que uno de los países pioneros en utilizar el bambú es la China. Pero escritores como Cruz Ríos, nos hablan que "*en América se podría catalogar como nativo de Ecuador, Colombia, Venezuela y Panamá*", con esto queremos aclarar que cuando hablamos de guadúa, nos estamos refiriendo al bambú y que su origen no se remonta exclusivamente al Continente Asiático, sino que en nuestra América y de manera especial en Ecuador, también tenemos muchas variedades de bambúes, algunos libros posicionan cerca de 280 (Cobo, 2008) variedades como nativas. (Cruz Ríos, s.f)

De la misma manera vale aclarar que el *bambú guadúa*, hace referencia a un solo tipo de guadúa que es la Guadúa Angustifolia Kunth (**GAK**), y sus variedades, las que han sido catalogadas como la de mejor calidad en el ámbito de la construcción por sus buenas características físico-mecánicas.

Desde el año de 1976 en Ecuador se ha tratado de normalizar el uso del Bambú, mediante la Norma GPE INEN 042, lo que en la actualidad correspondería al NEC-11, (2011. Cap. 17), en donde se norma la utilización de la GAK, principalmente en la construcción, además se realiza una amplia descripción de éste material, en todas las etapas

2. CAPÍTULO II (MARCO TEÓRICO)

TEMA: MODELO DE PANEL PREFABRICADO EN GUADÚA, APLICADO A LA INDUSTRIALIZACIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN, PARA DIVISIONES VERTICALES

de cultivo, desarrollo, corte, curado hasta su utilización en la construcción.

En el siguiente cuadro hacemos una descripción completa de este material.

CUADRO: 1 Guadúa Angustifolia Kunth (GAK):

GUADÚA			
Nombre común		Guadúa	
Nombre científico		Guadúa Angustifolia Kunth	
Familia		Gramíneas	
Tribu		Bambuseae Verae	
Subgénero		Bambusa	
Hábitat		0 msnm - 2200 msnm	
Precipitación		2,000 mm/año - 2,500 mm/año	
Humedad Relativa		75% - 85 %	
Desarrollo Óptimo	Altitud	9000 msnm	Estas propiedades son factores determinantes en la dimensión del diámetro y la altura de la guadúa Angustifolia Kunth.
		1600 msnm	
	Precipitación	2000 mm/año	
		2500 mm/año	
Formas	Guadúa Castilla		
	Guadúa Macana		
	Guadúa Cebolla		
Variedades	Guadúa Bicolor	Verde rayada y amarilla	
	Guadúa Negra	El gen determinante no se ha adquirido totalmente	

Fuente: OPTIMIZACIÓN DE ESTRUCTURAS EN GUADÚA, (Garzón, 1996)

Se ha determinado que la mayoría de las especies de bambú prefieren los hábitats húmedos de los bosques de altura y las zonas bajas de junglas tropicales, aunque algunas especies crecen en climas secos, nunca desérticos. Su máxima altitud de cultivo conocida se encuentra en los páramos a gran altura de los Andes ecuatoriales.

Esta planta de sección transversal hueca, cuyas paredes son de diámetro variable, lo que tiene mucho que ver con la variedad y las

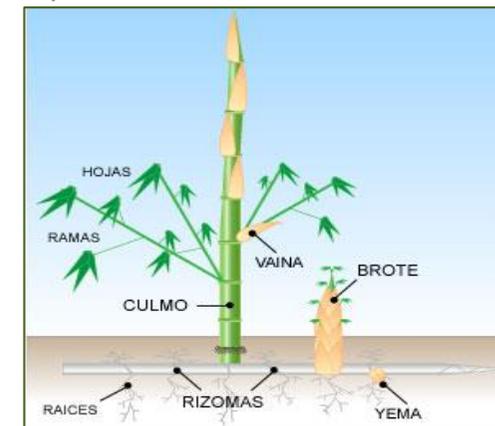
condiciones climáticas o de suelo, crece sin cambiar demasiado su diámetro de la base, que puede llegar hasta 25cm, alcanza su máxima altura entre 15 y 30m a los seis meses, crece a una velocidad sorprendente, en un solo día, es capaz de desarrollarse entre 20-30cm.

Por su extendida red de raíces que produce consecutivamente nuevos brotes, que muchos de ellos son visibles, ésta planta no necesita ser replantado después de la cosecha.

Figura: 1.- Imagen de los rizomas

Fuente:

https://www.google.com/search?q=rizomas+de+guadua&client=opera&biw=1093&bih=526&source=inms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKewjs6fX4-azLAhWLXR4KHQ4KCsQ_AUIBigB#tbm=isch&q=esquema+de+rizomas+de+guadua&imgsrc=OYb0We1kRHblyM%3A



Dentro de su gran aporte al medio ambiente, éste absorbe las partículas contaminantes presentes en la atmósfera convirtiéndolas en su alimento con la ayuda de la luz del sol, purificando de ésta manera el medio ambiente.

Si queremos hacer una comparación, un árbol de madera tropical, para ser aprovechado como generador de madera tarda más de 30 años, en el caso de teca, y otros hasta 80 años para cumplir ese objetivo, sin embargo la guadúa está lista de 3-5 años.

Según un estudio realizado por Hormilson Cruz Ríos (s.f., p.4) nos dice "...la madera ingenierizada de bambú producía anteriormente sólo maderas para interiores representada en paneles y pisos, pero ahora a través de impresionantes descubrimientos tecnológicos permite producir madera dura de bambú con densidades de más de

1118 kg/m³, y con tal resistencia y durabilidad que en la mayoría de los casos es mejor que las maderas duras obtenidas de los árboles tropicales. La madera dura de bambú posee más densidad que la teca, la cual al 12% de humedad es de 680kg/m³...”

Este capítulo recoge toda la información bibliográfica necesaria, del estado del arte de la guadúa, en sus diferentes fases de construcción, información que nos permitirá proponer nuevas alternativas en el uso de los tableros.

Pero principalmente nos familiarizaremos con los conceptos básicos que es necesario conocer.



2.2. CONCEPTOS BÁSICOS:

Dentro del NEC-11, CAPÍTULO 17 (UTILIZACIÓN DE LA GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH EN LA CONSTRUCCIÓN), y otros textos que forman parte de la amplia bibliografía consultada y citada en los diferentes capítulos del presente trabajo, encontramos una serie de términos que nos permiten entender de mejor manera la investigación.

La Guadua al ser un material **anisotrópico**, trabaja mejor en su sentido longitudinal que en el transversal.

GUADÚA ANGUSTIFOLIA: especie vegetal que pertenece a la familia de las gramíneas (pasto), originaria de Asia, América y Oceanía.

GAK: Iniciales de Guadua Angustifolia Kunth.

GUADUALES: cultivo de guadua

INMUNIZACIÓN: procedimiento generalmente químico que se realiza para que la guadua sea menos propensa al ataque de insectos, la humedad y el sol.

CURADO: procedimiento no químico que permite sellar los culmos y prevenir la entrada de insectos y hongos.

RESINA: sustancia sólida o de consistencia viscosa y pegajosa que fluye de ciertas plantas. Es soluble en alcohol, se utiliza en la fabricación de plásticos, gomas y lacas y en el curado de maderas y materiales vegetales.

PVC: Cloruro de Polivinilo (PVC) es un polímero de cloruro de vinilo que se emplea para la fabricación de diversos productos plásticos.

Existe una amplia gama de productos de PVC, desde equipos médicos como tubos y bolsas para sangre, hasta calzado, cables eléctricos, embalajes, productos de papelería y juguetes. Al PVC se le añaden aditivos, como los plastificantes, para modificar sus propiedades físicas.

ESFUERZO ADMISIBLE: Son los esfuerzos máximos que puede resistir una estructura de acuerdo al material del que esté construida.

FLEXIÓN: es el tipo de deformación que presenta un elemento estructural alargado en una dirección perpendicular a su eje longitudinal. Un caso típico son las vigas, las que están diseñadas para trabajar, principalmente, por flexión.

TRACCIÓN: es el esfuerzo a que está sometido un cuerpo por la aplicación de dos fuerzas que actúan en sentido opuesto, y tienden a estirarlo.

COMPRESIÓN: es el esfuerzo a que está sometido un cuerpo por la aplicación de dos fuerzas que actúan en sentido opuesto, y tienden a acortar al elemento.

CARGA: cantidad de peso que se ejerce sobre un elemento.

RESISTENCIA: capacidad de un material de soportar la rotura.

MORTERO: mezcla de cemento, arena y agua.

CERCHAS: estructuras reticuladas formadas por piezas, trabajando unas a tracción y otras a compresión. Soportan cargas considerables con poco peso propio. El concepto de triangulación casi siempre está presente.



CULMO: Parte aérea del bambú, segmentado y formado por nudos y entrenudos.

CEPA: parte comprendida hasta los 2 m del culmo.

BASA: parte comprendida hasta los 6m del culmo.

BASAL: Parte inferior de la planta de bambú.

SOBRE BASA: parte comprendida después de los 12 m del culmo.

COPA: parte más alta del culmo.

VARILLÓN: parte comprendida entre hasta los 2 m del culmo.

SOSTENIBILIDAD: proceso de construcción de un edificio que ahorre consumo de recursos.

MEDIANAS LUCES: construcciones que tienen una luz entre 15 y 40m.

GRANDES LUCES: construcciones que tienen una luz de más de 40m.

RIZOMAS: un culmo subterráneo o parte del culmo con nudos y entrenudos, presenta raicillas y hojas en forma de escama en los nudos; consiste del cuello y del propio rizoma.

LAMINADOS: proceso en el que se unen varias láminas de guadua para formar una más consistente.

FTALATOS: sustancias utilizadas como plastificantes que se encuentran en todos los productos blandos o elásticos, como envases, mangueras.

UNIÓN: Acción y resultado de unir o unirse. Punto en el que se unen varias cosas:

BASES UNIONES: Todas las uniones de una estructura deben proyectarse de forma que le permitan conseguir a la misma el proyectado nivel de seguridad, buen comportamiento en servicio y durabilidad, y deben ser capaces de resistir al menos los esfuerzos previstos para ellas en el análisis global de la estructura.

TRANSMISIÓN DE ESFUERZOS EN UNIONES: La disposición de cada unión se estudiará para que, con el menor número posible de elementos, los esfuerzos existentes se transmitan en las condiciones más correctas que puedan lograrse y de forma que se reduzcan al mínimo los esfuerzos secundarios.

UNIONES CON CUERDAS: con cuerdas, con un pasador o formando una caja que se llama Uniones atornilladas: Utilización de tornillos y tuercas en uniones

UNIONES EN FORMA DE SUJETADORES METÁLICOS: Estas uniones se utilizan sujetadores metálicos, con ayudas de tornillos, para graduar la dimensión al elemento que se sujeta

NUDOS DE ESTRUCTURAS TRIANGULADAS: En el caso de estructuras trianguladas, se facilita el cumplimiento de la condición anterior cuando los ejes de las barras a unir en un nudo coinciden en un punto y cuando el ángulo formado por barras contiguas está comprendido entre 30° y 150°.

EMPALMES: Se denominan empalmes a las uniones en prolongación de barras o perfiles de la misma o de muy parecida sección.



UNIONES TRADICIONALES. Se trabajan desde hace mucho tiempo en viviendas tradicionales y viviendas.

UNIONES MÁS UTILIZADAS. Unión de Simón Vélez, Renzo Piano y Christoph Tönges.

UNIONES NUEVAS EN ANDAMIOS. Uniones mecánicas con metales en andamios asiáticos para la construcción.

UNIONES NUEVAS. Unión de Shoi Yoh, Camilo Muños, estudiantes UNC sede Medellín.

UNIONES HÍBRIDAS: Se denominan uniones híbridas a aquellas en que dos o más medios de unión distintos, soldadura, roblones o tornillos, colaboran para transmitir un determinado esfuerzo entre dos piezas distintas.

UNIONES CON BULONES: Lo dispuesto en el presente artículo es aplicable a uniones en las que es preciso que los bulones permitan libremente el giro relativo entre las piezas que unen. En el caso que no sea preciso permitir dicho giro, la unión se calculará como una unión atornillada con un solo tornillo.

UNIONES SOLDADAS: Se utilizan para producir moldes ya sean para sujetar o dar una inclinación a la estructura.

JUNTA: Una junta es una conexión entre dos o más elementos estructurales de bambú.

NUDO: Un nudo es el lugar en una caña de bambú donde brotan las ramas y donde un diafragma está dentro de la caña.

A FLOR DE AGUA: Parte de un extremo del culmo no está sumergida.

ALMACENAMIENTO: Procedimiento para guardar los culmos maduros, secos y preservados.

ABRASIVOS: Producto sólido o líquido que desgasta una superficie.

APEO: Acción mediante la cual se provoca la caída de un culmo.

ASPECTOS MORFOLÓGICOS: Aspectos visuales determinantes por la forma, el color y otros detalles.

BIÓTICOS: Que tienen vida.

BOUCHERIE: Sistema de preservación por presión.

BOQUILLAS DE CAUCHO: Artefactos plásticos en forma de conos que se ajustan en los extremos de los culmos para evitar la pérdida de presión.

CABALLETE: Vara de bambú apoyada a determinada altura.

CH: % de contenido de humedad.

CONICIDAD: Diferencial de diámetros entre la parte inferior y superior de un culmo.

DIAFRAGMAS INTERIORES: Tabiques o membranas interiores del culmo y ubicados a la altura de cada nudo.

ENDÉMICO: Propio, nativo u originario de un lugar.

EPIDERMIS: Piel o parte externa del culmo.

HIDRO SOLUBLES: Productos que pueden ser disueltos en agua.

SECADO: Proceso para disminuir la humedad del material.

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

SISTEMA RADICULAR: Raíces o rizomas.

HORCÓN U HORQUETA: Vara de madera con un extremo en forma de V.

TERMO SIFÓNICO: Efecto mediante el cual el aire caliente asciende por su baja densidad, mientras que, el aire frío es succionado.

INGESTA: Haber ingerido.

TIERNO: Se refiere a un bambú que no ha llegado a su estado de madurez.

LÍQUENES: Organismos productos de una simbiosis entre un hongo y una alga. No afectan los culmos y son fácilmente desprendibles. En forma de motas blanquecinas aparecen en la epidermis de culmos maduros.

TOCÓN: Porción inferior de un tronco de árbol o de un culmo, que queda luego ser seccionado.

MADURO: Se dice del bambú listo para ser usado en construcción.

XILÓFAGOS: Insectos que se alimentan de madera.

OLEO SOLUBLES: Producto que puede ser disuelto en aceite.

LATILLAS: Secciones longitudinales de 2 a 4 cm de ancho que se extraen de un culmo.

PARRILLAS: Colocación de culmos por filas, alternado los dos sentidos.

PRESERVACIÓN NATURAL: Procedimiento de preservación sin químicos.

PRESERVACIÓN QUÍMICA: Procedimiento de preservación con químicos.

PASADO: Se refiere a un bambú que ha pasado la edad de aprovechamiento.

RUMAS: Apilamiento de culmos en forma horizontal.

2.3. LA GUADÚA Y LA CONSERVACIÓN DEL PLANETA

La sostenibilidad de los recursos naturales, que es un tema de análisis mundial, ha hecho que se la vea a la guadúa como un gran recurso renovable por su gran riqueza estructural y artística y que ha formado parte de múltiples procesos constructivos, que poco a poco han ido ganando espacio dentro de la construcción.

Gracias al complejo sistema de entretejido de sus raíces y a su capacidad de nivelar la cantidad de agua en el suelo, la guadua puede ayudar a controlar el desbordamiento de ríos y quebradas, así mismo almacena una gran cantidad de agua en las cuencas hidrográficas impidiendo la erosión del suelo.

Muchas campañas se están realizando por parte de instituciones públicas y privadas para reforestar, áreas deleznable, ya que por sus características logra atraer el agua a la superficie, y su rápido crecimiento otorga un hogar perfecto a innumerables especies como aves, mamíferos pequeños e insectos.

La guadúa presenta grandes alternativas y estas se deben analizar desde algunos puntos de vista como: ambientales, sociales, económicas e industriales.

2.3.1. EN LO AMBIENTAL

El bambú se quiera o no, en los actuales momentos se ha puesto de moda como un recurso verde, sustentable, sostenible, que se utiliza para todo, desde adornos, mobiliario, ropa, comida, bebida, pisos y estructuras en general dentro del ámbito de la construcción.

(CASA BIOCLIMÁTICA, 2011) *“La captura de CO2 es un desafío tecnológico y económico cuando hablamos de medio ambiente. Una*

de las soluciones para paliar este problema es el bambú, que se presenta como una alternativa sostenible y natural.

Durante toda la vida del bambú, no más de 6 años, esta planta puede llegar a absorber hasta un 45% de su composición de CO2”, luego agrega:

La industrialización del bambú es bastante sencilla, por lo que implica una emisión de carbono limitada, de modo que la emisión de carbono debida a la industrialización y transporte de nuestros productos de bambú es compensado por su importante y rápida absorción de CO2”.

Entonces si tenemos conocimiento de las ventajas que tiene la guadúa sobre otros materiales, que son ecosistemas renovables y de fácil reproducción, pero que no han sido explotado de forma eficiente, definitivamente la respuesta podría estar en la falta de incentivos a sus productores, una deficiente tecnología, ya que las máquinas aún son tomadas de la industria maderera, y no se han adaptado a las condiciones físicas de la guadúa, que permitan la producción de elementos en guadua de forma masiva, o muy poco interés de las constructoras de promover el material.

2.3.2. EN LO SOCIAL

En los actuales momentos existe un desconocimiento absoluto de las bondades del bambú, por parte de la gente del campo, que son pequeños medianos y grandes productores del bambú, no encuentran la utilidad o el fin para el que se podría cortar, lo que hace que éste material se siga manteniendo en el bosque como una mancha agradable. De ésta manera nunca verán al bambú como una alternativa generadora de riqueza.

Se podrá incluir a la población, siempre y cuando existan grandes proyectos en donde involucre mano de obra permanente, generando de ésta manera una gran cantidad de divisas, y sobre todo un elevado

nivel de vida de la población del campo quienes tendrán trabajo e ingresos permanentes.

2.3.3. EN LO ECONÓMICO

Se podría decir que son las plantaciones comerciales las que se rigen bajo conceptos económicos, las que generan la suficiente materia prima en forma rápida, segura y fluida para la industria, es la que pondrá al bambú en su verdadera dimensión.

Con esto quiero decir, que el aspecto económico será relevante siempre y cuando una empresa tenga una continua producción de bambú durante todos los años de su existencia, sin el miedo a quedarse desabastecida, sólo de esta manera se podrá ver al bambú con respeto y admiración.

2.3.4. EN LO INDUSTRIAL

Esta industria se ha desarrollado especialmente en países asiáticos como Filipinas, China, India e Indonesia, con otras realidades constructivas, uso de tecnología de punta, dentro de un constante desarrollo de sistemas constructivos, últimamente esta creciente industria ha llegado a países de Latinoamérica como Colombia, Ecuador, Costa Rica y otros, en donde se ha utilizado (GAK) y la tecnología traída de países de Asia (Burneo, 2001).

Nuestro país, de a poco ha comenzado a introducir la industria del bambú, con el montaje de algunas fábricas para la producción de madera ingenierizada del mismo.

La siembra de bambú guadúa, puede ser un cultivo o producto importante para la sociedad siempre y cuando la producción sea masiva, para una industria continua de productos, que implique un visible cambio de bienestar ambiental, social y económico.

2.4. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA GUADÚA EN LA CONSTRUCCIÓN

Todo material utilizado en la construcción, sin excepción, sea natural o producto elaborado por el hombre, tiene ventajas y desventajas, cualidades y defectos, que si no se toman en cuenta al utilizarlos, pueden convertirse en serios problemas de mantenimiento, que en muchas ocasiones obligan a su reparación y hasta a su reemplazo.

Mucho se ha escrito de las ventajas y desventajas de la guadúa, variados autores y artículos han transcrito sus principales características manifiestas de éste material.

Ventajas

Entre las ventajas que presenta la guadúa, merecen citarse las siguientes: (PECHA ROBAYO, 2013)

- Tiene extraordinarias características físicas, permitiendo su empleo en todo tipo de miembros estructurales.
- Su sección circular, generalmente hueca, la hace más liviana, fácil de transportar y almacenar, permitiendo la construcción rápida de estructuras temporales o permanentes.
- En cada nudo existe un tabique o septo transversal que, a la vez que le da mayor rigidez y elasticidad, evita su ruptura al curvarse. Por eso es apropiada para estructuras antisísmicas.
- No tiene corteza o partes que se consideren desperdicios.
- Además de su uso como elemento estructural, tiene otros usos, como tuberías de agua y líquidos para drenajes, para muebles, vallados y alambradas, postería, puentes, cerramientos, etc.
- Puede combinarse con otros materiales de construcción tales como: madera, concreto, zinc, celusosa-cemento, barro, etc.
- Continúa siendo el material de más bajo precio.

- Es de más alto rendimiento en crecimiento y propagación que la madera.
- Su manejo es sencillo y no requiere especialistas.
- De ella pueden obtenerse materiales para: mallas estructurales, esterillas, parquet, contrachapados, y de manera especial las latillas para tableros prefabricados, etc.

Desventajas.- Como desventajas, deben citarse las siguientes:

- La humedad constante la pudre, si no se protege.
- Debe mantenerse en lo seco. A pesar de que la (GAK), es una de las especies más resistentes al ataque de insectos, principalmente del *Dinoderus minutus*- deben tomarse precauciones en su selección, tiempo de Corte y de seccionamiento; su curado y secado deben realizarse inmediatamente después del seccionamiento, con el fin de preservarlo de dichos ataques y para asegurar una mayor duración.
- Es muy combustible cuando está seca, por lo que debe protegerse del fuego.
- Al envejecer, pierde resistencia, si no se la trata adecuadamente.
- Se contrae al secarse, cuando se utiliza como refuerzo estructural del concreto, por lo que deben tomarse las precauciones del caso.
- Las uniones de miembros estructurales deben ser reforzadas cuando se utilizan los mismos tipos de unión de la madera. Se recomienda, por lo tanto, usar su propia carpintería.
- Los entrenudos se aplastan ante fuertes compresiones puntuales, por lo que las tensiones no deben ejercerse en el entrenudo sin antes haber rellenado dicho entrenudo con un cilindro de madera; con un trozo de guadúa, de menor diámetro o con una mezcla licuada de cemento, arena y agua.
- Tiene la tendencia a rajarse si se utilizan clavos gruesos.
- No tiene diámetro constante en toda la longitud del tallo ni espesor constante en las paredes de los entrenudos, por lo que debe hacerse una selección y colocación cuidadosa de las piezas cuando son utilizadas, por ejemplo, como viguetas de pisos o como parantes en las paredes.

2.5. EL BAMBÚ COMO MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN

Varias investigaciones se han realizado sobre el comportamiento estructural de la guadúa, ya que ésta tiene una relación de resistencia/peso que se equipara con algunas maderas y supera a otras, tiene un excelente comportamiento a la flexión y a la tracción, por lo que puede ser usada en estructuras de medianas y grandes luces.

(Takeuchi, 2014) Para Caori *“Los trabajos contemplan el estudio del comportamiento estructural de vigas, columnas, armaduras, pórticos y conexiones de guadua rolliza, también, su caracterización mecánica para validarla como material estructural para el diseño por esfuerzos admisibles.*

Se han desarrollado amplios programas experimentales para determinar las propiedades mecánicas de la guadua laminada y de la fibra de guadua compactada”

En la Bioarquitectura el bambú constituye una alternativa eficaz a la madera tradicional, es más ligero que el hormigón, además de ser flexible, y estéticamente agradable.

2.6. EL BAMBÚ EN ECUADOR

Existen pioneros en la utilización e industrialización del bambú en la construcción, Carlos Madrid, es un asesor indiscutible en el tema, para quien, *“El sistema constructivo con paneles prefabricados de bambú es una solución para la problemática actual de la vivienda. Además de tener un precio relativamente cómodo, estos paneles pueden usarse como divisiones para exteriores e interiores”*.

(Douglas Dreher, 1991) Según éste arquitecto *“En 1984, se inició una nueva etapa de experiencias en el Ecuador con el programa de 12 viviendas para zapateros en la Floresta II, a cargo del Arquitecto colombiano Oscar Hidalgo López”*.

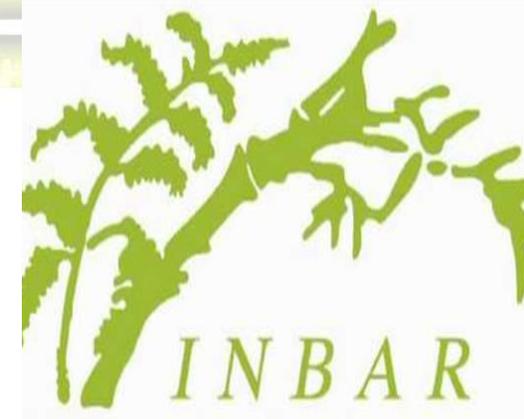
Y continúa describiendo *“las paredes de estas viviendas eran de estructura de caña rolliza, y recubiertas de caña picada, formando paneles auto portante, amarrados entre sí y a la cimentación; recubierto con mortero de arena - cemento, obteniendo como resultado final, viviendas con un buen aspecto estético y confort.....”*.

“....Algunas variantes han sido introducidas al sistema, como la estructura de madera de los paneles; la utilización de sobre-cimientos (barrera contra la humedad), así como también métodos de amarre entre paneles, varios tipos de cimentación, de cubierta, etc....”

(INBAR-LAC, 2014) *“La Red Internacional del Bambú y Ratán – INBAR , es una organización intergubernamental dedicada a aumentar los beneficios sociales, económicos y ambientales del bambú y el ratán, agrupa a gobiernos, empresas privadas y organizaciones de la sociedad civil de más de 50 países para definir e implementar una agenda global para el desarrollo sostenible basada en el bambú y el ratán.*

Figura: 2.- Logotipo de INBAR

Fuente: Web: Inbar Bambú



En nuestro país se está trabajando de una manera muy intensa alrededor del bambú, estos trabajos han sido impulsados por la Red Internacional del Bambú y Ratán **INBAR**, y una plataforma público-privada, en el marco de “Desarrollo Económico y Adaptación al cambio Climático (INBAR, s.f)” dentro del programa *“Ecuador produce bambú”*.

Desde su creación en 1997 ha incorporado a un número creciente de países miembros. La oficina central está en Beijing (China) y las oficinas regionales en Etiopía, Ghana la India y Ecuador.....”

Últimamente se ha notado un crecimiento en el uso del bambú por parte de un grupo importante de profesionales ingenieros, arquitectos y constructores empíricos, quienes han reconocido las cualidades del llamado acero vegetal y lo han aprovechado en la construcción de viviendas, hosterías, bares, restaurantes, pero también se ha incursionado en la industria de pisos, vigas, adornos entre otros productos procesados, porque casi todos los productos de bambú vendidos aquí llegaban desde el extranjero.

Figura 3.- Imagen de Jorge Morán Ubidia

Fuente: <http://www.brmagazine.com.ec/jorge-moran-ubidia/>



Uno de los arquitectos que más ha aportado en la investigación del Bambú en Ecuador es el **Arq. Jorge Morán Ubidia**, nacido en Guayaquil, Arquitecto de la Universidad Católica Santiago de Guayaquil. Investigador y catedrático consultor, conferencista y autor de varias publicaciones.

Quizá su mayor obra es haber construido y dejado en funcionamiento el Centro de documentación del bambú que ha sido **NOMINADO** en la categoría **Proyecto Arquitectónico Verde**, (Revista El Agro, 2013) *“..diseñado y construido por los Arq. Jorge Morán Ubidia y Arq. Robinson Vega Jaramillo, quienes acreditan su larga experiencia del estudio del bambú y construcción..”*, y principalmente en la investigación de tableros de bambú, de los cuales hablaremos más adelante.

La Facultad de Arquitectura y Diseño de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil (UCSG) inauguró el edificio donde funcionará el primer **Centro de Documentación de Bambú en Latinoamérica**.

(Revista El Agro, 2013) *“..Este Centro de Documentación de Bambú recibirá el fondo bibliográfico acerca del bambú que ha sido recopilado y conservado por el Arq. Morán, además se ha incrementado con las donaciones de la Red Internacional del Bambú y del Ratán (INBAR)”*.

Figura 4.- Imagen del “CENTRO DE DOCUMENTACIÓN DEL BAMBÚ”



Fuente: el autor

Esta entidad tiene como objetivo, ser el medio de exposición de los productos conseguidos en el Proyecto de investigación de Ecomateriales, que está financiado por la SENESCYT y la Universidad Católica. De esta manera en su interior se exponen tableros para paredes, pisos y elementos estructurales, por primera vez usados en Ecuador y América.

Materiales que se combinan con el uso tradicional de la guadúa rolliza, bambú propio de nuestra tierra y usado en la edificación mediante innovaciones de nuevas y modernas tecnologías.

Otro de los referentes es el **Arq. Robinson Vega Jaramillo**, dedicado al diseño y construcción en caña guadúa desde hace más de 12 años. Sus trabajos se pueden observar en el Parque Histórico Guayaquil, en la Plaza de las Artes y Oficios, entre otros lugares.

(ECUADOR, 2014) "... Actualmente es Director de la Unidad Académica y de Investigación Ecomateriales, de la Facultad de Arquitectura de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, cuyo principal objetivo es la investigación en nuevos ecomateriales para la construcción de vivienda social, basados principalmente en fibras naturales y caña guadúa. Es socio activo de la Consultora Aldea 77..."

Figura 5.- Imagen de "Centro de Interpretación de la Reserva Ecológica Manglares CHurute"



Fuente: <http://www.haremoshistoria.net/invitados/robinson-vega-jaramillo-arquitecto>

Daniela Loaiza de Ojeda (Ecuadoracolors, 2011), arquitecta chilena radicada en Ecuador, en su grupo de trabajo intervienen Jorge Morán y Robinson Vega, quienes han realizado algunas obras entre las que sobresalen: La Discoteca nativa Bambú, inaugurada a inicios del 2009 en la comuna de Montañita, ubicada en la Ruta del Sol, en la provincia de Santa Elena, fue distinguida recientemente por la Municipalidad del cantón Santa Elena con una mención de honor en el orden urbanístico por su imponente arquitectura elaborada a base de material sostenible como es el bambú.

Figura 6.- Imagen de la "DISCOTECA NATIVA DEL BAMBÚ"



Fuente:

<https://www.google.com/maps/uv?hl=es&pb=!1s0x902dd4c2a7433f77:0x7a10cd3651866205!2m5!2m2!1i80!2i80!3m1!2i100!3m1!7e1!4s//plus.google.com/photos/photo/101966047879094251579/6122393675233611954!5sdiscoteca+nativa+bambu+montañita+-+Buscar+con+Google&sa=X&ved=0ahUKEwiK97Gylq3LAhWFFj4KHcwfAQEQoihQEWdQ>

"...Hoy en día la arquitectura cambió, construir con bambú agrega valor a edificaciones como Nativa Bambú, además para la comunidad, es un paso muy importante porque está reflejando un crecimiento moderno a nivel internacional...", fueron las palabras de la arquitecta Daniela Loaiza, (2007).

Sostiene que lo que hace la diferencia en Nativa Bambú es su infraestructura diseñada con una arquitectura vanguardista que respeta el medio ambiente fusionándola con la tecnología actual "Ya no es necesario construir sólo con los elementos tradicionales, hoy el bambú se integra como un elemento innovador por sus beneficios: Durable, Resistente y Ecológico" (Loaiza, 2007).

Sus principales obras construidas con bambú son: Diseño Salón Multiusos del Museo Amantes de Sumpa en Salinas; Diseño Iglesia Monte Sinaí en Guayaquil; Diseño y Construcción de Nativa Bambú en Montañita; Diseño y Construcción Paradero Turístico en Cauchiche, Puna; Diseño y Construcción de Estaciones de Reciclajes Pica en Ruta del Sol; Diseño y Construcciones efímeras para FIDES 2007; Diseño y Construcción de infraestructuras turística campestre en Mundo San Rafael, Bucay; entre otros proyectos.

Las hermanas ecuatorianas de raíces colombianas **Arqs. Macarena y Sofía Chiriboga**, actualmente han incursionado con proyectos innovadores en bambú.

(Proaño, 2014) "...A fin de culminar su investigación respecto al bambú, Macarena viajó a Bali en donde le recomendaron visitar el Green School, una escuela edificada en base a este material, en la cual la educación se rige por principios medioambientales. Fue ahí que conoció a John Hardy el creador de aquel sistema educativo.."

Luego Hardy le propuso trabajar con él y surgieron proyectos como: SUARGA SUSTAINABLE BOUTIQUE RESORT PADANG PADANG, BALI, colaboró en el GREEN VILLAGE UBUD, BALI, HOTEL

BOUTIQUE PAIS TROPICAL PACHIJAL, ECUADOR, REPÚBLICA DEL CACAO ECUADOR, PERÚ Y COLOMBIA

Figura: 7.- Imagen del "Green Village Ubud de Bali"



Fuente: <http://www.haremoshistoria.net/uploads/1/9/9/7/19978207/865533123.jpg>

Tenemos otros referentes como el **Arq. Miguel Camino**, de Manta, con la estación del cuerpo de bomberos de Manta; **Arq. Martha Toro B y Gustavo Ayora**, con el Complejo Turístico Hillary, y muchas otras personas que día a día se suman en el estudio de éste noble material.

2.7. TABLEROS CON BAMBÚ

Dentro de éste importante tema, se realiza un análisis de algunos productos prefabricados que se han experimentado y se utilizan en el mercado de la construcción de la guadúa, los que nos permitirán tener una idea clara de lo que debemos proponer de acuerdo a la realidad, local.

2.7.1. TABLEROS PREFABRICADOS CON ECOMATERIALES

Los profesionales de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, han incursionado en la experimentación de tableros prefabricados, al frente de esta investigación como director del proyecto está el Arq. Jorge Morán Ubidia, para quien el trabajar en bambú no es una actividad nueva, ya que comenzó en el año de 1981, ha sido catedrático por más de 40 años en esta Universidad.

(Altamirano & Cueva , 2011) En ésta Tesis de pregrado, se realiza una investigación de los tableros, que manifiesta: *“..Un grupo conformado por miembros de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, asesorado por la Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL), se han unido para crear el proyecto “Planta Piloto de Investigación, Producción y Transferencia Tecnológica en Uso de Ecomateriales Innovadores para la Construcción de Viviendas de Bajo Costo”. En este proyecto uno de los materiales principales estudiados y empleados en sus prácticas han sido tableros prensados de caña guadúa ”.*

A decir del Arq. Morán, según estos mismos investigadores, *“..el motivo que impulsó al desarrollo de un estudio de esta magnitud fue el creciente interés por parte de la población de trabajar con “materiales de construcción viables, tanto en aspecto ecológico como económico”. De esa manera, fueron apareciendo materiales como la caña guadúa, como “resultados de diseños que cumplen, entre otras*

condiciones, ser recursos de una región o localidad, que al ser explotados y transformados adecuadamente, se convierten en productos con condiciones de calidad, eficiencia y menor afectación al ambiente”.

Pero que son los ecomateriales, pues la respuesta la tomamos de sus creadores y afirma: (SENESCYT, 2013) *“..Materiales de construcción: viable, tanto en el aspecto ecológico como en el económico y resultados de diseños que cumplan las siguientes condiciones: Ser recursos de una región o localidad, que al ser explotados y transformados racionalmente, posean condiciones de calidad y eficiencia, con menor afectación al ambiente. También pueden ser resultado del reciclaje de materiales”.*

Esta Planta Piloto de investigación, se encuentra ubicada en la ciudad de Guayaquil, acondicionada con maquinaria de última tecnología para el trabajo y pruebas de laboratorio que facilitan la investigación.

En la investigación son 4 Tipos de Tableros, los que se han experimentado (Altamirano & Cueva , 2011):

2.7.1.1. ECUBAM (Tablero estructural: 1.22 m x 2.44m. Esp. 2 a 3,5 cm)

(Ecomateriales, 2012): De acuerdo a la fuente consultada éste término proviene de dos palabras: *“..Ecu de Ecuador y Bam de Bambú, formado a partir de la caña picada. La idea de hacer tableros parte de unir mediante pegamentos, dos o más secciones de “cañas picadas” que luego de ser sometida a presión dan como resultado tableros rígidos, resistentes para ser usados de diferentes maneras”.*

Las secciones de caña picada o esterillas se unen para dimensionar el tablero, a manera de traba, cada una de éstas son encolados a la otra y finalmente introducidos en la prensa caliente para su proceso

final. Posteriormente son extraídos, escuadrados y de ser el caso, lijados o pulidos.

2.7.1.2. PLASBAM (Tablero estructural: 1.22 m x 2.44m. Esp. 2 a 3,5 cm)

Los usos que se les da a los tableros por su gran resistencia, son los siguientes:

- Entrepisos,
- Tabiques exteriores. e interiores.
- Puertas,
- Muebles,
- Componentes estructurales

Figura 8.- Imagen del “Tablero EcuBam”

Figura 9.- Imagen del “Tablero EcuBam estándar”



Fuente: Figura 8: <http://www.ecomateriaeharemoshistoria.net/uploads/1/9/9/7/19978207/865533123.jpg>

Fuente: Figura 9: http://www.iner.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/05/11_UCSG_Eco-materiales-para-la-construcción_Jorge_Moran.pdf

(Ecomateriales, 2012). Se origina de dos palabras **Plas** de Aplastar y **Bam** de Bambú. Se origina del aplastamiento de las medias cañas, para lograr segmentos longitudinales, sin que se separen.

Figura 10.- Imagen del “Tablero PlasBam”

Figura 11.- Imagen del “Tablero PlasBam estándar”



Fuente: Figura 8: <http://www.ecomateriaeharemoshistoria.net/uploads/1/9/9/7/19978207/865533123.jpg>

Fuente: Figura 9: http://www.iner.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/05/11_UCSG_Eco-materiales-para-la-construcción_Jorge_Moran.pdf

El machete o un equipo mecánico, permite abrir una caña entera, en dos medias cañas. Sin embargo la extracción de las porciones de caña representa dificultad por la existencia de nudos internos. Para ello se diseñó una nueva herramienta denominada “saca nudos” y el diseño de otra herramienta que permita acelerar la extracción de esos nudos, además de la parte interna o tripa.

Estas medias cañas limpias y aplastadas son sometidas a preservación y secado, luego son aplastadas y ordenadas, se ubican para el dimensionamiento del tablero, se encolan y prensan. Finalmente, el tablero se escuadra y lija.

Pueden ser usadas en:

- Entrepisos,
- Tabiques exteriores. e interiores.
- Puertas,
- Muebles,
- Elementos estructurales
- Recubrimientos decorativos.

2.7.1.3. ESTERBAM (Tablero ligero: 1.22 m x 2.44m. Esp. 1 a 1.5 cm)

(Ecomateriales, 2012): Al igual que las anteriores su nombre se origina de dos palabras: **Ester** de estera y **Bam** de Bambú. Está formado por cintas de 0,1 milímetros de espesor y 10 milímetros de ancho.

Dichas cintas son tejidas hasta formar una estera, la idea principal del tablero es pegar entre sí dos o más esteras tejidas con cintas tejidas de guadúa, se encolan las piezas y se prensan.

Figura: 12.- Imagen del “Tablero EsterBam”

Figura: 13.- Imagen del “Tablero EsterBam estándar”



Fuente: Figura 8: <http://www.ecomateriaeharemoshistoria.net/uploads/1/9/9/7/19978207/865533123.jpg>

Fuente: Figura 9: http://www.iner.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/05/11_UCSG_Ecomateriales-para-la-construcción_Jorge_Moran.pdf

Pueden ser usadas en:

- Cielos rasos,
- Componentes de puertas,
- Muebles,
- Paneles decorativos y
- Elementos estructurales.

2.7.1.4. TRIPBAM (Tablero ligero: 1.22 m x 2.44m. Esp. 1 a 1.5 cm)

(Ecomateriales, 2012): Este nombre deriva de dos palabras: **Trip** de tripa y **Bam** de Bambú. Surgen de la tripa o cara interior de la caña. Es un claro ejemplo de usar el 100% del material, pues bajo otras circunstancias el interior de la caña hubiese sido desechado.

Está constituido de una sola capa y para formararlo se procede de igual manera que en los tableros anteriores.

momento se establecen soluciones para las uniones o conexiones de los tableros, de acuerdo al uso que se oferta.

Sus usos se limitan en:

- Cielos rasos,
- Componentes de puertas,
- Recubrimientos de Muebles,
- Tableros decorativos y
- Convertirse en ocasiones en la capa intermedia de los tableros anteriores.

Figura: 14.- Imagen del "Tablero TripBam"

Figura: 15.- Imagen del "Tablero TripBam estándar"



Fuente: Figura 8: <http://www.ecomateriaeharemoshistoria.net/uploads/1/9/9/7/19978207/865533123.jpg>

Fuente: Figura 9: http://www.iner.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/05/11_UCSG_Eco-materiales-para-la-construcción_Jorge_Moran.pdf

Todos estos tableros se exponen como los logros alcanzados dentro de las investigaciones, en cada seminario o simposio en la cual es invitada la Universidad Católica de Guayaquil, aunque en ningún

2.7.1.5. OTROS ENSAYOS EN ECOMATERIALES

La empresa de investigación (UCSG), se encuentra en constantes investigaciones y paralelamente presenta algunas alternativas nuevas de tableros rellenos con la utilización de materiales de reciclaje, para uso en aislamiento acústico y térmico. (SENESCYT, 2013)

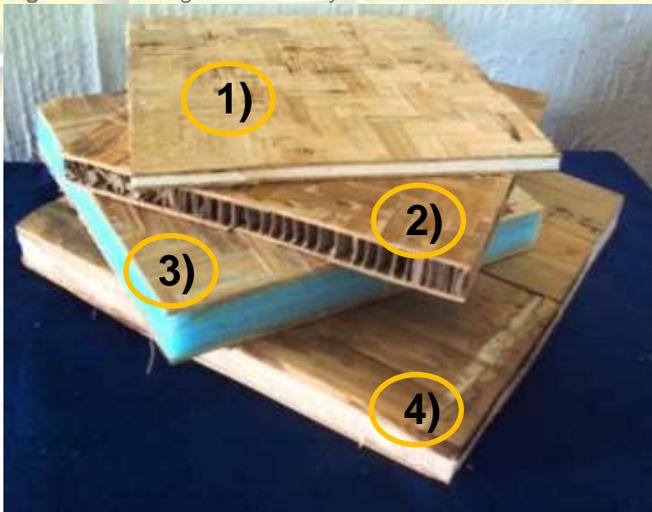
Y no solamente éstos, sino más bien se presentan otra variedad de tableros estructurales a partir guadua y fibras, con materiales intermedios. (SENESCYT, 2013).

La información sobre los resultados aún se mantiene en reserva por cuanto no son públicas sus investigaciones, de ser favorables, éstos formarían parte de una gran variedad de paneles patentados por ésta institución.

Las nuevas alternativas de tableros se identifican a continuación:

- 1) Relleno de poliestireno
- 2) Relleno de cartón celular
- 3) Relleno de poliuretano de baja densidad
- 4) Relleno de madera de balsa

Figura: 16.- Imagen del “Ensayos de nuevos tableros”



Fuente: Figura 9: http://www.iner.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/05/11_UCSG_Eco-materiales-para-la-construcción_Jorge_Moran.pdf

Los tableros que se encuentran en ésta categoría tienen una similitud con los trabajos que se piensa realizar en la propuesta, por el espesor de sus paneles y el contenido de material de reciclaje en su interior.

Tomando en cuenta que para la estructuración de éstos paneles se necesita el uso de las máquinas industriales a presión y un elevado grado de temperatura.

Figura: 17.- Imagen del “Ensayos de nuevos tableros con materiales intermedios, en donde se integra: guadúa, estopa de coco, tamo de arroz, y bambú macizo”



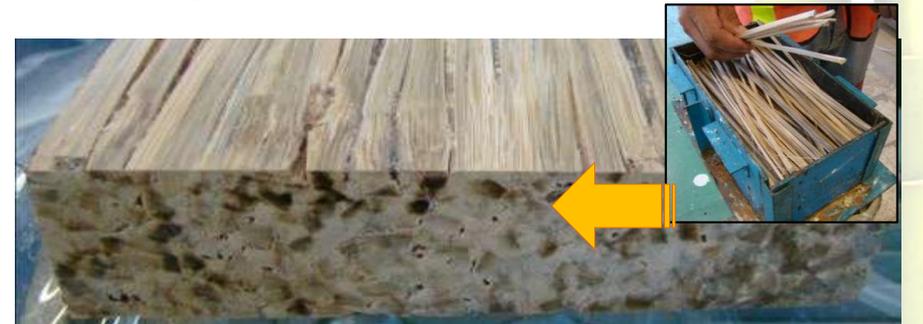
Fibras de guadua



Estopa de coco



Tamo de arroz



Obtención de bambú macizo o wood bamboo

Fuente: Figura 9: http://www.iner.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/05/11_UCSG_Eco-materiales-para-la-construcción_Jorge_Moran.pdf

Al no ser información confirmada, estas imágenes son la evidencia de la estructuración interna del panel. Sus múltiples alternativas nos demuestran las variadas opciones de relleno que se pueden utilizar.

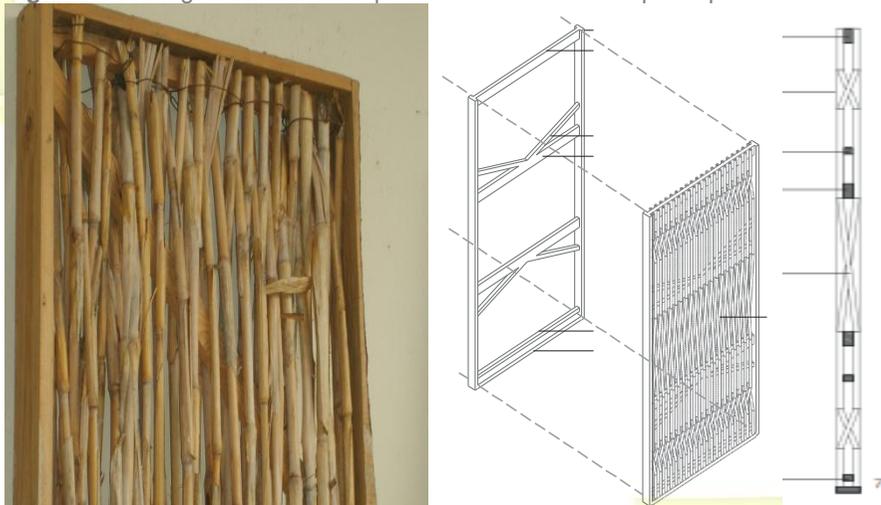
2.7.2. TABLEROS PREFABRICADOS EN BAHAREQUE

Como otra alternativa de paneles prefabricados, y, siendo el bahareque familia del bambú, no se puede dejar de considerar algunas opciones presentadas en una investigación realizada para una Tesis de Grado, que la realizan Claudia Altamirano y Edmundo Cueva en su investigación Tableros Prefabricados de Bahareque o Quincha (Altamirano & Cueva, 2011), cuyo objetivo principal es crear paneles a base de *suro* y *carrizo*. Esta investigación los lleva a determinar prototipos experimentales adicionándoles otros materiales compatibles en su proceso constructivo.

Tableros preparados de bahareque o quincha

Estos tableros existen desde hace muchos años, pero de una manera rústica y tradicional, quizá son los que hasta nuestros días en varios lugares se siguen realizando, con resultados favorables para sus usuarios.

Figura: 18.- Imagen del "Tableros prefabricados de bahareque o quincha"



Fuente: (Altamirano & Cueva, 2011)

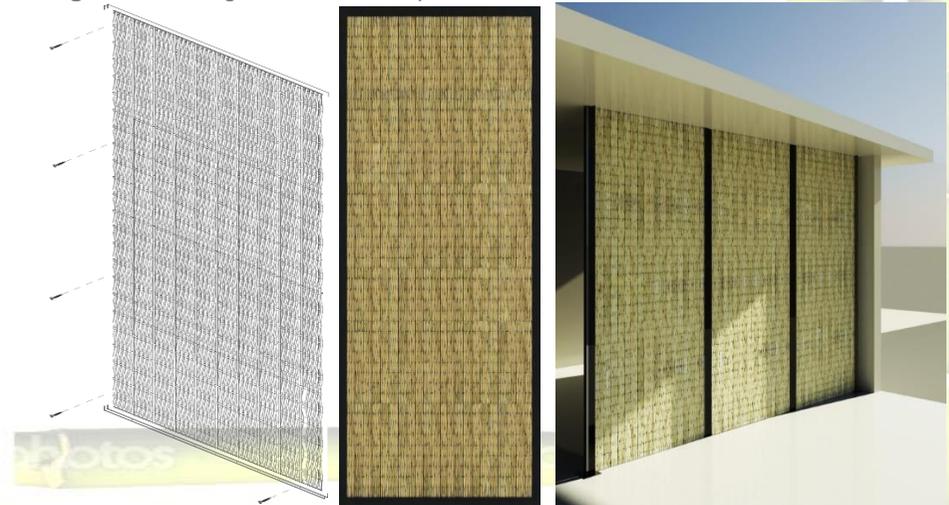
El bahareque es la denominación de un sistema de construcción de viviendas en donde el ensamble de la pared es construido a partir de guadua y/o madera, esterilla de carrizo para el tejido del panel y barro, como paja se utiliza (arroz, trigo o bagazo de caña para mezclar), para evita las fisuras.

El panel es de un módulo de (240x120x7.5)cm, con una estructura base de madera, las medidas de los parantes y soleras es de 7.5x3cm, armando los bastidores en su perímetro y divisiones internas como se indica en la fig. 18, las cañas de carrizo se colocan enteras; y éstas son amarradas con alambre a la estructura, para luego ser revestidas con barro.

Tableros decorativos de carrizo

Se trata de paneles modulares de carrizo, netamente decorativos de 2.40x12.0m, pueden ser utilizados como revestimiento o fachaleta.

Figura: 19.- Imagen del "Tableros prefabricados decorativos"



Fuente: (Altamirano & Cueva, 2011)

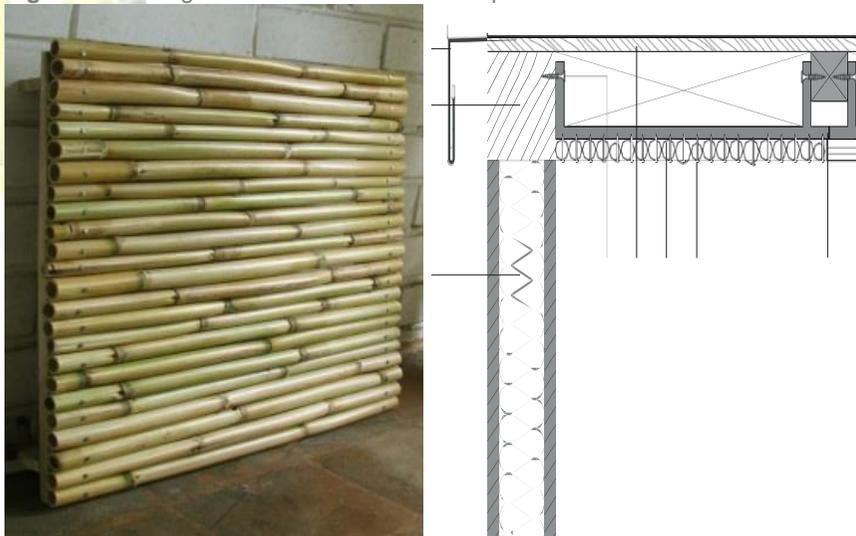
Son paneles formados por un armazón doble de hierro, y entre ellos una malla electrosoldada de 10x10cm, en la que se teje el carrizo o el suro, obteniendo paneles a manera de estera en un bastidor metálico como estructura.

Tableros decorativos, para cielo raso o paredes.

Proponen varios tipos de paneles, ligeros y estructurales, con un sistema modular para ser aplicados en diferentes áreas de una vivienda.

Lo que a continuación veremos *Fig. 20.-* es un tipo de panel prefabricado que se realizan sobre un marco de madera, en donde se “clava” los carrizos, y con la ayuda de otra subestructura en madera igual se estabilizan a las viguetas.

Figura: 20.- Imagen del “Tableros decorativo para cielo raso”



Fuente: (Altamirano & Cueva , 2011)

Claramente se nota que es clavado el carrizo, personalmente difiero con ese criterio por lo frágil de las esquinas, y la reducida dimensión del carrizo.

Pero existe otro tipo de tableros con diferentes características técnicas, como el que se presenta en la *Fig. 21,* que consiste en prensar varias capas de estereras laminadas de suro, regulando de ésta manera el uso que se le quiera dar, o la resistencia que necesita, es decir, dos o tres capas baja resistencia, más capas mayor resistencia.

Figura: 21.- Imagen del “Tableros prensados con suro”



Fuente: (Altamirano & Cueva , 2011)

Otra tipo de panel es el de carrizo aplastado y prensado en donde se dividen los culmos por la mitad, *ver Fig. 22,* y manejando el mismo criterio anterior es decir la cantidad de capas a prensar va a depender del uso final.

Como punto importante dentro de ésta propuesta de panel, se señala, que para unir más de dos capas de carrizo, la capa intermedia tiene

que estar lijada para lograr una buena adherencia por cuanto su superficie tiene un recubrimiento que rechaza los pegamentos.

Figura: 22.- Imagen del "Tableros prensados con capas de carrizo"



Fuente: (Altamirano & Cueva, 2011)

En conclusión los paneles presentados por éstos investigadores, siguen las pautas presentadas por Ecomateriales, centrando su análisis al carrizo y quincha.

Las propuestas resultan interesantes en teoría, pero poco aplicables a la realidad en el uso de los mismos, por cuanto no se presentan propuestas claras de uniones y conexiones entre tableros, que definan un uso definitivo.

2.7.3. TABLEROS PREFABRICADOS PARA LA COOPERACIÓN DE VIVIENDA HOGAR DE CRISTO



La Corporación de viviendas **HOGAR DE CRISTO**, Padre. Francisco García (Tío Paco) y el Hno. Roberto Costa, son los principales de una de las empresas de mayor importancia en la producción y venta de casas prefabricadas de caña guadúa, con estructura de madera, cuyos paneles son clavados a la estructura de madera y protegidas

con laca. (HOGARDECRISTO, 2015)

El documento manifiesta que son más de 40 años que llevan dedicados a la entrega de viviendas, como parte de la solución a la emergencia habitacional dentro de los grupos humanos más vulnerables, de manera especial en Guayaquil.

Todos los paneles son trabajados en fábrica, pre dimensionados para el prototipo específico, se trata de caña guadúa en esterillas, clavadas y amarradas a una estructura de madera.

Tanto la estructura como el armado de los paneles de éste programa de vivienda (Hogar de Cristo), por ser una solución de emergencia para grupos vulnerables, difieren mucho con las proyecciones planteadas en la presente propuesta, como solución estructural y estética, debido a que la intención de los resultados ésta panelería, será aplicarla tanto en soluciones de vivienda popular como en diseños innovadores y de gran estatus, con gran belleza y facilidad de puesta en uso.

Estas viviendas resultan ser una solución temporal no sostenible, al problema de vivienda, pero bien receptada en los medios más vulnerables de la sociedad.

El analizar las imágenes, ver los contrastes, por el uso de los materiales, volvemos a la gran pregunta: ¿son éste tipo de obras las que dejan ver a la guadúa como un símbolo de pobreza?

Figura: 23.- Imagen del “Viviendas Hogar de Cristo”



Fuente: Figura 9: http://www.iner.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/05/11_UCSG_Eco-materiales-para-la-construcción_Jorge_Moran.pdf

En una de las reflexiones de Jorge Morán, sobre la guadúa nos dice: *“No existen materiales de construcción buenos o malos: solo hay materiales bien usados o mal usados. Los materiales de construcción no están destinados para ser usados por solo pobres o solo ricos. La diferencia está en los acabados, en el diseño y la tecnología aplicada”*.

Figura: 24.- Imagen del “Proceso de armado de viviendas Hogar de Cristo”



Fuente: <https://hogardecristo.wordpress.com/page/8/>

2.7.4. PANELES CON VALLA DE BAMBÚ

Marco Antonio Pereira y Tomas Ferreira, son dos investigadores de la Universidad del Estado de San Paulo (UNESP), Facultad de Ingeniería, han investigado nuevas alternativas constructivas con el bambú, ya que Brasil cuenta con unas 230 especies nativas, como material renovable para sustituir los materiales tradicionales en construcción. (Braganca , Naguissa Yuba, & Engel de Alvarez, 2015)

La presente investigación propone utilizar el bambú en la confección de paneles para fachadas, divisiones interiores de una vivienda unifamiliar.

En la Fig. 25, se puede apreciar el detalle de la propuesta, en un panel de doble cara, utilizando una estructura principal en bambú, sobre la que se coloca una estera con tablillas de bambú, en los dos sentidos, se asemeja mucho a las artesanías locales de canastos, sobre la que se realiza un revestimiento o revoco con el fin de proteger contra la intemperie y el ingreso de insectos.

Figura: 25.- Imagen del “Partes de los componentes de un panel”



Fuente: http://civil.uminho.pt/Euro-ELECS-2015/files/Euro-ELECS_2015-Proceedings_Vol1.pdf

Figura: 26.- Imagen del “Unión de estructura y panel, y, de panel y ventana”



Fuente: http://civil.uminho.pt/Euro-ELECS-2015/files/Euro-ELECS_2015-Proceedings_Vol1.pdf

En la Fig. 26, se observa el detalle de unión del panel con la estructura de guadúa en las esquinas y la manera como se acopla las ventanas a dicha estructura, y en la Fig. 27, se puede apreciar las etapas para el proceso de fabricación de un panel.

Figura: 27.- Imagen del “Etapas de tejido, montaje y terminado de panel”



Fuente: http://civil.uminho.pt/Euro-ELECS-2015/files/Euro-ELECS_2015-Proceedings_Vol1.pdf

La parte importante de la investigación se centra en la protección de la vivienda ante los agentes externos, teniendo un acabado elegante en su parte externa por el manejo del revestido, en contraste con lo rústico de su parte interna, (Ver Fig. 28), que aparentan ser dos viviendas diferentes luego de 18 años de construida, para la construcción de las mismas, no se necesitó el aporte de mano de obra especializada.

Figura: 28.- Imagen del “Estado actual de la vivienda, interna y externa”



Fuente: http://civil.uminho.pt/Euro-ELECS-2015/files/Euro-ELECS_2015-Proceedings_Vol1.pdf

2.7.5. PANELES QUE SE UTILIZARON EN LA CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO DE LA CASA HECHA CON BAMBÚ

Día a día se proyectan nuevas alternativas de paneles, con el uso de la guadúa, esta vez con la empresa mexicana Kaltia y Bambuterra (INGENIERÍA, 2016).

Esta empresa busca proponer un nuevo producto, que sirva de modelo de un negocio basado en la economía local, presentar una vivienda que pueda ser construida por parte de los productores rurales de la materia prima.

Figura: 29.- Imagen del “Prototipo construido con biopaneles y bambulosa”



Fuente: <http://amqueretaro.com/queretaro/2016/02/21/facultad-de-ingenieria-participa-en-proyecto-de-viviendas-sustentables>

La fundadora de Kaltia, Verónica Correa Giraldo, expone “..que el sistema prefabricado busca ofrecer alternativas sustentables y de bajo costo para la edificación de viviendas en zonas marginadas donde se produce el bambú.

El prototipo fue construido con biopaneles y un sistema denominado bambulosa, con materiales desarrollados por estas empresas, con láminas de triplay y con algunos refuerzos de acero”.

Todo lo que se ha investigado a nivel de paneles y tableros prefabricados elaborados y probados, ha servido para proponer una nueva alternativa, con criterios bien fundamentados, que se acoplen a la realidad de mi propuesta.

2.8. A NIVEL DE INDUSTRIA ECUATORIANA

En nuestro país estamos lejos de hablar de una industrialización de la guadúa, pero sí de una preindustrialización, (Cruz Ríos, Bambu Premier, 2010) nos dice: *“...industrializar sería producir un bien técnicamente en cantidades considerables, de manera continua, bajo metódicas líneas de producción, con amplia calidad de aceptación en el mercado y que perdure en el tiempo, como lo tiene China con sus fábricas”*.

Al momento que se habla de industria en paneles prefabricados para paredes y pisos, de laminados, o algún otro producto industrializado, es necesario tener presente los **adherentes** para éstos compuestos. Un estudio realizado nos habla (Barreto Castillo, s.f) *“...los adhesivos en los materiales compuestos del bambú se utilizan de varios tipos, de acuerdo con los requerimientos de resistencia a las condiciones de servicio tales como calor frío, agua, humedad, químicos, radiación y riesgos biológicos, además se tiene en cuenta el método de aplicación el costo y condiciones de seguridad de los productos finales”*.

Este mismo autor nos explica que: *“...específicamente en los laminados pegados de bambú se han usado resinas sintéticas como acetato polivinilo, úrea formaldehído y fenol formaldehído, adhesivos que se caracterizan como termoplásticos”*.

Las categorías de los adhesivos de acuerdo a la clasificación química del componente principal son, naturales, termoplásticos, termo fijos, elastómeros e inorgánicos. Los termofijos incluyen, fenol formaldehído, urea formaldehído, resorcinol formaldehído, melaminas, poliésteres, resinas epóxicas, polyimidas, vinilo formaldehído, polivinilo acetal fenólico, nitrilo fenólico y epoxi fenólico; de estos en la industria, se utilizan para adherir madera, fenol formaldehído, urea formaldehído, melaminas y resinas epoxicas, además, termoplásticos como acetato polivinilo, nitrato de celulosa,

elastómeros como cauchos y poliuretano y naturales como cola y caseína...” (Barreto Castillo, s.f)

En una entrevista realizada al experto en bambúes, el colombiano, radicado en México Hormilson Cruz Ríos (Cruz Ríos, Bambu Premier, 2010) nos dice: *“.... El bambú guadúa es muy fuerte, muy duro, muy resistente, su epidermis es rica en sílice, lignina y cutina, compuestos que hacen sus tallos demasiado duros para ser industrializados. Analicé como esas propiedades le dan ventajas sobresalientes para ser utilizado en aspectos de resistencia pero esas mismas características le da una desventaja enorme para ser industrializado...”*, basándonos en este concepto, diremos que la industrialización en nuestro medio, sería muy complicada y costosa, lo que convierte al mercado local en un sector reducido y con poquísimas probabilidades de competir a nivel internacional

Actualmente el sistema constructivo es utilizado y aceptado paradójicamente por personas o instituciones de alto nivel económico, siendo testimonio de ello viviendas residenciales, colegios, oficinas, etc.

En esto coinciden muchos autores y entendidos del bambú, quienes demuestran que el material bien utilizado, permite la creación de espacios de gran estética y sobrios acabados y que además brindan elevados niveles de confort, con una significativa reducción de costos, con respecto a otros sistemas de construcción convencionales.

Existen algunas empresas que han elegido patentes internacionales y otras nacionales y que a su vez se encuentran desarrollando investigaciones con tableros prefabricados en guadúa, entre las que mencionaremos:

La empresa Forestal esmeraldeña (**FORESA**) (Londoño Pava, Seminario Bamboo, 2001), *“..es la pionera en el Ecuador, comenzó a fabricar listones para piso y enchapes con guadúa angustifolia Kunt,*

laminada pegada, además existen varios proyectos de producción de empresas como Bambua y Panda Bambú, que actualmente solo importan pisos de Asia”.

La empresa **APPAC BAMBU**, que es una asociación de pequeños Productores, Artesanos y Comercializadores de Bambú cuyo fin es vender bambú rollizo manejado y preservado.

Existen entidades especializadas como:



RainForest Bamboo, empresa dedicada a la fabricación de pisos, muebles, vigas, artesanías y otras aplicaciones.



bambú.

La empresa **BigBamboo S.A.** es una compañía ecuatoriana enfocada en la siembra, desarrollo, manufactura y exportación de maderas y pisos de



Indubambú, que trabaja mucho con tableros laminados. En nuestro país tiene ventajas competitivas y comparativas en la producción de Bambú

Asper. Se encuentran desarrollando un proyecto integral de este producto bajo lo que se ha denominado “Concepto Bambú Ecuador”.

Kenku

Bamboo,

CONSTRUCCIONES SANAS es la marca y el lema comercial de la compañía limitada **KENKUCONS CIA. LTDA.**, con más de 12 años de experiencia en el trabajo con diferentes tipos de bambú, El equipo de **KENKU, CONSTRUCCIONES SANAS** está conformado por emprendedores ecuatorianos que trabajan especialmente en la Amazonía y



Costa del Ecuador, en áreas consideradas “Hot spot” de megadiversidad y de importancia a nivel mundial como son la Cordillera Real Oriental y la Cordillera Chongón-Colonche, donde el bambú es una alternativa económica viable. Con la nueva Constitución del Ecuador, el concepto del “Buen Vivir” ha sido institucionalizado y **KENKU, CONSTRUCCIONES SANAS**, con sus diseños, ayuda a las familias a hacerlo posible de una forma económica, durable y saludable. Así también se encuentran reforestando 30 hectáreas de diferentes tipos de bambú para asegurar el ciclo productivo.

ECOADOR BAMBOO.- BOOFRAME, MADEL, entre otras empresas han logrado un gran crecimiento tanto en el mercado nacional como internacional.

2.9. ALGUNOS REFERENTES INTERNACIONALES QUE TRABAJAN EN GUADÚA

A nivel de América, Colombia es el país que más ha trabajado con éste material, cuyas investigaciones nos han permitido mantener una continua transferencia de información hacia nuestro país.

La moderna arquitectura utiliza el bambú en la construcción de puentes, habitaciones, edificios, cuesta menos que los materiales tradicionales. Talentos como Oscar Hidalgo López, Simón Vélez, Marcelo Villegas, entre otros, realizan edificios a la vanguardia utilizando modernas técnicas de construcción con el Bambú, así como también prestigiosas residencias privadas.

Analizamos éstos referentes por que la propuesta utiliza la guadúa desde sus estructuras portantes, hasta el mínimo detalle dentro de los paneles, y considero muy importante conocer sus principales obras.

2.9.1. OSCAR HIDALGO LÓPEZ.-

Fue Investigador y Docente de la Universidad Nacional de Colombia,

Autor de varios libros entre los que sobresalen: 1) "Bambú, su Cultivo y Aplicaciones en Fabricación de Papel, Construcción, Arquitectura, Ingeniería, Artesanía" – 1974. 2) "Manual de Construcción con Bambú" - 1977. 3) "The Gift of the Gods" – 2003.

Sus principios han dado la pauta para una eficiente utilización de la guadúa y de manera especial el análisis de sus uniones, publicó en 1975 resultados de ensayos de laboratorio realizados por H. E. Heck a elementos de guadúa laminada pegada, efectuados en 1954.

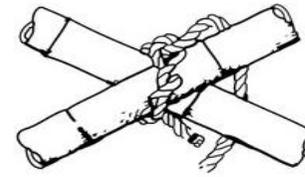
Propuso diferentes usos para la guadúa, aplicados a la construcción y desarrolló técnicas eficientes para lograr el mejor funcionamiento estructural.

Pionero en investigar qué tipos de estructuras podían ser construidas en este material, qué características debe tener la guadúa estructural y las clases de uniones que podían ser usadas en las obras.

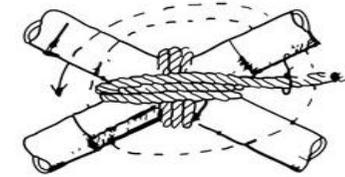
Tuvo claro el hecho que para las vigas y columnas se deben utilizar bambúes de más de 3 años de madurez y que hayan tenido un previo proceso de secado y curado, que se pueden realizar estructuras muy grandes que puedan albergar secadoras de café.

Que para uniones amarradas deben usarse amarres de alambre duplicado o triplicado, todos los alambres deben tener la misma longitud, fibras vegetales o cuero. (Hidalgo López , 1974)

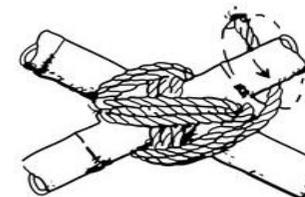
ESQUEMA: 1 Uniones amarradas



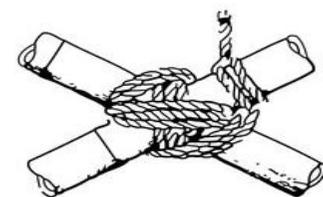
a



b



c

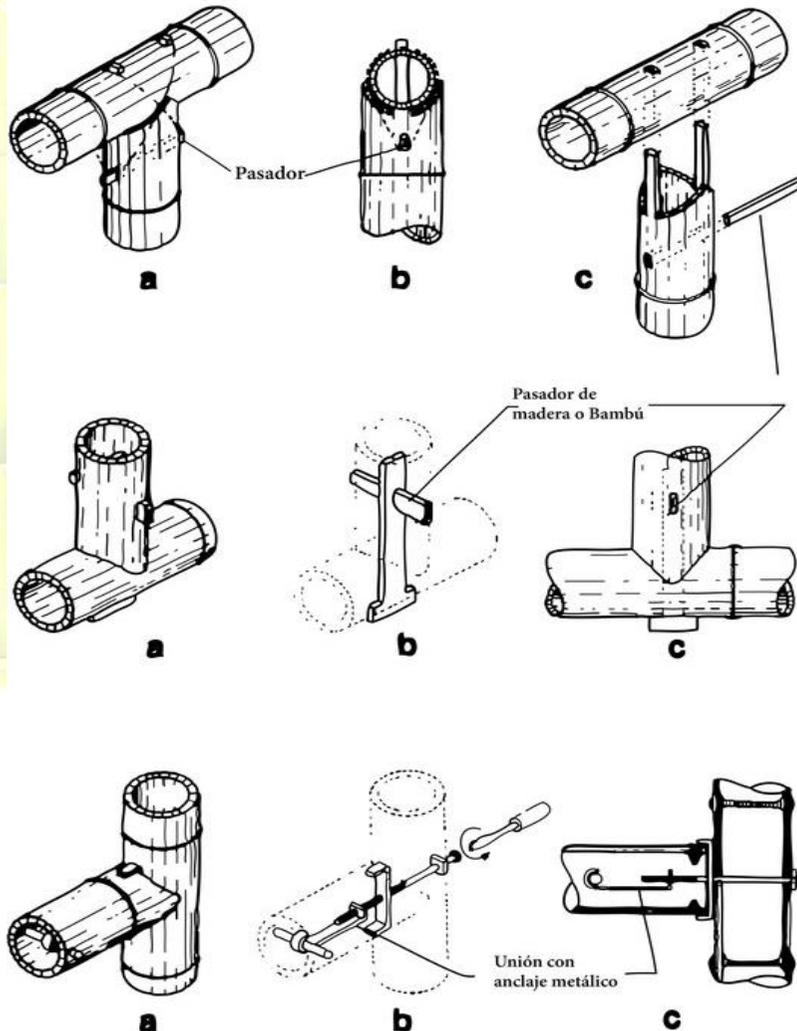


d

Fuente: <http://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-345367/en-detalle-las-unionen-bambu>

Para elementos verticales, paralelos o soportes de cimbras las uniones deben realizarse por los nudos.

ESQUEMA: 2 Uniones con pasantes (clavijas, anclaje de madera o metálico)



Fuente: Fuente: <http://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-345367/en-detalle-las-uniones-en-bambu>

También es importante señalar que las publicaciones de Oscar Hidalgo, catalogado como una autoridad a nivel mundial en el tema del bambú, siguen siendo parte importante en el manejo de uniones para el bambú, sobre éstas se han desarrollado muchas propuestas en diferentes materiales.

2.9.2. SIMÓN VÉLEZ JARAMILLO

Se podría decir que en los últimos tiempos la obra de Simón Vélez, se ha convertido en ícono de la arquitectura en caña guadúa, ha diseñado y construido proyectos principalmente con la guadúa angustifolia Kunth, con un recorrido de más de 25 años en el empleo de este “acero vegetal” como el mismo lo llama, cuya arquitectura ha sido muy reconocida y solicitada a nivel internacional. Nacido en Manizales en 1949, graduado de Arquitecto en 1980 en la Universidad de Los Andes Bogotá.

Sus grandes estudios y descubrimientos realizados con este material hacen que afirme que: “...los esfuerzos de tracción para cualquier tipo de material en estructuras son los más difíciles de resolver y su relación peso-resistencia solo es comparable con las obtenidas por aleaciones de metales de la era espacial...”, cuyos avances han servido como ejemplos para las futuras generaciones, pues logra rescatar la guadúa como material constructivo, perfeccionando sus técnicas para aprovechar al máximo sus propiedades.

Al respecto dice: “... Mi propuesta como arquitecto es hacer una arquitectura un poquito más vegetariana, no tanto concreto pero tampoco totalmente vegetariana. Hay que tener una dieta equilibrada entre minerales y vegetales, y estamos demasiados minerales con la arquitectura...” con su estilo único e innovador logró que la guadúa pueda competir con otros materiales más rígidos, también se caracteriza por el diseño de estructuras mixtas, combinándolas con materiales industriales como el hormigón tratando que su contexto sea igual al paisaje natural. (Arias & Otros autores, s.f) (Rovira & Cuyás, 2010)

Simón Vélez, dio un salto al pasar de los métodos de uniones tradicionales, analizadas por Oscar Hidalgo (amarres o sogas), a la utilización de pequeñas cantidades de pernos o tornillos en las juntas, se involucró mucho en la parte investigativa, y pudo por primera vez descubrir la verdadera fuerza natural y la flexibilidad de la misma, con la que se realizaron grandes obras, volados que se creían imposibles de realizar, de hasta nueve metros capaces de soportar 10 toneladas métricas.

Saltó las barreras de su Colombia natal y ha diseñado y construido en guadúa en diferentes partes del mundo como: Alemania, Francia, Estados Unidos, Brasil, México, China, Jamaica, Panamá, India, Ecuador y otros.

Entre sus obras más significativas podemos mencionar las siguientes:

Pabellón Zeri.- la ONG ZERI, encarga la construcción de un pabellón para la exposición de Hannover 2000, cuyo prototipo a escala real se hizo en Colombia.

Figura: 30.- Imagen del "Pabellón Zeri, Iglesia de Pereira"



Fuente: Encalada J.- 2014 ,
Foto 02: <http://www.elblogdelatabla.com/2012/09/simon-velez-una-arquitectura-vegetariana.html>

Iglesia en Pereira.- con cimentación de hormigón armado, se diseña en base a un principio de simetría, se proyectaron en planta 3 naves, una de 14,5m de ancho por 60m de fondo y dos naves laterales de 4,80m de ancho por 60m de profundidad. Forman un arco ojival que da forma al edificio, con cubierta a dos aguas.

Puente Jenny Garzón.- es un puente peatonal cubierto en Santa Fe de Bogotá. De 45.60m de largo por 2.50m de ancho y una altura promedio de 3.90m

Figura: 31.- Imagen del "Puente peatonal Jenny Garzón "



Fuente: Foto izquierda:

<https://www.google.com.ec/search?q=Puente+Jenny+Garzón&espv=2&biw=1242&bih=606&tbm=isch&tbo=u&source=univ&sa=X&ei=R-m1VL7dCMjisATCg4HgCw&ved=0CCEQsAQ#imgdii=fv2OoLZRqrjuFM%3A%3Bfv2OoLZRqrjuFM%3A%3Bc6Jd-LYu6L9xyM%3A&imgcr=fv2OoLZRqrjuFM%3A>

Foto derecha:

<http://www.obrasweb.mx/arquitectura/2012/08/31/las-construcciones-con-bambu-ganan-terreno-en-mexico>

En el año 2008, diseñó una estructura temporal de 5,300 m², edificada con bambú en el zócalo de la ciudad de México, para recibir al **Museo Nómada** concebido por el fotógrafo canadiense Gregory Colbert para ser la sede itinerante de su exposición "Ashes and Snow" (Arias & Otros autores, s.f) (Rovira & Cuyás, 2010)

Crosswaters Ecolodge, es quizás uno de los últimos diseños en los que participó Vélez, “..es el primer destino ecoturístico de los bosques de la Reserva de la Montaña de Nankun Shan, en la provincia de Guangdong, en China. Es el proyecto comercial más grande del mundo que utiliza bambú, y el primer proyecto en Asia, en utilizar bambú como un elemento estructural en viviendas, a una escala tan grande. El proyecto recibió el Premio Honorario de Análisis y Planeación 2006 de la Sociedad Americana de Arquitectos del Paisaje.” (Rovira & Cuyás, 2010)

Figura: 32.- Imagen del “Crosswaters Ecolodge”



Fuente: <http://www.elblogdelatabla.com/2012/09/simon-velez-una-arquitectura-vegetariana.html>

Simón Vélez aplicó a sus obras la inyección de mortero de cemento Pórtland, en sus uniones, para que adquiriera mayor resistencia, dándole mayor rigidez a la estructura, sin dejar de utilizar en sus uniones platinas y tornillos.

Éstas son algunas de sus principales obras, pero existe innumerables trabajos que ha realizado durante toda su trayectoria, lo que hace que su investigación, sea un importante aporte.

2.9.3. WILLIAM CHÍQUIZA ARIZA (Chicaiza, 2000)

Desarrolló estructuras en guadúa que cumplan con los requisitos técnicos necesarios para medianas y grandes luces.

Vigas en guadúa.- Ensayos para adecuar las disposiciones de los culmos de acuerdo a la necesidad de sección.

Sistemas estructurales.- Exploración de sistemas estructurales en guadúa que soporten esfuerzos a tracción, compresión y flexo compresión.

Aplicaciones arquitectónicas.- Se hicieron con el objeto de aplicar las conclusiones logradas de los ensayos de laboratorio.

Desarrollo de estructuras en guadúa que cumplan con los requisitos técnicos necesarios para medianas y grandes luces. (Chíquiza Ariza, 2000)

2.9.4. JORGE STAMM “PERSONAJE EMPÍRICO QUE TRABAJA EN GUADÚA”

Carpintero alemán que ha tratado de utilizar las teorías de Oscar Hidalgo para crear puentes peatonales que trabajen a compresión.

Trabaja mucho en lo que es “*Latas y Laminados de Guadúa*”, investigación realizada por la Universidad Tecnológica de Pereira UTP, utilizó la misma técnica de Simón Vélez en sus obras.

2.9.5. MARCELO VILLEGAS

El maestro de maestros como se lo conoce, ha trabajado mucho en laminados de guadúa, así como en mobiliario, ha editado algunos libros en bambú como “*Guadúa Arquitectura y Diseño*” Este libro nos actualiza sobre el tema, revela su empleo en arquitectura y diseño de muebles y objetos, explica el secado y la preservación al humo, e ilustra los avances del arquitecto Simón Vélez.

2.9.6. UARQ ARQUITECTOS

Figura: 33.- Imagen del “Casa Chinauta”



Fuente: <http://www.fotoslugares.com.ve/imagen/acceso-casa-chinauta.html>

Entre sus obras más representativas tenemos la Casa Chinauta, en donde decidieron utilizar la guadúa como material constructivo, el bambú se presenta en sus múltiples formas: macizas para las columnas, en esterillas para los cielos rasos, los remates y los muros divisorios, entre otros detalles. (Sánchez, 2012)

Y así podríamos enumerar una cantidad de profesionales que trabajan en guadúa, en varios ámbitos como:

CAORI PATRICIA TAKEHUCHI TAN, Ingeniera Civil Universidad Nacional de Colombia Bogotá que en el año de 1999 Inicia las investigaciones sobre el comportamiento estructural de la guadua.

XIMENA LONDOÑO PAVA, bióloga, botánica, agrostóloga colombiana, es una de las taxónomas más reconocidas que ha trabajado extensamente en investigaciones de guadúa.

LUIS FELIPE LÓPEZ, Ingeniero estructuralista de los proyectos de Simón Vélez, quien redactó la Norma Colombiana del usos de la guadúa, junto a otros profesionales, norma que sirvió de referente para la elaboración de la norma ecuatoriana.

El **Arq. Héctor Fabio Silva**, **Arq. Rafael Rojas**, **Luis F. Botero C.** entre muchos otros profesionales colombianos más que han aportado con sus obras e investigaciones.

2.9.7. EN OTROS PAÍSES DE AMÉRICA

Este sistema constructivo se va universalizando y así tenemos que en los Estados Unidos **Darrel DeBoer**, “*es un arquitecto especializado en la construcción de edificios con materiales sostenibles y ha creado edificios universitarios hechos de bambú, ha escrito un manual sobre la utilización arquitectónica de esta planta*”.

A su vez éste afirma “...*Olviden el acero y el concreto. El material de construcción a escoger para el siglo XXI puede ser el bambú...*” las estructuras de bambú sirven para cualquier clima, una vez que se encuentran bien aisladas sus elementos con las bases adecuadas. Indica también que el bambú tiene el potencial de mayor impacto en las zonas donde ya existe. (Eraso, s.f)

Figura: 34.- Imagen del “Casa ecológica de Darrel De Boer”



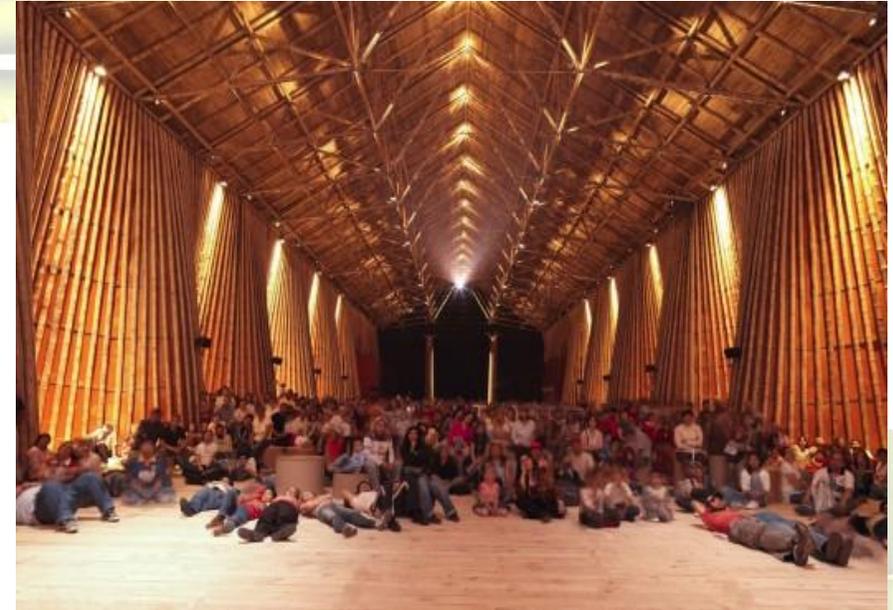
Fuente: <http://permaculturenews.org/2011/03/09/bamboo-a-great-building-material-gets-even-better/>

Desde el Norte hasta el Sur, de Este a Oeste, el bambú es utilizado para construir las más lujosas residencias, resorts, bares, iglesias y puentes.

El bambú está emergiendo desde los reinos de las endebles chozas tropicales y continúa llamando la atención de los más respetables arquitectos.

La ciudad de México develó la mayor estructura de bambú nunca antes construida: el **Museo Nómada**, una estructura temporal de tres naves de 5,130 metros cuadrados que ocupa casi la mitad de la Plaza del Zócalo, la más grande de América Latina.

Figura: 35.- Imagen del “Museo Nómada de Simón Vélez y Darrel De Boer”



Fuente: <http://permaculturenews.org/2011/03/09/bamboo-a-great-building-material-gets-even-better/>

Este museo que se convirtiera en un ícono, que serviría para el artista canadiense **Gregory Colbert**, su obra se la adjudica a Simón Vélez, con la colaboración de Darrel de Boer. (Eraso, s.f)

También tenemos a los franceses **FAOUSI JABRAN**, y **YANN BARNET**, de Arquitectos sin Fronteras, que se encuentran radicados en el Perú.

2.10. UNIONES

2.10.2. UNIONES DE ESTRUCTURA

2.10.1. GENERALIDADES

En el presente capítulo trataremos los diferentes tipos de uniones, considerando la guadúa como rolliza, mas no como tablero prefabricado, cuya investigación complementará el armado de una vivienda tipo, en sus partes estructurales.

Todo elemento constituyente de una unión debe diseñarse para que no falle por tensión perpendicular a la fibra y corte paralelo a la fibra. En el caso de usar cortes especiales en la guadúa, se deben tomar las medidas necesarias para evitar que estos induzcan la falla de la unión.

Como ya se recalcó, las estructuras en guadúa no fallan por la deficiencia del material sino por sus uniones, produciendo que el material – guadúa- se raje al momento de someterla a esfuerzos de tracción

Se va a identificar la metodología para optimizar las uniones existentes, generando un manual de consulta para optimizar recursos y tiempo en el armado de estructuras de guadúa como material constructivo.

En la construcción en general las uniones son el mayor problema y esto es muy cierto refiriéndose a la guadúa, su éxito depende de la eficiencia y cualidades de las uniones.

Pero el desconocimiento que se tiene acerca de estas uniones en estructuras espaciales y livianas es tan grande, surge la necesidad de resolverlos mediante la búsqueda de soluciones prácticas que demuestren la amplia serie de posibilidades que ofrece la guadúa como elemento estructural.

Todas las uniones de la estructura se consideran articuladas y no habrá transmisión de momentos entre los diferentes elementos que conformen una unión, salvo si uno de los elementos es continuo, en este caso habrá transmisión sólo en el elemento continuo.

En ningún caso se permitirán uniones clavadas, ya que los clavos inducen grietas longitudinales debido a la disposición de las fibras de la guadúa.

Dada la infinidad de soluciones para las uniones de guadúa, no se ha determinado cual es más eficiente constructiva y estructuralmente; por lo tanto tratamos de identificar cual sería la “unión óptima”, y su aplicación futura en un elemento arquitectónico – estructural. (León Jaramillo, s.f)

2.10.2.1. UNIÓN SIN ELEMENTOS CONECTORES

Generalmente con éste tipo de unión nos remontamos a las primeras que se realizaron en edificaciones, porque solamente se usa herramientas manuales tales como: (cincel, martillo, sierras manuales), para poder realizarlas y corresponde a los cortes que se realizan.

Existe la Norma Técnica Colombiana NTC 5404, que nos sirve de base para la norma ecuatoriana "*Uniones para estructuras En Guadua*" en ésta solo permite realizar 3 tipos de cortes aplicables a la guadua.

Corte Recto: Corte que se realiza perpendicularmente al eje Longitudinal de la Guadua, ver Fig. 36. (INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN, 2011)

Figura: 36.- Imagen de "Corte recto"



Fuente: <http://civilgeeks.com/2011/12/08/uniones-de-estructuras-para-guadua-angustifolia-kunth/>

Corte Boca de Pescado: Que consiste en un corte cóncavo transversal a la Guadua, ver Fig. 37

Figura: 37.- Imagen de "Corte Boca de pescado"



Fuente: <http://civilgeeks.com/2011/12/08/uniones-de-estructuras-para-guadua-angustifolia-kunth/>

Corte Pico de Flauta: Corte Transversal a la Guadua que no llega en ángulo recto, ver Fig. 38

Figura: 38.- Imagen de "Pico de flauta"



Fuente: <http://civilgeeks.com/2011/12/08/uniones-de-estructuras-para-guadua-angustifolia-kunth/>

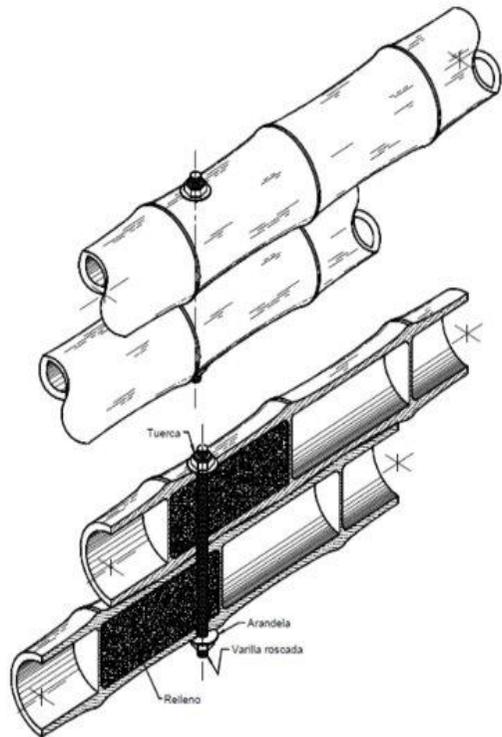
2.10.2.2. UNIONES PERNADAS

Los tornillos y los pernos son las herencias entregadas por Simón Vélez y otros diseñadores, permiten construir uniones entre piezas de guadua, las medidas de éstos pernos dependerá del tipo de guadúa, o la necesidad de su resistencia, serán roscados con sus respectivas tuercas y arandelas en sus extremos.

Se recomienda que *“los entrenudos por donde pasan los pernos deben estar rellenos de mortero u otro material alternativo o sin relleno, dependiendo del diseño que se realice.”*

Los pernos deben ser galvanizados. Para esta unión se necesita un nudo en la guadua entre el perno y el extremo final de la Guadua” ver Fig. 39 (INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN, 2011)

ESQUEMA: 3 Uniones pernadas

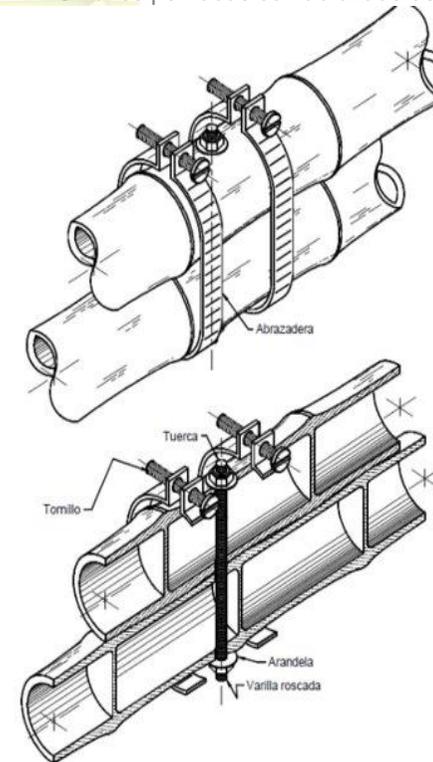


Fuente: <http://civilgeeks.com/2011/12/08/uniones-de-estructuras-para-guadua-angustifolia-kunth/>

2.10.2.3. UNIÓN PERNADA CON ABRAZADERA O ZUNCHO

Los zunchos pueden resultar muy importantes, cuando se trata de dar mayor rigidez a la estructura, los pernos deben proyectarlos a poca distancia del nudo, lo que garantiza una buena resistencia, reforzada ésta con la presencia de los zunchos metálicos que tenga la resistencia a la tensión necesaria, para evitar que la Guadua se abra.

ESQUEMA: 4 Uniones pernadas con abrazaderas y zuncho

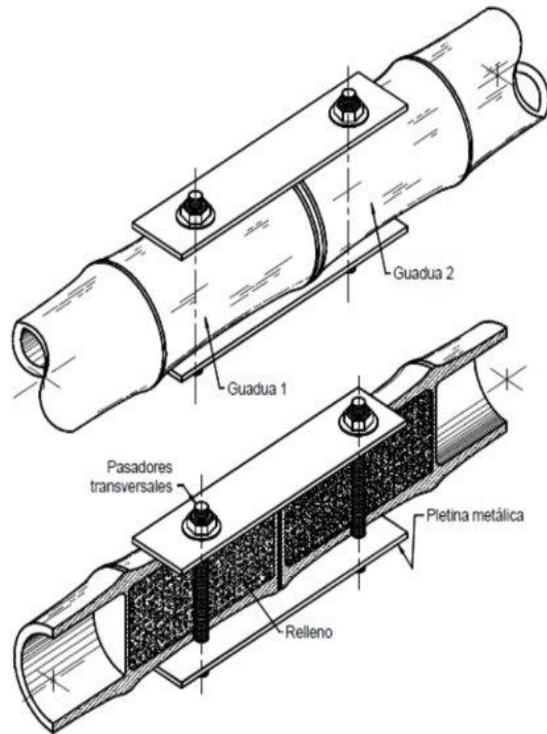


Fuente: <http://civilgeeks.com/2011/12/08/uniones-de-estructuras-para-guadua-angustifolia-kunth/>

2.10.2.4. UNIÓN PERNADA CON PLATINAS PARALELAS

Las mismas funciones que cumplía el zuncho, desempeñan las platinas, muy necesarias para unir elementos continuos, o para traslapar guaduas. "...Consiste en colocar dos platinas paralelas con espesor mínimo de 3 mm y ancho máximo de 20 mm, conectadas entre sí por pernos con diámetro mínimo No. 3 (9,5 mm) que atraviesan los segmentos de guadua. Para construir esta unión, debe existir un nudo en el elemento guadua entre los pernos y el extremo final de la Guadua. (INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN, 2011)

ESQUEMA: 5 Uniones pernadas con platinas paralelas

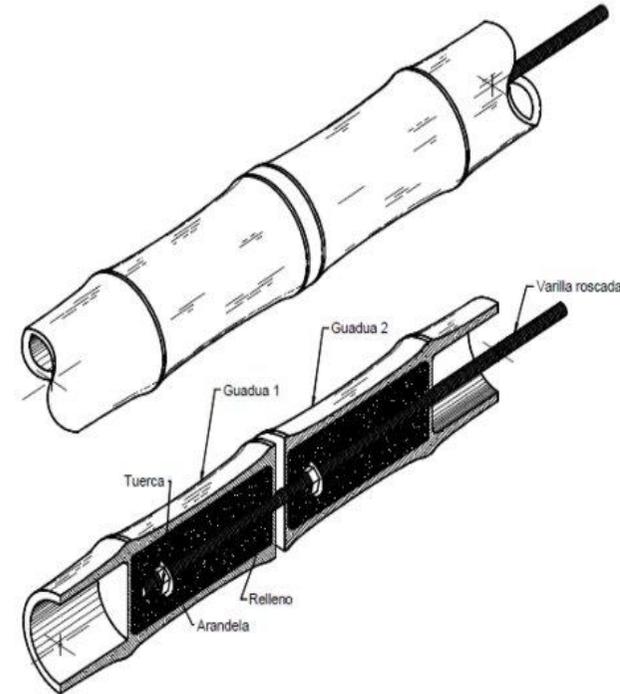


Fuente: <http://civilgeeks.com/2011/12/08/uniones-de-estructuras-para-guadua-angustifolia-kunth/>

2.10.2.5. UNIÓN CON BARRA EMBEBIDA AXIAL

Para éste tipo de uniones, el elemento conector debe ser una varilla de acero galvanizada de rosca continua con su respectiva tuerca y arandela, o varilla corrugada de diámetro variable, con una longitud que se determinará por la presencia de los entrenudos. (INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN, 2011)

ESQUEMA: 6 Uniones pernadas con barra embebida axial



Fuente: <http://civilgeeks.com/2011/12/08/uniones-de-estructuras-para-guadua-angustifolia-kunth/>

El bambú tiene una tendencia a rajarse con mucha facilidad, de manera especial cuando se utilizan uniones con tornillos ocasionando una baja resistencia en su estructura.

Los inconvenientes de las uniones de la guadúa se presentan cuando:

- Se produce aplastamiento, en sus extremidades por ser hueca.
- No existe una adecuada unión mecánica que permita mejorar las fuerzas a compresión, tracción y flexión.

- La resistencia a fuerzas perpendiculares a las fibras (cortante) es muy baja y más cuando se utilizan uniones con tornillos

En éste análisis de las uniones, se ha considerado únicamente aquellas que podrían tener características comunes con la presente investigación, ya que existen muchísimas otras formas que obviamos su enunciado por el poco aporte que tendrían dentro de ésta propuesta.

2.11. SILVICULTURA

La silvicultura puede variar de acuerdo al uso, eso quiere decir que puede ser usada para protección de riveras o cauces de ríos, o para bosque productor, en donde es aprovechado de una forma comercial, para éste caso las distancias pueden ser de 4 m. por 4 m.; 4,50 m. por 4,50m y hasta 5m por 5m en forma de tablero.

El investigador Félix Díaz asegura que :*"en estas distancias de 5m por 5m en cuadro, según observaciones realizadas, se aumenta en un 37,6% el desarrollo de los diámetros y las alturas de los culmos ubicados en la periferia del cultivo; debido a que la distancia favorece el desarrollo y evolución de los rizomas por la menor competencia"*.

Se recomienda que todas las prácticas, tanto en el período de siembra, crecimiento y en el de aprovechamiento, éstos deben estar supervisados por un experto conocedor de la Guadua, para tener un mejor rendimiento sostenible. (Prieto Alzate, 2004) (Días, 2002)

2.11.1.LA COSECHA

La cosecha de los guaduales adultos, debe de ser de manera progresiva, señalando los tallos que estén listos para el corte, de una manera ordenada, realizando las entresacas de los tallos adultos, para que el guadual no se degrade por exceso de tallos viejos, manteniendo una actividad biológica o dinámica del guadual.

Características según la edad

Para una descripción acertada de conceptos, describiremos de una manera textual los diferentes estados de la planta, de acuerdo al documento investigativo realizado por Félix Díaz, en su pequeño manual de guadúa, así tenemos: (Días, 2002)

❖ Rebrote o renuevo:

Es la primera fase de desarrollo. Se toma desde el momento que emerge del suelo hasta el final de su crecimiento longitudinal; época para la cual empiezan a diferenciarse las ramas apicales, haya o no presencia de ramas basales y hojas caulinares.

❖ Guadúa viche (tierna):

Esta fase se inicia en el momento en que empieza el desarrollo de las ramas apicales y continúa en menor grado el crecimiento de las ramas basales. El tallo presenta una coloración verde brillante en los entrenudos lustrosos, en este momento, se observan muy claramente las bandas nodales blanquecinas y la marca (anillo) dejada en el nudo por el abrazo de la hoja caulinar (característica de la G. angustifolia).

❖ Guadúa joven

La guadua empieza a tener una coloración verde clara que se extiende por toda la longitud del tallo. Se observa muy definida la cicatriz dejada por el abrazo de la hoja caulinar y las bandas nodales comienzan a perder su color blanquecino. La Guadua ya está totalmente formada." A su vez, Cruz Ríos (1994) describe las otras etapas y sus características así:

❖ Guadúa adulta:

Se observa la presencia de manchas liquenosas o plaquetas de color blanco, las cuales se extienden por todo el tallo. Se inicia la formación de musgos en los nudos, haciendo desaparecer gradualmente el color blanquecino de las bandas nodales. El color de los entrenudos se torna grisáceo por la presencia de los líquenes.

❖ Guadúa hecha

Se continúa la formación de líquenes en los nudos extendiéndose por todo el tallo, desaparecen las bandas nodales. Su color se generaliza en tono grisáceo o rucio.

Los culmos han adquirido su mayor grado de resistencia por la compactación de los haces fibro-vasculares, formadores de las paredes del tallo. Es la fase para el mayor aprovechamiento del tallo.

❖ Guadúa sobre madura:

Los hongos y líquenes comienzan a desaparecer del tallo hasta cuando empiezan a observarse hongos en forma de plaquetas de color rojizo. En este momento se inicia la decoloración y el tallo se va tornando amarillento, indicativo de la finalización del ciclo vegetativo.

❖ Guadua seca:

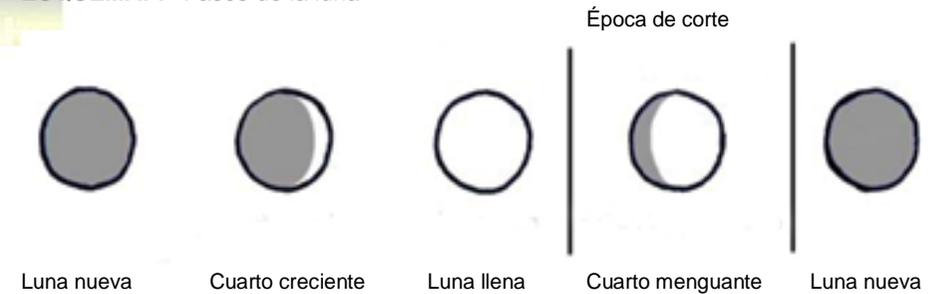
El tallo torna su tono amarillento por grisáceo y pierde su resistencia mecánica.

❖ Edad de corte

Para ser utilizada en trabajos que requieran de sus propiedades mecánicas de resistencia a la tensión o a la compresión -como puede ser en la construcción- debe ser cortada después de los cuatro años, cuando ya esté hecha y los líquenes se hayan generalizado.

❖ Corte de la guadúa.

ESQUEMA: 7 Fases de la luna



Fuente:

http://emprendedorforestal.org/sites/default/files/10_Construccion_sustentable_con_bambu.PDF

- ❖ El corte debe de realizárselo la segunda noche de cuarto menguante, de preferencia en horas de la mañana (2 a 5 am), por la razón que la sabia estará en su parte baja, lo que le garantizará una buena resistencia. (Prieto Alzate, 2004) (Eraso, s.f) (ORDOÑEZ, MEJÍA, BÁRCENAS, & ECOLOGÍA, 2002)

❖ Influencia de la luna en el corte

Con respecto a la influencia que pueda ejercer la Luna, hay diversos criterios. Nosotros nos quedaremos con la que, para que las plantas no se conviertan en sólo varas y para que florezcan y fructifiquen, deben ser sembradas en Menguante y para que las maderas se curen bien y no sean atacadas por los xilófagos, necesariamente deben ser cortadas también en Menguante.

Consideramos que, en el caso de la guadua angustifolia, es de gran importancia cosecharla o cortarla a finales de invierno o comienzos del verano y de madrugada, que es cuando su sistema vascular no está tan pleno de los almidones, azúcares y demás

sustancias alimenticias propias de su savia, que son los que más atraen a los insectos xilófagos.

❖ **Actividades para el corte y curado**

De acuerdo a lo anterior, consideramos que las actividades a desarrollar en el guadual serían las siguientes:

- -Selección previa de los tallos hechos que han de ser cortados.
- -Corte de los tallos seleccionados en la madrugada del día o días siguientes a la selección.
- -Corte de las ramas y limpieza general de los tallos cortados.
- -Seccionamiento de los tallos cortados en trozos, con las medidas requeridas, según su destinación posterior.
- -Selección por grupos, según sus tamaños y usos.
- -Colocación en posición vertical por grupos, para su drenaje.
- -Obtención y curado de las esterillas.

❖ **Herramientas adecuadas para el corte**

Para el corte o "desjarrete" del tallo -como acostumbran denominarlo los guadueros y campesinos recolectores de esta planta- debe utilizarse preferentemente un machete grande bien afilado o una motosierra, herramientas que permiten una rápida maniobrabilidad alrededor del tallo, lo cual garantiza un mejor corte y menos posibilidades de daños en el tallo, además de un mejor remate del corte; el cual debe hacerse inmediatamente por encima del segundo o tercer tabique del tocón que queda.

❖ **La esterilla de guadúa**

Uno de los subproductos de la Guadúa que más utilización tiene en la construcción es la esterilla o estera, ya que entre otros muchos se la utiliza para: cerramientos de paredes en

construcciones rústicas-cerramientos con acabado frisado, reemplazando favorablemente a la malla metálica; pisos provisionales en viviendas, entre otros usos.

❖ **Obtención de la latillas**

Son tiras longitudinales que tienen varias aplicaciones en la construcción. Se aprovecha la facilidad del rajado del bambú fresco, se lo puede hacer a mano con machete o hacha y/o máquina. (Días, 2002)

2.11.2.PRESERVACIÓN:

Para hablar de la preservación de la guadúa, nos hemos remitido a los apuntes de Jorge Morán con la red INBAR, (Poppens & Morán, 2005), en donde recomiendan aplicar los métodos de preservación para aumentar la vida útil de la caña y evitar que sea afectada por insectos o microorganismos.

Se determinan dos métodos de preservación: los tradicionales y los métodos químicos. Estos últimos deben de ser adecuadamente aplicados para no afectar la salud del usuario y el medio ambiente. Se recomienda un método químico con ácido bórico y borax en una proporción 2%, 1% en agua.

❖ **Tradicional:** el avinagrado es uno de métodos de preservación tradicional, que han utilizado por siglos en Ecuador y Colombia. Se recomienda este método por ser económico, inocuo y comprobado por la sabiduría popular. Después del avinagrado se debe realizar un proceso de secado de por lo menos dos meses, tiempo variable en función del clima.

❖ **Química:** El método de inmersión en solución de bórax y ácido bórico es el más recomendado, por su eficacia, costo, y

seguridad para usuarios y medio ambiente. Según algunos expertos, la inmersión debe realizarse con cañas secadas durante una semana como máximo y que aún conservan su color verde.

2.11.3. CURADO

Siempre será necesario saber cómo manejar éste curado. Su procesamiento debe de emitir muy pocos desechos tóxicos, y últimamente es común hablar de repelentes para insectos dentro del curado e inmunización, éstos consisten en: (Poppens & Morán, 2005) (Eraso, s.f)

- ❖ **Curado en la mata:** Después de cortadas las guadúas se dejan en el guadual con ramas y hojas recostadas sobre otras guadúas lo más verticalmente posible y aisladas del suelo por una piedra. Se deja en esta posición durante un mes; después se retiran las ramas y se deja secar en un lugar ventilado.

En experimentos realizados en Puerto Rico en 1940, se encontró que los tallos tratados en la mata eran un 91.6% menos propensos al ataque de insectos, que los no tratados.

- ❖ **Curado por inmersión en agua salina:** Consiste en sumergir las guadúas después de cortadas en un estanque con un porcentaje de sal en la misma y mucho se habla de que si se la sumerge en la playa podría ser un buen sistema de curado, aunque el mismo no ha sido demostrado técnicamente.
- ❖ **Curado al Calor:** Este sistema de curado es muy eficiente ya que se obtienen guadúas secas en corto tiempo. Consiste en poner las guadúas de forma horizontal sobre brasas a una distancia prudente para que no se quemen; las cañas se deben rotar para que con la diferencia de temperatura no se vayan a producir agrietamientos.

2.11.4. PROCESO DE LA INMUNIZACIÓN:

- ❖ **Método de inmunización Boucherie Modificado:** Consiste en aplicar una solución química a presión a los tallos recién cortados para reemplazar la sabia de estos, quedando impregnados y protegidos contra los insectos. Este sistema también sirve para proteger contra el fuego si se utilizan los químicos adecuados.
- ❖ **Tratamiento por inmersión:** Consiste en sumergir las guadúas en un estanque lleno de químicos donde se deja por un día. Al igual que el anterior sirve contra insectos y fuego.
- ❖ **Inmunización con humo:** Las guadúas son metidas en una cámara de humo donde se dejan hasta que alcancen una humedad del 10%. Se afirma que el humo produce la cristalización de la lignina, trayendo como consecuencia una mayor resistencia al ataque de insectos, impermeabilidad y mejores propiedades mecánicas.
- ❖ **Protección con resinas y aceites:** Para proteger las guadúas contra el sol es muy común aplicarles pinturas de colores o barnices transparentes, o asegurarse de que los aleros las protejan.

Los efectos que tiene el sol sobre las guadúas son: la pérdida de color y agrietamientos por tensiones internas debidas al cambio adiabático de temperatura. Contra la humedad también se recomienda la pintura de aceite, pero si son guadúas que van a permanecer expuestas a la intemperie o enterradas es recomendable hacerles un recubrimiento con asfalto líquido.

- ❖ **Tratamiento por inyección:** Consiste en inyectar los cañutos con una solución de ácido bórico y bórax con una relación de 2% y 1% respectivamente en agua.

Al ser un material de origen vegetal, se adapta más fácil al medio ambiente ayudando de forma natural a nivelar la temperatura y la humedad, de esta manera se evita el uso de sistemas reguladores de temperatura.

- ❖ **Sistemas estructurales.-** Exploración de sistemas estructurales en guadúa que soporten esfuerzos a tracción, compresión y flexo compresión.
- ❖ **Aplicaciones arquitectónicas.** Se hicieron con el objeto de aplicar las conclusiones logradas de los ensayos de laboratorio.
- ❖ **El contenido de humedad.-** de la guadúa debe corresponder con el contenido de humedad de equilibrio del lugar. Cuando las edificaciones se construyan con guadua en estado verde se deben tener en cuenta todas las precauciones posibles para garantizar que las piezas al secarse tengan el dimensionamiento previsto en el diseño. La guadua estructural debe tener una buena durabilidad natural o estar adecuadamente preservada. Además se deben aplicar todos los recursos para protegerla mediante el diseño del contacto con la humedad, la radiación solar, los insectos y los hongos. (Poppens & Morán, 2005) (ORDOÑEZ, MEJÍA, BÁRCENAS, & ECOLOGÍA, 2002)

En la presente etapa de investigación, me centraré en el desarrollo y armado de los diferentes paneles, tomando en consideración aspectos de pauta como los realizados en la Universidad Católica Santiago de Guayaquil, cuyos paneles ECU-BAM, nos servirán de guía para la nueva propuesta, porque considero que lo que ya está realizado como trabajo previo, es necesario para poder dar un paso más, hacia algo nuevo y de manera especial el poder utilizar los materiales del medio, aunque el tema tecnología se nos complique por los altos costos.

Con la velocidad con que se han ido generando nuevos sistemas constructivos, en los diferentes materiales, en donde los prefabricados han caminado junto a un proceso de industrialización difícil de separarlos, no podríamos quedar al margen de estos procesos, sino más bien buscar nuevas alternativas modulares, para generar un producto que pueda ser adquirido por cualquier familia, de cualquier posición económica.

El haber realizado un análisis previo sobre la guadúa y conocer su comportamiento, nos va a permitir tener un criterio mucho más amplio de su manejo, preservación y utilización como material, que de apoco ha ido ganando terreno en el ámbito constructivo en nuestro país, porque de acuerdo al Censo de Población y Vivienda del 2010, y al análisis que realiza el Arq. Jorge Morán, “...en el Ecuador existen 329,416 viviendas de caña, habitadas por 1’647.080 ecuatorianos,” aunque la mayoría se encuentran emplazadas en la Costa, viviendas que por su sistema constructivo se han catalogado como un símbolo de pobreza, y discriminación, pero, consiente que éste problema se pueda revertir utilizando un adecuado sistema prefabricado, se busca con ésta propuesta, el no segregar a las familias de escasos recursos, sino generar una proposición que dignifique al ser humano, sea cual fuere su grupo social.

Para la propuesta se ha considerado el módulo de diseño de 60 x 60cm, el cual nos permite tener una matriz de trabajo que no afecte el desarrollo de actividades y necesidades básicas de habitabilidad en



3. CAPITULO III (PROPUESTA)

TEMA: MODELO DE PANEL PREFABRICADO EN GUADÚA, APLICADO A LA INDUSTRIALIZACIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN, PARA DIVISIONES VERTICALES

3.1. INTRODUCCIÓN:



los diferentes espacios que forman parte de una vivienda, así como su altura y circulación vertical.

Los paneles prefabricados, se han convertido en un reto dentro de mi propuesta, por la necesidad de darle otra óptica al material (caña guadúa), manteniendo costos medios y con la utilización de materiales de reciclaje, para su acople en el sistema, al mismo tiempo que cumplan funciones de relleno, aislamiento térmico y acústico, porque la resistencia viene dada por las latillas de guadúa en sus dos paredes de revestimiento.

3.2. MATERIALES NECESARIOS

3.2.1. INTRODUCCIÓN:

Para la realización de los diferentes paneles se ha cumplido con una serie de etapas en el proceso de obtención de la materia prima, en éste caso de la guadua angustifolia, como elemento principal para el armado de los paneles, éste proceso se realiza bajo las criterios técnicos de su manejo, curado y secado del material.

Paralelo a esto se ha realizado una recopilación de algunos materiales para el relleno, los que formaron parte de éste proceso experimental, pensando en todas las alternativas de fácil abastecimiento, económicas, livianas, naturales, descartando todo tipo de productos industrializados.

3.2.2. TABLEROS DE GUADÚA PARA ENVOLVENTE:

3.2.2.1. GUADÚA ANGUSTIFOLIA:

“.....Un material estructural como la guadúa, y unas técnicas constructivas muy nuestras, nos abre las puertas para que desde la periferia del tercer mundo tropical, apoyados en nuestra bio-etno diversidad, se den propuestas enriquecedoras sin complejos de inferioridad....” nos dice Simón Vélez, en uno sus escritos.

Se ha adquirido la materia (guadúa), en depósitos establecidos en la ciudad de Loja, la misma que es procedente de áreas rurales de algunos cantones como (Alamor, Catacocha y Catamayo), en estado verde con una humedad del 100%, ideal para poder realizar un seguimiento de secado y curado dentro del proceso de experimentación del material.

Desprovista totalmente de un manejo adecuado para realizar el corte, peor aún pensar en curarla, por esos criterios nativos de material de uso exclusivo para andamios.

Si se tratara de un proyecto de vivienda, existe la posibilidad de entrega de material curado y preservado, garantizando su aplicación en los diferentes proyectos que se realicen, el lugar de procedencia de ésta materia prima sería exclusivamente la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas, o algunos depósitos de plantaciones en la Costa ecuatoriana, en donde sí se le da, los tratamientos mínimos necesarios para su preservación, como es corte y curado.

Con la materia prima a disposición, se curó el material con dosis de ácido bórico y bórax en proporciones de 2-1, disuelto en agua, luego se aplicó el secado artificial, mediante equipos que controlan la temperatura, humedad relativa y flujo de aire, hasta dejarla en un valor del 10% de humedad, medición que se la realizó con la ayuda del protímetro, en los laboratorios de la Universidad Nacional de Loja (UNL).

Figura: 39.- Imagen de “Recolección de la materia prima desde plantaciones”



Fuente: Encalada J. 2014

También se procedió a realizar el control de plagas mediante inyección por orificios realizados con taladro en cada canuto, y control de humedad en el taller de carpintería de la UNL.

Figura 40.- Curado de la guadua con bórax y ácido bórico 2:1, control de humedad, con protímetro.



Fuente: Encalada J. 2014

Para el secado se utilizó un horno, de 1m³ de capacidad, hasta dejarlo con una humedad del 10%, con controles mediante el uso del protímetro, (Ver Fig. 41)

Figura 41.- Máquina de secado, y Protímetro.



Fuente: Encalada J. 2014

Una vez seca la guadúa, se procedió a realizar el corte y la clasificación de latillas de medidas promedio 4.5cm, de ancho y un espesor de 1.2cm, materia prima necesaria para el armado de los paneles.

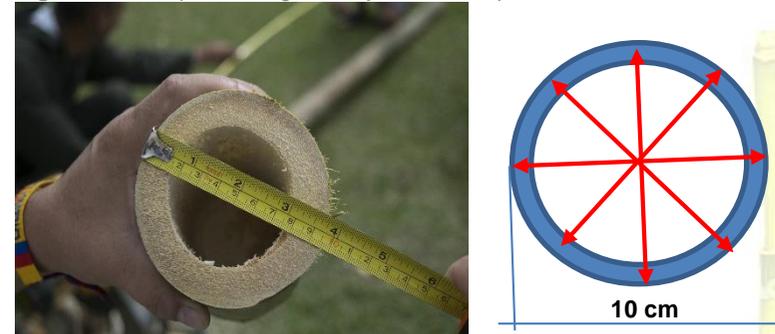
Figura 42.- Cortado de la guadúa, latillas de 4-5cm.



Fuente: Encalada J. 2014

Una vez con el material en stock, se procede a buscar alternativas en materiales para la integración de la propuesta en sus diferentes componentes.

Figura 43.- Espesor de guadúa y corte en 8 partes,



Fuente: Encalada J. 2014

3.2.3. PARANTES DIVISORIOS.

Para los parantes entre paneles divisorios, se consideró alternativas como:

- Los perfiles de latón galvanizado de forma artesanal.
- La madera en listones de 6x6cm. (pino)
- La guadúa en diámetro de 6cm, máx.

3.2.3.1. PERFILES DE LATÓN GALVANIZADO.

Se experimentó realizando perfiles, utilizando módulos cuadrados de 6*6cm, con latón galvanizado de 1-22". Se pretendía hacer la inclusión de elementos trabajados en taller, netamente artesanales, para evitar su incremento de precio final del panel.

Figura: 44.- Ensamble de perfiles de 6x6cm, método artesanal.



Fuente: Encalada J. 2014

3.2.4. MATERIALES PARA CONTENIDO INTERNO.

A las mezclas utilizadas en el contenido interno del panel, se las ha clasificado en tres grandes grupos, que son:

- Industriales,
- Naturales; y,
- De reciclaje.

3.2.4.1. FIBRAS Y PRODUCTOS INDUSTRIALES:

FIBRAS DE ACERO DRÁMIX: que son alambres de acero de alta calidad trefilado en frío con extremos conformados para un mayor anclaje, se utilizará éstas fibras de acero en el mortero de hormigón para evitar colocarle una malla interna, con un significativo ahorro de tiempo y desperdicios, ya que posee una muy buena resistencia a la fatiga y controla muy bien las fisuras.

Figura: 45.- Fibra de acero Drámix.



Fuente:

https://www.google.com/search?q=dramix&client=opera&hs=Rh&source=Inms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjy3ojLfLAhWJqB4KHfUEBDMQ_AUIBygB&biw=1093&bih=526

POLIURETANO: Los poliuretanos con diversas aplicaciones en la construcción, debido a las excelentes propiedades de aislamiento térmico, su bajo peso y otras características que ha permitido experimentar en el relleno, como se analizará posteriormente.

Figura: 46.- Planchas de poliuretano y estratos.



Fuente: Encalada J. 2014

3.2.4.2. FIBRAS Y PRODUCTOS NATURALES:

Se ha buscado algunas alternativas en fibras naturales para integrarlas en ésta propuesta, considerando que en los actuales momentos todo conduce a la obtención de una arquitectura sostenible y sustentable desde todo punto de vista, sin descartar un aporte en al ámbito constructivo.

PAJA: elemento presente en gran cantidad, sobre los 2300msnm, en algunas provincias de nuestra serranía, flexible, mucha fibra, fácil manejo, liviano, entre muchos otros atributos que hacen de éste un material con buenas características para su uso.

Figura: 47.- Pajonal y cortado en trozos.



Fuente: Encalada J. 2014

CABUYA: La fibra de cabuya o penco es muy resistente, en la actualidad se la utiliza para la realización de artesanías, durante muchos años fue una gran fuente de trabajo tanto en Ecuador como en Colombia en la fabricación de sacos para el café, pero fue relegada por el plástico y el cartón, ésta posee muchas ventajas ambientales y económicas, por ser una fibra natural biodegradable, experimentaremos su utilización en la fabricación de paneles.

Figura: 48.- Cabuya secándose, y desfibrada..



Fuente:

<https://www.google.com/search?q=cabuya&client=opera&hs=04p&biw=1093&bih=526&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ved=0ahUKEwjYqqrAjbLahWIGx4KHVH2CH0QAUIBvqB>

PIEDRA PÓMEZ: La piedra pómez es una piedra de origen volcánico y de diversas formas, alargadas y angulosas, muy útil si se piensa en el aliviamiento de los morteros dentro de los paneles, pudiendo alternar su uso con otros materiales.

Figura: 49.- piedra pómez, mina de explotación



Fuente: Encalada J. 2014

3.2.5. MATERIALES DE RECICLAJE:

Para nadie es desconocido que en el sector de la construcción, se presenta como uno de los núcleos más contaminantes debido a los inadecuados manejos en la obtención de la materia prima y los desechos de la misma, se ha olvidado la búsqueda del equilibrio entre la elaboración de un proyecto y la obtención de los materiales para hacerlo.

Si tenemos claro que el reciclaje es el proceso de convertir un producto ya usado en uno nuevo, precisamente para prevenir el desuso de materiales potencialmente útiles. (RECICLAJE, 2010)

Las basuras están constituidas por materiales y objetos desechados que obligan a la población a su reposición, con una fuerte presión de demanda sobre la naturaleza (medio ambiente), por lo que se ha visto en algunos materiales su reutilización como una posibilidad técnica, ecológica, económica y social en la generación de un material

potencialmente constructivo, para éste proyecto tomaremos tres materiales como alternativa:

BOTELLAS PET: El PET es un material 100% reciclable, y existe en abundancia en nuestro medio, últimamente se han realizado grandes campañas de reciclaje a nivel nacional y local, en parques y plazas, logrando tener una gran acogida, aun así, sigue contaminando ríos, mares por falta de concienciación de las personas.

Pero es un material que existe en abundancia, liviano, resistente, muy útil para los objetivos de éste proyecto.

Figura: 50.- Reciclaje de PET, en botadero municipal de Loja.



Fuente: Foto proporcionada por María Celi.

CUBETAS DE HUEVOS: Las cubetas de huevos se desechan en grandes cantidades, denominadas también envases biodegradables, por ser láminas de cartón prensado, siendo lo más interesante de los cartones de huevos, su forma, que aíslan el sonido y bien podrían ser éstos los materiales necesarios y suficientes para trabajar en paneles como su componente interno, en virtud que además poseen una gran resistencia a la compresión y son extraordinariamente livianos.

Figura: 51.- Cubetas de huevos, resistencia de cubetas.



Fuente: Encalada J. 2014

ASERRÍN FINO: se recicla el polvo de aserrín, que es producto del corte industrial en los grandes almacenes de venta de tableros contrachapados, la mayoría de éste material va al basurero, muy liviano, versátil, unido con otros materiales pegantes ofrecen buenas características de dureza, aislamiento térmico y acústico.

Figura: 52.- Imagen: Reciclaje de aserrín y polvo de madera.



Fuente: Encalada J. 2014

Con todos éstos materiales, experimentaré algunas alternativas en la elaboración de paneles y el montaje entre ellos.

3.3. CRITERIOS DE DISEÑO:

Con todos éstos materiales a disposición, se busca la mejor alternativa para los tableros, se han mezclado algunos materiales, hasta obtener los mejores resultados.

3.3.1. DISEÑO MODULAR.

Al hablar de “*modulación, diseño o construcción modular*”, se debe entender que se refiere a un sistema de construcción o montaje que viene dado desde el mismo concepto del anteproyecto y que se reflejará en la edificación misma.

Únicamente son aquellas edificaciones que han sido concebidas desde su proyecto inicial con todas las características acordes a la construcción modular. Las características de las edificaciones modulares y prefabricadas son particularmente notorias y eficientes, de entre las cuales tenemos:

- Realización de estructuras mayores en ambientes controlados, diferentes a la localización final de la obra.
- Construcción con menor humedad.
- Flexibilidad de montaje.
- Facilidad de armado.
- Economía en tiempos de ejecución, que se traduce a economía monetaria.
- Fácil reemplazo de las partes.
- Posibilidad de crecimiento.
- Transporte a obra acorde a un plan de logística y montaje.

En definitiva, el futuro de la construcción modular es extraordinariamente amplio. Las construcciones venideras, incluidas las viviendas, deberán tener necesariamente un concepto de modulación desde la idea inicial, al igual que los conceptos de arquitectura reciclable, sostenible y eficiencia energética. En sí, las

construcciones modulares poseen una calidad constructiva superior a las tradicionales ya que son producidas en fábricas con altos estándares de control.

Un proyecto en base a la industrialización de la construcción reduce el número de dudas y errores en obra, a la vez se reducen las horas de construcción. Las ventajas de la misma, además de las expuestas son:

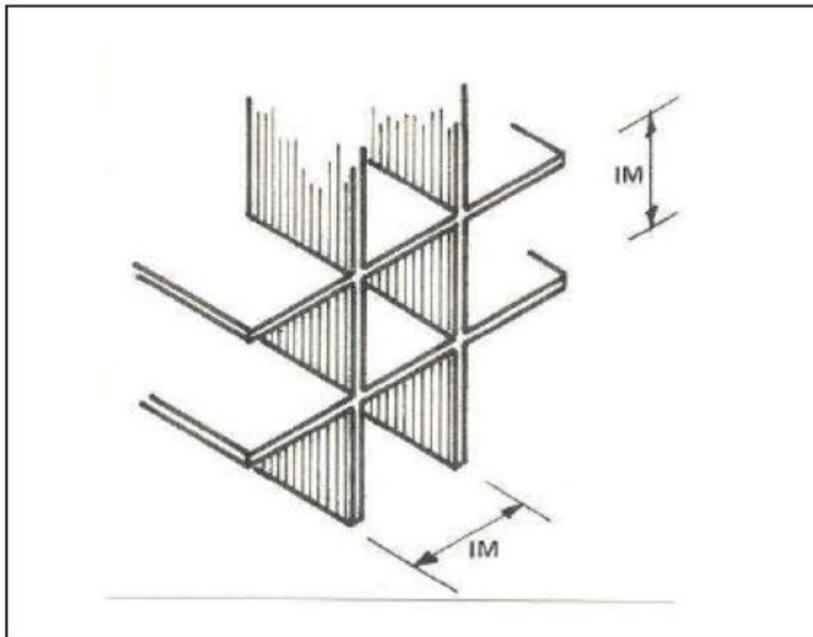
- Ahorro de tiempo, la velocidad en construcción es notable, esto se debe a que la mayoría de las piezas son producidas en una fábrica y no se incurre en retrasos de mano de obra, inconvenientes climáticos o problemas relacionados con los materiales.
- No existe la necesidad de contratar mano de obra especializada, lo cual, incrementa el resultado en cuanto a calidad y precio.
- Ahorro de dinero, aproximadamente un sistema modular, a igualdad de calidades de acabados respecto a la construcción tradicional, puede representar un muy apreciable 20% de ahorro (Ropero Rago, 2013).
- Ahorro de recursos: optar por un sistema de fabricación realmente poco agresivo con el medio ambiente y eco-sostenible. Debemos ser conscientes del cambio climático, las pérdidas irreversibles de los ecosistemas y la polución.
- Reducción de los desperdicios: ya que la mayoría de elementos se producen en la fábrica, los desperdicios en obra son menores, pero el tratamiento de los mismos es mayormente controlado y reciclado en la fábrica.
- Se pueden acoplar nuevos módulos a la construcción: debido a la versatilidad de la edificación modular es posible aumentar el área cubierta en una obra, con variaciones en el diseño interior.

Dentro del diseño modular, existen otros términos que debemos de tomar en cuenta para entender la propuesta modular planteada.

La Coordinación modular (INEN, 1977) o dimensional (Carelli Cerdá, 2012), que es la técnica que permite relacionar las medidas del proyecto con las medidas modulares, por medio de un reticulado espacial de referencia.

El Módulo, en la edificación, sirve para indicar la elección de un parámetro o unidad de magnitud, como referencia para determinar la coordinación modular o dimensional de las partes de un organismo arquitectónico. La unidad de magnitud para esta coordinación puede ser lineal o tridimensional; en el primero de los casos, se tiene el módulo-medida; en el segundo, el módulo objeto.

ESQUEMA: 8 Módulo

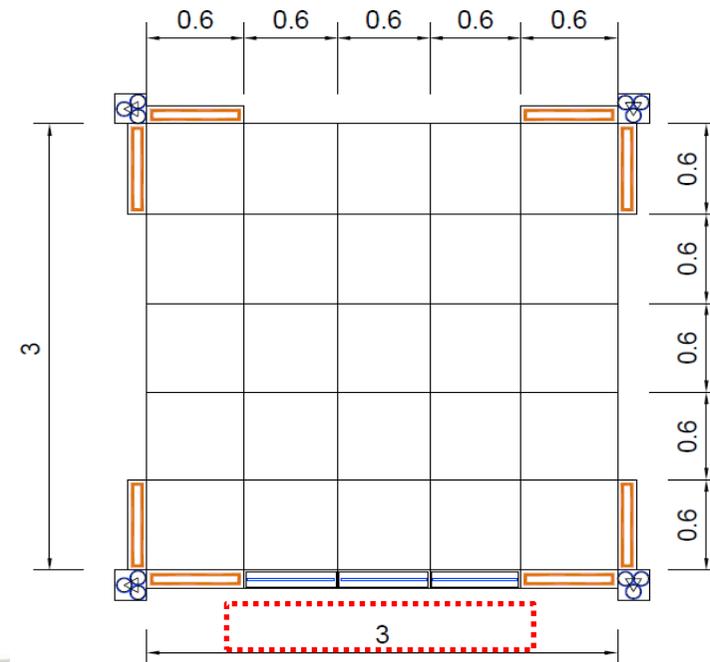


Fuente: INEN. Coordinación modular de la construcción bases, terminología, simbología y condiciones generales (INEN, NORMATIVA, s.f.)

3.3.2. DESCRIPCIÓN DE LA TRAMA

Para centrarnos dentro de un criterio amplio de industrialización de paneles, debemos partir de un componente básico como es la **TRAMA MODULAR**, para el presente proyecto se ha utilizado en planta, una trama de 3.00 x 3.00 m, para que puedan ser adaptados módulos de paneles de 0,60 x 0,60m, lo que nos permitirá tener una serie de elementos integrales para su repetición, que puedan ser adquiridos de un catálogo de proveedores, con la facilidad de jugar con los requerimientos de los potenciales clientes, como se expresa en los siguientes esquemas. (Ver esquemas 8-9).

ESQUEMA: 9 Trama en Planta Arquitectónica



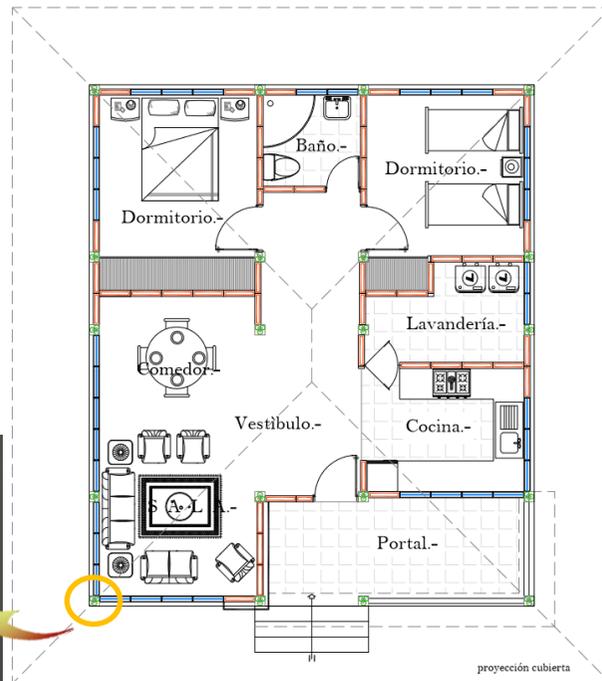
Fuente: Encalada J. 2014

3.3.3. PROTOTIPO DE VIVIENDA

Para lograr este cometido, se parte de la elaboración de un modelo de vivienda tradicional mínima, realizado en guadua, sobre una estructura de hormigón armado elevada, con cubierta a cuatro aguas, lo que me permitirá poder analizar todas las uniones y acoples necesarios, tanto estructurales como decorativos, internos y externos.

La disposición espacial es de dos dormitorios, baño completo, sala comedor, cocina, área de servicio y portal al ingreso. (Ver esquema 10 y 11: Modelos de vivienda tipo), recordando siempre que nuestro objetivo principal, está enfocado en la fabricación de los paneles y no en el diseño de la vivienda.

ESQUEMA: 10 Planta Arquitectónica, esquema de columna



Fuente: Encalada J. 2014
ESQUEMA: 11 Elevación frontal



Fuente: Encalada J. 2014

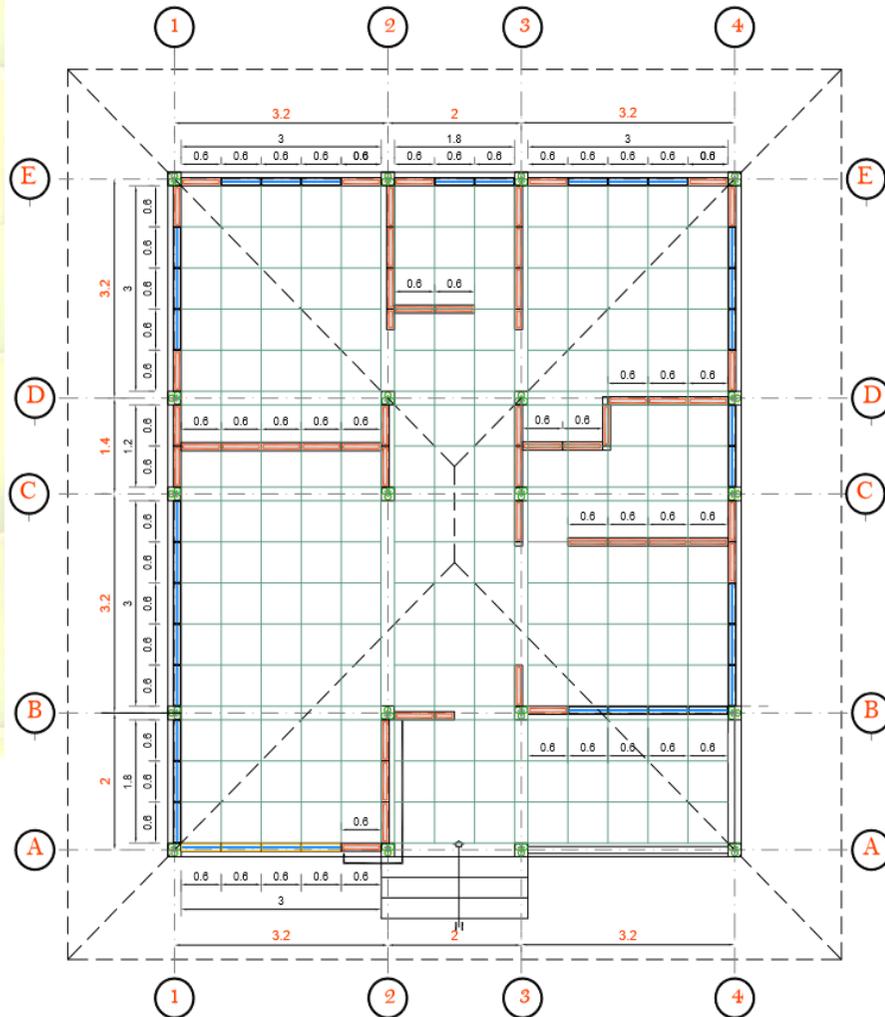
De acuerdo a la propuesta de la vivienda, se ha modulado el uso de los tableros tomando en consideración que la estructura la realizaremos en Bambú, (Ver esquema 10-11), cuya columna de soporte está conformada por tres guadúas en un solo ligado, esta predisposición nos permite jugar en cuanto a la solución de las uniones.

3.3.3.1. SISTEMA DE ESTRUCTURA

Dentro de la propuesta estructural que se plantea, se considera diseñar columnas con una medida de 20cm, dicha columna estará compuesta por tres guadúas, unidas mediante pernos y ganchos, cerrando los espacios empleados por los paneles modulares. (Ver esquema 10) las medidas se especificarán en detalles de armado.

Por lo tanto los ejes estarán 20cm más, del ancho de los paneles en conjunto, como se observa en la planta arquitectónica.

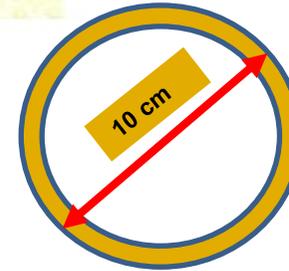
ESQUEMA: 12 Planta Arquitectónica, división de módulos y sistema estructural



Fuente: Encalada J. 2014

Para cumplir con los estándares, se ha considerado los variados espesores que posee la guadúa angustifolia, por lo que se trabajó con

material de diámetro promedio de 10cm, cuyo espesor de la pared del culmo está entre los 8 y 10mm, éstos datos se los describe en el siguiente cuadro. (Ver cuadro 2)



Existen datos sobre la guadúa que se han verificado y forman parte de un conocimiento general de éste material, éstos tienen relación a las propiedades físico-mecánicas, que han servido de base para nuevas investigaciones a nivel mundial y han sido recogidas en innumerables artículos de revistas especializadas y se han transmitido en diferentes seminarios locales e internacionales.

CUADRO: 2 Datos registrados en una guadúa Angustifolia.

DETALLE DE LA GUADUA ANGUSTIFOLIA		
DESCRIPCIÓN	MEDIDAS (CM)	
	mínimo	máximo
ESPESOR	0,80	1,20
DIÁMETRO DEL CULMO	9,00	12,00
LARGO CANUTO	25,00	30,00
LARGO GUADÚA	1500,00	3000,00
PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS		
COMPRESIÓN	280 Kg/cm ²	710 Kg/cm ²
FLEXIÓN		1810 Kg/cm ²
TENSIÓN		3100 Kg/cm ²

Fuente: I SEMINARIO INTERNACIONAL DE INNOVACIONES CON BAMBU: EXPOSICIÓN DEL ARQ. JORGE MORÁN UBIDIA.

3.3.4. MODELO DE PANEL

Mi propuesta de panel, se basará en el armado de **PANELES TIPO SANDWICH** (de 10cm de espesor), que serán productos industriales formados por un alma de material aislante (cualquiera de los productos descritos anteriormente) y dos caras de tableros derivados de la guadúa (guadúa picada en latillas y armada en paneles), aunque también se incluyen paneles.

La propuesta de estos tableros, la sustentaré con los siguientes argumentos:

ESQUEMA: 13 Ejemplo de panel tipo sándwich

FUENTE: <http://www.casasrestauradas.com/panel-sandwich-i-que-es-y-para-que-sirve/>



Existen algunos modelos de paneles en el mercado, con dimensiones mínimas (1,5cm a 3cm de espesor) como los realizados por la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, (ECU-BAM, ESTER-BAM, entre otros) los

que ya hemos analizado en un capítulo anterior, o como los de Carlos Villegas de Colombia que se utilizan mucho en pisos y laminados (vigas, columnas), serán el inicio de propuesta.

- El panel sándwich puede ser un material muy ligero, con un sistema de colocación fácil y rápida.
- Ofrecer al usuario la posibilidad de mejorar las condiciones acústicas, térmicas (para reducir las pérdidas y ganancias de calor), de sus locales exteriores e interiores mediante el

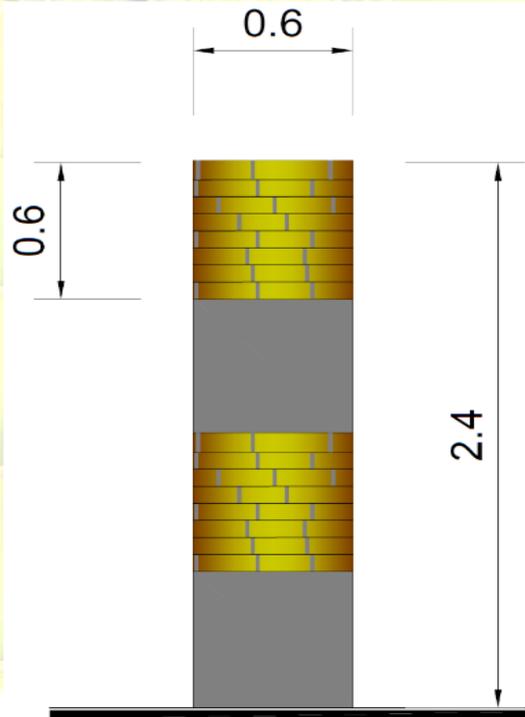
empleo de éstos paneles divisorios, sin importar el lugar de su emplazamiento (Costa, Sierra, Oriente).

- Ofrecer al cliente una nueva alternativa de selección, cuyo espesor le daría una relativa sensación de seguridad.
- De por sí, el tablero resulta ser pesado con las dos caras de guadua, por lo tanto introduciremos materiales livianos en su composición media, con el uso de los materiales descritos anteriormente, en sus diferentes alternativas de diseño.
- Acabado interior, aislamiento y soporte, en un único producto.

3.4. DESCRIPCIÓN DEL PANEL

ESQUEMA: 15 Descripción del panel, incluido el marco estructural

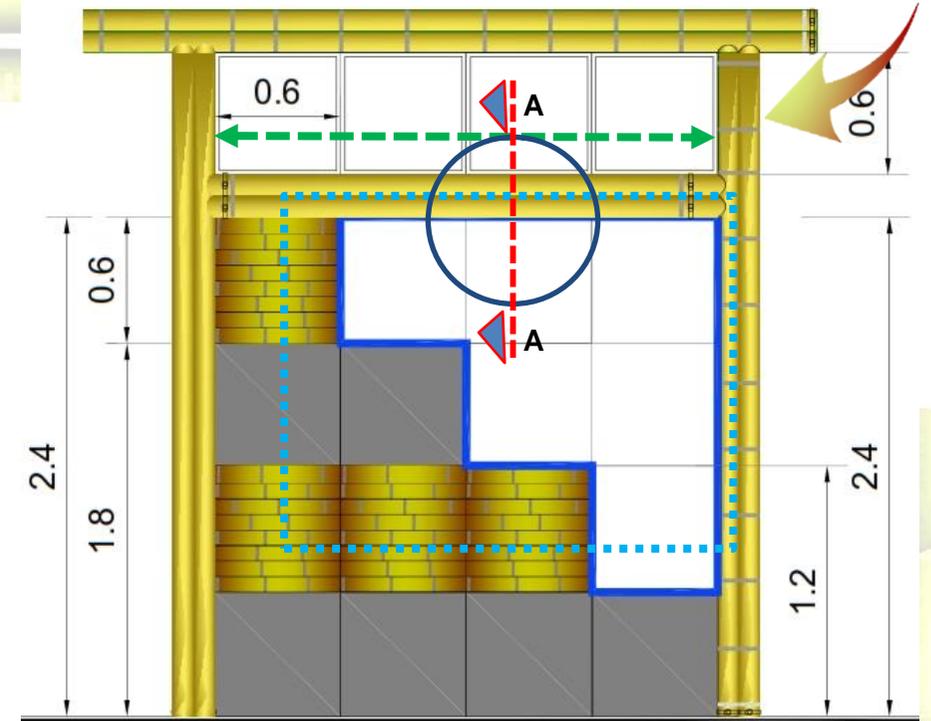
ESQUEMA: 14 Detalle de panel en alzado
Fuente: Encalada J. 2014



La propuesta del panel principal sería de 60cm x 240cm x 10cm de espesor, con la finalidad de obtener una sección cuya medida modular se acople a las circunstancias de diseño, esto quiere decir que si se necesitara un panel más pequeño, tendría que ser múltiple de esa medida, ejemplo de 0,60-1,20-1,80cm. (Ver esquema 14).

Por el diseño del modelo de vivienda, tomando en consideración que el 2,40m de altura entre piso y cielo raso es demasiado pequeño, se procede a la colocación de un nuevo

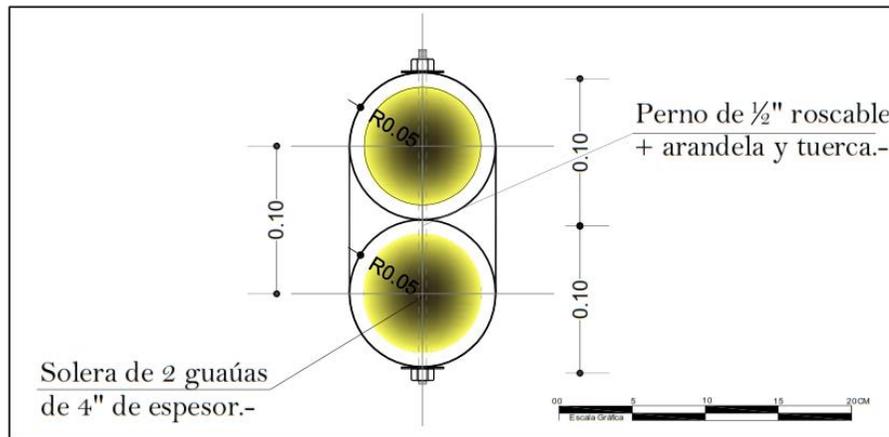
módulo mínimo (0,60X0,60m), en sentido horizontal, (Ver esquema 15), entre soleras de guadúas (de dos unidades), amarradas y aseguradas estructuralmente, entre sí. (Ver esquema 16) Corte A-A.



Fuente: Encalada J. 2014

Las soleras que se encuentran a 2.40m de altura, son consideradas elementos de fijación de los paneles, por lo tanto la unión que se realizará será la llamada "boca de pescado" a los parantes principales de columna.

ESQUEMA: 16 Descripción del panel, incluido el marco estructural (Corte A-A)



Fuente: Encalada J- 2014

3.4.1. PROCESO GENERAL DE FABRICACIÓN DE LA ENVOLVENTE (GUADÚA)

En la propuesta formulada y tomando en consideración que se busca realizar un panel de una forma más sencilla, con materiales que se encuentren a la mano o de fácil acceso, se ha utilizado la cola blanca tipo industrial para madera, en vista de que seca mucho más rápido que la normal amarilla.

En todos los procesos industriales que maneja la Universidad Católica Santiago de Guayaquil, así como algunas empresas productoras de paneles, han experimentado con pegantes nuevos, producto de avance científico, involucrando técnicos químicos en su investigación, resultados y fórmulas que aún no son públicos.

El envoltente del panel propuesto será único (latillas de guadúa), lo que cambiará, será la constitución interna, dando lugar por su relleno a tres tipos diferentes de panel.

Cada cara exterior estará formada por latillas de guadúa encolada una con otra y son ensambladas con 24 horas como límite, antes de montar el proceso de relleno en su parte interna.

Para el proceso de producción de éste panel tipo sándwich se ha seguido los siguientes pasos:

ESQUEMA: 17 Proceso general de producción del panel tipo sándwich



Fuente: Encalada J. 2014

3.4.1.1. SECUENCIA CONSTRUCTIVA DEL TABLERO ENVOLVENTE.

Con las latillas de guadúa cortadas y en stock, se comienza la elaboración del tablero envoltente del panel. Previamente se debe tener preparada una mezcla de aserrín + cola, la cola debe tener una dosificación de 1:1, esto quiere decir 1 porción de agua + 1 porción de cola industrial, con la finalidad de acelerar el secado se le agrega una porción de tiza que se la adiciona en proporción de una libra por cada litro de cola.

Figura: 53.- Imagen: Materiales para mezcla.



Fuente: Encalada J. 2014

PASO 1: Se procede con el encolado (cola sin agua), de 12 latillas, el largo estará determinado por el porte del tablero, que podrán ser múltiplo de 60cm, (0.60-1.20-1.80 o 2.40m).

Figura: 54.- Imagen: Encolado de 12 tablillas.



Fuente: Encalada J. 2014

PASO 2: Una vez encolada, mediante el uso de prensas se las deja protegidas de los agentes externos durante 24 horas para que se sequen y estabilicen, esto nos permitirá mantener la textura de la guadúa en la cara vista.

Figura: 55.- Imagen: Prensado de las latillas.



Fuente: Encalada J. 2014

PASO 3: Sobre la parte interior del panel, se coloca una capa ligera de mezcla (aserrín fino + cola), para nivelar su superficie.

Figura: 56.- Imagen: Capa 1 de aserrín + cola.



Fuente: Encalada J. 2014

PASO 4: Se deja secar unas horas y el tablero está listo para la siguiente etapa de la fabricación del panel.

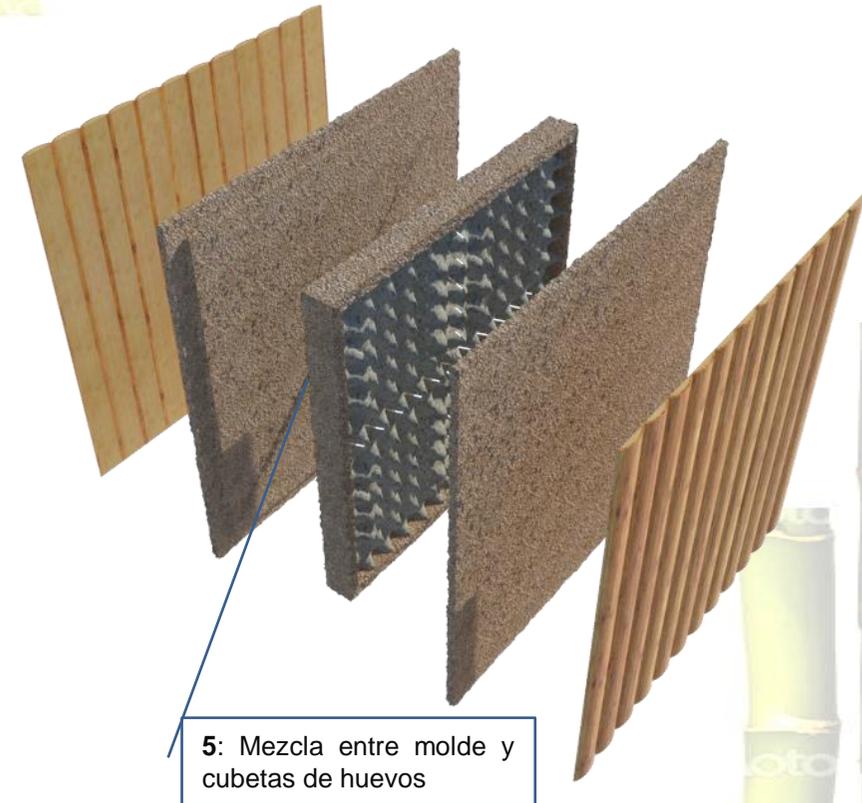
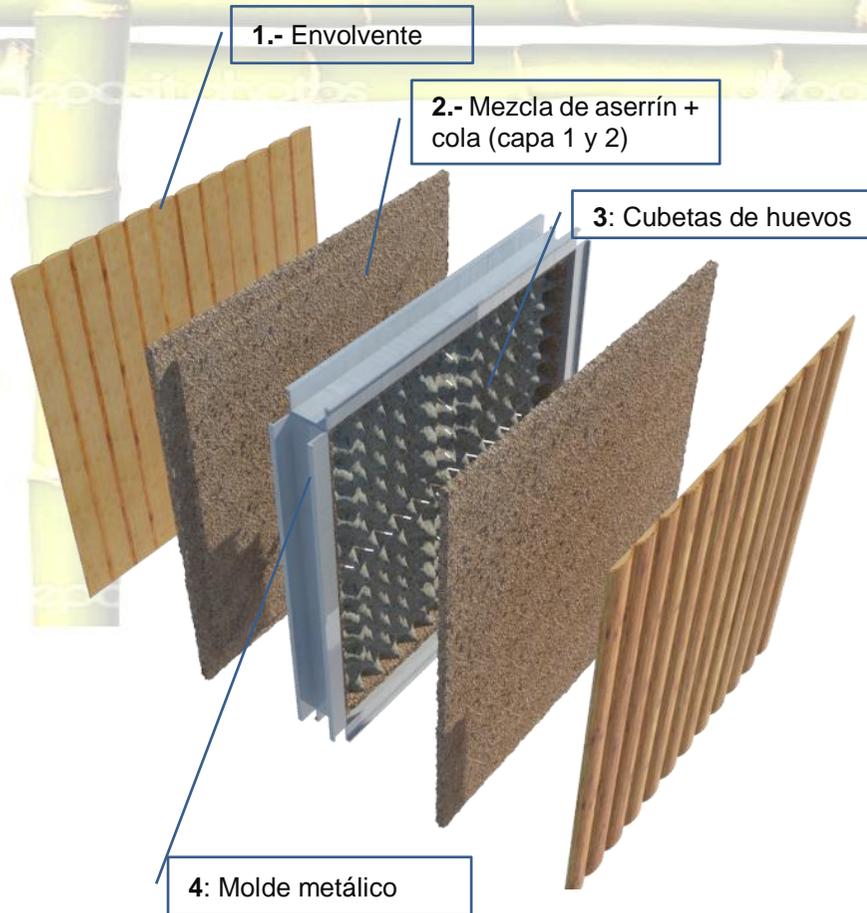
Figura: 57.- Imagen: Prensado de las latillas, tablero de 1.2m y 0.60m.



Fuente: Encalada J. 2014

ESQUEMA: 18 Secuencia de armado de tablero.

ESQUEMA: 19 Secuencia de armado de tablero II.



Fuente: Encalada J. 2014

Fuente: Encalada J. 2014

Las cantidades necesarias de material para la construcción de dos tableros y el presupuesto referencial se encuentran expresados en el siguiente cuadro: (Ver Cuadro Nro. 3)

CUADRO: 3 Cantidades y presupuesto del 2 tableros en guadúa.

MATERIALES UTILIZADOS PARA LA ELABORACIÓN DE DOS TABLEROS EN GUADÚA				
COMPONENTES (1200 x 600 x 1,5mm)=0.72m ²	UNIDAD		CANTIDAD UTILIZADA PARA (2 paneles)	
			Cantidad	Costo Total
Guadúa Angustifolia	Lonitud (m)	Costo (\$.)	0.275	2.20
	6.00	8.00		
Polvo de aserrín	Kg	Costo (\$.)	0.04	0.04
	25.00	1.00		
Pegamento INDUSTRIAL	Galon	Costo (\$.)	0.25	2.20
	1.00	8.78		
Barniz	Galon	Costo (\$.)	0.12	1.44
	1.00	12.00		
Polvo de tiza	libra	Costo (\$.)	0.33	0.25
	1.00	0.76		
Mano de Obra (4M X hora)	Carpintero + ayudante	Costo hora	0.33	2.13
	1.00	6.40		
Máquinas de corte cepillado	Gbal	Costo/hora	0.33	0.99
	1.00	3.00		
COSTO TOTAL:			\$ 8.26	
COSTO x m2:			\$ 11.47	

Fuente: Encalada J. 2014

El costo de los dos tableros es de \$8.26 dólares americanos y el precio por metro cuadrado es de \$11.47 dólares.

Este tablero será el prototipo del envoltente para el análisis de todas las alternativas propuestas.

3.4.1.2. PROPUESTAS DE RELLENO DEL PANEL.

ESQUEMA: 20 Molde metálico.

Para las diferentes alternativas de relleno del panel, fue necesario construir un molde (Ver Fig. 58), en plancha galvanizada Nro. 22, (tipo molde de queso), con posibilidad de enganche de sus cuatro extremos y cerrando el cuadro con dos pernos, que permitan el desmolde de una manera sencilla y rápida.

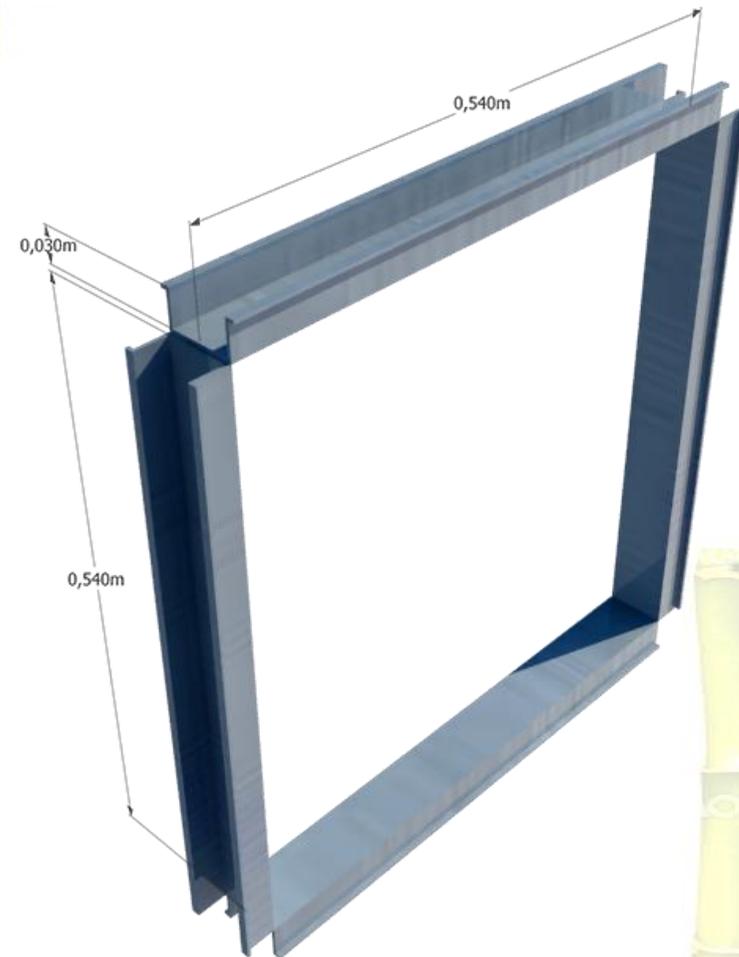
El objetivo del molde es dejar 3cm de juego a cada lado, independientemente de la longitud del tablero.

Figura: 58.- Imagen: Molde de plancha galvanizada.



Fuente: Encalada J. 2014

Todas las alternativas que se describan a continuación, tendrán como tablero externo el envoltente anteriormente descrito, de ésta manera sólo se detallarán los materiales para el contenido interno.



Fuente: Encalada J. 2014

ALTERNATIVA 01

Por el carácter húmedo de ésta alternativa, se opta por utilizar plancha tropical de 9mm, por la resistencia que presenta ante la humedad.

Los materiales que se utilizan en ésta propuesta son los siguientes:

- 1) Tablero Tropical MDPRH de 9mm
- 2) Pegante industrial
- 3) Alambre de púas + tornillos
- 4) Drámix,
- 5) Poliuretano
- 6) Cemento,
- 7) Piedra pómez,
- 8) Agua,
- 9) Fibra natural (cabuya)

Con la materia prima a utilizar, se comienza a la elaboración de los tableros, como se indica en la siguiente secuencia:

PASO 1: Sobre el tablero de guadúa se adhiere una plancha de Tropical de 9mm, y se entreteje en forma de cruz alambre de púas, para fijarla a la plancha, con la finalidad de que la mezcla no se desprenda del mismo.

Figura: 59.- Imagen: Alambre de púas en cruz sobre plancha.



Fuente: Encalada J. 2014

PASO 2: Se coloca el molde de plancha galvanizada, para colocar el relleno.

Figura: 60.- Imagen: Alambre de púas en cruz sobre plancha.



Fuente: Encalada J. 2014

PASO 3: Se prepara la mezcla con los materiales necesarios, los porcentajes se presentan en el cuadro siguiente (Ver cuadro Nro. 4), se usa la mezcladora para tener una masa homogénea.

Figura: 61.- Imagen: Mezcla de los componentes empleados, con mezcladora.



Fuente: Encalada J. 2014

PASO 4: Se vierte la mezcla sobre el tablero hasta el límite del molde, luego con la ayuda de una tira de madera o metal se nivela toda la parte rellena.

Figura: 62.- Imagen: Relleno del molde.



Fuente: Encalada J. 2014

PASO 5: Se coloca el tablero superior a manera de tapa, el mismo que se adaptará a la medida de los moldes, haciendo presión y movimiento, para que se introduzca el alambre de púas en la mezcla y lograr una buena adherencia.

Figura: 63.- Imagen: Colocación del tablero superior o tapa.



Fuente: Encalada J. 2014

PASO 6: Luego de armado el panel, es limpiado y retirado para que proceder al secado. A las 4 horas se retira el molde, para continuar con los paneles siguientes.

Figura: 64.- Imagen: Colocada y limpieza de la tapa.



Fuente: Encalada J. 2014

A continuación se presenta un listado de materiales con porcentajes utilizados en la elaboración de un tablero tipo.

CUADRO: 4 Componentes, cantidades y costo de panel de Alternativa I.

MATERIALES UTILIZADOS PARA SU COMPONENTE INTERNO EN LA ELABORACIÓN DE UN PANEL (TIPO 01)				
COMPONENTES (1200 x 600 x 1,5mm)=0.72m ²	UNIDAD		CANTIDAD UTILIZADA PARA (1 módulo)	
			Cantidad	Costo Total
Tablero Tropical MDPHR 9mm	Plancha (1,22 x 2,44m)	Costo (\$.)	0.48	7.76
	1.00	16.00		
Drámix	Kg	Costo (\$.)	0.28	3.36
	20.00	12.00		
Poliuretano (esferas de 0,1cm)	Kg	Costo (\$.)	0.24	3.84
	1.00	16.00		
Cemento	Kg	Costo	5.00	0.80
	1.00	0.16		
Piedra pómez	m ³	Costo	0.015	0.08
	1.00	5.00		
Água	m ⁴	Costo	0.0015	0.01
	1.00	5.00		
Fibra natural (cabuya) *	Kg	Costo	0.06	0.72
	1.00	12.00		
Mano de Obra (3módulos X hora)	Albañil + ayudante	Costo hora	0.33	2.13
	1.00	6.40		
Herramienta menor (5% MO)	Gbal	Costo/hora	1.00	0.11
	1.00	0.11		
		COSTO TOTAL:		\$ 18.80
		COSTO x m²:		\$ 26.11

Volúmen de 1 Módulo: (0.57*0.57*0.06)=0.019m³

Fuente: Encalada J. 2014

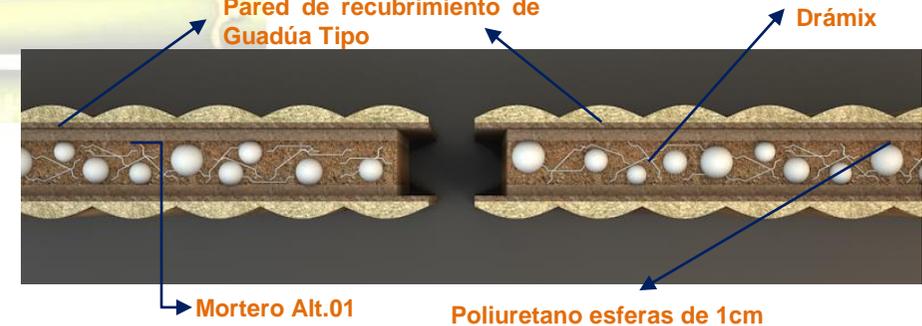
*La fibra de cabuya forma parte de éste componente, por la necesidad de adherencia que precisa la mezcla, ya que en una primera muestra no se la colocó este material y se fisuró con mucha facilidad.

El precio de cada módulo sería de \$18.80 dólares americanos, es decir que cada metro cuadrado de panel costaría \$26.11 dólares.

Si a esto le sumamos el costo de los tableros de guadúa que es de \$11.47 dólares.

Tableros de guadúa:	\$ 11.47
Módulo Alternativa I:	\$ 26.11
TOTAL:	\$ 37.58

ESQUEMA: 21 Resultado del panel Alternativa 01
Pared de recubrimiento de Guadúa Tipo



Fuente: Encalada J. 2014

En conclusión se puede determinar lo siguiente:

- ✚ Por su carácter de húmedo, éste resulta ser un elemento demasiado pesado (más de 35 kg x panel), para su movilidad y necesita de un espacio amplio, abierto y cubierto para su secado.
- ✚ El costo de su producción supera los límites de un sistema constructivo tradicional, por lo tanto no es ningún aporte en la economía para la construcción.
- ✚ Cuando se utilizan fibras, el alambre de púas dispuesto en cruz, no se introduce en el interior de la mezcla por lo que se desprende de una manera muy fácil, por tal motivo no cumple el objetivo de su uso.
- ✚ Es complicada la fabricación, demasiado desperdicio, lo que contradice los principios básicos de un elemento prefabricado.

ALTERNATIVA 02

Para ésta alternativa, se cambia el cemento por yeso, y se coloca más fibra vegetal para tratar de alivianar el panel.

Estos son los materiales necesarios para el armado de ésta segunda propuesta.

- 1) Pegante industrial
- 2) Yeso
- 3) Fibra natural (cabuya)
- 4) Fibra natural (paja)
- 5) Piedra pómez
- 6) Agua

Se sigue los siguientes pasos para el armado:

PASO 1: A la base principal del tablero se le coloca tres tirillas de la misma guadúa, que no interfiera con el molde, para poder tener una buena adherencia del mortero.

Figura: 65.- Imagen: Tablero base + 3 latillas de guadúa.



Fuente: Encalada J. 2014

PASO 2: Se prepara la mezcla con los materiales necesarios, los porcentajes se presentan en el cuadro siguiente (Ver cuadro Nro. 4), no se usa mezcladora, porque las fibras colocadas no permiten su manejo.

Figura: 66.- Imagen: Tablero base + latillas de guadúa.



Fuente: Encalada J. 2014

PASO 3: Se vierte la masa dentro del molde, la cantidad de fibra se la experimentó en varios porcentajes, para determinar su aprobación.

Figura: 67.- Imagen: Colocación de la mezcla en el molde.



Fuente: Encalada J. 2014

PASO 4: Finalmente se coloca el tablero tapa, sobre la masa, garantizando su cierre adecuado con las bases del molde para que no exista variación en la medida de tablero. Posteriormente se lo lleva para el secado correspondiente.

Figura: 68.- Imagen: Colocación del tablero tapa sobre el molde.



Fuente: Encalada J. 2014

A las dos horas se puede desencofrar, porque el yeso tiene un fraguado más rápido que el cemento.

En el siguiente cuadro se determinan las cantidades y presupuesto del presente panel.

CUADRO: 5 Componentes, cantidades y costo de panel de Alternativa II.

MATERIALES UTILIZADOS PARA SU COMPONENTE INTERNO EN LA ELABORACION DE UN PANEL Alt. 02				
COMPONENTES (1200 x 600 x 1.5mm)=0.72m ²	UNIDAD		CANTIDAD UTILIZADA PARA (1 módulo)	
			Cantidad	Costo Total
Yeso	Kg	Costo (\$.)		
	20.00	9.50	0.15	1.43
Fibra natural (cabuya)	Kg	Costo	0.06	0.72
	1.00	12.00		
Fibra natural (paja)	Kg	Costo	0.50	0.08
	1.00	0.16		
Agua	m3	Costo	0.02	0.14
	1.00	9.00		
Piedra pómez	m3	Costo	0.015	0.08
	1.00	5.00		
Mano de Obra (3módulos X hora)	Albañil + ayudante	Costo hora	0.33	2.13
	1.00	6.40		
Herramienta menor (5% MO)	Gbal	Costo/hora	1.00	0.11
	1.00	0.11		
			COSTO TOTAL:	\$ 4.67
			COSTO x m2:	\$ 6.49

Volúmen de 1 Módulo: (0.57*0.57*0.06)=0.019m³

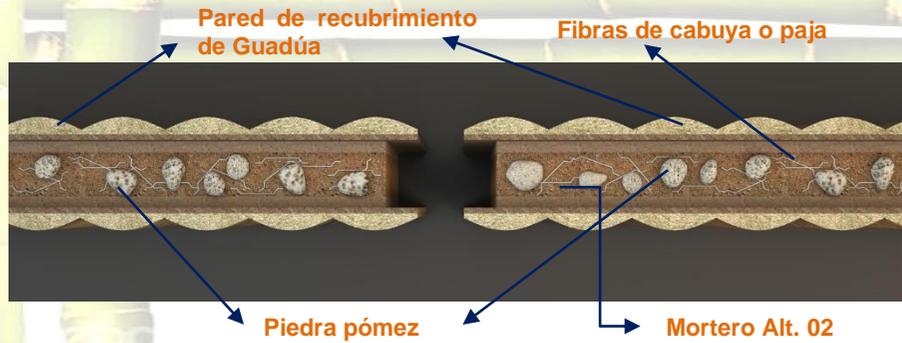
Fuente: Encalada J. 2014

Con los valores expuestos, el costo de cada módulo sería de \$4.67 dólares americanos, es decir que cada metro cuadrado de panel estaría costando \$6.49 dólares.

Si a esto sumamos el costo de los tableros de guadúa que es de \$11.47 dólares el metro cuadrado, se estaría presupuestado ésta alternativa en \$17.56 dólares americanos.

Tableros de guadúa:	\$ 11.47
Módulo Alternativa II:	<u>\$ 6.49</u>
TOTAL:	\$ 17.96

ESQUEMA: 22 Resultado del panel Alternativa 02



Fuente: Encalada J. 2014

Esta alternativa propuesta arroja las siguientes conclusiones:

- ✚ Al reemplazar el cemento por el yeso, el peso de éste módulo se reduce en un 25%, pero sigue siendo pesado y de difícil maniobra.
- ✚ Al no utilizar materiales industriales como el Drámix o poliuretano el costo disminuye, como lo expresa el valor del panel.
- ✚ Sigue siendo un sistema demasiado húmedo por el uso del agua en la muestra.
- ✚ La fabricación sigue siendo compleja

ALTERNATIVA 03

Para ésta tercera alternativa, descartamos el uso de morteros en la composición interna y se recurre al uso de materiales de reciclaje, cuyas características nos permiten proporcionar un nuevo tablero con características propias.

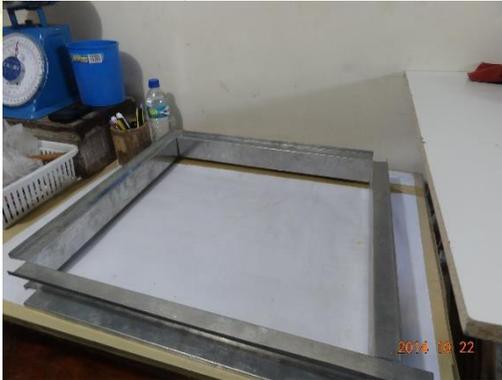
Los materiales utilizados para la elaboración del presente panel son los siguientes:

- 1) Aserrín
- 2) Pegante industrial
- 3) Cubetas de huevo recicladas
- 4) Polvo de tiza

Se desarrolla de acuerdo a los siguientes pasos:

PASO 1: Sobre la base del primer tablero se coloca el molde asegurado y enganchado en los extremos del mismo.

Figura: 69.- Imagen: Molde de latón alternativa III.



Fuente: Encalada J. 2014

PASO 2: Con el aserrín y el adherente (cola + agua, en una proporción 1:1), se elabora una mezcla en la parte interna del molde sobre el tablero de 1cm de espesor.

Este proceso se lo realiza también en el tablero tapa, de una manera paralela. El polvo de tiza puede estar mezclado directamente con una proporción de 1:1: (1libra de polvo de tiza para 1litro de cola).

Para obtener un grado extra de inmunización se puede colocar unas pequeñas cantidades de maderol, contra insectos y otros parásitos.

Figura: 70.- Imagen: Capa de mezcla aserrín + cola 1cm



Fuente: Encalada J. 2014

PASO 3: Sobre la mezcla descrita en el paso anterior, se coloca cubetas de huevo, asentadas, y separadas del molde 1cm, como material aislante y de relleno, que es muy liviano, y resistente.

Figura: 71.- Imagen: Cubetas de huevo.



Fuente: Encalada J. 2014

PASO 4: En el perímetro del molde con las cubetas se adiciona nuevamente la mezcla, de 1cm de espesor.

PASO 5: Se cierra el módulo, con la capa superior, dejando secar unas horas, luego se saca el molde quedando listo el tablero.

Figura: 72.- Imagen: Tablero listo alternativa III.



Fuente: Encalada J. 2014

A continuación se realiza un cuadro con las cantidades y precios del panel.

CUADRO: 6 Componentes, cantidades y costo de panel de Alternativa III.

MATERIALES UTILIZADOS PARA SU COMPONENTE INTERNO EN LA ELABORACIÓN DE UN PANEL Alt. III				
COMPONENTES (1200 x 600 x 1,5mm)=0.72m ²	UNIDAD		CANTIDAD UTILIZADA PARA (1 módulo)	
			Cantidad	Costo Total
Polvo de aserrín	Kg	Costo (\$.)	0.04	0.04
	25.00	1.00		
Pegamento INDUSTRIAL	Galon	Costo (\$.)	0.25	2.20
	1.00	8.78		
Cubetas de huevo	unidad	Costo	8.00	0.40
	1.00	0.05		
Polvo de tiza	libra	Costo	1.00	0.76
	1.00	0.76		
Mano de Obra (5módulos X hora)	Albañil + ayudante	Costo hora	0.33	2.11
	1.00	6.40		
Herramienta menor (5% MO)	Gbal	Costo/hora	1.00	0.11
	1.00	0.11		
COSTO TOTAL:			\$ 5.61	
COSTO x m2:			\$ 7.80	

Volúmen de 1 Módulo: (0.57*0.57*0.06)=0.019m³

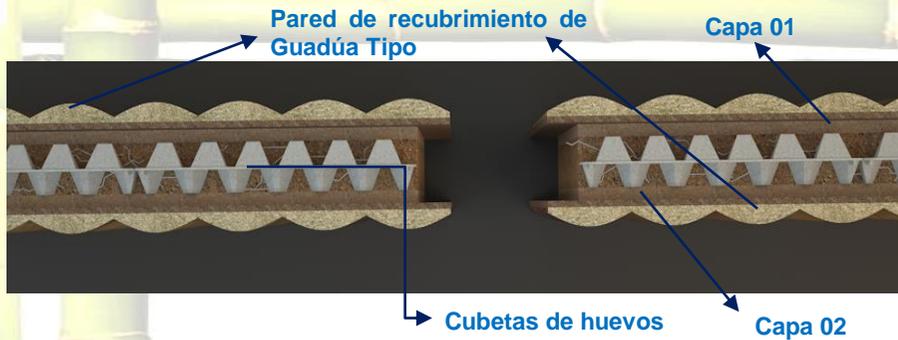
Fuente: Encalada J. 2014

De acuerdo al siguiente cuadro el costo de cada módulo sería de \$5.61 dólares americanos, y cada metro cuadrado de panel estaría costando \$7.80 dólares.

Sumando a esto el costo de los tableros de guadúa que es de \$11.47 dólares el metro cuadrado, esta alternativa estaría presupuestada en \$19.27 dólares americanos.

Tableros de guadúa:	\$ 11.47
Módulo Alternativa III:	\$ 7.80
TOTAL:	\$ 19.27

ESQUEMA: 23 Resultado del panel Alternativa 03



Fuente: Encalada J. 2014

Con ésta tercera alternativa se concluye:

- + Qué el tiempo de elaboración de cada uno de éstos se reduce con relación al anterior.
- + Qué es muy liviano, de fácil manejo en su conjunto.
- + El material utilizado es a base de productos de reciclaje,
- + Podríamos hablar de un tablero en seco, característico de los prefabricados.
- + El único material industrializado utilizado es el pegante,
- + Resultó ser un panel muy ecológico.
- + De fácil fabricación y traslado.

Por los resultados obtenidos concluyo que se elaboró un tablero con buenas características para la función que se quiere cumplir.

Técnicamente creo que la tercera propuesta es la mejor de lo experimentado, por ser la más ecológica, por el uso de materiales de reciclaje, liviana, que va permitir un adecuado manejo en el armado.

En cuanto a lo económico, en el cuadro adjunto (Ver cuadro Nro. 7), ilustra los costos de las tres propuestas, si bien es cierto no es la más

económica, presenta ventajas como las descritas anteriormente comparada con las otras opciones.

CUADRO: 7 Cuadro comparativo de las 3 alternativas.

CUADRO COMPARATIVO EN COSTOS DE (1 M² DE PANEL) CON LAS ALTERNATIVAS PLANTEADAS

Nro.	PANELES PREFABRICADOS DE GUADÚA	COSTO (Dólares)	
		MÓDULO	M2
1	Alternativa Nro. 01	\$ 27.06	\$ 37.58
2	Alternativa Nro. 02	\$ 12.93	\$ 17.96
3	Alternativa Nro. 03	\$ 13.87	\$ 19.27

Fuente: Encalada J. 2014

3.5. ALTERNATIVAS DE UNIONES PARA TABLEROS PREFABRICADOS.

En todo proceso de búsqueda de nuevas alternativas en paneles prefabricados, surgirán también nuevas interrogantes de soluciones para sus uniones, las que se han analizado tomando en consideración los múltiples requerimientos de ensamble entre sus partes.

En ésta investigación, de acuerdo al diseño de vivienda establecida como prototipo se necesita solucionar variadas formas de uniones, cuya estabilidad determinará el éxito de los tableros prefabricados.

Las temáticas básicas de unión se encuentran descritos en el siguiente listado de alternativas de acople:

- a) Unión entre panel y columna,
- b) Unión de ventana
- c) Unión entre tres paneles,
- d) Unión entre dos paneles,

3.5.1. ELECCIÓN DEL PARANTE

Las uniones necesitan integrarse con nuevos elementos orgánicos que son estrictamente necesarios para un adecuado manejo y desarrollo de los paneles, éstos son los **PARANTES**, para éste estudio se ha integrado dos materiales como son:

- PARANTES METÁLICOS
- PARANTES DE GUADÚA.

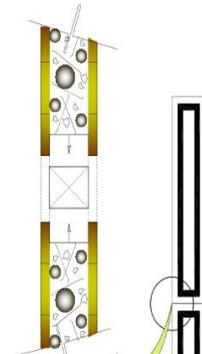
3.5.1.1. PARANTES METÁLICOS.

Son perfiles metálicos rústicos a base de plancha galvanizada de 1/22", doblada, de 6x6cm, (Ver Figura: 73); se los realizó en taller para obtener las medidas, deseadas.

Figura: 73.- Imagen: Estructura de unión en plancha galvanizada..

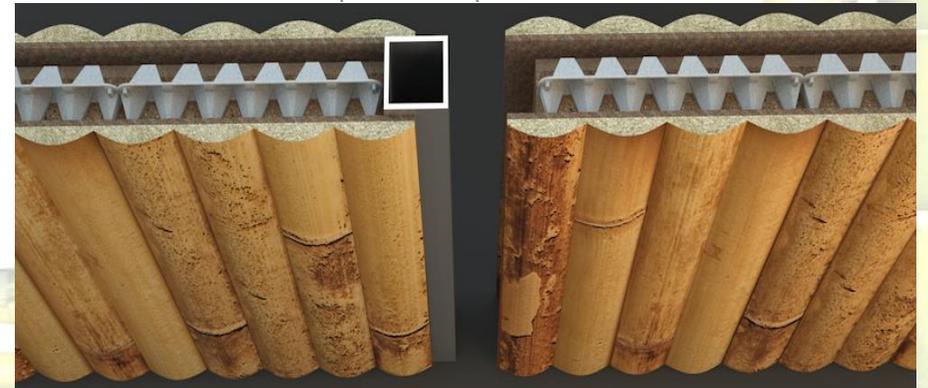


Fuente: Encalada J. 2014



Con ésta estructura se propone que las uniones sean de la siguiente manera (Ver esquema 24)

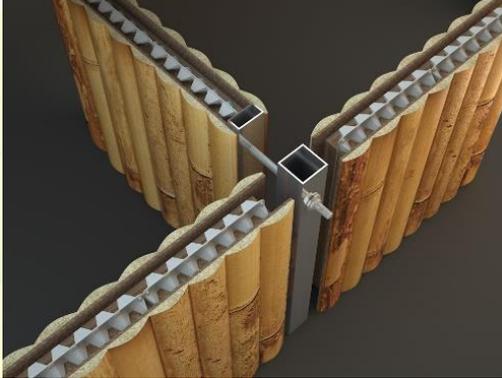
ESQUEMA: 24 Unión de dos paneles con parantes metálicos



Fuente: Encalada J. 2014

Se podría complementar las uniones con alternativas entre tres paneles (Ver esquema 25)

ESQUEMA: 25 Unión de tres paneles con parantes metálicos



Fuente: Encalada J. 2014

Las estructuras se acoplarían a los paneles, en cada una de las uniones.

3.5.1.2. PARANTES DE GUADÚA.

La guadúa como alternativa de parante, en donde no existiría cambio de material y pueden ser los extremos de las varas las que sirvan para éste objetivo. Buscando las de diámetro no mayor a 6cm, que es una medida ideal, considerando que la cavidad establecida es de 7cm y la guadúa es irregular.

También se podría utilizar otra variedad de guadúa como la AMARILLA o Vulgaris pintada, cuyas medidas se acoplarían a lo que se necesita.

Figura: 74.- Imagen: Guadúa vulgaris pintada.



Fuente: Encalada J. 2014

Con los parantes de guadúa, éste sería el resultado de las uniones. (Ver esquema 26)

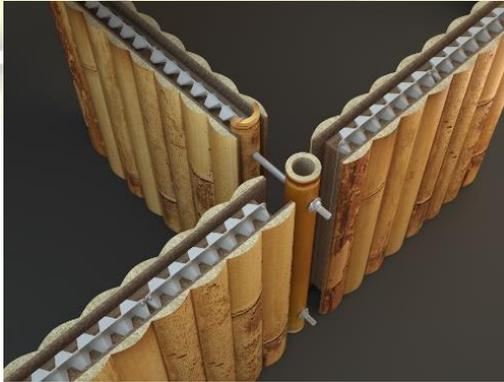
ESQUEMA: 26 Unión de dos paneles con parantes de guadúa



Fuente: Encalada J. 2014

Y para la unión de tres paneles, se propone el sistema de unión como se indica en el siguiente esquema. (Ver esquema 27)

ESQUEMA: 27 Unión de tres paneles con parantes de guadúa.



Fuente: Encalada J. 2014

Habiendo analizado estas dos alternativas, se ha optado por utilizar la de los parantes de guadúa, por ser una propuesta en donde **no** se involucraría productos industriales en su conjunto (únicamente los pernos de anclaje), por lo que estamos hablando de una alternativa verde, si involucramos un criterio ecológico.

3.5.2. ACCESORIO DE UNIÓN.

Dentro de los accesorios que son necesarios para un adecuado acople de tableros tenemos:

- Los pernos roscables de $\frac{3}{8}$ o $\frac{1}{2}$ " con sus respectivas arandelas y tuercas de sujeción.
- Pernos roscables con una arandela al final del mismo, para enganchar con los pernos sencillos. (Ver figura 75)
- Tornillos de 2x6 y 2x8, negros de cabeza plana.
- Base y acople para parante, de latón galvanizado # 22 (Ver esquema 28-29)

Figura: 75.- Imagen: Perno roscable con arandela soldada.



Fuente: Encalada J. 2014

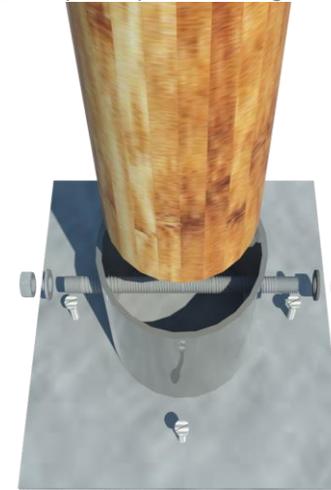
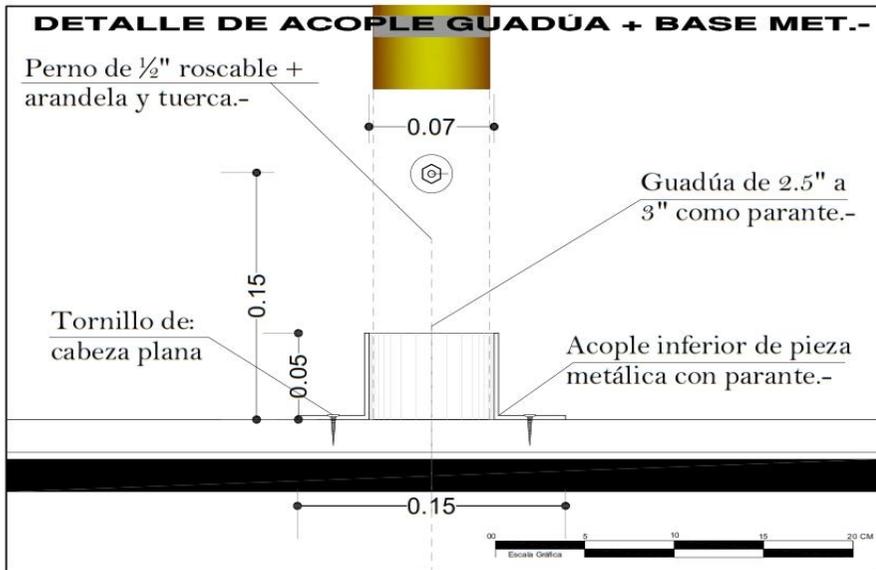
Los elementos que complementarán la estabilidad de los paneles en conjunto, serán unas piezas metálicas de tipo artesanal, hechas con la medida requeridas por los paneles es decir de (7x7cm), para que se acoplen los parantes de guadúa y queden estabilizados entre panel y panel, para que se acoplen al piso y solera respectivamente.

A continuación detallamos, en un esquema cada uno de éstos elementos. (Ver esquema 26-27)

Con és alternativa se presentan a continuación los diferentes detalles de uniones que se verán en la propuesta.

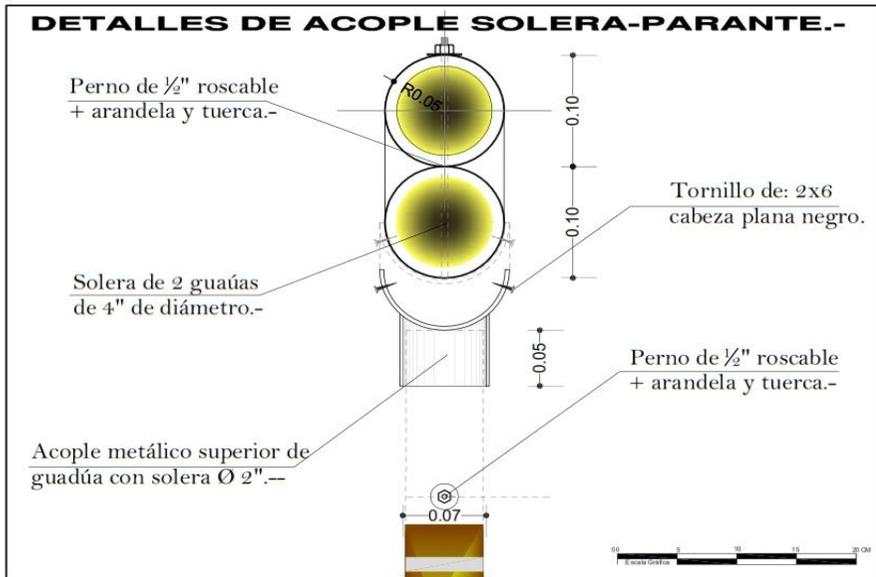
ESQUEMA: 28 Unión de acople de parante con guadúa.

ESQUEMA: 30 Unión de acople de parante con guadúa.



Fuente: Encalada J. 2014

ESQUEMA: 29 Unión de acople solera con parante



ESQUEMA: 31 Unión de acople de parante con guadúa.



Fuente: Encalada J. 2014

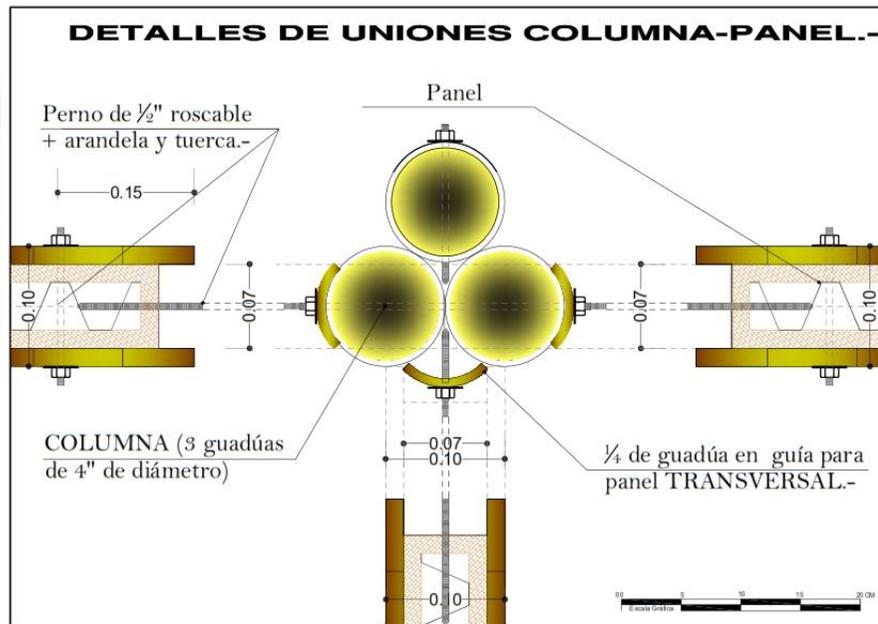
Fuente: Encalada J. 2014

3.5.3. DETALLE DE UNIÓN ENTRE PANEL Y COLUMNA

Para ésta unión se acopla primeramente el armado de una estructura que podría ser con 3 guadúas (Ver esquema 28), empernadas entre sí, con elementos metálicos como perno roscable de 1/2", acompañada de una arandela y tuerca galvanizada, acondicionándole pasadores para su acople.

Cuando el acople de la columna sea con los paneles, los pernos pasarán 15cm, en el interior de los mismos y se engancharán a cada lado de ellos. (Ver esquema 32).

ESQUEMA: 32 Detalle: Unión entre columna y tres paneles planta.

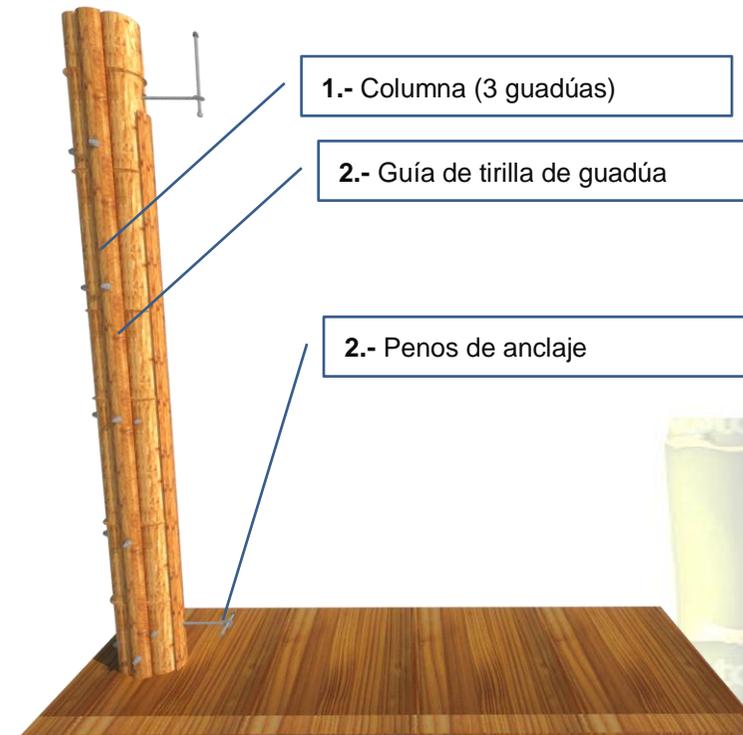


Fuente: Encalada J. 2014

En el lugar donde se proyecte un panel se deberá acondicionar una latilla de guadúa (1/4 de guadúa), de 6cm de espesor canteada, la que

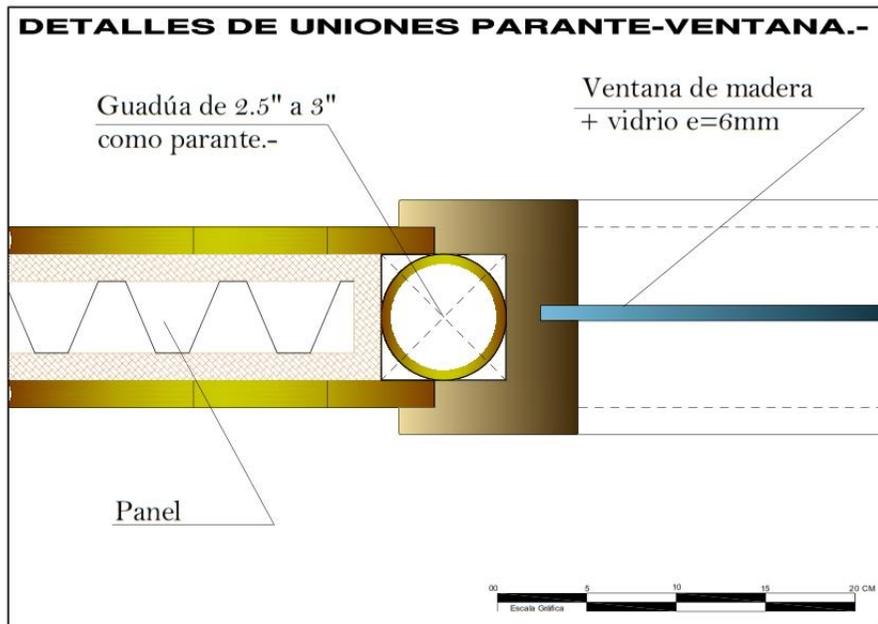
servirá como guía, para los paneles, ésta podría ir empernada utilizando el mismo sistema de sujeción de columnas, en donde coincidan o con pernos de (2x6 negros), si está en otra ubicación.

ESQUEMA: 33 Detalle: Unión entre columna y tres paneles axonometría.



Fuente: Encalada J. 2014

ESQUEMA: 36 Detalle: Unión entre parante y ventana.

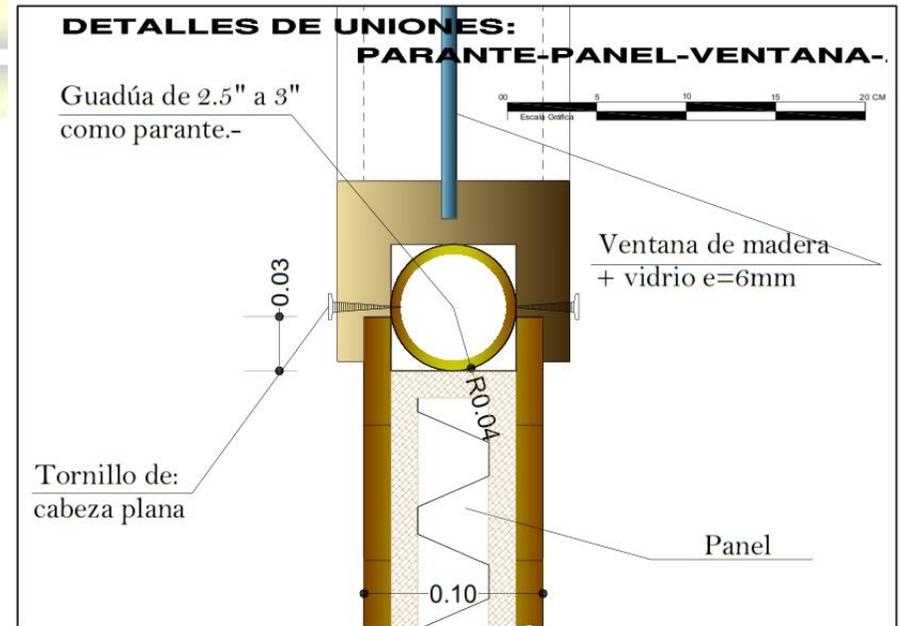


Fuente: Encalada J. 2014

UNIÓN ENTRE PARANTE Y VENTANA:

Y finalmente el cuarto extremo se va unir con un elemento (guadúa de 2.5 a 3”), de las mismas características de los parantes, pero en sentido horizontal, acoplados a éstos con un corte boca de pescado. (Ver esquema 37).

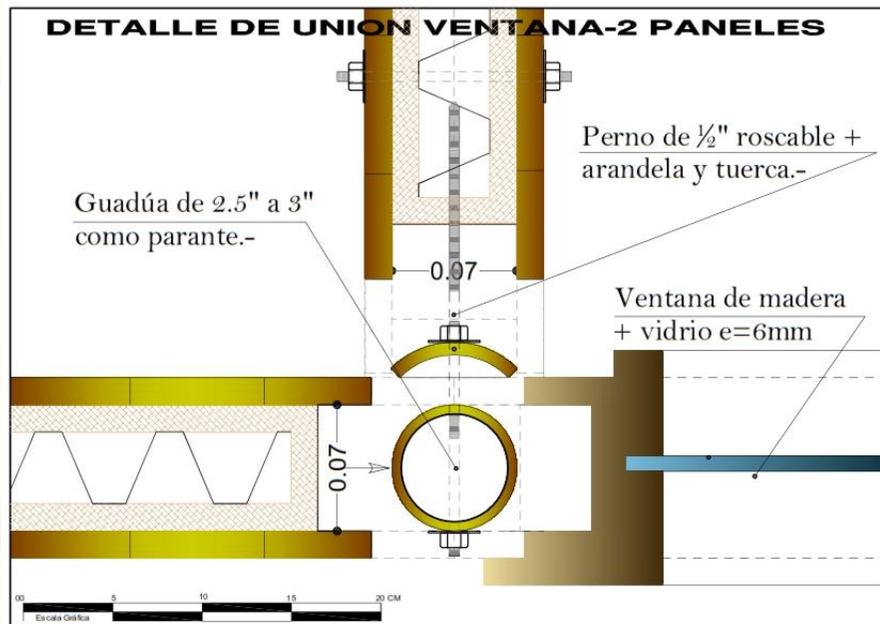
ESQUEMA: 37 Detalle: Unión entre parante y ventana, horizontal.



Fuente: Encalada J. 2014

Existirán muchas uniones que serán el resultado de las propuestas arquitectónicas, siendo alternativas válidas que no se deberían descartar como la que a continuación se presenta. (Ver esquema 38).

ESQUEMA: 38 Detalle: Unión entre parante y ventana, 2 paneles.



Fuente: Encalada J. 2014

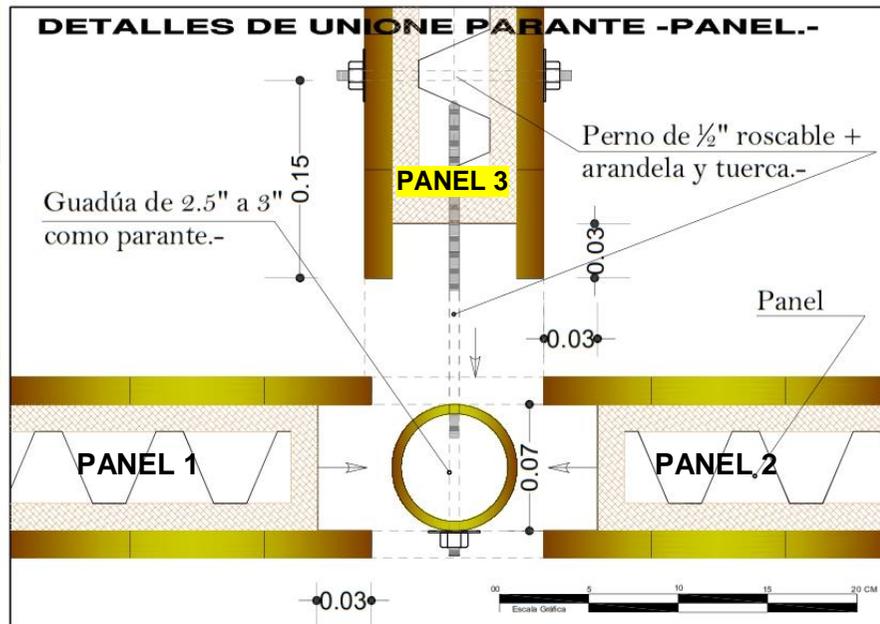
De ésta manera se han analizado las diferentes alternativas que se podrían dar en el acople de una ventana con los paneles y estructura de guadúa propuesto.

3.5.5. DETALLE DE UNIÓN ENTRE TRES PANELES, (INTERSECCIONES DE PAREDES)

Para el desarrollo de las uniones de los tres paneles se ha tomado en consideración la intersección de dos paredes de forma perpendicular, cuya unión se la soluciona de la siguiente manera:

Al parante se le acopla un perno roscable (de $\frac{1}{2}$ ") con dirección al panel 3, con una arandela soldada al final, en donde intercepte otro perno en sentido contrario y asegure el panel. (Ver esquema 39).

ESQUEMA: 39 Detalle: Unión de tres paneles con parantes de guadúa.



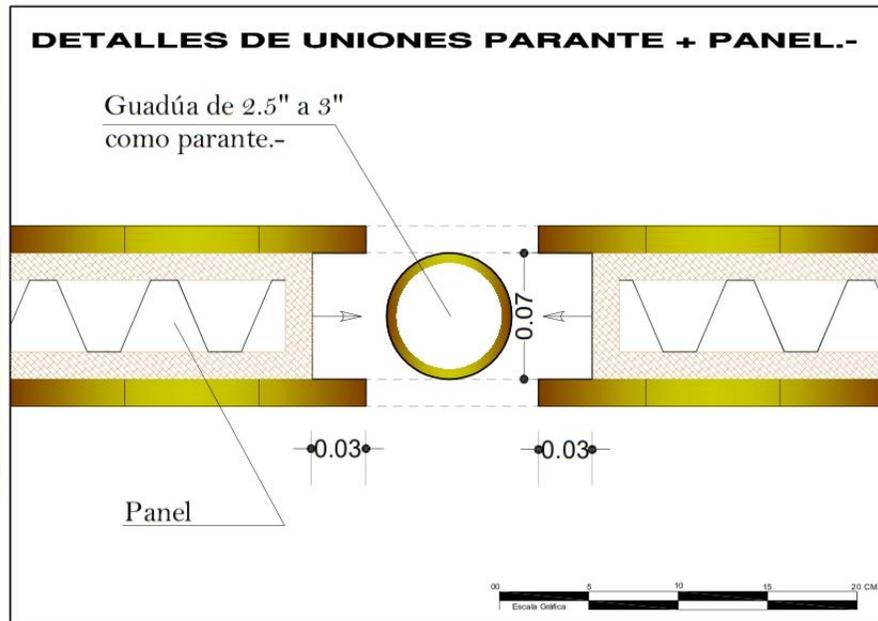
Fuente: Encalada J. 2014

Cuando los tres se encuentren en posición, se ajusta para obtener la estabilidad necesaria.

3.5.6. DETALLE DE UNIÓN ENTRE DOS PANELES.

El acople de dos paneles se ha solucionado utilizando un parante (guadúa de 2.5 a 3"), (Ver esquema 40), que va ser abrazada por los paneles, considerando que éstos, estarán sobre una guía de latilla de guadúa, (Ver esquema 41), tanto en su parte inferior, a nivel de piso como en las soleras.

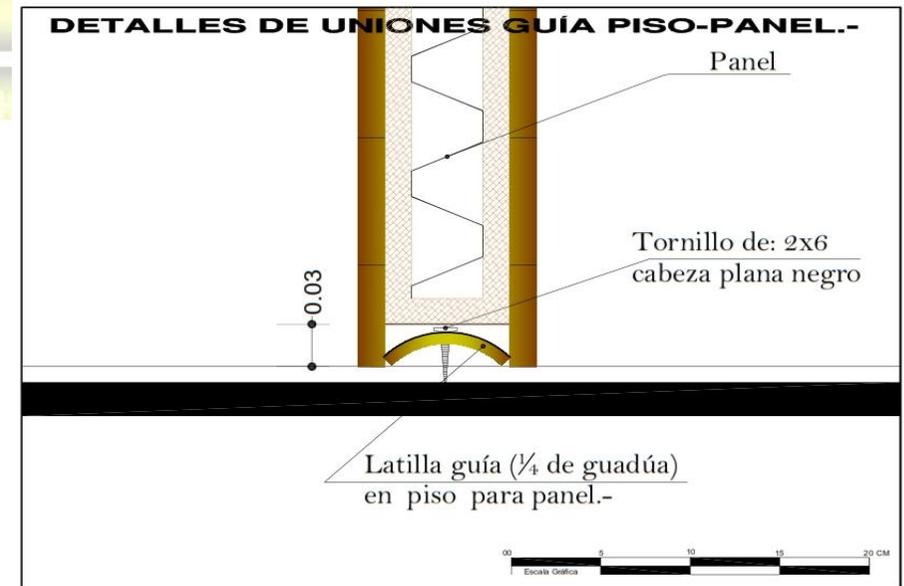
ESQUEMA: 40 Detalle: Unión de dos paneles con parantes de guadúa.



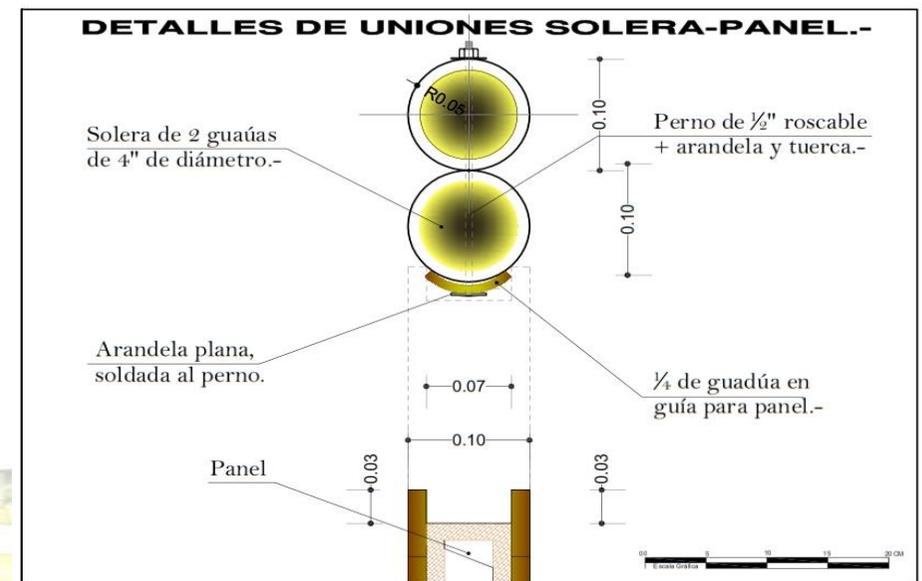
Fuente: Encalada J. 2014

Las dos alternativas se acoplan perfectamente a la estructura, en todas sus uniones, pero considero que el hecho de utilizar materiales naturales, tiene mejor sustento técnico dentro del conjunto de panel-vivienda. De la misma forma se acoplaría el panel a la solera, de acuerdo al siguiente detalle. (Ver esquema 42)

ESQUEMA: 41 Detalle: Unión guía de piso -panel.



ESQUEMA: 42 Detalle: Unión de solera panel.



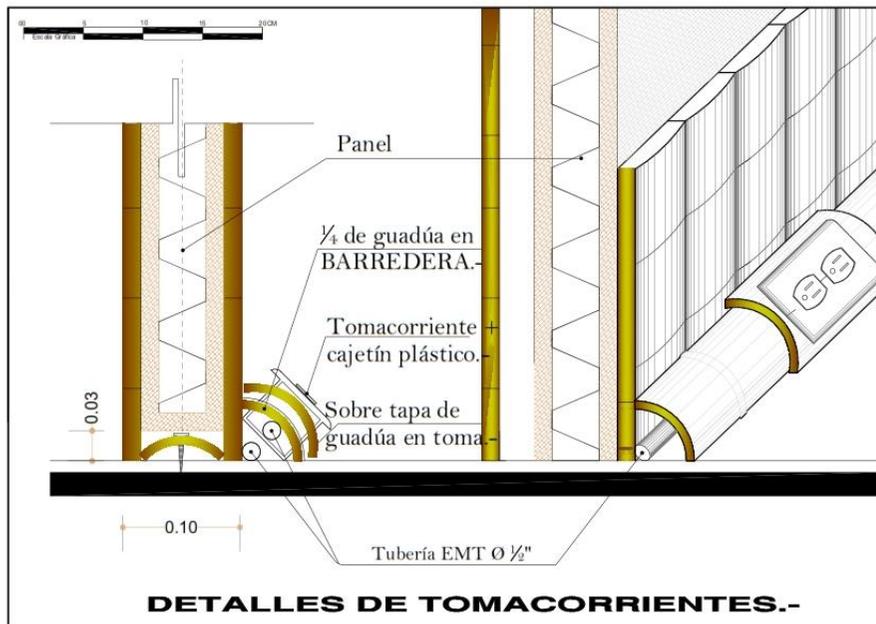
Fuente: Encalada J. 2014

3.5.7. DETALLE DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE AGUA POTABLE Y SANITARIAS.

Se ha considerado también en cómo dar una solución a todo lo referente a servicios básicos, sin ser parte de la propuesta del presente estudio, siendo el panel tipo sándwich y al estar su interior compuesto por materiales volátiles e inflamables como son las cubetas de huevos, quedaría totalmente expuesto a un cortocircuito, o una fuga de agua.

Más bien se ha tratado de utilizar sus barrederas para pasar con tuberías EMT de ½", todo lo referente a instalaciones de tomacorrientes. (Ver esquema 43)

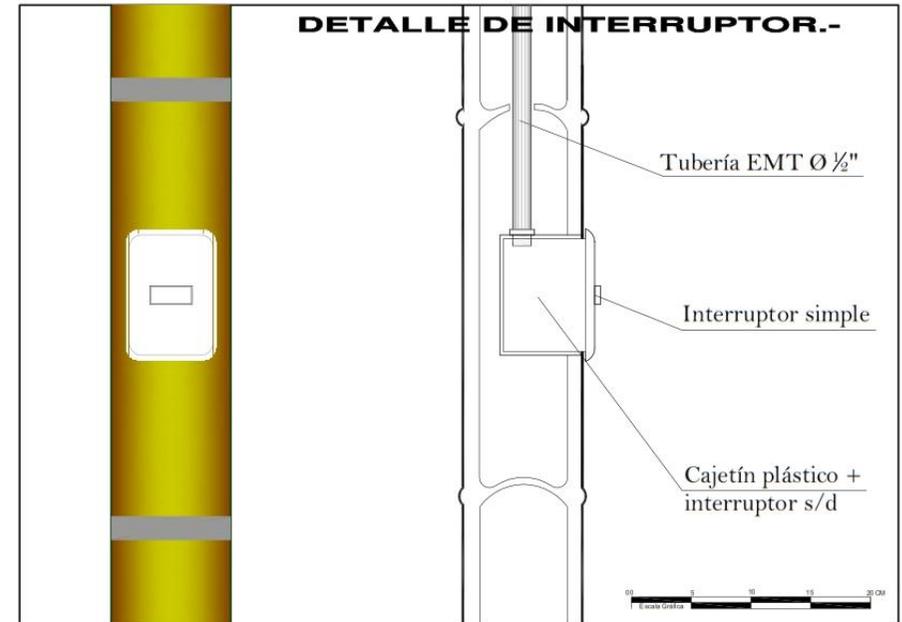
ESQUEMA: 43 Detalle: Instalaciones eléctricas tomacorrientes.



Fuente: Encalada J. 2014

Para todo lo que es tacos de interruptores se plantea, que dentro del paquete de tres guaduas que forman parte de la columna, se deje oculto un interruptor, y su instalación vaya hacia el cielo raso mediante la ayuda de tubería EMT, así no dejaríamos tubos sobrepuestos, ni cables visto. (Ver esquema 44)

ESQUEMA: 44 Detalle: Instalaciones eléctricas interruptores.



Fuente: Encalada J. 2014

Este sería el resultado final de las instalaciones eléctricas. (Ver figura 76)

Figura: 76.- Imagen: Instalaciones eléctricas II.



Fuente: Encalada J. 2014

Para lo referente a instalaciones de agua potable y sanitarias, la propuesta es seguir manteniendo el mismo principio de las eléctricas, es decir tuberías escondidas con guadúa sobrepuesta. .(Ver figura 77-78)

Figura: 77.- Imagen: Instalaciones de agua potable.



Figura: 78.- Imagen: Instalaciones de aguas servidas.

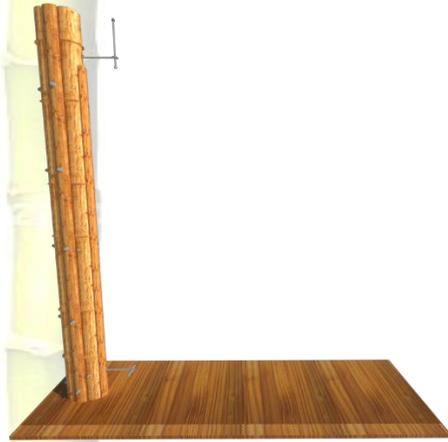


Fuente: Encalada J. 2014

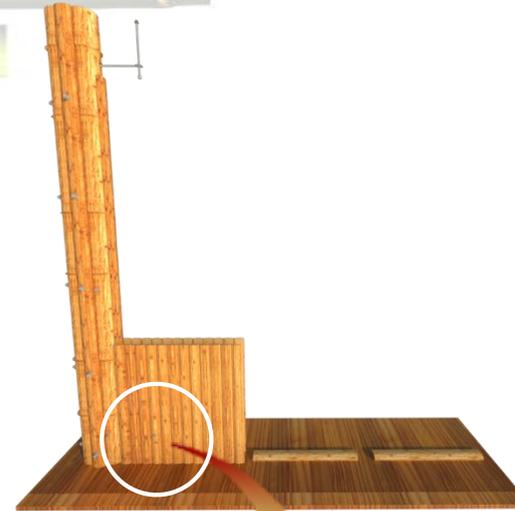
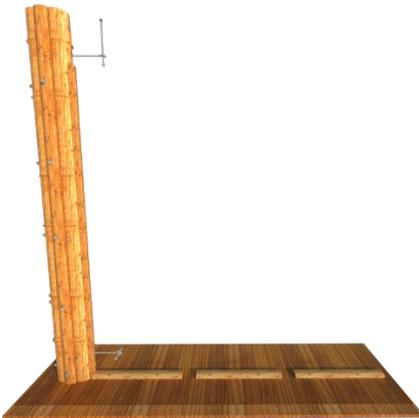
A continuación se presenta una secuencia del acople de los tableros con la estructura:

3.- Columna + unión de l panel .

1.- Columna (3 guadúas), empernadas.



2.- Tablero de piso incluido guía.



4.- Empernada de tablero a 15cm, del piso y 15cm de la columnan.



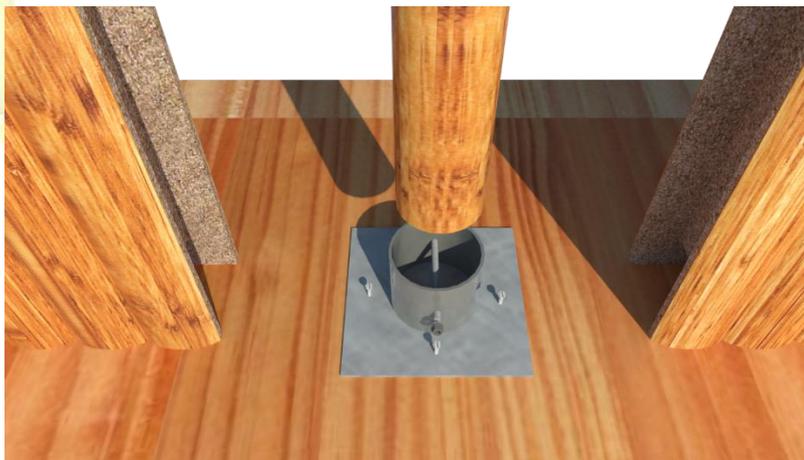
5.- Empernada de tablero a 15cm, del piso y 15cm, incluido el componente del panel.



7.- Acople de panel con parante



6.- Acople de base metálica con parante, unida a panel



8.- Acople de II panel + parante + ventana



9.- Acople completo de paneles + laca



Por todo lo descrito en la propuesta se puede concluir que:

- Los detalles de uniones se han realizado pensando en la simplicidad del sistema, sin que esto implique el tener que mantener una mano de obra calificada para su armado.
- Los parantes de guadúa resultan ser mucho más amigables con el tipo de panel, que el latón.
- Que los acoples de latón que van en los parantes, son elementos muy importantes para la estabilización de los paneles en su conjunto

10.- Acople completo de paneles + laca II



4.1. INTRODUCCIÓN.

Cada día aparecen nuevos sistemas constructivos industrializados en paneles prefabricados en el GAK, como los obtenidos en la Universidad de Guayaquil, Universidad de México-----, y muchos otros, que comienzan a introducirse en el mercado de la construcción, cuyas investigaciones proporcionan sistemas no muy convencionales, necesitando para ello cierto grado de especialización de mano de obra.

Lo nuevo siempre generará muchas preguntas, sobre si será lo suficientemente resistente para poder ser utilizado o no, en la realidad de nuestras construcciones, como parte de su sistema estructural o de tabiquería de acuerdo al uso, por lo que se vuelve necesario absorber todas las inquietudes con resultados técnicos, entregados a partir de la experimentación.

Entonces desde éste punto de vista es necesario realizar algunos ensayos mecánicos, para evaluar la capacidad de resistencia de los paneles, utilizando el módulo de 60x60cm, que es el componente mínimo modular, y determinar los principales esfuerzos a los que está expuesto.

En el NEC-11 capítulo XVII, (UTILIZACIÓN DE LA GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH EN LA CONSTRUCCIÓN), se habla mucho de la GAK, pero no existen valores que puedan servir de base para comparar con las pruebas a realizarse.

4. CAPÍTULO IV (ENSAYOS DE LABORATORIO)

TEMA: MODELO DE PANEL PREFABRICADO EN GUADÚA, APLICADO A LA INDUSTRIALIZACIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN, PARA DIVISIONES VERTICALES

4.2. DESCRIPCIÓN DE LOS ENSAYOS

Para la realización de los ensayos se utilizaron los laboratorios de mecánica de suelos de la Universidad Técnica Particular de Loja (UTPL), que es la entidad que tiene los equipos necesarios para éste tipo de pruebas.

4.2.1. MÁQUINA DE COMPRESIÓN

Las normas de la AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (ASTM) que describen los procedimientos de ensayos para materiales de construcción, son las que generalmente se utilizan para su aplicación, por ejemplo la norma ASTM C 140, para el uso de la máquina de compresión, con la determinación de un rango de carga esperado, se coloca una placa superior de metal para transferir las cargas de una manera uniforme en todo el panel, tanto en la parte superior como inferior del panel.

Figura: 79.- Imagen: Máquina utilizada para la realización de los ensayos de compresión paralela a la fibra. Versa Tester. (Deformímetro mecánico)



Fuente: Encalada J. 2014

Por el tamaño de los paneles que se probaron, se utilizó la máquina VERSA TESTER, que es la única que permitió realizar los análisis,

con la desventaja que el anillo no permite el paso de las diez vueltas, es decir el deformímetro de carga, llegaría a las 1,000 unidades y siendo la guadúa un material extremadamente resistente, no se lograría romper o deformar dichos paneles.

Figura: 80.- Imagen: Máquina Versa Tester, para compresión.



Fuente: Encalada J. 2014

4.2.2. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DEL PANEL DE GUADÚA.

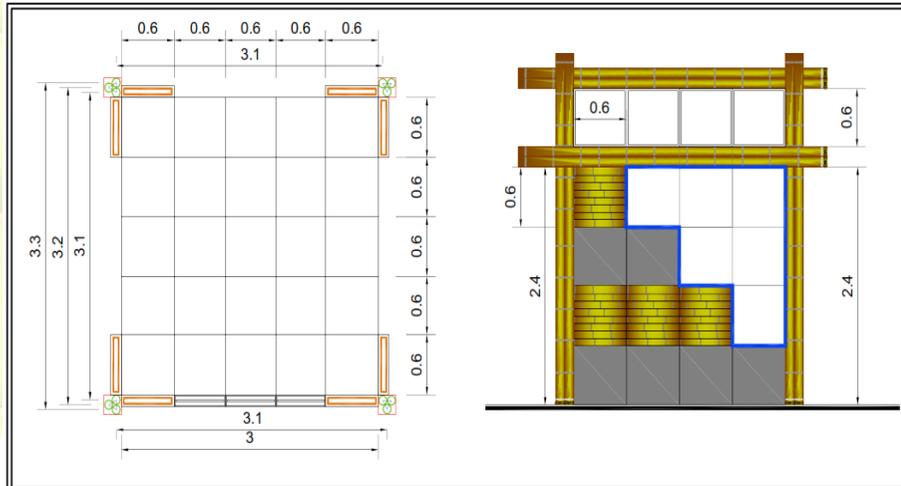
El problema que tenemos es la falta de conocimiento del material GAK o Bambú en la ciudad de Loja, porque no ha sido una ciudad que ha trabajado con éste material, tampoco sus universidades, han incentivado la investigación en éste campo, por lo tanto así existan buenos equipos, éstos no están acondicionados, ni su personal tiene la preparación necesaria para la realización de los ensayos.

Existen sectores guadueros de manera especial en la Costa ecuatoriana que si lo trabajan, para su utilización se han desarrollado manuales que dan una explicación práctica "cómo hacerlo" cómo realizar ensayos de acuerdo con la *Norma Internacional DIS 22157 "MANUAL DE LABORATORIO SOBRE METODOS DE ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN DE PROPIEDADES FÍSICAS Y MECANICAS DEL BAMBU. (COLOMBIA, 2000)*

Considero que el panel descrito, tiene características que lo hacen especial (por ser tipo sándwich, y utilizar cubetas de huevos), por lo tanto se deben hacer pruebas de resistencia, para generar y difundir conocimiento, acogiendo valores y recomendaciones de dureza y resistencia.

Para la realización de las pruebas y análisis de su resistencia en los paneles de GAK, se ha procedido a mantener el MÓDULO MÍNIMO (0.60x0.60m), como unidad debido a su composición interna.

ESQUEMA: 45 Módulo mínimo desarrollado en proyecto.



Elaboró: Encalada J.- 2014

Las muestras que se utilizaron fueron tres (3) paneles, prefabricados de GAK, con todas las características técnicas establecidas en su investigación, como se indica en las siguientes fotografías.

Figura: 81.- Imagen: Paneles secándose en el horno.



Elaboró: Encalada J.- 2014

Para el cálculo del esfuerzo máximo a la compresión, de una muestra de guadúa se debería realizar mediante la siguiente fórmula, de acuerdo a la Norma:

$$\sigma_{ult} = \frac{4F_{ult}}{\pi \left(\overline{D_e}^2 - (\overline{D_e} - 2\bar{e})^2 \right)}, \text{ MPa}$$

En donde:

σ_{ult} = Esfuerzo de compresión último, con una aproximación de 0.5 MPa

F_{ult} = Carga máxima a la que el espécimen falla

$\overline{D_e}$ = Diámetro exterior promedio (teniendo en cuenta ambos extremos de la probeta)

\bar{e} = Espesor promedio (diámetro exterior y diámetro interior)

Por tratarse de un panel que será utilizado como mampostería y al no existir fórmulas específicas para cálculos de resistencia en guadúa,

nos ayudaremos con la fórmula de cálculo expresada en la mampostería de bloque, cuya ecuación es la siguiente:

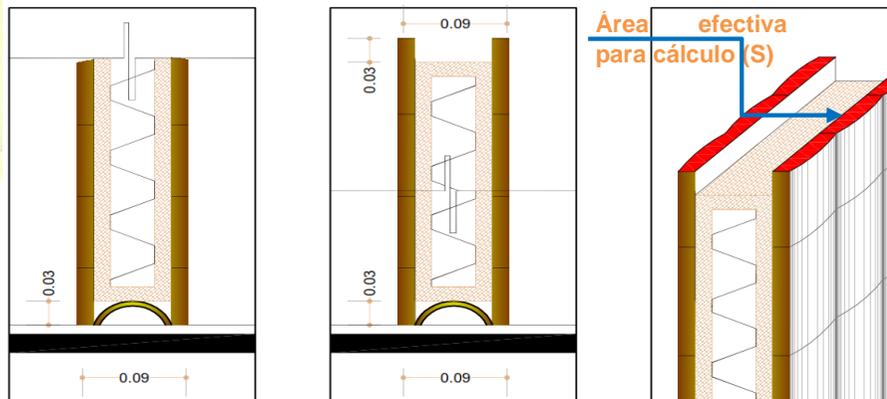
$$\sigma = \frac{\text{Carga (F)Kg}}{\text{Area (A)cm}^2}$$

En donde:

- σ = Esfuerzo de compresión sobre la muestra Kg/cm o MPa con aproximación de 0.1 MPa
- F = La carga de rotura en Kilogramos
- A = Superficie bruta de la cara comprimida, en centímetros cuadrados.

La superficie está determinada por sus dos paredes, que son de latillas de guadúa de 4 a 5cm de ancho por 1c.5 cm de espesor, como se indica en el detalle. (Ver Esquema 41).

ESQUEMA: 46 Área efectiva para el cálculo de resistencia en panel.



Elaboró: Encalada J.- 2014

En el siguiente cuadro se describe los resultados en las tres muestras, para establecer los parámetros de resistencia, de cada uno de ellos. (Ver Cuadro Nro. 12).

CUADRO: 8 Cuadro resumen de resistencias obtenidas por las tres muestras de paneles de GAK.

DATOS DE LA MUESTRA:						
MUESTRA	ALTURA cm	ANCHO cm	LARGO cm	CARGA (Kg)	AREA (ancho x largo) (cm ²)	ESFUERZO SOBRE MUESTRA σ =(Kg/cm ²)
01	60	1.2	60	4,241.52	144	29.46
02	60	1.2	60	4,563.43	132	34.57
03	60	1.2	60	4,425.47	156	28.37
EL ESFUERZO DE COMPRESIÓN SOBRE LA MUESTRA (kg/cm ²)=						30.80

Elaboró: Encalada J.- 2014

Con éstos valores se puede apreciar que los tres tipos de paneles estudiados, llegan a una resistencia promedio permitida por la máquina de 30.80 Kg/cm², pero los tableros no sufrieron ningún tipo de deformación o indicios de fallo del panel, lo que claramente nos demuestra que éstos paneles pueden resistir mucho más que los materiales tradicionales utilizados en la construcción de viviendas.

Figura: 82.- Imagen: Determinación de la resistencia a la compresión del panel de guadúa.. Anillos de soporte para el deformímetro (collarines)



Elaboró: Encalada J.- 2014

5.1. CONCLUSIONES.

- 1) Se propuso un modelo de panel con todas las características y bondades que nos ofrece el bambú, tanto en el aspecto estético como en el aspecto ecológico.
- 2) El poder hablar, investigar, y descubrir del bambú, ha resultado ser una experiencia nueva en el amplio mundo de la construcción.
- 3) Se plantearon tres propuestas de tablero prefabricado, pero por lo experimentado y conocido, se optó por manejar materiales de reciclaje, que son acciones y decisiones que se apegan al principio básico de sustentabilidad cuando se habla de bambú
- 4) El tablero por sí solo, no dice mucho, por ese motivo se canalizó un sistema de uniones entre paneles, integrando su estructura en un ejemplo práctico y de fácil manejo, el mismo que podría ser prefabricado y realizar su montaje sin la necesidad de tener mano de obra calificada y que se pueda aplicar dentro de la industrialización de la construcción.
- 5) Se elaboró un prototipo del panel a escala 1:1, en donde se puede visualizar lo fácil que resulta hacer un montaje y como el panel permite solucionar aspectos relacionados a instalaciones, eléctricas, sanitarias y de aguas servidas.
- 6) Personalmente, el panel prefabricado en estudio, ha sido una experiencia muy satisfactoria, que abre paso a futuras investigaciones complementarias al presente trabajo, que cimienten firmemente la propuesta con resultados y estudios definitivos de resistencia, dureza, mecánica, antisísmicas, acústicas, etc.

5. CAPÍTULO V (CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES)

TEMA: MODELO DE PANEL PREFABRICADO EN GUADÚA, APLICADO A LA INDUSTRIALIZACIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN, PARA DIVISIONES VERTICALES

5.2. RECOMENDACIONES.

- a. Se recomienda que para el armado de los tableros se debe utilizar partes de la guadúa que corresponda a la CEPA, BASA O SOBREBASA, por ser las partes más resistentes y mantener un apego absoluto a las recomendaciones entregadas en los manuales de Construcción del GAK.
- b. No se deben abandonar las iniciativas como las citadas en este proyecto, a fin de mantener al día la situación sobre estado y uso de la Guadua en el Ecuador, pero apoyándose aún más en las Universidades, Organismos de apoyo de éste material como el INBAR, o el Ministerio de Industrias, con un apoyo mucho más efectivo para las diferentes investigaciones que podrían traer resultados muy beneficiosos a una sociedad en desarrollo, como hemos visto a lo largo de la elaboración de esta tesis, son numerosos los proyectos que se han investigado sobre la guadua, sobre sus características o sobre métodos de construcción.
- c. Dentro de ese gran universo que encierra la Guadua, se debe tomar en cuenta que la construcción es apenas una parte, sin descartar el arte mobiliario, acabados industrializados, etc., en tal virtud, su producción, uso y comercialización será de ingente beneficio a un gran número de ecuatorianos.
- d. Para el armado de los paneles, siempre van a quedar aberturas que necesariamente tiene que ser selladas, y se recomienda el uso de selladores industriales en todas sus juntas.



6. BIBLIOGRAFÍA

TEMA: MODELO DE PANEL PREFABRICADO EN GUADÚA, APLICADO A LA INDUSTRIALIZACIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN, PARA DIVISIONES VERTICALES

- Altamirano, C., & Cueva, E. (2011). Estudio y experimentación de paneles estructurales y de revestimiento en Base de la Caña de la Sierra. *Tesis de Pregrado de arquitectura*, 90-96. Cuenca, Azuay, Ecuador.
- Arias, J., & Otros autores. (s.f). *Monografía de análisis de autores Simón Velez*. Bogotá: Universidad Nacional de Rosario, Facultad de Ciencias exáctas, ingeniería y agrimensura escuela de ingeniería civil cátedra de diseño arquitectónico.
- Barreto Castillo, W. M. (s.f). Evaluación de guadúa laminada pegada aplicada a propuesta de reticulado plano. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Braganca, L., Naguissa Yuba, A., & Engel de Alvarez, C. (2015). EURO ELECS 2015. *LATIN AMERICAN AND EUROPEAN CONFERENCE ON SUSTAINABLE BUILDINGS AND COMMUNITIES*, (págs. 495-502). GUIMARAES-PORTUGAL. Obtenido de http://civil.uminho.pt/Euro-ELECS-2015/files/Euro-ELECS_2015-Proceedings_Vol1.pdf
- Burneo, C. M. (2001). Seminario Bambú. *La industria de molduras, pisos y laminados de caña guadúa y bambú en el Ecuador*. Ecuador.
- Carelli Cerdá, J. A. (09 de 2012). *La coordinación dimensional "Leblanc Rovira, Weber*.
- CASA BIOCLIMÁTICA. (09 de Mayo de 2011). Obtenido de El bambú absorbe hasta un 45% de su composición de CO2: <http://www.casabioclimatica.com/noticias/blog/casa-bioclimatica/el-bambu-absorbe-hasta-un-45-de-su-composicion-de-co2/>
- Chicaiza, A. (2000). Estructuras en guadúa para medianas y grandes luces. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Cobo, C. (Noviembre - Diciembre de 2008). *Ecuador Terra Incognita Nro. 56 Caña Guadúa*. Obtenido de Una mirada diferente al Ecuador: http://www.terraecuador.net/revista_56/56_bambu.html
- COLOMBIA, U. D. (2000). MANUAL DE LABORATORIO SOBRE METODOS DE ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN DE PROPIEDADES FÍSICAS Y MECANICAS DEL BAMBU. BOGOTA. Obtenido de <https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.mte.2.2004.pdf>
- Cruz Ríos, H. (2010). *Bambu Premier*. Obtenido de Otra visión de la realidad del Bambú en Colombia: WWW.BAMBUGUADUAPREMIER.COM DIRECCIÓN@BAMBUGUADUAPREMIER.COM
- Cruz Ríos, H. (s.f.). *Bambu Guadúa Premier*. Obtenido de Industrialización y grandes proyectos realizados con bambú: <http://www.bambuguaduapremier.com/PDF/GRANDES%20PROYECTOS%20INDUSTRIALES%20CON%20BAMBU.pdf>
- Cruz Ríos, H. (s.f). ENTREVISTA REALIZADA AL EXPERTO EN BAMBÚES.



- Días, F. (2002). PEQUEÑO MANUAL DE LA GUADÚA. Obtenido de <http://es.scribd.com/doc/6133069/Pequeno-Manual-de-La-Guadua>
- Douglas Dreher, A. (1991). *PROYECTOS EN GUADÚA*. Obtenido de Construcción de casa con Caña Guadúa en Guayaquil: <http://www.douglasdreher.com/proyectos/canaguadua/100-introduccion.asp>
- Ecomateriales. (2012). Obtenido de http://ecomateriales.net/index.php?option=com_content&view=article&id=145&Itemid=190
- Ecomateriales. (2012). Obtenido de http://ecomateriales.net/index.php?option=com_content&view=article&id=144&Itemid=191
- Ecomateriales. (2012). Obtenido de http://ecomateriales.net/index.php?option=com_content&view=article&id=144&Itemid=192
- Ecomateriales. (2012). *Eco materiales .net*. Obtenido de http://ecomateriales.net/index.php?option=com_content&view=article&id=145&Itemid=189
- ECUADOR, D. (04 de enero de 2014). *HAREMOS HISTORIA.NET*. Obtenido de DISEÑO EN ECUADOR: <http://www.haremoshistoria.net/invitados/robinson-vega-jaramillo-arquitecto>
- Ecuadoracolors. (Enero de 2011). *El bambú es un gran material para construcciones vanguardistas*. Obtenido de Revista mensual de Turismo y Eventos: http://www.ecuadoracolors.com/ed2011_ene/pages/page_04.html
- Eraso, I. M. (s.f). *Viviendas sismoresistentes en guadúa*. Bogotá: Universidad piloto de Colombia.
- Garzón, J. (1996). *Optimización de estructuras en guadúa*. Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Artes, Departamento de Construcción.
- Hidalgo López, O. (1974). *Bambú, su cultivo y aplicaciones en fabricación de papel, en construcción, arquitectura, ingeniería, artesanía*. Bogotá: Editorial estudios técnicos colombianos.
- Hinostroza, F. (s.f). *EL FUTURO HECHO CON BAMBÚ. BAMBOOFOREST BOTANICAL*.
- HOGARDECRISTO. (2015). *Hogar de Cristo Ecuador*. Obtenido de [hogardecristo.org.ec](https://hogardecristo.wordpress.com/page/8/): <https://hogardecristo.wordpress.com/page/8/>
- INBAR. (s.f). Programa Desarrollo Económico y Adaptación al Cambio Climático con Bambú. *Red Internacional de Bambú y Ratán en Ecuador*. Ecuador.
- INBAR-LAC, E. (2014). Weibo.com. *Boletín Nro. 38, 03*. Obtenido de INBAR-RED INTERNACIONAL DEL BAMBÚ Y EL RATÁN: <http://www.inbar.int/sites/default/files/resources/Boletin-INBAR-No-38.pdf>
- INEN. (s.f). Obtenido de *NORMATIVA*: <https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.nte.0308.1978.pdf> Pág. 5
- INEN. (1977). *Cordinación Modular de la costrucción bases, terminología, simbología y condiciones generales*. Instituto Ecuatoriano de Normalización. *Norma 308*. Quito, Ecuador.
- INGENIERÍA, F. D. (21 de 02 de 2016). *AM DE QUERÉTARO*. Obtenido de <http://amqueretaro.com/queretaro/2016/02/21/facultad-de-ingenieria-participa-en-proyecto-de-viviendas-sustentables>
- INGENIERÍAYCONSTRUCCIÓN. (08 de diciembre de 2011). *civilgeeks.com*. Obtenido de <http://civilgeeks.com/2011/12/08/uniones-de-estructuras-para-guadua-angustifolia-kunth/>
- León Jaramillo, D. (s.f). *Estudio de uniones en guadúa, con ángulo de inclinación entre elementos*.
- Loaiza, D. (2007). *Bella mujer.com*. Obtenido de <http://www.bellamujer.com/femenina/hogar/dinero/295-nativa-bambu-premiada-qmejor-construccion-de-la-peninsula-de-santa-elenaq>
- Londoño Pava, X. (2001). *BAMBUES DEL NUEVO MUNDO CON ÉNFASIS EN EL GÉNERO GUADÚA. III SIMPOSIO NACIONAL DE BAMBÚ GUADÚA 1988*.
- Londoño Pava, X. (2001). Seminario Bamboo. *La guadúa un bambú importante en América*. Guayaquil - Ecuador.
- NEC-11. (2011). *NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN. DECRETO EJECUTIVO Nro. 705*. Ecuador.
- Oberman, T. M. (2004). *Bambú recursos sostenibles para estructuras espaciales*. Medellín.
- ORDOÑEZ, V. R., MEJÍA, M. T., BÁRCENAS, G., & ECOLOGÍA, I. (2002). *MANUAL PARA LA CONSTRUCCIÓN SUSTENTABLE CON BAMBÚ*. COLONIA SAN JUAN DE OCATÁN. Obtenido de http://emprendedorforestal.org/sites/default/files/10_Construccion_sustentable_con_bambu.PDF
- PECHA ROBAYO, A. M. (08 de mayo de 2013). *Untitled Prezi*. Obtenido de <https://prezi.com/ignwfiiktdrye/untitled-prezi/>
- Poppens, R., & Morán, J. (2005). Red internacional de Bambú y Ratán. En *Manual de construcción, vivir con la guadúa* (págs. 11-16). Guayaquil: Universidad Católica Santiago de Guayaquil.



Prieto Alzate, R. (2004). OPTIMIZACIÓN DE UNIÓN EN GUADÚA ANTE SOLICITACIÓN DE FUERZA SÍSMICA. SANTANDER, COLOMBIA. Obtenido de <http://prepositorio.uis.edu.co/jspu/bitstream/123456789/17422112661.pdf>

Proaño, S. (04 de 07 de 2014). *DISEÑO EN ECUADOR*. Obtenido de HAREMOS HISTORIA: <http://www.haremoshistoria.net/noticias/macarena-chiriboga-y-su-experimentacin-con-el-bamb>

RECICLAJE. (2010). Obtenido de <http://elreciclaje.org>

Revista El Agro. (2013). CENTRO DE DOCUMENTACIÓN DEL BVAMBÚ EN LATINOAMÉRICA. *EL AGRO*. Obtenido de <http://www.revistaelagro.com/2013/06/24/centro-de-documentacion-de-bambu-en-latinoamerica/>

Ropero Rago, D. A. (2013). Construcción Modular y Arquitectura. Valencia España.

Rovira, E., & Cuyás, B. (09 de Noviembre de 2010). *Simón Vélez: "Arquitectura en bambú" (conferencia)*. Obtenido de El bloc de Arquitectura y Urbanismo: <https://publiesarq.wordpress.com/2010/11/09/SIMON-VELEZ-ARQUITECTURA-EN-BAMBU-CONFERENCIA/>

Sánchez, V. A. (2012). Materiales de arquitectura Bambú 2012.

SENESCYT. (11 de mayo de 2013). *ECO MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN*. Obtenido de RESULTADOS EXPERIENCIAS Y LECCIONES APRENDIDAS: http://www.iner.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/05/11_UCSG_Eco-materiales-para-la-construcción_Jorge_Moran.pdf

Takeuchi, C. (2014). INVESTIGACIONES SOBRE EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE LA GUADUA DESARROLLADAS POR EL GRUPO DE INVESTIGACIÓN ANÁLISIS, DISEÑO Y MATERIALES GIES. *II SIMPOSIO INTERNACIONAL DE GUADÚA Y BAMBÚ*, (págs. 51-60). BOGOTÁ.



7. ANEXOS

ANEXO 01: (PANEL DE GUADÚA 01)

UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
La Universidad Católica de Loja

DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
ENSAYOS DE COMPRESIÓN

INF. LAB-UGC-07-2015

PROYECTO:	PANELES PREFABRICADOS EN GUADÚA	MUESTRA:	01 (PANEL DE GUADÚA)
OBRA:	PANEL DE GUADÚA		
LOCALIZACIÓN:	LOJA		
REALIZADO POR:	JIMMY ENCALADA NÚÑEZ		
FECHA:	Julio del 2015		

DATOS DE LA MUESTRA:

ÁREA (60x1.2*2) cm ² :	144	DENSIDAD DEL PANEL (Kg/m ³):	661.90
ALTURA (m):	0.60	$\rho = \frac{\text{Peso (Kg)}}{\text{Volumen (m}^3\text{)}}$	0.662 Tn/m ³
VOLUMEN (m ³):	0.03		
PESO (Kg):	16.68	(K)CONSTANTE DEL ANILLO (kg/dv)=	4.5987

DATOS DE LA MUESTRA:

MUESTRA	ALTURA cm	ANCHO cm	LARGO cm	CARGA (Kg)	AREA (ancho x largo) (cm ²)	ESFUERZO SOBRE MUESTRA $\sigma = (\text{Kg/cm}^2)$
	60	1.2	60	4,241.52	144	29.46
EL ESFUERZO DE COMPRESIÓN SOBRE LA MUESTRA (kg/cm²)=						29.46

Observaciones: Las muestras sobn realizadas por el Sr. Jimmy Encalada Núñez, y entregadas al laboratorio de la UTPL, para la respectiva realización de las muestras.

CARGA (Kg) = LECTURA DEL DEFORMÍMETRO x CONSTANTE DEL ANILLO (K)
= 920 Kg x (K)
K= 4.5987 Kg/dv

Ing. Angel Tapia Ch.
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
La Universidad Católica de Loja

DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
ENSAYOS DE COMPRESIÓN

INF. LAB-UGC-07-2015

PROYECTO:	PANELES PREFABRICADOS EN GUADÚA	MUESTRA:	01 (PANEL DE GUADÚA)
LOCALIZACIÓN:	LOJA		
REALIZADO POR:	JIMMY ENCALADA NÚÑEZ		
FECHA:	Julio del 2015		

DATOS DEL DEFORMÍMETRO:

MUESTRA	LECTURA DEL DEFORMÍMETRO (unidad)	DEFORMACIÓN DE LA MUESTRA (0.001 Pulgada)	DEFORMÍMETRO DE CARGA (unidad)	AREA (A) cm ²	CARGA TOTAL SOBRE LA MUESTRA (E) (Kg)	ESFUERZO SOBRE MUESTRA (KG/CM ²) =E/A
	0	0.00	0	144	0.00	0.00
	5	0.05	5	144	22.99	0.16
	10	0.10	11	144	50.59	0.35
	20	0.20	16.5	144	75.88	0.53
	30	0.30	23	144	105.77	0.73
	40	0.40	29	144	133.36	0.93
	50	0.50	36	144	165.55	1.15
	60	0.60	44	144	202.34	1.41
	70	0.70	52	144	239.13	1.66
	80	0.80	61	144	280.52	1.95
	90	0.90	70	144	321.91	2.24
	100	1.00	80	144	367.90	2.55
	120	1.20	129	144	593.23	4.12
	140	1.40	204	144	938.13	6.51
	160	1.60	215	144	988.72	6.87
	180	1.80	392	144	1802.69	12.52
	200	2.00	495	144	2276.36	15.81
	220	2.20	597	144	2745.42	19.07
	240	2.40	710	144	3265.08	22.67
	260	2.60	811	144	3729.55	25.90
	280	2.80	920	144	4230.80	29.38

RESULTADO DE LA COMPRESIÓN: 29.38

OBSERVACIONES: Los paneles fueron trabajados con guadúa angustifolia, pero con un porcentaje de humedad relativamente alto, y con aserrín de guadúa, producto de la sepillada y corte de los latillas para los ensayos.

Ing. Angel Tapia Ch.
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

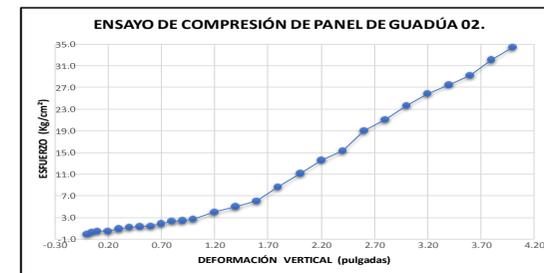
ANEXO 02: (PANEL DE GUADÚA 02)

<p>UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA La Universidad Católica de Loja</p>						
<p>DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS ENSAYOS DE COMPRESIÓN</p>						
INF. LAB-UGC-07-2015						
PROYECTO:	PANELES PREFABRICADOS EN GUADÚA			MUESTRA:	02 (PANEL DE GUADÚA)	
OBRA:	PANEL DE GUADÚA					
LOCALIZACIÓN:	LOJA					
REALIZADO POR:	JIMMY ENCALADA NÚÑEZ					
FECHA:	Julio del 2015					
DATOS DE LA MUESTRA:						
ÁREA (60x1.2*2) cm ² : 132		DENSIDAD DEL PANEL: 618.25				
ALTURA (m): 0.60		$\rho = \frac{\text{Peso (Kg)}}{\text{Volumen (m}^3\text{)}}$		0.618 Tn/m ³		
VOLUMEN (m ³): 0.025						
PESO (Kg): 15.58		(K)CONSTANTE DEL ANILLO (kg/dv)=		4.5987		
DATOS DE LA MUESTRA:						
MUESTRA	ALTURA	ANCHO	LARGO	CARGA	AREA (ancho x largo)	ESFUERZO SOBRE MUESTRA
	cm	cm	cm	(Kg)	(cm ²)	$\sigma = (\text{Kg/cm}^2)$
	60	1.2	60	4,563.43	132	34.57
EL ESFUERZO DE COMPRESIÓN SOBRE LA MUESTRA (kg/cm²)=						34.57
Observaciones: Las muestras sobn realizadas por el Sr. Jimmy Encalada Núñez, y entregadas al laboratorio de la UTPL, para la respectiva realización de las muestras.						

CARGA (Kg) = LECTURA DEL DEFORMÍMETRO x CONSTANTE DEL ANILLO (K)
= 990 Kg x (K)
K= 4.5987 Kg/dv

Ing. Angel Tapia Ch.
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

<p>UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA La Universidad Católica de Loja</p>						
<p>DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS ENSAYOS DE COMPRESIÓN</p>						
INF. LAB-UGC-07-2015						
PROYECTO:	PANELES PREFABRICADOS EN GUADÚA			MUESTRA:	02 (PANEL DE GUADÚA)	
MUESTRA:	PANEL DE GUADÚA 01					
LOCALIZACIÓN:	LOJA					
REALIZADO POR:	JIMMY ENCALADA NÚÑEZ					
FECHA:	Julio del 2015					
DATOS DEL DEFORMÍMETRO:						
MUESTRA	LECTURA DEL DEFORMÍMETRO (unidad)	DEFORMACIÓN DE LA MUESTRA (0.001 Pulgada)	DEFORMÍMETRO DE CARGA (unidad)	AREA (A) cm2	CARGA TOTAL SOBRE LA MUESTRA (E) (Kg)	ESFUERZO SOBRE MUESTRA (KG/CM2) =E/A
	0	0.00	0	132	0.00	0.00
	5	0.05	6	132	27.59	0.21
	10	0.10	13	132	59.78	0.45
	20	0.20	15	132	68.98	0.52
	30	0.30	25	132	114.97	0.87
	40	0.40	32	132	147.16	1.11
	50	0.50	37	132	170.15	1.29
	60	0.60	43	132	197.74	1.50
	70	0.70	55	132	252.93	1.92
	80	0.80	64	132	294.32	2.23
	90	0.90	69	132	317.31	2.40
	100	1.00	78	132	358.70	2.72
	120	1.20	115	132	528.85	4.01
	140	1.40	145	132	666.81	5.05
	160	1.60	176	132	809.37	6.13
	180	1.80	250	132	1149.68	8.71
	200	2.00	320	132	1471.58	11.15
	220	2.20	390	132	1793.49	13.59
	240	2.40	439	132	2018.83	15.29
	260	2.60	545	132	2506.29	18.99
	280	2.80	603	132	2773.02	21.01
	300	3.00	678	132	3117.92	23.62
	320	3.20	743	132	3416.83	25.89
	340	3.40	790	132	3632.97	27.52
	360	3.60	840	132	3862.91	29.26
	380	3.80	920	132	4230.80	32.05
	400	4.00	990	132	4552.71	34.49
RESULTADO DE LA COMPRESIÓN:						34.49



OBSERVACIONES: Los paneles fueron trabajados con guadúa angustifolia, pero con un porcentaje de humedad relativamente alto, y con aserrín de guadúa, producto de la sepillada y corte de los latillas para los ensayos.

Ing. Angel Tapia Ch.
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

ANEXO 03: (PANEL DE GUADÚA 03)

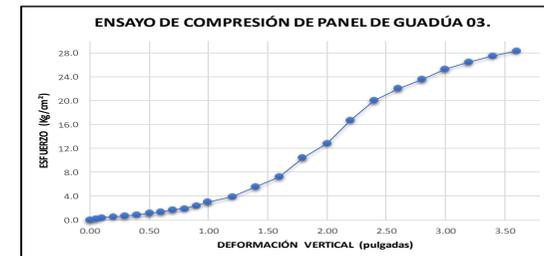
<p>UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA La Universidad Católica de Loja</p>						
<p>DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS ENSAYOS DE COMPRESIÓN</p>						
INF. LAB-UGC-07-2015						
PROYECTO:	PANELES PREFABRICADOS EN GUADÚA		MUESTRA:	03 (PANEL DE GUADÚA)		
OBRA:	PANEL DE GUADÚA					
LOCALIZACIÓN:	LOJA					
REALIZADO POR:	JIMMY ENCALADA NÚÑEZ					
FECHA:	Julio del 2015					
DATOS DE LA MUESTRA:						
ÁREA (60x1.2*2) cm ² :	156	DENSIDAD DEL PANEL:	642.86			
ALTURA (m):	0.60	$\rho = \frac{\text{Peso (Kg)}}{\text{Volumen (m}^3\text{)}}$	0.643 Tn/m ³			
VOLUMEN (m ³):	0.03	(K)CONSTANTE DEL ANILLO (kg/dv)=	4.5987			
PESO (Kg):	16.2					
DATOS DE LA MUESTRA:						
MUESTRA	ALTURA	ANCHO	LARGO	CARGA	AREA (ancho x largo)	ESFUERZO SOBRE MUESTRA
	cm	cm	cm	(Kg)	(cm ²)	$\sigma = (\text{Kg/cm}^2)$
	60	1.2	60	4,425.47	156	28.37
EL ESFUERZO DE COMPRESIÓN SOBRE LA MUESTRA (kg/cm2)=						28.37

Observaciones: Las muestras sobn realizadas por el Sr. Jimmy Encalada Núñez, y entregadas al laboratorio de la UTPL, para la respectiva realización de las muestras.

CARGA (Kg) = LECTURA DEL DEFORMÍMETRO x CONSTANTE DEL ANILLO (K)
 = 960 Kg x (K)
 K= 4.5987 Kg/dv

Ing. Angel Tapia Ch.
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

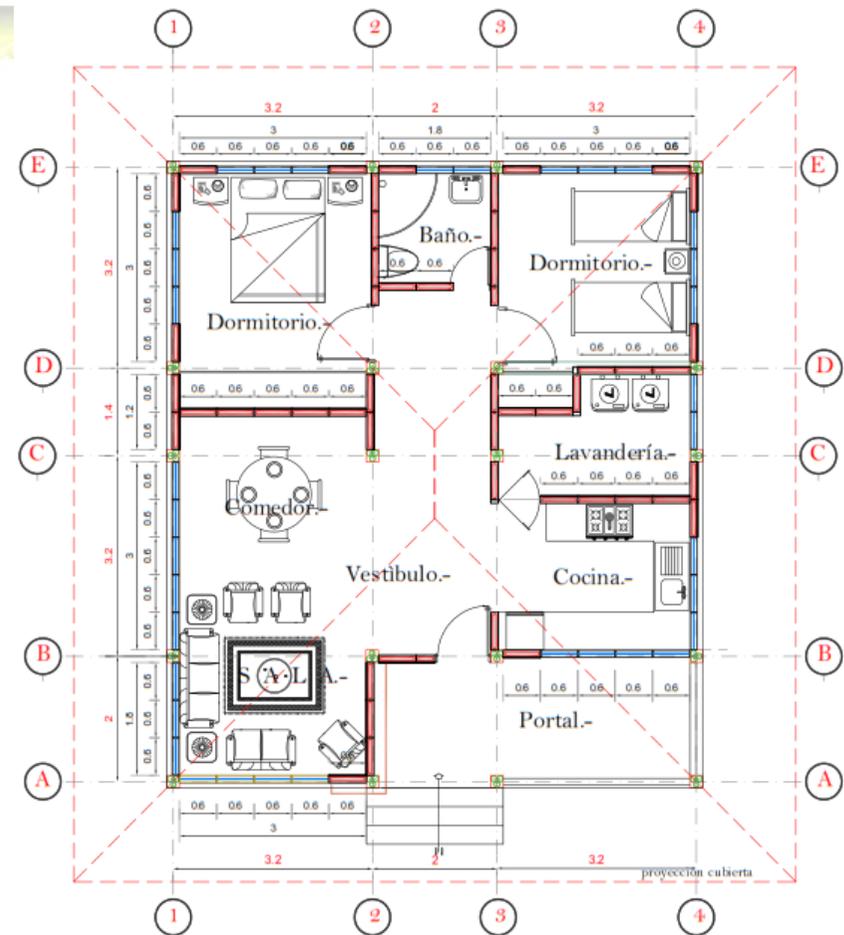
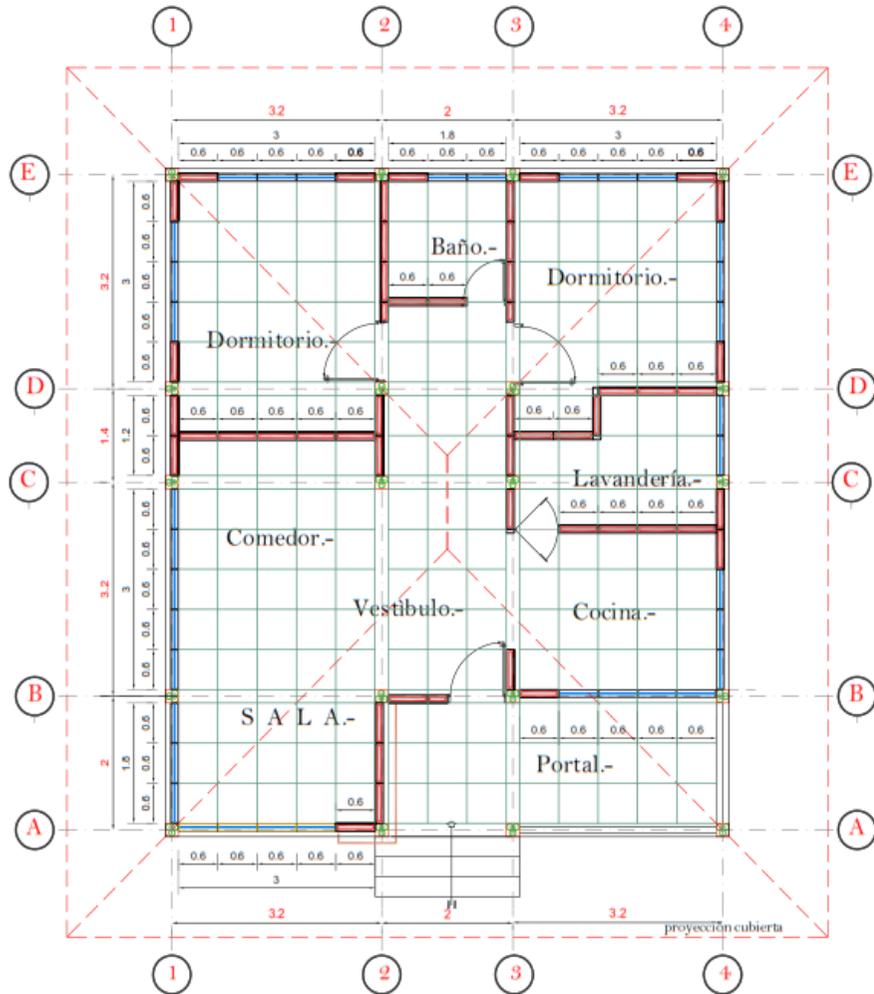
<p>UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA La Universidad Católica de Loja</p>						
<p>DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS ENSAYOS DE COMPRESIÓN</p>						
INF. LAB-UGC-07-2015						
PROYECTO:	PANELES PREFABRICADOS EN GUADÚA		MUESTRA:	03 (PANEL DE GUADÚA)		
MUESTRA:	PANEL DE GUADÚA 01					
LOCALIZACIÓN:	LOJA					
REALIZADO POR:	JIMMY ENCALADA NÚÑEZ					
FECHA:	Julio del 2015					
DATOS DEL DEFORMÍMETRO:						
MUESTRA	LECTURA DEL DEFORMÍMETRO (unidad)	DEFORMACIÓN DE LA MUESTRA (0.001 Pulgada)	DEFORMÍMETRO DE CARGA (unidad)	AREA (A) cm2	CARGA TOTAL SOBRE LA MUESTRA (E) (Kg)	ESFUERZO SOBRE MUESTRA (KG/CM2) $\delta = E/A$
	0	0.00	0	156	0.00	0.00
	5	0.05	6	156	27.59	0.18
	10	0.10	13	156	59.78	0.38
	20	0.20	17	156	78.18	0.50
	30	0.30	24	156	110.37	0.71
	40	0.40	31	156	142.56	0.91
	50	0.50	37	156	170.15	1.09
	60	0.60	45	156	206.94	1.33
	70	0.70	57	156	262.13	1.68
	80	0.80	65	156	298.92	1.92
	90	0.90	83	156	381.69	2.45
	100	1.00	102	156	469.07	3.01
	120	1.20	135	156	620.82	3.98
	140	1.40	190	156	873.75	5.60
	160	1.60	246	156	1131.28	7.25
	180	1.80	354	156	1627.94	10.44
	200	2.00	434	156	1995.84	12.79
	220	2.20	566	156	2602.86	16.69
	240	2.40	678	156	3117.92	19.98
	260	2.60	745	156	3426.03	21.96
	280	2.80	799	156	3674.36	23.55
	300	3.00	856	156	3936.49	25.23
	320	3.20	899	156	4134.23	26.50
	340	3.40	934	156	4295.19	27.53
	360	3.60	960	156	4414.75	28.30
RESULTADO DE LA COMPRESIÓN:						28.30



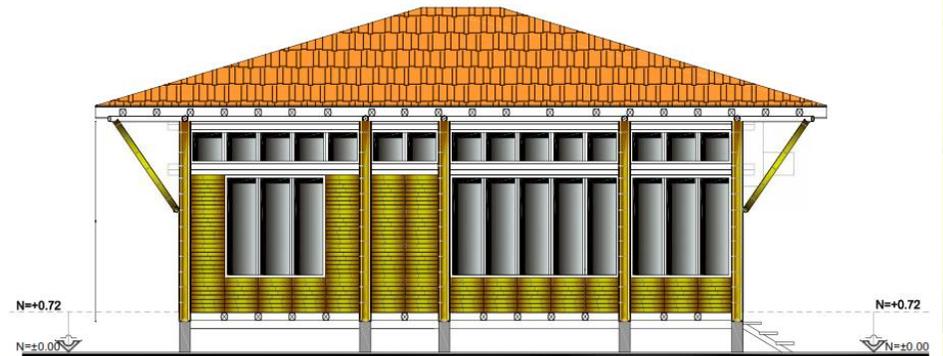
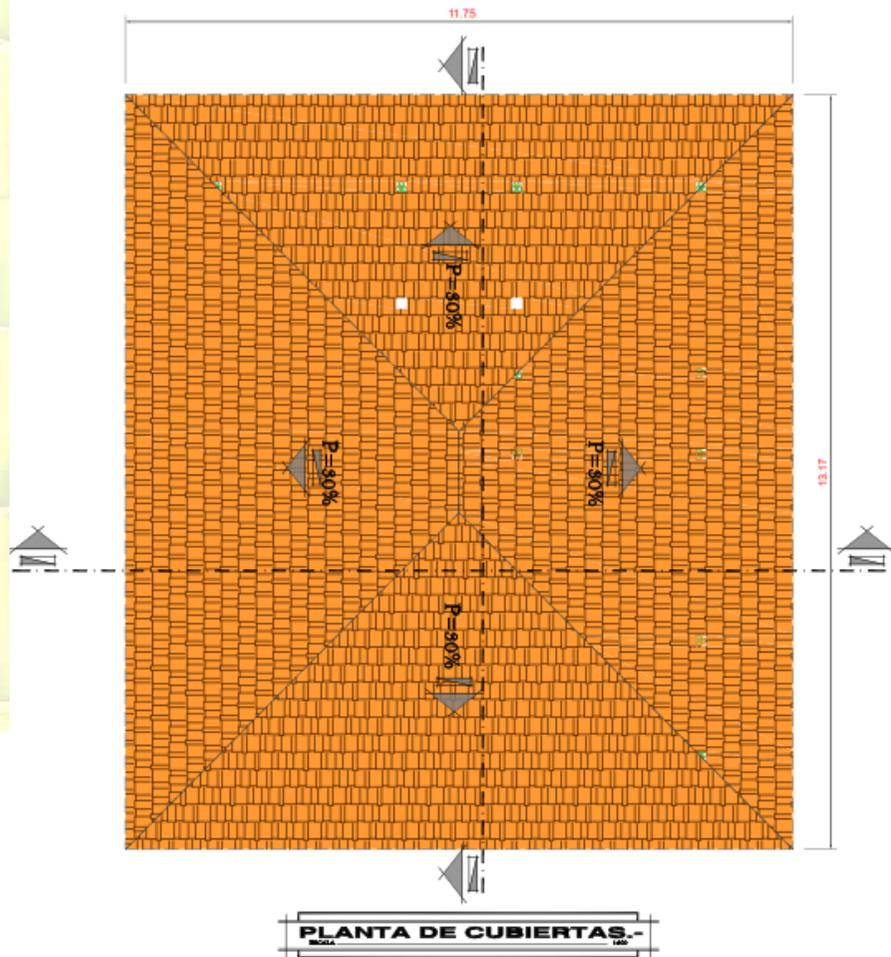
OBSERVACIONES: Los paneles fueron trabajados con guadúa angustifolia, pero con un porcentaje de humedad relativamente alto, y con aserrín de guadúa, producto de la sepillada y corte de los latillas para los ensayos.

Ing. Angel Tapia Ch.
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

ANEXO 04: (PLANTAS ARQUITECTÓNICAS)



ANEXO 05: (PLANTA DE CUBIERTAS Y ELEVACIONES)



ANEXO 06: (DETALLES AXONOMÉTRICOS)

DETALLE DE BASE DE PARANTE

DETALLE DE PARANTE



DETALLE DE BASE DE PARANTE



DETALLE DE PANEL ARMADO

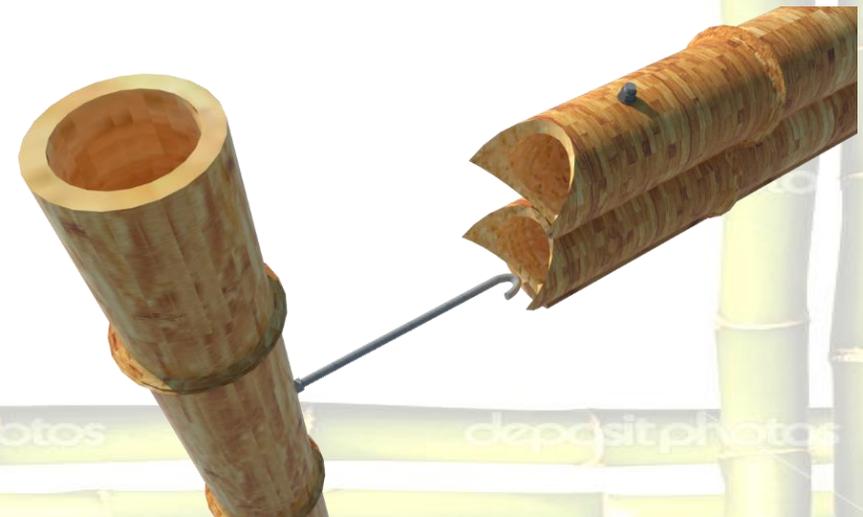
DETALLE DE PANEL ARMADO CON MOLDE



DETALLE DE PANEL ARMADO II



DETALLE DE VARILLA CON GANCHO O ARANDELA



DETALLE DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS I



DETALLE DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS MAS PANEL



DETALLE DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS II



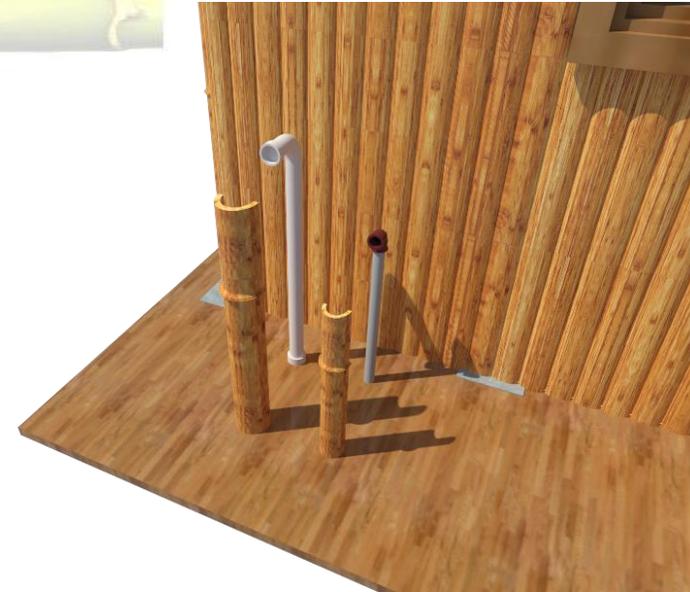
DETALLE DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS MAS PANEL II



DETALLE DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS MAS PANEL III



DETALLE DE INSTALACIONES DE AGUA Y SANITARIAS I



DETALLE DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS MAS PANEL III



DETALLE DE INSTALACIONES DE AGUA + SANITARIAS II



DETALLE DE ACOPLE EN BASE DE PARANTE



DETALLE DE PERNO DE ANCLAJE COLUMNA-PANEL

