

CERRAMIENTOS INTERIORES CON TABLEROS AGLOMERADOS Y MADERA

Un sistema flexible para viviendas

Autor:

Arq. Sven Methling

Tutores:

Arq. Antonio Conti

Arq. Msc. Argenis Lugo

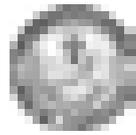
UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA - FACULTAD DE ARQUITECTURA Y URBANISMO

INSTITUTO DE DESARROLLO EXPERIMENTAL DE LA CONSTRUCCIÓN

TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR AL TÍTULO DE MAGISTER SCIENTIARUM

EN DESARROLLO TECNOLÓGICO DE LA CONSTRUCCIÓN

Caracas, 20 de septiembre del 2013



CERRAMIENTOS INTERIORES CON TABLEROS AGLOMERADOS Y MADERA

Un sistema flexible para viviendas

Autor:

Arq. Sven Methling

Tutores:

Arq. Antonio Conti

Arq. Msc. Argenis Lugo

UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA - FACULTAD DE ARQUITECTURA Y URBANISMO

INSTITUTO DE DESARROLLO EXPERIMENTAL DE LA CONSTRUCCIÓN

TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR AL TÍTULO DE MAGISTER SCIENTIARUM

EN DESARROLLO TECNOLÓGICO DE LA CONSTRUCCIÓN

Caracas, 20 de septiembre del 2013

FECHA DE APROBACIÓN: _____

**TRABAJO DE GRADO APROBADO EN NOMBRE DE LA UNIVERSIDAD CENTRAL DE
VENEZUELA POR EL SIGUIENTE JURADO EXAMINADOR:**

Coordinadores:

FECHA DE ENTREGA: _____

AUTORIZACIÓN PARA LA DIFUSIÓN ELECTRÓNICA DE LOS TRABAJOS DE LICENCIATURA, TRABAJO ESPECIAL DE GRADO, TRABAJO DE GRADO Y TESIS DOCTORAL DE LA UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA.

Yo, *Sven Methling*, autor del trabajo tesis *Cerramientos interiores con tableros aglomerados y madera: un sistema flexible para viviendas*, presentado para optar al título de *Magister Scientiarum en desarrollo tecnológico de la construcción*, a través de este medio autorizo a la Escuela de Arquitectura o a la Comisión de Estudios de Postgrado de la Facultad de Arquitectura de la UCV, para que difunda y publique la versión electrónica de este trabajo o tesis, a través de los servicios de información que ofrece la Institución, sólo con fines de docencia e investigación, de acuerdo a lo previsto en la Ley sobre Derecho de Autor, Artículo 18, 23 y 42 (Gaceta Oficial N° 4.638 Extraordinaria, 01-10-1993).

Si autorizo

C.I. N° 17705209

e-mail: plantafachada@gmail.com

Nota: En caso de no autorizarse la Escuela o Comisión de Estudios de Postgrado, publicará: la referencia bibliográfica, tabla de contenido (índice) y un resumen descriptivo, palabras claves y se indicará que el autor decidió no autorizar el acceso al documento a texto completo. La cesión de derechos de difusión electrónica, no es cesión de los derechos de autor, porque este es intransferible.

Título del Producto o Propuesta:

Cerramientos interiores con tableros aglomerados y madera: un sistema flexible para viviendas

AGRADECIMIENTOS

El autor expresa su más profundo agradecimiento a las personas e instituciones que por medio de su asesoría, apoyo y motivación contribuyeron con el desarrollo del presente trabajo de grado.

A los profesores Antonio Conti y Argenis Lugo de la *línea de investigación con madera* del IDEC, compañeros y tutores del presente trabajo.

A todo el personal docente y administrativo del Instituto de Desarrollo Experimental de la Construcción, y especialmente a los profesores del Taller de Desarrollo Tecnológico quienes le dieron seguimiento al trabajo durante todo su desarrollo.

A los profesores de la Universidad Simón Bolívar por su continuo apoyo en la investigación especialmente al Prof. Arq. Alfredo Sanabria.

A los representantes de las empresas visitadas Arq. Héctor Yépez de *Viviendas Orinoco c.a.* y al Arq. Juan Luis Carrillo de *Hábitat Industrial c.a.*

RESUMEN

El estudio plantea la utilización de tableros de madera como material con alto potencial de aplicación en el campo de la construcción para el desarrollo de un sistema de cerramientos verticales interiores. La investigación se fundamenta en el aprovechamiento de los recursos forestales que posee Venezuela, específicamente en cuanto a plantaciones de especies de rápido crecimiento. Se toma como referencia las investigaciones de la *línea madera* del IDEC y se sustenta en la premisa de la madera como insumo básico para los tableros y material natural, renovable, y con potencial para ser altamente competitivo dentro del campo de la construcción sostenible en nuestro país, gracias a los bajos requisitos energéticos y facilidad de procesamiento.

La propuesta tiene como objetivo principal el desarrollo de un sistema para cerramientos interiores de elementos prefabricados, con juntas secas, que permitan construcciones progresivas, la deconstrucción, el paso de las instalaciones y la aplicación de diversos acabados. Se plantea la posibilidad de aplicar la tecnología en diversas escalas y modalidades de producción, desde carpinterías de manufactura básica hasta talleres industrializados. Se propone su aplicación en la vivienda como caso de estudio por su potencial en cuanto a construcción progresiva, remoción y reutilización de componentes —o partes de ellos— para satisfacer los requerimientos propios del crecimiento y transformación de los núcleos familiares en el tiempo.

El desarrollo tecnológico de la propuesta se llevó a cabo a través de modelos y maquetas experimentales. Se determinó el alcance del sistema en cuanto a los requerimientos normativos y de habitabilidad mediante especificaciones técnicas y características mecánicas recabadas de pruebas de ensayo. Se realizaron pruebas de producción y montaje a pequeña escala. Finalmente se comprobó la aplicación del sistema en proyectos de vivienda con posibilidades de crecimiento y progresividad.

PALABRAS CLAVE: Cerramientos, tableros de madera, sostenibilidad, vivienda, progresividad, deconstrucción.

ABSTRACT

This study proposes the use of wood based panels to develop an indoor vertical wall system. Wooden boards can be considered a material with a large range of applications in construction. The research focuses on the sustainable exploitation of Venezuela's rainforest resources (more specifically the fast-growing rainforest species.) The study uses as reference previous work by IDEC's wood specialists and relies on the premise that wood is a natural, renewable, sustainable and highly competitive material in the field of construction in Venezuela, due to its low energy requirement and ease of processing

The main objective of the project is to develop a system for precast interior walls with dry joints, allowing progressive construction, dismantling, access to the facilities, and the application of diverse finishing touches. The project outlines the possibility of applying the technology at various scales of production, ranging from basic manufacturing workshops to industrialized factories. Based on attributes such as potential for progressive construction, easy removal and recycling, it is suggested that the developed technology is implemented for housing as a case of study. We believe that such a technology would aid householders in the task of enlarging or restructuring their houses.

The technological development was achieved through experimental models, demonstrating the reliability of the proposal. The scope of the technique was assessed in terms of regulations and habitability through analysis of the component's technical specifications and mechanical characteristics. Small-scale production tests and set-up of enclosure systems were conducted to evaluate the feasibility of the study. Finally, the proposed system was implemented in diverse progressive housing projects.

KEY WORDS: wall-systems, wood panels, sustainability, housing, progressive construction, deconstruction.

ÍNDICES



ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN GENERAL	XV
CAPÍTULO I	
Madera aserrada y tableros para la construcción	01
INTRODUCCIÓN	03
I.1. Madera de plantaciones: un recurso renovable	05
I.1.1. Características de la madera como material de construcción	06
I.1.2. Aspectos sostenibles de la madera en construcción	08
I.1.3. La madera de plantaciones	11
I.1.4. El potencial forestal venezolano: especies de rápido crecimiento	12
I.2. Tableros de madera una opción para la vivienda venezolana	14
I.2.1. Los tableros de madera	15
I.2.2. Utilización de los tableros en la construcción	25
I.2.3. La construcción con tableros en el contexto venezolano	27
I.3. Vivienda progresiva y construcción sostenible	37
I.3.1. Enfoques de vivienda de construcción progresiva en Venezuela	37
I.3.2. El problema de la oferta de tecnologías para cerramientos	38
I.3.3. Cerramientos interiores e instalaciones sanitarias	39
I.3.4. Componentes constructivos para la vivienda flexible	43
I.3.5. Requerimientos físicos para cerramientos en vivienda	45
I.3.6. Principios para una construcción sostenible con tableros de madera	53
Referencias bibliográficas	60

CAPÍTULO II

Desarrollo del Sistema de Cerramientos con Tableros de Madera	64
INTRODUCCIÓN	66
II.1. Criterios de diseño	67
II.1.1. Consideraciones de diseño	67
II.1.2. Premisas de diseño para el desarrollo de una tecnología sostenible	69
II.1.3. Enfoque sistémico de la propuesta	71
II.2. Descripción del sistema de cerramientos	73
II.2.1. Descripción general	73
II.2.2. Principios de soporte	74
II.2.3. Coordinación Dimensional	77
II.2.4. Contexto de aplicación	84
II.3. Aspectos constructivos	86
II.3.1. Componentes y elementos constructivos	87
II.3.2. Uniones	88
II.3.3. Redes de instalaciones	97
II.3.4. Situaciones constructivas	108
II.3.5. Catálogos constructivos – Componentes y uniones	112
II.4. Aspectos de producción	115
II.4.1. Insumos, materiales y mano de obra	115
II.4.2. Alternativas de producción	117
II.4.3. Proceso de producción industrial	118
II.4.4. Proceso de manufactura de mediana y pequeña escala	123

II.5. Montaje, deconstrucción y mantenimiento	125
II.5.1. La deconstrucción como práctica para la sostenibilidad	125
II.5.2. Montaje y desmontaje	126
II.5.3. Mantenimiento, sustitución de partes y reutilización	135
II.5.4. Estrategias de reciclaje	138
II.7. Referencias bibliográficas Capítulo II	140
CAPÍTULO III	
Comprobaciones experimentales de la propuesta	143
INTRODUCCIÓN	145
III.1. Validación de los requerimientos físicos	149
III.1.1. Análisis de ensayos físicos	149
III.1.2. Análisis de especificaciones técnicas de los componentes	155
III.1.3. Cumplimiento de los requerimientos físicos	157
III.2. Proceso de producción	158
III.2.1. Investigación experimental del proceso de producción artesanal	159
III.2.2. Resultados y recomendaciones para la producción a escala artesanal.	163
III.2.3. Análisis comparativo para la producción de cerramientos.	164
III.3. Montaje del sistema de cerramientos	165
III.3.1. Metodología experimental de montaje	165
III.3.2. Consideraciones y recomendaciones para el montaje	170
III.3.3. Análisis comparativo de tiempos de montaje.	170
III.3.4. Análisis comparativo del peso de los cerramientos.	171

III.4. Valoración económica de la propuesta	172
III.4.1. Costos producción industrial (mediana y gran escala)	172
III.4.2. Costos de producción artesanal (pequeña y mediana escala)	173
III.5. Aplicación del sistema en proyectos de vivienda	175
III.5.1. Definición del caso de estudio	175
III.5.2. Descripción de la alternativa de aplicación	177
III.5.3. Tipologías	186
Referencias bibliográficas	193
CONCLUSIONES GENERALES	195
Bibliografía consultada	205
Apéndice	210
Anexos	227

ÍNDICE DE CUADROS

Capítulo I

Cuadro 1. Gastos comparativos entre el peso de material transportado y la energía consumida entre un panel de madera de pino y un muro de mampostería	09
Cuadro 2. Energía consumida en los procesos de manufactura de componentes constructivos, caso de la manufactura de paredes a partir de la madera y otros materiales	10
Cuadro 3. Residuos tóxicos de carbón generados en los procesos de transformación de la madera y de otros materiales de construcción	10
Cuadro 4. Producción anual en m ³ de madera en rola de las principales especies	13
Cuadro 5. Clasificación de los tableros de madera según el material	23
Cuadro 6. Tableros de chapa	24
Cuadro 7. Tableros aglomerados	24
Cuadro 8. Tableros de fibras	25
Cuadro 9. Tipos de tablero en el mercado internacional en Venezuela	28
Cuadro 10. Resistencia al fuego de los elementos de la construcción norma chilena	50
Cuadro 11. Métodos de Protección activa y pasiva de la Madera	50
Cuadro 12. Requerimientos físicos para cerramientos interiores	52

Capítulo II

Cuadro 13. Consideraciones de diseño para la estabilidad y resistencia	67
Cuadro 14. Consideraciones de diseño para la protección de ciclos calor-humedad	68
Cuadro 15. Consideraciones de diseño para el confort térmico	68
Cuadro 16. Consideraciones de diseño para el aislamiento acústico	68
Cuadro 17. Consideraciones de diseño para la protección contra el fuego	69
Cuadro 18. Consideraciones para la protección contra agentes xilófagos y hongos	69
Cuadro 19. Alternativas de solución para uniones horizontales	90
Cuadro 20. Consideraciones para la selección de uniones de la propuesta	91
Cuadro 21. Coordinación dimensional para la selección de uniones	92
Cuadro 22. Gasto de material para la selección de uniones	93
Cuadro 23. Alternativas de solución de instalaciones eléctricas, voz y data	101
Cuadro 24. Alternativas de solución de instalaciones sanitarias	106

Cuadro 25. Características físico-mecánicas de tablero Masisa HR	116
Cuadro 26. Propiedades Mecánicas de la Madera de Pino Caribe	116
Cuadro 27. Desperdicio de la madera aserrada utilizada para secciones	121

Capítulo III

Cuadro 28. Resultados del ensayo de compresión.	151
Cuadro 29. Propiedades de materiales y cerramientos (1)	155
Cuadro 30. Propiedades de materiales y cerramientos (2)	155
Cuadro 31. Estudio de tiempos requeridos en las etapas de producción	163
Cuadro 32. Estudio de tiempos requeridos en las etapas de producción.	164
Cuadro 33. Estudio de tiempos requeridos en las etapas de montaje	170
Cuadro 34. Estudio comparativo de montaje de cerramientos	171
Cuadro 35. Estudio comparativo del peso de cerramientos	171
Cuadro. 36. Análisis comparativo de precios	173
Cuadro 37. Costo de materiales para elaboración de un (1) panel P-120.	174
Cuadro 38. Costos de materiales para producción del sistema de cerramiento	174

ÍNDICE DE FIGURAS

Introducción

Fig.1. Esquema de producción de la industria de la madera.	XII
Fig.2. Características de la construcción de viviendas con madera en Venezuela.	XIV
Fig.3. Esquema de potencial de la madera en la construcción venezolana.	XVI

Capítulo I

Fig.4. Los impactos del medio construido en su entorno.	03
Fig.5. Población Urbana por regiones 2005-2050.	04
Fig.6. La madera en la historia de Venezuela.	07
Fig.7. Estructura Celular de las Maderas Blandas.	09
Fig.8. Primera fabricación del tablero contrachapado en Estados Unidos.	17
Fig.9. Sistema de Casa Empacada.	19
Fig.10. Casa del señor General Ignacio Andrade (entramado de Madera)	21
Fig.11. Primera Casa Finlandesa Puutalo en Venezuela	21
Fig.12. Vivienda de Sistema Prefabricado Lancha-INAVI 2001.	22
Fig.13. Viviendas en Judenborg West /Viviendas en Stadthaus	22
Fig. 14. Comportamiento físico del tablero y el panel.	25
Fig. 15. Viviendas con el sistema SIPS en Norteamérica	26
Fig. 16. Paneles de madera como cerramiento interno.	27
Fig. 17. Visita al taller de Grupo Hábitat Soluciones Constructivas	30
Fig. 18. Proceso industrial de VIVIENDAS ORINOCO c.a.	32
Fig. 19. Instalaciones sanitarias en cerramientos de bloque de arcilla.	40
Fig. 20. Instalaciones en entramados de madera	42
Fig. 21. Instalaciones en SIPS.	42
Fig. 22. Instalaciones en muebles modulares Herman-Miller	43
Fig. 23. Estructura de Soporte y variaciones con unidades separables	44
Fig. 24. El pavimento registrable	45
Fig. 25. Requerimientos de habitabilidad y confort en los tabiques de una vivienda	46
Fig. 26. Proceso de producción de los tableros de madera	55
Fig. 27. Sincretismo Tecnológico	56

Fig. 28. Autoconstrucción de una vivienda con madera	57
Fig. 29. Esquemas conceptuales para un sistema de cerramientos	54

Capítulo II

Fig.30. Descripción básica del sistema de cerramientos.	66
Fig.31. El Sistema Constructivo de una Edificación.	71
Fig.32. Diagrama del sistema de cerramientos	72
Fig.33. Descripción general de la propuesta	73
Fig.34. Alternativas constructivas para componente básico del sistema.	74
Fig.35. Principios de soporte del sistema de cerramientos	75
Fig.36. Alternativas de solución para los sistemas de soportes.	75
Fig.37. Descripción básica de componentes del sistema de cerramientos.	76
Fig.38. Dimensionamiento de los tableros de madera	77
Fig.39. Esquemas de Coordinación Modular / Industria de tableros de madera	78
Fig.40. Derecha. Coordinación dimensional en planta	79
Fig.41. Estudio dimensional de la vivienda.	80
Fig.42. Coordinación dimensional en alzado.	81
Fig.43. Situaciones constructivas en alzado.	82
Fig.44. Detalles de modulación para cerramientos internos.	82
Fig.45. Coordinación modular para vanos y puertas.	83
Fig.46. Espesor del panel.	83
Fig.47. Contexto de aplicación en vivienda	84
Fig.48. Alternativas de aplicación en vivienda	85
Fig.49. Diagrama del sistema de cerramientos.	86
Fig.50. Descripción de uniones a resolver	88
Fig.51. Uniones horizontales	89
Fig.52. Alternativas de solución – uniones horizontales	90
Fig.53. Alternativas de solución – uniones verticales	92
Fig.54. Unión seleccionada (original)	94
Fig.55. Unión seleccionada (modificada)	94
Fig.56. Retícula simple en ambos sentidos	95
Fig.57. Criterio de ubicación para instalaciones en tabiques húmedos	100
Fig.58. Esquema para instalaciones eléctricas visitables	102

Fig.59. Esquema para instalaciones eléctricas a la vista.	103
Fig.60. Esquema para paneles prefabricados con canalizaciones	104
Fig.61. Paneles sanitarios con entramado de madera	105
Fig.62. Alternativa de solución para instalaciones sanitarias	108
Fig.63. Solución para de vigas en el espacio	108
Fig.64. Solución para techo inclinado	109
Fig.65. Solución para planos fuera de la coordinación modular	109
Fig.66. Solución para alturas menores a 2M	110
Fig.67. Solución para vanos de puertas	111
Fig.68. Resumen del catálogo de componentes	113
Fig.69. Resumen del catálogo de uniones	114
Fig.70. Fases de producción	118
Fig.71. Descripción del procesamiento de la madera aserrada	119
Fig.72. Descripción del procesamiento de los tableros de madera	120
Fig.73. Fase 1 de la producción de los componentes	122
Fig.74. Fase 2 de la producción de los componentes	122
Fig.75. Fase 3 de la producción de los componentes	122
Fig.76. Producción de los componentes para paneles entramados	124
Fig.77. Esquema de montaje e instalación de paneles	127
Fig.78. Serie de pasos para instalación de elementos de fijación	128
Fig.79. Instalación de elementos de fijación sección rectangular	129
Fig.82. Esquema de instalación de elementos de fijación/canalización	130
Fig.81. Esquema de instalación de paneles	131
Fig.82. Fijación de anclajes y remates finales	131
Fig.83. Proceso de desmontaje de elementos de anclajes	133
Fig.84. Proceso de desmontaje de elementos de anclajes	134
Fig.85. Esquema de desmontaje posterior	135
Fig.86. Esquema de montaje delantero	136
Fig.87. Impacto sobre el panel después de su utilización	137
Fig.88. Ciclo Natural	138
Fig.89. Impacto sobre el panel en su ciclo de vida	138

Capítulo III

Fig. 90. Maquetas de estudio – Unión lineal rectangular	146
Fig. 91. Maquetas de estudio – Unión en 'L' y unión triangular.	147
Fig. 92. Maquetas de estudio – Panel y elementos de fijación.	148
Fig. 93. Ensayo de impacto horizontal	150
Fig. 94. Ensayo de flexión	150
Fig. 95. Ensayo de compresión	151
Fig. 96. Ensayo ciclos calor-humedad	152
Fig. 97. Ensayo de comportamiento al fuego	154
Fig. 98. Comprobación Experimental de la Producción 1	160
Fig. 99. Comprobación Experimental de la Producción 2	161
Fig. 100. Comprobación Experimental de la Producción 3	162
Fig. 101. Comprobación Experimental del montaje del sistema 1	166
Fig. 102. Comprobación Experimental del montaje del sistema 1	167
Fig. 103. Comprobación Experimental del montaje del sistema 1	168
Fig. 104. Montaje final del cerramiento / Modificaciones realizadas por usuarios.	169
Fig. 105. Esquema estructural para aplicación de la tecnología.	176
Fig. 106. Aplicación de la tecnología en conjunto de viviendas	177
Fig. 107. Aplicación de la tecnología en unidad habitacional	178
Fig. 108. Vista del caso de aplicación	179
Fig. 109. Proceso de montaje – Lamina 1	180
Fig. 110. Proceso de montaje – Lamina 2	181
Fig. 111. Proceso de montaje – Lamina 3	182
Fig. 112. Proceso de montaje – Lamina 4	183
Fig. 113. Modificación de la vivienda – Lamina 1	184
Fig. 114. Modificación de la vivienda – Lamina 1	185
Fig. 115. Detalle unión de desmontaje panel-estructura	186
Fig. 116. Unión de desmontaje panel-estructura	187
Fig. 117. Complemento vertical – diferencia de altura	188
Fig. 118. Detalle aplique superior – diferencial de altura	188
Fig. 119. Detalle junta para mobiliario integrado	189
Fig. 120. Mobiliario integrado a cerramientos	190
Fig. 121. Aplicación de canalización eléctrica	190

Apéndice

Fig. 116. Componente P-40	211
Fig. 117. Componente P-60	212
Fig. 118. Componente P-80	213
Fig. 119. Componente P-120	214
Fig. 120. Componente PH-40	215
Fig. 121. Componente PH-60	216
Fig. 122. Componente PH-80	217
Fig. 123. Componente PH-120	218
Figura 124. Unión lineal pared-panel	219
Figura 125. Unión lineal panel-panel.	220
Figura 126. Unión L pared-panel.	221
Figura 127. Unión en escuadra (T).	222
Figura 128. Unión en cruz (X).	223
Figura 129. Unión horizontal con perfil madera	224
Figura 130. Unión horizontal con perfil metálico	225
Figura 131. Unión horizontal con perfil metálico-canalización	226

Anexos

Figura 132. Solución para tabique divisorio: Panel Acústico SIP	228
Figura 133. Análisis de precio unitario para tabiquería en dry-wall espesor 10cm	229

INTRODUCCIÓN GENERAL



INTRODUCCIÓN GENERAL

La madera y sus productos derivados, como es el caso de los tableros, conforman un grupo de materiales de inmensa importancia para la construcción en la actualidad y tiempos por venir. El caso de Venezuela se presenta paradigmático, si bien existe el recurso, no ha podido afianzarse comercial e industrialmente en la *cultura constructiva* nacional. No en vano Cloquell Ballester, Contreras Miranda y Owen de Contreras (2005: 13) afirman que “*en la historia del hombre, la tectónica en madera ha dependido de la disponibilidad del recurso forestal donde se ha desarrollado, su capacidad creativa, su lógica estructural y desarrollo tecnológico*”. Pero, ¿cómo traducir el potencial forestal que posee Venezuela en tecnologías aplicables —y apropiables— a la cultura constructiva del país? Dicho proceso debe ser entendido en su carácter multifacético, que va más allá del diseño y la manufactura de componentes, incluyendo factores históricos, culturales, sociales, económicos e incluso políticos. Si bien es cierto que la madera es uno de los recursos ancestrales, usado por el hombre desde “*entre 50.000 a 30.000 años antes de nuestra era*” (Leroi-Gourhan, 1971: 303, en Loreto, Molina, Vivas, Lugo, Conti, 2000: 10), y cuya vigencia se evidencia en el alto consumo del material en el mercado mundial, pareciera que el impacto de la industrialización, específicamente en el caso de Venezuela a causa del <boom del petróleo>, ha supeditado su uso a las construcciones con tecnologías ‘duras’ como el acero y el concreto. Nos preguntamos ¿por qué en la actualidad en un país poseedor de un vasto recurso que ocupa el 54,9% de la superficie continental (Enciclopedia Venezuela Vive, 2001) y productor de alrededor de 1.300.000 m³ de madera en rola, no se han logrado introducir masivamente los productos forestales para la industria de la construcción, de manera exitosa? Sobre todo y teniendo en cuenta la importancia que reside en la utilización de recursos provenientes de fuentes naturales renovables (ver figura 1).



Figura 1. Esquema de producción de la industria de la madera. Fuente: Elaboración propia (2011)

Venezuela ha contado con importantes recursos forestales naturales en cuanto a maderas duras y semi-duras, propia de los bosques tropicales y sub-tropicales, y posteriormente desde hace más de 30 años, con las plantaciones más extensas de Latinoamérica. Contreras, W., Owen de Contreras, M.E., Contreras Y. Rondón, M.T. (2009:199), afirman que “*El Pino Caribe (Pinus Caribaea var. Hondurensis) de la Orinoquia, representa aún por muchos años, si su aprovechamiento es sostenible, la alternativa de suministro seguro y a precios competitivos para la construcción con madera en Venezuela*”. Sin embargo, hoy día existen evidencias de que la madera no ha podido ser implementada de manera masiva y exitosa en la industria de la construcción del país. Loreto, et al (2000:13) señalan algunos de los aspectos del problema: *poca formación técnica sobre la madera; ausencia de una normativa; la falsa creencia del riesgo de construir con madera; y el aumento especulativo de los costos de la madera.*

Una de las posibles causas reside en la concepción de < sistemas cerrados > que revisten gran parte de los proyectos e iniciativas realizadas hasta el momento, que no permiten vincular la madera con otras técnicas y materiales como la mampostería de bloques,

estructuras metálicas o sistemas en concreto armado. A lo largo del tiempo las características físicas de estas construcciones se han convertido para el usuario en símbolo de calidad y parámetros comparativos para las demás propuestas constructivas. Esto se presenta como un importante obstáculo para innovar ya que dificulta la aceptación e introducción en el mercado de otras alternativas constructivas; no genera oportunidades para las innovaciones como el concepto de progresividad de la construcción; restringe el diseño, afecta la producción -al depender de unos mismos y determinados insumos-, impide solucionar problemas recurrentes como lentitud, producción de residuos y alta demanda de energía, por nombrar algunos de los más comunes.

El recurso forestal que posee el país, y específicamente el ubicado en las extensas plantaciones de Pino Caribe al sur-este del país, conforma una fuente de materia prima única, de carácter natural y renovable. Lugo (2003: 11) ha descrito su potencial:

- *“Madera de plantaciones de producción sostenible que garantiza la continua disponibilidad de grandes volúmenes de materia prima con un impacto ecológico favorable.*
- *La industria del aserrío tiene una alta capacidad de producción a muy bajo costo.*
- *Madera cuyas características mecánico-físicas y de trabajabilidad la hacen muy factible de utilizar en los procesos de prefabricación o semi-industrialización de componentes de sistemas constructivos permitiendo su fácil manipulación, almacenaje y transporte.*
- *Es considerado un material liviano lo que permite disminuir considerablemente las cargas propias en las edificaciones construidas con este material, repercutiendo de manera favorable en un menor consumo de material en losas de piso y fundaciones. Esto incide favorablemente a nivel de costos y consumo de material a nivel global de la edificación.*
- *Material de construcción competitivo con respecto a materiales tradicionales como el acero y el cemento. La abundancia de un recurso como la madera proveniente de plantaciones de Pino Caribe y sus posibilidades de aprovechamiento, ha*

despertado el interés de los sectores públicos y privado de la construcción debido a la demanda de edificaciones (especialmente viviendas) que existe en la actualidad”.

La aplicación de la madera en el campo de la construcción en Venezuela ha estado vinculada principalmente al área de la vivienda. Si bien observamos que el material puede llegar a reunir las características de la premisa de **hacer más con menos** desarrollada por Cilento (1999: 106-108), *“bajo peso, transportabilidad, eliminación de desperdicios y reciclabilidad, mejorabilidad, facilidad de almacenaje, posibilidad de desmontaje y re-uso, bajo consumo energético, facilidad de producción local a pequeña escala; y precios compatibles con la construcción progresiva de viviendas de bajo costo”*, lo cual justifica y fundamenta el uso masivo del recurso como una de las alternativas para ayudar a solventar el déficit habitacional que sufre el país (ver figura 2).

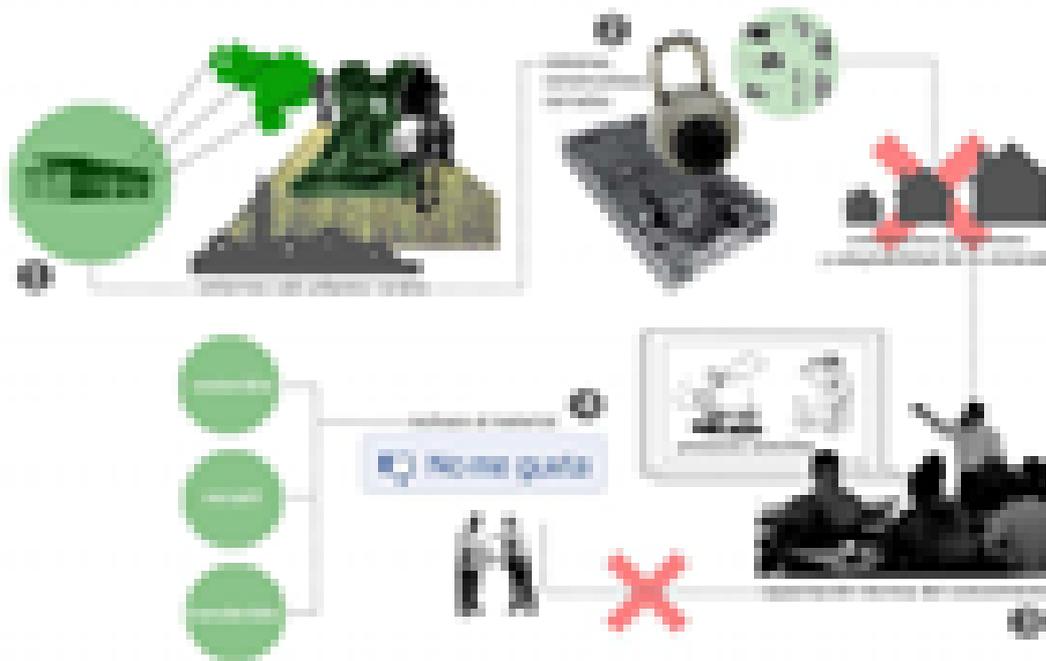


Figura 2. Esquema de características de la construcción de viviendas con madera en Venezuela.

Fuente: Elaboración propia (2011)

Luego de llevar a cabo una revisión en torno al tema de la vivienda nacional con madera, podríamos afirmar que:

- Persiste resistencia social para la adopción de la madera y sus derivados para la construcción de componentes estructurales y de cerramientos para viviendas.
- Predomina el uso de la madera aserrada y machihembrada básicamente para cubiertas.
- Gran parte de las propuestas se han limitado en disfrutar el aspecto estético y de confort en componentes secundarios como techos, puertas y, eventualmente, ventanas en viviendas unifamiliares de una a dos plantas, desaprovechando de esta manera el potencial del material.
- Las construcciones tradicionales conforman sistemas cerrados que no permiten vincular de manera integral distintas técnicas constructivas y recursos locales propios de la diversidad cultural del país.
- A pesar de las ventajas que posee la madera en cuanto a procesos de transformación y fabricación de sistemas y componentes, no se han logrado desarrollar tecnologías y métodos constructivos normalizados y de producción masiva de viviendas.

Una posibilidad para el aprovechamiento de la madera, actualmente subutilizada por el sector público y privado de la construcción, es incorporando procesos de mecanización y transformación en subproductos que busquen mejorar las características originales del material y aumentar sus estándares de calidad (ver figura 3). Esto, sobre todo, para las coníferas de crecimiento rápido como el Pino Caribe, con limitaciones, comparándolo con maderas duras y semiduras de bosques, en cuanto a sus características mecánicas, densidad, deformaciones, proliferación de nudos y secciones pequeñas. El desarrollo de tableros y paneles simples, compuestos y tipo sándwich con Pino Caribe, se presenta como alternativa interesante y meritoria de estudios para la producción de componentes constructivos idóneos para la sostenibilidad. El uso de componentes de madera y sus derivados en base a virutas, lanas y hojuelas aglomeradas, dentro de nuestros entornos construidos, permitiría, entre otros, contribuir en la disminución del impacto sobre las fuentes de materias primas no renovables, facilitaría la conformación de edificaciones con capacidad de desmontaje y reutilización, el establecimiento de sistemas de construcción progresivos y redundaría en disminuir notablemente las solicitudes estructurales gracias a la reducción del peso total de las edificaciones.

Objetivos de la investigación

La presente investigación tiene como objetivo principal el **desarrollo de un sistema de cerramientos interiores con madera y sus derivados en tableros de aglomerados**. El estudio busca conformar un aporte acorde con la “*Agenda de sostenibilidad de las edificaciones*” desarrollada en el IDEC (Cilento 1999), a través del desarrollo de un sistema de cerramientos que permita la ejecución por etapas, la reutilización y la deconstrucción, la construcción progresiva, al igual que cambios y modificaciones *de bajo impacto*, durante la vida útil de las edificaciones. Como comprobación del sistema se propone la vivienda por contener en su programa importantes requerimientos de flexibilidad, sin discriminar su uso en otras tipologías como institucionales, educacionales y asistenciales, entre otros.

A continuación se presentan los objetivos específicos de la investigación:

- 1.- Estudiar las características de los tableros de madera del mercado nacional, así como los procesos de producción implícitos.
- 2.- Sistematizar los requerimientos técnicos para cerramientos en viviendas para el contexto venezolano.
- 3.- Definir criterios de diseño, proceso de producción, montaje y mantenimiento para el sistema propuesto.
- 4.- Establecer la capacidad industrial requerida para la producción de la tecnología, así como sus alternativas de producción local a pequeña escala.
- 5.- Comprobar el sistema en cuanto a su producción, montaje, deconstrucción y costos.
- 6.- Demostrar la aplicación del sistema en alternativas de diseño de edificaciones de construcción progresiva y ciclo de vida flexible.

El trabajo se encuentra organizado en tres capítulos. El primer capítulo, *Madera aserrada y tableros para la construcción* hace un repaso al contenido teórico y los aspectos contextuales requeridos para el entendimiento del problema planteado, se revisa la madera de plantaciones como un recurso renovable, sostenible y con alto potencial en

Venezuela. De igual manera se estudian los tableros de madera como material idóneo para el desarrollo de componentes constructivos. En esta etapa de la investigación se hace referencia al estado del arte de la industria a nivel nacional e internacional, así como de diversos componentes y proyectos vinculados a la construcción con tableros. Finalmente se demuestra el vínculo de dicho material con las viviendas de construcción progresiva y diseño flexible y se definen los requerimientos y variables para el desarrollo de una tecnología de cerramientos interiores con tableros de madera.

El segundo capítulo expone el *Desarrollo de un sistema de cerramientos con tableros de madera* como propuesta tecnológica. En el mismo se definen los criterios de sostenibilidad planteados, haciendo referencia al trabajo realizado desde el Instituto de Desarrollo Experimental de la Construcción IDEC, recolectado en diversos artículos y publicaciones. De igual manera se lleva a cabo una descripción detallada de la tecnología propuesta abarcando aspectos constructivos, de producción, montaje, desmontaje y mantenimiento. Se hace hincapié en la **deconstrucción** como principio fundamental para alcanzar la sostenibilidad en la construcción.

El tercer capítulo abarca la *Comprobación experimental de la propuesta*. En el mismo se hace referencia al proceso experimental intrínseco y continuo que se dio a lo largo del trabajo con el desarrollo de diversos modelos de alternativas para el diseño de la tecnología. Se lleva a cabo una revisión de las características físico-mecánicas del componente principal para determinar su factibilidad en cuanto a requerimientos normativos y de habitabilidad. Se realizaron pruebas del proceso de producción a escala de manufactura en carpintería y taller industrial. Se llevaron a cabo pruebas de montaje y desmontaje de componentes del sistema para evaluar su factibilidad en términos de deconstrucción. Finalmente se realizan comprobaciones de diseño para viviendas evaluando el potencial del sistema en términos de construcción progresiva y flexibilidad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CILENTO SARLI, Alfredo. (1999). Cambio de paradigma del hábitat. Universidad Central de Venezuela. Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico. Instituto de Desarrollo Experimental de la Construcción. Caracas, Venezuela.

CILENTO SARLI, Alfredo. (2007). Hogares sostenibles de desarrollo progresivo. Instituto de Arquitectura Tropical.

CLOQUELL BALLESTER, Vicente Agustín. CONTRERAS MIRADA, Wilver. OWEN DE CONTRERAS, Mary Elena. (2005). La Madera y los productos forestales en sistemas estructurales: aspectos técnicos y medioambientales. Universidad de los Andes, Venezuela / Universitat Politècnica de Valencia.

CONTRERAS MIRANDA, Wilver. OWEN DE CONTRERAS, Mary Elena. CONTRERAS MIRANDA, Yoston. RONDÓN, María Teresa. (2009). Evaluación y rediseño de dos proyectos de casas, realizados por la Gerencia Proyecto Vivienda Madera de CVG Proforca. Parte II. Revista Forestal Venezolana. Año XLIII, Volumen 53(2) Julio-Diciembre. Pp.199-207.

LORETO, Ana. MOLINA, Ricardo. VIVAS, Virginia. LUGO, Argenis. CONTI, Antonio. (2000). La madera: Una línea de Investigación. Tecnología y Construcción Vol. 16-3. Pp. 9-20. Caracas.

LUGO, Argenis. (2003). Utilización de madera de pino caribe de pequeños diámetros para la producción de componentes constructivos: una tecnología constructiva sostenible. Tesis de Grado para optar para el título de Magister Scientiarum IDEC/FAU/UCV. 2003.

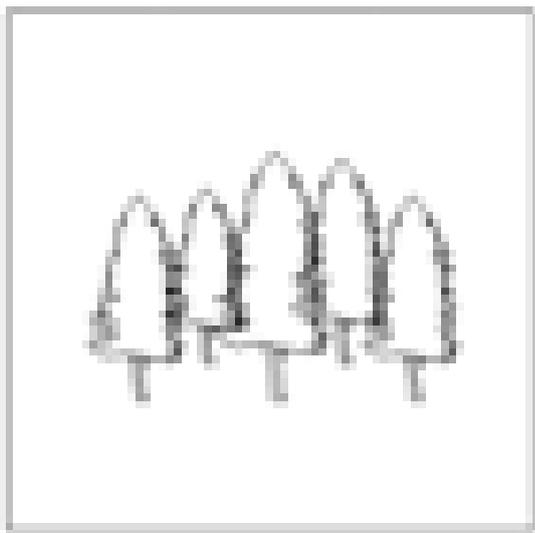
MONTANIER, Josep María. MUXÍ MARTÍNEZ, Zaida (2010). Reflexiones para proyectar viviendas del siglo XXI. DEARQ 06. Revista de Arquitectura de la Universidad de los Andes. Bogotá, Colombia. Pág. 82-99.

VENEZUELA VIVE (ENCICLOPEDIA). (2001). Tomo II Geografía económica humana para el tercer milenio. Editorial Minerva, C.A. Caracas, Venezuela.

CAPÍTULO I

MADERA ASERRADA Y TABLEROS

PARA LA CONSTRUCCIÓN



“Sólo el siglo XIX transforma de un modo fundamental la medida y el ritmo de la velocidad de la actividad humana terrestre. En su primera y segunda década, los pueblos, los países, se aproximan unos a otros con mayor rapidez que en los siglos precedentes. Con el ferrocarril, con el barco de vapor, los viajes que antes duraban días se hacen ahora en uno solo... Pero aun cuando estas nuevas velocidades del ferrocarril y del barco de vapor fueran triunfalmente recibidas por los contemporáneos, esos inventos están aún en el terreno de lo comprensible, pues... la mirada y la mente aún pueden seguirlas y explicar el aparente milagro...

...El siglo XX, si baja la vista, se encuentra un mundo sin secretos. Toda la tierra ha sido explorada, los más lejanos mares surcados. Las regiones que apenas una generación antes aún permanecían dichosas y libres en la penumbra del anonimato, atienden ahora servilmente a las necesidades de Europa... El impulso explorador busca nuevas vías, bajando hasta las profundidades del mar para conocer su fantástica fauna o viajando a la inmensidad del espacio, pues los caminos jamás hollados ya sólo se encuentran en el cielo. Y, desde que para la humana curiosidad no queda en la Tierra espacio sin cultivar, sin secretos, se lanzan al espacio las golondrinas de acero de los aeroplanos, compitiendo por alcanzar nuevas alturas y nuevas distancias”.

ZWEIG, Stefan. Momentos Estelares de la Humanidad. Catorce miniaturas históricas. La lucha por el Polo Sur. Editorial Acantilado (1976) 2002. Pág. 189-190 / Pág. 251.

“El mundo globalizado actual se organiza y gestiona a través de una red de sistemas urbanos, los cuales concentran las áreas de alojamiento de la mayor parte de la población, que constituyen los principales centros de información y decisión, y de producción, distribución y consumo del planeta, y que, además, se han convertido en polos de grandes movimientos humanos generados por las mayores facilidades de comunicación, la industria del turismo y la mundialización de los negocios. De la conformación de esa red y las interrelaciones de las estrategias globales y locales, y de cómo se configuren los patrones de comportamiento de los habitantes urbanos en los próximos decenios, en su relación con los equilibrios ambientales, sociales, económicos y éticos, dependerán en gran medida las condiciones de vida y supervivencia inmediata de los seres vivos sobre la Tierra. Las tensiones ambientales inducidas por las actividades humanas ya están produciendo graves degradaciones ambientales y progresiva escasez de recursos”.

CILENTO, Alfredo. 80 años de Políticas de Vivienda en Venezuela. Sostenibilidad Urbana: el Caso de las Ciudades Venezolanas. FAU-UCV. 2011. Pág. 143.

CAPÍTULO I – MADERA ASERRADA Y TABLEROS PARA LA CONSTRUCCIÓN

Introducción

La realidad de los países en vías de desarrollo, con grandes problemáticas vinculadas a la estructura urbana, el hábitat y calidad de vida de los ciudadanos, y la penuria habitacional, obliga a los arquitectos, urbanistas y demás profesionales y especialistas vinculados al entorno construido a proponer nuevos caminos en la conformación del crecimiento y expansión de nuestras ciudades, especialmente en el área de la construcción, teniendo en cuenta que es una de las industrias de mayor impacto ambiental, económico y social en la edificación nuestras ciudades (ver figura 4).

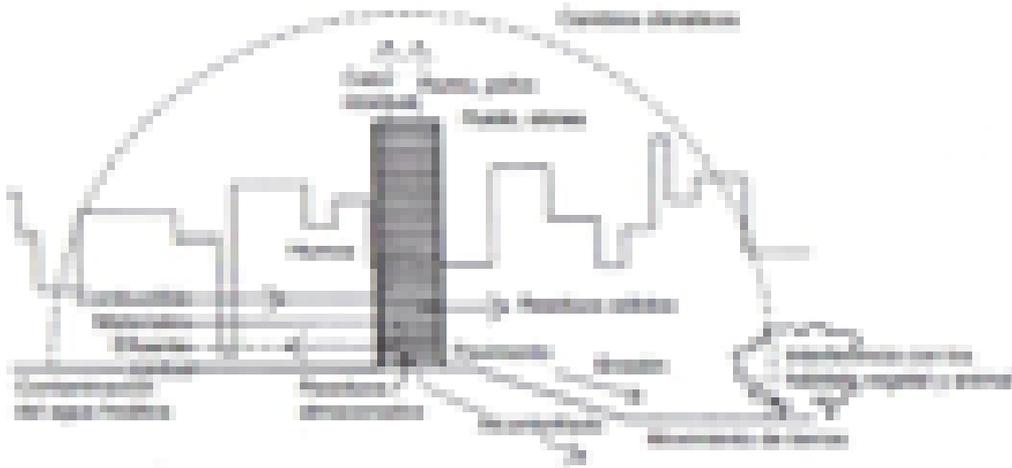


Figura 4. Los impactos del medio construido en su entorno. Fuente: Yeang, 1995.

Como lo plantea Brian Edwards (2005: 3), “...la industria de la construcción consume el 50% de los recursos mundiales, lo que la convierte en una de las actividades menos sostenibles del planeta...la civilización contemporánea depende de los edificios para su cobijo y existencia, y nuestro planeta no puede soportar el grado de consumo de recursos actual...”. Las proyecciones descritas por expertos en la materia no son nada alentadoras, y si nos basamos en el continuo y sostenido crecimiento demográfico urbano, las problemáticas antes descritas aumentarán exponencialmente en el futuro cercano (ver figura 5).

Población Urbana por regiones 2005-2050

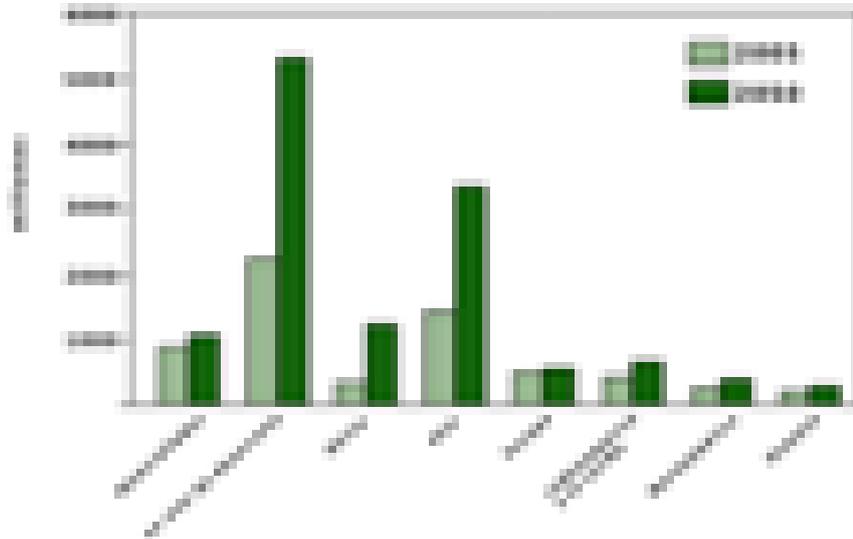


Figura 5. Población Urbana por regiones 2005-2050. Fuente: ONU, 2009.

La aparentemente inevitable expansión de los centros urbanos y consecuente demanda por materiales y tecnologías constructivas incidirá directamente sobre el medio ambiente, acercándonos cada vez más al agotamiento de las fuentes naturales del planeta.

De acuerdo a Yeang (1999: 9) “... el 40% de las materias primas (en peso) en todo el mundo es correspondiente a la construcción, del 36% al 45% de la energía de un país es consumida en sus edificios, del 20% al 26% de los escombros corresponde a la construcción y 100% de la energía residual procedente de los edificios se vierte al medio ambiente...”. Es por ello que vemos como fundamental contribuir en la disminución del consumo de recursos e **incentivar el uso de materiales provenientes de fuentes renovables**, logrando incorporarlos exitosamente en las tradiciones y técnicas constructivas de nuestra sociedad contemporánea; al respecto vale la pena destacar a Acosta (2009: 20) quien apunta que “... se debe estimular la reducción del consumo de materiales por metro cuadrado de construcción, enfocándose, no sólo en la disminución del uso de recursos vírgenes, sino en un esfuerzo hacia la reutilización y el reciclaje, pasos importantes para cerrar el ciclo de los materiales ...”.

En este orden de ideas, planteamos el aprovechamiento del recurso forestal que posee Venezuela en plantaciones renovables de especies de rápido crecimiento de Pino Caribe y productos madereros derivados, para el desarrollo de tecnologías constructivas de bajo impacto ambiental, utilizando madera aserrada y tableros de madera como material de segunda generación, apoyándonos en la industria instalada en el país, y proponiendo que a través de procesos de mecanización simples, se produzcan componentes constructivos de alto rendimiento y versatilidad de aplicaciones.

El presente capítulo hace referencia a los aspectos contextuales para entender la problemática de la investigación en cuanto al material madera en Venezuela y sus características principales, los tableros de origen forestal, sus propiedades, disponibilidad y utilización en la industria de la construcción y, finalmente, el potencial para conformar propuestas constructivas para la vivienda venezolana, en este trabajo de investigación como **cerramientos interiores**, haciendo énfasis en como solventar los cambios de las estructuras de las familias durante la vida útil de la vivienda. De igual manera se busca que el sistema de cerramientos de madera con juntas secas pueda incluir estrategias para componentes removibles, reutilizables y reciclables, satisfaciendo unidades habitacionales de construcción progresivas, flexibles y adaptables en el tiempo al cambio de uso y configuración familiar.

I.1. MADERA DE PLANTACIONES: UN RECURSO RENOVABLE

La madera y sus derivados de origen forestal se perfilan en la actualidad como insumos fundamentales para una industria sostenible de la construcción. Esto, aunado a sus posibilidades de reintegración a los sistemas naturales con un bajo impacto ambiental, la sitúa como uno de los materiales y materia prima con mayor potencial de desarrollo en la tecnología edilicia. Además autores como Edwards (2005: 53) complementan que *“... es un producto sostenible y autorrenovable y, como materia viva, ayuda a la reconversión del CO2 en oxígeno...”*.

Venezuela ha contado con importantes recursos forestales naturales en cuanto a maderas duras y semi-duras, propias de los bosques tropicales y sub-tropicales, y

posteriormente desde hace más de 30 años, con las plantaciones de especies de rápido crecimiento al sur de los Estados Anzoátegui y Monagas, ideales para la producción de elementos aserrados (tablas, listones y tablones), tableros aglomerados y laminados de madera en sus diversas versiones.

I.1.1 Características de la madera como material de construcción

I.1 1.1. La madera a través de la historia

A través de la historia, la madera se ha conformado como uno de los pilares fundamentales de la construcción. Aprovechada por todas las culturas que tuvieron acceso a bosques, fue utilizada para la fabricación desde utensilios e instrumentos hasta los primeros refugios que luego evolucionarían en hogares. Citando a Ferro (2010: 23) *“con los árboles evolucionó la vida humana...bajo su sombra y su oferta generosa de recursos, se fueron creando pequeños poblados y las ciudades, haciendo posible su desarrollo, la sostenibilidad y el disfrute de la civilización”*, y aunque materiales como el concreto armado y el acero desplazaron su preponderancia en la construcción del último siglo, actualmente sus características como recurso sostenible la perfilan como un elemento irremplazable y protagónico en la arquitectura del presente y futuro.

En nuestro país, la madera fue utilizada desde tiempos antiguos por parte de las diferentes etnias que poblaron el territorio venezolano, *“... las viviendas colectivas y monofamiliares construidas con materiales vegetales, fueron – y lo siguen siendo – las manifestaciones constructivas básicas de la organización familiar indígena...trátase de viviendas de planta cuadrangular o circular, es siempre una armadura de horcones, palos y viguetas la que define el esqueleto estructural...”* (Gasparini, 1965: 18-19). Posteriormente, la madera fue utilizada ampliamente en la época de la colonia para la construcción *“... participando como material estructural, y fundamentalmente como componente constructivo para las cubiertas de techo, entresijos, escaleras, balcones, dinteles, puertas, ventanas y rejas...”* (Loreto et al., 2000: 10-11), estableciendo técnicas constructivas de gran valor arquitectónico y propias de nuestra cultura, que conforman un patrimonio histórico de gran importancia (ver figura 6)



Figura 6. La madera en la historia de Venezuela. De izquierda a derecha: Churuata Piaroa en Alto Orinoco, Casas palafíticas en la laguna de Sinamaica, Casas con Balcones en Puerto Cabello. Fuente: Gasparini, 1965.

Sin embargo, con la transformación que sufre el país a partir de la explotación del petróleo a comienzos del siglo XX, se da paso al establecimiento de nuevos procesos industriales en el campo de la construcción donde la madera fue quedando cada vez más en segundo plano, utilizándose principalmente como material complementario en la construcción frente al uso masivo del concreto, acero y bloques para los elementos resistentes y de cerramiento. De igual manera, los procesos de globalización del último siglo, al igual que el poder adquisitivo de una economía en auge, permitieron el ingreso al país de técnicas y tecnologías foráneas como la de entramados, casas prefabricadas y vigas laminadas, lo cual otorga a la construcción con madera del presente un interesante “mestizaje” de conocimientos y referencias. Loreto et al (2000: 12) asegura que “... estas referencias demuestran que la construcción con madera en Venezuela es posible, en la medida que exista la disponibilidad del recurso forestal, y retomemos y actualicemos el conocimiento de manejo de este materia...”.

1.1 1.2. Características físicas de la madera

La madera es un material vivo, producto del crecimiento de organismos vegetales, lo cual le otorga sus singularidades en el universo de la construcción. Su estructura porosa es resultado del sistema celular del árbol (ver figura 7). Debido a su estructura celular fibrosa, es sumamente liviana en comparación con otros materiales, y al estar las fibras

consolidadas en el sentido principal del tronco, su capacidad de absorber cargas en esa dirección aumenta sustancialmente.

Existen diversas clasificaciones para la madera, Ross, Downes y Lawrence (2009: 27-28), dividen a los árboles en tres grandes familias: maderas suaves o coníferas, maderas duras del hemisferio norte y las maderas duras de la selva tropical. Para efectos de esta investigación, se resalta que en los bosques de la Región Sub andina existen dos tipos (Junac, 1984): especies latifoliadas o frondosas, que constituyen uno de los patrimonios naturales más grandes del planeta en los bosques tropicales, y coníferas que si bien constituyen una parte menor de las especies autóctonas de la región, diversas políticas para el desarrollo de plantaciones de especies de rápido crecimiento han aumentado sustancialmente su población haciéndolas protagonistas en la industria maderera y permitiendo una explotación sostenible del recurso a una mayor escala.

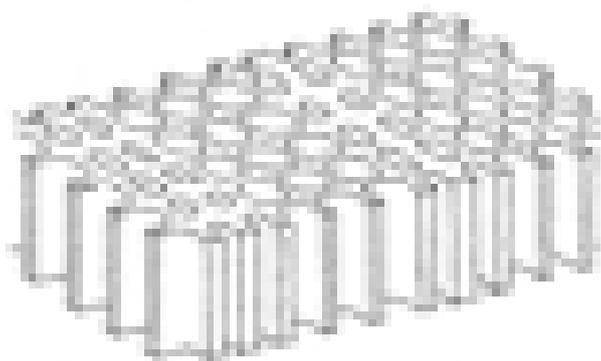


Figura 7. Estructura Celular de las Maderas Blandas.

Fuente: Ross, Downes, Lawrence.

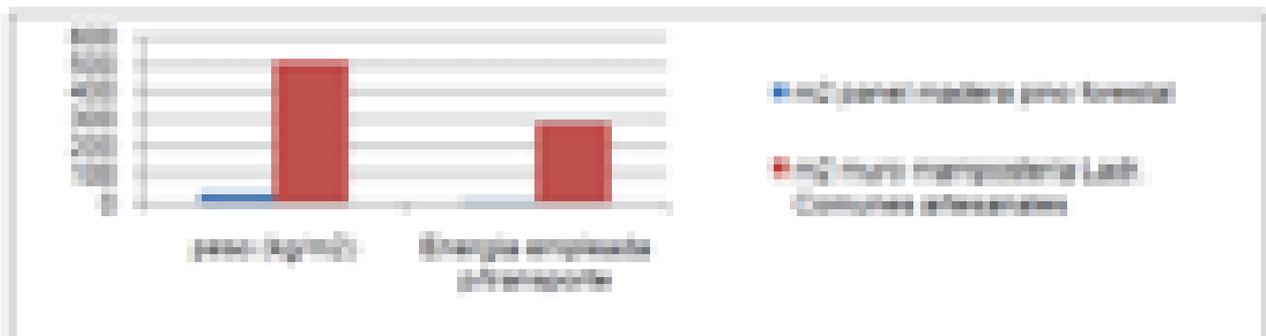
1.1.2 Aspectos sostenibles de la madera en construcción

El carácter sostenible de la madera proviene, en gran medida, de su caracterización como material de fuentes naturales de origen vegetal. Además de ser —casi— el único **recurso renovable** en el campo de la construcción, junto con el bambú conforma grandes masas vegetales que como bien enuncia Fournier Zepeda (2008:96), “... son fuente de recreación y esparcimiento, hábitat para la vida silvestre, protectores de la erosión de los

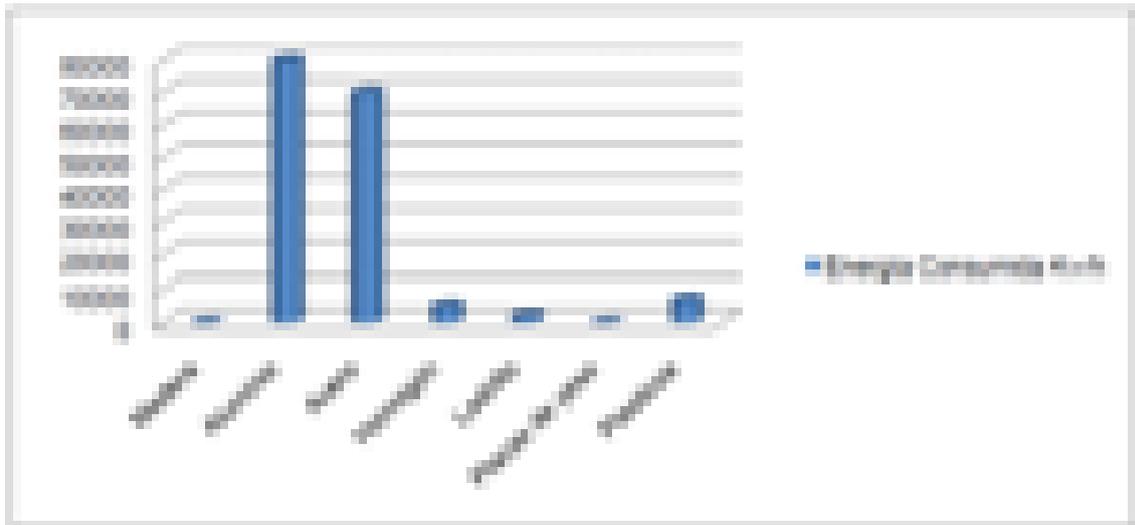
suelos, productores de oxígeno e importantes secuestradores de carbono, absorbiendo el dióxido de carbono causante de los cambios climáticos y del calentamiento global del planeta...”. Edwards (2005:85-86), define la madera como “... un recurso local cuya explotación genera empleo en el entorno inmediato... fomenta la estabilidad económica rural... se crean oportunidades de empleo en los bosques... y la cadena de empleo se convierte en parte de una red de sostenibilidad...”, todo lo cual se entiende como un aporte directo desde el punto de vista ambiental, económico y social siempre que exista una gestión racional en el manejo del bosque que garanticen recursos sostenibles.

De igual manera es importante resaltar las características y bajo nivel de exigencia energética de la madera para su procesamiento desde producto forestal (árbol) hasta productos aserrados (tablas, listones, tableros, etc.), que conforma procesos de talado, corte, labrado y mecanizado relativamente simples en comparación con los requeridos para la producción de otros materiales.

Esto significa que la producción de madera se lleva a cabo a través de un **proceso industrial de bajo impacto ambiental**, requiriendo el menor consumo eléctrico dentro de los materiales de la construcción (ver cuadros 1 y 2), “... la energía que hace falta para procesar una unidad de peso de madera es aproximadamente 6 veces menor a la necesaria para la unidad de peso de acero estructural, es el que produce menor contaminación del aire y del agua, menor que los caracterizados en la fabricación del acero, el cemento, el aluminio, los ladrillos y los plásticos...” (Robles y Echenique, 1988; Cilento, 1998, Barrios, Contreras, Owen de Contreras, 2006:10).



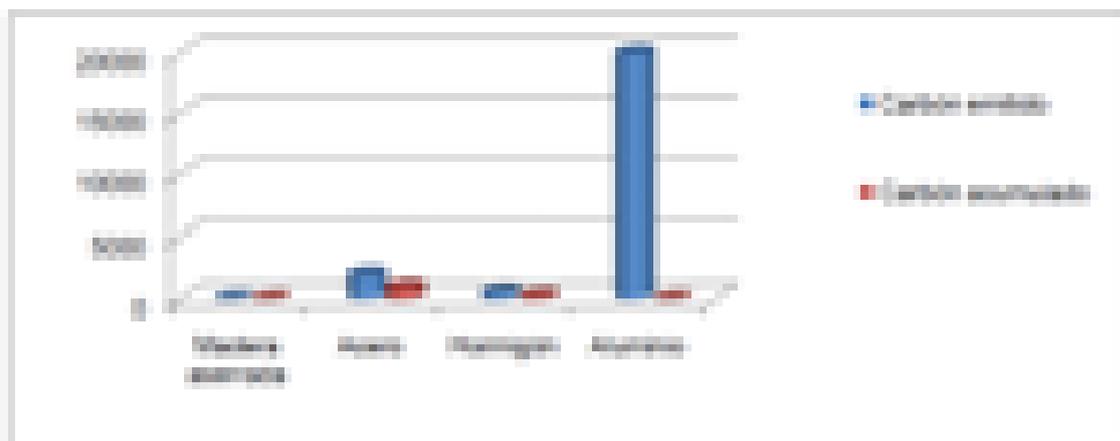
Cuadro 1. Gastos comparativos entre el peso de material transportado y la energía consumida entre un panel de madera de pino y un muro de mampostería. Fuente: CONTRERAS, CLOQUELL BALLESTER, OWEN DE CONTRERAS.



Cuadro 2. Energía consumida en los procesos de manufactura de componentes constructivos, caso de la manufactura de paredes a partir de la madera y otros materiales de construcción.

Fuente: CONTRERAS, CLOQUELL BALLESTER, OWEN DE CONTRERAS.

En materia energética debemos sumar las propiedades térmicas de la madera, que le permiten trabajar como un excelente aislante, reduciendo de esta manera el consumo eléctrico requerido por sistemas de enfriamiento o calentamiento. Aunado a esto, la transformación de la madera en el campo de los materiales de la construcción, debido a su baja toxicidad, conforma uno de los procesos de menor emisión de residuos tóxicos de carbón hacia el medio ambiente (ver cuadro 3).



Cuadro 3. Cuadro de residuos tóxicos de carbón generados en los procesos de transformación de la madera y de otros materiales de construcción. Fuente: CONTRERAS, CLOQUELL BALLESTER, OWEN DE CONTRERAS.

Otra de las ventajas de la madera esta en el aprovechamiento al máximo del material, ya que si bien los procesos de corte generan una gran cantidad de residuos en forma de recortes, virutas y aserrín, los mismos son idóneos como materia prima para el desarrollo de componentes tipo tableros uniéndolos con aglomerantes resinosos —naturales y polivinílicos— o con base cementicia.

Basados en el principio desarrollado por Edwards (2005:134) de las cuatro <erres>: reducir, reutilizar, reciclar y rehabilitar; vemos como a través del uso de la madera se puede generar un aporte en este sentido; en primer lugar, la madera es material liviano, que permite no solo reducir la cantidad de material utilizada, sino permitiría el uso de componentes constructivos de bajo peso que incidan en el desarrollo de estructuras más competitivas; el material a su vez posee una larga vida útil en la edificación y, por sus características de trabajabilidad, permite su reutilización y mantenimiento en el tiempo (rehabilitación); al final del ciclo de vida la madera puede ser reciclada para la fabricación de diversos tipos de tableros aglomerados laminares o sólidos, o utilizada como biocombustible.

Es importante resaltar que es imperativo desarrollar políticas eficientes y controles rigurosos para el manejo sostenible de las plantaciones forestales, preservando de esta manera los ecosistemas por su importancia en el equilibrio ambiental y permitiendo una explotación racional de los recursos para el campo de la construcción.

I.1.3. La madera de plantaciones

La madera, como se expuso anteriormente, junto con el bambú y algunos residuos agroindustriales como la caña y el sisal, representan los únicos materiales renovables pero sí, y solo sí, el bosque y plantaciones de donde es extraída la madera y demás recursos puedan compaginar el crecimiento y multiplicación de las especies con la explotación y el talado. Es de esta premisa que surge la idea de las plantaciones maderables. Las mismas buscan disminuir el impacto sobre los bosques naturales, reservas de biodiversidad más importantes del planeta y pulmones vegetales naturales. Sin el control y manejo correcto

del recurso forestal a nivel mundial, este precioso recurso queda sujeto a la tala ilegal y la deforestación producto de la voracidad comercial.

En el caso particular de Venezuela, debemos entender la importancia que yace en el uso de la madera proveniente de plantaciones renovables, ya que la explotación de las reservas forestales de bosques naturales, por más extensos que sean (alrededor del 14% de la superficie continental del país¹) se reproduce en largos períodos de tiempo e implica, en muchos casos, la destrucción total de los ecosistemas, por el manejo irresponsable de los lotes forestales, como afirma Barrios (2011: 209), “... *los concesionarios no han realizado la mejor labor posible, pues muchos de ellos no cumplen con la mayoría de los requisitos para la reforestación de las áreas taladas ni para asegurar la recuperación en el tiempo, entonces, si se quiere utilizar un material de construcción que realmente cumpla con los requisitos de la sostenibilidad es necesario recurrir a las plantaciones forestales ya establecidas...*”.

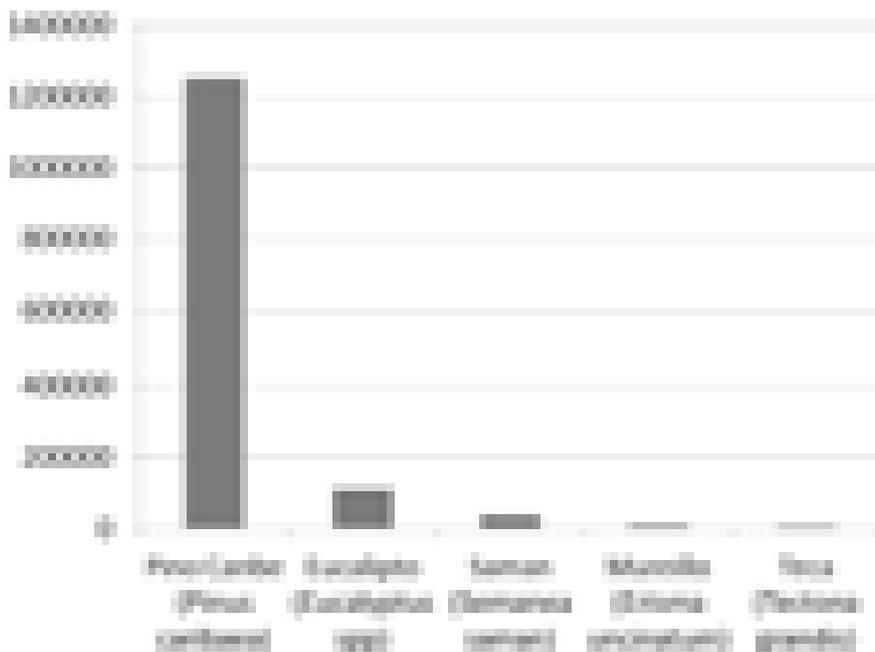
Ahora, si bien en las plantaciones venezolanas predominan las especies de rápido crecimiento no apropiadas para elementos constructivos –y menos estructurales- debido a la cantidad de nudos y secciones reducidas que presentan, esbeltez y conicidad de los troncos, es importante recordar que, gracias a los avances tecnológicos en cuanto a adhesivos y aglomerantes y procesos de producción, productos como los tableros permiten que los diseñadores y constructores no estén limitados al tamaño de la madera aserrada a partir del árbol, permitiéndoles utilizar maderas de menor calidad como fuente primaria y generar nuevos componentes con óptimas prestaciones funcionales y resistentes que superan las limitaciones de la madera de coníferas como el Pino Caribe Pino Caribe.

I.1.4. El potencial forestal venezolano en especies de rápido crecimiento

En Venezuela los planes para el desarrollo de plantaciones forestales se iniciaron hace aproximadamente 45 años, durante la década de los 60, con las primeras pruebas de

¹ De acuerdo a cifras del Ministerio del Poder Popular para el ambiente del año 2008, las reservas forestales representan 128.435 Km² de los 916.445 Km² de superficie continental. (Minamb, 2008: 21)

factibilidad con coníferas, determinando el potencial del Pino Caribe (*Pinus Caribaea var. Hondurensis*) en grandes zonas del territorio nacional muy poco aprovechables para la agricultura por la escasa calidad de la tierra. Pero no es hasta finales de los años 90 que la producción de Pino Caribe empieza a competir con las reservas forestales naturales, alcanzando para 1997 la cifra anual oficial de 1.085686,376 m³ (VIVE, 2001: 56). De ahí en adelante, la madera de Pino Caribe ha dominado el mercado nacional alcanzando una producción de 1.251.971m³ oficiales² para el año 2008, lo cual representa el 83,4% frente al resto de las especies (ver cuadro 4). Cabe destacar la producción de Eucalipto (*Eucalyptus Spp*) especie que representa el 7,43% de la producción nacional de madera en rola. De esta manera podemos observar como en la actualidad, las maderas provenientes de plantaciones forestales representan el 90,83% del mercado nacional.



Cuadro 4. Producción anual en m³ de madera en rola de las principales especies.

Fuente: Elaboración propia en base a datos del MINAMB, 2008.

De acuerdo a las cifras oficiales obtenidas por el Ministerio del Poder Popular para el Ambiente (MINANMB, 2008: 31), “*las áreas potenciales para el establecimiento de plantaciones forestales con fines de uso múltiple y su distribución en el territorio nacional*

² Ministerio del Poder Popular para el Ambiente, 2008: 47.

representan una superficie de 9,6 millones de hectáreas (10,56% con relación a la superficie total del territorio)...y con relación a la superficie plantada, existe un incremento sostenido de las plantaciones establecidas tanto por las Instituciones públicas y privadas para la serie 2004 – 2007”.

Sin embargo, a pesar del volumen disponible y costo competitivo el Pino Caribe posee una serie de desventajas que han limitado su aplicación en la construcción—como baja durabilidad natural, presencia de nudos, tendencia a inestabilidad y deformaciones, limitaciones dimensionales y capacidad mecánica, ataques de hongos e insectos, fácil combustión, entre otros. Esto ha llevado a que sea utilizado principalmente como encofrados de concreto, la industria del mueble, y en astillas como insumo para la industria de los tableros, este último, desde nuestra perspectiva, uno de los campos con mayor potencial de utilización, ya que permite contrarrestar significativamente las limitantes antes planteadas.

I.2. LOS TABLEROS DE MADERA: OPCIÓN PARA LA VIVIENDA VENEZOLANA

Los avances tecnológicos obtenidos en diversas áreas industriales durante el transcurso del siglo XX permitieron que la construcción con madera tomara nuevas altitudes y en ese sentido la visión sobre el uso del material cambió para siempre. La madera dejó de entenderse como un material únicamente macizo, robusto y se inicia un proceso de cambio en donde surgen diversas técnicas que permiten la transformación de la madera para mejorar sus características físicas y mecánicas, y aumentar el rango de dimensiones de los componentes arquitectónicos, acuñándose de esta manera el término *Madera de Ingeniería*³ o *Productos de maderas transformadas* (Hugues, T. Steiger, L. Weber, J., 2006). Cabe destacar que a través de la historia, y especialmente en la construcción de puentes y navíos, el hombre había venido buscando la manera de unir sistemáticamente piezas para obtener mayores luces para las estructuras, ya para el siglo XVIII existían “los

³ Traducción realizada por el autor del término **Engineered Wood** utilizado en la industria norteamericana de productos en base a madera. Se define como *productos de madera que son manufacturados para cumplir estándares nacionales e internacionales uniendo fibras, chapas, láminas o listones con adhesivos. Incluyen los tableros contrachapados, MDF, OSB, tableros de partículas, GLULAM, LSL, PSL y vigas estructurales laminadas.*

Fuente: www.ecowood.greenplank.etu (13-02-2012, 15:26 pm).

primeros estudios sistemáticos y científicos sobre el comportamiento mecánico de los materiales de construcción... en las nuevas Escuelas de Artes y Oficios que devienen posteriormente en las famosas Escuelas Politécnicas” (Jacobo 2006: 1). De igual manera existen diversas obras arquitectónicas y civiles que dan cuenta de dicha búsqueda, pero no es sino hasta comienzos del siglo XX que se terminan de desarrollar las innovaciones que permiten la sucesiva aparición de diversos productos en base a material forestal como las vigas laminadas o el caso de estudio de la presente investigación; los tableros de madera.

Deplazes (2005: 85) enuncia que *“al plantearse el futuro de la madera surge la cuestión de cómo puede ser cubierta la creciente necesidad que se tiene de un material cuyas reservas naturales disminuyen y que cada vez presenta además una peor calidad (en maderas de crecimiento rápido)...en este sentido, adquieren una gran importancia los materiales elaborados a partir de madera”*.

Resulta de particular interés para el caso de Venezuela profundizar en las diversas aplicaciones de productos y subproductos derivados de la madera como los tableros para la construcción por el inmenso potencial forestal que tiene el país para el crecimiento de la industria que ya posee instalada. El tablero representa el aprovechamiento máximo de la madera a través de la conformación de mezclas con resinas poliméricas sintéticas y naturales —como las derivadas de las semillas del Tártago— (Pellegrino 2005), y la utilización de maderas de menor calidad de menor valor, o partes descartadas del tronco, raíces y ramas, permitiendo también el mejoramiento de las características físico-mecánicas del material original.

I.2.1. Los tableros de madera.

El tablero de madera surge de la necesidad de producir un elemento homogéneo a partir de materia prima heterogénea, buscando mejorar sus cualidades estéticas, de uso y cualidades mecánicas. La norma europea lo define como *“aquella pieza en la que predominan grandemente dos dimensiones, longitud y anchura, sobre la tercera, el espesor, y en que el elemento constitutivo principal es madera, de medidas variables o*

elementos estructurales de la misma” (UNE 56.700, en Grau Enguix, Verd Herrero, Gutiérrez Guitián, 1979: 13).

De acuerdo a la Junta del Acuerdo de Cartagena (Junac, 1984: 15-23), un tablero es “*un producto en forma de lámina semirrígida o rígida, que puede estar compuesta de partículas, de fibras de madera prensada, de varias chapas encoladas, etc. en donde se distinguen los tableros aislantes, de bagazo, contrachapados, de fibra, de maderacemento, de partículas y de yeso*”. Otra definición que vale mencionar es la desarrollada por Ross et al., (2009: 44) en donde se expone que “*estos son materiales laminares manufacturados con chapas, hebras, astillas o fibras, generalmente derivados de madera liviana mezclada con pegamentos resistentes de baja humedad bajo la acción de calor y presión, de tamaño variable pero generalmente de 1.20 m x 2.40 m*”⁴. Actualmente en el mercado venezolano es usual tableros de 1,22 x 2,44 m, equivalentes a 4' x 8' (cuatro por 8 pies).

1.2.1.1. Pasado, presente y futuro de la industria de los tableros de madera

Si bien la industrialización de los tableros de madera es reciente, existen referencias importantes en la época antigua. Ya desde el año 1500 a.C. los artesanos egipcios utilizaron técnicas para chapas encoladas con adhesivos de origen animal para la elaboración de sarcófagos y otras piezas de uso personal, conocimiento que luego fue empleado por los griegos y los romanos (Bermúdez Graiño, 1999:14). Otro de los avances importantes en la historia de los tableros tuvo que ver con los fabricantes de instrumentos musicales o *lutieres* durante los siglos XVI, XVII y XVIII, al igual que en el campo de la ebanistería decorativa, buscando la utilización de chapas delgadas de madera para obtener curvaturas y la adherencia necesarias entre sus piezas. Pero como mencionamos anteriormente, es a finales del siglo XIX y comienzos del siglo XX que los diversos avances tecnológicos permitieron un verdadero desarrollo de la producción industrial de los tableros de madera.

⁴ Texto Original: *Board materials are sheet materials manufactured from wood veneers, strands, chips of fibres. Except where noted below, they are generally derived from softwood bonded with non-moisture resistant glues under heat and pressure. Sheet sizes vary but are typically 1.2mx2.4 m.*

La primera fábrica de tableros de chapa laminada data del año 1830, con la fabricación de pianos y aunque ciertos documentos afirman que para el año 1832 ya existía para la industria de la construcción un sistema de casas prefabricadas en Chicago basado en tableros de chapas de madera (Bermúdez Graiño, 1999:22), no es sino hasta 1920 que se empieza a comercializar de manera masiva el *plywood* o madera contrachapada. La invención de la cuchilla combinada con dispositivo rotativo en 1890, máquina que permitía obtener chapas de uno o varios milímetros de manera rentable conformó un primer salto tecnológico para el acabado de los contrachapados. Para 1904 surge la primera fábrica de tablero contrachapado para puertas, la *Wisconsin Lumber Company*, y para 1905 se instala el primer fabricante de contrachapado estructural (ver figura 8), la *Portland Manufacturing Company*. (Peraza, Peraza y González, www.infomadera.net). Durante este período la fabricación de tableros era sumamente artesanal, las colas eran de origen animal y su fuerte olor y necesidad de mantener altas temperaturas durante la producción implicaban dificultades y un mayor tiempo de encolado.

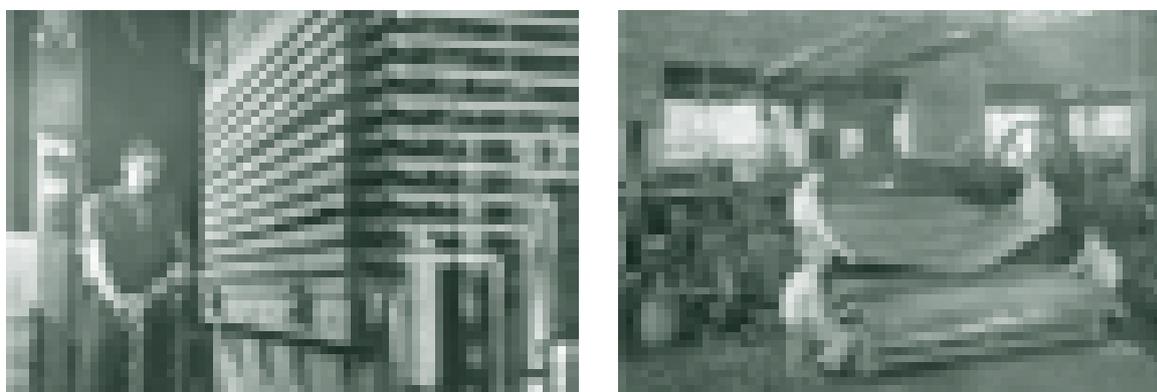


Figura 8. Primera fabricación del tablero contrachapado en Estados Unidos. Fuente: www.infomadera.net (2012)

En cuanto a los tableros aglomerados, para finales del siglo XIX surgen las primeras fábricas en Canadá y el Reino Unido que produce tableros de fibra. El mayor logro se le atribuye a William Mason, quien en 1925 descubre por accidente un material que derivará en el Hard Board (tablero duro de fibra), cuando probaba prensar astillas de madera con calor y olvidó apagar la prensa. Para el año de 1927 lo patenta como proceso industrial y comercializa el material como *Masonite*.

Un segundo salto tecnológico de gran importancia se da por las necesidades industriales de los confrontamientos bélicos de la I y II Guerra Mundial, donde vemos como la industria del tablero de madera se ve impulsada por las exigencias de la confrontación entre países. Cloquell Ballester et al. (2005: 41) expone que *“los países involucrados generan ciencia y tecnología con fines de ataque o protección, y en la que se pone en práctica el ingenio de hombre para elaborar materiales, sistemas constructivos y sistemas estructurales a partir de la madera para los aviones de ataque forrados de tela; tableros contrachapados y aglomerados para aviones, tableros contrachapados marinos para la elaboración de lanchas; desarrollo de toda una serie de adelantos científicos y tecnológicos en los adhesivos de uso interior y exterior como la resina urea-formaldehído en 1930, fenol-formaldehido, isocianato MDI y resorcinol en 1940, que más adelante contribuiría a mejorar la calidad constructiva y de resistencia de la madera laminada, tableros aglomerados y contrachapados”*.

El material no tardó en ser objeto de estudio de arquitectos e ingenieros. Vale la pena mencionar la propuesta de Walter Gropius y Konrad Wachsmann entre los años de 1941 y 1949 quienes producen el denominado *“Packaged House System”* o *Sistema de Casa Empacada* (ver figura 9), aplicando principios de arquitectura modular y el uso de tableros de madera, que si bien no tuvo éxito en su época sirvió de antecedente directo para los sistemas de prefabricación con paneles estructurales. De igual manera, en los años 60 el uso de los tableros como aporte estructural en los sistemas de plataforma, conformó un adelanto al disminuir el consumo de material y mejorar el comportamiento estructural de las construcciones.

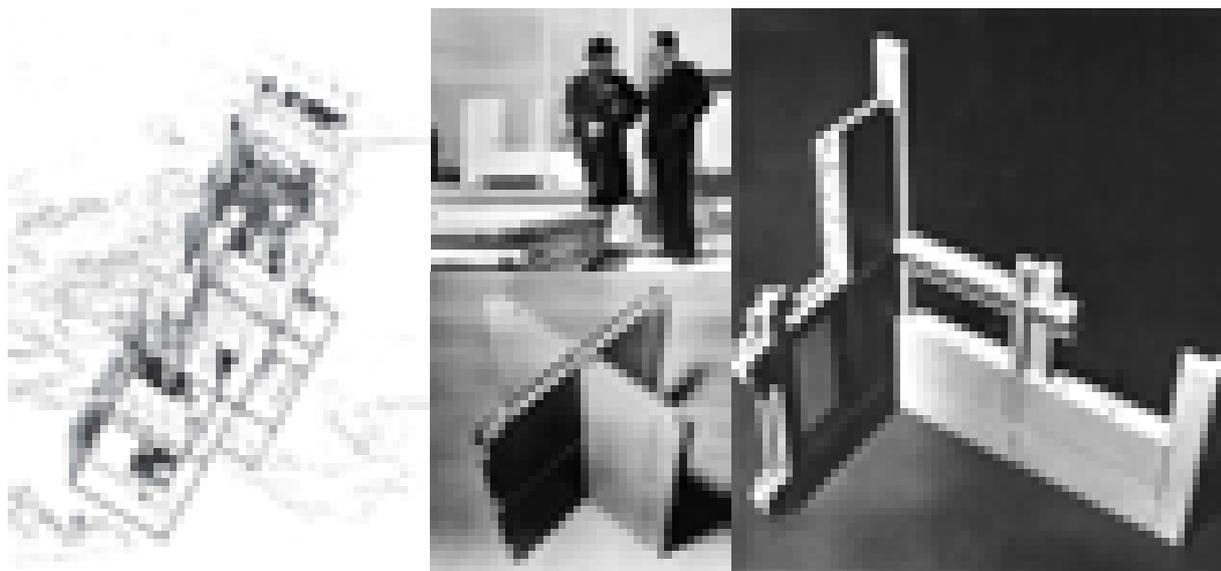


Figura 9. Sistema de Casa Empacada. Fuente: www.proyectos4etsa.wordpress.com (2012)

Es importante resaltar el vínculo existente entre la aparición de los tableros de madera en el mercado y la arquitectura tradicional japonesa, que desde antaño utilizó principios de coordinación dimensional a través del ‘tatami’ (medida modular) para la configuración de sus soluciones constructivas y que servirá de referencia para el desarrollo de una arquitectura modular a partir de productos forestales y posteriormente paneles industrializados.

Los tableros aglomerados continuaron su desarrollo con la creación del *waferboard*, un tablero creado por el Dr. James Clark en el año de 1954 que constaba de virutas de tamaño pequeño colocadas en todas las direcciones. Es precursor del OSB (Oriented strand board) o tablero de virutas orientadas), que surge para el año de 1978 que, a diferencia de su sucesor, utiliza virutas de mayor tamaño en dos direcciones. De acuerdo a la empresa chilena Arauco (www.plataformaarquitectura.cl, 2008), “*la placa de OSB fue rápidamente aceptada en el mercado, substituyendo los demás paneles en el segmento de construcción residencial. Los países que más utilizan estas placas son Estados Unidos y Canadá, principalmente para el uso en la construcción civil, debido a sus características físicas y mecánicas que posibilitan su empleo para fines estructurales. En estos países, a partir de la década del 90, el OSB pasó a competir en gran escala con las placas de aglomerado*”. Otro logro importante de la década de los 60 para la industria del

aglomerado es el inicio de la producción de MDF (Medium Density Fiberboard) o tablero de fibras de densidad media, en Depost, NY en 1960.

En cuanto al desarrollo de la industria de los tableros en Venezuela debemos resaltar la labor visionaria del ULA-LNPF (Laboratorio Nacional de Productos Forestales de la Universidad de los Andes), fundado en 1960 y promotores del desarrollo del material en el contexto venezolano. De acuerdo al trabajo realizado por Barrios (2011:107) en el que describe la trascendencia de dicho instituto, desde 1964 comienzan los estudios para el aprovechamiento de las fibras vegetales mezcladas con cemento para la producción de tableros, en 1966 se desarrollan sistemas constructivos prefabricados con tableros, y de ahí en adelante se continúa una línea de investigación que busca generar un aporte en la industria de los tableros de madera y materiales alternativos.

Entre los trabajos de importancia que sustentan no solo la presente investigación, sino la utilización a mayor escala de los tableros en Venezuela se encuentran: *Elaboración de tableros aglomerados de partículas de caña brava (gynerium sagittatum) y adhesivo urea-formaldehído* (Contreras, Owen de Contreras, Garay, Contreras M., 1999), *Tableros aglomerados de partículas a partir de las especies Melina y Teca* (Garay, Duran, Moreno, 2001), *elaboración de tableros OSB con urea formaldehído a partir de Pino Caribe* (Garay, Durán, Moreno, Pérez, Carillo, 2003) y *Utilización de Bambusa Vulgaris como una alternativa en la fabricación de tableros aglomerados de partículas* (Moreno, Garay, Durán, Walero, 2007), entre otros.

De igual manera cabe destacar la labor realizada por diversos investigadores en el Instituto de Desarrollo Experimental de la Construcción IDEC, centro de I+D+i de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Central de Venezuela. Especialmente vinculado al tema de los tableros de madera los trabajos realizados por el profesor y arquitecto Antonio Conti entre los años 1996 y 2004, “*VIMA viviendas con madera*”, “*Viviendas de madera de Pino Caribe ensayo y prototipo*” y “*Cerramientos de juntas secas para viviendas de crecimiento progresivo*”.

Es importante mencionar el papel de las importaciones en la construcción con tableros de madera. Ya desde finales del siglo XIX, en 1899, se observa como el poder adquisitivo de los venezolanos permite la introducción de tecnologías foráneas en madera (ver figura 10). Concretamente en la vivienda observamos el caso de las casas de veraneo, donde según Silva (1999:43) *“se trata de estructuras basadas en un entramado de madera, en lugar de utilizar paredes portantes de mampostería”*.

Lo mismo sucede durante la década de los 70, donde diferentes empresas intentan introducir al mercado tecnologías de paneles prefabricados para la construcción de viviendas, sin embargo, no pasaron por un proceso de adaptación a las condiciones de nuestro país y no tuvieron mayor aceptación (ver figura 11).



Figura 10. Casa del señor General Ignacio Andrade (entramado de Madera). Fuente: Cojo Ilustrado (1899); Silva (1999)

Figura 11. Primera Casa Finlandesa Puutalo en Venezuela. Fuente: Duro panel Venezuela c.a.

Existen experiencias recientes que aunque no estén vinculadas a la construcción con tableros directamente, proponen técnicas con paneles pre-ensamblados a base de tablas de Pino Caribe (ver figura 12), que además forman parte de un estudio realizado por el profesor Molina (2005) en el que se demuestra que *“la vivienda en madera es aceptada por los usuarios, satisface los requerimientos de un hábitat sano, seguro y confortable, y es un bien que permite aprovechar el recurso forestal proveniente de las plantaciones del país”*.



Figura 12. Vivienda de Sistema Prefabricado Lancha-INAVI 2001. Delta Amacuro. Fuente: Molina, 2005.

Por otro lado, se observa que actualmente la industria de los tableros a nivel mundial posee una gran proyección y su utilización en la construcción ha llegado a un nivel al que hace pocos años se creía inalcanzable, muestra de ellos son las edificaciones residenciales en altura, especialmente en el continente europeo, donde se han construido viviendas de hasta 9 pisos utilizando paneles, conjuntamente con un trabajo de desarrollo de tecnologías y normativas de suma importancia (ver figura 13).

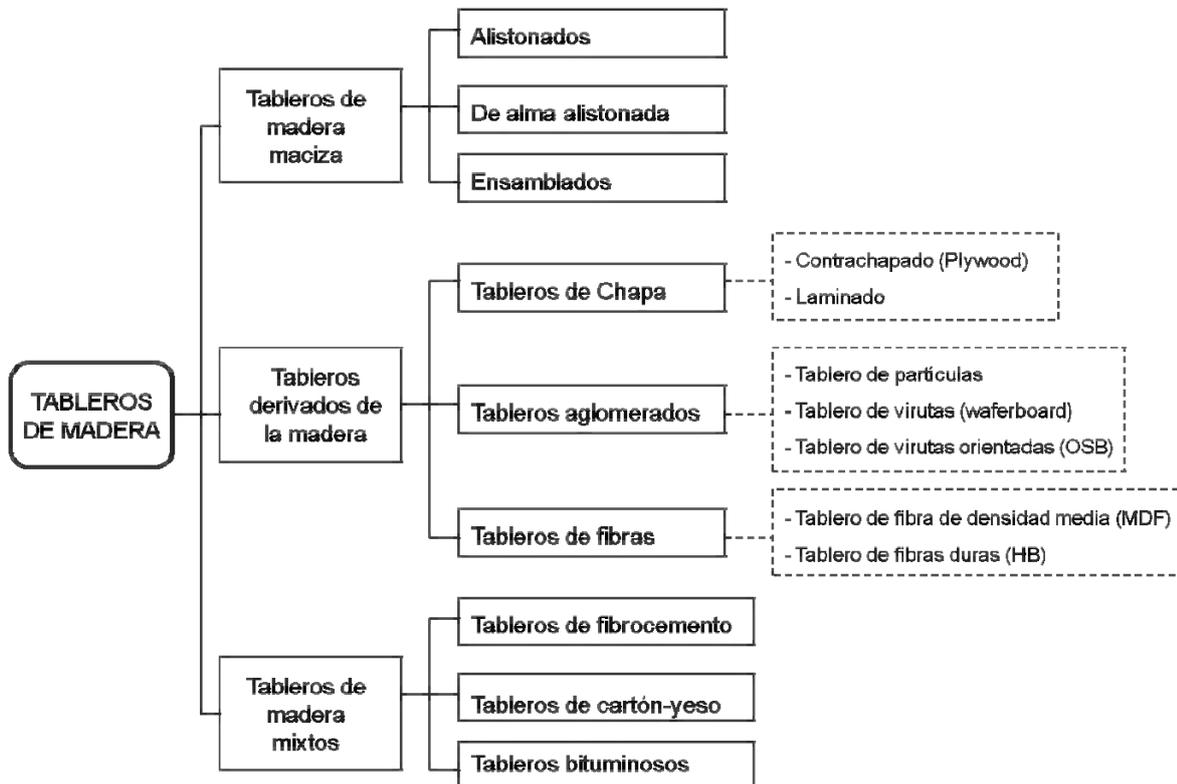


Figura 13. Izquierda: Viviendas en Judenberg West – Mack Architects. Fuente: Mcleod.

Derecha: Viviendas en Stadthaus, Londres. Fuente: Ross et al.

I.2.1.2. Clasificación de los tableros de madera

El término *tableros de madera* abarca un gran número de productos cuyas características esenciales pueden variar sustancialmente, desde su modo de fabricación, materiales que lo componen, hasta sus propiedades mecánicas, por nombrar algunas. Una clasificación válida es la desarrollada por la Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y Corcho (AITIM, 1994) basada en la composición del producto, en la que se subcategorizan dos grupos: tableros de madera maciza y tableros derivados de la madera. Sin embargo, la investigación incluye un tercer grupo mixto, donde se ubican los tableros de madera-cemento y cartón yeso, que conforman productos que son aglutinados por mezclas diferentes a las resinas utilizadas en el resto de los tableros (ver cuadro 5).



Cuadro 5. Clasificación de los tableros de madera según el material. Elaboración propia en base a AITIM (AITIM, 1994)

Para la presente investigación se hizo especial énfasis en los tableros derivados de la madera entendiendo que son ellos los que poseen mayor potencial dentro de los objetivos

planteados. A continuación se presentan las descripciones compiladas a partir de diversos autores (ver cuadros 6, 7 y 8).

TABLEROS DE CHAPA

Tableros contrachapados	Son resultado del encolado de chapas de madera en las que el sentido de la fibra es alternado en sentido perpendicular. Se utilizan diversos tipos de adhesivos para la obtención de diferentes estándares de calidad.
Tableros laminados	Son resultado del encolado de capas de madera en las que el sentido de la fibra se dispone de manera paralela a la veta de la madera. Se utilizan resinas resistentes a la humedad a base de fenol-formaldehído.

Cuadro 6. Tableros de chapa. Fuente. Elaboración propia en base a Hugues. (Hugues et al, 2006: 42-43)

TABLEROS AGLOMERADOS

Tableros de partículas	Formado por partículas de madera u otro material leñoso, compactado entre sí mediante adhesivo y presión. Cuando el tamaño mayor de las partículas es sensiblemente paralelo a las caras, es denominado prensado plano y cuando es perpendicular, es denominado de extrusión. (1)
Tableros de virutas	Formado por virutas sin una orientación predeterminada de modo que su resistencia a la flexión es la misma en cualquier dirección del tablero. (2)
Tableros de virutas orientadas	También denominados OSB se componen de virutas con orientación alterna y cruzada de las fibras. Proporciona óptimas propiedades mecánicas, similares a las de los tableros contrachapados, y posee propiedades estructurales. Se utilizan una gran variedad de colas para unir sus fibras, siempre y cuando sean resistentes a la humedad. Poseen una gran cantidad de aplicaciones. (3)

Cuadro 7. Tableros aglomerados. Fuente. Elaboración propia en base a (1) UNE 56700: Grau Enguix et al. 1979:13, (2) Bermúdez Graiño, 1999: 26 (3) Hugues. (Hugues et al, 2006: 46)

TABLEROS DE FIBRAS

Tableros de fibra de densidad media	También denominada MDF es un tablero con 'lana de madera' y adhesivo de resina sintética, de estructura uniforme y textura lisa. Existen variaciones con tratamientos ignífugos e hidrófugos para mejorar sus condiciones originales
Tableros de fibras duras	También llamado <i>hardboard</i> , es fabricado a partir de fibras húmedas a gran presión y elevada temperatura, empleando resinas naturales contenidas en las fibras.

Cuadro 8. Tableros de fibras. Fuente. Elaboración propia en base a Bermúdez Graiño, 1999: 26-27.

I.2.2. Utilización de los tableros en la construcción

Como hemos venido adelantando, los tableros permiten conformar componentes constructivos de múltiples aplicaciones, funcionando en un amplio espectro de la construcción, que va desde revestimientos hasta sistemas estructurales. Dentro de dicho universo resaltamos el potencial que revisten los paneles, elementos con secciones de mayor grosor a partir de tableros, donde se obtiene una gran inercia y resistencia física (ver figura 14).

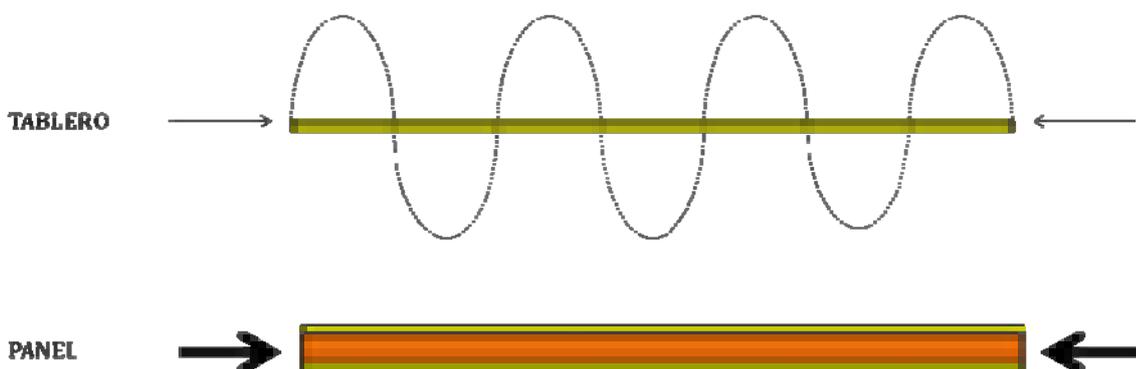


Figura 14. Comportamiento físico del tablero y el panel. Fuente: elaboración propia, 2012.

Actualmente la industria permite diversos niveles de prefabricación dependiendo de los requerimientos del proyecto. Uno de los sistemas de mayor trascendencia, y cuyo desarrollo máximo se ha dado en América del Norte, es el denominado *Sistema Estructural de Paneles Aislantes o SIPS*⁵ y se basa en la tecnología de paneles tipo sandwich con caras exteriores de OSB y relleno de poliestireno expandido (ver figura 15). La tecnología permite la construcción de edificaciones de varios pisos y parte del éxito se basa en la reducción de los tiempos para los procesos de fabricación y montaje, altamente competitivos frente a otro tipo de construcciones.



Figura 15. Viviendas con el sistema SIPS, Norteamérica. Fuente: Sonia Cedres Bello, 2011.

En el caso de Venezuela, y entendiendo el estado actual y proyección de la industria existente se piensa que dichos principios pueden ser aplicados de manera progresiva para el desarrollo de soluciones en el área de la construcción, buscando la coordinación entre el desarrollo del componente, con sus requerimientos de instalaciones, su compatibilidad con los elementos arquitectónicos como puertas y ventanas y la inclusión de los acabados.

Aunque la demanda y la oferta es limitada en comparación con otros mercados, no vemos esto como un impedimento ya que los procesos industriales son capaces de alcanzar nuevos niveles a través de la transferencia tecnológica que se puede llegar a dar con otros países, esto sin contar con el grupo de investigaciones expuestas

⁵ Del inglés: Structural Isolated Panel System

anteriormente en el presente trabajo que sustentan la capacidad que existe en el país para los procesos de innovación tecnológica. A esto debemos de sumar que en países como Chile y Colombia, con una gama similar de productos se han logrado introducir los paneles en una vasta gama de aplicaciones (ver figura 16).

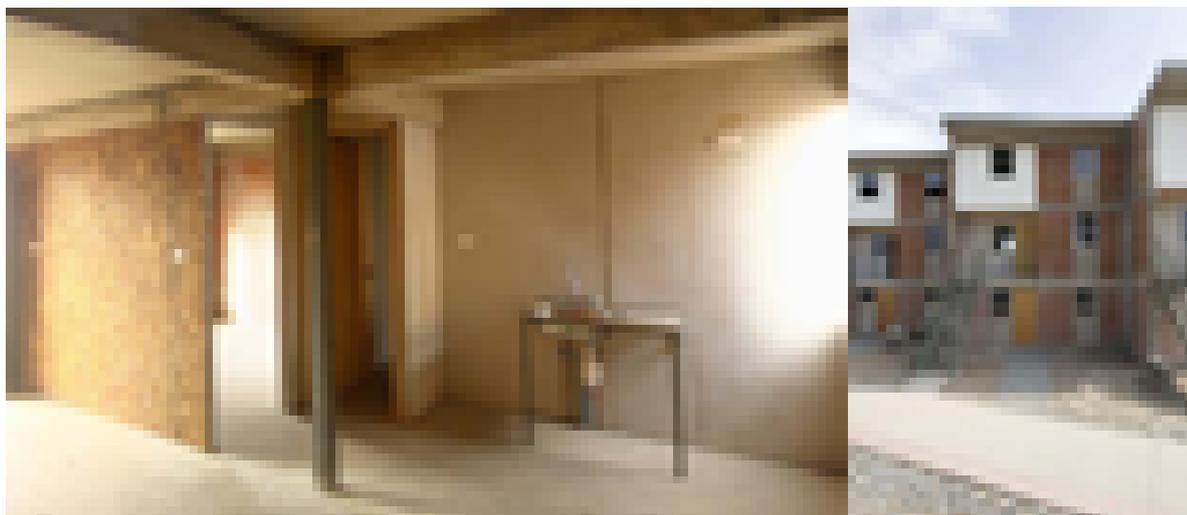


Figura 16. Paneles de madera como cerramiento interno. Proyecto de Vivienda Lo Espejo, Chile. Fuente: Elemental.

I.2.3. La construcción con tableros en el contexto venezolano

El mercado venezolano de la industria del tablero se encuentra actualmente enfocado en el área de insumos para la fabricación de muebles y trabajos de interiores. Actualmente la mayor oferta de productos proviene de la empresa MASISA c.a., la cual ofrece una variedad de tableros fabricados con base en pino caribe: tableros de densidad media (MDF y MDP), tableros aglomerados hidro-resistentes (HR) y tableros con acabados melamínicos (MELAMINA). Existen otra serie de productores importantes como Propulso c.a., que produce láminas HD (*High density*), delgadas (3,6 mm) de alta resistencia (Chapaforte ®) y diversas empresas dedicadas a los contrachapados y compuestos fenólicos. Debemos resaltar que el mercado de los tableros en Venezuela es inestable y la disponibilidad de los insumos no es del todo confiable. Sin embargo su producción es sostenida (ver cuadro 9) y en la figura 18 podemos observar dentro de los diversos tableros de madera la disponibilidad por producción nacional y por importaciones.



Cuadro 9. Tipos de tablero en el mercado internacional y su disponibilidad y origen en Venezuela

FUENTE: Elaboración Propia (2011) en base a: HUGUES, STEIGER, WEBER (2007). Pp. 40–51 / AITIM – www.informadera.net

En cuanto al desarrollo de componentes constructivos a partir de tableros y paneles de madera, existen diversas iniciativas de gran importancia y en las que el presente trabajo se sustenta. Se realizaron visitas técnicas a dos (2) empresas dedicadas a la elaboración de paneles con tableros de madera. La primera, *Hábitat Industrial c.a.*, ubicada en la zona industrial de Cua, Estado Miranda, donde se estudió el proceso de elaboración de paneles ‘tipo sandwich’ a partir de encolados en prensas de calor. La segunda empresa visitada, *Viviendas Orinoco c.a.*, ubicada en la zona industrial de Paracotos, Estado Miranda, donde se estudió el proceso de elaboración de grandes paneles entramados a partir de secciones de madera de pino caribe y tableros de OSB. Las visitas permitieron obtener datos e información sobre los procesos industriales de prefabricación con tableros de madera: secuencia productiva, espacio requerido, maquinarias empleadas, tiempos de elaboración, entre otros.

Producción de paneles ‘tipo sandwich’

Para el presente estudio se hizo un registro en sitio y un levantamiento del proceso realizado por la empresa Grupo Hábitat: Soluciones Constructivas C.A. ubicada en la zona industrial de Cua, Estado Miranda, gerenciada por el Arq. Juan Luis Carrillo. Allí se producen paneles ‘tipo sándwich’ para techos con caras de tableros aglomerados y poliestireno expandido como relleno.

El proceso se divide en las siguientes etapas (ver figura 17):

- 1) Preparación de los insumos.
- 2) Encolado de los tableros y colocación del poliestireno.
- 3) Prensado en caliente.
- 4) Rectificación del componente, acabados, y almacenamiento.

El proceso de producción de los se caracteriza por mano de obra capacitada, encoladora eléctrica de rodillos y la prensa hidráulica en caliente, de 9 compartimientos para ejecutar de manera simultánea el prensado de 9 paneles, lo cual permite una producción sostenida mensual de “entre 4.000 m² a 12.000 m² de paneles para techo, dependiendo del espesor”⁶. El conteo que se hizo en sitio para el proceso de fabricación con la mano de obra mínima requerida para el encolado, prensado en caliente, rectificación y colocación de acabados fue de aproximadamente 50 minutos para 9 paneles, obteniendo un estimado de 26m² de paneles o 2m² por minuto⁷.

⁶ Información obtenida de entrevista realizada al Arq. Juan Luis Carrillo, representante de la compañía Grupo Hábitat: Soluciones Constructivas C.A., realizada el 03/03/2011.

⁷ Información levantada en el taller de fabricación de la compañía Grupo Hábitat: Soluciones Constructivas C.A., realizada el 03/03/2011.

RECEPCIÓN Y ORGANIZACIÓN DE LOS INSUMOS Y MATERIALES

- Los insumos principales son tableros seleccionados, láminas de poliestireno expandido y resina.

- Se organizan y almacenan en base a la secuencia de trabajo establecida.



COLOCACIÓN DEL ENCOLADO EN TABLEROS Y LÁMINAS DE EPS

- Se les coloca una capa de resina a los tableros y láminas de EPS a través de una encoladora de rodillo simple.

- Se lleva a cabo un armado previo del panel y se organizan los componentes para el proceso de prensado en caliente.



Fig. 17 (1). Visita al taller de Grupo Hábitat Soluciones Constructivas - Fuente: Elaboración propia, 2011.

PRENSADO EN CALIENTE

- Se colocan los paneles pre-ensamblados en los diferentes pisos de la prensa.
- Se establece las especificaciones del proceso en la maquinaria como el tiempo de prensado.
- Luego de transcurrido el proceso (5 a 9 min.) se procede a retirar los componentes tipo panel de la prensa.



RECTIFICACIÓN Y ACCIONES FINALES

- Los paneles son rectificados para obtener las dimensiones finales según las especificaciones.
- Se procede a la colocación de acabados y realización de molduras según diseño.
- Los componentes son almacenados y listos para su venta y distribución.

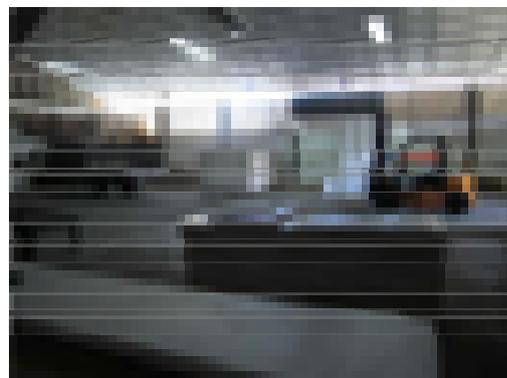


Figura 17 (2). Visita al taller de Grupo Hábitat Soluciones Constructivas (4) - Fuente: Elaboración propia, 2011.

Producción de paneles entramados

De igual manera se llevo a cabo una visita a la empresa Viviendas Orinoco C.A. ubicada en la zona industrial de Paracotos, Estado Miranda, a cargo del Arq. Héctor Yepez. Esta empresa se encarga de la fabricación de paneles entramados con secciones de madera de pino Caribe para la producción de viviendas. Este caso resulta de gran interés ya que forma parte de un convenio de transferencia tecnológica de iniciativa privada con la empresa alemana Weinmann, especializada en el desarrollo de maquinarias para la producción de viviendas prefabricadas con componentes de madera.

El proceso se divide en las siguientes etapas (ver figura 18):

- 1) Preparación y elaboración de los entramados de madera.
- 2) Colocación de caras y acabados.
- 3) Almacenaje
- 4) Transporte y montaje de los componentes en obra.

Preparación y elaboración de entramados de madera

- Los insumos principales son tableros de virutas orientadas y secciones de madera de pino caribe preservada.

- Los elementos son conformados a través de una serie de herrajes como tornillos, grapas y planchas metálicas importadas.

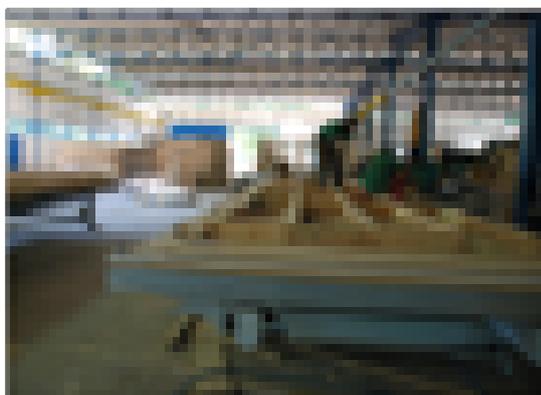


Figura 18 (1). Proceso industrial de VIVIENDAS ORINOCO c.a. - Fuente: Héctor Yepez

Colocación de acabados y almacenaje

- Los paneles una vez conformados son revestidos con un enlucido de yeso con malla plástica.
- Una vez finalizada esta etapa son enviados al área de almacenaje.



Transporte y montaje de los componentes en obra

- Los paneles son transportados al sitio de la obra donde son entregados con los acabados.
- En obra son instalados con la ayuda de una grúa y un equipo técnico.



Figura 18 (2). Proceso industrial de VIVIENDAS ORINOCO c.a. - Fuente: Héctor Yezpe

I.2.3.1 Aspectos normativos

Si bien el estado de la normativa a nivel nacional en cuanto a construcción con madera se refiere es bastante precario y no ha existido un proceso de renovación y actualización de la misma, hacemos referencia a aquellas pertinentes para la investigación:

- **IFLA Normas de diseño para uniones clavadas con maderas venezolanas** (1983), en la que se establecen los espesores mínimos de elementos de unión, los distanciamientos, el cálculo de deformaciones y el arrancamiento de los clavos. La normativa no incluye ningún tipo de información vinculada a otros elementos de unión como tornillos, planchas o grapas de mayor uso en la actualidad.
- **COVENIN 2718-90** Tableros contrachapados (1989), donde se establecen los criterios para su producción y comercialización, resaltan las definiciones y clasificaciones establecidas, grados de calidad, requisitos y métodos de ensayo. Sin embargo debemos resaltar que no existe una normativa para tableros aglomerados, de amplio uso en la actualidad y cuya fabricación actual se rige por estándares internacionales.
- **COVENIN 2776-91** Madera aserrada (1991), donde resaltan definiciones básicas, clasificación, diversas aplicaciones, dimensiones y métodos de ensayo.
- **COVENIN 320-90** Glosario de madera (1990), donde se desarrollan las definiciones y conceptos necesarios para manejar los términos adecuados.

De igual manera, y como ya ha sido señalado por varios autores, el trabajo realizado por la Junta del Acuerdo de Cartagena (JUNAC, 1983) *Manual de diseño para maderas del grupo andino* conforma un documento teórico-práctico de referencia directa para definir estándares de calidad en cuanto a selección de material, diseño de uniones y elementos, preservación y mantenimiento, entre otros. A lo largo del trabajo también haremos referencia a diversas normativas chilenas compiladas por la Corporación Chilena de Madera (CORMA) a través del CTT Centro de Transferencia Tecnológica de la Madera en la publicación digital *La Construcción de Viviendas con Madera*⁸.

⁸ <http://www.cttmadera.cl/2007/03/31/la-construccion-de-viviendas-en-madera/> (Revisado 23-04-2013 11:59 am)

1.2.3.2 Industria Complementaria

Es importante resaltar que adicionalmente al rubro forestal, la industria de los tableros y paneles requiere de un sustento complementario que abarca: pegamentos y adhesivos; y uniones o conectores metálicos.

La mayor parte de los tableros son elaborados a partir de resinas sintéticas o resinas resistentes al agua de tipo Úrea Formaldehído, también existen adhesivos de isocianato entre otros. Para manejar las características físicas del material se pueden incluir aditivos que permitan mejorar su comportamiento ante la humedad, el fuego y diversos agentes negativos como insectos y/u hongos. A pesar de que Venezuela posee una industria petrolera de gran importancia, el desarrollo en cuantos a adhesivos y pegamentos para la industria forestal es bastante limitada y no se han desarrollado grandes avances tecnológicos.

En cuanto a las uniones y elementos metálicos la industria se limita a la fabricación de clavos, tornillos y perfiles para el área de la carpintería, sin contemplar componentes con funciones estructurales como grapas, placas dentadas, chapas de acero, anclajes o conectores angulares, los cuales serían de gran utilidad para el desarrollo de nuevas propuestas tecnológicas.

1.2.3.3. Limitaciones y fortalezas de construir con tableros en Venezuela

Limitaciones

- 'Resistencia al cambio' y predominio del concreto, acero y bloques en las 'culturas constructivas' venezolanas
- Poca cultura de mantenimiento y prevención como es el caso de la amenaza de incendios.
- La industria de tableros, al igual que otros rubros, no cuenta con una demanda continua por lo cual no puede garantizar la oferta y distribución de la gama de materiales ofrecida. Tampoco existe incentivo para producir nuevos tipos de tableros ya

desarrollados en otros países y cuya transferencia tecnológica no implicaría mayores complicaciones.

- La gama de elementos complementarios y accesorios, especialmente en cuanto a uniones y conectores metálicos, se presenta como limitada para el desarrollo de sistemas constructivos integrales.
- Existe aprehensión por parte de constructores y usuarios en torno al uso de la madera y sus derivados como elemento duradero y confiable en gran parte de los aspectos de la construcción.

Fortalezas

- La materia prima para la elaboración de tableros y paneles es ciertamente abundante y accesible.
- Existe una demanda importante en cuanto a alternativas para cerramientos. Productos tradicionales tienden a escasear y no necesariamente cumplen con los requerimientos de los diversos proyectos.
- Se presenta como una alternativa de bajo impacto, no solo a nivel ambiental, sino en cuanto a la cantidad de procesos a realizar en el proceso constructivo. Se propone el uso de materiales y técnicas de construcción simple, liviana y con un mínimo de desperdicios.

Este tipo de tecnologías pueden llegar a generar un importante aporte en el campo de la vivienda. Al asumir este reto, debemos de comprender las diferentes variables que dicha propuesta implica. Por un lado, referido a la capacidad industrial que existe en el país para el desarrollo de sistemas constructivos con base en tableros de madera, pero también considerando las variables socioculturales de los hogares y familias venezolanas, donde los temas de aislamiento acústico, privacidad, percepción de seguridad y mantenimiento se presenten como de gran complejidad y a ser tomados seriamente en cuenta.

I.3. VIVIENDA PROGRESIVA Y CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE

El término *vivienda progresiva* remarca la idea de edificaciones y/o espacios que sean adquiribles por gran parte de la población, incentivando el uso de componentes constructivos que sean no solo económicamente viables para las familias, sino también apropiables, tanto en su montaje y mantenimiento como en sus diversas aplicaciones, permitiendo la conformación de viviendas capaces de adaptarse en el tiempo, a las diversas configuraciones que los usuarios-habitantes demanden. Cilento (1999: 104) insta a que el enfoque en el tema de vivienda se debe fundamentar en el “*desarrollo de tecnologías asequibles y transferibles directamente a las comunidades organizadas, aprovechando y modernizando los conocimientos técnicos y materiales tradicionales*”.

I.3.1. Enfoques en la vivienda de construcción progresiva en Venezuela

El concepto de progresividad de la vivienda se presenta como una herramienta para proyectistas y constructores que permite el desarrollo de propuestas sostenibles en el tiempo, adaptándose a las exigencias de sus habitantes, Finucci (1994: III/1) la define como “*una solución al problema habitacional que parte de la base de proporcionar a cada familia los requerimientos básicos esenciales y adecuados de alojamiento, concebido de tal manera que el usuario pueda, por sus propios medios y recursos, ampliar la unidad inicial progresivamente y desarrollar fácil y ordenadamente, hasta alcanzar una vivienda estructural, salubre, confortable y estética según sus requerimientos y posibilidades*”.

Los diversos enfoques que se le ha dado al desarrollo de la vivienda no contemplan su progresividad de manera integral, los recursos del estado no han podido satisfacer a los usuarios, muchas veces produciendo un sobre-costos de la vivienda. La idea de la modificación y mantenimiento de la vivienda debe sustentarse en tecnologías capaces de resolver no solo el tema de distribución espacial y las opciones de crecimiento y flexibilidad, sino desde el punto de vista técnico-constructivo, brindando componentes capaces de asumir el difícil reto de la progresividad. De igual manera, esas soluciones deben ser apropiables por los habitantes del hogar, como expone Hernández (2000: 26), “*el crecimiento progresivo de la vivienda implica que, desde su diseño, se debe*

*comprender que cada una de las viviendas evolucionarán de manera aleatoria y muy probablemente por medio de la **autoconstrucción** ... esto significa tener presente que los componentes y materiales que se utilizarán en la vivienda, permitirán su uso y mejoramiento por etapas; que los espacios se modificarán, conforme evolucione la familia”.*

Si bien existen visiones encontradas en cuanto a la concepción de la vivienda en Venezuela, las diferentes experiencias han puesto en evidencia la necesidad de adaptación en el tiempo a los requerimientos de cada familia. La dificultad para asumir e incorporar cambios se manifiesta especialmente en los conjuntos multifamiliares que se caracterizan por sus limitantes espaciales-constructivas y su dificultad constructiva y social para la flexibilidad y/o las modificaciones.

Los aspectos de *construcción progresiva* resaltan como primordiales para la vivienda del siglo XXI, el programa de la vivienda es cambiante, los núcleos familiares sumamente diversos, desde la agrupación tradicional, pasando por solteros, parejas, grupos de estudiantes, ancianos, hasta mezcla de vivienda con estudio y/o oficina, hace que la apropiación de dicho espacio sea personal y único. Con frecuencia observamos que existe una incompatibilidad entre lo que establecen los proyectos desarrollados por arquitectos e ingenieros y las variaciones posteriores resultado de los requerimientos de los usuarios o núcleos familiares que habitan el día a día en ellos.

I.3.2. La oferta de tecnologías de cerramientos

La realidad constructiva de nuestro país está íntimamente relacionada a factores históricos y económicos que han sentenciado el porvenir de las tecnologías de construcción, como es descrito por Loreto et. Al (2000: 11) *“a partir de la explotación del petróleo... se impuso la utilización del acero y el concreto armado para responder a las necesidades de nuevas edificaciones creadas por el acelerado proceso de urbanización de las principales ciudades del país”*. Aunado a esta visión sesgada sobre la variedad de materiales y tecnologías necesarias para el desarrollo de la industria, la construcción en Venezuela, y especialmente en el ámbito de la vivienda, ha estado limitada por lo que Cilento (1999:101) define como *(sub)desarrollo tecnológico*, hecho causado porque

“el crecimiento tecnológico... giró (durante los años 70 y 80), casi exclusivamente, en torno a la adopción de < sistemas constructivos > y, más efectivamente, a través de la transferencia indiscriminada, vía importación, de técnicas de prefabricación, maquinaria y equipos sofisticados de construcción”.

Esta problemática se mantiene vigente, presentándose un mercado de materiales para cerramientos limitado, donde predomina el uso de bloques de arcilla y concreto, y como alternativa única normalizada y de rápido montaje, los sistemas de tabiquería con cartón-yeso. Ante este panorama heredado, debemos sumar que la escasez de insumos (en parte por la poca oferta y diversidad) es una realidad cada vez más común en las obras. Acordamos nuevamente con Cilento (1999: 104) quien explica que para mejorar la capacidad productiva en Venezuela se debe *“reorientar el desarrollo tecnológico de la construcción, particularmente en el campo de la vivienda, hacia el estímulo a la innovación en la producción, sobre la base de máximo aprovechamiento de los recursos existentes en el país...esto implica el desarrollo de nuevas tecnologías y la optimización de las existentes, mejoramiento de los materiales tradicionales, nuevas formas de organizar la producción, el reciclaje de residuos y desperdicios productivos y de la construcción”.*

I.3.3. Cerramientos interiores e instalaciones sanitarias

La solución integral entre cerramientos interiores y redes de instalaciones conforma un universo complejo dentro del ámbito del diseño y la construcción. Uno de los problemas de la construcción en nuestro país tiene que ver con la inaccesibilidad a las redes de instalaciones eléctricas, de voz y data e instalaciones sanitarias en los proyectos de vivienda, donde se ha utilizado casi exclusivamente paredes de mampostería, técnica constructiva que implica un proceso insostenible (ver fig.19). López (2002: 28-29) refiriéndose a esta problemática en la construcción formal, enuncia que

“la disposición de las instalaciones se realiza también mediante la rotura y modificación de los elementos de mampostería, lo cual genera varios inconvenientes asociados a situaciones de riesgo que son necesarios enumerar: 1) Riesgo de impacto ambiental por

generación de desperdicios en obra, 2) riesgo estructural y 3) riesgo económico por velocidad de ejecución”.

Desde nuestra óptica enumeramos un compendio de aspectos que complementan la problemática planteada:

- Se genera un alto volumen de desperdicios al tener que llevar a cabo la ‘destrucción’ de la pared para la canalización de las instalaciones embutidas en los bloques.
- Conforman un proceso de construcción irracional en el cual no se toman en cuenta principios de coordinación dimensional entre el cerramiento y las redes.
- Al tratarse de tuberías y canalizaciones empotradas no visitables existe riesgo de patologías producto de errores en el diseño y/o incumplimiento de la normativa.
- Inaccesibilidad para la revisión y mantenimiento.
- Dificultad en términos de progresividad constructiva y modificación de las redes de instalaciones.



Figura 19. Instalaciones sanitarias en cerramientos de bloque de arcilla. Fuente: Methling, 2013.

Resaltamos que la problemática planteada afecta de igual manera a otras alternativas de cerramiento del mercado como el ‘dry-wall’ o ‘panel sandwich’, incluso generando mayores problemas a la hora de vincularse con las instalaciones por ausencia de especificaciones técnicas y recomendaciones.

Entendiendo las características constructivas de las tecnologías tipo panel de junta seca, observamos como fundamental ofrecer un aporte a la problemática planteada a través del desarrollo de la propuesta, buscando integrar de manera racional los requerimientos actuales de las instalaciones y mantenimiento en su ciclo de vida con los procesos de consolidación y uso de la vivienda por parte de los usuarios-habitantes. Algunas de las premisas que se establecen son las siguientes:

- Desarrollar a través de la coordinación dimensional concordancia entre paneles e instalaciones que conlleve ‘cero desperdicio’.
- Permitir accesibilidad para la revisión, mantenimiento y sustitución de partes, piezas y componentes de las instalaciones.
- Facilidad para ejecutar modificaciones en la configuración de la red de instalaciones.

Gran parte de las soluciones para instalaciones en construcción con madera están referidas a los **sistemas estructurales de entramados** por ser estos los de mayor desarrollo en Norteamérica y Europa, al igual que en Chile para el caso de Suramérica. Allí se desarrollan lineamientos y recomendaciones para el paso de las instalaciones (ver figura 20), Grau Enguix (1979:40) refiriéndose a la construcción con tableros afirma que:

“... el montaje de las instalaciones permite diversos planteamientos, pudiéndose realizar en distintas fases del montaje de la tabiquería, incluso prefabricando elementos sin requerir grandes series ni instalaciones fabriles complejas...”



Figura 20. **Instalaciones en entramados de madera.** (Izq) Instalaciones sanitarias y eléctricas según Confederación Chilena de Madera. Fuente: Corma. (Der) Construcción con entramados ligeros. Fuente: Google Images.

Por ejemplo, las instalaciones en los sistemas SIPS (Sistemas de Paneles Estructurales Aislados), se llevan a cabo con canalizaciones previas realizadas en fábrica embutidas en el relleno de los paneles, sin embargo se deben realizar en obra algunos cortes adicionales como es el caso para la colocación de cajetines, interruptores, tomas de luz, entre otros para instalaciones eléctricas. Una vez finalizada la instalación se sellan los espacios generados y se pasa al proceso de acabados (ver figura 21). Si bien es un proceso simplificado, dista de ser eficiente por la cantidad de acciones que se deben llevar a cabo en la obra, además de no plantear permitir accesibilidad ni posibles transformaciones en el tiempo.



Figura 21. **Instalaciones en SIPS.** Fuente: Building with SIPS, Morley (2000)

Finalmente resaltamos las soluciones desarrolladas para las acometidas de instalaciones en muebles modulares para oficina y edificaciones hospitalarias, en donde se generan canalizaciones previstas para el paso de el cableado eléctrico, de voz, data y similares y alternativas u opciones para el montaje de componentes (ver figura 22).

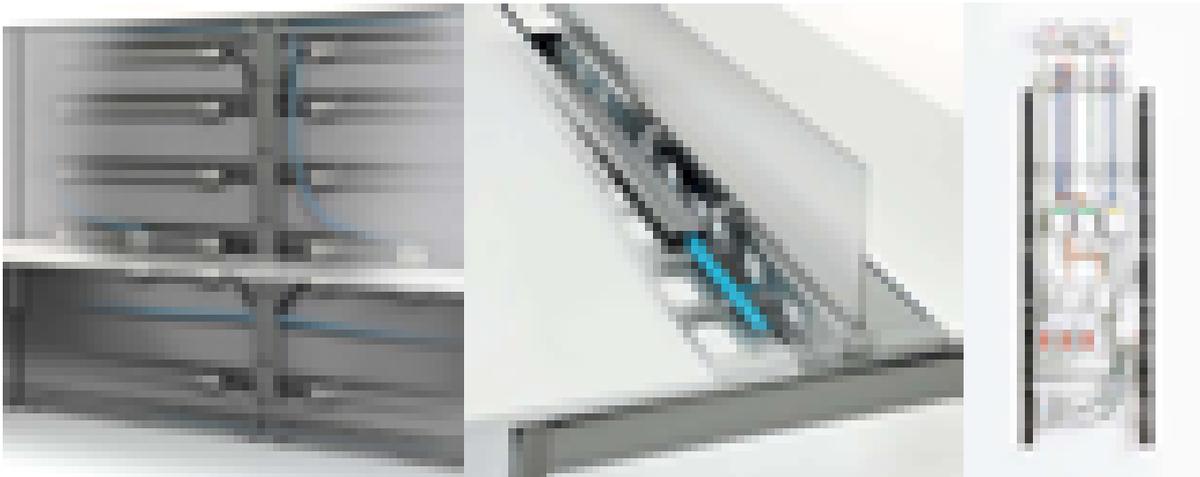


Figura. 22. Instalaciones en muebles modulares Herman-Miller. Fuente: H.M. Canvas office landscape brochure/ H.M. Compass system brochure.

I.3.4. Componentes constructivos para la vivienda flexible

Para entender como los componentes constructivos pueden llegar a ser flexibles, adaptables, reutilizables, permitiendo la progresividad de la vivienda, es importante recalcar que un primer paso es entender la vivienda en sí como un espacio que permita modificaciones de una manera racional (ver figura 23)

Cabe destacar el trabajo de N.J. Habraken, quien desde 1964 se ha dedicado a estudiar *las estructuras de soportes*, las cuales han derivado posteriormente en los *open buildings* o *edificios abiertos*. Su visión parte de la intención de brindar a los habitantes libertad en la concepción de la vivienda y en la distribución de los espacios internos. Se define como estructura de soportes las “*estructuras arquitectónicas con cualidades espaciales específicas. Estas contienen las definiciones primarias de un edificio–estructura, acceso, y sistemas infraestructurales– dentro de los cuales unidades independientes pueden ser*

desarrolladas. Los soportes, por ende, constituyen aquellos componentes físicos que afectan y sirven a todos los habitantes de un edificio. Por otra parte, las unidades separables son elementos físicos no-portantes, seleccionados y controlados por cada usuario. Las unidades separables pueden combinarse en una variedad de configuraciones, tamaños y terminaciones, reflejando las circunstancias, deseos, necesidades y aspiraciones del residente individual.” (Mignucci, Habraken, 2010: 5).

De igual manera debemos resaltar los aportes realizados por diversas instituciones en el desarrollo de componentes y sistemas basados en los principios de progresividad antes expuestos. En el marco del desarrollo del proyecto Casa Barcelona, iniciativa que buscó “conseguir que el arquitecto, el constructor y el usuario dispusiesen de unos sistemas constructivos que dotasen a la vivienda de esa capacidad de atender a la diversidad, facilitar el cambio y hacer posible la perfectibilidad” (Aparicio 2000:12) se desarrollan componentes constructivos como la ventana perfectible, el tabique móvil, el pavimento registrable, la cocina modular y los sanitarios mueble, los cuales conforman un referente importante para el presente trabajo (ver figura 24).

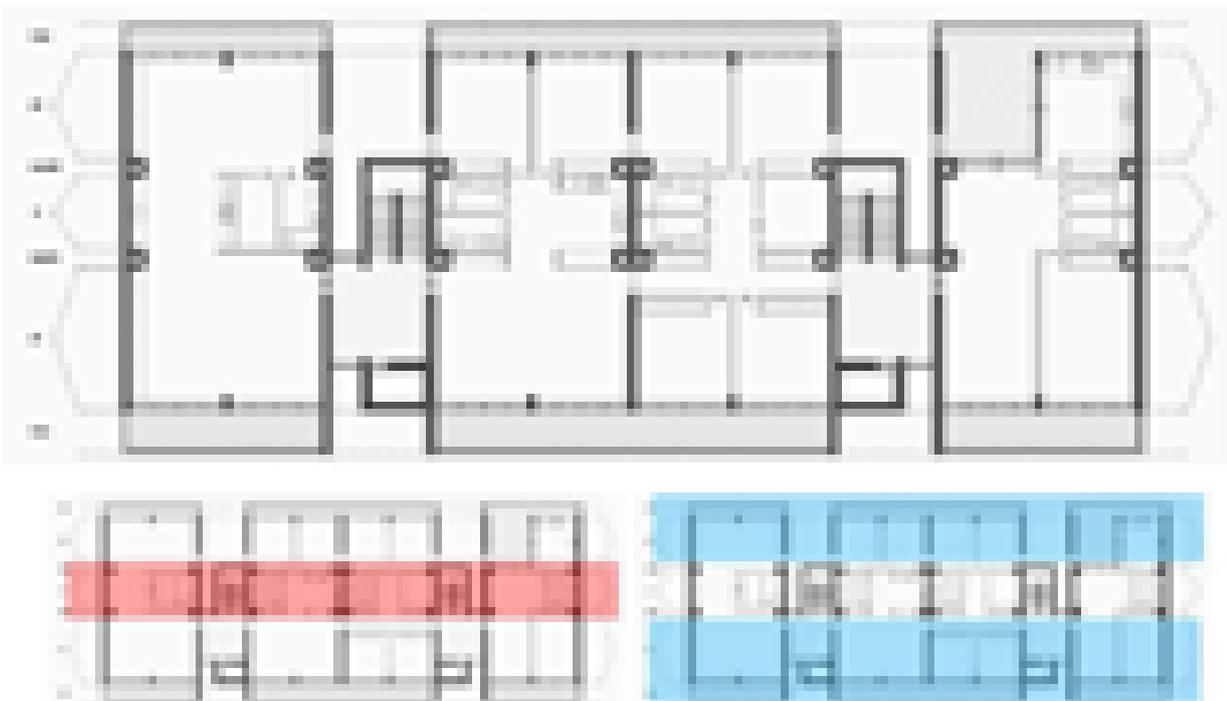


Figura 23. Estructura de Soporte y variaciones con unidades separables. Fuente: Mignucci, 2008.



Figura 24. El pavimento registrable – Clotet y Paricio. Fuente: Paricio, 2000.

I.3.5. Requerimientos físicos para cerramientos interiores en vivienda

Los cerramientos internos, llamados también paredes, tabiques, o divisiones internas, son elementos constructivos de gran importancia en la arquitectura. Seger (Deplazes et al, 2010: 190) enuncia que *“la pared posee una gran carga histórica y cultural... expresiones como <estar entre la espada y la pared> o <darse de cabeza contra la pared> dan testimonio de este elemento constructivo como límite perceptible de un espacio específico... la pared como elemento de delimitación es algo ineludible, pleno de significado”*. Se toma como referencia la definición elaborada en Gaceta Oficial para las normas sanitarias (G.O.R.B.V, 1988: 169), en la que se especifica cerramiento como *“la delimitación o cubrimiento perimetral, parcial o total de un área dada de una edificación, originalmente abierta, para que deje de estarlo”*, su conformación exige el cumplimiento de ciertas características físicas por parte del componente constructivo que vaya a desempeñar dicho rol (ver figura 25). Es importante resaltar que si bien las exigencias principales de un cerramiento son de tipo técnico-constructivo, los aspectos socioculturales juegan un papel fundamental, especialmente en cuanto al cambio de la composición familiar en el tiempo, a la percepción de seguridad, aceptación, el aislamiento acústico y demás exigencias a que debe responder.

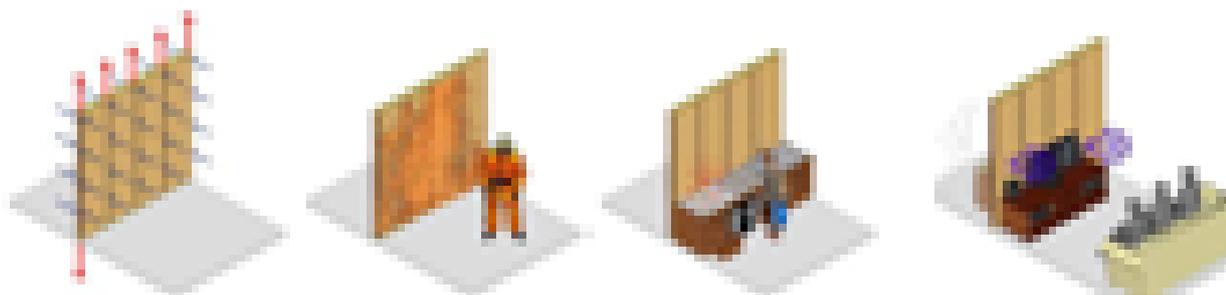


Figura 25. Representación gráfica de los requerimientos de habitabilidad y confort en los tabiques de una vivienda.

Izquierda a derecha: Estabilidad y Dureza, Comportamiento ante el fuego, Ciclos de calor humedad y aislamiento acústico. Fuente: Elaboración propia. Diciembre 2011.

Estabilidad y resistencia: los cerramientos no estructurales funcionan como sistemas estáticos arriostrados horizontal y verticalmente a la edificación, cumpliendo requerimientos de estabilidad en cuanto a peso propio y cargas por apoyo de personas o muebles, así como golpes y choques. Esto implica la necesidad de manejar la información resultante de ensayos físicos realizados en laboratorios especializados para entender y corroborar el comportamiento del cerramiento en sí mismo y en conjunto. Se debe asegurar el correcto anclaje de los elementos de sujeción a las losas de piso y techo a través de una fijación de junta estanca, conformando un elemento continuo de anclaje para los paneles, los cuales serán instalados para conformar planos que cumplan con los requerimientos de estabilidad.

Protección de ciclos calor-humedad: se refiere a los cambios en el clima interno de un espacio que debe soportar el sistema para asegurar su durabilidad en el tiempo. La madera (y en menor grado su derivado, el tablero) es un material vivo y de estructura porosa, con capacidad de variar su contenido de humedad dependiendo de las condiciones de su entorno, sin embargo, es importante resaltar que esta propiedad es mitigable y reducida en los tableros de madera gracias a las resinas aglomerantes con las que son fabricados, incluso se fabrican tableros con aditivos hidro-resistentes. La mejor protección es por diseño, luego, se establecerá la protección necesaria a través del diseño de las uniones y juntas, especialmente para los elementos expuestos en zonas húmedas. Se recomienda el uso de materiales de sellado que cumplan funciones de

impermeabilización como láminas bituminosas o plásticas⁹. En el caso de la vivienda, las áreas de servicio son las más susceptibles al deterioro por humedad: cocina, lavandero y baños son zonas húmedas de constante producción de calor y vapor de agua por aparatos electrodomésticos e instalaciones con posibles rupturas y derrames. De igual manera habrá que tomar consideraciones especiales para los paramentos cercanos a balcones, ventanas y cualquier influencia del exterior.

Confort térmico: uno de los factores de mayor importancia para entender la propagación de calor a través de la edificación es la conductividad de los elementos que la componen, lo cual representa la cantidad de calor que recorre el material por cada grado centígrado que aumente la diferencia de temperatura entre ambos extremos. Se deben asegurar las condiciones de habitabilidad, en términos de rangos térmicos, buscando que los usuarios puedan desenvolverse sin una afectación a su salud. El ambiente interior de un recinto (caso que nos compete en la presente investigación) es, principalmente, la resultante de los procesos que ocurren entre el exterior y los cerramientos externos de la edificación, es por ello que, considerando las propiedades térmicas de la madera, los cerramientos interiores juegan un papel secundario. Sin embargo se deben tomar las precauciones necesarias para que la distribución y selección de materiales no sea contraproducente al confort térmico del espacio. En el caso de la vivienda, se debe permitir la ventilación cruzada para evitar la acumulación de calor dentro de los recintos, al igual que tomar consideraciones especiales al usar materiales aislantes térmicos dentro de los componentes constructivos como poliestireno expandido o similares, evitando el “efecto cava”, especialmente en las áreas de la vivienda de mayor producción de calor como cocina y demás áreas de servicio.

Aislamiento acústico: es de gran importancia en términos de confort y privacidad que los cerramientos internos posean la capacidad de aislamiento acústico entre los ambientes. Henn (1971: 20) define la protección acústica como *“la misión principal que, en*

⁹ Las capas separadoras se hacen necesarias cuando el contacto entre diversos materiales constructivos altera o anula su efectividad (la de los materiales de sellado). Los siguientes materiales pueden utilizarse como capas separadoras entre los diferentes elementos constructivos: lámina de polietileno, fieltro de poliéster, esteras celulares, papel oleaginoso. (Hugues, et al, 2006: 67)

circunstancias normales, ha de desempeñar un tabique, junto con el corte de vistas". El ruido se define como *la conjunción de sonidos de frecuencia irregular*¹⁰. Se pueden distinguir dos tipos: de transmisión aérea y de transmisión por impacto.

Todo sistema de cerramientos interiores debe cumplir con el control de ruidos internos a través de la selección de materiales, las configuraciones espaciales y el tratamiento de las juntas. Sin embargo, diferentes factores como el peso del cerramiento (ley de masas), su rigidez o flexibilidad, los puentes acústicos y la presencia de puertas y ventanas, influyen significativamente en la transmisión sónica. Es importante señalar que para viviendas pareadas, los cerramientos de separación entre viviendas conforman un elemento con requerimientos acústicos —y de confinamiento— especiales.

El aislamiento acústico es un requerimiento que en adición a su solución técnico-constructiva se verá mejorado en rendimiento gracias a criterios en la distribución del espacio. En ese sentido, la guía de aislamiento acústico del portal web *Infomadera.net* (2011), desarrolla las siguientes medidas de diseño:

“Rodear las estancias ruidosas con habitaciones funcionales como los baños y la cocina que sirven de espacio de descompresión ... Escoger la forma de las habitaciones para que el muro común sea el más corto ... Colocar enfrentadas o subyacentes aquellas habitaciones que tienen funciones similares ... Colocar los baños y armarios ropero espalda con espalda ya que también sirven para aislar acústicamente los dormitorios entre sí ... Desplazar las puertas entre sí para que no queden enfrentadas en recibidores y pasillos o sellarlas con tiras de espuma autoadhesiva. Utilizar de elementos convencionales que sean buenos absorbentes de sonido como son las moquetas, los muebles, las cortinas y algunos falsos techos”.

Complementariamente, Hempel y Pozo (1988: 14) enuncian que en construcción con madera para interiores,

“se lograrán mejores índices de debilitamiento acústico en la medida que en el diseño se especifiquen adecuadamente las siguientes condiciones:

¹⁰ CORMA, Corporación Chilena de la Madera. *Construcción de viviendas con madera. Unidad 14. Aislación y Ventilación.*

- a) *A mayor distanciamiento de la estructura, mejor aislación acústica;*
- b) *Mientras más flexibles sean las uniones entre la estructura y los revestimientos.*
- c) *Al rellenar por lo menos 70% del espacio de aire que queda con elementos porosos y/o fibrosos como lana mineral;*
- d) *A mayor densidad y flexibilidad de los revestimientos se logrará un mayor índice de debilitamiento acústico”.*

Protección contra el fuego: se refiere a la capacidad de los elementos constructivos a resistir el embate de incendios. Molina (2005), establece algunas de las normas nacionales e internacionales aplicables a la construcción con madera para Venezuela, vinculadas al tema del fuego. Éstas son la Norma Chilena 433 (1993, actualización 1996) y la Norma de diseño Española de protección contra incendio en edificaciones de 1991 (NBE.PCI-91). Adicionalmente se toma como referencia el trabajo realizado por la Corporación Chilena de Madera, CORMA, en la Unidad 15: protección contra el fuego del manual de construcción de viviendas con madera. Tomando como referencia la normativa chilena (ver cuadro 10), podemos observar que para tabiques no estructurales el requerimiento del material es de resistencia al fuego F-30 y F-15.

Para cumplir los requerimientos normativos y recomendaciones establecidas por organismos expertos se propone la aplicación de dos métodos de protección: pasiva; referida a acciones de organización en el diseño, y activa referida a la selección de los materiales y componentes que conformen los cerramientos (ver cuadro 11). En términos de mantenimiento, se deberá informar a los usuarios sobre las propiedades de la madera para que se mitiguen las amenazas, a la vez que exista una especificación técnica que incluya los trabajos referidos al cambio de juntas e instalaciones. Es importante resaltar que si bien en la actualidad no existen tableros en el mercado nacional con características ignífugas especiales, por ser un proceso relativamente simple se perfila como una alternativa viable dentro del desarrollo de la industria del tablero.

Tipo de elemento (construcción)	(a)	(b)	(c)	(d)
Muros cerrados	F-120	F-120	F-120	F-120
Muros con la seguridad y caja de ascensores	F-120	F-120	F-60	F-60
Muros caja de ascensores	F-120	F-60	F-60	F-60
Muros aberturas entre unidades	F-120	F-60	F-60	F-60
Elementos separantes verticales	F-120	F-60	F-60	F-60
Muros no separantes o técnicos	F-60	F-60	-	-
Escaleras	F-60	F-60	F-60	-
Elementos separantes horizontales	F-120	F-60	F-60	F-60
Techumbres y otros pisos	F-60	F-60	F-60	F-60

Cuadro 10. Resistencia al fuego de los elementos de la construcción según norma chilena. Fuente: CORMA, p. 390.



Cuadro 11. Métodos de Protección activa y pasiva de la Madera. Fuente: Elaboración propia en base a datos del Manual de Construcción de Viviendas con Madera, CORMA.

Protección contra hongos, bacterias e insectos y agentes bióticos: se refiere a las acciones y medidas necesarias para asegurar la durabilidad y buen funcionamiento del sistema de cerramientos. Para ello se deben considerar condiciones extraordinarias en las que los cerramientos puedan estar en contacto con el agua, especialmente en las áreas húmedas o de servicio. Es indispensable que los tableros a utilizar, garanticen características hidrófugas, evitando la propagación de hongos e insectos. Los xilófagos

“son aquellos que destruyen la madera generándole huecos o galerías...los ‘insectos sociales’ como las termitas, hormigas blancas y coleópteros, son los agentes más dañinos” (Cloquell Ballester et al, 2005: 117).

Es importante recalcar que la mejor recomendación para la conservación de la madera y sus derivados es la *‘protección por diseño’* previniendo la humedad en los elementos, promoviendo la ventilación de los espacios, desarrollando sistemas constructivos de fácil mantenimiento y revisión, y proponiendo acabados de fácil remoción y reposición, teniendo en cuenta las clases de riesgo por exposición que puede llegar a sufrir la madera en la construcción. Uno de los puntos de mayor importancia para aumentar la durabilidad de los componentes esta en el contacto con el suelo, ya que conforma una de las áreas de mayor susceptibilidad a deterioro por humedad. En ese caso se recomienda tomar medidas especiales para los elementos inferiores del sistema en contacto directo con la placa de suelo, buscando aislar la madera a través de elementos metálicos o de características impermeables. Otra opción válida tiene que ver con la escogencia del tipo de madera o los diversos tratamientos que se le pueden llegar a aplicar.

A continuación se presenta el cuadro 12, donde se resumen las consideraciones de diseño establecidas en base a los diversos requerimientos:

REQUERIMIENTOS	CONSIDERACIONES DE DISEÑO
Estabilidad y Resistencia	<ul style="list-style-type: none"> - Los cerramientos no estructurales funcionan como sistemas estáticos arriostrados horizontal y verticalmente a la edificación. - Deben cumplir requerimientos de estabilidad en cuanto a peso propio y cargas por apoyo de personas o muebles, así como golpes y choques.
Protección de los ciclos calor-humedad	<ul style="list-style-type: none"> - Se refiere a los cambios en el clima interno de un espacio que debe soportar el sistema para asegurar su durabilidad. - Se debe de establecer la protección necesaria, especialmente para los elementos expuestos en sitios más vulnerables. - En el caso de la vivienda, las áreas de servicio son las más susceptibles: cocina, lavadero y baños son zonas húmedas de constante producción de calor y vapor de agua por aparatos electrodomésticos e instalaciones.
Confort térmico	<ul style="list-style-type: none"> - Los cerramientos deben tener un comportamiento térmico adecuado al confort requerido por los habitantes. - Uno de los factores de mayor importancia para entender la propagación de calor a través de la edificación es la conductividad de los elementos que la componen.
Aislamiento Acústico	<ul style="list-style-type: none"> - Implica el aislamiento de ruidos internos, entendiendo que se pueden controlar a través de la selección de materiales, las configuraciones espaciales y el tratamiento de las juntas. - Factores como el peso superficial del cerramiento, su rigidez o flexibilidad, los puentes acústicos y la presencia de puertas y ventanas, influyen significativamente en su comportamiento.
Protección contra el fuego	<ul style="list-style-type: none"> - Se refiere a la capacidad de los elementos constructivos a resistir el embate de incendios - Al no existir una normativa venezolana referida al uso de tableros de madera, se recomienda hacer un cruce de información entre la normativa internacional y la normativa COVENIN referidas a prevención de incendios.
Protección contra hongos y agentes xilófagos	<ul style="list-style-type: none"> - Se deben considerar condiciones extraordinarias en las que los cerramientos puedan estar en contacto con el agua, especialmente en las áreas húmedas o de servicio de los espacios. - Es indispensable en los tableros a utilizar, que garanticen características hidrófugas, evitando la propagación de hongos e insectos - La mejor recomendación para la conservación de la madera y sus derivados es por protección por diseño: prevenir la acción de humedad en los elementos, promover la ventilación de los espacios, desarrollar sistemas constructivos de fácil mantenimiento y revisión, proponer acabados de fácil remoción y reposición, teniendo en cuenta las clases de riesgo por exposición que puede llegar a sufrir la madera en la construcción

Cuadro 12. Requerimientos físicos para cerramientos interiores. Fuente: Elaboración Propia

Reflexión sobre los cerramientos internos en las viviendas venezolanas

El caso de los cerramientos internos en Venezuela es bastante particular y en la vivienda conforma un ámbito con características especiales. La cultura constructiva del país, aunado a la poca oferta de alternativas del mercado, ha establecido el cerramiento de bloque por junta húmeda como el de mayor aplicación y aceptación, generando en la población costumbres muy arraigadas, vinculadas a las características de la mampostería. Es por ello que resulta de particular interés para la presente investigación, entender las variables vinculadas a la aceptación por parte de los usuarios y habitantes, en las que la percepción de la seguridad del cerramiento, su aislamiento acústico y durabilidad en el tiempo conforman aspectos de suma importancia.

Una de las principales características de los cerramientos internos para vivienda flexible es su capacidad para ser modificados en el tiempo, permitiendo configurar diferentes espacios dentro de un mismo recinto, en función de las necesidades y evolución de cada familia. Sin embargo, el proceso de modificación de la vivienda ocurre usualmente a ritmo lento, requiriendo que los cerramientos sean lo suficientemente duraderos y resistentes tanto al paso del tiempo, como a los procesos de mantenimiento, reparación y uso. Es por lo planteado que el análisis de los requerimientos físicos necesarios para el desarrollo de un sistema de cerramientos en nuestro contexto es de suma importancia y deberá ser de igual manera corroborado posteriormente en la investigación.

I.3.5. Principios para una construcción sostenible con tableros de madera

Es fundamental estudiar el concepto de *desarrollo sostenible* y los caminos que se deben recorrer para alcanzarlo. La bibliografía en este sentido es amplia y extensa, desde la definición de *aquel desarrollo capaz de satisfacer nuestras necesidades actuales sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer las suyas* del primer encuentro de la Comisión Mundial del Medio Ambiente y Desarrollo en 1984, pasando por los diversos comunicados e informes resultantes de encuentros internacionales de las últimas décadas, hasta las visiones más particulares de autores como Brian Edwards, Richard Rogers y Ken Yeang, solo por nombrar algunos,

observamos que más que un concepto, la sostenibilidad o el desarrollo sostenible se convierte en un enfoque, una visión sobre la forma en que el ser humano puede llevar a cabo sus actividades buscando siempre el menor impacto posible sobre el medio ambiente y consecuencias sociales y económicas positivas.

Los investigadores Domingo Acosta y Alfredo Cilento del Instituto de Desarrollo Experimental de la Construcción IDEC, de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Central de Venezuela, han llevado a cabo diversas reflexiones y análisis sobre el concepto de sostenibilidad dentro del contexto venezolano, afirman que:

“...Los problemas ambientales y la calidad de vida en nuestras ciudades continúan deteriorándose severamente.... ... en sociedades como las nuestras, es necesario pensar primero en los problemas de hoy, en lo que es indudablemente primordial...Las modificaciones al medio ambiente natural deberían ser obligatoriamente gestionadas a partir de una estrategia de sostenibilidad; lo que significa que el desarrollo del medio ambiente construido, y sus modificaciones, sean planteados en términos de su pertinencia y viabilidad social, económica y ambiental.” (Acosta, Cilento. 2007:5).

Como contribución a dicha problemática han establecido un grupo de estrategias para la sostenibilidad de la construcción y las edificaciones como:

“reducción del consumo de recursos, eficiencia y racionalidad energética, reducción de la contaminación y la toxicidad, construir bien desde el inicio, cero desperdicio, construcción por junta seca, producción local y manufactura flexible” (Acosta, Cilento. 2007:10-15).

Este grupo de estrategias son referencia fundamental en el desarrollo de la propuesta y sirven de base para presentar a continuación las premisas de fabricación y diseño para el sistema de cerramientos interiores con tableros de madera para construcciones progresivas:

1.- Proceso industrial de bajo impacto ambiental, utilizando recursos e insumos de fuentes forestales renovables con capacidad de reciclaje, que permitan disminuir la huella ecológica negativa que produce el ámbito de la construcción. Como lo plantea *Edwards (2005:3)*, *“la industria de la construcción consume el 50% de los recursos mundiales, lo que la convierte en una de las actividades menos sostenibles del planeta...la civilización contemporánea depende de los edificios para su cobijo y existencia, y nuestro planeta no puede soportar el grado de consumo de recursos actual”*.

Ante esta realidad se incentiva ampliar la producción de componentes constructivos con madera, que a su vez conforman procesos industriales de bajo consumo energético. De igual manera vale la pena resaltar la posibilidad que la industria de los tableros de madera ofrece en cuanto a la producción de “cero desperdicio” (ver figura 26).

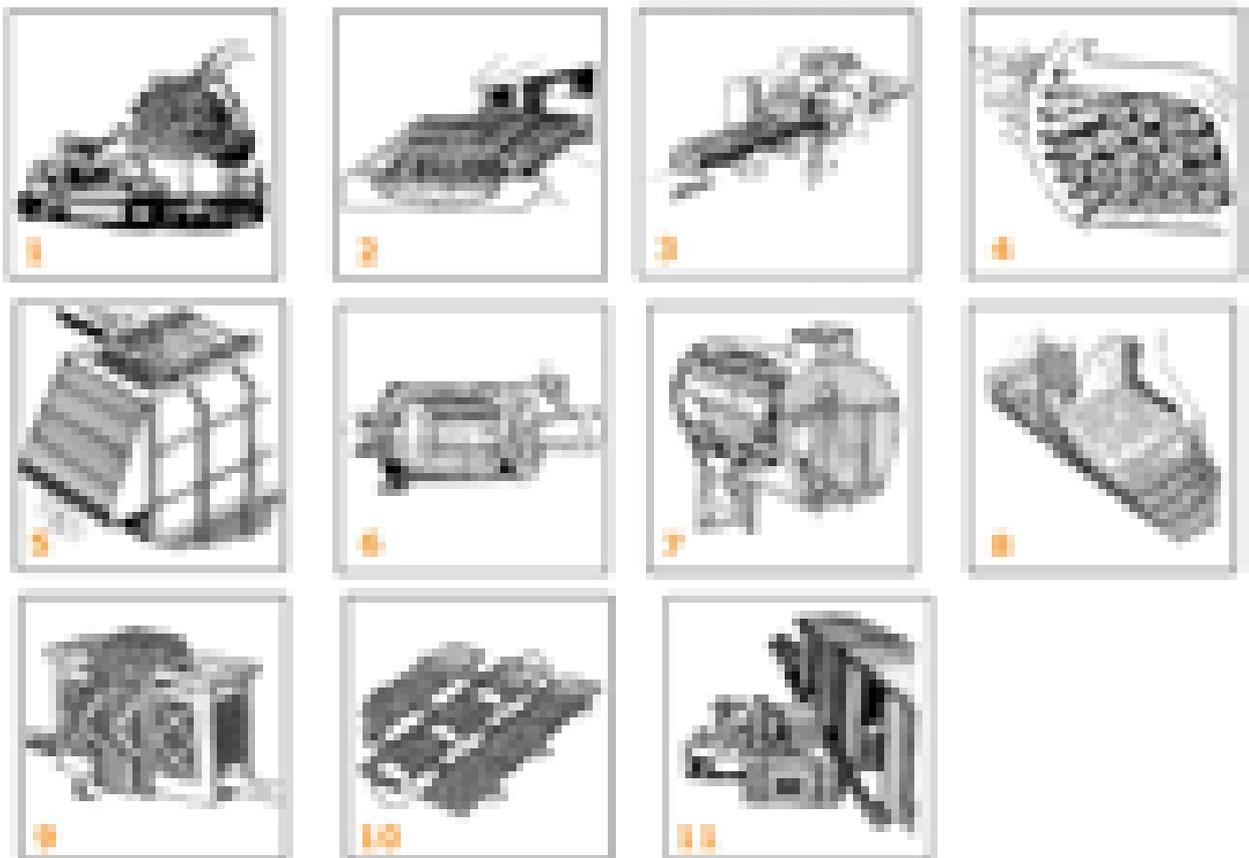


Figura 26. Proceso de producción de los tableros de madera. Fuente: Adriana Briceño Rincón IDEC-FAU-UCV MASISA

2.- Incentivar el sincretismo tecnológico¹¹, conformando procesos de fabricación capaces de adaptarse a diversas escalas de producción, buscando siempre el aprovechamiento racional de los recursos existentes en el país. Esto busca conformar sistemas de producción abiertos a las variables del contexto, generando *“la convivencia en las obras de productos y procesos tecnológicamente muy avanzados, producto de la gran industria, con materiales y tecnologías locales de producción en pequeñas escala y tecnologías tradicionales mejoradas”* (Cilento, 1999:104), en donde se plantean escenarios de manufactura e industriales (ver figura 27).



Figura 27. Sincretismo Tecnológico. Arriba: Taller de manufactura a pequeña escala, Venezuela. Fuente: Sven Methling.
Abajo: Galpón Industrial Weinmann, Alemania. Fuente: Héctor Yepez.

¹¹ Se refiere a “reorientar el desarrollo tecnológico de la construcción...hacia el estímulo a la innovación en la producción, sobre la base del máximo aprovechamiento de los recursos existentes en el país. Esto implica el desarrollo de nuevas tecnologías y optimización de las existentes; la innovación en nuevos materiales y componentes, mejoramiento de los materiales tradicionales, nuevas formas de organizar la producción, el reciclaje de residuos y desperdicios de procesos productivos y la construcción. (Cilento, 1999:104).

3.- Tecnologías apropiables por parte de los usuarios, que permitan a los futuros habitantes de la edificación formar parte activa de la fase de conceptualización y construcción de sus futuros hogares, al igual que de su mantenimiento (ver figura 28). El desarrollo de componentes constructivos de montaje sencillo, sin necesidad de mezclas y juntas húmedas, permitiría simplificar los procesos de construcción y el establecimiento de las viviendas en el tiempo. De igual manera, la técnica constructiva requerida se presenta como un proceso de capacitación apropiable por comunidades organizadas.



Figura 28. Autoconstrucción de una vivienda con madera.

Fuente: Arquitectura-Prefab Blog (<http://blog.is-arquitectura.es/2010/11/28/auto-construccion-de-una-casa-de-madera/>)

4.- Componentes constructivos de bajo peso, que incidan favorablemente en el peso total de la edificación, buscando incentivar el desarrollo de estructuras más racionales, eficientes y que conformen un aporte en la economía de los materiales de la obra. Al hacer una revisión, podemos observar que mientras el bloque de arcilla estándar tiene un peso unitario de entre 120 y 280 (kgf/m²)¹², los paneles con tableros de madera poseen un peso unitario de entre 20 y 30 (kgf/m²)¹³.

5.- Desarrollar una coordinación dimensional, que funcione como una herramienta para organizar la producción, montaje y distribución del sistema de cerramientos. Al trabajar con tableros de madera modulares se pueden generar aportes en cuanto al

¹² COVENIN - CRITERIOS Y ACCIONES MÍNIMAS PARA EL PROYECTO DE EDIFICACIONES

http://www.fau.ucv.ve/idec/normas_construccion/Norma2002_8_CRITERIOS.pdf, revisado 04 de junio 2012, 9:53 pm.

¹³ Pesos obtenidos del estudio comparativo de las fichas técnicas de las empresas panelsandwich (www.panelsandwich.org) y thermochip (www.thermochip.com), revisado 14 de febrero 2012, 12:35 pm.

aprovechamiento máximo del material y las implicaciones de esto en la distribución interna de las edificaciones, en donde se proponen diversos esquemas de configuración para asegurar los requerimientos de habitabilidad. Como enuncia Salas (1998:224) *“la importancia de la coordinación dimensional no está en la lucidez de sus planteamientos teóricos, sino en su grado de utilización y aceptación, en su capacidad para responder a necesidades y ayudar en el desarrollo racional de la edificación”*.

6.- Proponer un mantenimiento sostenible de los componentes, al utilizar sistemas modularmente coordinados, cuyo montaje y desmontaje sea intrínseco a la tecnología, brindando facilidades al usuario para con el proceso de remoción y reutilización de los componentes que conforman su hogar (ver figura 29). Estos principios están relacionados con el concepto de deconstrucción, que se define como el conjunto de acciones de desmantelamiento de una construcción que hacen posible un alto nivel de recuperación y de aprovechamiento de los materiales (Maña i Rexach et al. ITeC, 2000).

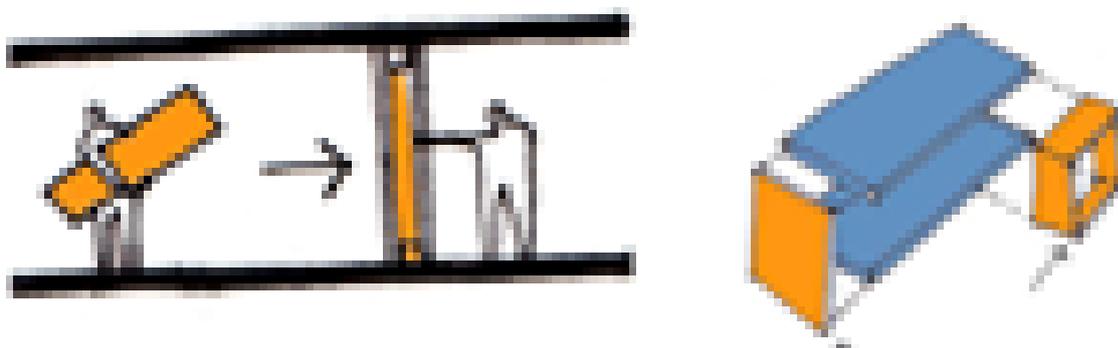


Figura 29. Esquemas conceptuales para un sistema de cerramientos. Fuente: Sven Methling, 2011.

7.- Desarrollar alternativas para instalaciones eléctricas y sanitarias, entendiendo que las mismas conforman una de las áreas críticas de las edificaciones en cuanto a su revisión, mantenimiento y sustitución, se propone una tecnología que permita de manera sistemática hacer el proceso de instalación y de mantenimiento de manera racional. Una de las ventajas de los sistemas de cerramientos con tableros de madera es que conforma procesos de construcción seca, Grau Enguix et al. (1979:40) afirma que *“el montaje de las instalaciones permite diversos planteamientos, pudiéndose realizar en distintas fases del montaje de la tabiquería, incluso prefabricando elementos sin requerir grandes series ni instalaciones fabriles complejas”*.

En resumen, la revisión documental reseñada en este capítulo nos brinda el marco referencial donde se sustenta la propuesta que se desarrollará en los capítulos siguientes, y que contempla el **desarrollo de un sistema de cerramientos interiores con tableros de madera**, que se considera con gran potencial para ser aplicado en viviendas progresivas en Venezuela, aunque no se excluye utilizarlo en otro tipo de edificaciones de usos compatibles como oficinas, escuelas, centros pequeños y medianos para la salud, entre otros.

De la información documentada y revisada en este capítulo resaltamos los siguientes puntos:

- Se justifica la utilización de tableros de madera para el desarrollo de componentes y sistemas constructivos en Venezuela considerando: el extenso recurso forestal que existe en plantaciones sostenibles, la capacidad industrial propia de la industria maderera e industrias complementarias y la posibilidad de llevar a cabo iniciativas de transferencia tecnológica con empresas foráneas.
- Se presenta la propuesta como una oportunidad para expandir el alcance de la madera como material constructivo, en un área definida con requerimientos específicos, que permitiría presentar los tableros de madera como una alternativa altamente competitiva a la oferta actual de cerramientos.
- Consideramos que el desarrollo de esta investigación puede representar un aporte en términos de *construcción sostenible*, al promover la utilización de recursos renovables, materiales de baja energía incorporada, baja toxicidad y con capacidad de remoción, reutilización y reciclaje con cero desperdicios.
- Se pretende cumplir con los requerimientos de flexibilidad y crecimiento de los habitantes y sus viviendas, brindando soluciones técnico-constructivas capaces de llevar a cabo modificaciones, construcciones progresivas y un mantenimiento sostenible de manera racional.

Referencias bibliográficas capítulo I

ACOSTA, Domingo. (2009). *Arquitectura y construcción sostenibles: conceptos, problemas y estrategias*. De Arquitectura 04: Sostenibilidad y Medio Ambiente. Universidad de los Andes. Bogotá, Colombia. Pág. 14-23.

AITIM, Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y Corcho. (1994). *Guía de la Madera. Un Manual de referencia para el uso de la madera en arquitectura, construcción, el diseño y la decoración*. AITIM, 1994.

BARRIOS, Eric. CONTRERAS, Wilver. OWEN DE CONTRERAS, Mary Elena. (2006). *Repercusiones energéticas y económicas del uso de la madera como elemento constructivo para viviendas de interés social en Venezuela*. Revista Forestal Latinoamericana N°40. Pág. 1-28. 2006.

BARRIOS, Eric. (2011). *Metodología de Diseño Ambientalmente Integrado (dAI) para la Producción de Estructuras Laminadas en Madera de Pino Caribe (Pinus Caribaea var. Hondurensis. Aplicación: Diseño de un sistema estructural para edificios de vivienda multifamiliar*. Trabajo de grado presentado para optar al título de Doctor en Arquitectura. Universidad Central de Venezuela. Caracas, 2011.

BERMUDEZ GRAIÑO, José M. (1999). *De la madera y sobre la evolución del tablero*. Revista Tectónica N° 11. Pp. 14-27.

CILENTO SARLI, Alfredo. (1999). *Cambio de paradigma del hábitat*. Universidad Central de Venezuela. Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico. Instituto de Desarrollo Experimental de la Construcción. Caracas.

CILENTO SARLI, Alfredo. (2011). *80 años de Políticas de Vivienda en Venezuela. Sostenibilidad Urbana: el Caso de las Ciudades Venezolanas*. Ediciones FAU-UCV. Caracas, Venezuela. Pág. 143-162

CLOQUELL BALLESTER, Vicente Agustín. CONTRERAS MIRADA, Wilver. OWEN DE CONTRERAS, Mary Elena. (2005). *La Madera y los productos forestales en sistemas estructurales: aspectos técnicos y medioambientales*. Universidad de los Andes, Venezuela / Universitat Politècnica de Valencia.

DEPLAZES, Andrea. (ED.) (2005). *Construir la Arquitectura, del material en bruto al edificio, un manual*. Editorial Gustavo Gili. Barcelona, 2008.

EDWARDS, Brian. (2005) *Guía Básica de la Sostenibilidad*. 2da revisión revisada y ampliada. Editorial Gustavo Gili. Barcelona, 2008.

FERRO MEDINA, Germán. (2010). Arboles Ciudadanos en la Memoria y el Paisaje Cultural de Bogotá. Alcaldía Mayor de Bogotá. Instituto Distrital de Patrimonio Cultural. Colombia, 2010.

GASPARINI, Graziano.(1965) La Arquitectura Colonial en Venezuela. Ediciones Armitano. Caracas, 1965.

GRAU ENGUIX, Joaquín. VERD HERERRO, Antonio. GUTIERREZ GUITIAN, María V. (1979). Aplicaciones del Tablero Aglomerado en la Construcción. ODITA (Asociación Nacional de Fabricantes del Tablero Aglomerado). Madrid, España.

HABRAKEN, N.J. MIGNUCCI, A. (2010). Soportes: vivienda y ciudad. Instituto de Arquitectura Tropical, 2010.

HUGUES, Theodor. STEIGER, Ludwig. WEBER, Johann. (2006). Construcción con Madera. Editorial Gustavo Gili. Barcelona, 2007.

HERNANDEZ, Beatriz. (2000) El techo en la vivienda de bajo costo en Venezuela, Importancia de lo Cultural. Tecnología y Construcción Vol. 16-3. Pp. 21-29.

FOURNIER ZEPEDA, Rolando (2008). Construcción sostenible en madera: realidades, mitos y oportunidades. Tecnología en Marcha, Vol. 21, N.º 4, Octubre-Diciembre 2008, pp. 92-10.

JUNAC, Junta del Acuerdo de Cartagena. (1984). Manual de Diseño para Maderas del Grupo Andino. Proyectos Andinos de Desarrollo Tecnológico en el Área de Recursos Forestales Tropicales. Carvajales s.a. Colombia.

LORETO, Ana. MOLINA, Ricardo. VIVIAS, Virginia. LUGO, Argenis. CONTI, Antonio. (2000). La madera: Una línea de Investigación. Tecnología y Construcción Vol. 16-3. Pp. 9-20. Caracas.

MONTANIER, Josep María. MUXÍ MARTÍNEZ, Zaida (2010). Reflexiones para proyectar viviendas del siglo XXI. DEARQ 06. Revista de Arquitectura de la Universidad de los Andes. Bogotá, Colombia. Pág. 82-99.

MINAMB, Ministerio para el Poder Popular del Ambiente. (2008). Estadísticas Forestales. Anuario de Bosques. Serie 12. Caracas, Venezuela.

PARICIO, Ignacio. (2000). Casa Barcelona. Vivienda en Detalle. AV Monografías N° 86. Pp. 10-25. Madrid, España, 2000.

PELLEGRINO, Osny. (2005). Un techo para vivir. CYTED – Ed. UPC, P. 376. Barcelona, España.

ROSS, Peter. DOWNES, Giles. LAWRENCE, Andrew. (2009). Timber in Contemporary Architecture. A Designer's Guide. TRADA.

SILVA CONTRERAS, Mónica. (1999). Temperar en Macuto. Seis villas centenarias en Guzmanía 1884-1900. Fundación Museo Armando Reverón. CONAC, 1999.

URDANETA FINUCCI, Enrique. (1944). Hábitat para todos – Vivienda progresiva de unidades básicas ampliables y preservación ecológica urbana. Fundación de la Vivienda Popular – Consejo Nacional de la Vivienda. Caracas. 1944.

VENEZUELA VIVE (ENCICLOPEDIA). (2001). Tomo II Geografía económica humana para el tercer milenio. Editorial Minerva, C.A. Caracas, Venezuela.

YEANG, Ken. (1999). El Rascacielos Ecológico. Editorial Gustavo Gili. Barcelona, 2001.

ZWEIG, Stefan. (1976). Momentos Estelares de la Humanidad. Catorce miniaturas históricas. La lucha por el Polo Sur. Editorial Acantilado, 2002.

Referencias Electrónicas Capítulo I

ADMINISTRACIÓN ATCP. La industria de los tableros de madera en Chile.

www.atcp.cl/revistas/200603TablerosdeMadera.PDF, (revisado 25/01/2012, 10:35).

ARAUCO. (2008). Tablero de OSB. Ficha de Materiales.

<http://www.plataformaarquitectura.cl/2008/11/22/ficha-tablero-de-osb-arauco/>, (revisado 15/02/2012, 10:27)

CORREA ARENAS, José María. (2011). "The Packaged House System", Konrad Wachsmann y Walter Gropius, General Panel Corporation, New York, 1942.

<http://proyectos4etsa.wordpress.com/2011/12/26/the-packaged-house-system-konrad-wachsmann-y-walter-gropius-general-panel-corporation-new-york-1942/> (revisado el 24/02/2012, 10:42)

JACOBO, Guillermo. (2006). Madera: material estructural y tecnológico con historia para el NEA (Resumen). Universidad Nacional del Nordeste. Comunicaciones Científicas y Tecnológicas.

<http://www.unne.edu.ar/Web/cyt/cyt2006/07-Tecnologicas/2006-T-084.pdf>, (revisado 23/02/2012, 15:12).

ONU, Organización de las Naciones Unidas. (2009). Un hábitat por un mejor futuro urbano. Informe mundial sobre asentamientos humanos.

<http://www.unhabitat.org/documents/GRHS09/K0952834s.pdf>, (revisado 10/10/2012, 09:21)

PERAZA, Enrique J. PERAZA, Fernando. GONZÁLEZ, Marco A. Nacimiento y evolución de los tableros estructurales.

http://www.infomadera.net/uploads/articulos/archivo_4693_15630.pdf, (revisado 30/01/2012, 11:34)

Milestones in the History of Plywood

http://www.apawood.org/level_b.cfm?content=srv_med_new_bkgd_plycen (revisado el 13/02/2012, 16:33 pm)

CAPÍTULO II

DESARROLLO DE UN SISTEMA DE CERRAMIENTOS INTERIORES CON TABLEROS DE MADERA



“La asimilación de la frustrada experiencia pasada y el cambio de los escenarios económicos, indica la necesidad de reorientar el desarrollo tecnológico de la construcción, particularmente en el campo de la vivienda, hacia el estímulo a la innovación en la producción, sobre la base del máximo aprovechamiento de los recursos existentes en el país. Esto implica el desarrollo de nuevas tecnologías y optimización de las existentes; la innovación en nuevos materiales y componentes, mejoramientos de los materiales tradicionales, nuevas formas de organizar la producción, el reciclaje de residuos y desperdicios de procesos productivos y de la construcción.”

CILENTO, Alfredo. Cambio de paradigma del hábitat.

UCV –CDCH- IDEC. 1999. Pág. 104.

“Diseñar y construir para una larga vida útil; construir con calidad, a menor costo; evitar que la presión por la cantidad, conduzca a construcciones “desechables” tan características de nuestra vivienda de interés social; diseñar los criterios de mantenimiento; diseñar con criterios de flexibilidad, con miras al desarrollo progresivo, la transformabilidad y la reutilización; mejorar las prácticas constructivas convencionales, tradicionales y populares; todas estas son acciones que conducen a aumentar la durabilidad y calidad de las edificaciones y por tanto su vida útil”

ACOSTA, Domingo. Arquitectura y construcción sostenibles: conceptos, problemas y estrategias

De arquitectura. Universidad de los Andes. Colombia. 2009. Pág. 21.

CAPÍTULO II – Desarrollo del Sistema de Cerramientos con Tableros de Madera

Introducción

El presente capítulo está dirigido al desarrollo tecnológico de un *sistema abierto*¹, de cerramientos interiores producidos con tableros de madera que a través de componentes tipo paneles, prefabricados y normalizados, cumpla con los requerimientos físicos, de instalaciones y acabados para viviendas, contemplando el desmontaje y reutilización de los componentes que lo conforman como premisa de *hogares de desarrollo progresivo*² (ver figura 30). El aporte principal se centra en la propuesta de un componente constructivo con características sostenibles, utilizando recursos renovables y materiales cuyas transformaciones en los procesos de producción impliquen bajo impacto ambiental y consumo energético reducido. De igual manera se incentiva el uso de tecnologías transferibles y apropiables por los usuarios y ciclo de vida dinámico, permitiendo su construcción, deconstrucción y eventual reciclaje.

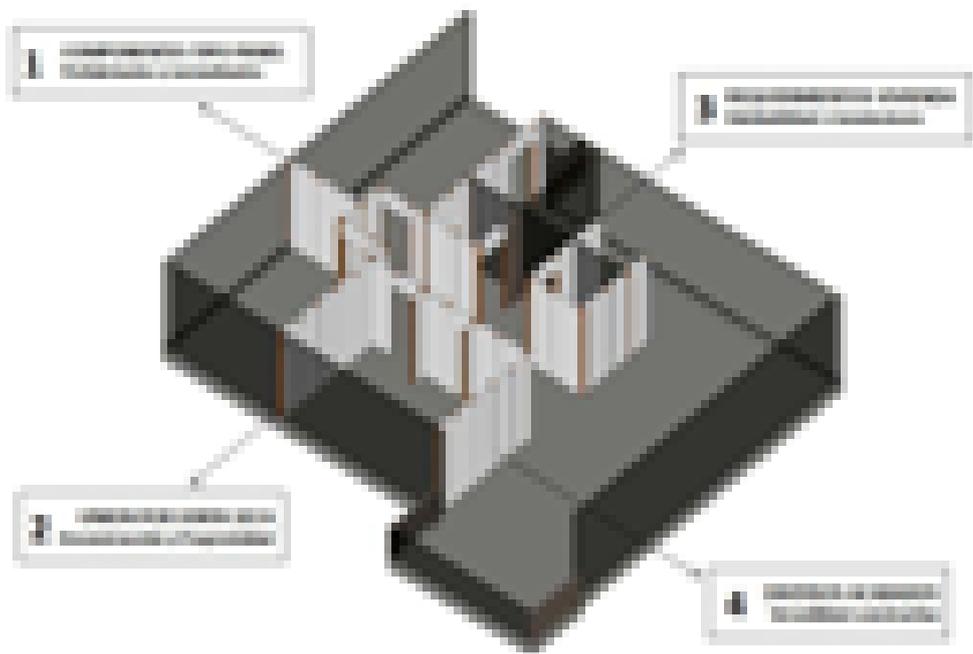


Figura 30. Descripción básica del sistema de cerramientos. Fuente: Elaboración propia, 2011.

¹ Una prescripción para la clasificación de los componentes introducidos en el mercado y adquiribles en distintas empresas". (KONCZ , 1977: 14)

² Concepto donde se enfatiza que "la comunidad debe de planificarse y deben de construirse las viviendas de un modo que el nivel de vida de la gente pueda alcanzarse paulatinamente. (CILENTO, 2007: 5)

II.1. CRITERIOS DE DISEÑO

Para llevar a cabo el desarrollo de la propuesta se establece en primer lugar las consideraciones de diseño vinculadas a los requerimientos físicos que debe cumplir el sistema de cerramientos, las mismas están definidas por la revisión a la normativa nacional e internacional, así como las recomendaciones de diversos autores compiladas en el capítulo anterior. En segundo lugar se reúnen las premisas de construcción sostenible que la tecnología pretende alcanzar basándose principalmente en los trabajos desarrollados por diversos investigadores del IDEC. Finalmente se explica el carácter sistémico de la propuesta, haciendo hincapié en el potencial que puede llegar a tener para alcanzar un sistema constructivo abierto eficiente y competitivo.

II.1.1. Consideraciones de diseño

A continuación se desarrollan las consideraciones referidas a los requerimientos físicos de la tecnología estudiada en cuanto a estabilidad y resistencia, protección de los ciclos calor-humedad, confort térmico, aislamiento acústico, protección contra el fuego y protección contra hongos y agentes xilófagos (ver cuadros 13, 14, 15, 16,17 y 18).

ESTABILIDAD Y RESISTENCIA	
1	Se debe asegurar la capacidad auto-soportante del panel.
2	El panel debe resistir fuerzas por impacto, así como fuerzas por apoyo de personas, muebles, entre otros.
3	Se deben establecer los límites de peso a empotrar para muebles así como especificaciones de montaje.
4	El sistema de cerramientos deberá tener un comportamiento adecuado ante movimientos sísmicos.

Cuadro 13. Consideraciones de diseño para la estabilidad y resistencia. Fuente: Elaboración propia, 2013.

PROTECCIÓN DE CICLOS CALOR-HUMEDAD

1	Uso de tableros hidro-resistentes.
2	El diseño de juntas y uniones debe asegurar la estanqueidad.
3	Los paneles no estarán en contacto directo con el suelo.
4	Soluciones especiales para zonas expuestas a condiciones extremas (balcones, cocina, lavaderos, sanitarios, áreas de trabajo, entre otras).
5	Se desarrollara un diseño especial para tabiques con instalaciones sanitarias.

Cuadro 14. Consideraciones de diseño para la protección de ciclos calor-humedad. Fuente: Elaboración propia, 2013.

CONFORT TÉRMICO

1	Asegurar la ventilación cruzada para garantizar una correcta evacuación del calor dentro de los recintos conformados por paneles con capacidad aislante.
2	Tener especial cuidado con áreas con electrodomésticos, máquinas y aparatos que sean fuentes de calor.
3	Incluir en el diseño de los cerramientos la posibilidad de generar vanos para ventanas, pasos de aire y romanillas.

Cuadro 15. Consideraciones de diseño para el confort térmico. Fuente: Elaboración propia, 2013.

AISLAMIENTO ACÚSTICO

1	Se limita el uso de los cerramientos propuestos a divisiones internas dentro de las unidades de vivienda, excluyendo divisiones entre unidades o áreas comunes
2	Tomando como referencia la normativa chilena (NCH 352) para tabiques con madera (CORMA, pag.360), se establece como índice de debilitamiento acústico mínimo 35dB.
3	Se recomienda que el diseño de divisiones entre espacios que requieran mayor privacidad incluya el diseño de muebles y closet, aumentando el aislamiento.
4	Se debe plantear la posibilidad de aumentar las características acústicas de los paneles agregando materiales aislantes.

Cuadro 16. Consideraciones de diseño para el aislamiento acústico. Fuente: Elaboración propia, 2013.

PROTECCIÓN CONTRA EL FUEGO

1	Tomando como referencia la normativa chilena (Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones) se establece una resistencia al fuego de F-15/F-30 para divisiones internas en vivienda. (CORMA, pág. 379)
2	Se recomienda el uso de revestimientos ignífugos para aumentar la resistencia al fuego del sistema.
3	Se propone el desarrollo de estrategias de protección pasiva y protección activa para cerramientos con madera en trabajos posteriores.

Cuadro 17. Consideraciones de diseño para la protección contra el fuego. Fuente: Elaboración propia, 2013.

PROTECCIÓN CONTRA HONGOS, BACTERIAS E INSECTOS Y AGENTES BIÓTICOS

1	Los tableros seleccionados para el sistema de cerramientos deben ser resistentes por sus características físicas al ataque de agentes destructores.
2	En el caso de utilizar madera aserrada para elementos complementarios se deberán definir los agentes protectores a utilizar y su impacto a nivel de toxicidad sobre el componente.
3	Se deberán establecer las acciones de mantenimiento preventivo para los usuarios.

Cuadro 18. Consideraciones para la protección contra agentes xilófagos y hongos. Fuente: Elaboración propia, 2013.

II.1.2. Premisas de diseño para el desarrollo de una tecnología sostenible.

A continuación las premisas para las estrategias de construcción sostenible del sistema de cerramientos propuesto:

- Las diferentes etapas de la producción de los componentes conforman un **proceso industrial de bajo impacto ambiental**, a través de la eficiencia en la fabricación, manufactura, elaboración y transporte, así como en el uso de materiales con bajos niveles de toxicidad. De igual manera se plantea establecer redes de reutilización y reciclaje para los desperdicios generados en el proceso de fabricación, buscando generar ciclos de producción ‘cerrados’ de una mínima huella ambiental.

- A través del planteamiento de un sistema abierto, que se adapte a las diferentes condiciones industriales, comerciales y económicas del contexto, se persigue la producción a diversas escalas (industriales, semi-industriales, manufactura, artesanales) bajo el principio del **sincretismo tecnológico**, buscando versatilidad en la comercialización e introducción al mercado de la tecnología.
- El diseño del sistema esta conceptualizado en términos de generar elementos y componentes con características simples de montaje y desmontaje, así como de actualización y mantenimiento, de esta manera se busca desarrollar una **tecnología apropiable por parte de los usuarios**, que permita procesos de autogestión y/o autoconstrucción por parte de comunidades organizadas y la posibilidad de llevar a cabo modificaciones a los hogares por parte de los mismos integrantes familiares.
- A través de la composición y la selección de los elementos que componen el sistema se plantea el desarrollo de **componentes constructivos de bajo peso**, que en primer lugar simplifiquen el transporte e instalación, y que de igual manera generen una incidencia favorable en las cargas totales de la edificación, pudiendo de esta manera plantearse estructuras más racionales a las tradicionales.
- Se establece el **desarrollo de una coordinación dimensional** basada en el aprovechamiento máximo del material, de esta manera se establecen módulos de diseño de 120 cm x 120 cm, y sus respectivos sub-módulos, partiendo de las medidas nominales establecidas para la producción de tableros a nivel nacional e internacional, las cuales a su vez son compatibles con gran parte de las tecnologías de cerramientos tradicionales utilizadas en el país como bloques de arcilla y concreto, tabiques de cartón-yeso y fibro-cemento.
- Es requisito que los cerramientos permitan un **mantenimiento adecuado** donde se pueda revisar, actualizar o mejorar la calidad y apariencia de los acabados, capaz de cumplir empotramiento de muebles colgantes, así como asegurar la posibilidad de reutilización y/o reciclaje.

- Se busca **desarrollar alternativas para las redes de instalaciones de la vivienda**, que generen un aporte y mejoras a las prácticas tradicionales de canalizaciones embutidas en paredes, que implican procesos complejos y generación de residuos durante la ejecución y a la hora de modificaciones o mantenimiento. Se plantea la revisión tanto de sistemas alternativos y experimentales de instalaciones visitables como de soluciones y prácticas tradicionales de la construcción con tableros y paneles de madera.

II.1.3. Enfoque sistémico de la propuesta

Es de suma importancia resaltar el carácter sistémico de la propuesta planteada. Un sistema se define como “un conjunto de cosas que relacionadas entre sí ordenadamente contribuyen a determinado objeto” (RAE, 2012). En ese sentido, la propuesta busca conformar un sistema abierto a través de la coordinación acertada de los diversos sistemas de una edificación: obra bruta, acabados e instalaciones (ver figura 31), con el sistema de cerramientos planteado.

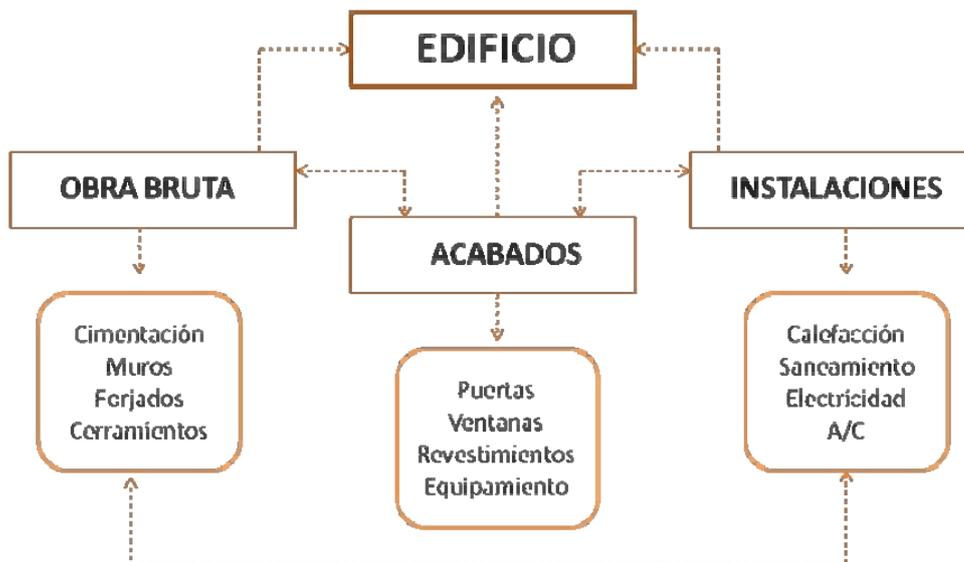


Figura 31. El Sistema Constructivo de una Edificación. Fuente: Elaboración propia en base a Koncz (1977:12)

El sistema de cerramientos conforma un ‘sistema abierto’ que permite adaptarse a diversas especificaciones y situaciones constructivas. Dicho sistema, se encuentra conformado principalmente por el sub-sistema con distintos tipos de paneles en cuanto a dimensionamiento y especificidades y el sub-sistema de fijación con secciones de madera tipo solera inferior y solera superior y sus respectivos elementos de sujeción al panel y estructura. Los elementos que conforman el sistema de cerramientos se encuentran integrados coordinadamente a los principales sub-sistemas de la edificación. En primer lugar al sistema estructural de losas, muros, columnas, cubiertas, y otros similares, los cuales actúan como soportes principales para la estabilidad de los cerramientos. De igual manera se vincula a las redes de instalaciones sanitarias, eléctricas, de voz y data, permitiendo una integración racional así como el paso de las acometidas a través del sistema de cerramientos. Finalmente el sistema conforma los planos divisorios del espacio en conjunto con el sub-sistema de acabados como puertas, ventanas y elementos de ventilación, muebles y mobiliario y revestimientos finales (ver figura 32).

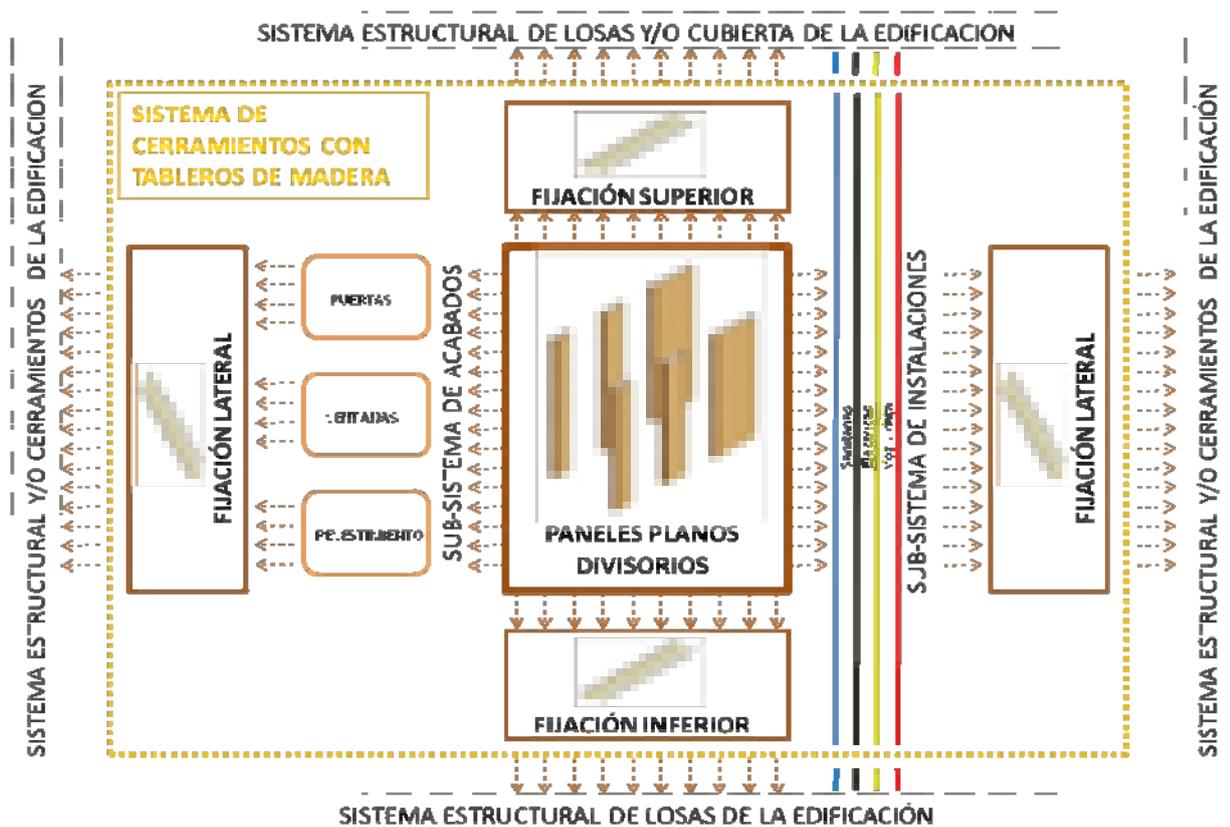


Figura 32. Diagrama del sistema de cerramientos. Fuente: Elaboración propia, 2012.

II.2. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE CERRAMIENTOS

II.2.1. Descripción general

El sistema de cerramientos propuesto se definirá como *el grupo de componentes constructivos, con base en tableros de madera, que en su conjunto conformará los planos divisorios para configurar espacios internos en construcciones progresivas / flexibles* (ver figura 33). Para el diseño del sistema se utilizó una metodología de generación de variedad en los aspectos más resaltantes de la tecnología y su posterior análisis comparativo para la toma de decisiones. De esta manera se busca generar un aporte en el ámbito general de los cerramientos con paneles aplicable al desarrollo de futuras propuestas.

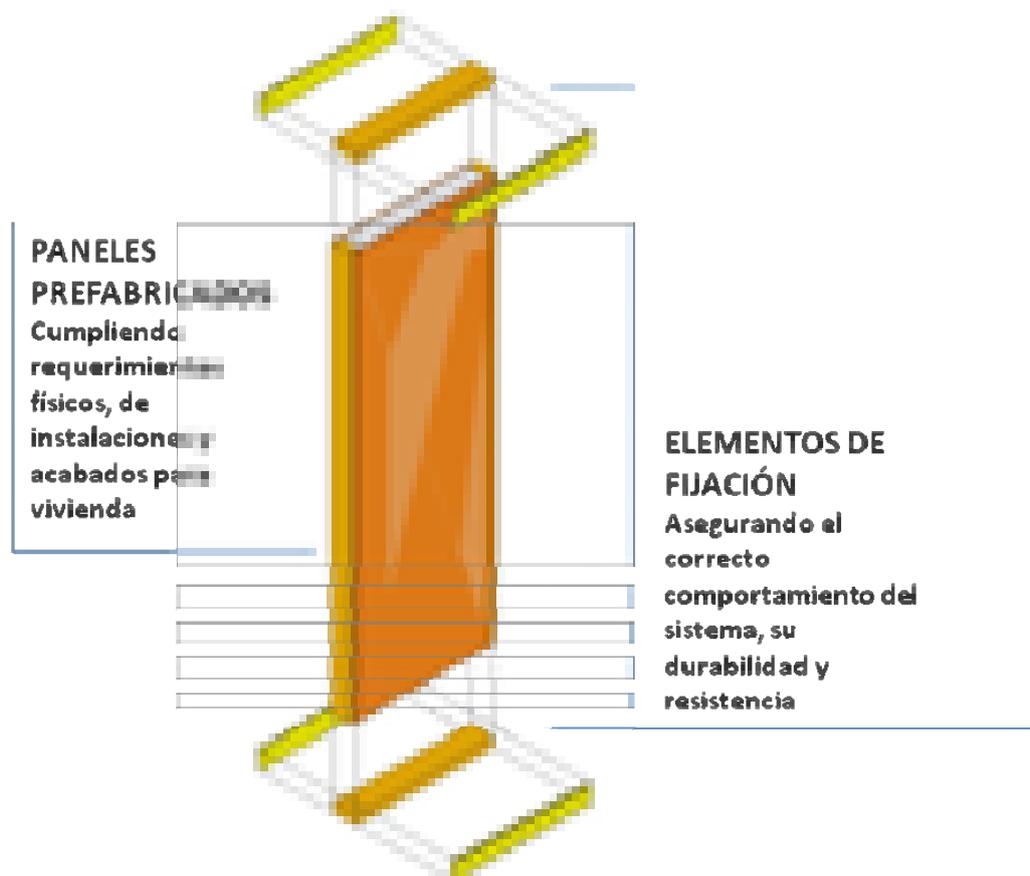


Figura 33. Descripción general de la propuesta.

Fuente: Elaboración propia, 2012.

II.2.2. Principios de soporte

El funcionamiento correcto de los cerramientos se sustenta en sus principios de soporte y estabilidad por lo que el sistema se conforma a partir de paneles prefabricados de características auto-soportantes, se plantea la posibilidad de utilizar ‘tipo sandwich’ (poliestireno de baja densidad y caras con tableros) y paneles ‘entamborados’ con una estructura interna ‘tipo entramado’ (ver figura 34). Es importante resaltar que tanto el panel tipo sándwich, alternativa principal del sistema, como los paneles entamborados (sin rellenos de poliestireno expandido o similares), son compatibles en el proceso de producción. El panel macizo tipo sandwich se elabora a través de un proceso de encolado y prensado con calor. El panel ‘entamborado’ (con técnica de entramado) se conforma a partir de la fabricación de un marco o bastidor y refuerzos internos con listones de madera sobre el cual se colocan las caras externas de tableros. Esta alternativa tiene la ventaja de poder remover las caras (o partes de ellas), desarmar el componente para su revisión o colocación de elementos en su interior.

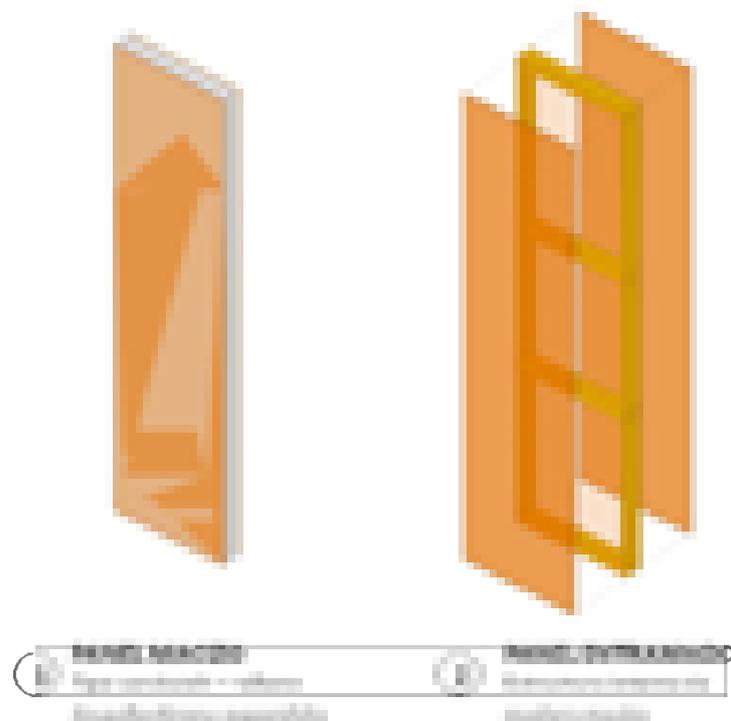


Figura 34. Alternativas constructivas para componente básico del sistema. Fuente: Elaboración propia, 2012.

Los paneles están arriostrados verticalmente a elementos de fijación en los límites inferiores y superiores del espacio a tabicar (sujeción a piso y techo), esto permite resolver el comportamiento estructural del cerramiento en sentido vertical (ver figura 35).

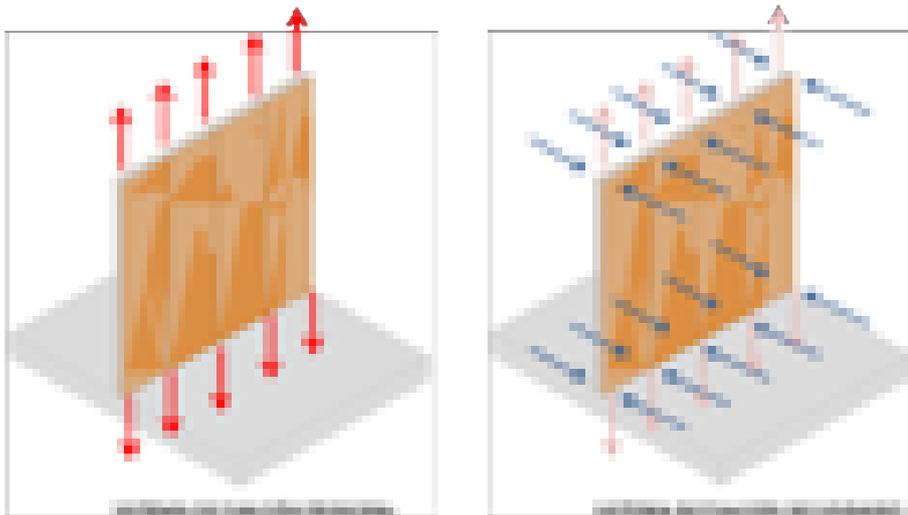


Figura 35. Principios de soporte del sistema de cerramientos. Fuente: Elaboración propia, 2011.

Para la fijación del sistema en sentido horizontal se estudiaron diversas soluciones estructurantes capaces de cumplir con los requerimientos de estabilidad establecidos, entre los que destacan los siguientes: (1) conformación de un entramado; (2) paneles con una unión adicional; y (3) paneles con unión incorporada (ver figura 36).

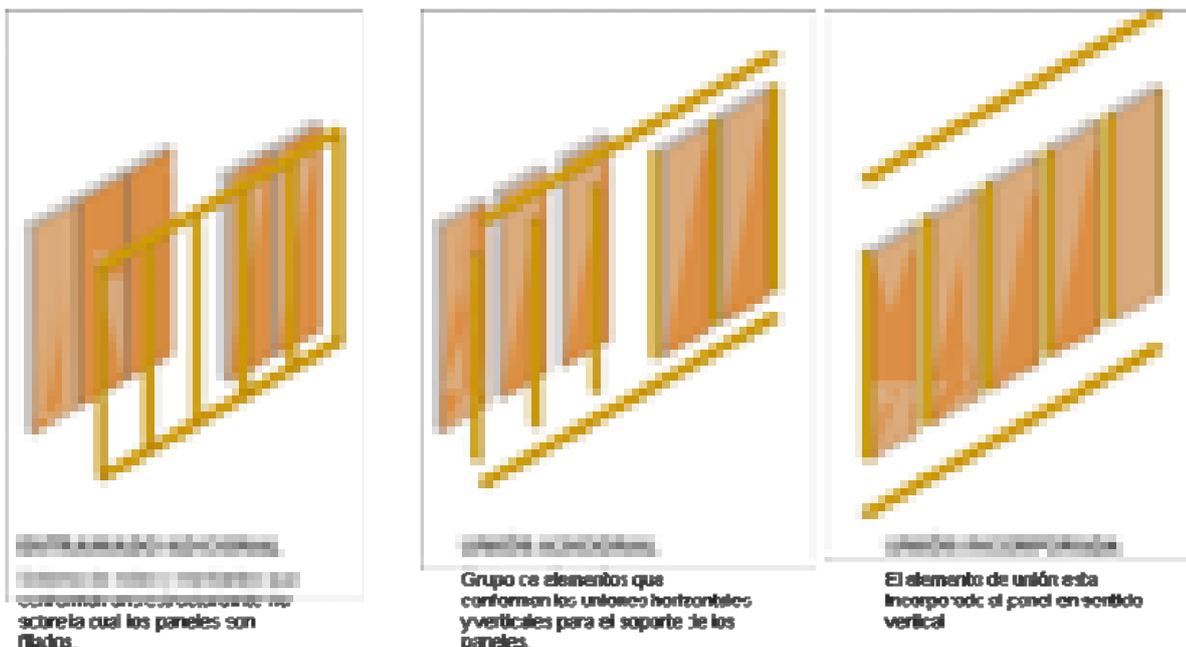


Figura 36. Alternativas de solución para los sistemas de soportes. Fuente: Elaboración propia, 2012.

Una vez analizadas las diversas alternativas de solución, se optó por el desarrollo de un **panel con unión vertical incorporada**, buscando aumentar el grado de prefabricación y disminuir procesos y número de componentes en obra.

A manera de resumen, el sistema se conforma a través de dos componentes fundamentales: el componente básico tipo panel (macizo y/o entamborado) y los elementos de fijación a piso y techo.

El **componente básico** es el plano divisorio conformado por los paneles replicables con uniones con junta seca entre sí. Los **elementos de fijación a piso y techo** conforman la unión entre los planos horizontales de la edificación (losas, techumbres, cubiertas, etc.) y los planos verticales del sistema de cerramientos (ver figura 37).

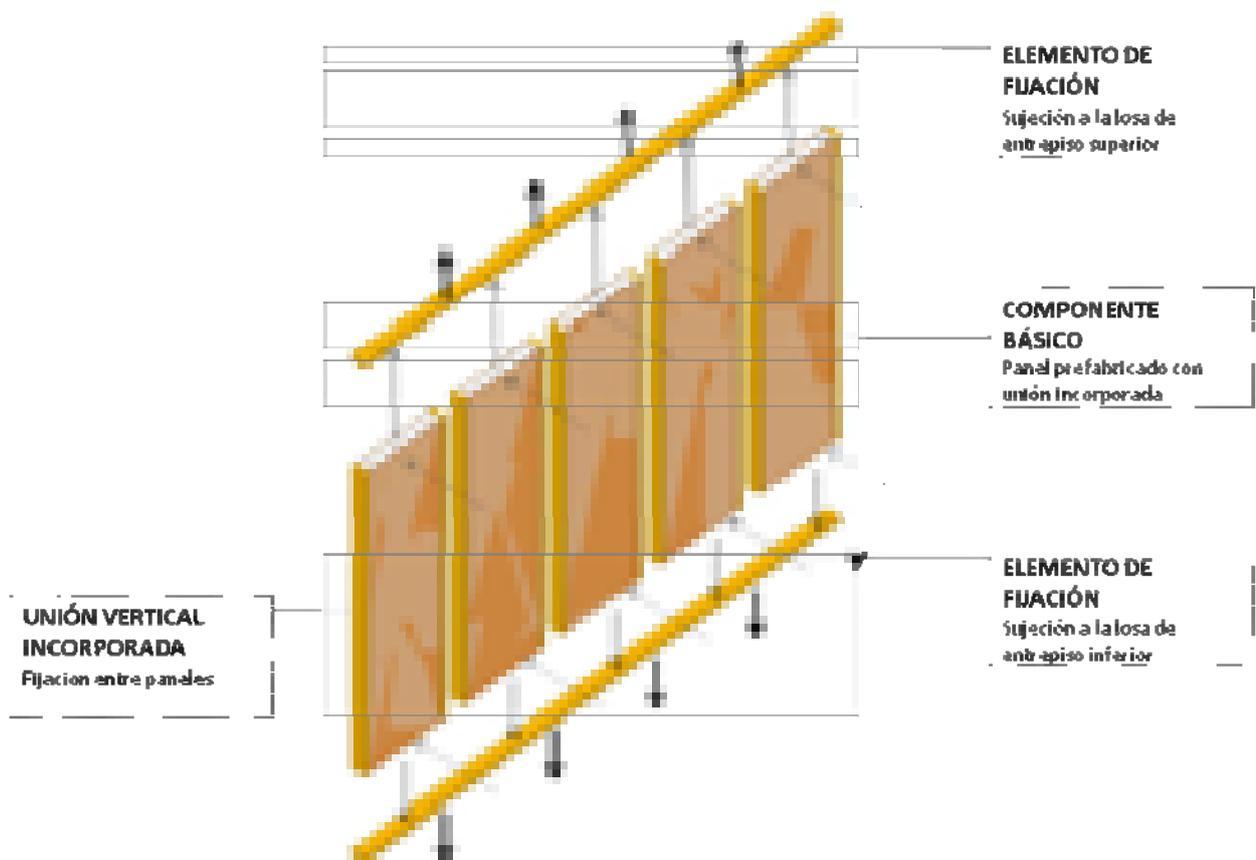


Figura 37. Descripción básica de componentes del sistema de cerramientos.

Fuente: Elaboración propia, 2011.

II.2.3. Coordinación dimensional

Resulta fundamental definir el sistema en cuanto a compatibilidad y normalización dimensional, y su relación con la coordinación modular. Si bien a primera vista esta parece una variable meramente técnica, su definición está íntimamente vinculada a aspectos de habitabilidad, producción, montaje, grado de prefabricación, gasto de material, transporte y almacenaje, entre otros. Basados en la hipótesis de estudio y los insumos básicos en forma de tableros que se utilizarían como elemento principal de la propuesta (ver figura 38), las relaciones geométricas entre los ‘elementos y relaciones’ del sistema adquieren relevancia al someter el desarrollo de la propuesta a criterios de sostenibilidad como “cero desperdicio”. Esto se fundamenta en estándares internacionales como la Norma DIN 476, aplicable a su vez a la norma chilena y a gran parte de los productos de origen forestal nacionales e internacionales (ver figura 39).

DIMENSIONES

Superficie: 122cm x 244cm
 Espesor: variable (0.3cm – 2cm)

TIPOS DE TABLERO

- MDF (tablero de partículas)
- HR (tablero hidro-resistente)
- OSB (tablero de virutas orientadas)
- Plywood (tablero contrachapado)
- Plycem (tablero de fibro-cemento)
- Tablero de cartón-yeso

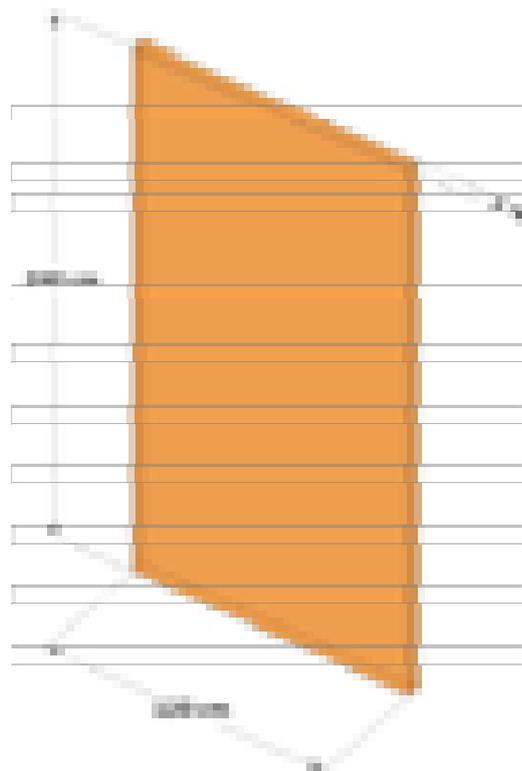


Figura 38. Dimensionamiento de los tableros de madera (insumo principal). Fuente: Elaboración propia, 2013.

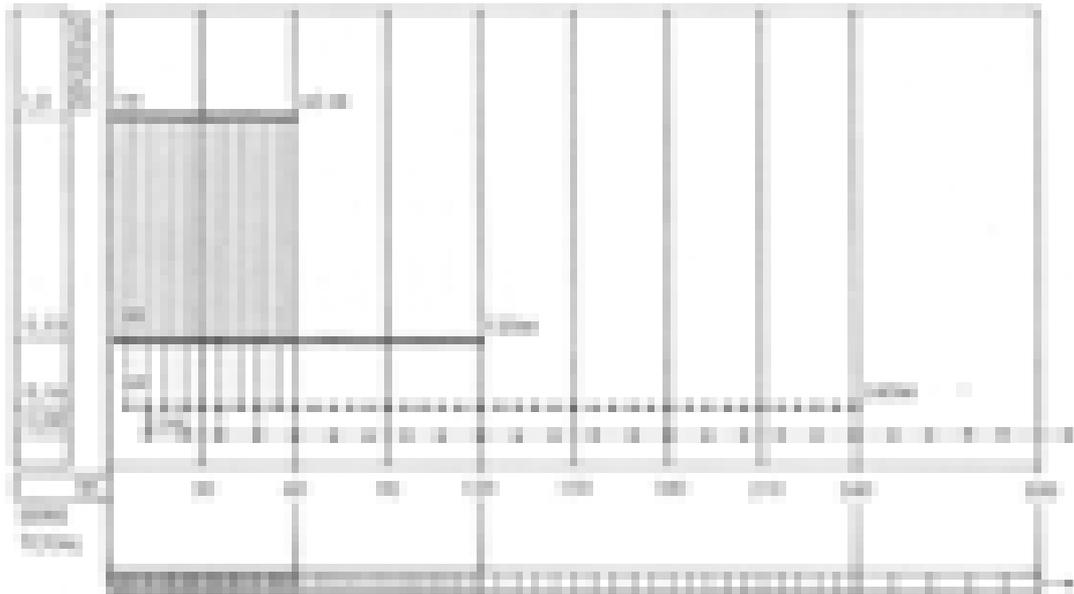
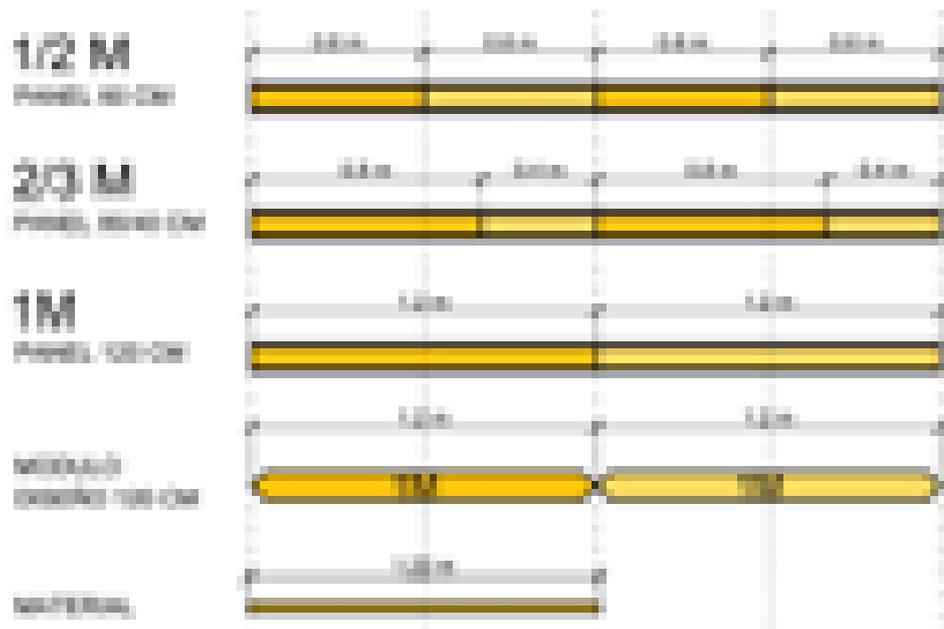
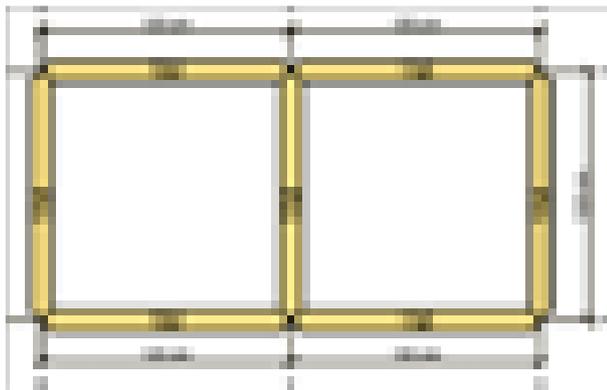


Figura 39. Esquemas de coordinación dimensional del módulo 120cm. Fuente: Salas (1998)

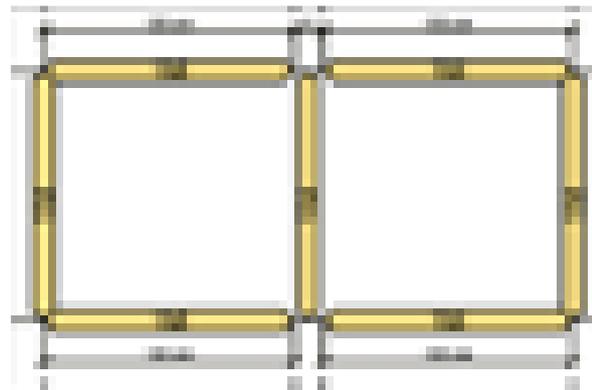
En primer lugar, se propone una retícula de diseño en base a un módulo que permita la coordinación modular entre los elementos de la construcción. En nuestro caso, utilizando el módulo base de 10 cm, se define un módulo de diseño (1M) de 120 cm. A partir de dicho módulo base se asume posibles sub-módulos: el dos tercios de módulo ($2/3M$) 80cm y el medio módulo ($1/2M$) de 60cm, se maneja también la posibilidad de establecer retículas simples en un sentido, ambos sentidos y doble retícula (ver figura 40). A su vez, la selección del módulo 120 cm se refuerza en los estudios de actividades realizados por Conti (2004) en los que se comprueba su versatilidad para la distribución en planta de los elementos de la vivienda (ver figura 41). En base a esta retícula, se plantea la definición de módulos espaciales característicos de 3,60 m x 2,40 m, 3,60 m x 3,60 m, 3,60 m x 4,80 m, todos con una altura libre definida, buscando de esta manera generar una tipología espacial que sea capaz de adaptarse a las necesidades de la vivienda. Debemos de acotar que si bien la retícula espacial busca desarrollar edificaciones de vivienda como objetivo principal de la investigación, las relaciones geométricas propuestas pueden satisfacer otras tipologías espaciales y usos diferentes pero con exigencias funcionales dimensionalmente similares como refugios, posadas turísticas, asistenciales de primer nivel como ambulatorios, locales comerciales comunales, edificios administrativos locales, entre otros.



Retícula simple en ambos sentidos



Retícula simple en un sentido



Retícula doble

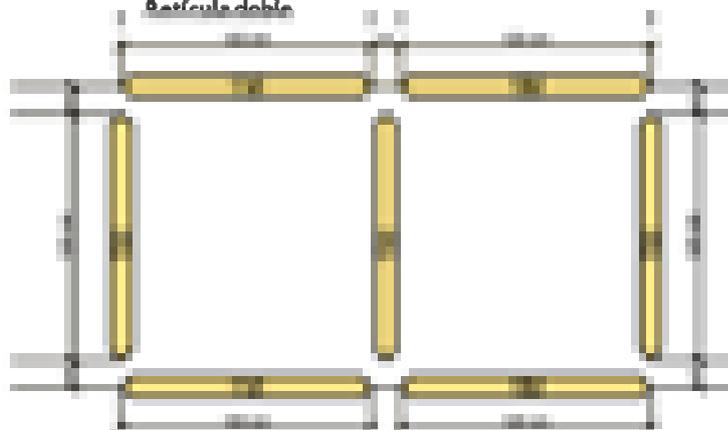


Figura 40. Derecha. Coordinación dimensional en planta. Fuente: Elaboración propia, 2013.



Figura 41. Estudio dimensional de la vivienda. Fuente: Conti, 2004.

Para la coordinación dimensional en alzado se toma como referencia 2M, la altura real del panel de 2,40 m, añadiendo al mismo una distancia 'd' del elemento de sujeción inferior y otra distancia 'd' del elemento de sujeción superior. De esta manera se requiere de una altura libre $2,40\text{ m} + 2d$ de entrepiso (ver figura 42). Más adelante en el trabajo se desarrollan las soluciones constructivas para entrepisos que no cumplan dichos requerimientos de altura y para superficies irregulares o inclinadas (ver figura 43).



Figura 42. Coordinación dimensional en alzado. Fuente: Elaboración propia, 2013.

Otro elemento a considerar es la compatibilidad de los cerramientos internos aquí estudiados con posibles alternativas de cerramientos externos. Para ello se toma como referencia el estudio antropométrico realizado por Antonio Conti para cerramientos exteriores normalizados (Conti, 2004: 39-50) donde se establece una modulación horizontal y en alzado permitiendo la presencia de antepechos, ventanas y posibles aberturas superiores para ventilación cruzada. Basados en dicho estudio, se asumieron criterios similares para esta propuesta, considerando las medidas estándar de vanos, así como posibles pasos de luz en el interior de los recintos. De igual manera se consideraron las alturas de elementos como muebles empotrados a pared y ubicación de los puntos de instalaciones (ver figura 44).

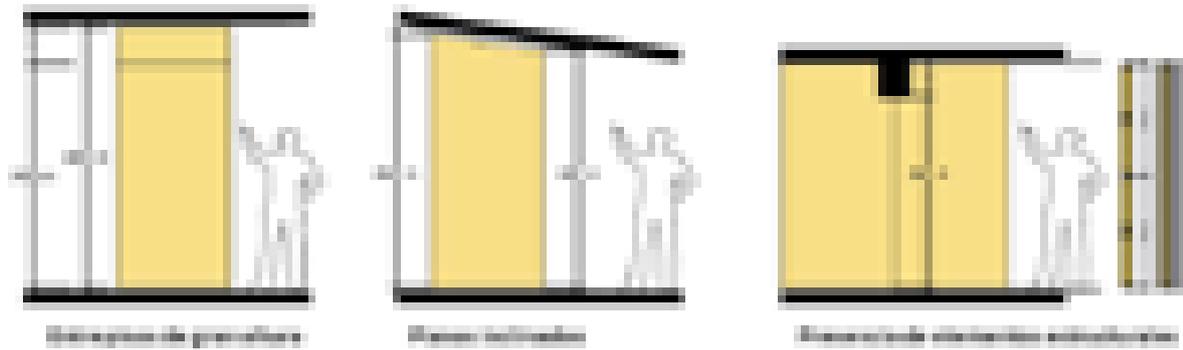


Figura 43. Situaciones constructivas a resolver a través de la coordinación dimensional en alzado.

Fuente: Elaboración propia, 2013.

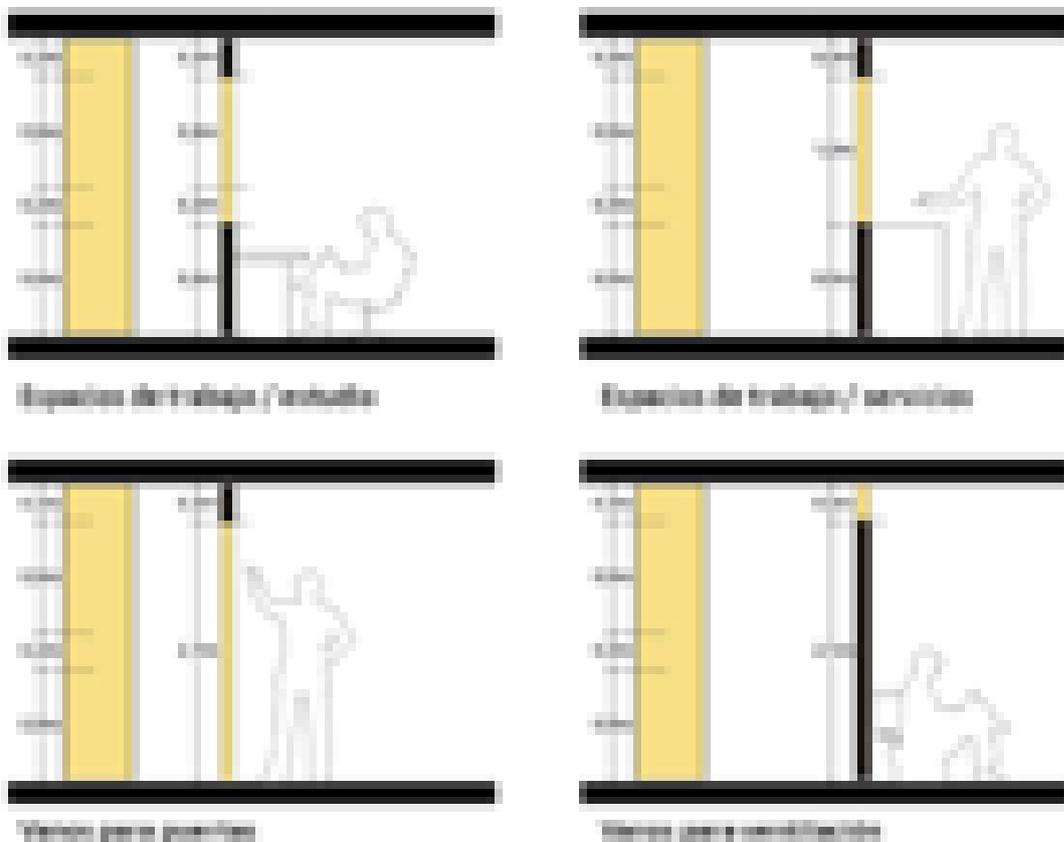


Figura 44. Detalles de modulación para cerramientos internos. Fuente: Elaboración propia, 2013.

La resolución de vanos de puertas y armarios, cuyo tamaño estándar para interior en viviendas exige un espacio libre de entre 70 cm y 90 cm, se incorpora a la unidad puerta de la sección restante para coincidir a la modulación de 120 cm, planteando así la elaboración de la puerta como parte integral del panel, aunado a un criterio de ‘cero desperdicio’ (ver figura 45).

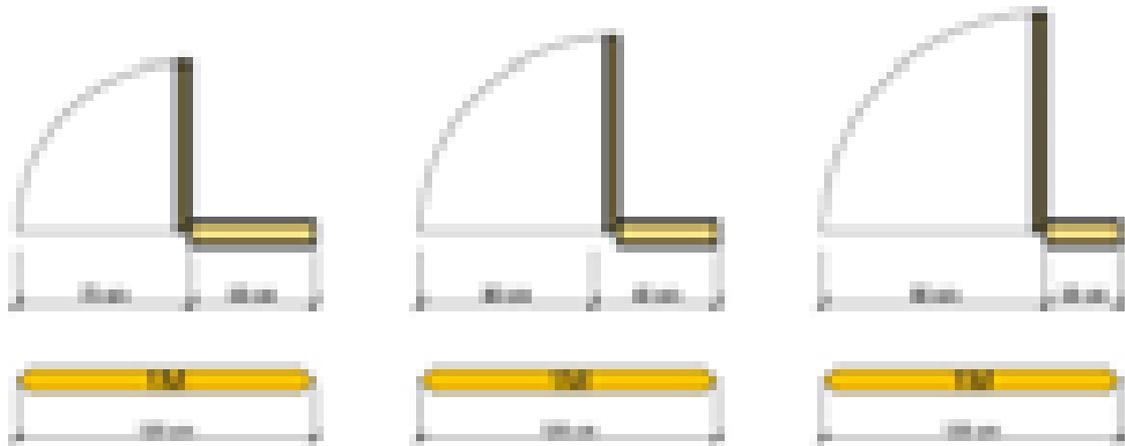


Figura 45. Coordinación modular para vanos y puertas. Fuente: Elaboración propia, 2013.

Finalmente es importante resaltar las posibilidades que brinda un sistema de este tipo en cuanto a la definición de su espesor, aclarando que el proceso de fabricación permite la utilización de diversos grosores tanto en las caras externas como en los elementos de relleno o soporte interno (ver figura 46). Se establece como espesor base los 10cm por su compatibilidad con otros elementos constructivos como bloques o perfiles metálicos, sin excluir la posibilidad de adaptaciones en base a requerimientos especiales.

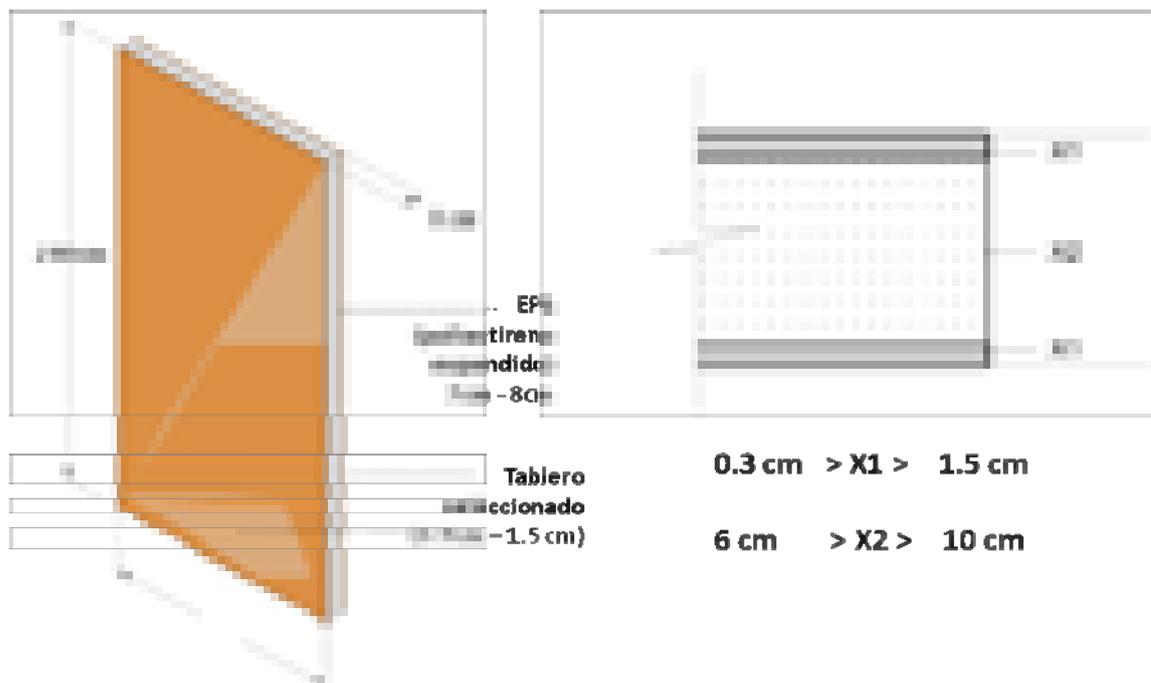


Figura 46. Espesor del panel. Fuente: Elaboración propia, 2012.

II.2.3. Contexto de aplicación

Al trabajar con elementos prefabricados, resulta fundamental la coordinación entre los procesos constructivos, los requerimientos del proyecto y sus determinantes espaciales. En ese sentido, se debe definir de manera acertada el contexto de aplicación dentro del área de la vivienda, sin que esto excluya la posible utilización de la tecnología en otras aplicaciones (ver figura 47). Se proponen dos posibles campos de aplicación de la tecnología para el área habitacional: proyectos para nuevas vivienda y proyectos de remodelación o modificación de vivienda existente (ver figura 48).

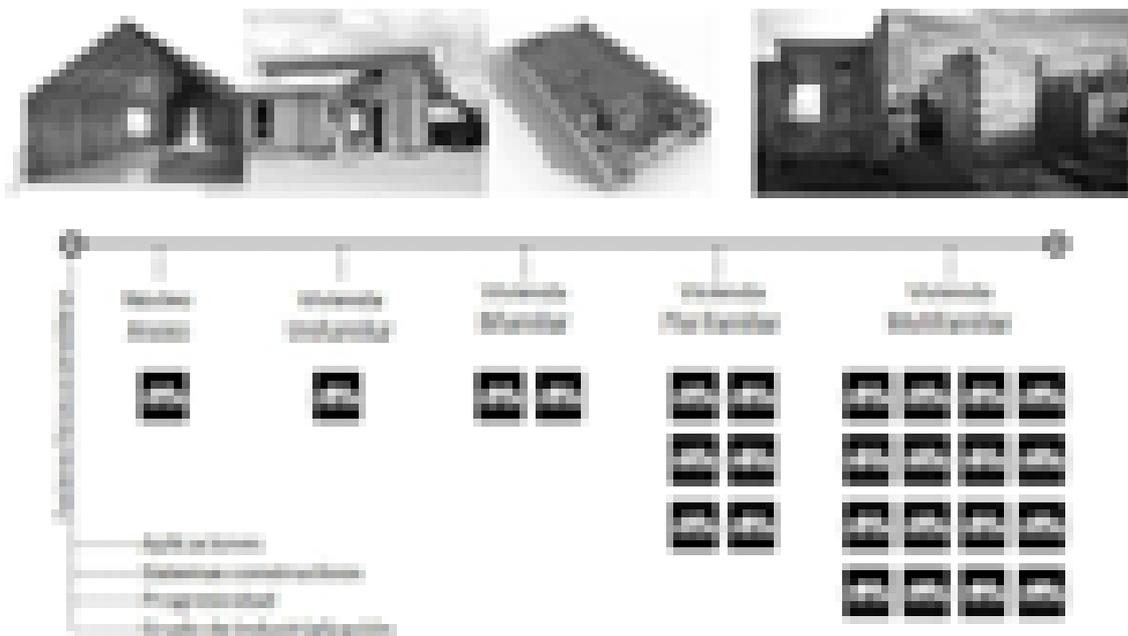


Figura 47. Contexto de aplicación en vivienda. Fuente: Elaboración propia, 2012.

II.2.2.1) Proyectos de nuevas vivienda

Se propone la utilización del sistema de cerramientos con tableros de madera como parte integral en proyectos de vivienda (independientemente de su tipología: unifamiliar, bifamiliar, plurifamiliar, multifamiliar, etc.). Debemos resaltar que la tecnología propuesta posee un alto potencial para su aplicación en proyectos habitacionales “abiertos” (open buildings), de diseño flexible y con posibilidad de transformación en el tiempo, pudiéndose

desarrollar soluciones equilibradas en términos de uso de materiales y tecnologías, duras o pesadas (reguladoras), como los bloques de arcilla o paneles de concreto, para los espacios de servicio y tecnologías livianas (transformables, intercambiables), como los paneles con tableros de madera, para los demás espacios.

II.2.2.2) Modificaciones en vivienda existente

Comúnmente llamadas *remodelaciones* son un caso de estudio de gran importancia, considerando que uno de los paradigmas de la construcción sostenible es la recuperación y conservación de las edificaciones existentes, como afirma Acosta (2009: 19):

“... Debemos concentrar el grueso de nuestro esfuerzo innovador en recuperar y conservar el patrimonio edilicio construido... Se debe dar prioridad al ‘reciclaje urbano’ en los espacios que puedan ser rehabilitados...”

En este caso el uso de cerramientos livianos permite llevar a cabo modificaciones y adaptaciones en los espacios construidos disminuyendo sustancialmente el impacto (en términos de tiempo de instalación, inconvenientes por producción de ruido, cantidad de escombros, entre otros) en comparación con las técnicas tradicionales ampliamente usadas en el país como la mampostería de bloques o similares.

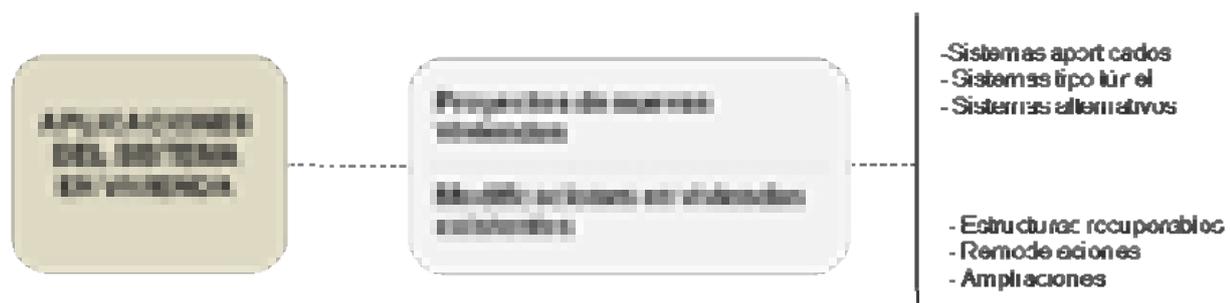


Figura 48. Alternativas de aplicación en vivienda. Fuente: Elaboración propia, 2012.

II.3. ASPECTOS CONSTRUCTIVOS

A continuación se desarrolla una descripción detallada de los componentes y elementos constructivos que conforman el sistema de cerramientos interiores (ver figura 49). En primer lugar se desarrolla un estudio tipológico de alternativas para las uniones y juntas donde se exponen las diversas variables que afectan sobre las alternativas de solución de la tecnología. En segundo lugar se revisan diversas alternativas de solución para la integración de los cerramientos con los sistemas de instalaciones. Posteriormente se desarrollan las situaciones constructivas típicas del contexto de aplicación de la propuesta: viviendas flexibles y construcciones progresivas. Finalmente se desarrolla el catálogo de componentes y uniones de la tecnología propuesta.

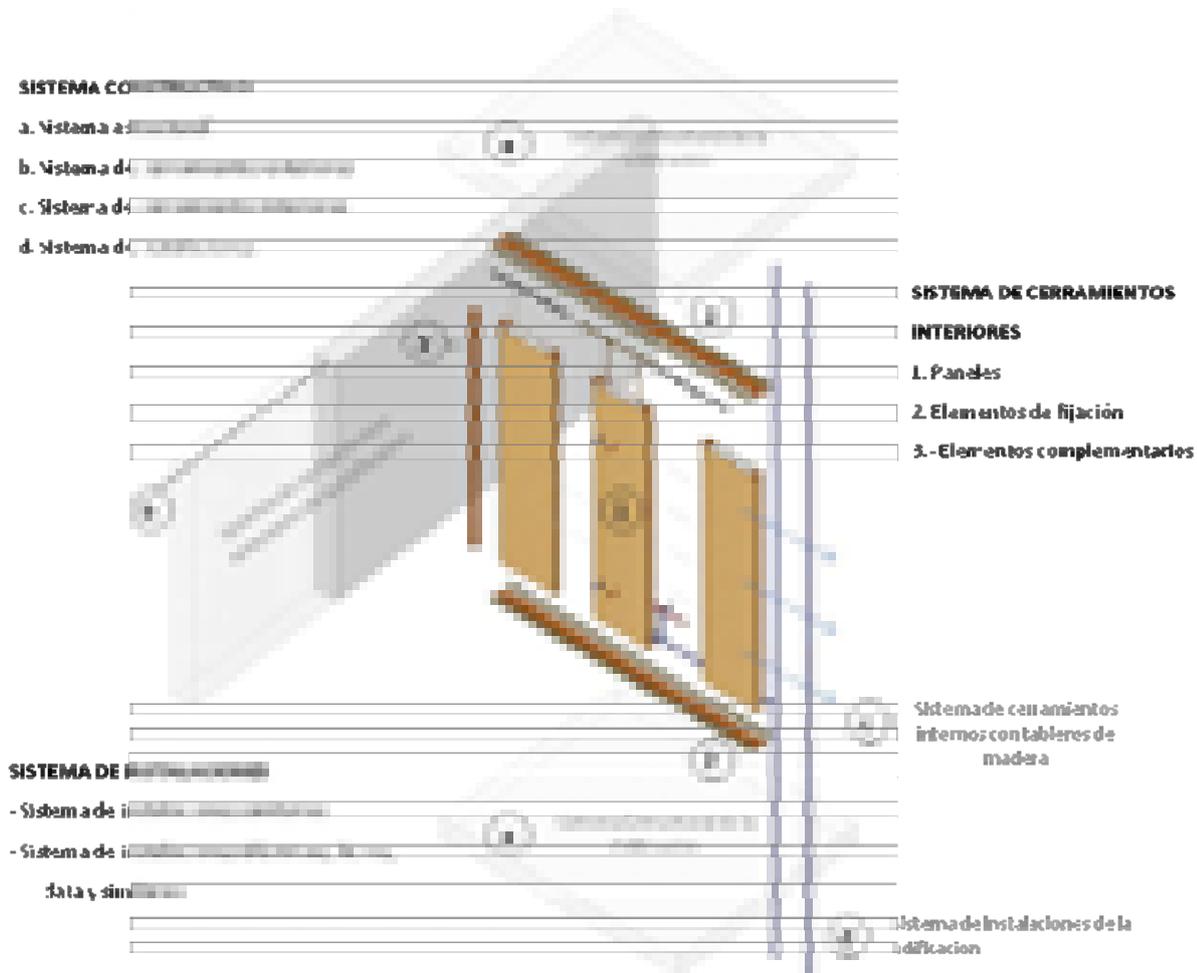


Figura 49. Diagrama del sistema de cerramientos. Fuente: Elaboración propia, 2012.

II.3.1. Componentes y elementos constructivos

Componente básico - Panel de Cerramiento

El componente básico del sistema de cerramientos es un panel tipo, de 1.20 m x 2.40 m, e=10 cm, conformado por dos caras externas de tableros de madera y un relleno de poliestireno expandido, o entramado de madera para los paneles entamborados, dependiendo de los requerimientos y las posibilidades de producción.

Sin embargo en cuanto a los espesores el proceso de fabricación permite la utilización de diversas medidas y características físico-mecánicas tanto en los tableros como en el relleno de poliestireno expandido, permitiendo de esta manera una amplia versatilidad en cuanto a dimensiones y características específicas para diversas aplicaciones.

Elementos de ‘fijación’

Los elementos de fijación al piso y al techo están conformados por secciones rectangulares de madera o carpintería metálica de 8cm x 4cm, fijadas a las superficies de piso y techo. Entre estas dos líneas de arriostramiento horizontal se ubican los paneles que se unen mediante elementos tipo rodapié, cumpliendo de esta manera funciones de sujeción y de protección y separación del piso del cerramiento.

Elementos complementarios

De igual manera existirán elementos de sujeción en sentido vertical para la unión entre el sistema de cerramientos interiores y la estructura o cerramiento exterior de la edificación, su funcionamiento será bajo los mismos criterios, así como elementos de remate para esquinas y situaciones específicas.

II.3.2. Uniones

Las uniones requeridas para el correcto montaje, soporte y funcionamiento del sistema de cerramientos abarcan una parte fundamental del presente estudio (ver figura 50). Como hemos adelantado, el sistema planteado se encuentra arriostrado principalmente en el sentido vertical, conformando lo que HENN (1971:11) define como *“tabiques que se apoyan verticalmente contra pavimento y techo. La luz corresponde a la altura del local”*. De manera complementaria el sistema se encuentra fijado horizontalmente entre los paneles.

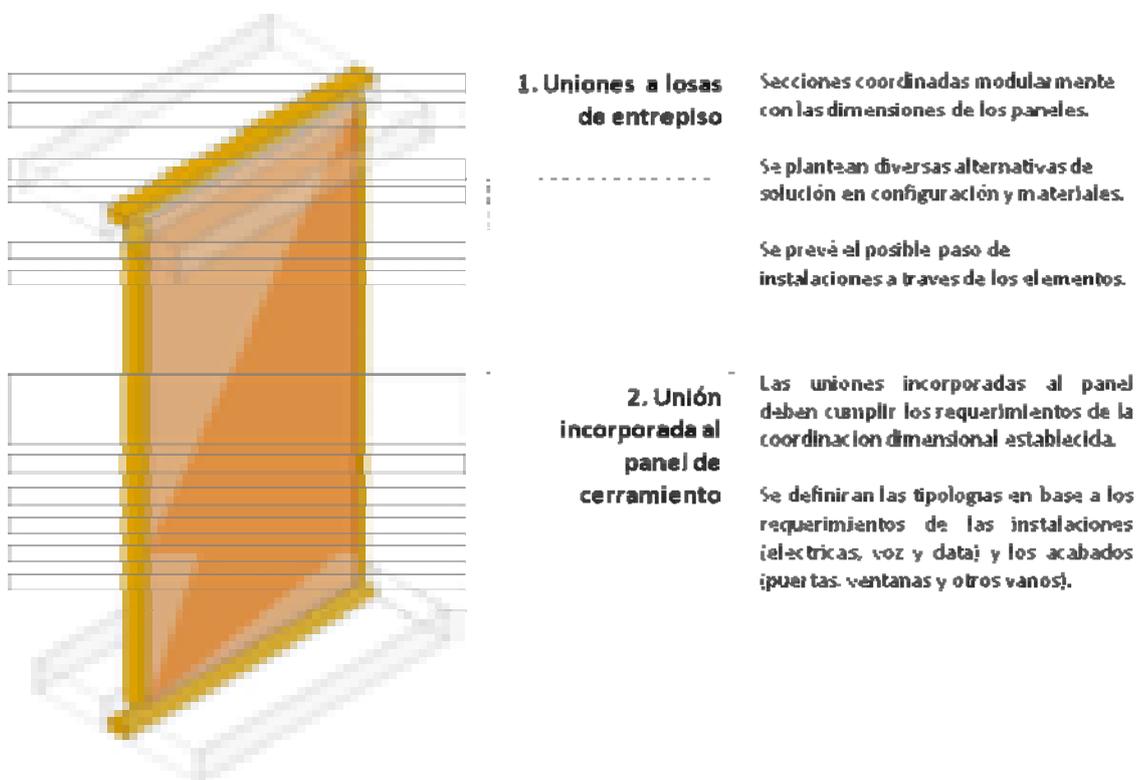


Figura 50. Descripción de uniones a resolver. Fuente: Elaboración propia, 2012.

Uniones a losas de entrepiso (horizontales)

Para las uniones horizontales con el piso y techo, —donde se concentra el esfuerzo principal del sistema—, se propone arriostrar los paneles a un sub-sistema de fijación conformado por unos elementos tipo solera inferior y superior (ver figura 51). Esta solución

permite a su vez proteger al panel de posibles riesgos al estar separado del suelo representando, al mismo tiempo, posibles espacios para el paso de las instalaciones. Se propone que la unión con el piso se lleve a cabo a través de un elemento tipo rodapié, que cumpla las funciones de fijación entre el panel y los elementos tipo solera y remate inferior de los cerramientos.

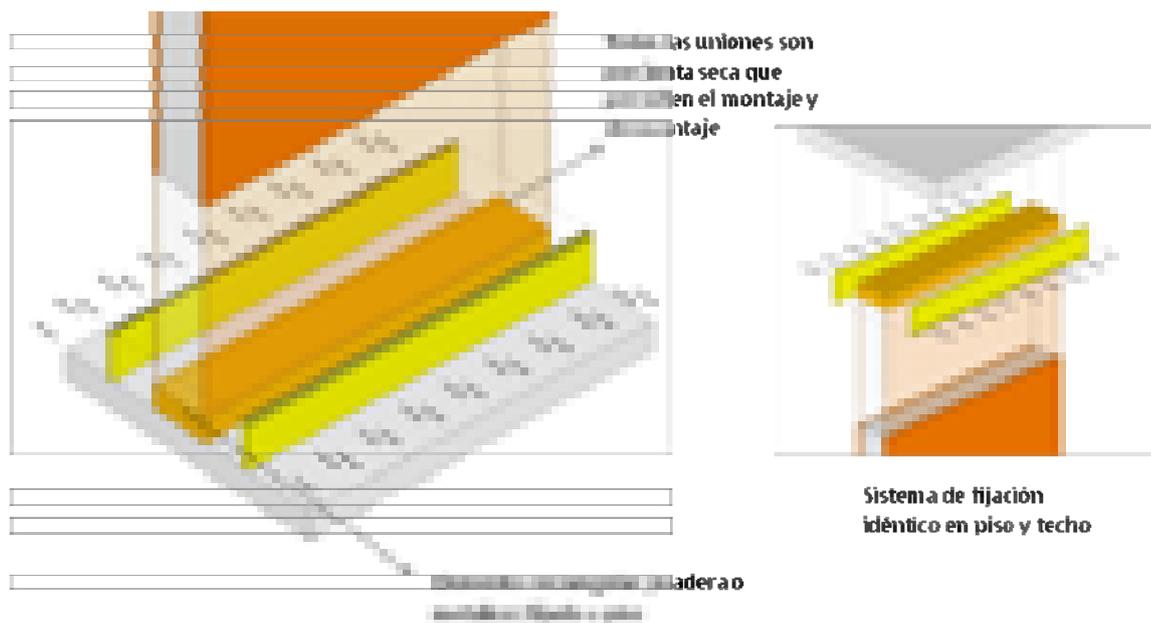


Figura 51. Uniones horizontales. Fuente: Elaboración propia, 2012.

Se proponen diversas alternativas para la resolución de las uniones horizontales; un listón rectangular macizo de madera preservada anclado a la superficie de piso y techo, perfiles metálicos tipo U igualmente fijados; y elementos metálicos simétricos que además de su función estructural y de unión garanticen el paso de las acometidas de instalaciones eléctricas, y de voz y data (ver figura 52).

De dichas alternativas surge un análisis comparativo de **‘alternativas de unión a losas de entepiso’**, donde se analizan las implicaciones en cuanto a la fabricación, montaje, instalaciones y durabilidad y mantenimiento (ver cuadro 19).

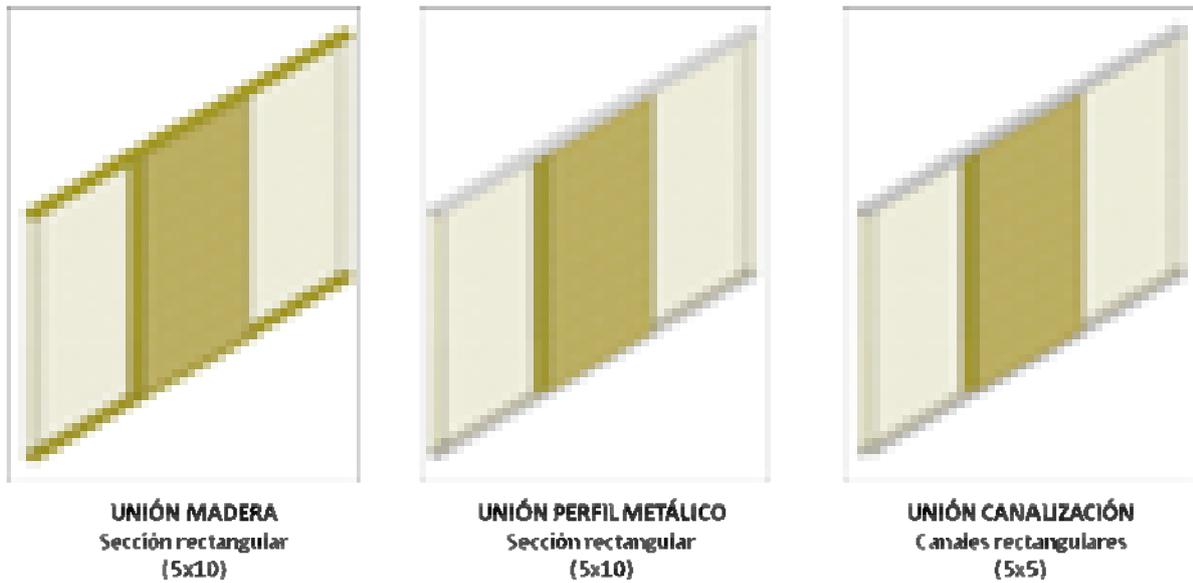


Figura 52. Alternativas de solución – uniones horizontales. Fuente: Elaboración propia, 2012.

	Unión madera	Unión metal	Unión canalización
VENTAJAS	Realiza un proceso simple de instalación y ejecución del panel.	Realiza un proceso simple para solucionar la instalación del panel.	Realiza un proceso de instalación simple y ejecución del panel.
DESVENTAJAS	Mantener una fila y evitar el uso excesivo entre paneles.	Mantener una fila para diferentes sistemas entre paneles.	Permite la instalación de cualquier tipo de panel.
REQUISITOS TÉCNICOS	Requisito de precisión en las instalaciones, tanto en la ejecución como en la obra.	Requisito de precisión en las instalaciones, tanto en la ejecución como en la obra.	Requisito de precisión en las instalaciones, tanto en la ejecución como en la obra.
RECOMENDACIONES Y/O CONSIDERACIONES	Requisito de precisión en las instalaciones, tanto en la ejecución como en la obra.	Permite utilizar los elementos de instalación del panel.	Permite utilizar los elementos de instalación del panel.

Cuadro 19. Alternativas de solución para uniones horizontales. Fuente: Elaboración propia, 2012.

Unión incorporada a los paneles (verticales)

Para las uniones en sentido vertical resulta de particular interés las diferencias de comportamientos del sistema entre los paneles con unión incorporada y con unión adicional, entendiendo las posibilidades en cuanto al grado de prefabricación que se puede alcanzar y sus consecuencias en el montaje de la obra (ver cuadro 20).

UNION INCORPORADA AL PANEL	UNION ADICIONAL AL PANEL
Permita coordinación modular establecida	No permita coordinación modular establecida
Montaje y desmontaje independiente	Montaje y desmontaje dependiente
Gasto de material y procesos racionales	Gasto de material y procesos irracionales
Mínimo de piezas requeridas	Máximo de piezas requeridas
Facilita coordinación de instalaciones	Dificulta coordinación de instalaciones

Cuadro 20. Consideraciones para la selección de uniones de la propuesta. Fuente: Elaboración propia, 2011.

De dicho estudio, surge un análisis tipológico de ‘uniones incorporadas al panel’, donde se desarrollan diversas alternativas de solución al problema (ver figura 53) y se describen las implicaciones en cuanto a la coordinación dimensional, los procesos de producción, el gasto de material y el tipo de unión que generaba (ver cuadro 21 y 22).

El criterio fundamental es el de proveer una unión que absorba pequeñas discrepancias dimensionales resultantes del montaje, conformando un plano continuo. Es importante recordar que al plantear un sistema abierto, se considera la disponibilidad de componentes distintos a los aquí propuestos, permitiendo diversas soluciones por parte de los constructores. De ahí el interés de desarrollar soluciones técnicas simples, capaces de replicarse e incorporar modificaciones —en la medida de lo posible— ante los cambios de la oferta de materiales e insumos del mercado, los recursos locales y la ‘tradicón constructiva’ del lugar.

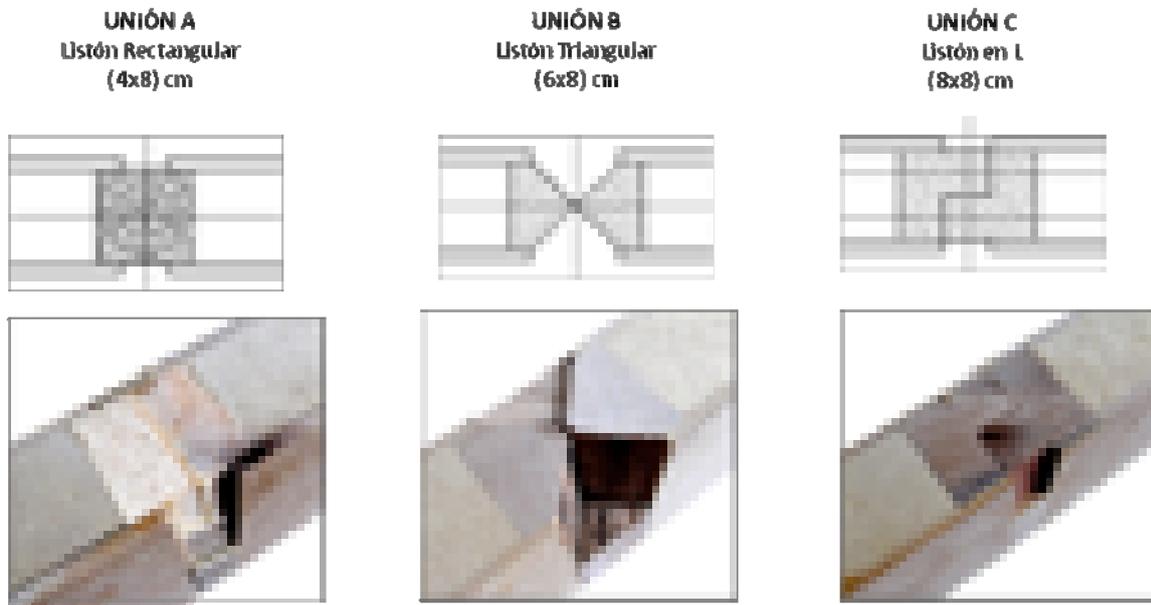
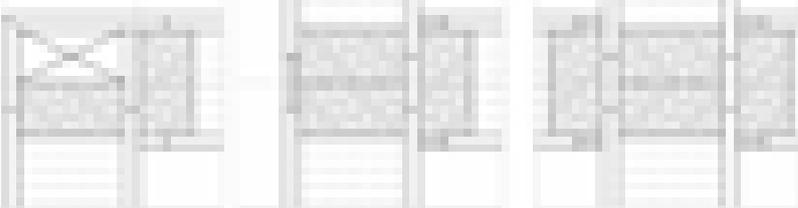
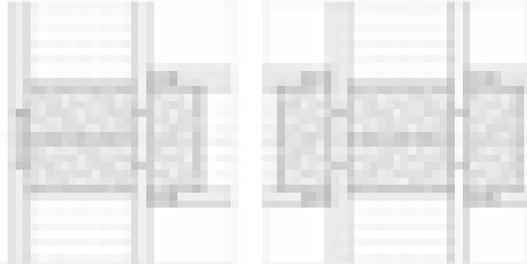
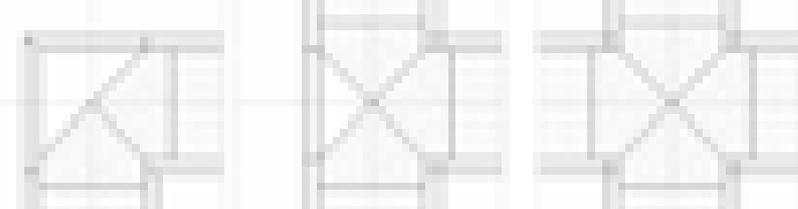
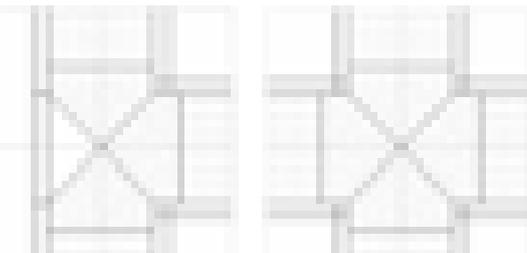
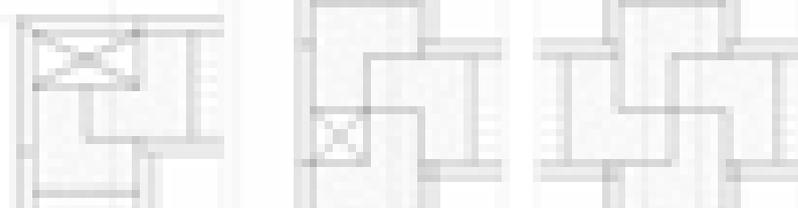
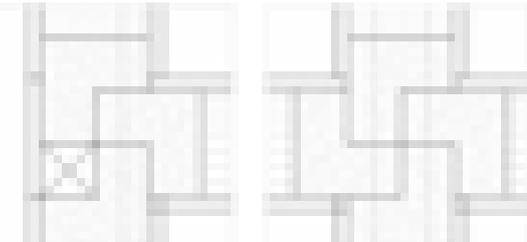


Figura 53. Alternativas de solución – uniones verticales. Fuente: Elaboración propia, 2012.

<p>UNIÓN A Listón Rectangular (4x8) cm</p>		<p>Se genera una retícula completa en el sentido principal y una retícula doble en los cruces de tableros.</p> <p>- El módulo de ancho debe ser equivalente al módulo base libre en sentido en la retícula que permite coincidir la retícula completa con la retícula doble.</p>
<p>UNIÓN B Listón Triangular (6x8) cm</p>		<p>Se genera una retícula completa en ambos sentidos a partir de los cruces.</p> <p>- Se requiere el módulo de ancho 60 cm</p>
<p>UNIÓN C Listón en L (8x8) cm</p>		<p>Se genera una retícula completa en el sentido principal y una retícula doble en los cruces de tableros.</p> <p>- Se debe alargar el módulo de ancho 60 cm, se genera un módulo igual a la C.M. de 60 cm en los cruces.</p>

Cuadro 21. Coordinación dimensional para la selección de uniones. Fuente: Elaboración propia, 2011.

<p>UNIÓN A</p> 		<p> Madera (módulo): 1000/1000 Madera (módulo): 1000/1000 Madera (módulo): 1000/1000 Madera (módulo): 1000/1000 </p> <p> Sistema: 1000 1000 (dependiendo) Fabricación completa: según sistema </p>
<p>UNIÓN B</p> 		<p> Madera (módulo): 1000/1000 Madera (módulo): 1000/1000 Madera (módulo): 1000/1000 Madera (módulo): 1000/1000 </p> <p> Sistema: 1000 1000 (dependiendo) Fabricación completa: según ángulo de 45 grados </p>
<p>UNIÓN C</p> 		<p> Madera (módulo): 1000/1000 Madera (módulo): 1000/1000 Madera (módulo): 1000/1000 Madera (módulo): 1000/1000 </p> <p> Sistema: 1000 1000 (dependiendo) Fabricación completa: ángulo de madera </p>

Cuadro 22. Gasto de material para la selección de uniones. Fuente: Elaboración propia, 2011.

Una vez realizado el análisis de las uniones más comunes y factibles de construir por industrias – y otras tipologías como talleres de carpintería medianos y pequeños- se opta como alternativa de solución la ‘**Unión C**’, conformada por un elemento de madera tipo larguero en forma de L, que permite el montaje tipo machihembrado y diversas posibilidades de solución para los encuentros en cruz, lineal, esquinas y con otros elementos de la construcción (ver figura 54). De acuerdo a los análisis la alternativa de solución seleccionada aporta flexibilidad en el proceso de montaje, a la vez que conforma un elemento de encastre de gran solidez, lo que beneficia directamente a la estabilidad y consistencia del sistema en su conjunto. Se desarrolla una solución que permita absorber la diferencia natural que se genera entre las uniones lineales y perpendiculares, desarrollando una unión única para el sistema pero que es capaz de ser adaptada para las diferentes soluciones constructivas (ver figura 55).

Retícula dimensional – Detalle de unión

Uno de los requisitos que se plantea cumpla el sistema es la posibilidad de establecer un módulo y la correspondiente retícula de diseño de 120x120x120 cm (x, y, z), lo cual implica que independientemente del tipo de configuración con los paneles que se dé (lineal o perpendicular) el sistema de coordinación dimensional establecido se mantenga de eje a eje, manteniendo de esta manera dimensiones múltiplo del módulo establecido de 60cm (ver figura 56).

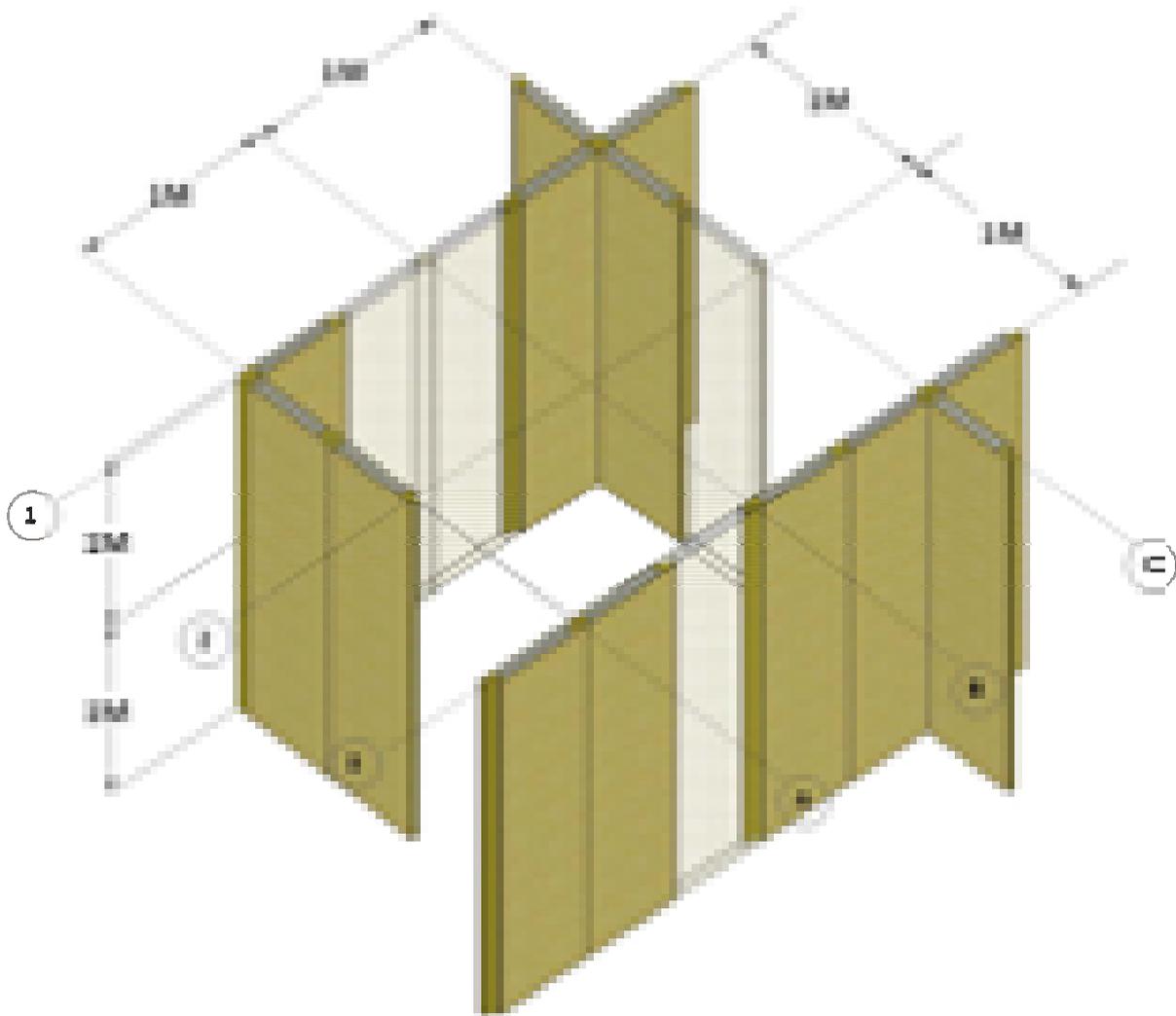


Figura 56. Retícula simple en ambos sentidos. Fuente: Elaboración propia, 2013.

Juntas

Para unir los paneles entre sí en sentido horizontal se plantea la unión incorporada al tabique y que además garantice el sellado de las juntas, Salas (2008: 26-27) las define como:

“... zonas prácticamente lineales de contacto entre elementos contiguos. Continuidad que debe o puede ser, entre otras: estructural, térmica, acústica, de estanqueidad al agua y el aire, estética, etc. Las juntas, a diferencia de los apoyos, se caracterizan por su escasa anchura y profundidad de longitud...”

El estudio plantea asumir esta premisa como una estrategia para disminuir los componentes del sistema y las operaciones de montaje en obra, aprovechando las propiedades de la madera aserrada que permite desarrollar trabajos de perfilería que permiten juntas estancas. Para el diseño de las uniones, más adelante se describen otras alternativas estudiadas y factibles de incorporarlas en situaciones y procesos productivos que así lo requieran. Al mismo tiempo, todo sistema abierto como el planteado permite modificaciones durante la vigencia del sistema, e incorporarlas al catálogo de componentes, enriqueciéndolo.

Tolerancias en las uniones

Toda propuesta de componentes pre-ensamblados y prefabricados debe prever la holgura, dimensión de tolerancia entre componentes. Una de las ventajas de trabajar con uniones simétricas incorporadas al panel a partir de secciones de madera, como la propuesta, permite manejar ajustes hasta de 3 cm en el montaje.

II.3.3. Redes de instalaciones

Un aspecto fundamental de la propuesta es el manejo de las instalaciones visitables para la realización de mantenimiento preventivo y correctivo. En el presente apartado se realiza una primera aproximación a soluciones integrales entre las redes de instalaciones de la vivienda y los cerramientos con tableros de madera.

II.3.3.1. Principios normativos

Para las instalaciones eléctricas, de voz, data y similares, se llevo a cabo una revisión del Código Eléctrico Nacional (Covenin 200-2009) del que se extraen las siguientes premisas para la propuesta:

- Se plantea la utilización de *canales de cables metálicos*³ a lo largo del sistema de cerramientos, cumpliendo de esta manera los requerimientos de seguridad y protección de los conductores eléctricos.
- Debido a que la luminaria y los tomacorrientes tienen circuitos propios e independientes, se propone separar la canalización de iluminación por la (parte superior del cerramiento) y la canalización de corriente (parte inferior del cerramiento) en términos de organización, ahorro energético y de material.
- Se debe prever el espacio requerido para las canaletas, cajas de paso, interruptores y otros componentes en el planteamiento de los cerramientos.
- Las instalaciones de voz, data y similares deben estar ubicadas en canalizaciones separadas a las instalaciones eléctricas, previendo la posibilidad de utilizar aislantes de campo electromagnético en canalizaciones conjuntas.

Para las instalaciones sanitarias se llevó a cabo una revisión de la norma Covenin N°4.044 Gaceta Sanitaria (1998) de la que se extraen las siguientes premisas para la propuesta:

³ Canales fabricados de láminas metálicas, con tapas articuladas, abisagradas o removibles para contener y proteger conductores y cables eléctricos y en los cuales se colocan los conductores después de que los canales estén instalados como un sistema completo. Código Eléctrico Nacional Covenin 200. Pág.218.

- Los acabados deben ser “impermeables, lisos, resistentes, fácilmente lavables y capaces de soportar la abrasión de los productos destinados a la limpieza”⁴.
- Dichos acabados deben al menos cumplir con las siguientes alturas mínimas de acuerdo a función:

Salas Sanitarias	h=1,20 m.
Espacio de ducha	h=1,80 m.
Cocina (a lo largo de pared del fregadero y fuente de calor)	h=1,50 m.

- Para la fabricación de paneles sanitarios se sugiere en primera instancia utilizar tableros con características hidrófugas y de alta resistencia como los de fibro-cemento o hidro-resistentes (Tablero Masisa H® o similar). Para acabados adicionales, tradicionalmente en paredes de mampostería se utilizan materiales pétreos y de junta húmeda como cerámicas, mármoles y similares, en nuestro caso se sugiere su sustitución por materiales plásticos, vinílicos, de fibra de vidrio o similares, que cumplan con la estanqueidad requerida pero que permitan su desmontaje de manera simplificada. Para esta etapa del estudio no se plantean diseños propios para las piezas sanitarias, posibilidad contemplada para futuras investigaciones, sino adoptar piezas sanitarias del mercado en vista que no interfieren con la premisa de fácil desmontaje.
- El espesor interno del panel sanitario será de 10 cm cumpliendo con los requerimientos de medidas estándar establecidos en el capítulo XVII de la normativa revisada, permitiendo el cruce de tuberías de aguas blancas de hasta ½” y tuberías de ventilación cloacal de hasta 2”.

⁴ Extraído de los artículos 29, 30,31 y 33. G.O. N°4044. Normas Sanitarias.

II.3.3.2. Estrategias y alternativas de solución

La propuesta establece como criterio fundamental la discriminación de las instalaciones en el alzado de los cerramientos; ubicando en los extremos superiores e inferiores del sistema las instalaciones eléctricas, voz, data y similares, tomando en cuenta que abarcan la totalidad de la vivienda. En cuanto a las instalaciones sanitarias se plantea el desarrollo de ‘*tabiques húmedos*’, en donde la colocación de las tuberías y puntos de agua abarcan la parte inferior del panel, manteniendo en este caso, las instalaciones eléctricas solamente en la parte superior del cerramiento (ver figura 57). Adicionalmente se plantean las siguientes estrategias:

- **Instalaciones visitables:** totalmente accesibles para llevar a cabo revisión, mantenimiento y sustitución de partes.
- **Organización Modular:** donde las redes de instalaciones se encuentren integradas dimensionalmente a criterios de construcción racional y de ‘cero desperdicio’.
- **Reutilización de componentes:** con un mínimo impacto sobre los paneles y la posibilidad de realizar reparaciones sencillas en casos de modificaciones y cambios en los puntos eléctricos y sanitarios.
- **Independencia entre redes:** instalaciones sanitarias y eléctricas, de voz y data deben configurarse de manera independiente, previendo los requerimientos de seguridad y permitiendo el acceso a ellas libremente.
- **Materiales resistentes y aislantes:** los mismos deben cumplir los requerimientos establecidos por la normativa nacional y siguiendo las premisas y recomendaciones de la revisión de antecedentes realizada.

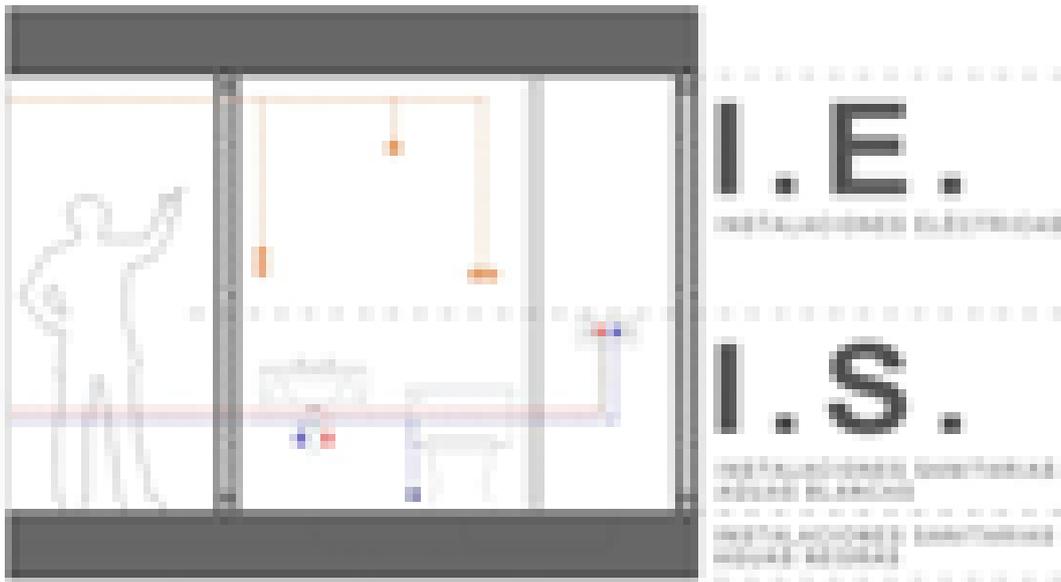
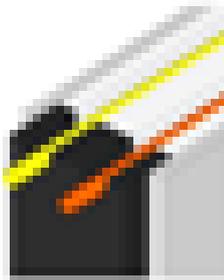


Figura 57. Criterio de ubicación para instalaciones en tabiques húmedos. Fuente: Elaboración propia, 2013.

II.3.3.3. Instalaciones eléctricas, de voz, data y similares.

En cuanto a las instalaciones eléctricas, de voz, data y similares, se definieron tres esquemas preliminares a desarrollar: en el interior del panel, en el interior del elemento de fijación e independiente con un elemento complementario. Estas alternativas fueron analizadas comparativamente en cuanto a sus implicaciones de fabricación, montaje, versatilidad, presencia en el espacio, reposición y mantenimiento e impacto sobre el cerramiento (ver cuadro 23). De dicho análisis se obtiene como alternativa de solución más apropiada para la propuesta la *'canalización a través de los elementos de fijación'* de la red primaria (o circuitos principales).

	 En el panel	 En el elemento de Espuma	 En el exterior
IMPLEMENTACIÓN	Implementación simple, abertura de cerramiento sencilla horizontal en el panel	Implementación simple, abertura de cerramiento sencilla horizontal en bloques de madera	Múltiples implementaciones, también permite un elemento
MONTAJE	Características sobre el soporte de perforación dependen del panel	Características según el elemento de Espuma y hecho	Características externas, facilidad elemento adicional.
VERSATILIDAD DE INSTALACIONES	Limitada, depende de otros puntos definidos según diseño en fábrica.	Limitada, depende de otros puntos definidos según diseño en fábrica.	Alta, la característica externa permite un gran versatilidad en las instalaciones eléctricas.
PRESENCIA EN EL ESPACIO	Ninguna, la red de instalaciones puede ocultarse en el interior de los componentes.	Ninguna, la red de instalaciones puede ocultarse en el interior de los componentes.	Presencia de un elemento tipo ranura en la parte superior de los componentes.
REPARACIÓN Y MANTENIMIENTO	Accesible, a través de aberturas provisionales para el mantenimiento o sustitución de partes.	Extremadamente accesible, a través del hueco del panel	Completamente accesible, elemento adicional de perforación permite servicios.
INDUCTO SOBRE EL CERRAMIENTO	Es más, dependiendo del número de aberturas requeridas para los puntos de electricidad.	Es más, dependiendo del número de aberturas requeridas para los puntos de electricidad.	No aplica, los puntos de electricidad se hacen la perforación en exterior.

Cuadro 23. Alternativas de solución de instalaciones eléctricas, voz y data. Fuente: Elaboración propia, 2011.

Canalización incorporada a los elementos de fijación

Se propone como alternativa de solución principal la distribución horizontal de las instalaciones a través del elemento de fijación del sistema (conjunto de perfiles metálicos que conformen la canalización de los conductores), y la distribución vertical y componentes eléctricos (puntos de luz, interruptores y tomacorrientes) en las uniones entre paneles a través de canaletas (ver figura 58). Esta alternativa implica un mínimo impacto sobre el cerramiento y continúa permitiendo accesibilidad total para el mantenimiento y las modificaciones.

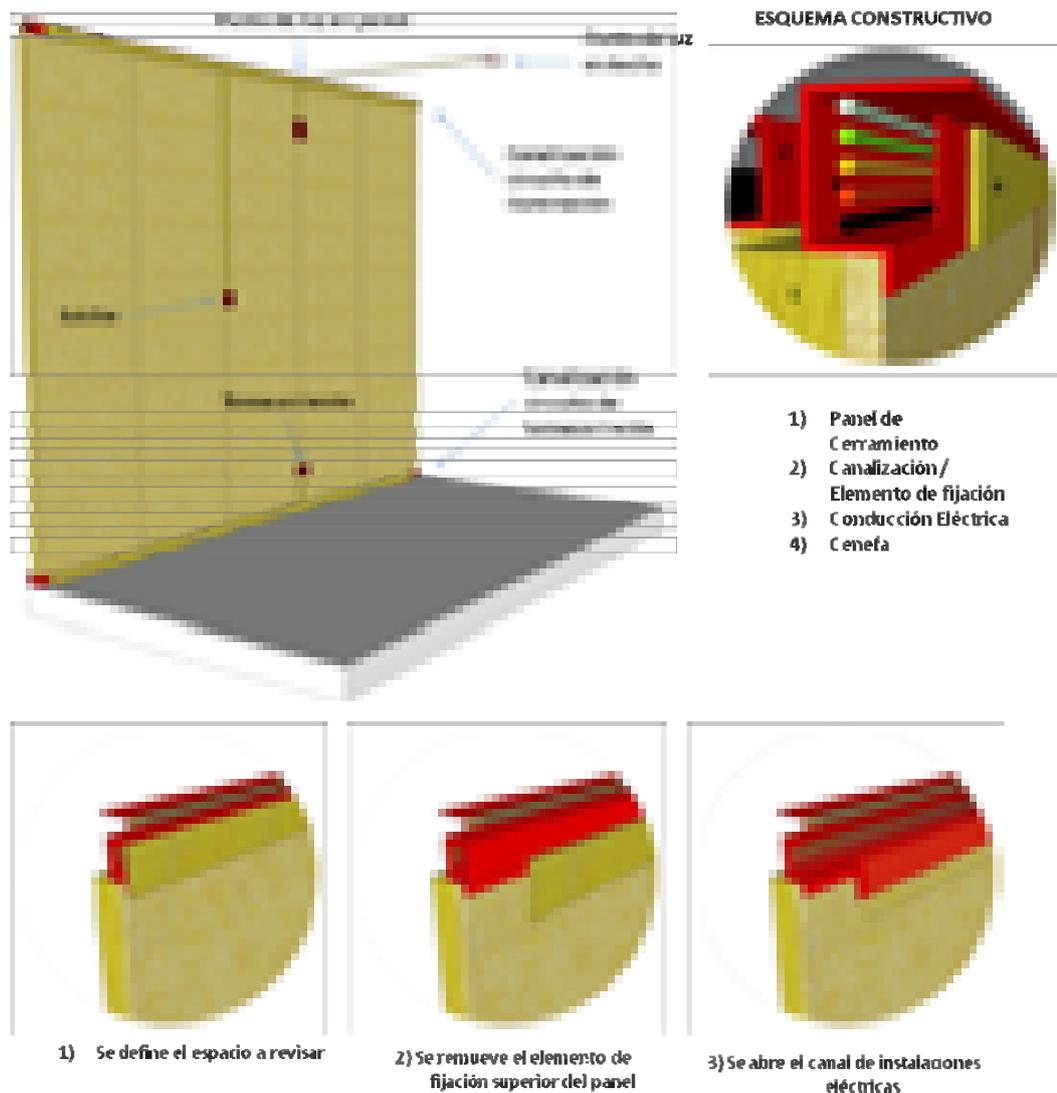


Figura 58. Esquema para instalaciones eléctricas visitables. Fuente: Methling, 2013.

Paneles prefabricados con canalizaciones previstas

Una alternativa vinculada a un mayor nivel de prefabricación industrial y coordinación entre el proyecto y la construcción es la producción de paneles con instalaciones incorporadas a su ubicación final. Si bien para el presente trabajo no se desarrollará en detalle esta opción, se busca proyectar una solución a futuro que pueda generar un aporte en la solución de las problemáticas de construcción masiva de vivienda a través de procesos de prefabricación individualizada⁵.

II.3.3.4. Instalaciones sanitarias

El sistema de cerramientos propuesto contempla la solución de las instalaciones sanitarias en vivienda abarcando aguas blancas y ventilación cloacal. En cuanto a las aguas negras, concretamente para el caso de las arañas, el estudio asume que van incorporadas en los pisos o suspendidas debajo de ellos. Es importante distinguir que mientras las instalaciones sanitarias requieren de soluciones puntuales a las zonas húmedas de la vivienda, las eléctricas son generales y recorren toda la unidad habitacional.

Fundamentalmente la investigación adopta el criterio general que las instalaciones deben ser visitables donde esté que se encuentren. En cuanto a las instalaciones sanitarias se definieron tres posibles tipologías a desarrollar: en el interior del panel (sub-estructura entramada); entre doble-pared; y a la vista en el exterior del panel (ver cuadro 24).

De las tres opciones estudiadas y arriba señaladas, el desarrollo de las instalaciones en un panel hueco, con una cara removible enmarcando un entramado de madera es la alternativa más viable (ver figura 61) de acuerdo a nuestros análisis y la experiencia y conocimiento práctico de especialistas, ya que permite llevar a cabo todo el proceso de

⁵ De acuerdo a Deplazes (2005: 78-79) “por primera vez en la historia de la arquitectura, tiene lugar una evolución desde la construcción en serie a la construcción con madera... es posible producir elementos constructivos no modulares específicos para in proyecto... el proyecto arquitectónico concreto se descompone en elementos manejables, que se envían a producción pasando por la cadena de datos y se montan conjuntamente en obra para constituir el edificio.

instalación en sitio con cierto grado de flexibilidad para los recorridos de tuberías y selección de piezas en el interior del panel, permitiendo de igual manera su posterior revisión y realización de modificaciones, reparaciones y mantenimiento.

La superficie de los paneles debe asegurar un acabado impermeable y resistente a los detergentes y demás artículos de limpieza y resguardo sanitario (a veces muy agresivos) por las caras internas de los ambientes húmedos y sanitarios. Entre otros, esto se puede lograr con la utilización de un acabado tipo friso, pétreo o cerámico (con o sin mallas plásticas o metálicas para adherirse al panel) o a través de la utilización de un acabado laminado impermeable plástico o de vinil (PVC, PRFV o similar). Para esta alternativa se plantea que generalmente la cara removible es la exterior a los ambientes húmedos, tanto para la realización como posterior visita de las instalaciones.

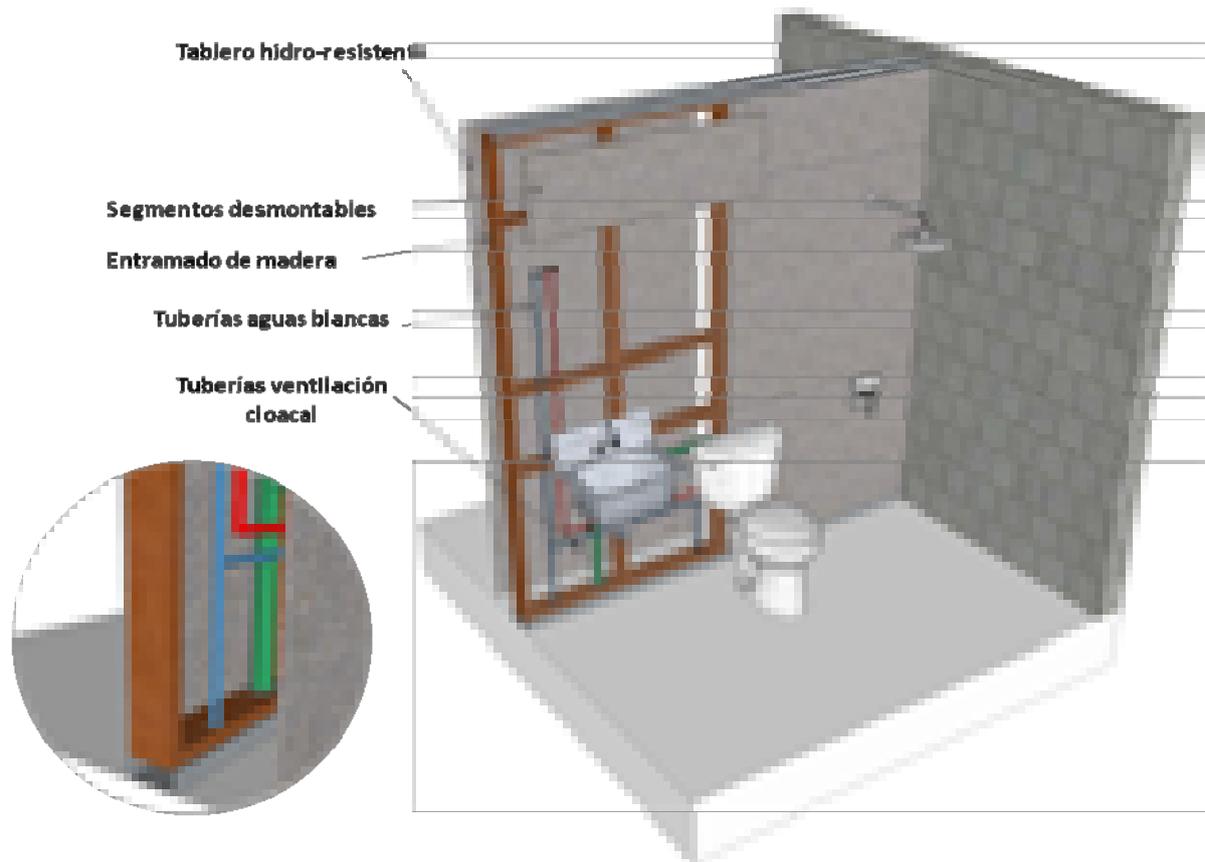
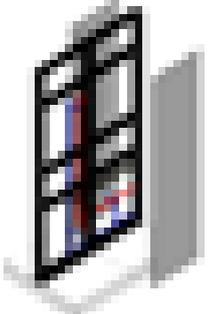
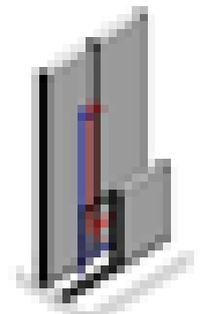
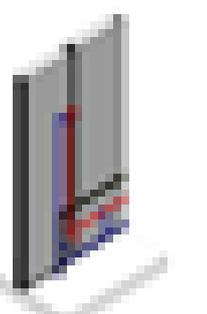


Figura 61. Paneles sanitarios con entramado de madera. Fuente: Methling, 2013.

	 Sub-estructura	 Doble panel	 A la vuelta
IMPLEMENTACIÓN	- Genera implicaciones, al depender de un (MDF), EPPA, tipo entramado de madera	- No genera implicaciones, se utiliza el mismo panel	- No genera implicaciones, se utiliza el mismo panel
MONTAJE	- Requiere de aberturas en elementos de fijación, entramado y tablero.	- Requiere de elementos de fijación y aberturas en el panel	- Requiere de elementos de fijación
VERSÁTILIDAD DE LAS INSTALACIONES	- MDF, el entramado no interfiere con los puntos de fijación	- MDF EPPA, total libertad en cuanto a puntos de fijación cumpliendo la viga del panel	- MDF EPPA, total libertad en cuanto a puntos de fijación
PRESENCIA EN EL ESPACIO	- Ninguna, no interfiere, y al estar de la "pared externa" no convierten en relación con el resto de los componentes	- Sí interfiere, al estar en interfase, al estar de la "pared interna" convierten en relación con el resto de los componentes	- Total, las instalaciones ocupan una sección del espacio, implica el diseño de premisas y recomendaciones
REPOSICIÓN Y MANTENIMIENTO	- Accesible, implica desmontar uno de los caras del tablero.	- Accesible, implica desmontar el panel de su fijación	- Muy accesible, no implica desmontar el componente.
IMPACTO SOBRE EL COMPONENTE	- Alto impacto, se requieren fijaciones y aberturas para los puntos de los tableros.	- Alto impacto, se requieren fijaciones y aberturas para los puntos de los tableros.	- Bajo impacto, sólo se requieren las fijaciones de elementos de fijación de tableros.

Cuadro 24. Consideraciones para la selección de alternativas de solución de instalaciones sanitarias. Fuente: Elaboración propia, 2011.

Para la realización de las instalaciones y posteriores visitas al panel se propone remover secciones para facilitar el acceso sin desmontar la totalidad del cerramiento. De igual manera se plantea la posibilidad de acceder al interior del panel por ambas caras en los casos que no comprometen la preservación de la madera y tableros. En cualquier caso los tableros utilizados para ‘paneles sanitarios’ deben ser de tipo hidro-resistentes (fibrocemento, HR) y que permitan el sellado de sus juntas de manera que aseguren estanqueidad a la humedad.

Si bien el estudio prioriza la alternativa arriba descrita, arroja la necesidad de desarrollar a profundizar otras alternativas de solución en futuras investigaciones como las instalaciones a la vista de manera racional y calidad estética. Otra opción de mucha validez está vinculada a la sistematización y normalización propia de los procesos de prefabricación masiva de componentes para vivienda, con paneles que incluyan instalaciones sanitarias pre-montadas en fábrica, al igual que desarrollos de conchas y cápsulas plásticas integrales. Para cualquier caso es indispensable una completa accesibilidad para el mantenimiento, reparación y sustitución de partes.

También durante el trabajo se incursionó en innovaciones más radicales cuyo desarrollo también se proponen para futuras etapas a continuación. Es el caso de recursos industriales existentes pero no tradicionales para la construcción como mangueras flexibles sueltas o recorriendo tuberías y ductos de la misma manera como se embuten los cables en las instalaciones eléctricas, es decir jalando a través de conductos previamente elaborados y debidamente planificados se pasan las mangueras sin necesidad de conexiones tipo curvas o codos, para finalmente realizar las conexiones con los sanitarios en la parte externa del panel (ver figura 62). Sin embargo es importante resaltar que a nivel de normativa no existen lineamientos para este tipo de soluciones, especialmente en cuanto a los requerimientos físico-química-mecánicas, de ventilación y posibles problemas de condensación que se puedan generar para este tipo de tuberías.

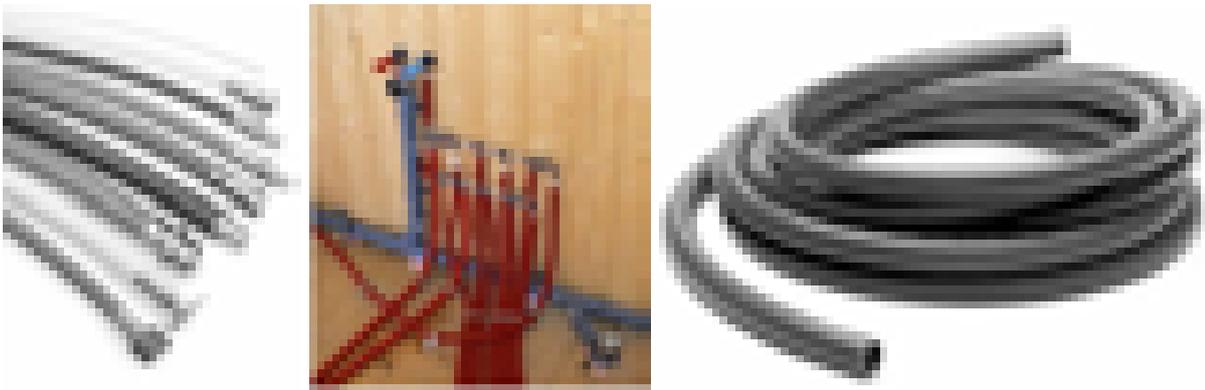


Figura 62. **Alternativa de solución para instalaciones sanitarias: Mangueras Flexibles.** Fuente: Elaboración propia, 2012.

II.3.4. Situaciones constructivas

II.3.3.1. Fijación entre el edificio y el sistema de cerramientos

El **Sistema de Cerramientos con Tableros de Madera** debe ser lo suficientemente flexible para adaptarse a diversas situaciones constructivas de diferentes materiales, esto se refiere a los diversos elementos constructivos que no están previstos dentro de la coordinación dimensional del sistema como irregularidades en los planos horizontales y verticales, aparición de elementos estructurales como columnas y vigas (ver figura 63), presencia de techos inclinados o curvos, entre otros (ver figura 64).

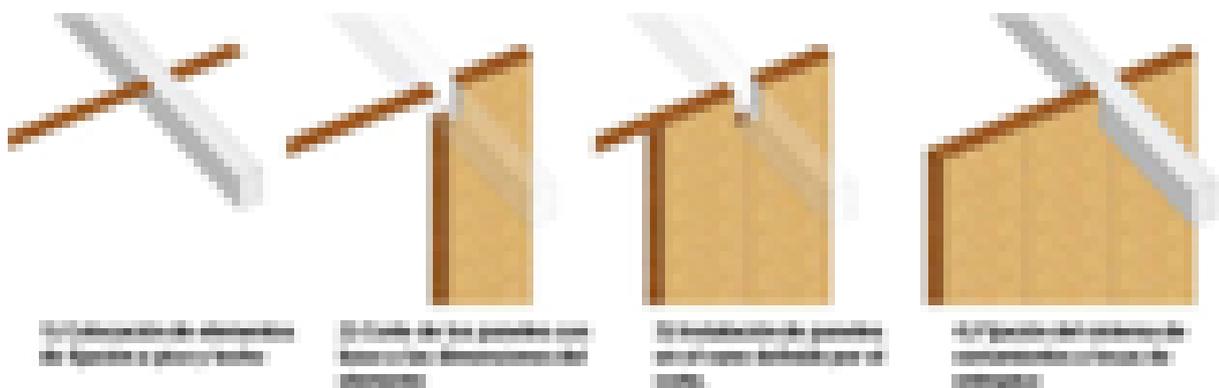


Figura 63. **Solución para de vigas en el espacio.** Fuente: Elaboración propia, 2012.

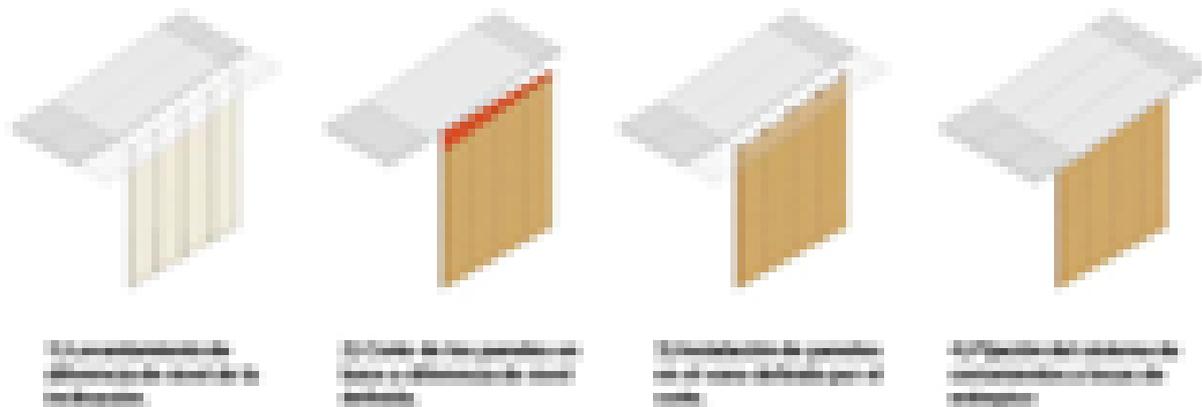


Figura 64. **Solución para techo inclinado.** Fuente: Elaboración propia, 2012.

Otra situación constructiva que puede llegar a presentarse en obra es la existencia de un vano que no posea relación alguna con el dimensionamiento del panel ni con la coordinación dimensional establecida. Para estos casos es factible fabricar un panel de cualquier medida con la condición de incorporar el detalle de unión vertical de los paneles. Esto es posible gracias a la sencillez del diseño y fabricación de esa unión en seco (ver figura 65).

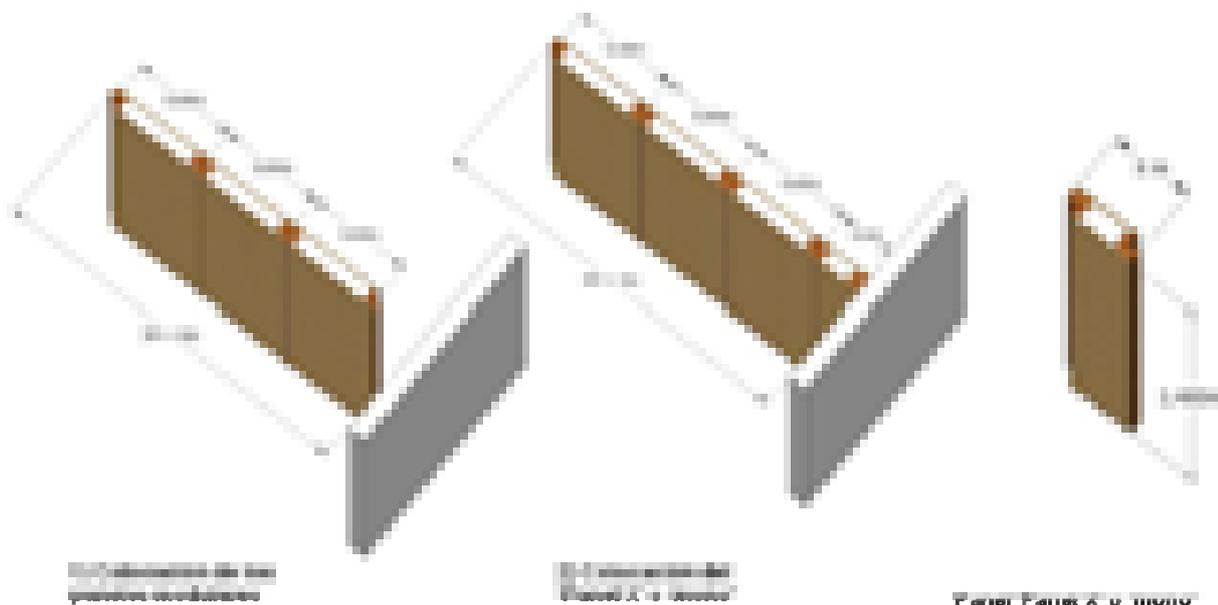


Figura 65. **Solución para planos fuera de la coordinación modular.**

Fuente: Elaboración propia, 2012.

Por otra parte, aunque el sistema está diseñado para una altura libre de entrepiso de 2,50 m, para casos como las remodelaciones existe la posibilidad de que se presenten situaciones constructivas en las que la altura sea diferente. En caso de que la altura sea menor no hay mayor problema ya que se procede a recortar el panel (ver figura 66).

Para alturas mayores a 2,50m se plantea como alternativa de solución el desarrollo de paneles industriales a la medida siempre que no excedan la longitud máxima que admite la prensa de calor (3 m para la fábrica visitada). Otra alternativa viable es la elaboración en sitio de un entramado estructural con el diseño de las uniones del sistema.

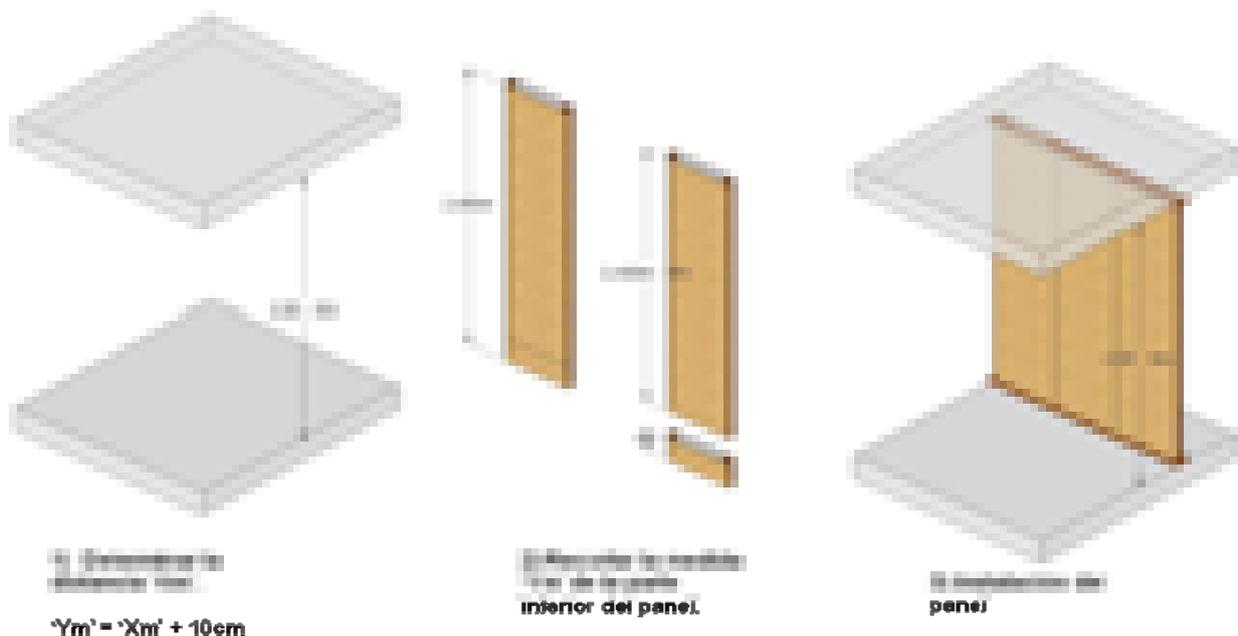


Figura 66. Solución para alturas menores a 2M. Fuente: Elaboración propia, 2012.

II.3.3.2. Vanos para puertas, ventanas y similares

Para la instalación de puertas se plantean los siguientes criterios:

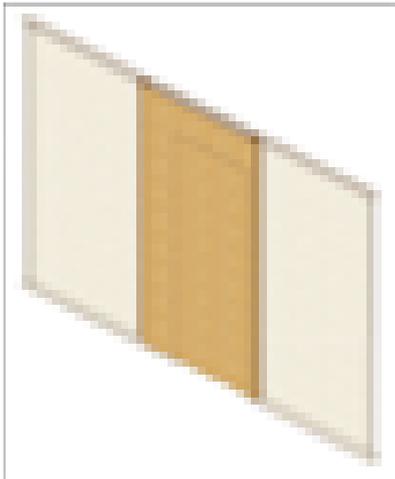
- Puertas de 90cm y 80 cm de ancho por 210cm de alto.

- Las hojas de las puertas junto con marcos y contramarcos vienen incorporadas al panel de 120x240cm cuyos detalles de uniones son idénticos a los demás paneles.
- Los paneles-puertas forman parte de la tipología del sistema de cerramientos.
- Para otros vanos que requieran antepechos y divisiones parciales entre ambientes, se adoptará el mismo criterio asumido para las puertas.

Resumiendo, se propone que a partir de las configuraciones del mismo panel y su coordinación dimensional, se generen cierres de las aberturas bajo criterios de cero desperdicio y coordinación dimensional (ver figura 67).

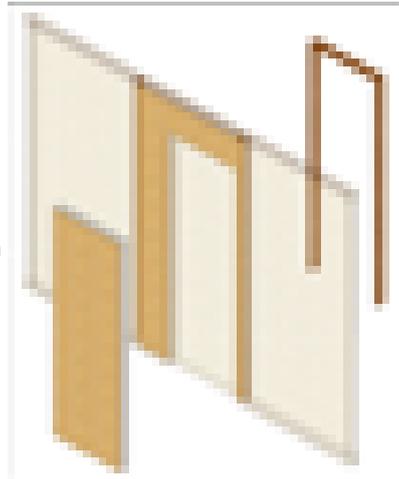
Paso 1

Se marca la sección del vano a obtener, a partir de las uniones incorporadas al panel. Es importante resaltar que el recorte será utilizado para la fabricación de la puerta.

**Paso 2**

Con el recorte del panel se pasa a la fabricación de la puerta, reduciendo su espesor y rematando los bordes.

Por otra parte se elabora el marco de la puerta.

**Paso 3**

Una vez elaborada la puerta se instala el marco en el interior del panel y se fija al panel.

**Paso 4**

Se procede a la instalación del panel-puerta al igual que los paneles normales.

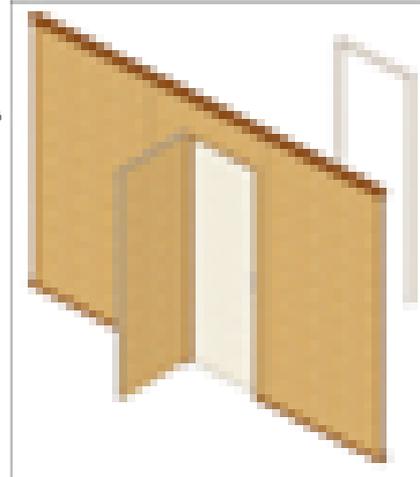


Figura 67. Solución para vanos de puertas. Fuente: Elaboración propia, 2012.

II.3.5. Catálogos Constructivos – Componentes y Uniones

A continuación se presenta el resumen del catálogo de componentes (ver figura 68), compuesto por los paneles de cerramiento, los elementos de fijación y los elementos complementarios. De igual manera se presenta el resumen del catálogo de uniones (ver figura 69), conformado por las diversas alternativas de uniones verticales a piso y techo, así como las uniones horizontales lineales, perpendiculares entre paneles y las uniones horizontales entre el panel y la edificación. Para los catálogos constructivos completos, con su respectiva ingeniería de detalle revisar el Apéndice 1.

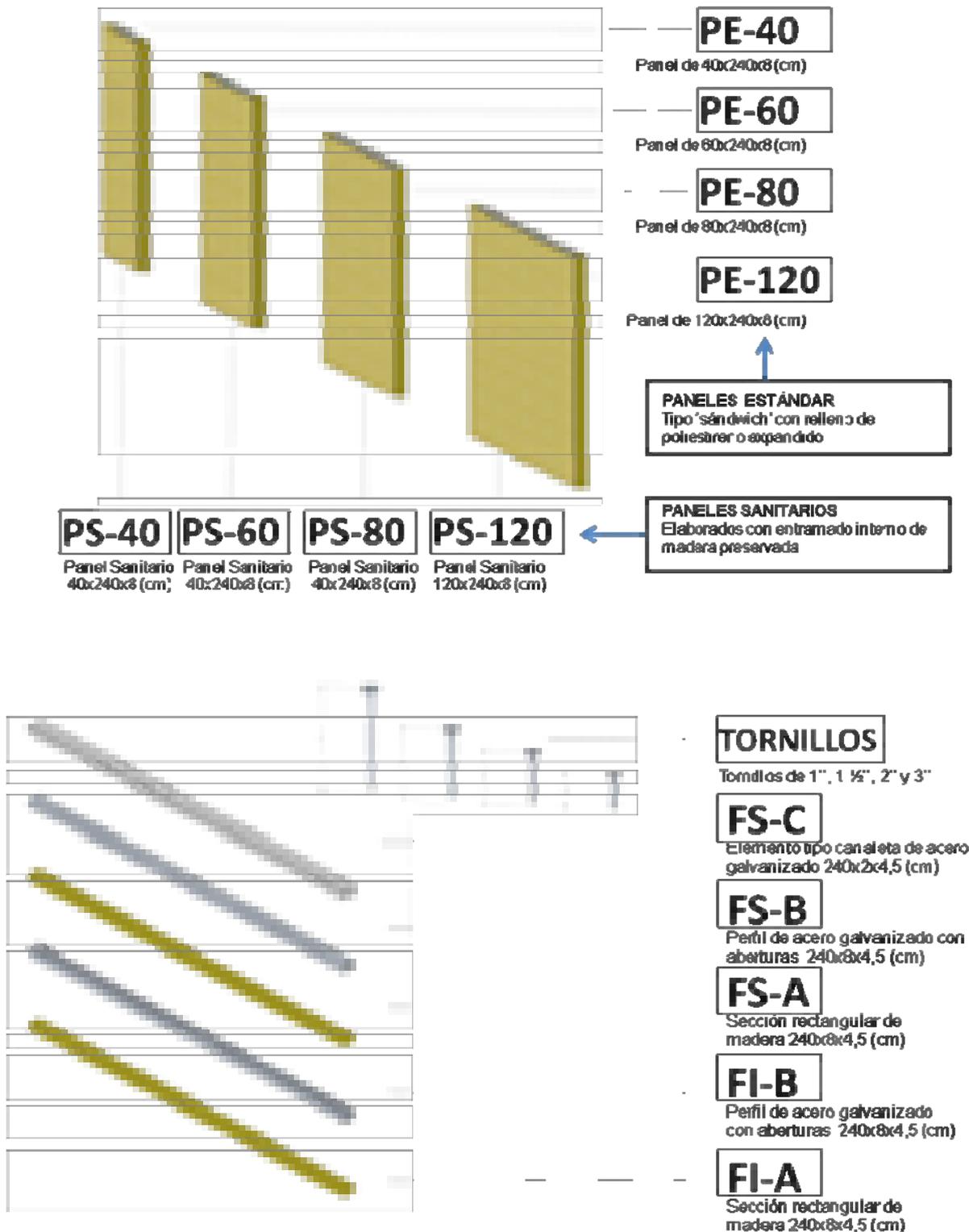


Figura 68. Resumen del catálogo de componentes. Fuente: Elaboración propia, 2013.

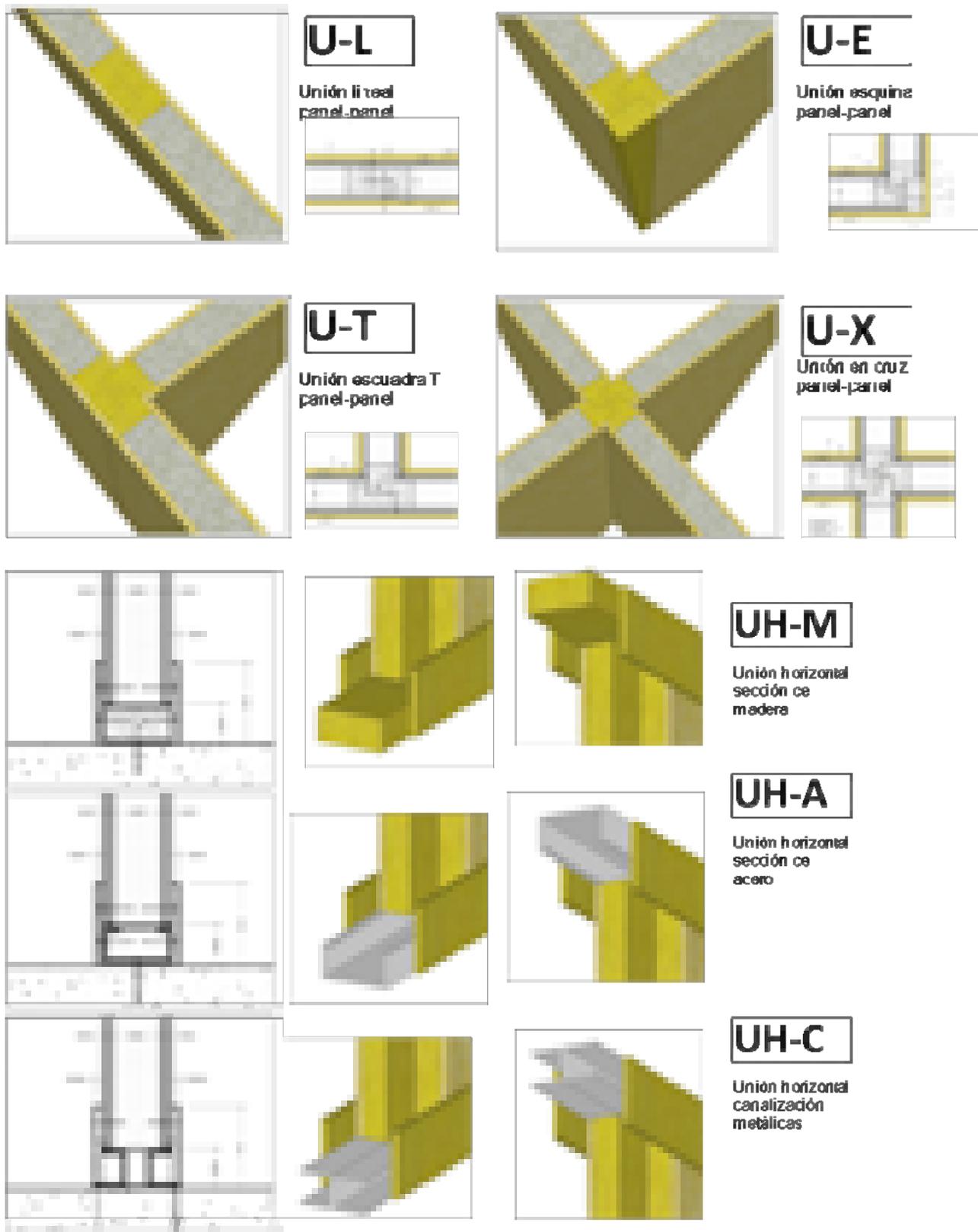


Figura 69. Resumen del catálogo de uniones. Fuente: Elaboración propia, 2013.

II.4. ASPECTOS DE PRODUCCIÓN

Se define la producción como el proceso de fabricación y organización de los elementos que conforman el sistema de cerramientos propuesto. Implica en primer lugar definir los insumos y materiales requeridos para la fabricación de los componentes, los medios de producción y, finalmente, establecer fases, etapas y líneas del proceso de producción, almacenaje, transporte y distribución. Tomando como punto de partida la importancia del *sincretismo tecnológico* (Cilento 1999:104) y entendiendo la complejidad en cuanto a los diferentes materiales y suplidores que generalmente implica la elaboración de componentes constructivos, los recursos locales, niveles y características de la demanda, su introducción al mercado y las diversas variables que influyen sobre su aceptación por parte del usuario, se desarrollan dos modelos de producción de la tecnología, uno relacionado a una **producción manufacturera de pequeña y mediana escala** y uno vinculado a un **proceso industrial de prefabricación y producción masiva, ambas normalizadas y seriadas**.

II.4.1. Insumos, materiales y mano de obra

El insumo principal para la fabricación del sistema de cerramientos interiores propuesto es el tablero de madera, entendiendo que será seleccionado dentro de la gama de tableros existente en el mercado y que podrá variar en sus características y especificaciones dependiendo de los requerimientos del proyecto, de su disponibilidad en el mercado y el proceso de fabricación. Como alternativa de solución principal utilizaremos un aglomerado hidro-resistente, actualmente disponible, entre 9mm y 15mm de espesor, elaborado por Masisa C.A. y con disponibilidad en el mercado bajo el nombre de Masisa HR® (ver cuadro 25 para características físico-mecánicas).

El otro insumo propuesto es madera aserrada de producción nacional, de madera de Pino Caribe por su amplia disponibilidad en el mercado y sus costos altamente competitivos (ver cuadro 26 características físico-mecánicas). Es importante resaltar que validamos el uso de otro tipo de maderas dependiendo de la disponibilidad del mercado o requerimientos de proyecto.

La madera aserrada será empleada en la fabricación de los elementos de fijación del sistema, las uniones incorporadas al panel y otras secciones similares requeridas para la producción y el montaje del sistema.

Característica	Unidad	Tolerancia	HR MASISA
Espesor Nominal	m	+ - 0,2	15
Densidad	Kg/m ³	+ - 20	710
Resistencia a la tracción	N/mm ²	+ - 0,15	1.00
Resistencia a la flexión	N/mm ²	+ - 2,0	17
Módulo de Elasticidad	N/mm ²	+ - 200	2300
Hinchamiento Espesor 24h	%	Máximo	10

Largo y ancho +- 2.0 mm/m
Diferencia entre diagonales +- 2.0 mm/m
Rectitud de los cantos +- 1.5 mm/m
Tableros de partículas para aplicación de interior para utilización en ambiente húmedo con propiedades físicas que cumplen o exceden las del tipo P3 estándar EN 312
Contenido de humedad entre 5% y 11% al momento del despacho
Cumplen los estándares clase E-1 en emisión de formaldehído según EN312
Las tolerancias específicas tienen una confianza estadística del 95%

Cuadro 25. Características físico-mecánicas de tablero Masisa HR. Fuente: www.masisa.com.ve

Propiedades	Junac kg/cm ²	IFLA Kg/cm ²	Proforca Labonac kg/cm ²
MOE min (E 0.05)	55000	70000	-----
MOE prom.	90	90000	83000
FLEXION (fm)	100	100	114
COMPRESION PARALELA (fc)	80	80	84
COMPRESIÓN PERPENDICULAR (fc)	15	25	16
CORTE (fv)	8	10	11
TRACCIÓN PARALELA (ft)	75	75	77.5

Cuadro 26. Propiedades Mecánicas de la Madera de Pino Caribe. Fuente: La madera de pino caribe para uso estructural en la construcción de edificaciones. Molina, 1999.

Otro de los insumos a utilizar es el poliestireno expandido (EPS), el cual es utilizado como relleno para la elaboración industrial de los paneles tipo sándwich fabricados a través de procesos de prensado en calor con adhesivo. Se producen en serie y varios a la vez dependiendo del número de bandejas de la prensa, usualmente entre 5 y 10 y en tiempos muy competitivos.

En cuanto a la mano de obra se requiere de un personal técnico especializado únicamente en el área de madera y carpintería, la manipulación y control de la prensa, personal con un grado de experticia dependiendo de la escala de producción y las maquinarias a emplear. El resto del personal lo constituyen asistentes y obreros, y el número en función del nivel de trabajo a realizar.

II.4.2. Alternativas de producción

Como hemos adelantado la propuesta está dirigida a un sistema abierto, capaz de adaptarse a diversos modelos de producción en función de las variables contextuales. A lo largo de la investigación se ha hecho énfasis en que una de las cualidades de los sistemas de paneles con tableros de madera reside en su versatilidad en términos de producción, montaje y comercialización. En el proceso productivo se han seleccionado dos escenarios posibles: en primer lugar un proceso '**industrial**' y en segundo lugar un proceso de '**manufactura**' de pequeña y mediana escala.

Para ambos casos se definen las siguientes fases de producción (ver figura 70):

- 1) Recepción de los insumos: revisión, procesamiento preliminar, selección, catalogación y almacenaje.
- 2) Procesamiento de los tableros y la madera aserrada.
- 3) Producción de los paneles.
- 4) Revisión, clasificación, Almacenaje, embalaje y distribución del producto.



Figura 70. Fases de producción. Fuente: Elaboración propia, 2012.

II.4.3. Proceso de producción industrial

a. Recepción de los insumos.

Al trabajar con diversos tipos de insumos; tableros, madera aserrada, poliestireno expandido y demás materiales necesarios como adhesivos, solventes, clavos, grapas, etc., la recepción transformación primaria y almacenamiento debe ser ‘sistémica’ dentro de las instalaciones del taller o industria puesto que cada insumo e implemento debe participar de manera coordinada durante la cadena de producción. En el caso de la madera aserrada de Pino Caribe, es altamente recomendable esté sacada al horno y tratada con autoclave con preservantes contra hongos e insectos. Adicionalmente es necesario el proceso preliminar para corregir torceduras, alabeos y defectos por nudos y esquinas astilladas muy usuales en la madera aserrada de las plantaciones de Uverito y alrededores. Meno trabajo requiere el poliestireno. Suministrado en grandes bloques o en

planchas, posiblemente debe someterse al corte con hilo metálico caliente para llevarlo a las medidas exactas previo al ensamblaje del panel-sándwich. En cuanto a los tableros, gracias a ser producto de tecnologías sofisticadas la etapa preliminar consiste en cortar las piezas con medidas en base a pie (4'x8' = 122x244) a las de los tableros (120x240cm) previniendo las holguras necesarias para el refile final de los paneles.

b. Procesamiento de los insumos.

Se refiere a las acciones que se llevarán a cabo para la fase de producción de los elementos y componentes, las mismas abarcan el cepillado y corte de las piezas a la medida más su holgura, su rectificación, la abertura de perforaciones y la revisión de las medidas reales de los elementos. Se plantea el desarrollo de un proceso seriado que permita aumentar la eficiencia eliminando *tiempos muertos* en base a las características y capacidades productivas de la industria. A continuación se representa de manera gráfica el procesamiento de las secciones de madera requeridas (ver figura 71) y de los tableros (ver figura 72).

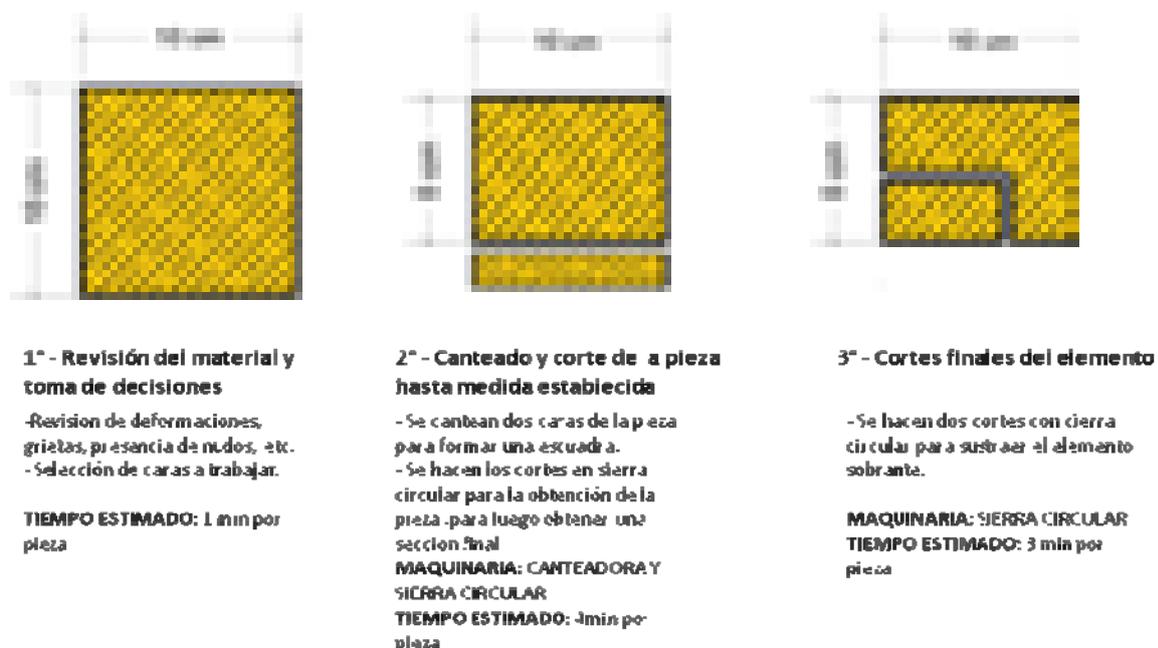


Figura 71. Descripción del procesamiento de la madera aserrada. Fuente: Elaboración propia, 2013.

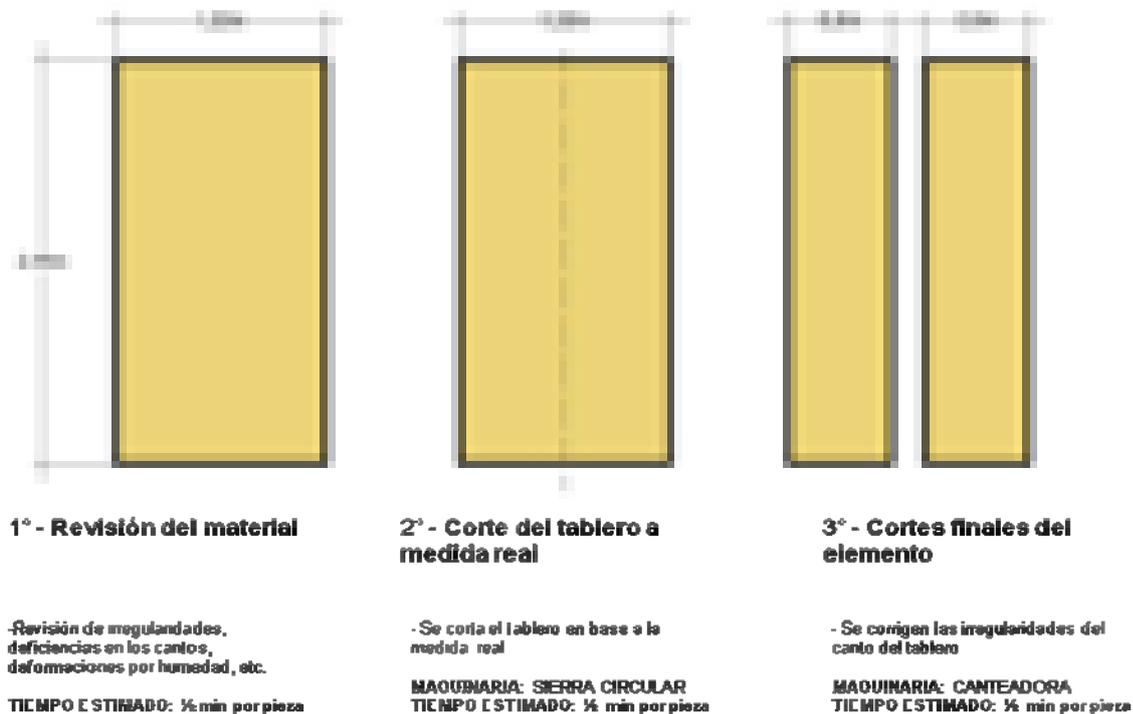


Figura 72. Descripción del procesamiento de los tableros de madera. Fuente: Elaboración propia, 2012.

Es importante resaltar que las dimensiones y secciones escogidas en este trabajo responden a criterios de ahorro de material. En cuanto a los tableros de madera se utilizan medidas vinculadas al módulo de diseño establecido $M=60\text{cm}$, partiendo de las dimensiones reales del tablero $4' \times 8'$ (4×8 pies), se obtienen secciones de 120cm , 80cm , 60cm , 40cm y 30cm con un mínimo desperdicio. En cuanto a los listones de madera partimos de las secciones comerciales de $(10 \times 10)\text{cm}$ para obtener las piezas requeridas buscando aprovechar al máximo las secciones del mercado (ver cuadro 27).

Sin embargo las experiencias de carpinterías artesanales e industriales indican inevitable un desperdicio importante (entre 30 y 50% del material), por los cortes y rectificaciones de los planos, es decir “lo que *come* la sierra y el cepillo” convirtiendo parte de la madera aserrada en aserrín y virutas. Por otra parte vale la pena recordar que el Pino Caribe triturado es el recurso fundamental para la elaboración de tableros de madera en Venezuela lo que convierte al desperdicio de aserrín y virutas del aserrado y cepillado respectivamente en materia prima 100% re-utilizable.

SECCIONES	PORCENTAJE	ÁREA	VOLUMEN (H=2.4M)
Sección Original (0.1 x 0.1) m	100%	0.01 m ²	0.0240 m ³
Sección reutilizable 1 (0.02 x 0.1) m	20%	0.0020 m ²	0.0048 m ³
Sección reutilizable 2 (0.04 x 0.08) m	32%	0.0032 m ²	0.0076 m ³
Sección Final (0.10 x 0.08) m	48%	0.0045 m ²	0.0108 m ³

Cuadro 27. Desperdicio de la madera aserrada utilizada para secciones. Fuente: Elaboración propia, 2013.

c. Producción de los componentes

La producción de los componentes se refiere a la fase principal de la fabricación de los paneles que conformarán el sistema de cerramientos. Se plantea un proceso de encolado con adhesivo en base a resinas y la utilización de prensas de calor para la conformación del sándwich tableros-poliestireno (ver figuras 73, 74 y 75). Una vez obtenido el componente básico en este proceso primario existe la posibilidad de hacer trabajos adicionales incrementando el proceso de prefabricación como colocación de acabados, incorporar ductos, canales e instalaciones, detalles arquitectónicos, entre otros.

d. Revisión, empaquetado y almacenaje.

Una vez obtenidos los componentes se procede al proceso de revisión, donde se chequean posibles fallas o discrepancias dimensionamiento, posteriormente se procede a la protección de los componentes y su posterior almacenaje.

1) PREPARACIÓN DE LOS ELEMENTOS

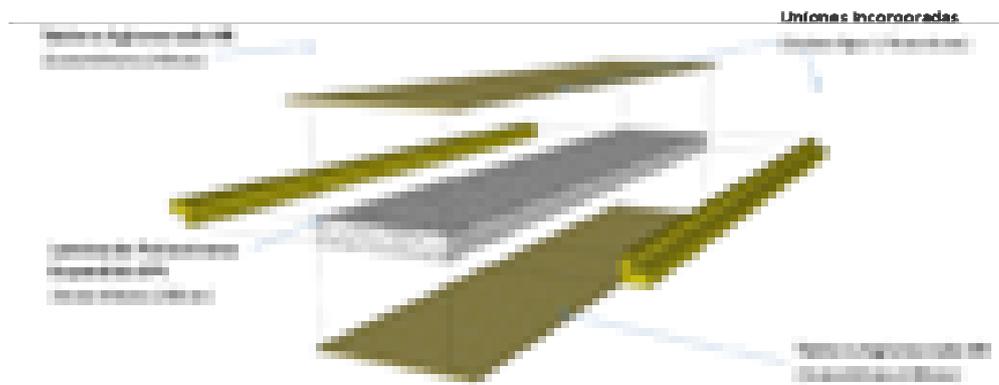


Figura 73. Fase 1 de la producción de los componentes. Fuente: Elaboración propia, 2013.

2) ENCOLADO DE LOS ELEMENTOS

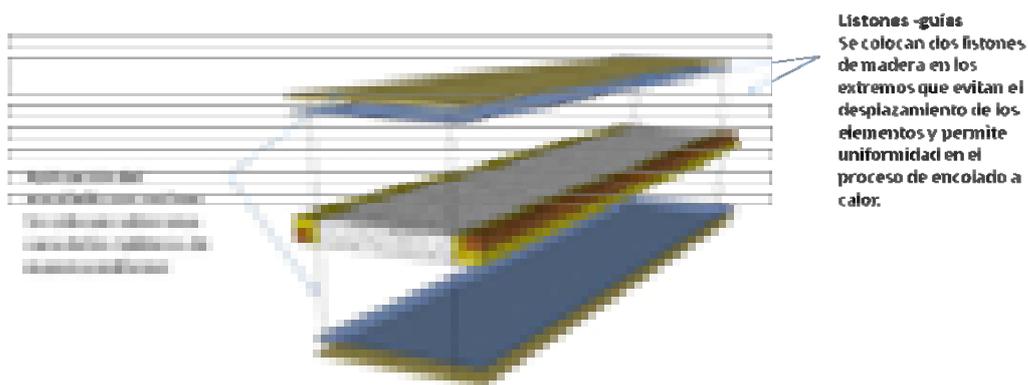


Figura 74. Fase 2 de la producción de los componentes. Fuente: Elaboración propia, 2013.

3) PENSADO EN CALOR DE LOS ELEMENTOS

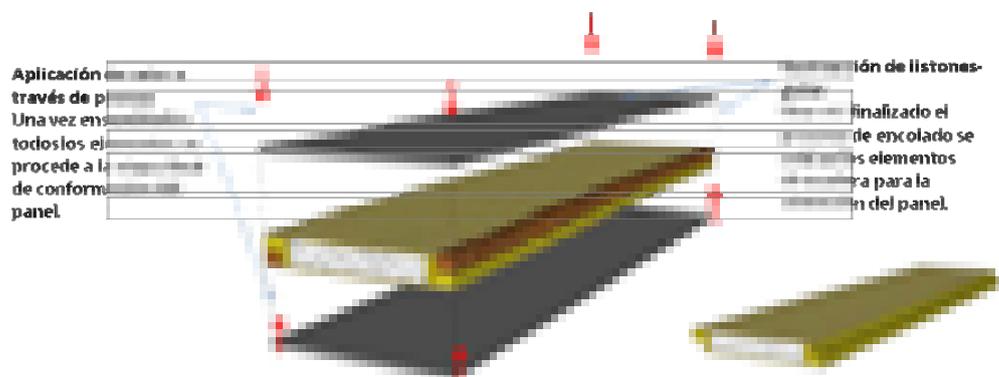


Figura 75. Fase 3 de la producción de los componentes. Fuente: Elaboración propia, 2013.

II.4.3. Proceso de manufactura para producciones de mediana y pequeña escala.

En el caso de llevar a cabo la producción de los componentes en talleres pequeños y medianos de carpintería, la fabricación es de acuerdo a las herramientas y maquinarias propias de esos talleres. La posibilidad de desarrollar la tecnología de manera ‘artesanal’ o a una escala local permite, entre otras cosas, incentivar el desarrollo de pequeñas empresas y asociaciones de trabajo en comunidades, una producción flexible y la posibilidad de generar redes de productores. Acosta (2009: 22) afirma que:

“la producción versátil, masiva, a través de múltiples operaciones de pequeña escala⁶ tiene ventajas adicionales en la generación de empleo, en el ahorro de energía, la preservación del medio ambiente y el reciclaje de residuos de procesos agrícolas, industriales y de la propia construcción, que se encuentran o que pueden encontrarse localmente”.

Para este tipo de producción se plantea que preferiblemente los paneles se desarrollen con entramados de madera, sustituyendo el poliestireno expandido y el proceso de prensado en calor por la fabricación de un bastidor y respectivas subdivisiones con listones que asuman la estabilidad y rigidez del panel. A continuación se explican las etapas de la producción:

a. Recepción de los insumos.

Se refiere a la procura y organización de los insumos a utilizar como tableros, tablas, listones y cuartones de madera de pino caribe, y demás insumos como grapas, clavos, tornillos y/o pernos, etc. Al igual que en la producción industrial la recepción y organización de manera sistémica en función del ciclo productivo de los paneles, adaptándose a las condiciones de espacio, ciclo productivo del panel y funcionamiento del taller.

⁶ Alfredo Cilento. Sincretismo e Innovación Tecnológica en la Producción de Viviendas. Tecnología y construcción I, Vol 12, 1995 y Cilento, Op. Cit 1998.

b. Procesamiento de los insumos.

A diferencia de la producción industrial la producción de pequeña escala debe asumir la elaboración de la estructura interna del panel. Lo cual implica el corte de una mayor cantidad de piezas de madera para el entramado (ver figura 76). En cuanto al procesamiento de los tableros y las uniones incorporadas al panel el proceso es idéntico al industrial.

ESQUEMA DE PANEL ENTRAMADO

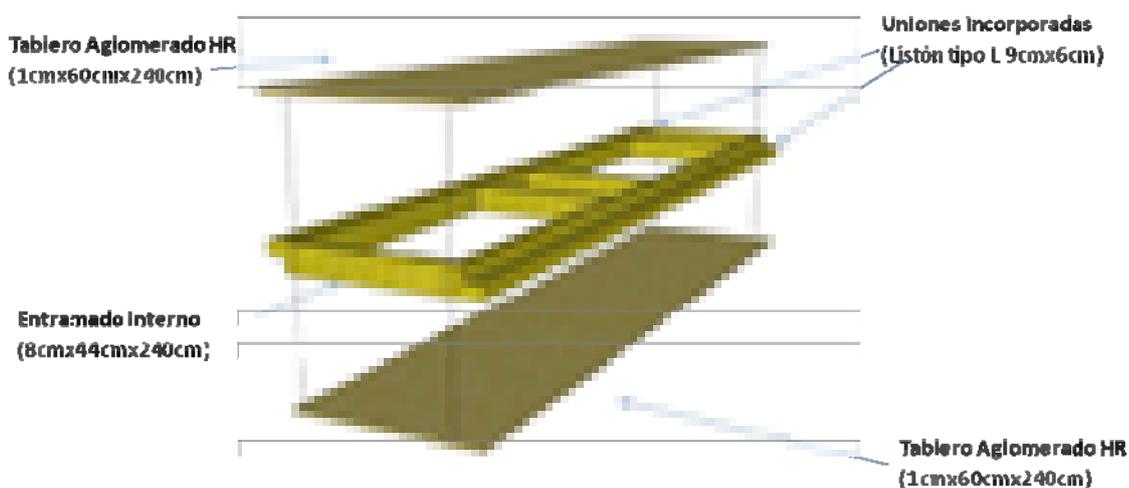


Figura 76. Descripción de la producción de los componentes para paneles entramados. Fuente: Elaboración propia, 2013.

c. Producción de los componentes:

El proceso se divide en las siguientes etapas:

1. Revisión de los insumos.
2. Elaboración del bastidor entramado de madera.
3. Revisión y rectificación de las medidas reales.
4. Ejecución del bastidor y entramado.
5. Colocación de los tableros en ambas caras del bastidor.
6. Revisión y rectificación de medidas finales.
7. Aplicación de acabados
8. Clasificación y almacenaje.

II.5. MONTAJE, DECONSTRUCCIÓN Y MANTENIMIENTO

II.5.1. La deconstrucción como práctica sostenible.

Uno de los aspectos de mayor importancia para generar un aporte en términos de construcción sostenible reside en la minimización y gestión de los residuos de la construcción, incentivando en primer lugar, **la reducción** del uso de recursos y materiales desde el proyecto, en segundo lugar la posibilidad de **reutilización** de los elementos a, por último, el **reciclaje** de los componentes que han llegado al fin de su ciclo de vida. Lo expuesto anteriormente sintetiza el concepto de ‘cero desperdicio’, ‘construcciones livianas equivalentes a menores insumos’, ‘reciclaje’ y ‘deconstrucción’, fundamental para establecer los principios de **montaje y deconstrucción** del sistema de cerramientos interiores propuesto. Desde el iTec (Institut de Tecnologia de la Construcció de Catalunya) se generan las siguientes premisas para la gestión y minimización de residuos en la obra (Maña i Rexach, et al, 2000) que serán referencia directa para la investigación:

“Comprar solamente la cantidad de material necesario, de acuerdo con el ritmo de ejecución de la obra; los materiales deben ser almacenados de forma ordenada para no generar residuos innecesarios; un ordenado y racional proceso de ejecución de la obra mejora la gestión de los residuos; para facilitar la gestión de los residuos es necesario disponer de un plan de gestión y de un directorio de valorizadores; separa y clasifica los residuos de la obra para facilitar su reutilización o reciclaje; maneja con sumo cuidado los materiales que puedan originar residuos potencialmente peligrosos; reutiliza tantas veces como sea posible los medios auxiliares y embalajes de madera; la madera tratada con algunos productos químicos o con clavos es de difícil reutilización o reciclaje; recupera todos los residuos metálicos, son fácilmente reciclables, utiliza preferentemente productos que contengan residuos de la construcción en lugar de materiales nuevos; reduce el consumo de agua y energía eléctrica en la obra; Reducir + Reutilizar + Reciclar = mejoras medioambientales y económicas.”

Además de las ventajas y posibilidades que brinda la deconstrucción en términos de minimización y gestión de los residuos de la construcción, la misma brinda una

herramienta técnica a los constructores y usuarios de poder desarrollar modificaciones en el planteamiento de la obra o en el ciclo de vida de la edificación.

II.5.2. Montaje y desmontaje

De acuerdo a la experiencia y resultado de la fabricación y montaje de algunos modelos experimentales y de comprobación realizados en el transcurso de la investigación, a continuación algunas conclusiones y deducciones. Montar y desmontar se refiere a las operaciones de ensamblaje e instalación del sistema de cerramientos internos, así como del desarmado. Se desarrollan las especificaciones de materiales e insumos, herramientas y mano de obra requeridos, así como una descripción del proceso de montaje y desmontaje.

Los **materiales e insumos** requeridos:

- Componente básico: paneles.
- Sistema de fijación: soleras y componentes de sujeción.
- Tornillos de 2", 3" y 4".
- Listones y chapas de madera.
- Elementos adicionales: acabados, molduras, tapajuntas, etc.

Las **herramientas** requeridas para el montaje y desmontaje son:

- a) Eléctricas: taladro percutor, taladro de mano, lijadora de banda, cepillo manual.
- b) Mecánicas: cinta métrica, nivel, martillo, martillo de goma, cepillo, limas, sierra o segueta, escuadra, regla, destornilladores.

De acuerdo a la investigación experimental del montaje piloto, el equipo mínimo y referencia para estimación de tiempos y recursos, consta de:

Un (1) carpintero

Dos (2) ayudantes de carpintero

Para montar 72 m² /día

Proceso de Montaje

Se plantea un proceso sistematizado de montaje que permita una instalación sencilla, con un mínimo de operaciones en obra y eficiencia en cuanto a tiempos (ver figura 77). El proceso de montaje del sistema se divide en las siguientes etapas:

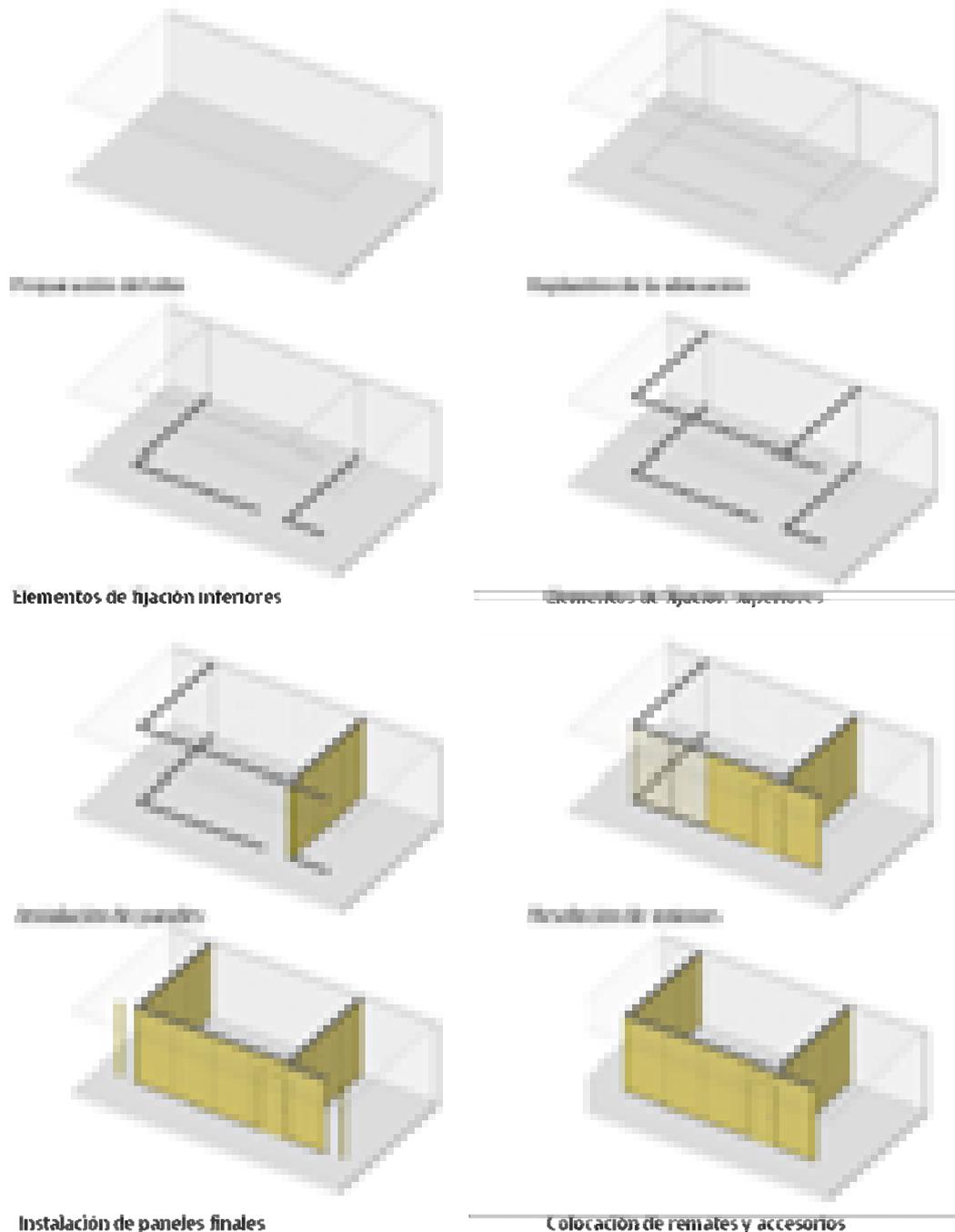


Figura 77. Esquema de montaje e instalación de paneles. Fuente: Elaboración propia, 2012.

1) Preparación del sitio.

Son todas las acciones previas que se deben realizar en la obra para proceder al montaje del sistema de cerramientos de manera correcta con un mínimo de imprevistos. Las superficies de piso y techo deben de estar limpias, niveladas y sin irregularidades. Luego de comprobar las dimensiones reales del sitio a tabicar, la concordancia con los planos de ubicación y demás especificaciones se replantea el recorrido del elemento de apoyo de la tabiquería directamente sobre piso acabado, y la ubicación del anclaje en la parte superior.

2) Instalación de elementos de fijación.

Una vez preparada la obra comienza la etapa de instalación de los elementos de fijación. Su correcta ubicación y dimensionamiento reviste un aspecto fundamental para el correcto ensamblaje de los paneles ya que delimitan los vanos verticalmente donde deben calzar los cerramientos para luego allí fijarlos. Se debe tener especial atención con la presencia de elementos estructurales, instalaciones o similares. Se plantean En la figura 78, los pasos a seguir para los elementos de fijación con secciones rectangulares de madera, y para los elementos de fijación-canalizaciones (ver figura 79).

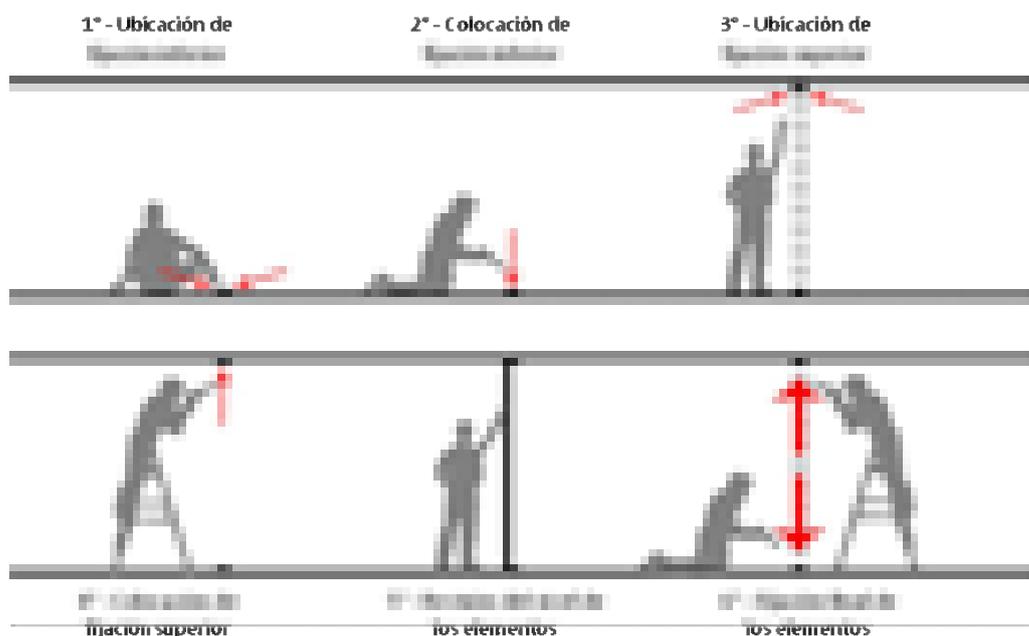
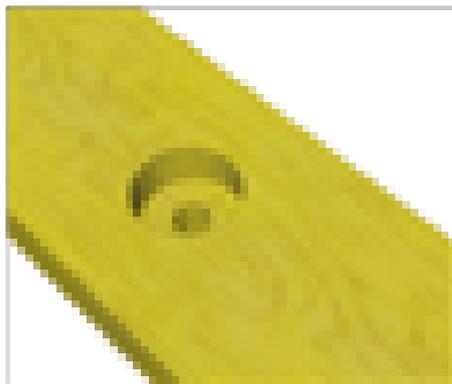


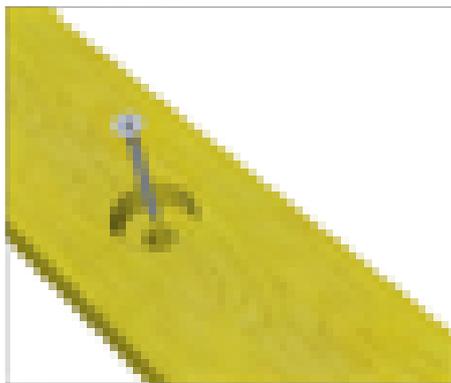
Figura 78. Serie de pasos para instalación de elementos de fijación. Fuente: Elaboración propia, 2012.



1) Define lugar de fijación, se marca en piso o techo.



2) Se hace una abertura y coloca el ramplús en losa de piso o techo



3) Se procede a colocar el elemento de fijación en su sitio



4) Se lleva a cabo la fijación final con tornillo de 3"

Figura 79. Instalación de elementos de fijación sección rectangular. Fuente: Elaboración propia, 2012.

Para el caso del elemento de fijación / canalización se presenta una situación particular que permite la simplificación del montaje del panel y su fijación en la ubicación final (ver figura 80). En este caso se integra el proceso de instalación de los elementos de fijación con la instalación de los paneles, usando estos últimos como elemento de apoyo, conjuntamente con la ayuda de un nivel, para la instalación en ubicación final del elemento de fijación superior.

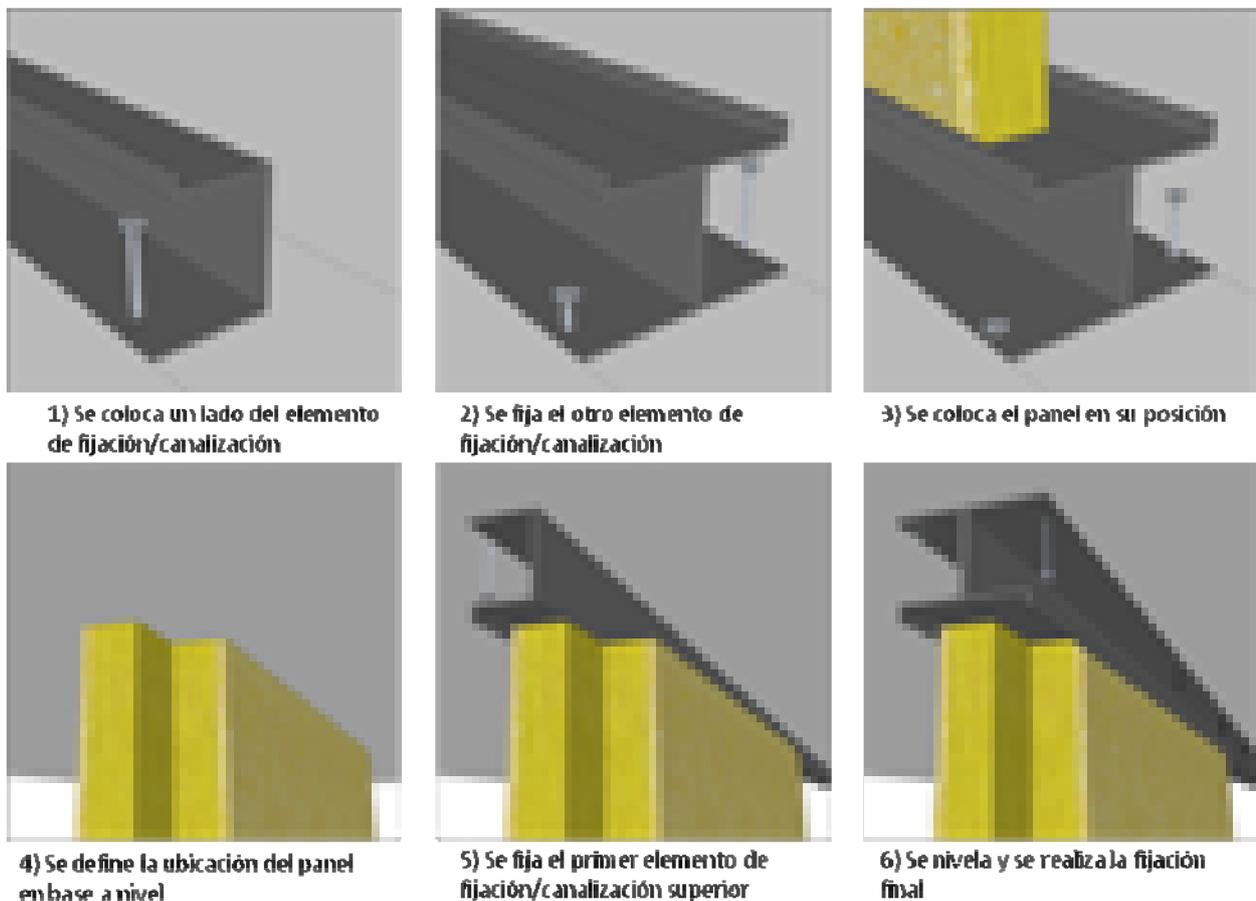


Figura 80. Esquema de instalación de elementos de fijación/canalización. Fuente: Elaboración propia, 2012.

3) Instalación de paneles con tableros de madera.

Una vez realizado el proceso de instalación de los elementos de fijación inferior y superior del sistema de cerramientos se procede a la etapa de montaje de los paneles. Debemos acotar que dentro del proceso de diseño del sistema se mantuvo la búsqueda de simplificación en el montaje, desarrollando uniones versátiles y métodos de ensamblaje simples. Todas las uniones son de <junta seca> mediante tornillos para permitir su posterior desmontaje y reutilización. En la figura 81 se observa un esquema de montaje en el que resalta una secuencia metódica para el montaje de paneles, conformando los planos de cerramientos y los recintos.

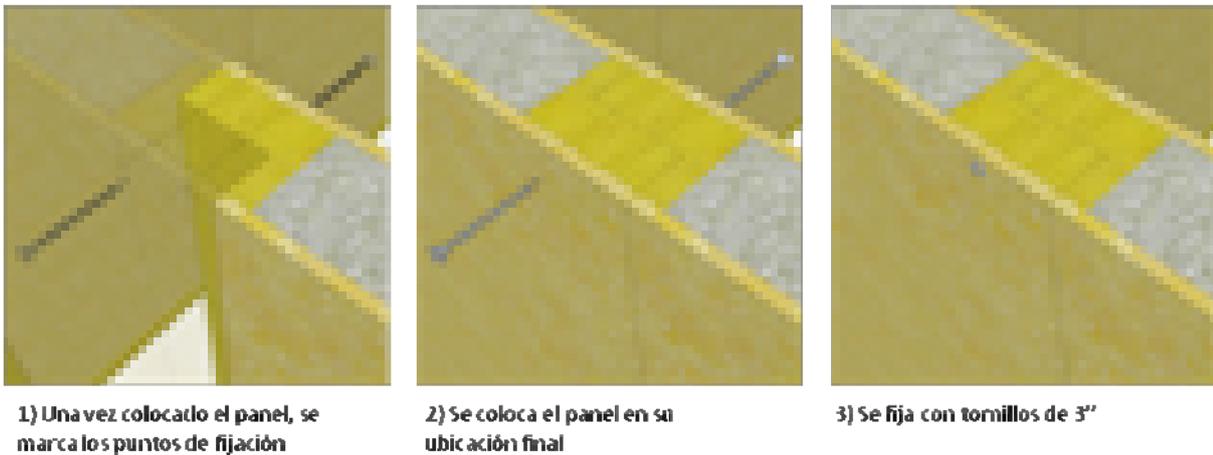


Figura 81. Esquema de instalación de paneles. Fuente: Elaboración propia, 2012.

4) Fijación de anclajes y remates finales

Una vez ubicados los paneles se procede a la fijación final a través de tiras de madera a ambos lados en la parte superior e inferior –como zócalo- (ver figura 82).

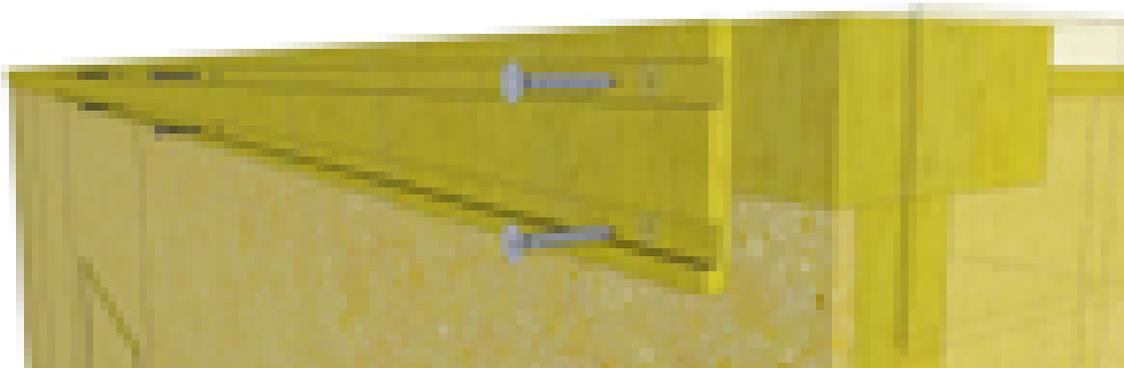


Figura 82 Fijación de anclajes y remates finales. Fuente: Elaboración propia, 2012.

5) Limpieza y organización del sitio.

Si bien el montaje del sistema de cerramientos propuesto prácticamente no produce desperdicios, debemos resaltar que para la adecuada gestión de residuos se debe hacer una clasificación de los mismos y un correcto almacenaje para su posterior reutilización, reciclaje o deposición.

Recomendaciones para el montaje / fortalezas y debilidades

- El proceso se debe realizar sistemáticamente bajo la coordinación del encargado de la obra, es importante comprender la relación del montaje con los sub-sistemas de la edificación: estructura, cerramientos exteriores, instalaciones, acabados, entre otros.
- Debe existir una continua supervisión para asegurar el correcto montaje de los paneles en términos de su geometría, asegurando que la continuidad de los planos este en escuadra y la dirección de los cerramientos sea la indicada.
- Se debe tener presente las indicaciones para solucionar discrepancias en las medidas entre componentes del sistema y la edificación que puedan llegar a existir
- Se plantea llevar a cabo en primer lugar el montaje de los paneles en su totalidad, previendo los puntos de instalaciones, para posteriormente llevar a cabo las canalizaciones y montaje de componentes.

Fortalezas:

- Al plantearse un sistema de cerramientos por junta seca existe la posibilidad de realizar modificaciones o corregir posibles errores y cambios que se produzcan en la obra sin generar desperdicio ni costos adicionales. De igual manera la colocación de las instalaciones en las canalizaciones previstas, a diferencia de cerramientos tradicionales, no implica demolición ni producción de escombros.
- Se reduce sustancialmente el tiempo de montaje considerando la cantidad de metros cuadrados que abarcan los paneles de cerramientos y la técnica de montaje. De igual manera se aventaja frente a otros cerramientos ya que los acabados finales pueden venir incluidos desde fábrica.

Debilidades:

- Al ser un sistema de cerramientos prefabricado, la coordinación con el resto del proyecto debe ser precisa para asegurar el correcto montaje, si bien existe un grado de adaptabilidad a situaciones constructivas especiales, se debe ser muy cuidadoso en este punto.
- Se debe asegurar una correcta protección a los paneles durante el manejo de los mismos en obra para evitar daños sobre los acabados finales.

Proceso de desmontaje

Se refiere a las acciones requeridas para los cambios, reparaciones, sustitución y remoción de partes o la totalidad. El desmontaje, por ser una acción opuesta al montaje, ha sido considerado y es variable primordial en el diseño del armado. Con otras palabras, el proceso de desmontaje está relacionado directamente con el montaje, ya que en línea general las acciones son prácticamente idénticas pero realizadas a la inversa. El proceso de desmontaje se divide en las siguientes etapas:

1) Remoción de los elementos de anclaje superior e inferior (por secciones)

Se procede en primer lugar a la remoción de los elementos de unión entre elementos de fijación y paneles de manera sistemática, en primer lugar por la parte superior y posteriormente la inferior. Finalmente el panel queda libre para la remoción de las uniones entre paneles (ver figura 83).

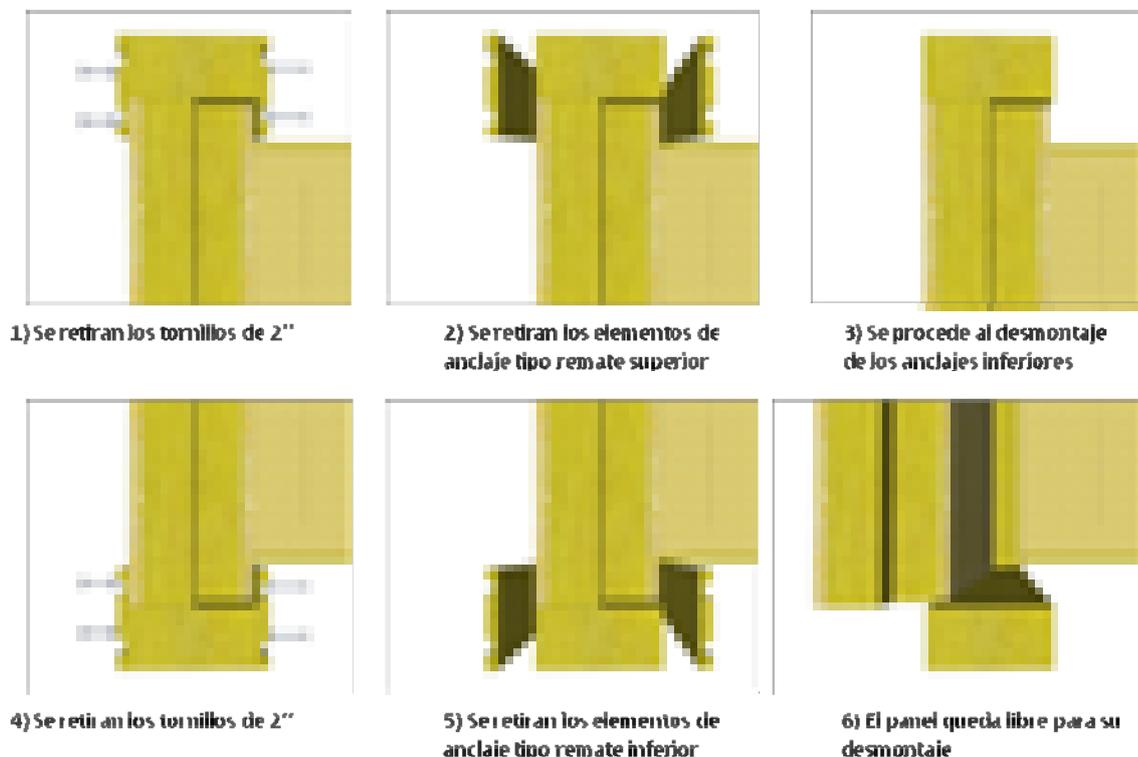


Figura 83. Proceso de desmontaje de elementos de anclajes. Fuente: Elaboración propia, 2012

2) Desmontaje de paneles y remates

Los paneles se desmontan desde las esquinas y finales de la tabiquería hacia el interior de los cerramientos, comenzando por los remates y posteriormente continuando con los paneles linealmente (ver figura 84).

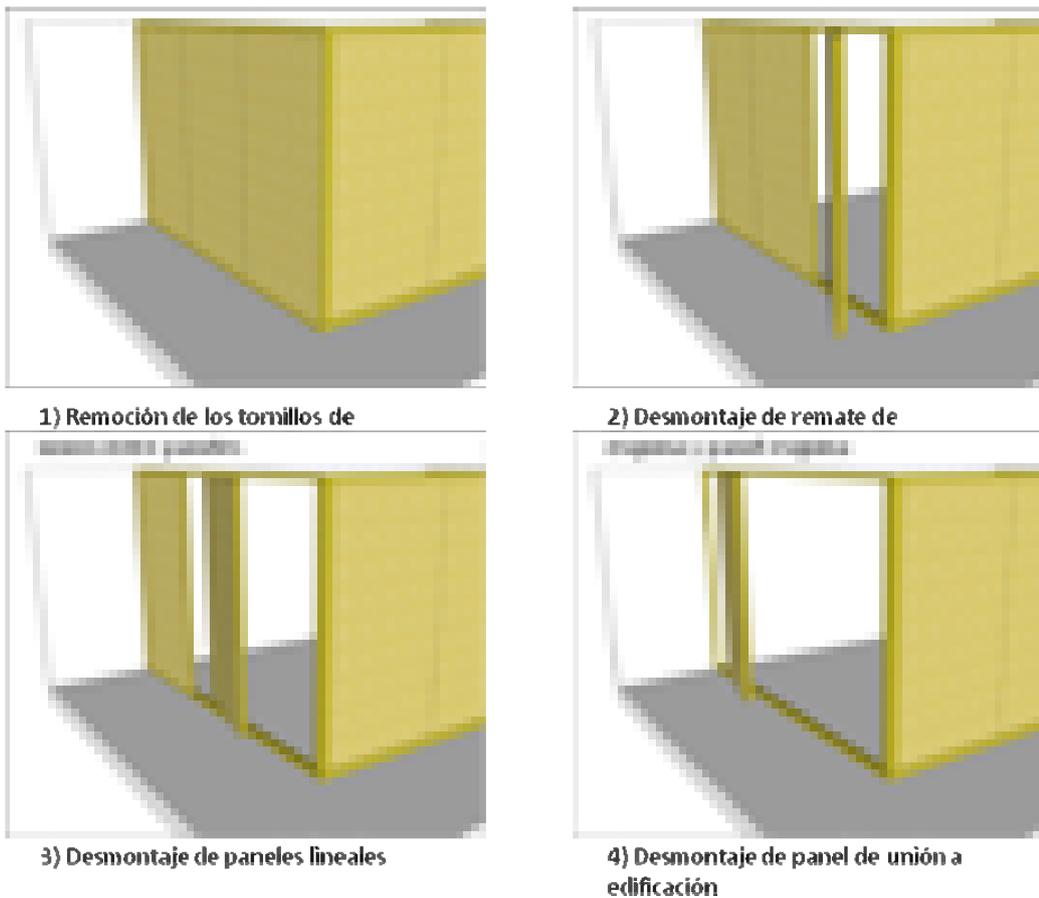


Figura 84. Proceso de desmontaje de elementos de anclajes. Fuente: Elaboración propia, 2012

3) Remoción de elementos de fijación superior e inferior

Finalmente se procede a la remoción de los elementos fijados a las losas de entrepiso. Al desmontar dichos elementos quedarán orificios producto del anclaje del sistema que deberán ser reparados dependiendo del tipo de acabado o elemento que exista en obra.

II.5.3. Mantenimiento, sustitución de partes y reutilización

Uno de los aspectos que consideramos de mayor importancia como aporte para una construcción sostenible y para el desarrollo de tecnologías apropiables por los usuarios está referido a sus posibilidades de mantenimiento y sustitución de partes.

En primer lugar debemos de señalar que durante la fase de diseño del sistema de cerramientos se tomaron medidas vinculadas a la protección por diseño de los componentes, entendiendo que los mismos están conformados mayormente por elementos de madera (tableros, listones, soleras). Sin embargo, existen medidas que se pueden llevar a cabo durante el ciclo de vida de los cerramientos que pueden llegar a aumentar su durabilidad en el tiempo: evitar la acumulación de agua u otro tipo de líquido en el piso durante la limpieza del mismo; evitar que de los puntos de instalaciones de agua como lavamanos, lavaplatos, lavaderos, etc. se produzcan botes de humedad; llevar a cabo un mantenimiento constante de las instalaciones.

En cuanto a las instalaciones, las dos alternativas de solución planteadas (a la vista y/o en el interior de panel) permiten a los usuarios de la tecnología hacer la revisión, de dichas acometidas, la figura 85 y 86 muestran los esquemas de revisión o visita para el mantenimiento preventivo o correctivo.

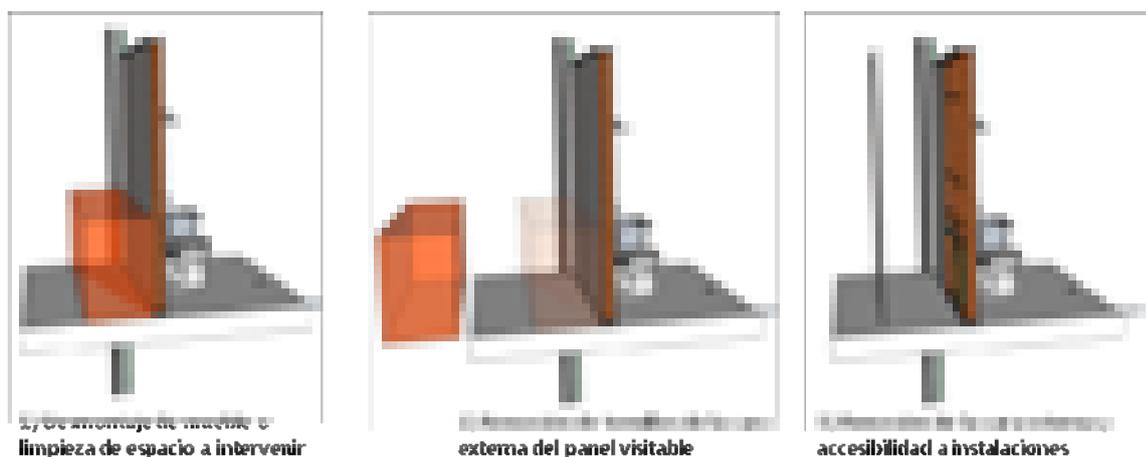


Figura 85. Esquema de desmontaje posterior. Fuente: Elaboración propia, 2013

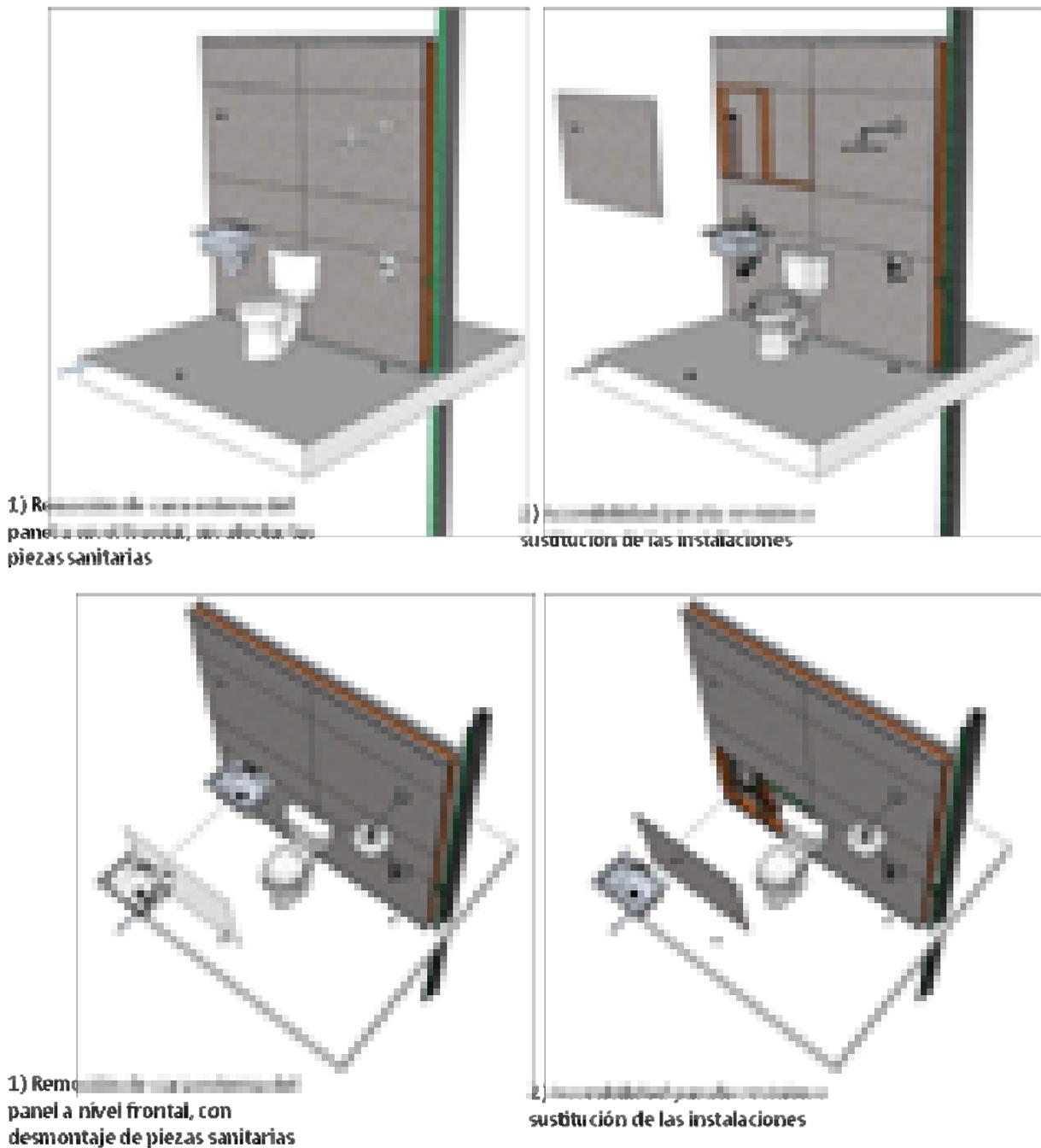


Figura 86. Esquema de montaje delantero. Fuente: Elaboración propia, 2013

En cuanto a la sustitución de componentes para su posterior reutilización, y entendiéndolo como parte fundamental del ciclo de vida de la vivienda y sus continuas modificaciones, el diseño del montaje de los cerramientos busca generar el menor

impacto sobre los componentes, al mantener los puntos de fijación en los límites inferiores y superiores del panel, permitiendo su reutilización sin reparaciones mayores (ver figura 87). En caso de que los cerramientos sufran accidentalmente algún tipo de daño, los mismos pueden o ser reparados con elementos como mastique, suplementos de madera, elementos con tableros o ser sustituidos por nuevos componentes tipo panel.

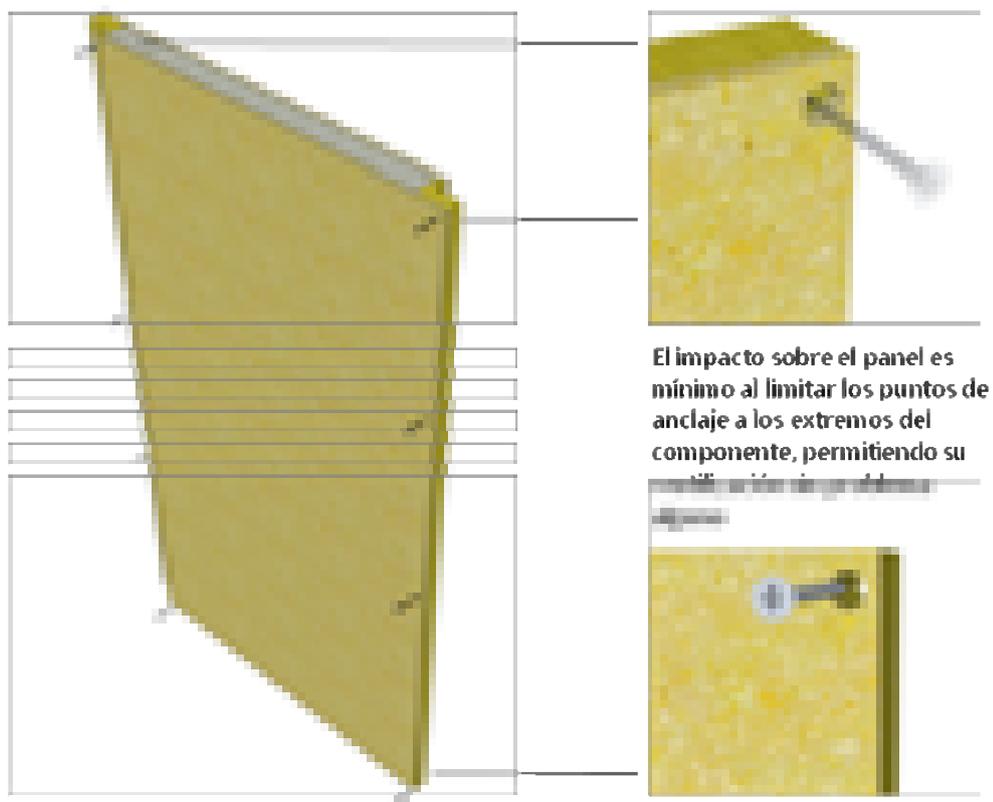


Figura 87. Impacto sobre el panel después de su utilización. Fuente: Elaboración propia, 2013

II.5.3. Estrategias de reciclaje

El sistema de cerramientos con tableros de madera busca sacar provecho de la vida útil de los elementos constructivos que lo conforman, permitiendo la reparación, modificación y reutilización de los mismos, y previendo de igual manera su potencial reciclaje a través de industrias productoras de materia prima forestal, generando de esta manera un circuito cerrado de bajo impacto ambiental (ver figuras 88 y 89) .

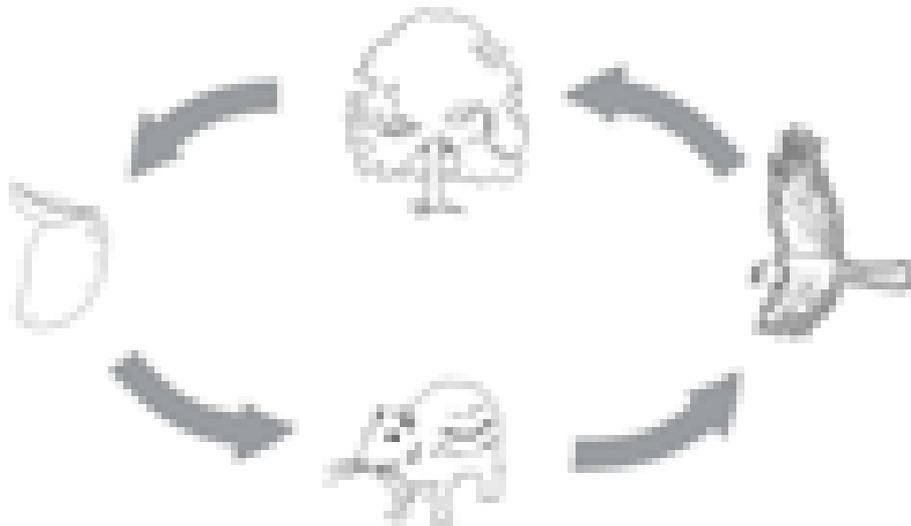


Figura 88. Ciclo Natural – El bosque provee el fruto que se convierte en alimento para el roedor, que a su vez es presa del ave, que subsiste en el mismo bosque. Fuente: Sanabria, Alcalde, Troconis, Rodríguez.

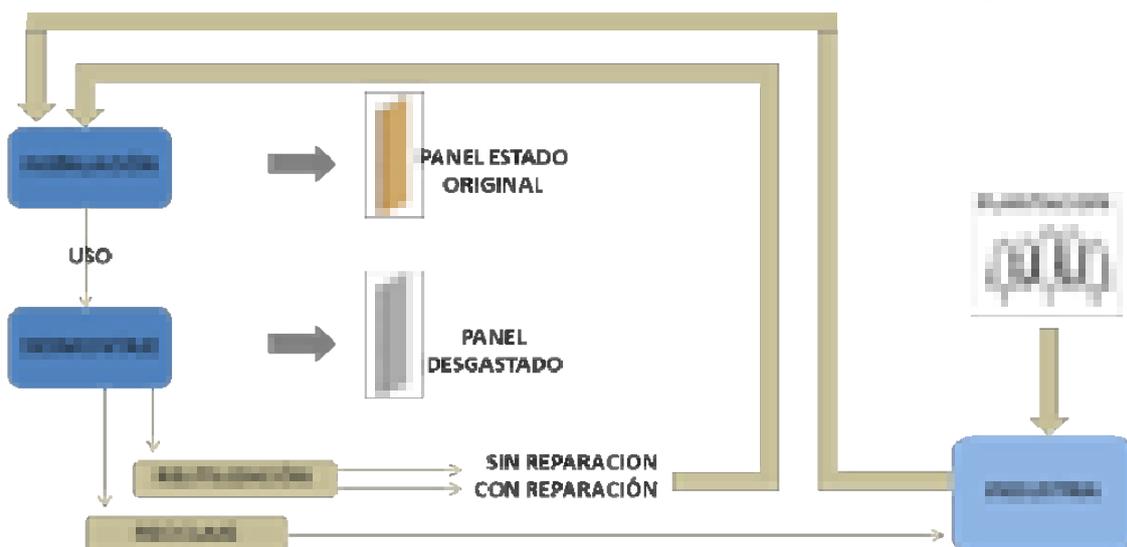


Figura 89. Impacto sobre el panel en su ciclo de vida. Fuente: Elaboración propia, 2012

A manera de resumen

A lo largo del capítulo se definen los principios y criterios conceptuales de una tecnología alternativa constructiva que busca generar un aporte en construcción sostenible y usos flexibles. El desarrollo de un sistema constructivo abierto, de cerramientos interiores con tableros de madera, nos permite comprobar el potencial que posee el material para conformar una alternativa constructiva en el contexto venezolano. De la información desarrollada en este capítulo resaltamos los siguientes puntos:

- El dimensionamiento de la propuesta se fundamenta en la coordinación modular como una herramienta de diseño pertinente para el desarrollo de tecnologías constructivas con materiales de la industria forestal como tableros y madera aserrada, permitiendo el aprovechamiento máximo con ‘cero desperdicio’.
- A través del análisis de diversos tipos de uniones secas pudimos obtener alternativas de solución posibles para el problema planteado, determinando ventajas y desventajas en función de la coordinación dimensional, el aprovechamiento del material, factibilidad para los procesos de fabricación no sofisticados, nivel de mano de obra, equipos y herramientas necesarias, entre otros.
- Los planteamientos de montaje y desmontaje del sistema están íntimamente ligados a la posibilidad de deconstrucción que se propone como principio fundamental de la propuesta dirigida a construcciones progresivas, brindando a los usuarios de la tecnología la posibilidad de mantenimiento, reutilización y reciclaje de los componentes constructivos a lo largo de su ciclo de vida.
- Se considera que los criterios de diseño y construcción para las instalaciones eléctricas y sanitarias son de suma importancia para lograr un aporte a la ejecución y funcionamiento correcto del sistema de cerramientos interiores planteado, del análisis realizado se obtienen soluciones preliminares que deberán ser corroboradas experimentalmente en futuras etapas del trabajo, pero que sin duda alguna, revisten gran potencial en la integración entre cerramientos e instalaciones para vivienda, proponiendo prácticas innovadoras vinculadas al mantenimiento y deconstrucción.

Referencias Bibliográficas Capítulo II

ACOSTA, Domingo. CILENTO SARLI, Alfredo. (2007). Edificaciones Sostenibles: estrategias de investigación y desarrollo. Instituto de Arquitectura Tropical.

CILENTO SARLI, Alfredo. (1999). Cambio de paradigma del hábitat. Universidad Central de Venezuela. Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico. Instituto de Desarrollo Experimental de la Construcción. Caracas, Venezuela.

CILENTO SARLI, Alfredo. (2007). Hogares sostenibles de desarrollo progresivo. Instituto de Arquitectura Tropical.

CLOQUELL BALLESTER, Vicente Agustín. CONTRERAS MIRADA, Wilver. OWEN DE CONTRERAS, Mary Elena. (2005). La Madera y los productos forestales en sistemas estructurales: aspectos técnicos y medioambientales. Universidad de los Andes, Venezuela / Universitat Politècnica de Valencia.

CONTI, Antonio. (2004). Cerramientos con madera, de junta seca, para viviendas progresivas. Tecnología y Construcción. Vol. 20-I, 2004. Pp. 39-50.

COVENIN. (1988). Normas Sanitarias. Gaceta Oficial de la República de Venezuela. N°4044 Extraordinario. Caracas, 1988.

DEPLAZES, Andrea. (ED.) (2005). Construir la Arquitectura, del material en bruto al edificio, un manual. Editorial Gustavo Gili. Barcelona, 2008.

EDWARDS, Brian. (2005). Guía Básica de la Sostenibilidad. 2da revisión revisada y ampliada. Editorial Gustavo Gili. Barcelona, 2008.

GRAU ENGUIX, Joaquín. VERD HERERRO, Antonio. GUTIERREZ GUITIAN, María V. (1979). Aplicaciones del Tablero Aglomerado en la Construcción. ODITA (Asociación Nacional de Fabricantes del Tablero Aglomerado). Madrid, España.

HEMPEL, Ricardo. POZO SALGADO, Mario. (1988). Cuaderno N°9 Aislación Acústica en Tabiques, Edificación en Madera. Universidad del Bío-Bío. Chile.

HENN, Walter. (1971). Tabiques. Problemas técnicos y ejemplos. Editorial GG. Barcelona. 1971.

LUGO, Argenis. (2003). Utilización de madera de pino caribe de pequeños diámetros para la producción de componentes constructivos: una tecnología constructiva sostenible. Tesis de Grado para optar para el título de Msc. IDEC/FAU/UCV.

KONCZ, Tihamér.(1977). Construcción Industrializada. H. Blume Ediciones. Madrid.

MAÑÁ i REXACH, Fructuos, GONZALEZ i BARROSO, Josep, SAGRERA i CUSCÓ, Albert. (2000). Manual de minimización y gestión de residuos en las obras de construcción y demolición. ITEC, Barcelona.

MOLINA PEÑALOZA, Ricardo. (2005). Viviendas de interés social de madera en Venezuela: dos casos particulares. Universidad del Bío-Bío. Facultad de Arquitectura, Construcción y Diseño. Trabajo de grado para optar al título de Magíster en Construcción en Madera. Concepción. 2005.

ROSALES, Luis. (2007) Física de las Edificaciones. Tema 3: Transferencia de calor en edificaciones. IDEC/FAU/UCV.

Referencias Electrónicas Capítulo II

CORMA, Corporación Chilena de la Madera. Construcción de viviendas con madera. Unidad 15. Protección contra el fuego.

<http://www.cttmadera.cl/2007/03/31/la-construccion-de-viviendas-en-madera/>

(Revisado 08 de junio de 2012, 9:56 am)

Facultad de Arquitectura de la Universidad Central de Venezuela. COVENIN criterios y acciones mínimas para el proyecto de edificaciones.

http://www.fau.ucv.ve/idec/normas_construccion/Norma2002_8_CRITERIOS.pdf

(Revisado 06 de junio de 2012, 12:53 pm)

Tableros de madera.

http://www.cscae.com/area_tecnica/aitim/actividades/act_paginas/libro/09%20Tableros%20en%20general.pdf

(Revisado el 25 de julio de 2011, 06:53 pm)

Casas de madera: Aislamiento.

http://www.infomadera.net/uploads/descargas/archivo_9_Libro%20Casas%20de%20madera%20Aislamiento.pdf

(Revisado el 29 de noviembre 2011, 8:38 pm)

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PANEL SANDWICH

www.panelsandwich.org

(Revisado 14 de febrero de 2012, 12:35 pm)

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS THERMOCHIP

www.thermochip.com

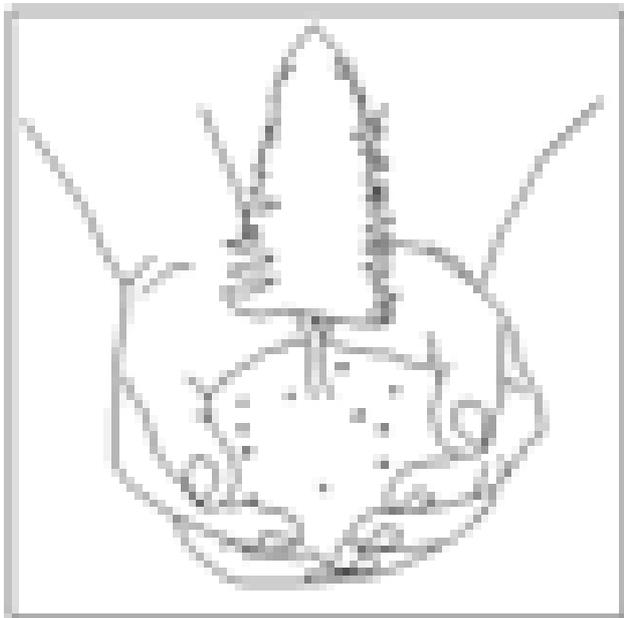
(Revisado 14 de febrero 2012, 12:35 pm)

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS MASISA HR

www.masisa.com.ve

(Revisado 16 de mayo de 2012, 11:34 am)

CAPÍTULO III
COMPROBACIONES
EXPERIMENTALES DE LA
PROPUESTA



“En países como Venezuela la producción de conocimientos se ha localizado –y seguirá localizando- en la academia (Gibbons, 1998) y de ellos no ha escapado la producción de conocimiento y de innovaciones en el sector productivo de la industria de la construcción que, en su mayoría, se ha generado en las universidades, específicamente en sus centros de investigación y desarrollo (I+D). La siguiente tarea de esos centros es que ese conocimiento se traspase y sea apropiado socialmente”.

**CONTI, Antonio. “Cerramientos con madera, de junta seca, para viviendas progresivas”.
Rev. Tecnología y Construcción Vol. 20-I. 2004. Pág. 39.**

“Si el conocimiento científico y tecnológico es tan trascendente para la sociedad, entonces la dirección y sentido de la ciencia y la investigación deben ser abiertas a escrutinio público, deben ser objeto de planificación y diseño. La planificación y el diseño son propias de la sociedad, de lo político, en el sentido de la polis: son actividades en las que se producen planes para resolver problemas que atañen al público”

**ACOSTA, Domingo. “Arquitectura y construcción sostenibles: conceptos, problemas y estrategias”.
Rev. Dearquitectura. Universidad de los Andes. Colombia. 2009. Pág. 16**

CAPÍTULO III – Comprobaciones experimentales de la propuesta

Introducción

Una vez definidas las bases para el desarrollo del *sistema de cerramientos con tableros aglomerados y madera*, nos enfrentamos con la etapa final de la investigación, dedicada a corroborar experimentalmente los aspectos de mayor relevancia de la propuesta.

Para ello se llevó a cabo el análisis de especificaciones técnicas y caracterización del componente tomando como referencia los resultados de las pruebas de ensayos realizadas con anterioridad en el IMME a paneles de idénticas características al aquí planteado. Además se analizan ensayos de producción y montaje de modelos realizados durante y al final la investigación; análisis preliminar de costos comparándolos con otras tecnologías de cerramientos; y finalmente un estudio de aplicabilidad de la propuesta en proyectos de arquitectura para viviendas progresivas / flexibles. Es importante resaltar que la metodología utilizada en esta etapa de la investigación es de tipo experimental, adicionalmente a las verificaciones parciales llevadas a cabo durante el trabajo y mediante comparaciones con estudios de procesos parecidos al planteado, elaborando modelos y maquetas como comprobaciones sucesivas de hipótesis, procedimientos éstos intrínsecos a toda investigación (ver figuras 90, 91 y 92).

La elaboración de las maquetas de estudio permitió comprobar las hipótesis planteadas a nivel teórico en el capítulo II del trabajo, principalmente en términos de fabricación y ensamblaje de las uniones, tema fundamental de la propuesta ya que sobre él recaen las responsabilidades vinculadas a las premisas sostenibles establecidas para el sistema de cerramientos como desmontaje, reutilización, cero desperdicios, entre otros.



Figura 90. Maquetas de estudio – Unión lineal rectangular. Fuente: Elaboración propia, 2011.

MAQUETAS DE ESTUDIO

UNIÓN EN 'L'



UNIÓN LINEAL EN 'L'
ESCALA 1:2



DETALLE DE JUNTA

UNIÓN TRIANGULAR



UNIÓN TRIANGULAR
ESCALA 1:2



DETALLE DE JUNTA

Figura 91. Maquetas de estudio – Unión en 'L' y unión triangular. Fuente: Elaboración propia, 2011.



Figura 92. Maquetas de estudio – Panel y elementos de fijación. Fuente: Elaboración propia, 2011.

III.1. VALIDACIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS FÍSICOS

III.1.1. Análisis de ensayos físicos

Para analizar el comportamiento de los componentes frente a sus requerimientos físicos tomamos como referencia los ensayos realizados en el IMME a “paneles compuestos por dos cubiertas de trozos de madera comprimida unidas por medio de resina y presión; y como relleno entre las cubiertas se tiene poliestireno expandido” (IMME, 2010, p. 1), componentes de características idénticas a los propuestos para nuestro sistema de cerramientos. Cabe resaltar que para esos ensayos se utilizaron tableros OSB con estándares de calidad no especificados por cuanto es lo que se encontró en el mercado para el momento de la fabricación de las probetas, como explica ese mismo informe en la página 2: “las caras del panel están conformadas por dos (2) laminas de madera compuesta elaboradas por trozos de madera unidas con resina y presión de 2,42 m de largo, 1,20 m de ancho y 10,0 cm de espesor nominal”.

III.1.1.1. *Ensayos de impacto, flexión y compresión (IMME informe técnico # 311315, 2010). Según norma ASTM E-72.*

En primer lugar se llevaron a cabo ensayos de resistencia al impacto horizontal, flexión y compresión longitudinal (ver figuras 93, 94 y 95). Del informe elaborado resaltamos que “con base en los resultados obtenidos, los paneles suministrados presentaron un buen comportamiento físico ante la magnitud de las sollicitaciones aplicadas sobre estos” (IMME, 2010, p. 28).

En cuanto al ensayo de impacto realizado al panel se pudo observar un buen comportamiento obteniendo resistencias de hasta 83,70 Kgf por metro sin presentar fallas (ver cuadro 28). En cuanto al ensayo de flexión se obtuvo una carga máxima promedio soportada de 686 Kgf/ml y una alta flexibilidad sin presencia de grietas. Para el ensayo de compresión longitudinal se alcanzo una carga máxima promedio de 10333 Kgf presentando un comportamiento rígido ante dichas sollicitaciones (IMME, 2010, p. 27).



Figura 93. Ensayo de impacto horizontal. Fuente: IMME, 2010.



Figura 94. Ensayo de flexión. Fuente: IMME, 2010.



Figura 95. Ensayo de compresión. Fuente: IMME, 2010.

ensayo	masa (kg)	altura (m)	energía absorbida (kJ/m²)	estructura
i	17,2 kg	1,20 m	61,28 kJ/m²	no presentada falla
ii	18,2 kg	1,20 m	61,33 kJ/m²	no presentada falla
iii	17,2 kg	1,20 m	61,78 kJ/m²	no presentada falla
iv	18,2 kg	1,20 m	58,85 kJ/m²	no presentada falla

Cuadro 28. Resultados del ensayo de compresión. Fuente: Elaboración propia con base en datos de IMME, 2010.

Aunque no existen especificaciones normativas mínimas de impacto, flexión y compresión para cerramientos no estructurales, los resultados obtenidos aseguran no solo un comportamiento adecuado ante las posibles sollicitaciones sísmicas y de impacto para cerramientos interiores, sino también el potencial que revisten dichos componentes para su uso estructural en futuras propuestas.

III.1.1.2. Ensayo ciclos calor-humedad (IMME informe técnico # 311315, 2010).

En segundo lugar se llevaron a cabo ensayos de ciclos calor-humedad a “cinco (5) trozos de muestras de 30 x 30 cm las cuales se sometieron a la acción del calor y humedad por un tiempo de 24 horas en cada ambiente efectuándose el peso y observaciones organolépticas al finalizar cada período”(IMME, 2010, p. 17). De acuerdo a los informes elaborados, en la página 27, se resalta que “Las muestras ensayadas en el primer ciclo presentaron deformaciones en su estructura original, entre los que tenemos, hinchamiento de las laminas de recubrimiento y desprendimiento entre los trozos de madera que conforman el panel, en el segundo ciclo se produjo ablandamiento de la superficie de las laminas producido por el agua, para el tercer ciclo se produjo un cambio de color de amarillo claro a marrón muy claro lo que indica un envejecimiento y degradación acelerado del material de recubrimiento” (ver figura 96).



Figura 96. Ensayo ciclos calor-humedad. Fuente: IMME, 2010.

En base a los ensayos realizados podemos observar que mientras el relleno de poliestireno expandido mantiene sus propiedades, los tableros que conforman las caras externas de panel sufren un alto grado de deterioro, principalmente en los bordes y cantos de los tableros, donde se lleva a cabo el mayor intercambio de humedad. Averiguaciones adicionales, posteriormente con el proveedor de las láminas de OSB se comprobó que el material era del menor costo y de acuerdo a la información del fabricante, ese nivel de calidad no incluía aditivos ignífugos y en sus especificaciones capacidad hidrófuga.

III.1.1.3. *Ensayo de resistencia al fuego. (IMME informe técnico # 311315, 2010). Según norma ASTM E119-81.*

Los ensayos de resistencia al fuego donde “se tomaron tres (3) trozos paneles de 1,21 de ancho y 60 cm de longitud los cuales se sometieron a la acción del fuego por una de las cara del panel con crecimiento lento y progresivo de la temperatura, manteniendo la llama en contacto con la cara expuesta, desde la temperatura ambiente hasta la máxima reportada, ajustada a la curva de crecimiento de temperatura establecida en la Norma ASTM E119-81 y efectuándose simultáneamente lecturas de temperatura en la cara expuesta y no expuesta del panel” (IMME, 2010, pp. 22-23).

Del ensayo realizado se resalta lo siguiente; la aparición de una mancha negra de 11cm de diámetro a los tres (3) minutos; un incremento de dicha mancha a 26cm de diámetro al igual que aparición de humo del poliestireno a los seis (6) minutos; a los once (11) minutos la cara expuesta del panel se encuentra calcinada y empieza a incendiarse, la mancha negra aumenta a 40cm de diámetro; a los veintitrés (23) minutos la llama se extiende a todo el panel y la cantidad de humo es excesiva; a los treinta (30) minutos se detiene el ensayo debido al exceso de humo emanado y que la muestra se encuentra completamente incendiada (IMME, 2010, p. 26).

Como podemos observar en las imágenes de ensayo (ver figura 97) y la descripción de los resultados antes expuestos, los componentes presentan una resistencia al fuego menor a treinta (30) minutos. Tomando como referencia la clasificación para elementos constructivos de la normativa chilena (Corma, p. 379), podemos definir que los paneles ensayados tienen una resistencia F-15 (15 min de resistencia al fuego), aunque a través de las características de los tableros y estrategias de protección pueden llegar a cumplir una resistencia F-30 (30min de resistencia al fuego).



Figura 97. Ensayo de comportamiento al fuego. Fuente: IMME, 2010.

III.1.2. Análisis de especificaciones técnicas de los componentes

III.1.2.1. Comportamiento térmico de los cerramientos.

En cuanto a la transferencia de calor de los componentes se realizó un análisis comparativo entre las propiedades térmicas de los materiales que componen la propuesta y otros cerramientos tradicionales. A continuación se presenta la tabla de propiedades térmicas diversos materiales en los cuales están resaltados aquellos utilizados en la propuesta (ver cuadros 29 y 30).

Cerramiento	Conductividad térmica (W/mK)	Densidad (kg/m ³)	Calor específico (J/kgK)	Capacidad térmica (kJ/m ² K)	Almacenamiento térmico (kJ/m ²)
MADERAS					
Madera de pino (pino radiata sec.)	0,12	500	1700	0,12	0,12
Madera de pino (pino radiata húmeda)	0,17	500	1400	0,17	0,17
Cerramiento de pino	0,12	500	1700	0,12	0,12
Cerramiento de pino húmedo	0,17	500	1400	0,17	0,17
Aglomerado	0,12	800	1700	0,12	0,12
MAMPOSTERÍA					
Mongo de ladrillo de concreto	0,7	1700	800	0,7	0,7
Mongo de ladrillo de arcilla	0,7	1700	800	0,7	0,7
Mongo de aglomerado de cemento (100 kg)	0,7	800	800	0,7	0,7
Ladrillo concreto	0,7	1700	800	0,7	0,7
Ladrillo de arcilla	0,7	1700	800	0,7	0,7
PASTAS Y MORTEROS					
Mortero de concreto	0,7	1700	800	0,7	0,7
Ladrillo de yeso	0,2	800	700	0,2	0,2

Cuadro 29. Propiedades de materiales y cerramientos para maderas, mampostería y pastas y morteros. Fuente: Rosales (2008).

Cerramiento	Conductividad térmica (W/mK)	Densidad (kg/m ³)	Calor específico (J/kgK)	Capacidad térmica (kJ/m ² K)	Almacenamiento térmico (kJ/m ²)
PANELES COMUNES					
Panel de fibrocemento	0,12	1000	1700	0,12	0,12
Panel de ladrillo concreto	0,7	1700	800	0,7	0,7
Panel de yeso seco	0,2	800	700	0,2	0,2
MATERIALES AISLANTES					
Poliestireno expandido (tipo estándar)	0,04	20	1000	0,04	0,04
Poliestireno expandido (densidad reducida)	0,04	24	1000	0,04	0,04
Poliestireno expandido (tipo estándar)	0,04	20	1000	0,04	0,04
Poliestireno extruido	0,04	20	1000	0,04	0,04

Cuadro 30. Propiedades de materiales y cerramientos para paneles comunes y materiales aislantes. Fuente: Rosales (2008).

En cuanto a los paneles tipo sándwich, al existir un alma de poliestireno expandido ($c=0.038$) las propiedades aislantes del cerramiento son bastante efectivas, sin embargo es importante entender las implicaciones que esto conlleva en términos de asegurar una buena ventilación y evitar la acumulación de calor en espacios cerrados. Para el caso de entramados de madera, al funcionar como una 'caja', los espacios internos pueden ser rellenos de diversos materiales para aumentar el aislamiento, si este fuera el caso.

III.1.2.1. Comportamiento acústico de los cerramientos.

No se ha podido realizar mayores averiguaciones para hacer un estimado fehaciente de la respuesta del sistema planteado en cuanto a aislamiento acústico. Para ello, además de los aparatos idóneos, cámara de insonorización y demás recursos, sería necesario construir un modelo suficientemente equipado para evaluar niveles de transmisión y traspaso sonoro de juntas verticales y horizontales, y del panel en sí.

Una alternativa para evaluar la capacidad acústica de los cerramientos es a través de la ley de masas, la cual indica que a mayor masa existirá mayor aislamiento, sin embargo para la propuesta de paneles conformados por diversas capas de tableros y aislantes, el principio no aplica por la heterogeneidad del cerramiento. De acuerdo a la AITIM Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera (www.infomadera.net, p.529) "...tradicionalmente se ha aceptado que los entramados de madera son deficientes aislantes del ruido en comparación con los materiales pesados como el ladrillo o el hormigón...Esto era así porque el aislamiento acústico se asocia al concepto de masa...Sin embargo las construcciones ligeras, si se diseñan con principios adecuados, pueden lograr los mismos o mayores estándares de calidad que la construcción tradicional..."

La normativa vigente venezolana tampoco establece especificaciones para los distintos tipos de cerramientos de una vivienda y sus requerimientos acústicos. La Normativa Chilena NCH 0352 (1961, CORMA, p.360), define que "...los muros de fachadas y los medianeros de edificios, lo mismo que tabiques interiores, establecen límites entre las

diferentes casas, departamentos u oficinas... deben consultarse a fin de asegurar un aislamiento acústico de 35db como mínimo...”, esto nos da un indicador para futuras investigaciones de los índices que se deben alcanzar.

III.1.3. Cumplimiento de los requerimientos físicos

- En cuanto a estabilidad y resistencia, los resultados de los ensayos del IMME sugieren profundizar la posibilidad de un uso estructural como paneles portantes en futuras investigaciones.
- En cuanto a los ciclos de calor humedad, a diferencia de los tableros utilizados en los ensayos (OSB inadecuado por la ausencia de aditivos hidrófugos), se propone la utilización de tableros Masisa HR®, —actualmente disponible en el mercado—y con garantía de resistencia ante la acción del agua por el fabricante. Recordemos que las probetas se fabricaron con el OSB disponible en ese momento en el mercado con propiedades y características desconocidas y, por los resultados, no adecuadas al fuego y humedad. Cabe resaltar que en las pruebas realizadas se puede apreciar que el mayor intercambio de humedad se da a través de los cantos, donde a través de la protección por diseño de las juntas que se proponen para el sistema de cerramientos se reduce considerablemente la vulnerabilidad ante la acción de los ciclos calor-humedad.
- En cuanto al tema de la protección ante el fuego debemos resaltar que la normativa vigente venezolana no establece especificaciones de resistencia para las distintas configuraciones de cerramientos como cortafuegos, zonas de seguridad, división entre unidades, soportantes, estructurales, tabiquería liviana, etc. Tomando como referencia la normativa chilena podemos observar que para tabiques no estructurales el requerimiento del material es de resistencia entre F-30 y F-15 (Varían entre 15 y 30 minutos de resistencia al fuego del componente) por lo cual los paneles propuestos cumplen con dichas especificaciones. Sin embargo debido a la ausencia de una cultura constructiva con madera en Venezuela existe un índice de vulnerabilidad que se debe considerar. Por ejemplo, mediante la actualización de

la normativa de incendios para la protección activa como extintores de fuego, detectores de humo y otros, para asegurar la integridad física de los habitantes y usuarios. Otra alternativa es la creación de apartados o guías que especifiquen los requerimientos mínimos para la protección contra incendios en edificaciones con madera.

- En cuanto a la transferencia de calor de los componentes se resaltan sus características aislantes comprobadas, lo cual es una característica muy interesante en el diseño de las soluciones habitacionales por parte de los proyectistas. Al tratarse de cerramientos internos, y considerando el contexto climático de Venezuela se debe asegurar la correcta ventilación cruzada de los espacios para evitar acumulaciones de calor en recintos específicos, si este fuera el caso.
- En cuanto al aislamiento acústico queda para futuros trabajos realizar ensayos que permitan determinar el índice de debilitamiento acústico de los componentes. De igual manera, referenciándonos en el *Listado Oficial de Soluciones Constructivas para el Aislamiento Acústico* (MINVU – DITEC, 2005, p. 33), podemos observar que a través del tratamiento de los tabiques con materiales aislantes como la lana de vidrio, paneles elaborados con tableros de madera y poliestireno expandido pueden alcanzar un aislamiento acústico de hasta 46 dB (ver anexo 1).

III.2. PROCESO DE PRODUCCIÓN

Se realizaron modelos y ensayo de producción de la tecnología a escala artesanal, en el taller de carpintería de la empresa *Diseños Safari c.a.*, ubicado en la entrada a la carretera vieja de las minas, urbanización Santa Inés, local C-1. Se simuló la factibilidad de producción y montaje para talleres de carpintería pequeños – medianos, no industriales y equipos de montajes manuales con herramientas comunes. Se obtuvieron resultados preliminares en cuanto a descripción de los procesos de producción, maquinarias y herramientas requeridas, tiempos de fabricación y montajes, y observaciones y recomendaciones.

III.2.1. Investigación experimental del proceso de producción artesanal

Se llevó a cabo a escala real la fabricación de los diversos componentes que conforman el sistema de cerramientos interiores.

- a) Componente cerrado: un (1) panel tipo entaborado de dimensiones 240 x 80 x 10 cm compuesto por un bastidor de madera donde se atornillan las dos caras de tableros.
- b) Elementos de fijación: dos (2) tablas de sección 10 x 2,5 (cm) a ser anclados a piso y techo de madera.
 - *Locación del trabajo.* taller de fabricación de muebles de la empresa Diseños Safari C.A. ubicado en los galpones C-1, de la carretera vieja de las Minas, Edo. Miranda, en el mes de junio del 2012.
 - *Equipamiento del taller.* Se trata de un taller de mecanización media que cuenta con diversas sierras (Circular, de cinta y trozadora), rectificadoras, fresadoras, tornos, entre otros.
 - *Insumos utilizados.* Tableros de MDF 9mm y madera de cedro.
 - *Equipos utilizados.* Rectificadora, sierra de circular de mesa.
 - *Mano de obra.* Carpintero y ayudante carpintero.

El trabajo, motivo para la comprobación a pequeña escala, se dividió en las siguientes etapas: recepción, selección y organización de insumos y materiales; precorte de los elementos del bastidor de madera; revisión de medidas, cortes a la medida y presentación de uniones; ensamblaje del bastidor de madera; montaje tablero y remate final del panel; fabricación de elementos de fijación. Cada una de estas etapas se encuentra descrita a continuación en las figuras 98, 99 y 100.

RECEPCIÓN Y ORGANIZACIÓN DE LOS INSUMOS Y MATERIALES

TIEMPO: 6 min.

- Se reciben los materiales y se descargan del medio de transporte.
- Se lleva a cabo una revisión para asegurar la calidad de la entrega.
- Se organiza y almacena en base a la secuencia de trabajo establecida.



PROCESAMIENTO PRELIMINAR

TIEMPO: 5 min.

- La madera a utilizar es procesada preliminarmente para obtener las secciones de trabajo.
- Se rectifica en escuadra para poder trabajar secciones rectas.



FABRICACIÓN DE LOS ELEMENTOS DEL BASTIDOR DE MADERA

TIEMPO: 20 min.

- Las secciones procesadas previamente se rectifican hasta obtener la sección final de trabajo.
- Las piezas son cortadas a lo largo a las medidas establecidas.
- Se llevan a cabo las muescas y cortes requeridos para el ensamblaje



Figura 98. Comprobación Experimental de la Producción (1). Fuente: Elaboración propia, 2011.

REVISIÓN DE MEDIDAS Y PRESENTACIÓN DE UNIONES

TIEMPO: 10 min.

- Se revisan las medidas de todos los elementos
- Se llevan a cabo los ajustes necesarios
- Se presentan todas las uniones para comprobar su compatibilidad.



ENSAMBLAJE DEL BASTIDOR

TIEMPO: 10 min.

- Se colocan los elementos sobre una mesa de trabajo.
- Se presentan las uniones y se llevan manualmente a su posición, para luego encolarlas.
- Con el uso de prensas se llevan las uniones a su posición final



Figura 99. Comprobación Experimental de la Producción (2). Fuente: Elaboración propia, 2011.

FABRICACIÓN DE ELEMENTOS DE FIJACIÓN

TIEMPO: 4 min.

- Utilizando las secciones procesadas durante la fabricación del bastidor se revisan las medidas.
- Se procede a hacer los cortes a las medidas establecidas.



MONTAJE FINAL DEL PANEL

TIEMPO: 10 min.

- Se presenta el tablero seleccionado.
- El tablero es colocado en posición
- Con el uso de un taladro mecánico y tornillos se fija el tablero al bastidor.

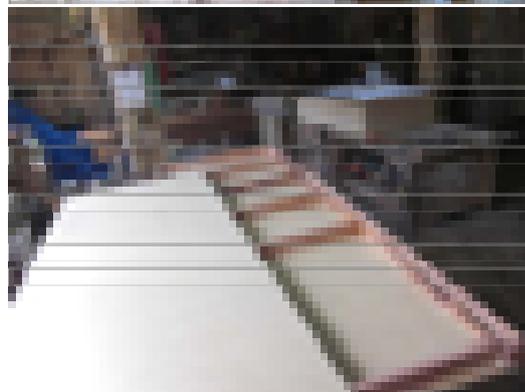


Figura 100. Comprobación Experimental de la Producción (3). Fuente: Elaboración propia, 2011.

III.2.2. Resultados y recomendaciones para la producción a escala artesanal.

Una vez realizado el trabajo-ensayo de producción artesanal a escala 1:1, se obtuvieron los tiempos promedios de las ‘operaciones tipo’ (o de las etapas generales) del proceso de producción manual de un panel de cerramiento con dos carpinteros, maestro y ayudante (ver cuadro 31).

ETAPAS DE LA PRODUCCIÓN	TIEMPO
Recepción / Revisión / Organización del material	5 min
Fabricación de elementos para bastidor	20 min
Revisión de medidas y uniones	10 min
Ensamblaje del bastidor	10 min
Montaje final del panel	10 min
Elaboración de elementos de fijación	5 min
TOTAL	60 min
*Se calcula un estimado de 20 minutos por m2 (aprox).	

Cuadro 31. Estudio de tiempos requeridos en las etapas de producción. Fuente: Elaboración propia, 2011.

Debemos señalar que al tratarse de una producción individual, y no de tipo seriada como está planteada en la investigación, el tiempo de producción se ve incrementado sustancialmente. Para un número mucho mayor se estima, de acuerdo a los carpinteros una reducción de hasta el 50%. Es por esto que la experiencia es importante en otros aspectos como la recolección de datos, comprobación de detalles constructivos y facilidad de procesamiento y montaje para individualizar, por ejemplo, “tiempos muertos”, ‘cuellos de botellas’, dificultades y errores proyectuales, para su realimentación y eventual modificación en la ingeniería de detalles de la propuesta.

III.2.3. Análisis comparativo para la producción de cerramientos.

Para el presente estudio se realizó una comparación entre la producción de cerramientos con tableros de madera artesanal e industrial (ver cuadro 32), dejando de lado tecnologías tradicionales producidas en el país como bloques de arcilla o dry-wall por sus obvias diferencias en cuanto al nivel de prefabricación planteado. Recordemos que los cerramientos propuestos son elementos con juntas continuas y acabados incorporados, completamente listos para su instalación.

TIPO DE CERRAMIENTO	TIEMPO/M ²
Cerramiento con tableros de madera producción artesanal ⁽¹⁾	10 min/m ²
Cerramiento con tableros de madera producción industrial ⁽²⁾	2 min/m ²

(1) Se toma como referencia una producción sistematizada y seriada con base en los datos obtenidos de la experimentación en un taller de pequeña escala y comentarios de los carpinteros especializados en el área.

(2) Se toma como referencia los datos obtenidos en la visita a la fábrica de la empresa Hábitat Industrial: Soluciones Constructivos c.a. realizada el 03/03/2011 con una capacidad industrial instalada mínima.

Cuadro 32. Estudio de tiempos requeridos en las etapas de producción. Fuente: Elaboración propia, 2011.

Los datos obtenidos demuestran la posibilidad de llevar a cabo una producción sostenida competitiva a nivel de tiempos para líneas de producción simples que incluso pueden llegar a aumentar su eficiencia con el aumento de la capacidad industrial instalada y mano de obra. En cuanto a la producción artesanal o de manufactura se pueden alcanzar producciones diarias de 50 m² diarios y 1100 m² mensuales. En cuanto a la producción industrial se manejan cifras de 250 m² diarios y 5500 m² mensuales aproximadamente.

III.3. MONTAJE DEL SISTEMA DE CERRAMIENTOS INTERIORES

III.3.1. Metodología experimental de montaje

La experimentación se llevó a cabo en el marco de la remodelación de un estudio en un apartamento ubicado en el sur-este de Caracas. La mano de obra estuvo conformada por dos (2) carpinteros, tanto para su transporte, manipulación e instalación. Se utilizaron las siguientes herramientas: taladro percutor para ramplús en el concreto, taladro manual, martillo, nivel de burbuja, prensas, destornilladores, sequeta y cepillo eléctrico manual.

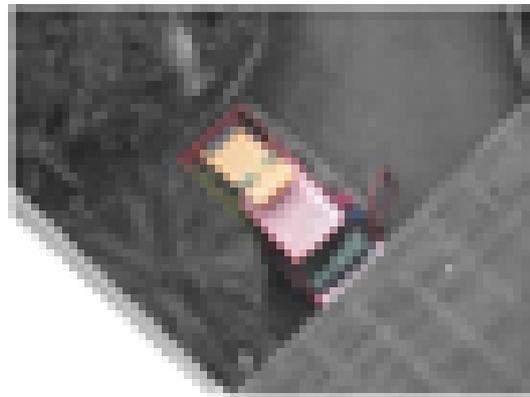
Descripción del proceso experimental de montaje

El análisis del montaje se dividió en las siguientes etapas: recepción de insumos y preparación del sitio; ubicación sobre el piso acabado del listón de fijación inferior; presentación, chequeos y adecuación dimensional del panel; instalación del listón de fijación inferior y superior; ubicación final del panel; y arriostramiento final del panel a los listones del techo y piso. Cada una de las etapas se encuentra descrita a continuación en las figuras 101, 102 y 103. Una vez finalizado el proceso de montaje del panel, y transcurrido un tiempo, los usuarios de la vivienda realizaron modificaciones en el cerramiento, agregando nuevos acabados, fijando un televisor con su respectivo cableado y colocando un punto eléctrico para tomacorriente. De esta manera se comprobó la posibilidad de deconstrucción de la tecnología planteada, así como lo 'abierto' de sistema, permitiendo la progresividad de los componentes de la vivienda en el tiempo de manera sostenible. Si bien no fue posible documentar el proceso de desmontaje y modificación realizado en la figura 104 se puede apreciar el aspecto final del espacio intervenido.

RECEPCIÓN DE MATERIALES Y PREPARACIÓN DEL SITIO

Fuente propia

- Los materiales son recibidos y transportados al sitio de la obra.
- Se hace el corte y procesamiento de los materiales de cerramiento.
- Se hace el corte y procesamiento de los materiales de cerramiento.



USABILIDAD DEL CERRAMIENTO & TRABAJO DE ELABORACIÓN DE LA PUERTE

Fuente propia

- Se hace el montaje de los materiales de cerramiento en el sitio de la obra.
- Se hace el montaje de los materiales de cerramiento en el sitio de la obra.
- Se hace el montaje de los materiales de cerramiento en el sitio de la obra.

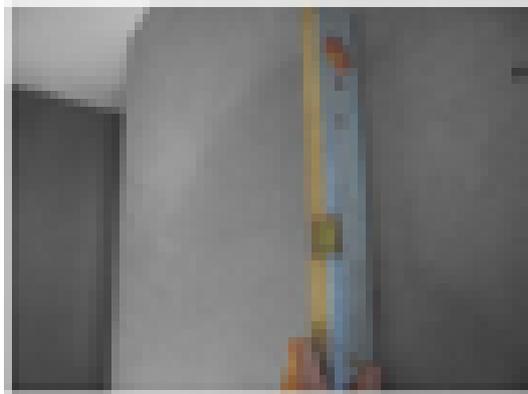


Figura 101. Comprobación Experimental del montaje del sistema (1). Fuente: Elaboración propia, 2011.

PRESENTACIÓN DEL PANEL.

Figura 102a:

- Se muestra el panel sobre el elemento de fijación.
- Se muestra el sistema de fijación al muro de destino.
- Se asegura firmemente el sistema de fijación.



INSTALACIÓN DEL ELEMENTO DE FIJACIÓN SUPERIOR.

Figura 102b:

- Se define la posición del elemento de fijación al panel, en función de su posición preliminar.
- Se realiza la fijación al elemento de fijación.
- Se asegura el sistema de fijación con tornillos.

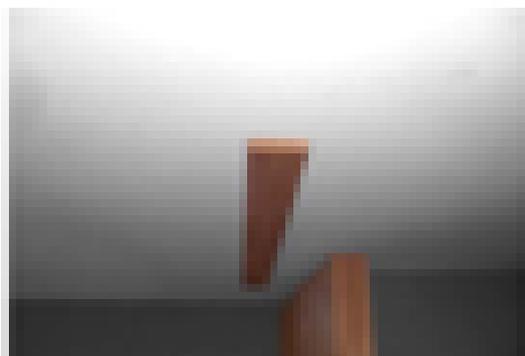
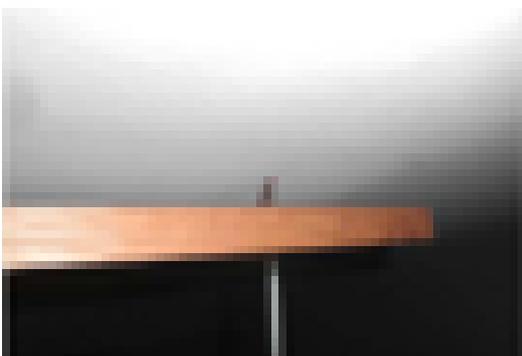
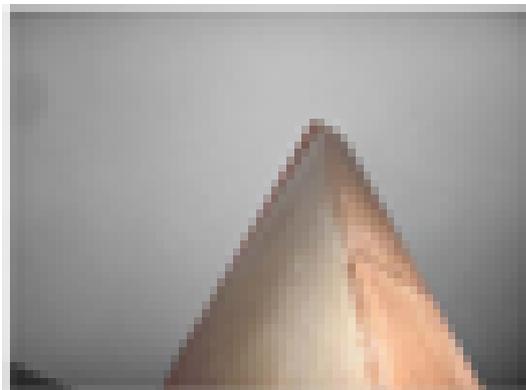


Figura 102. Comprobación Experimental del montaje del sistema (2). Fuente: Elaboración propia, 2011.

UBICACIÓN FINAL DEL PANEL.

Figura 103a:

- Se presentará en la distribución final por los elementos de fijación.
- Se debe tener especial cuidado en alinear los elementos que conforman el sistema.



UBICACIÓN FINAL DEL CERRAMIENTO.

Figura 103b:

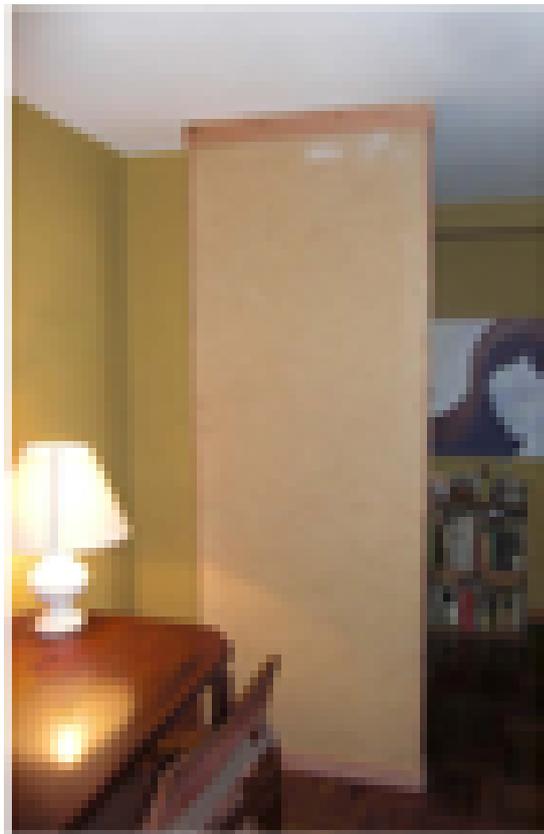
- Se fija al panel en la parte inferior superior.
- Se asegura con tornillos.



Figura 103. Comprobación Experimental del montaje del sistema (3). Fuente: Elaboración propia, 2011.

MONTAJE FINALIZADO:

- El cerramiento se complementa con un escritorio de madera MDP a la parte superior para ser utilizado como escritorio profesional.
- Los puntos de sujeción se realizan en la parte superior del sistema de cerramiento.



MODIFICACIONES REALIZADAS POR LOS USUARIOS

- El cerramiento fue modificado con un escritorio de madera MDP a la parte superior para ser utilizado como escritorio profesional.
- Se integró un sistema de estanterías superiores de la madera MDP a un escritorio de madera.
- Se hizo a un lado la parte de un escritorio.

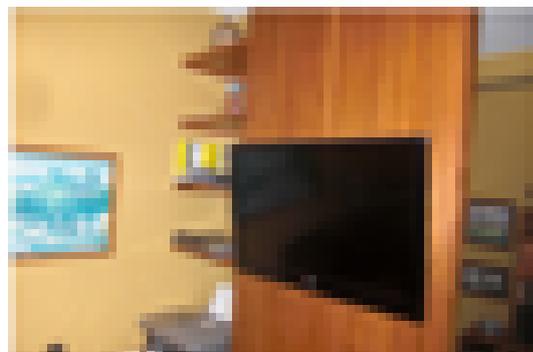
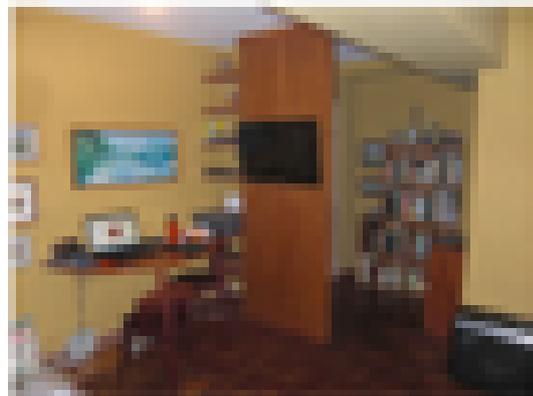


Figura 104. Montaje final del cerramiento 7 Modificaciones realizadas por usuarios. Fuente: Elaboración propia, 2011

III.3.2. Consideraciones y recomendaciones para el montaje

Una vez realizado el montaje, y de acuerdo a las premisas obtenemos datos indicativos en cuanto las operaciones requeridas y su secuencia, tiempos, mano de obra y herramientas requeridas (ver cuadro 33).

ETAPAS MONTAJE	TIEMPO
Ubicación del elemento de fijación inferior	5 min
Presentación del panel	5 min
Instalación del elemento de fijación inferior	5 min
Ubicación final del panel	2 min
Arriostramiento final	5 min
TOTAL	22 min

Cuadro 33. Estudio de tiempos requeridos en las etapas de montaje. Fuente: Elaboración propia, 2011.

MONTAJE POR DIA. Sin incluir transporte ni preparación del sitio (dependen de los m²)
 20 min por panel (2-3 m²) (Un carpintero y un ayudante)
 1 jornada (8h) para 24 paneles (48-72m²)

Como se indicó anteriormente estos tiempos pueden reducirse drásticamente de acuerdo a la opinión de especialistas y de los carpinteros que participaron. Al igual que para el ensayo de producción, la experiencia ha sido positiva y aleccionadora para comprobar y corroborar el diseño del sistema y el montaje.

III.3.3. Análisis comparativo de tiempos de montaje.

Para el presente estudio se realizó una comparación entre tiempos estimados montaje de la propuesta obtenidos del proceso de montaje experimental antes descrito y tiempos estimados de montaje de componentes tradicionales utilizados en el país como bloques de arcilla y dry-wall (ver cuadro 34). Es importante el alto rendimiento que se obtiene para los cerramientos planteados llegando a ser hasta 3 veces más rápido que otras alternativas del mercado, sumando a esto la inclusión de los acabados desde

fábrica. A los tiempos aquí presentados hay que sumar el correcto montaje de las redes de instalaciones, cuyo rendimiento apostamos sea igual de eficiente al estar integrado a la concepción del sistema.

TIPO DE CERRAMIENTO	TIEMPO/M ²
Cerramiento con tableros de madera (incluye acabado)	8 min/m ²
Cerramiento con bloques de mampostería (no incluye acabado) ⁽¹⁾	20 min/m ²
Cerramiento tipo dry-wall (incluye acabado) ⁽²⁾	24 min/m ²

(1) Rendimiento obtenido de POLANCO SANCHEZ (2009: 51)
 (2) Rendimiento obtenido de ESSALUD (2009: 9)

Cuadro 34. Estudio comparativo de montaje de cerramientos. Fuente: Elaboración propia, 2013.

III.3.4. Análisis comparativo del peso de los cerramientos.

Un aspecto vinculado al montaje es el peso de los componentes, es por ello que se realizó una comparación entre los cerramientos propuestos y cerramientos tradicionales disponibles en el mercado (ver cuadro 35). Dicho análisis comprueba las ventajas que ofrece la propuesta, siendo entre 6 y 9 veces más livianos que cerramientos con bloques de arcilla y entre 8 y 10 veces que cerramientos con bloques de concreto.

TIPO DE CERRAMIENTO	PESO/M ²
Cerramiento con tableros de madera (tipo sandwich)	18 kg/m ²
Cerramiento con tableros de madera (tipo entamborado)	20 kg/m ²
Cerramiento con bloques de arcilla 10cm (sin friso) ⁽¹⁾	120 kg/m ²
Cerramiento con bloques de arcilla 10cm (con friso) ⁽¹⁾	180 kg/m ²
Cerramiento con bloques de concreto 10cm (con friso) ⁽¹⁾	150 kg/m ²
Cerramiento con bloques de concreto 10 (sin friso) ⁽¹⁾	210 kg/m ²

(1) Datos obtenidos de 'Criterios y acciones mínimas para el proyecto de edificaciones' (Covenin, 1988).

Cuadro 35. Estudio comparativo del peso por m² de cerramientos. Fuente: Elaboración propia, 2013.

III.4. VALORACIÓN ECONÓMICA DE LA PROPUESTA

III.4.1. Costos de producción industrial (mediana y gran escala)

Se procedió a hacer un estudio comparativo entre los precios unitarios de la tecnología producida a gran escala (industrial)¹ incluyendo transporte e instalación², con otras alternativas de cerramientos del mercado como bloques de concreto y de arcilla³ (incluye colocación), y paneles de cartón-yeso (dry-wall)⁴ montado (ver cuadro 36).

Con los datos obtenidos podemos observar la factibilidad competitiva que existe a nivel económico para introducir las tecnologías de paneles con tableros de madera como cerramientos interiores a nivel comercial para su aplicación en la construcción de viviendas a nivel nacional. Adicionalmente se debe considerar que el sistema de cerramientos propuesto al ser producido industrialmente y comercializado, puede llegar a tener incentivos económicos en cuanto a aspectos constructivos como:

- Ventajas en el transporte de paneles livianos en cuanto a peso y volumen
- Tiempos de montaje competitivos respecto a los tradicionales como mampostería y estructura más cartón yeso.
- Posibilidad de incluir acabados en taller, disminuyendo actividades en obra.
- Reducción sustancial de desperdicios contaminantes y su respectivo bote.
- Deconstrucción, reparación y remodelación simplificada gracias a la junta seca del sistema propuesto.
- Fácil acceso para revisar, ampliar y reparar instalaciones eléctricas y sanitarias.
- Incentivos por normativa al utilizar material de fuentes locales, forestales o componente con características sostenibles.

¹ La información de precios unitarios se extrajo de datos enviados por la empresa Hábitat INDUSTRIAL C.A. con fecha 15 de mayo de 2013.

² Se toma como referencia el costo de 'transporte e instalación de puertas entamboradas' del portal www.sigoweb.com con fecha 30-05-2013.

³ La información de precios unitarios se extrajo de datos obtenidos del portal www.sigoweb.com con fecha 30-05-2013.

⁴ La información de precios unitarios se extrajo de datos enviados por proveedor independiente (ver anexo 2).

TECNOLOGÍA	PARTIDAS	PRECIO POR M ²
Paneles con tableros de madera (producción industrial)	Materiales por m ² 340 Bs.F Instalación por m ² 670 Bs.F	1010 Bs.F /m ²
Bloques de arcilla (10cm) con friso.	Construcción pared de bloque por m ² 502 Bs.F Revestimiento interior acabado liso por m ² 543 Bs.F	1045 Bs.F/m ²
Bloques de concreto (10cm) con friso.	Construcción pared de bloque por m ² 288 Bs.F Revestimiento interior acabado liso por m ² 543 Bs.F	831 Bs.F/m ²
Paneles de cartón-yeso Dry-wall	Suministro y colocación	476 Bs.F/m ² (según presupuesto no detallado)

Cuadro. 36. Análisis comparativo de precios entre los productos de la tecnología industrial adoptada y otras tecnologías disponibles en el mercado. Fuente: Elaboración propia en base a datos de www.sigoweb.com (portal de la construcción) 30-05-2013 y datos suministrados por los proveedores especificados a pie de página.

III.4.2. Costos producción artesanal (pequeña y mediana escala)

Se realizó un estudio de costos en base al listado de materiales y mano de obra para la elaboración de un (1) panel de dimensiones 120cmx240cmx10cm en un taller de pequeña escala (ver cuadro 37). De igual manera se elaboró el estudio de costos por metro cuadrado (Bs/m²) del sistema de cerramientos, incluyendo paneles, elementos de fijación, suministro, transporte e instalación (ver cuadro 38). De este análisis se asume el potencial que reviste la producción de mediana y pequeña escala como alternativa para la introducción de la tecnología a nivel competitivo en el mercado. Se desprende de igual manera la posibilidad de generar redes de producción manufacturera a partir de grupos o cooperativas de talleres. Puede concluirse las mismas ventajas y desventajas acotadas en el punto anterior en cuanto a transporte, tiempos de montaje, incorporación de acabados en taller, producción de residuos y desperdicios, deconstrucción, cambios y reparaciones.

COMPONENTE	VOLÚMEN / CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
UNIONES (madera maciza de pino caribe)	0.022 m3	7500 Bs / m3	165 Bs
RELLENO (poliestireno expandido 12Kg/m3)	0.070 m3	650 Bs / m3	45 Bs
CARAS EXTERNAS (tableros de Masisa HR 9mm)	2	445 Bs c/u	890 Bs
MANO DE OBRA (1 maestro carpintero y 2 asistentes de carpintero) (1 hora de trabajo)	3	40 Bs c/u	120 Bs
TOTAL			1220 Bs.F

Cuadro 37. Costo de materiales para elaboración de un (1) panel P-120.

Fuente: Elaboración propia en base a datos de www.sigoweb.com (portal de la construcción) 30-05-2013

COMPONENTE	VOLÚMEN / CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
PANEL	1	-	396 Bs/m ²
ELEMENTOS DE FIJACIÓN (2) (madera maciza de pino caribe)	0.01 m ³ /m ²	7500 Bs.F m ³ /m ²	75 Bs/m ²
RODAPIES (4) (machihembrado de pino caribe)	0.36 m ² /m ²	39.20 Bs.F/m ²	14 Bs/m ²
Suministro, transporte e instalación	-	670 Bs.F m ²	670 Bs/m ²
TOTAL			1155 Bs/m²

Cuadro 38. Costos de materiales para producción del sistema de cerramientos por metro cuadrado (m2)

Fuente: Elaboración propia en base a datos de www.sigoweb.com (portal de la construcción) 30-05-2013

III.5. APLICACIÓN DEL SISTEMA EN PROYECTOS DE VIVIENDA

Para comprobar el correcto funcionamiento del sistema propuesto se procedió a realizar una aplicación en proyecto de arquitectura de los cerramientos interiores aquí propuestos. Debemos recordar que a través del trabajo se ha hecho énfasis en el potencial que tiene la propuesta para incorporar también el concepto de complementar las *estructuras de soporte*, donde se plantea la posibilidad de que cada unidad de vivienda pueda ser configurada acorde a los requerimientos de sus propietarios o habitantes. Se interpreta como estructura de soporte proveer de espacios vacíos y amplios bajo el criterio de flexibilidad para su división de acuerdo a las necesidades individuales de los habitantes. La posibilidad de configurar diversas organizaciones internas de vivienda es compatible a la propuesta sistémica de los cerramientos y a la deconstrucción, donde incluye, entre otros, una retícula espacial definida y juntas secas.

III.5.2. Definición del caso de estudio

Se tomó como caso de estudio un esquema estructural aporticado de acero, con módulos espaciales de 3,60m x 3,60m, de doble retícula en planta para la coordinación modular, altura de entrepiso acabado de 2,90m (2,50m libres de piso hasta debajo de vigas) que permite conformar conjuntos de vivienda de hasta 4 pisos (ver figura 105). Basado en configuraciones de vivienda desarrolladas en el IDEC⁵, se realizó un esquema preliminar de edificación multifamiliar que permitiera comprobar la aplicabilidad del sistema (ver figura 106).

⁵ Se utilizó como referencia las organizaciones de vivienda desarrolladas por la Arq. Beverly Hernández en el desarrollo del sistema SIEMA-VIV (Hernández, 2009).

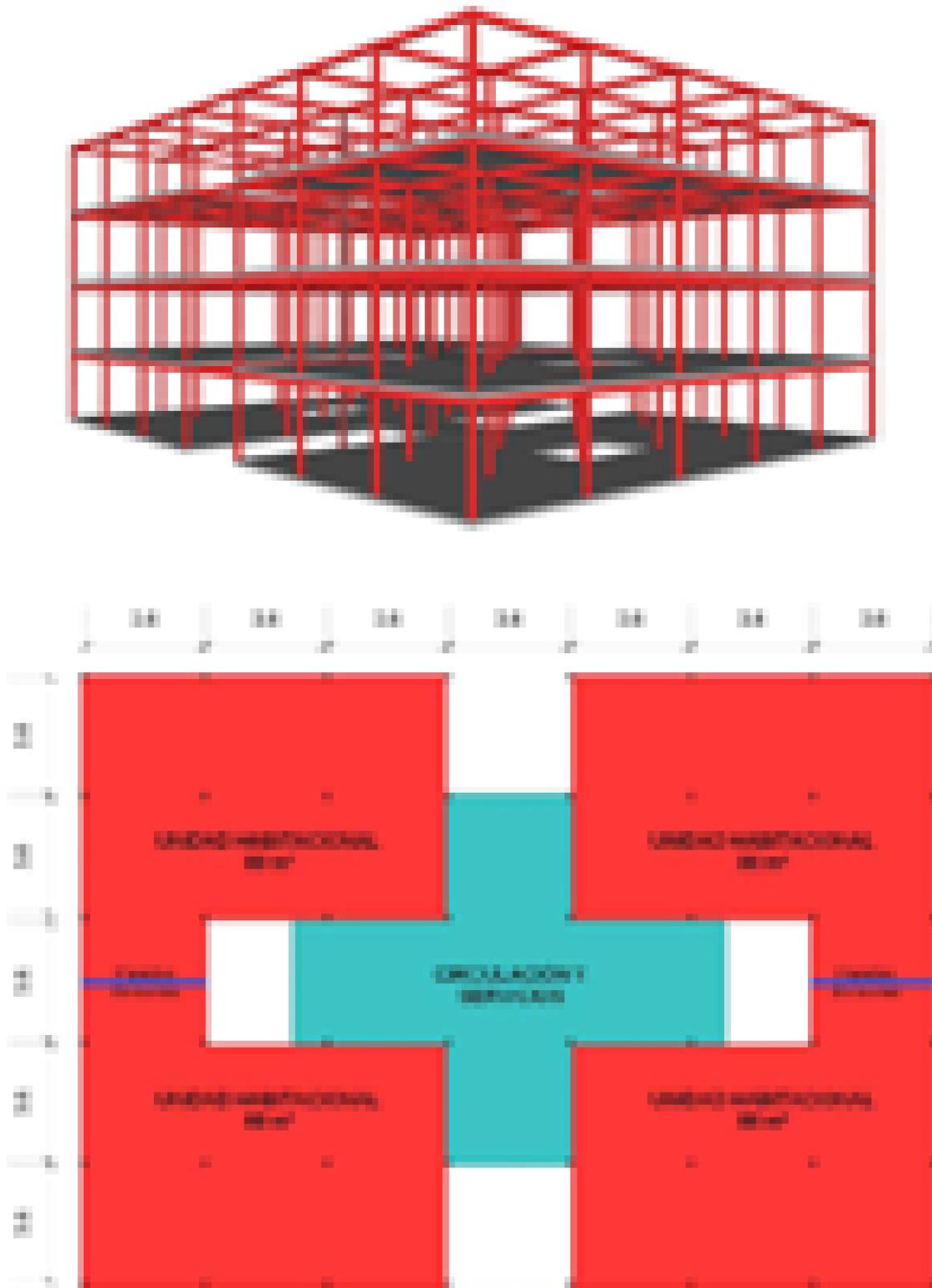


Figura 105. Esquema estructural para aplicación de la tecnología. Fuente: Elaboración propia, 2013.

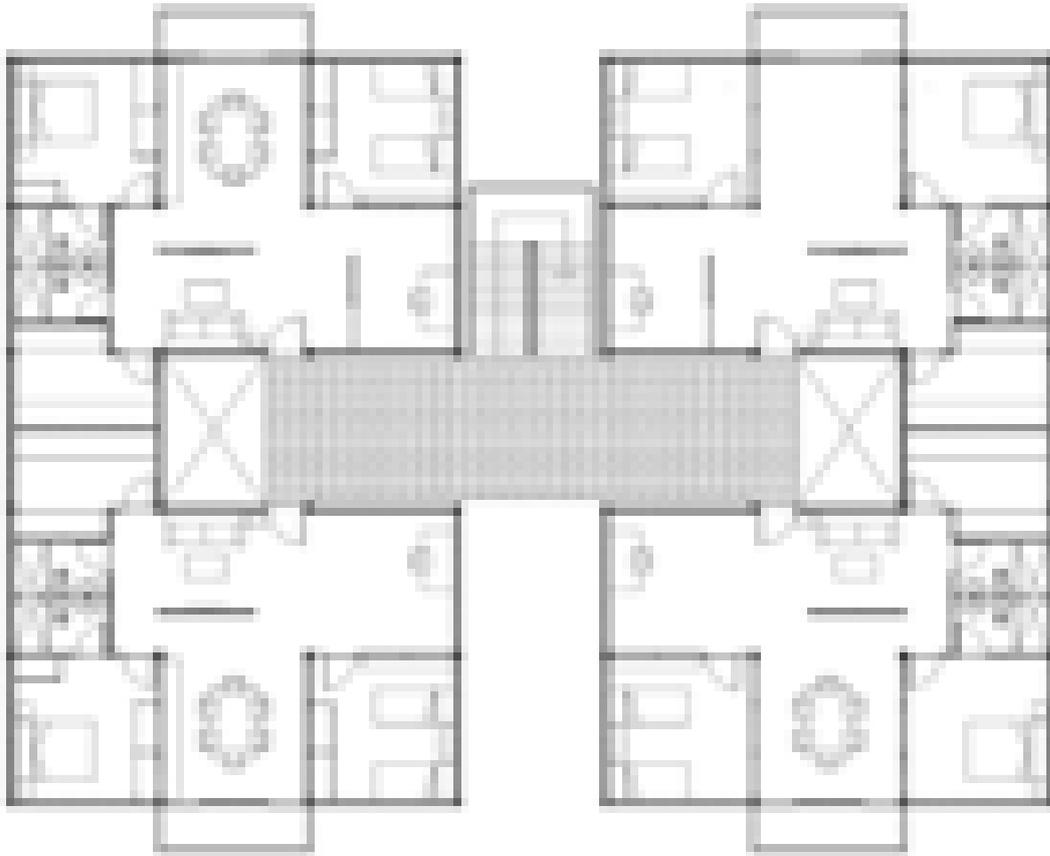


Figura 106. Aplicación de la tecnología en conjunto de viviendas . Fuente: Elaboración propia, 2013.

III.5.2. Descripción de la alternativa de aplicación

Para el caso de aplicación para una vivienda de 82m², 2 a 3 cuartos, 2 baños, sala, comedor y cocina (ver figura 107 y 108) se obtienen los siguientes datos:

- Se requiere 29 metros lineales de cerramientos, equivalente a 78 metros cuadrados. Equivalente a un total de 26 paneles.
- De los 25 paneles requeridos solo uno (1) se sale de la coordinación modular establecida basada en el módulo de diseño 1,20m y los sub-módulos de 0,60m y 0,30m. i
- En total se maneja un total de 22 paneles P-120 (estándar, con puerta y sanitarios) 2 paneles P-30 y un panel especial PX-(75).

- El panel especial o 'comodín' es de 0,75m y es el resultado del desplazamiento de la retícula causado por las columnas.

De arriba se desprende que, en términos de distribución en planta la aplicación de la tecnología sobre el caso de estudio resulta exitosa. Del 100% de los paneles requeridos, apenas el 3.8% se escapa de la coordinación dimensional establecida, sin embargo a efecto de los procesos de fabricación no presenta mayores inconvenientes pero si residuos recuperables en casi su totalidad para convertirlos en paneles de 60cm.

Es importante resaltar que adicional a estos datos, las diversas situaciones constructivas de los casos de estudio revisadas durante la investigación y muchas no reseñadas aquí, permiten definir e incorporar al catálogo base de componentes, nuevas tipologías y diseños de paneles contempladas durante la etapa de diseño del sistema.



Figura 107. Aplicación de la tecnología en unidad habitacional. Fuente: Elaboración propia, 2013.

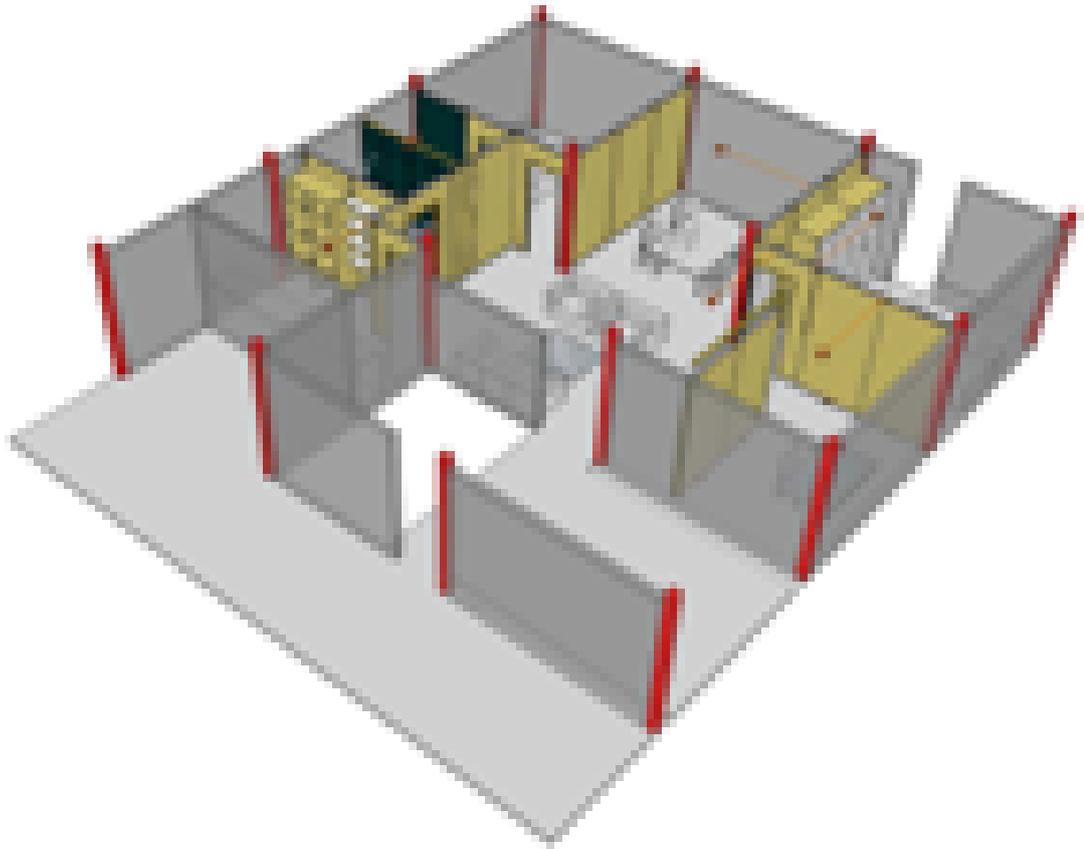


Figura 108. Vista del caso de aplicación. Fuente: Elaboración propia, 2013.

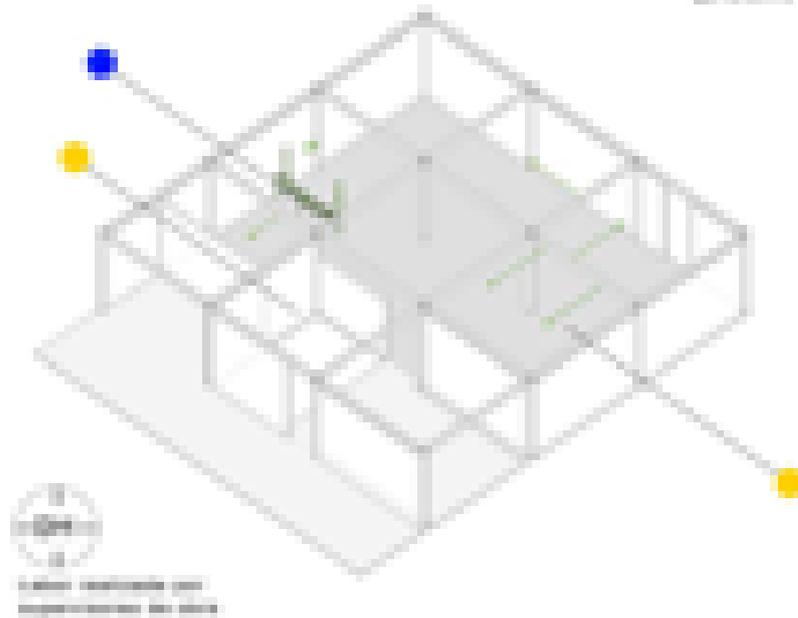
Proceso de montaje y modificación de la vivienda.

Se desarrollaron esquemas vinculados al ciclo de vida de la edificación, en base a los datos de rendimiento obtenidos en la comprobación experimental se realiza una propuesta de montaje en función de los tiempos establecidos de instalación (ver figuras 109, 110, 111 y 112). Se desarrollan esquemas de progresividad de la vivienda en términos espaciales, considerando las posibles modificaciones a realizar por los usuarios de la vivienda, en este caso con la transformación de un estudio en cuarto (ver figuras 113 y 114).

PROCESO DE MONTAJE FASES Y RENDIMIENTO - LAMINA 1

FASE 1

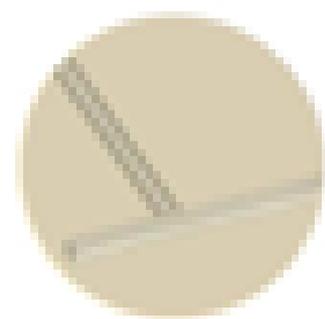
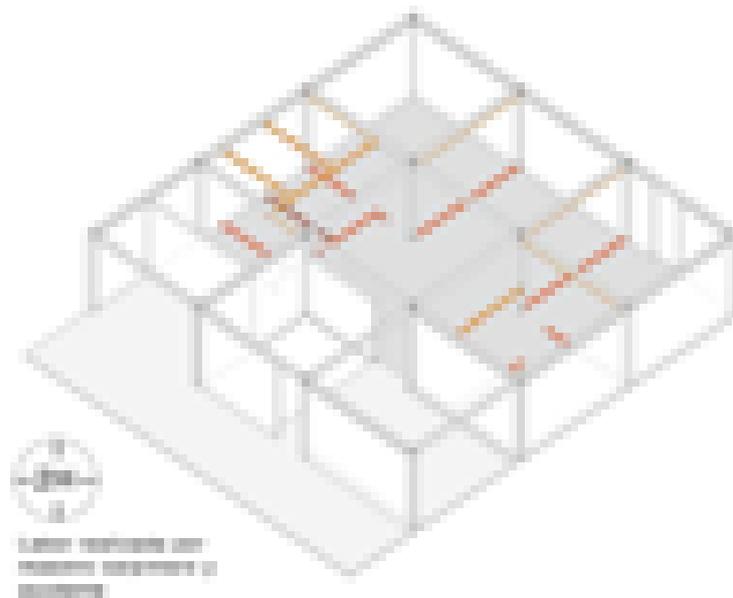
PREVISIÓN DE PUNTOS PARA INSTALACIONES SANTARIAS Y ELÉCTRICAS



LA PRIMER PASO CONSISTE EN PREPARAR EL DISEÑO Y LA INSTALACIÓN DE LOS PUNTOS DE INSTALACIONES EN LA LOSA DE CONCRETO PARA SU POSTERIOR INTEGRACIÓN AL SISTEMA DE CERRAMIENTOS.

FASE 2

MONTAJE DE FUNCIONES SUPERIORES E INFERIORES



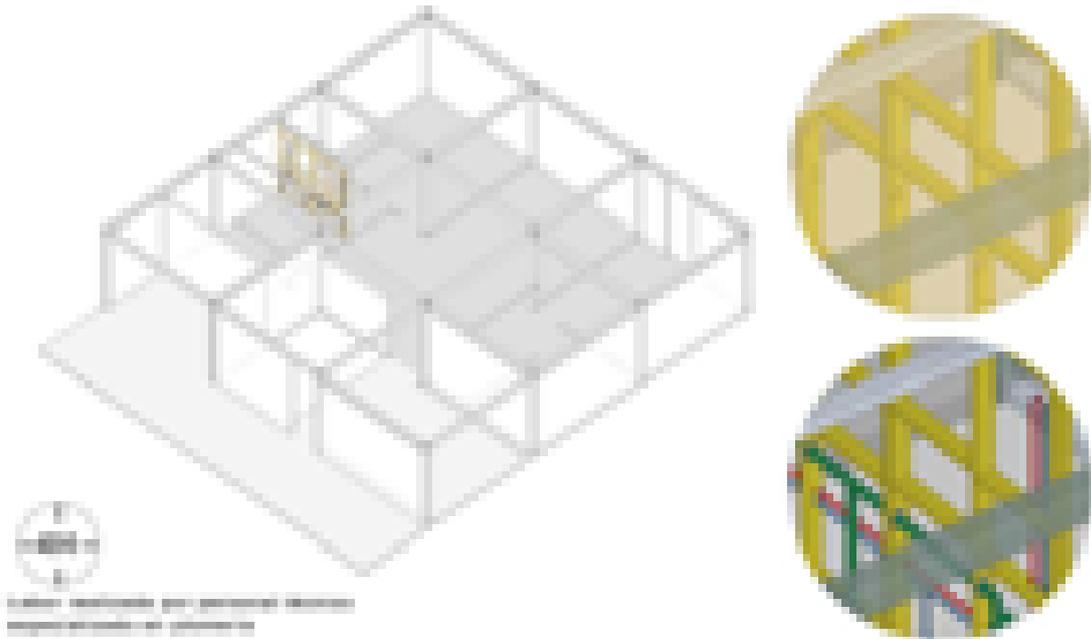
CON EL MONTEO DE LAS FUNCIONES DE LOS SUPERFICIOS DEL PISO Y DEL TAPÓN PARA LA INSTALACIÓN DE LOS CERRAMIENTOS.

Figura 109. Proceso de montaje – Lamina 1. Fuente: Elaboración propia, 2013.

PROCESO DE MONTAJE FASES Y RENDIMIENTO - LAMINA 2

FASE 3

PANEL SANITARIO ENTUBADO Y TUBERIAS



FASE 4

PANELES SECCOS

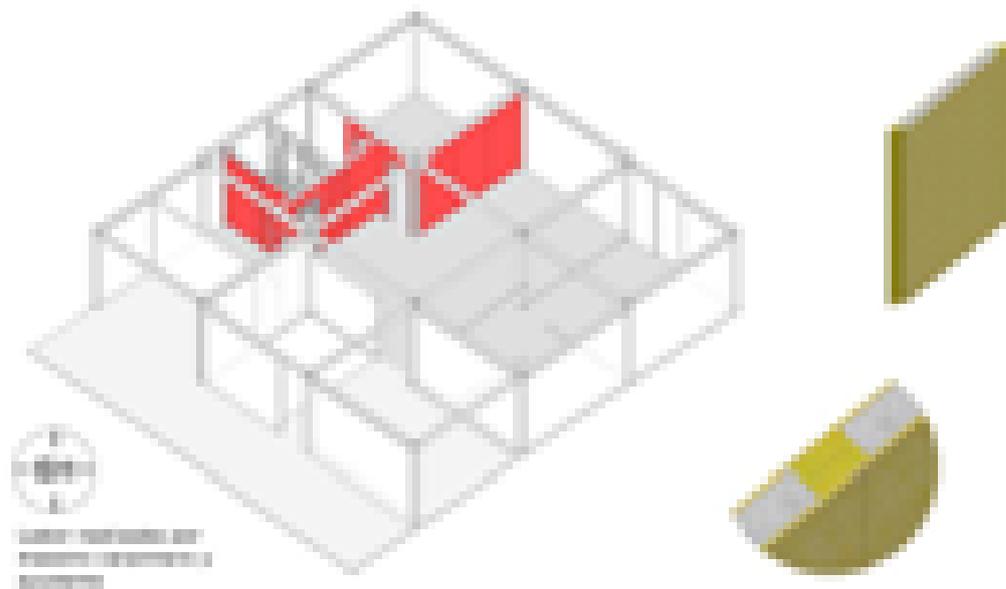
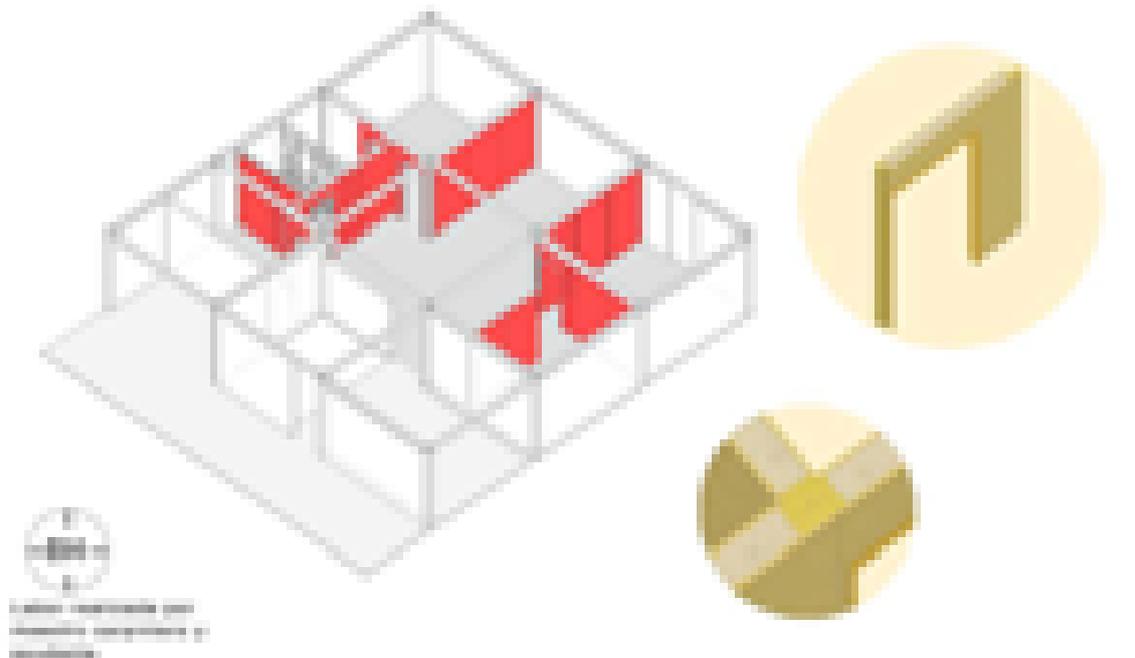


Figura 110. Proceso de montaje – Lamina 2. Fuente: Elaboración propia, 2013.

PROCESO DE MONTAJE FASES Y RENDIMIENTO - LAMINA 3

FASE V

PANELES SECOS



FASE VI

COLOCACIÓN DE APLIQUES (SUPERIORES Y INFERIORES DEL ENTERRADO) SANITARIO

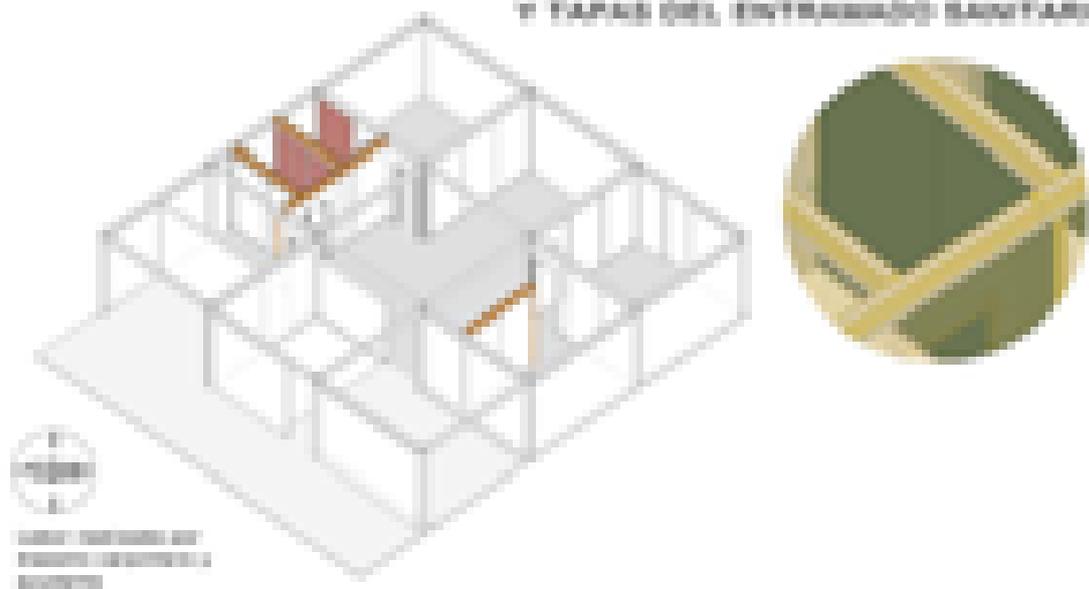
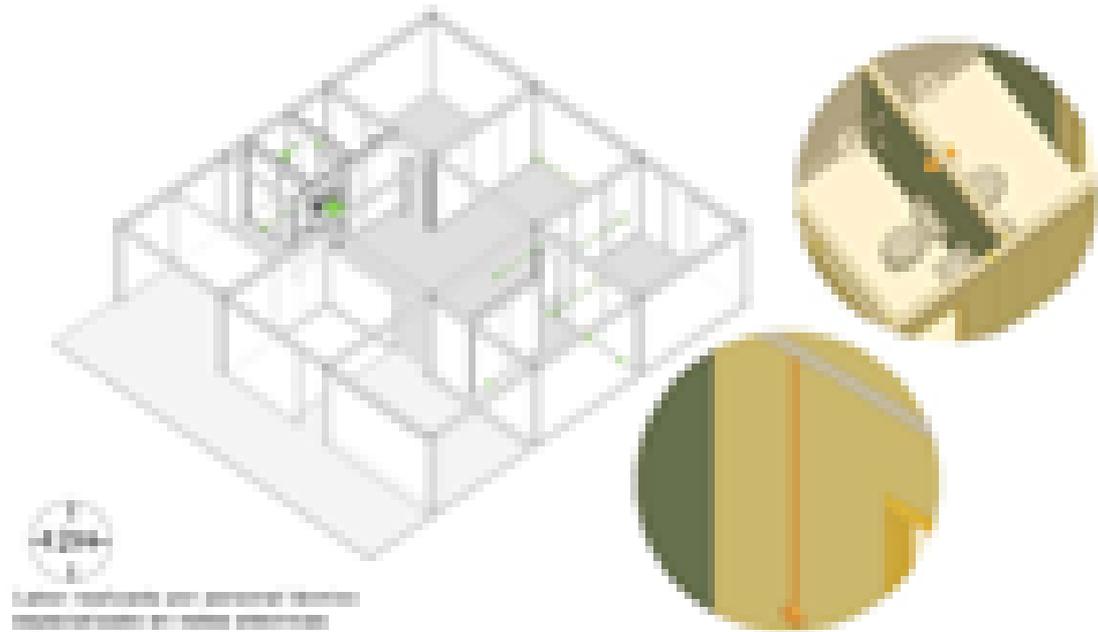


Figura 111. Proceso de montaje – Lamina 3. Fuente: Elaboración propia, 2013.

PROCESO DE MONTAJE FASES Y RENDIMIENTO - LAMINA 4

FASE VII

INSTALACIÓN DE PUNTOS DE LA RED ELÉCTRICA



FASE VIII

MÓBILIZADO

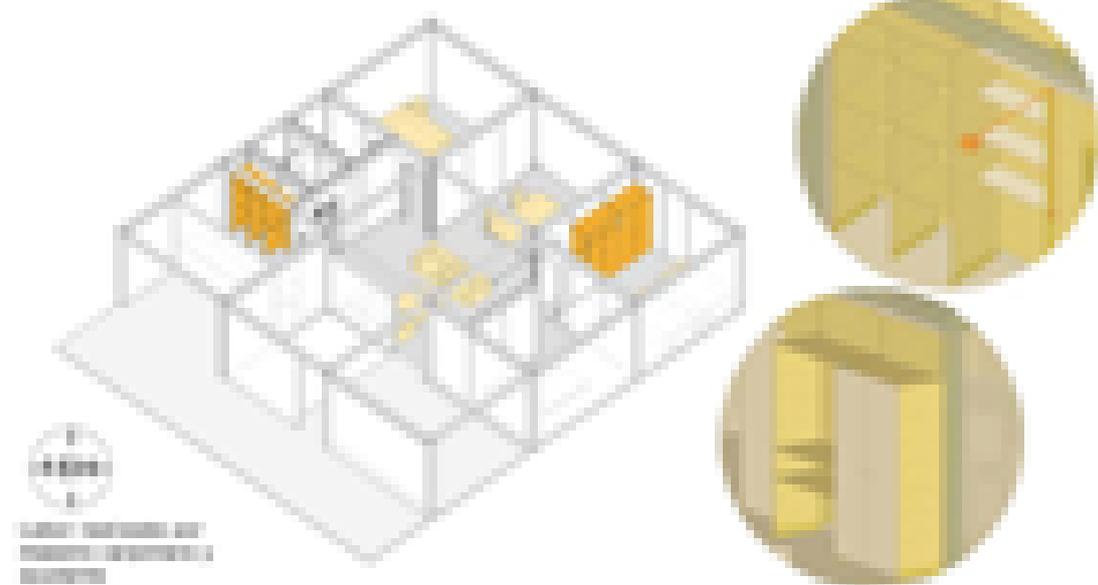


Figura 112. Proceso de montaje – Lamina 4. Fuente: Elaboración propia, 2013.

PROCESO DE MODIFICACIÓN VIVIENDA FLEXIBLE - LAMINA 1

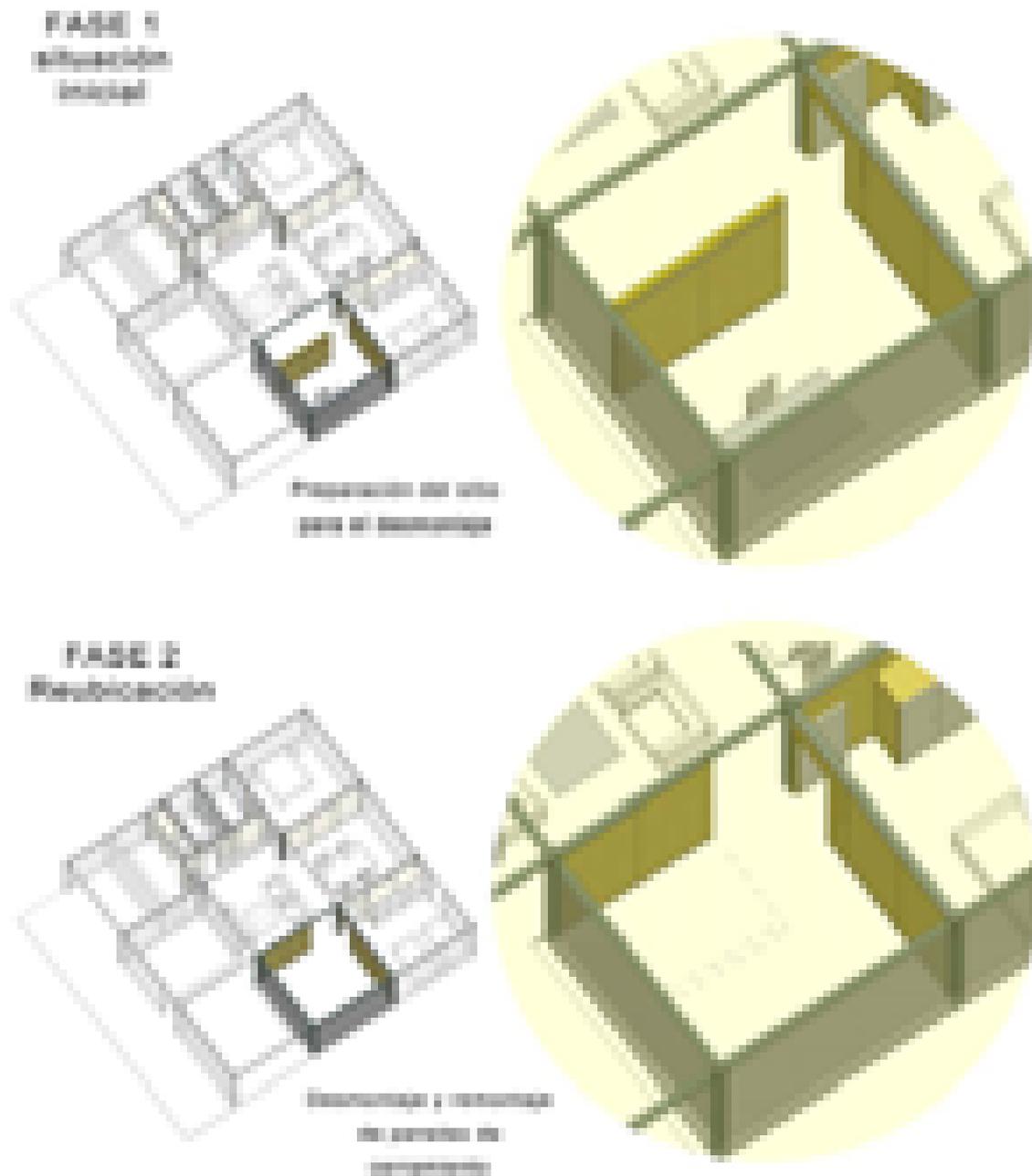


Figura 113. Modificación de la vivienda – Lamina 1. Fuente: Elaboración propia, 2013.

PROCESO DE MODIFICACIÓN VIVIENDA FLEXIBLE - LAMINA 2

FASE 3 CONFORMACIÓN



FASE 4 DETALLES Y AJUSTES



Figura 113. Modificación de la vivienda – Lamina 2. Fuente: Elaboración propia, 2013.

III.5.3. Tipologías

De acuerdo a la aplicación de la tecnología para el esquema de vivienda seleccionado, se desprenden una serie de situaciones y consideraciones constructivas no previstas en la concepción original de la propuesta, que son resultado de esta etapa experimental, y que permiten completar los principios constructivos desarrollados en el capítulo II del trabajo. Las mismas complementan a la propuesta desarrollada en el capítulo II y se explican a continuación:

Unión panel-elemento existente

La instalación del sistema de cerramientos, por ejemplo, entre elementos estructurales como columnas, muros, pantallas, etc. (ver figura 115), requiere una unión diferente a la diseñada entre paneles. Se ubica en uno de los extremos del plano configurado por los paneles y debe permitir el correcto montaje y posterior desmontaje, sin generar impacto alguno sobre los paneles, es por ello que la unión planteada tiene una saliente que permite realizar el correcto montaje, dicho elemento permite la instalación y se convierte en el punto de inicio para el futuro desmontaje del plano de cerramientos (ver figura 116).

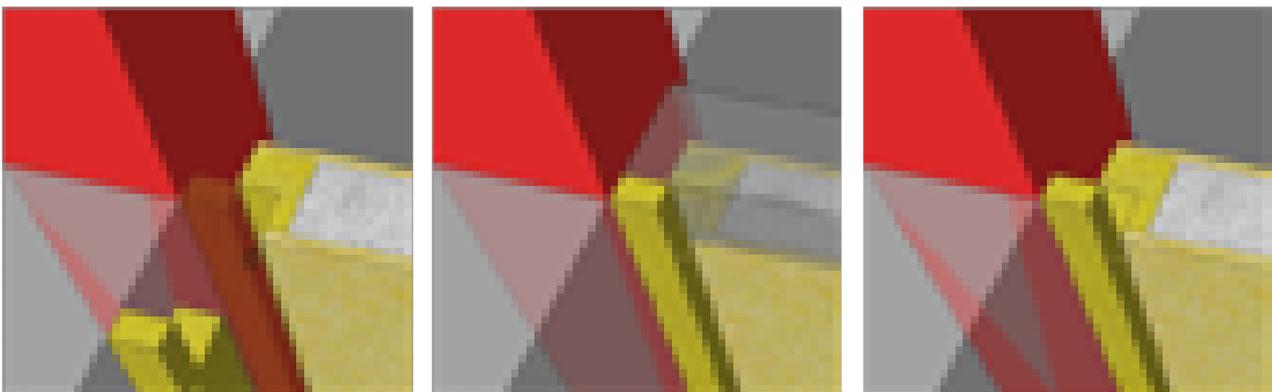


Figura 115. Detalle unión de desmontaje panel-estructura. Fuente: Elaboración propia, 2013.

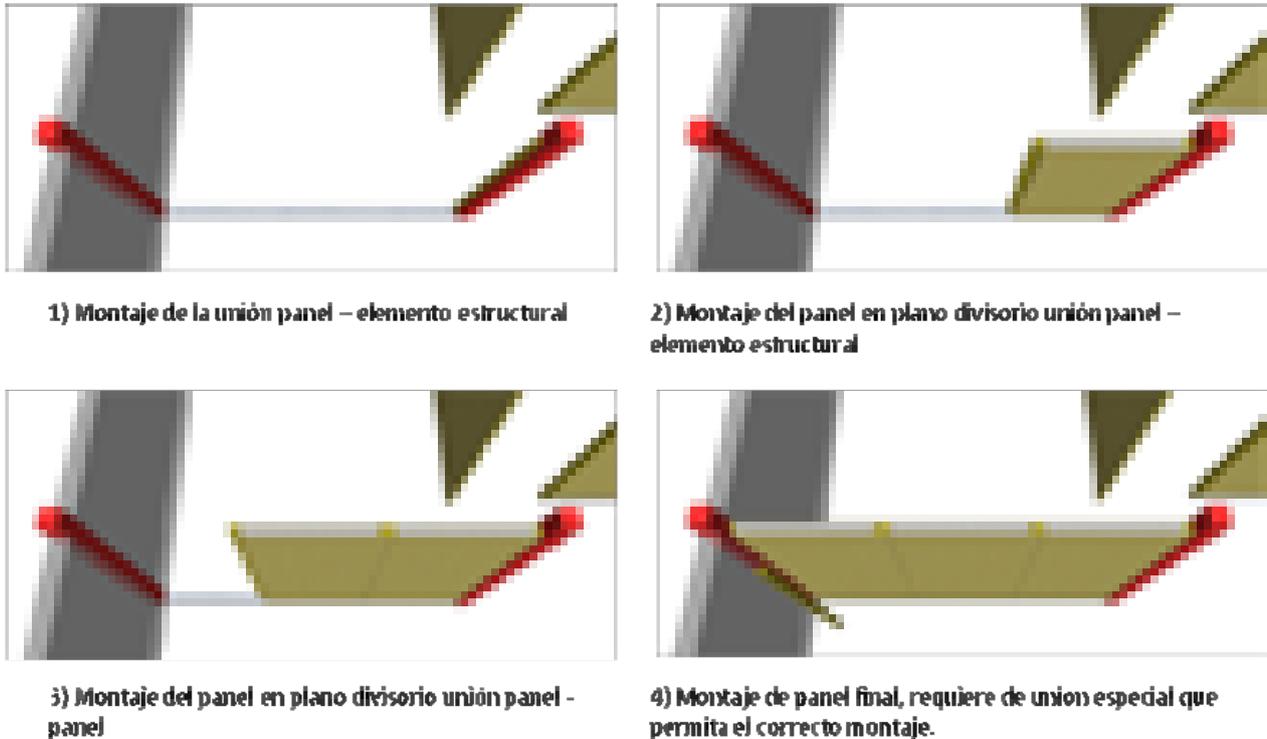


Figura 116. Unión de desmontaje panel-estructura. Fuente: Elaboración propia, 2013.

Complemento vertical

Para solventar vanos mayores a la altura de los paneles de 2,40m, se requiere de la colocación de un complemento vertical, el mismo se conforma a partir de secciones de los mismos paneles prefabricados en función de la altura diferencial a salvar (ver figura 117 y 118). Se anclan a las superficies de losas a través de una unión rectangular simple de madera o metal. Se plantea la posibilidad de aprovechar esos espacios diseñando a posteriori elementos y componentes para iluminación natural o ventilación como componentes adicionales del sistema.

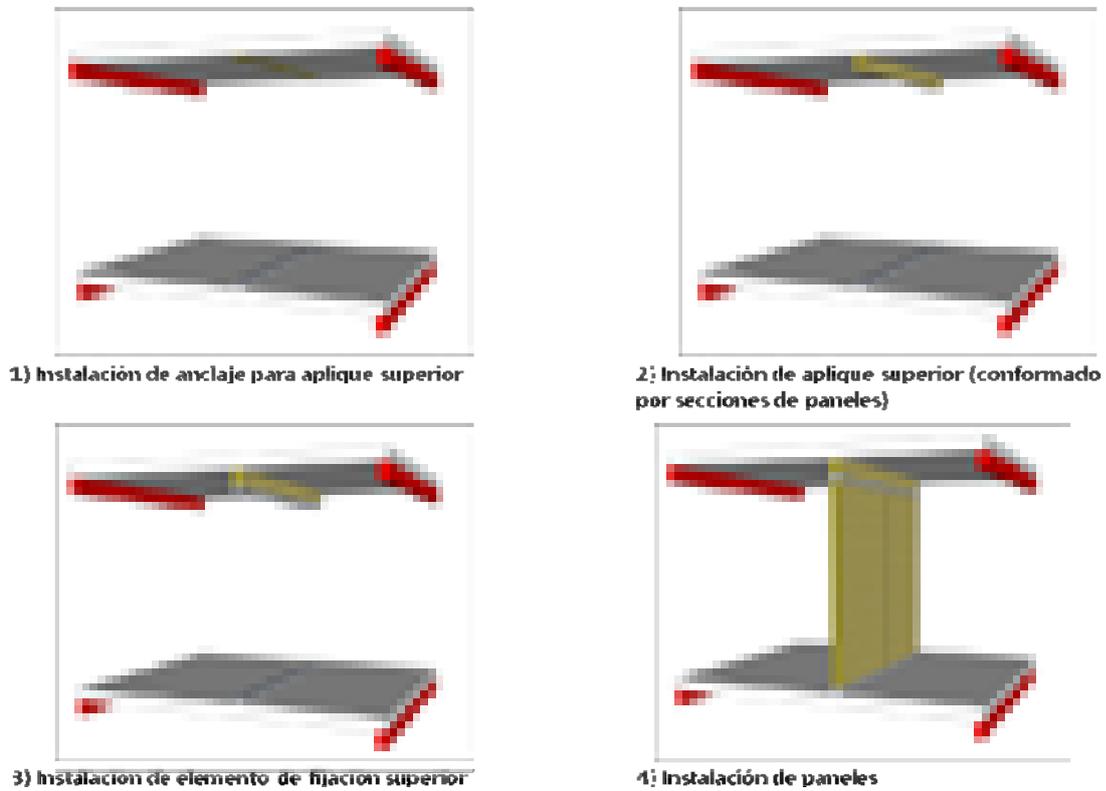


Figura 117. Complemento vertical – diferencial de altura. Fuente: Elaboración propia, 2013.

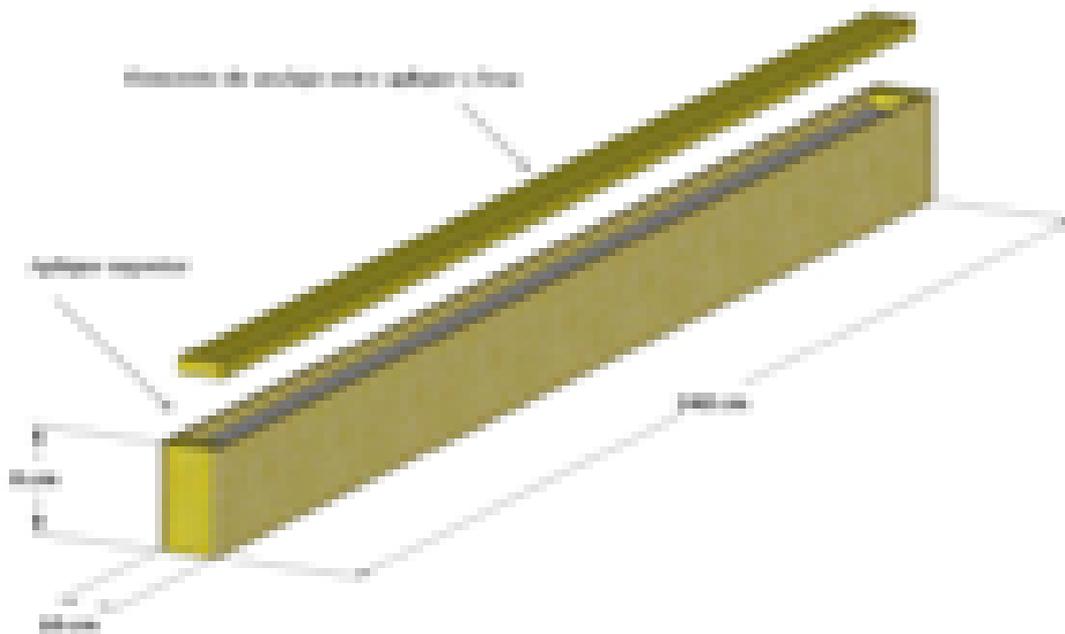
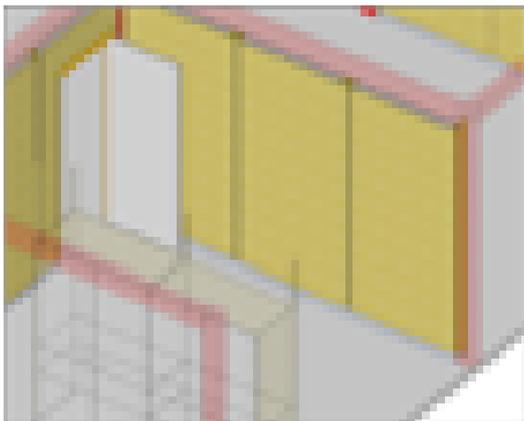


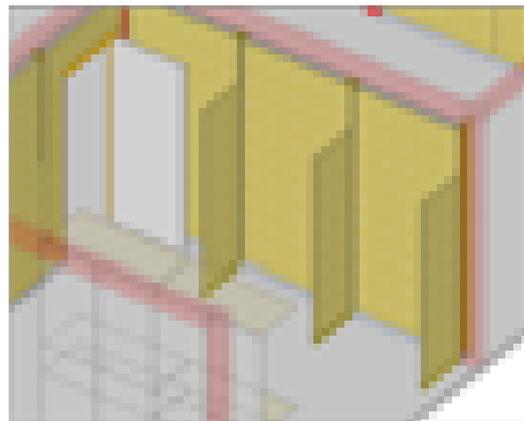
Figura 118. Detalle aplique superior – diferencial de altura. Fuente: Elaboración propia, 2013.

Mobiliario integrado a los paneles

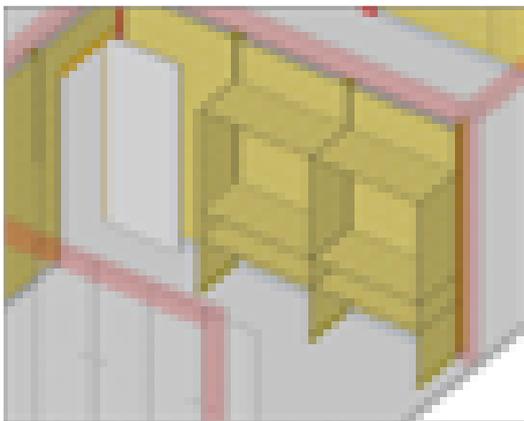
A partir de la reflexión de la etapa experimental surge la posibilidad de incluir el mobiliario en la concepción del sistema. De la aplicación del caso de estudio surgen los requerimientos para el diseño en futuros proyectos de mobiliario compatibles con este sistema de cerramientos, para la vivienda como closets, despensas, cocina, bibliotecas, estanterías. Se propone que el sistema de muebles pueda llegar a estar integrado al sistema de cerramientos internos, incluidos en sus catálogos bajo las premisas adoptadas para esta propuesta de normalizar y racionalizar los procesos constructivos. Esto se facilita —y así fue previsto como una posibilidad— por la geometría de las uniones planteada la cual permite anclar, conformar y construir muebles de manera sistémica (ver figuras 119 y 120).



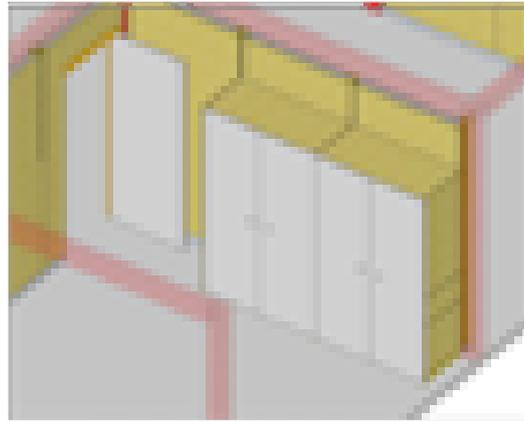
1) Elaboración del espacio en uniones para instalación de láminas



2) Montaje de láminas de soporte para mobiliario.

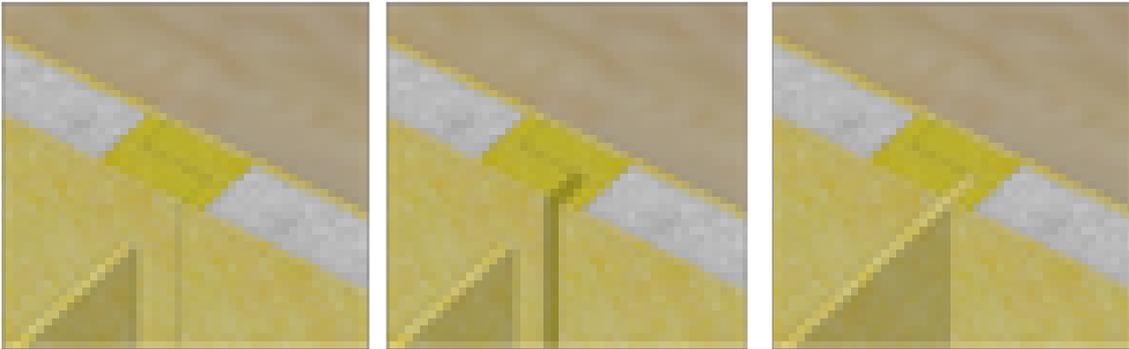


3) Fijación de las láminas con elementos metálicos y componentes de madera



4) Colocación de acabados finales.

Figura 119. Mobiliario integrado a cerramientos. Fuente: Elaboración propia, 2013.



La unión planteada permite rebajar un espacio de hasta 3cm por unión para la instalación de láminas que permitan conformar estantes, bibliotecas, closets y similares.

Figura 120. Detalle junta para mobiliario integrado. Fuente: Elaboración propia, 2013.

Circuitos de instalaciones eléctricas, voz, data y similares

Para el tema de las instalaciones canalizadas a través de los elementos de fijación horizontal superior e inferior podemos observar como su ubicación es harto compatible con las modulaciones de los paneles, así como con la distribución del mobiliario en cada espacio (ver figura 121). Es importante acotar que se debe establecer de manera racional los diversos circuitos para permitir las modificaciones o cambios necesarios en el ciclo de vida de la edificación.

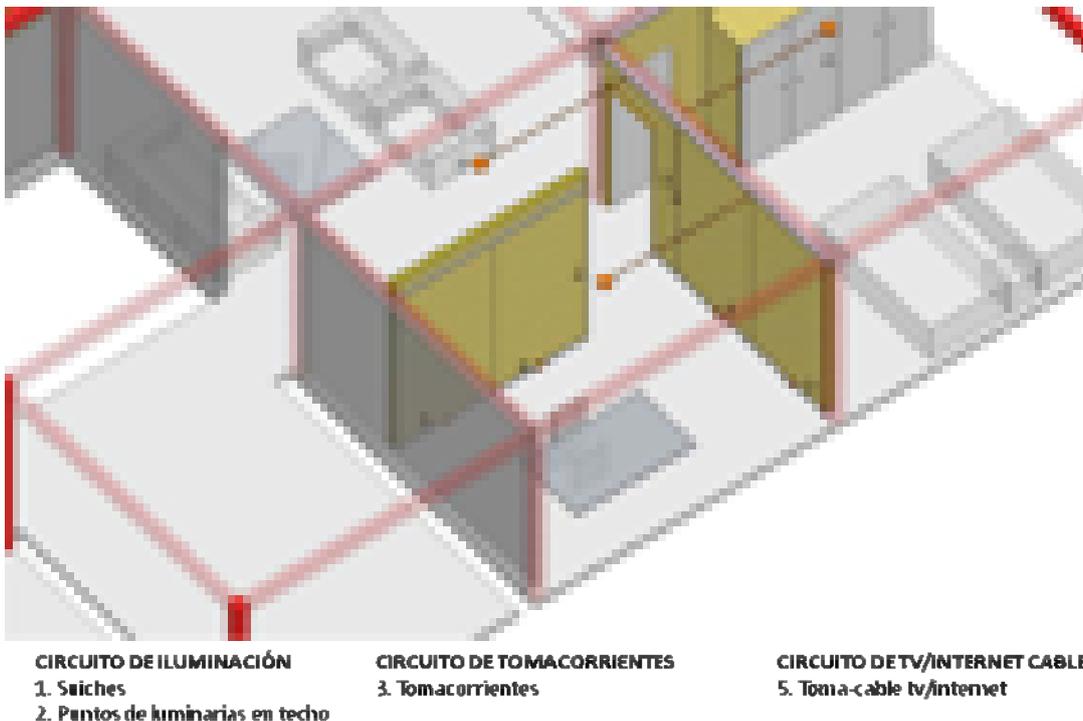


Figura 121. Aplicación de canalización eléctrica. Fuente: Elaboración propia, 2013.

A manera de resumen

El presente capítulo explica cómo se logra obtener resultados a nivel experimental que permiten la validación de la propuesta en aspectos básicos como los requerimientos físicos y normativos, los procesos de producción a diversas escalas, la posibilidad de elaborar paneles de diversas características, su valoración económica y finalmente su aplicación en proyectos de vivienda y algunas de las ventajas que puede llegar a ofrecer en términos de competitividad, producción, fabricación, progresividad constructiva, flexibilidad, modificación y mantenimiento preventivo y correctivo para los usuarios.

Podemos observar como el *sistema de cerramientos con tableros de madera* se presenta como una alternativa fiable y con capacidad de generar un aporte en cuanto a las problemáticas planteadas por la investigación: posicionando la madera de plantaciones como material de uso masivo en la construcción; aumentando la oferta de cerramientos de producción nacional; y permitiendo desarrollar tecnologías de junta-seca con posibilidades de reutilización. De lo realizado en esta etapa de comprobaciones experimentales podemos afirmar que:

- Para el uso planteado de cerramientos interiores en vivienda el sistema cumple con los requerimientos físicos mínimos recomendados por la normativa nacional e internacional, sin embargo es importante resaltar que al ser un sistema abierto, el mismo permite realizar modificaciones en sus componentes para incluso mejorar sus características físicas y por ende aumentar prestaciones y valores aquí planteados.
- En cuanto al proceso de producción de los componentes se comprueba la capacidad del sistema para ser producido a diversas escalas, al haber realizado pruebas en pequeños talleres y haber realizado visitas técnicas a diversas industrias vinculadas a la fabricación de paneles, obteniendo resultados exitosos, con procesos simples y eficientes, tanto a nivel de tiempo, como de manejo de residuos.
- El proceso de montaje del sistema se llevó a cabo de manera acotada y se comprobó la facilidad del montaje. Sin embargo, es importante resaltar que para futuros avances del

sistema, se sugiere realizar pruebas de montaje de mayor complejidad en la que se pueda corroborar la eficiencia del proceso en la totalidad de las uniones planteadas.

- El análisis de la estructura de costos para la producción de la propuesta permite observar que se manejan rangos accesibles y competitivos frente a otro tipo de cerramientos. Adicionalmente se obtienen indicadores que aumentan el valor de la tecnología en cuanto a: impacto ambiental de su ciclo de vida, incidencia sobre el peso y costo de la estructura y los tiempos de montaje.
- La prueba de diseño, fabricación y montaje de la tecnología en el caso de estudio obtuvo resultados positivos en cuanto a los aspectos desarrollados para la propuesta: coordinación dimensional, procesos de fabricación, procesos de montaje y desmontaje, funcionamiento correcto de las uniones, redes de instalaciones, entre otros. En base a dichos resultados se comprueba la aplicabilidad de la tecnología en proyectos de vivienda.

Referencias bibliográficas capítulo III

ACOSTA, Domingo. (2009). Arquitectura y construcción sostenibles: conceptos, problemas y estrategias. De Arquitectura 04: Sostenibilidad y Medio Ambiente. Universidad de los Andes. Bogotá, Colombia. Pág. 14-23.

CONTI, Antonio. (2004). Cerramientos con madera, de junta seca, para viviendas progresivas. Tecnología y Construcción. Vol. 20-I, 2004. Pp. 39-50.

COVENIN. (1988). COVENIN 2002-88. Criterios y Acciones Mínimas para el Proyecto de Edificaciones. Caracas, Venezuela: Fondonorma.

HERNÁNDEZ, Beverly. (2009). SIEMA-VIV: un sistema articulado de estructura metálica para la construcción de viviendas multifamiliares de desarrollo progresivo. Trabajo Especial de Grado. IDEC-FAU-UCV. Caracas.

IMME, Instituto de Materiales y Modelos Estructurales. (2010). Informe Técnico N° 311315. Universidad Central de Venezuela. IMME. Facultad de Ingeniería. Caracas.

Referencias Electrónicas Capítulo III

AITIM – Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera. Libro Casas de Madera VII Aislamiento e impermeabilización

http://www.infomadera.net/uploads/descargas/archivo_9_Libro%20Casas%20de%20madera%20Aislamiento.pdf (revisado 20 de julio de 2013, 8:31 am)

CORMA, Corporación Chilena de la Madera. Construcción de viviendas con madera. Unidad 15. Protección contra el fuego.

<http://www.cttmadera.cl/2007/03/31/la-construccion-de-viviendas-en-madera/>

(Revisado 08 de junio de 2012, 9:56 am)

ESSALUD. (2009). El dry-wall – conveniencia de su uso en infraestructura física de los centros asistenciales de ESSALUD. Boletín tecnológico. Evaluación de tecnologías en salud. N°32.

<http://essalud.gob.pe/downloads/empresarial/salud/boltecn32.pdf> (revisado el 29 de julio de 2013, 6:45 pm)

MINVU – DITEC. (2005). Listado Oficial de Soluciones Constructivas para el Aislamiento Acústico. Edición 003,

http://serviu10.minvu.cl/documentos/Urbanismo%20y%20Construccion/Normativa%20Tecnica/Listado_Oficial_acustico4653.pdf (Revisado 18 de abril de 2013, 9:37 am)

SANCHEZ POLANCO, Lina Marithza. (2009). Análisis de rendimientos de mano de obra para actividades de construcción. Caso de estudio Edificio J-UPB. Universidad Pontificia Bolivariana. Escuela de Ingenierías y Administración. Facultad de Ingeniería Civil. Bucaramanga. Colombia..

http://repository.upb.edu.co:8080/jspui/bitstream/123456789/635/1/digital_18364.pdf (revisado el 27 de julio de 2013, 8:45 pm)

CONCLUSIONES



“Incontables investigaciones y trabajos orientados a disminuir el impacto ambiental de nuestra actividad se acometen actualmente en prácticamente todas las ramas del quehacer humano: la búsqueda de fuentes alternas de energía, el ahorro, la reutilización y reciclaje y la reducción de la contaminación, representan entre otras algunas de las principales áreas en las que de forma progresiva se trabaja para lograr ese objetivo ... Sin embargo, la humanidad aún está muy lejos de acercarse a la solución del problema medioambiental que ha generado. Aún falta mucha conciencia y compromiso real, además de conocimientos que permitan realizar acciones verdaderamente efectivas, y el interés gubernamental en ocasiones es más formal o de principio que real y concreto pues son otras las prioridades que comúnmente ocupan su acción oportuna”.

AGUILA, Idalberto. “Mayor gestión sostenible en niveles intermedios”.

Rev. Tecnología y Construcción Vol. 26-I. 2010. Pág. 7.

“

Conclusiones

Desde un inicio, el norte que se trazó para el trabajo fue el de delimitar un área de aplicación para la madera y sus derivados, en el ámbito de la construcción venezolana, entendiendo el potencial y las limitantes que ello implicaba, en otras palabras, incentivar un papel de mayor importancia a la madera venezolana en el ámbito de la construcción.

Como **conclusión general** de acuerdo a lo estudiado, conocido y experimentado afirmamos que es factible la utilización de productos forestales venezolanos, específicamente tableros aglomerados y madera aserrada de plantaciones, para la fabricación de paneles prefabricados tipo sandwich, conformando un sistema de cerramientos interiores para diversas aplicaciones constructivas. Se comprobó la utilización de dicho sistema en proyectos de vivienda como caso de estudio, sin excluir su uso para otras aplicaciones con exigencias funcionales similares. Resalta el potencial del sistema en términos de deconstrucción, flexibilidad, instalaciones visitables y reutilización de los componentes.

En cuanto a la madera venezolana como material sostenible

Los aspectos más resaltantes de la madera para la construcción han sido revisados y justifican el uso del material de manera masiva en nuestro país. Entre los aspectos más destacados se señalan los siguientes:

- Material renovable de origen vegetal.
- Proceso industrial de bajo impacto ambiental.
- Baja emisión de residuos tóxicos en su producción.
- Bajo consumo energético en su procesamiento.
- Aprovechamiento máximo del material a través de la reutilización y el reciclaje.

Se constató el potencial forestal reseñado por diversos autores, expertos en la materia en términos de plantaciones forestales y su uso como materia prima en nuestro país. A través del análisis de esta información se comprobó la conveniencia de la utilización de los tableros de madera, resultado del procesamiento primario, en la elaboración de componentes constructivos prefabricados.

La explotación racional y mecanización del pino caribe y otras especies de rápido crecimiento tanto para elementos aserrados como tableros, es quizás la vía más eficiente para sacar provecho del recurso forestal y lograr una exitosa aplicación del material en el campo de la construcción. De allí que el trabajo plantea incentivar el desarrollo de soluciones constructivas con base en materiales de segunda generación como los tableros de madera, incrementando sus prestaciones al combinarlos con otros materiales.

Se pudo determinar el potencial que poseen los sistemas de paneles prefabricados con tableros para conformar sistema de cerramientos, con todas las implicaciones que esto conlleva, como ha sido estudiar el caso de una aplicación exigente en términos de requerimientos como es la vivienda.

Es así como se definieron aspectos inherentes a la sostenibilidad de las edificaciones vinculados a la construcción con madera como las tecnologías apropiables por usuarios y comunidades, la posibilidad de producir componentes en diversos niveles de industrialización, las juntas secas que permiten la deconstrucción, la liviandad de los elementos, la coordinación modular y el cero desperdicio en obra, entre otras.

Definición de los requerimientos técnicos para cerramientos

Se sistematizaron los requerimientos técnicos para cerramientos considerando la importancia que este punto reviste por el reducido conocimiento técnico y uso de la madera en la construcción venezolana. La metodología empleada orientó la revisión de la

normativa nacional e internacional, así como las recomendaciones de empresas e instituciones visitadas y consultadas, vinculadas a la construcción con madera, lo que permitió definir los estándares mínimos que debe cumplir la propuesta en términos de: estabilidad y resistencia, confort térmico, protección contra la humedad, aislamiento acústico, prevención ante el fuego y protección contra hongos, bacterias, e insectos y demás agentes bióticos. De este análisis teórico se extrae la siguiente información:

- Los componentes tipo panel planteados poseen la suficiente capacidad estructural para cumplir las solicitudes propias de un cerramiento auto soportante. De igual manera, las caras exteriores de tableros de madera y su respectivo acabado son capaces de absorber las solicitudes por fuerzas de impacto que pueda sufrir el cerramiento en su ciclo de vida.
- Los cerramientos propuestos poseen una alta capacidad de aislamiento térmico por su configuración, especialmente el tipo 'sandwich' al incluir un relleno de poliestireno expandido.
- Los ciclos de calor-humedad se presentan como un riesgo para los componentes, especialmente en las uniones, juntas y cantos, generando ambientes ideales para el deterioro de la madera. Es por ello que se promueve desde la investigación el principio de 'protección por diseño' (al levantar y separar los cerramientos del piso) además de usar madera aserrada secada al horno y tratada con autoclaves. De igual manera se plantea la sustitución de la madera aserrada por perfiles metálicos para casos especiales con altos niveles de humedad.
- El sistema planteado de acuerdo a pruebas elementales alcanza índices de debilitamiento acústico que aseguran el confort interno y la privacidad. El traspaso sónico básicamente es a través de las juntas. En nuestro caso la junta seca propuesta admite incluir a lo largo de las uniones elementos adicionales como tiras de fieltro, guarniciones plásticas y de goma, que obstaculizan notablemente el paso de sonidos. Adicionalmente se definieron estrategias para aumentar la insonoridad

usando en el interior de los paneles materiales aislantes como la lana de fibra de vidrio y, por diseño, a través de configuraciones espaciales, interponiendo entre espacios íntimos closets, sanitarios, depósitos y similares.

- Para la protección contra el fuego se definió una resistencia para la propuesta de 15 minutos como mínimo, delimitando el uso a las divisiones internas de las unidades habitacionales. Desde el trabajo se incentiva el desarrollo de productos ignífugos que aumenten la resistencia de los tableros así como métodos de protección integrales a las edificaciones.
- En la experiencia constructiva del modelo a escala natural resultó expedito y sencillo anclar mediante las uniones incorporadas al panel y los elementos de fijación a pisos y techos.

Aspectos de diseño, producción, montaje y mantenimiento

En la experiencia constructiva del modelo a escala natural resultó expedito y sencillo anclar mediante las uniones incorporadas al panel y los elementos de fijación a pisos y techos.

Resultó muy conveniente para diseñar la alternativa de aplicación la coordinación modular con el módulo de diseño 120x120 cm, originada básicamente a partir del dimensionamiento de los insumos básicos. Se comprobó exitosamente tanto en planta como en alzado en la aplicación de cerramientos para vivienda, así como la adaptación a las tipologías de vanos para puertas, ventanas y similares.

En cuanto a las uniones, conforman uno de los aspectos de mayor importancia del trabajo. Sin mayores pretensiones, sencillos y eficientes en su ejecución y montaje, resaltaron los siguientes aspectos:

- Los elementos de unión a piso y techo además protegen a los paneles de cerramiento al separarlos de superficies donde son propensos a sufrir los embates de la humedad.
- Después de diseñar y construir modelos de tipologías para las uniones incorporadas al panel comparando ventajas y desventajas, la unión en 'L' resultó la más eficiente en términos de aprovechamiento del material, coordinación modular, estanqueidad de la junta y elaboración en taller.
- Adicionalmente a los efectos de la coordinación dimensional entre componentes, la unión permite el desarrollo de una retícula simple en ambos sentidos, sin desplazamientos, independientemente de la tipología de unión a resolver en función de empalmes lineales y cruces ortogonales en los encuentros de dos, tres y cuatro cerramientos.
- La investigación reiteró que el uso de pino caribe para las uniones está supeditado a la disponibilidad de madera aserrada secada al horno y sometida a procesos de preservado eficientes que aseguren su durabilidad en el tiempo. Si este no fuera el caso habría que adoptar alguna de las alternativas planteadas en la investigación.
- Se generó un aporte a nivel 'técnico-constructivo' en el área de la construcción progresiva, planteando un sistema de uniones que integran de manera exitosa sus elementos, permitiendo el correcto montaje y desmontaje con capacidad de reutilización.
- Se logró la integración de las redes de instalaciones (sanitarias, eléctricas, de voz y data) al sistema de cerramientos a nivel conceptual, promoviendo no solo la resolución técnica de las mismas, sino generando 'instalaciones visitables' por parte de los usuarios para la revisión, mantenimiento y sustitución de partes. De igual manera se generó una variedad de alternativas que fueron evaluadas en términos espaciales, impacto sobre los cerramientos y posibilidad de desmontaje.

Las diversas escalas de producción o ‘sincretismo tecnológico’

Se comprobó la versatilidad de la propuesta en términos de producción, planteándose un ‘sistema abierto’ capaz de adaptarse a diversas escalas de fabricación, de lo artesanal a lo industrial, fabricando individualmente o colaborando con alianzas estratégicas de producción. A su vez el sistema permite la modificación, inclusión o sustitución de elementos y componentes dependiendo de la oferta y disponibilidad del mercado.

Este hallazgo reviste una gran importancia para el trabajo ya que se inscribe al principio de ‘sincretismo tecnológico’ referenciado al inicio de la investigación y que forma parte integral de la *“Agenda de sostenibilidad de las edificaciones”* desarrollada en el IDEC (Cilento 1999).

Comprobaciones experimentales de producción, montaje, deconstrucción y costos.

La producción a nivel artesanal o de manufactura permitió corroborar los procedimientos elaborados en el proceso de diseño de la tecnología. Se comprobó el aprovechamiento del material en cuanto al dimensionamiento de los paneles y las secciones de las uniones. De igual manera permitió estimar tiempos de fabricación y definir la organización de los procesos en fábrica.

El montaje de la tecnología se realizó de manera exitosa, sin herramientas sofisticadas, desde las etapas de transporte, organización del sitio e instalación de los cerramientos. La prueba, si bien acotada por las limitantes del trabajo, permitió afirmar la hipótesis planteada, uniones de montaje simple con principios mecánicos eficientes. Se obtuvieron niveles de rendimientos competitivos que fueron comparados con alternativas de cerramiento del mercado como bloques de arcilla y dry-wall, resultado la propuesta altamente eficiente a nivel de tiempos y producción de desperdicios.

El peso de los componentes también fue evaluado comprobando la liviandad de la tecnología propuesta (hasta 10 veces más liviano que otras alternativas). Esto implica una ventaja competitiva en cuanto al montaje y desmontaje del sistema. A su vez permite

reducir las cargas de la edificación, lo cual, aunque no fue evaluado en este trabajo, puede generar un aporte en la racionalización de la estructura.

El proceso de deconstrucción se llevó a cabo sin mayores inconvenientes y de acuerdo a las premisas de la investigación. Se comprobó el potencial de la 'junta seca', el potencial en cuanto al desarrollo progresivo del componente para ser complementado en cuanto a acabados y accesorios a lo largo de su vida útil, la capacidad de panel para soportar la fijación de elementos empotrados (mueble de tv y repisas de madera) y la colocación de puntos de instalación eléctrica. El proceso de 'progresividad del componente' afirma la premisa elaborada a principios del trabajo vinculada a la adaptabilidad del cerramiento según los requerimientos de los usuarios, a través de procesos de bajo impacto.

La valoración económica de la tecnología demostró su potencial para ser introducida al mercado de la construcción. La producción industrial de los cerramientos arroja rangos de costos equiparables a alternativas tradicionales como la mampostería con bloque de arcilla, mientras que la producción artesanal de los paneles, incrementa el costo alrededor de un 25% respecto al industrializado.

La aplicación de la tecnología en edificaciones de construcción progresiva y ciclo de vida flexible se llevó a cabo a través del caso de estudio, en el cual se comprobaron diversos aspectos:

- La pertinencia de la coordinación modular establecida fue corroborada al obtener un eficiencia del 96,2% de casos resueltos para configurar espacios requeridos por el diseño arquitectónico. El nivel de prefabricación planteado resultó exitoso, sin embargo hay que acotar que implica un nivel de planificación sofisticado para la producción, almacenaje y montaje de la obra en general.
- En la alternativa de solución del caso de estudio se observaron vanos no previstos en la tipología general de cerramientos de la propuesta, sin embargo se establecen criterios para su solución gracias, en gran parte, a la sencillez de las uniones planteadas para el sistema en general.

Otras consideraciones

El enfoque metodológico empleado tomó como referencia el planteamiento sistémico del IDEC para el desarrollo de producciones en serie y normalizadas. , La investigación así realizada permitió desarrollar información sistematizada que esperamos sea de utilidad para investigaciones similares futuras en el área de cerramientos y componentes compuestos con madera y otros materiales. Se considera los resultados de esta investigación como positivos y satisfactorios al haber comprobado la hipótesis en cuanto a la viabilidad de un sistema de cerramientos interiores, elaborado a partir de tableros aglomerados y madera aserrada en sus dos modalidades productivas básicas, la industrial tipo sándwich propia de industrias especializadas y paneles entamborados más accesibles a carpinterías pequeñas y medianas. Esto sin descartar producciones mixtas, industriales-artesanales, dentro del concepto de sincretismo tecnológico. Finalmente, de acuerdo al potencial constatado y partiendo de estos resultados se abre la posibilidad en un futuro próximo emprender investigaciones para desarrollar sistemas de cerramientos exteriores, cerramientos estructurales (paneles portantes) e incluso sistemas constructivos integrales.

Bibliografía Consultada

ACOSTA, Domingo. CILENTO SARLI, Alfredo. (2007). Edificaciones Sostenibles: estrategias de investigación y desarrollo. Instituto de Arquitectura Tropical.

ACOSTA, Domingo. (2009). Arquitectura y construcción sostenibles: conceptos, problemas y estrategias. De Arquitectura 04: Sostenibilidad y Medio Ambiente. Universidad de los Andes. Bogotá, Colombia. Pág. 14-23.

AITIM, Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de la Madera y Corcho. (1994). Guía de la Madera. Un Manual de referencia para el uso de la madera en arquitectura, construcción, el diseño y la decoración. AITIM, 1994.

ALLISON, Peter. (1998). La flexibilidad de los sistemas móviles y modulares. Revista a+t Nº12: Vivienda y flexibilidad I, pp. 110-115.

ALTOZANO, F. REYES, J.M. (2008). D_21 system: un juego para ser habitado. Informes de la construcción. Vol. 60, 512, pp. 61-69.

BARRIOS, Eric. CONTRERAS, Wilver. OWEN DE CONTRERAS, Mary Elena. (2006). Repercusiones energéticas y económicas del uso de la madera como elemento constructivo para viviendas de interés social en Venezuela. Revista Forestal Latinoamericana Nº40. Pág. 1-28. 2006.

BARRIOS, Eric. (2011). Metodología de Diseño Ambientalmente Integrado (dAI) para la Producción de Estructuras Laminadas en Madera de Pino Caribe (*Pinus Caribaea* var. *Hondurensis*). Aplicación: Diseño de un sistema estructural para edificios de vivienda multifamiliar. Trabajo de grado presentado para optar al título de Doctor en Arquitectura. Universidad Central de Venezuela. Caracas, 2011.

BERMUDEZ GRAIÑO, José M. (1999). De la madera y sobre la evolución del tablero. Revista Tectónica Nº 11. Pp. 14-27.

CILENTO SARLI, Alfredo. (1999). Cambio de paradigma del hábitat. Universidad Central de Venezuela. Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico. Instituto de Desarrollo Experimental de la Construcción. Caracas, Venezuela.

CILENTO SARLI, Alfredo. (2007). Hogares sostenibles de desarrollo progresivo. Instituto de Arquitectura Tropical.

CILENTO SARLI, Alfredo. (2011). 80 años de Políticas de Vivienda en Venezuela. Sostenibilidad Urbana: el Caso de las Ciudades Venezolanas. Ediciones FAU-UCV. Caracas, Venezuela. Pág. 143-162

CLOQUELL BALLESTER, Vicente Agustín. CONTRERAS MIRADA, Wilver. OWEN DE CONTRERAS, Mary Elena. (2005). La Madera y los productos forestales en sistemas estructurales: aspectos técnicos y medioambientales. Universidad de los Andes, Venezuela / Universitat Politècnica de Valencia.

CONTI, Antonio. (2004). Cerramientos con madera, de junta seca, para viviendas progresivas. Tecnología y Construcción. Vol. 20-I, 2004. Pp. 39-50.

CONTRERAS MIRANDA, Wilver. OWEN DE CONTRERAS, Mary Elena. CONTRERAS MIRANDA, Yoston. RONDÓN, María Teresa. (2009). Evaluación y rediseño de dos proyectos de casas, realizados por la Gerencia Proyecto Vivienda Madera de CVG Proforca. Parte II. Revista Forestal Venezolana. Año XLIII, Volumen 53(2) Julio-Diciembre. Pp.199-207.

CONTRERAS, Wilver et al. (2003). Elaboración de tableros aglomerados de partículas de Caña Brava (*Gynerium Sagittatum*) adhesivo urea-formaldehído. Revista Forestal Latinoamericana 34. Pág. 1-16.

COVENIN. (1988). COVENIN 2002-88. Criterios y Acciones Mínimas para el Proyecto de Edificaciones. Caracas, Venezuela: Fondonorma.

COVENIN. (1988). Normas Sanitarias. Gaceta Oficial de la República de Venezuela. N°4044 Extraordinario. Caracas, 1988.

DEPLAZES, Andrea. (ED.) (2005). Construir la Arquitectura, del material en bruto al edificio, un manual. Editorial Gustavo Gili. Barcelona, 2008.

EDWARDS, Brian. (2005) Guía Básica de la Sostenibilidad. 2da revisión revisada y ampliada. Editorial Gustavo Gili. Barcelona, 2008.

FERRO MEDINA, Germán. (2010). Árboles Ciudadanos en la Memoria y el Paisaje Cultural de Bogotá. Alcaldía Mayor de Bogotá. Instituto Distrital de Patrimonio Cultural. Colombia, 2010.

FOURNIER ZEPEDA, Rolando (2008). Construcción sostenible en madera: realidades, mitos y oportunidades. Tecnología en Marcha, Vol. 21, N.º 4, Octubre-Diciembre 2008, pp. 92-10.

GARAY, Darío. Et al. (2003). Elaboración de Tableros Aglomerados de Partículas Orientadas (OSB) con Urea Formaldehído, a partir de la Especie Pinus Caribaea var. Hondurensis. Revista Forestal Latinoamericana 34. Pág. 1-16.

GARAY, Darío. Et al. (2001) Tableros Aglomerados de Partículas a partir de las especies Melina y Teca. Revista Forestal Venezolana 45. Pág. 205-212.

GASPARINI, Graziano.(1965) La Arquitectura Colonial en Venezuela. Ediciones Armitano. Caracas, 1965.

GRAU ENGUIX, Joaquín. VERD HERERRO, Antonio. GUTIERREZ GUITIAN, María V. (1979). Aplicaciones del Tablero Aglomerado en la Construcción. ODITA (Asociación Nacional de Fabricantes del Tablero Aglomerado). Madrid, España.

HABRAKEN N. J. ET ALT. (1979). El Diseño de Soportes. Editorial Gustavo Gil. Barcelona (reedición 2000).

HABRAKEN, N.J. MIGNUCCI, A. (2010). Soportes: vivienda y ciudad. Instituto de Arquitectura Tropical, 2010.

HEGGER, Manfred. DREXLER, Hans. ZEUMER, Martin.(2007). Materiales. Editorial Gustavo Gili. Barcelona, 2010.

HEMPEL, Ricardo. POZO SALGADO, Mario. (1988). Cuaderno N°9 Aislación Acústica en Tabiques, Edificación en Madera. Universidad del Bío-Bío. Chile.

HENN, Walter. (1971). Tabiques. Problemas técnicos y ejemplos. Editorial GG. Barcelona. 1971.

HERNANDEZ, Beatriz. (2000) El techo en la vivienda de bajo costo en Venezuela, Importancia de lo Cultural. Tecnología y Construcción Vol. 16-3. Pp. 21-29.

HERNÁNDEZ, Beverly. (2009). SIEMA-VIV: un sistema articulado de estructura metálica para la construcción de viviendas multifamiliares de desarrollo progresivo. Trabajo Especial de Grado. IDEC-FAU-UCV. Caracas.

HUGUES, Theodor. STEIGER, Ludwig. WEBER, Johann. (2006). Construcción con Madera. Editorial Gustavo Gili. Barcelona, 2007.

IMME, Instituto de Materiales y Modelos Estructurales. (2010). Informe Técnico N° 311315. Universidad Central de Venezuela. IMME. Facultad de Ingeniería. Caracas.

JUNAC, Junta del Acuerdo de Cartagena. (1984). Manual de Diseño para Maderas del Grupo Andino. Proyectos Andinos de Desarrollo Tecnológico en el Área de Recursos Forestales Tropicales. Carvajales s.a. Colombia.

KONCZ, Tihamér.(1977). Construcción Industrializada. H. Blume Ediciones. Madrid.

LAQUIAN, Aprodicio A. (1985) Vivienda Básica: Políticas sobre Lotes Urbanos, Servicios y Vivienda en los Países en Desarrollo. Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo CIID. Bogotá.

LORETO, Ana. MOLINA, Ricardo. VIVIAS, Virginia. LUGO, Argenis. CONTI, Antonio. (2000). La madera: Una línea de Investigación. Tecnología y Construcción Vol. 16-3. Pp. 9-20.Caracas.

LUGO, Argenis. (2003). Utilización de madera de pino caribe de pequeños diámetros para la producción de componentes constructivos: una tecnología constructiva sostenible. Tesis de Grado para optar para el título de Magister Scientiarum IDEC/FAU/UCV. 2003.

MAÑÁ i REXACH, Fructuos, GONZALEZ i BARROSO, Josep, SAGRERA i CUSCÓ, Albert. (2000). Manual de minimización y gestión de residuos en las obras de construcción y demolición. ITEC, Barcelona.

MINAMB, Ministerio para el Poder Popular del Ambiente. (2008). Estadísticas Forestales. Anuario de Bosques. Serie 12. Caracas, Venezuela.

MOLINA PEÑALOZA, Ricardo. (2005). Viviendas de interés social de madera en Venezuela: dos casos particulares. Universidad del Bío-Bío. Facultad de Arquitectura, Construcción y Diseño. Trabajo de grado para optar al título de Magíster en Construcción en Madera. Concepción. 2005.

MONTANIER, Josep María. MUXÍ MARTÍNEZ, Zaida (2010). Reflexiones para proyectar viviendas del siglo XXI. DEARQ 06. Revista de Arquitectura de la Universidad de los Andes. Bogotá, Colombia. Pág. 82-99.

MORENO, Pablo A. et al. (2007). Utilización de Bambusa Vulgaris como una Alternativa en la Fabricación de Tableros Aglomerados de Partículas. Revista Forestal Latinoamericana 42. Pp 31-50.

OLIVERI, G. Mario. (1972). Prefabricación o metaproyecto constructivo. Editorial Gustavo Gili. Barcelona.

PARICIO, Ignacio. (2000). Casa Barcelona. Vivienda en Detalle. AV Monografías Nº 86. Pp. 10-25. Madrid, España, 2000.

PELLEGRINO, Osny. (2005). Un techo para vivir. CYTED – Ed. UPC, P. 376. Barcelona, España.

ROGERS, Richard. (1997). Ciudades para un pequeño planeta. Editorial Gustavo Gil. Barcelona, 1997.

ROSS, Peter. DOWNES, Giles. LAWRENCE, Andrew. (2009). Timber in Contemporary Architecture. A Designer's Guide. TRADA.

ROSALES, Luis. (2007) Física de las Edificaciones. Tema 3: Transferencia de calor en edificaciones. IDEC/FAU/UCV.

SALAS, Julián.

Contra el hambre de vivienda. Soluciones tecnológicas latinoamericanas. CYTED-D. Revista Escala. Bogotá, Colombia. 1998.

SALAS, Julián.

De la industrialización posible de la vivienda latinoamericana. CYTED-D. Escala. Colección Tecnologías para la vivienda de interés social. Bogotá, 2000.

SALAS, Julián.

De los sistemas de prefabricación cerrada a la industrialización sutil de la edificación: algunas claves del cambio tecnológico. Informes de la construcción. Industrialización (I). Volumen 60. Nº512. Pp. 19-34. ISSN: 0020-0883. España 2008.

SILVA CONTRERAS, Mónica. (1999). Temperar en Macuto. Seis villas centenarias en Guzmanía 1884-1900. Fundación Museo Armando Reverón. CONAC, 1999.

URDANETA FINUCCI, Enrique. (1944). Hábitat para todos – Vivienda progresiva de unidades básicas ampliables y preservación ecológica urbana. Fundación de la Vivienda Popular – Consejo Nacional de la Vivienda. Caracas. 1944.

VENEZUELA VIVE (ENCICLOPEDIA). (2001). Tomo II Geografía económica humana para el tercer milenio. Editorial Minerva, C.A. Caracas, Venezuela.

YEANG, Ken. (1999). El Rascacielos Ecológico. Editorial Gustavo Gili. Barcelona, 2001.

ZWEIG, Stefan. (1976). Momentos Estelares de la Humanidad. Catorce miniaturas históricas. La lucha por el Polo Sur. Editorial Acanalado, 2002.

APÉNDICE

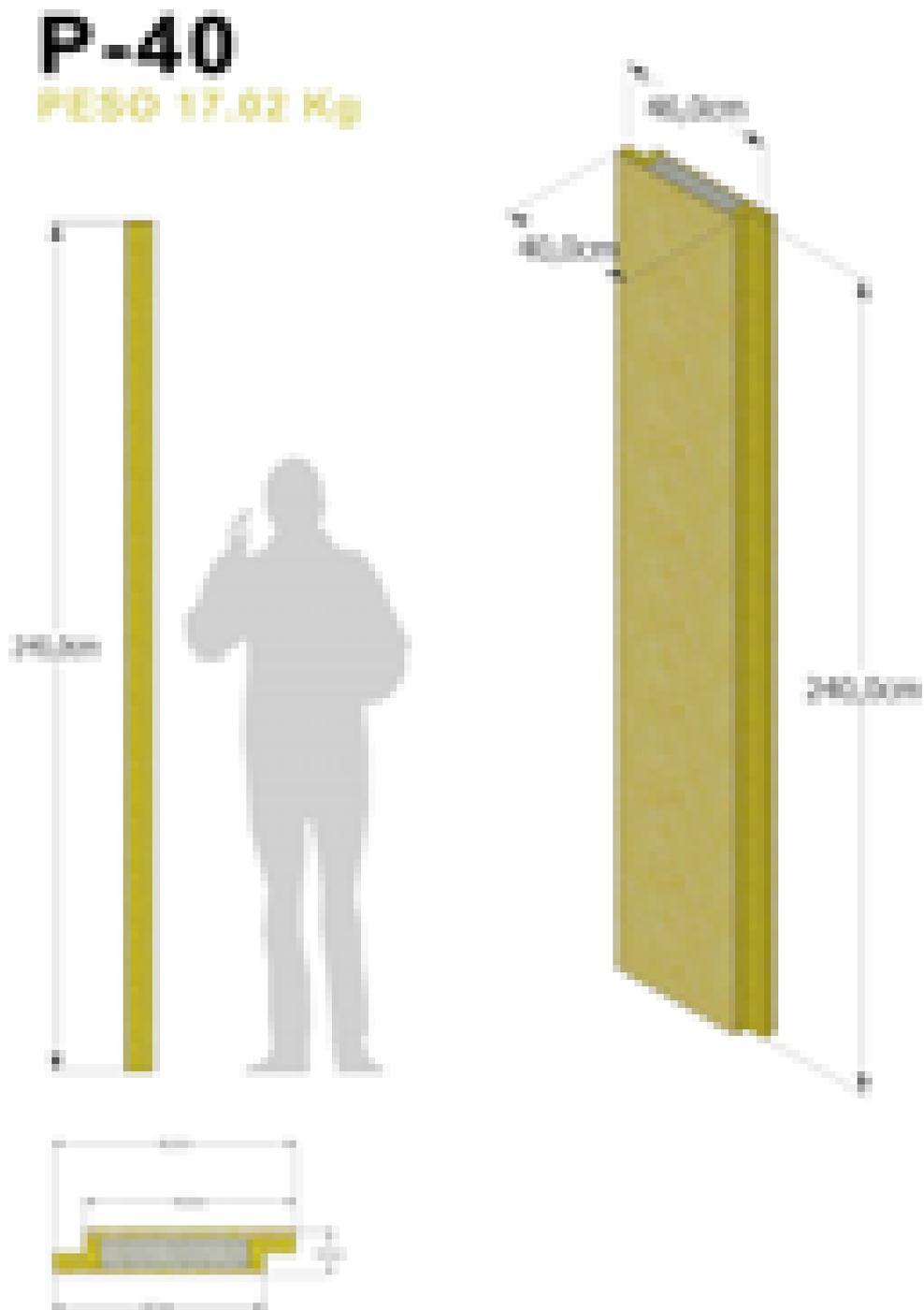


Figura 116. Componente P40. Fuente: elaboración propia, febrero 2013.

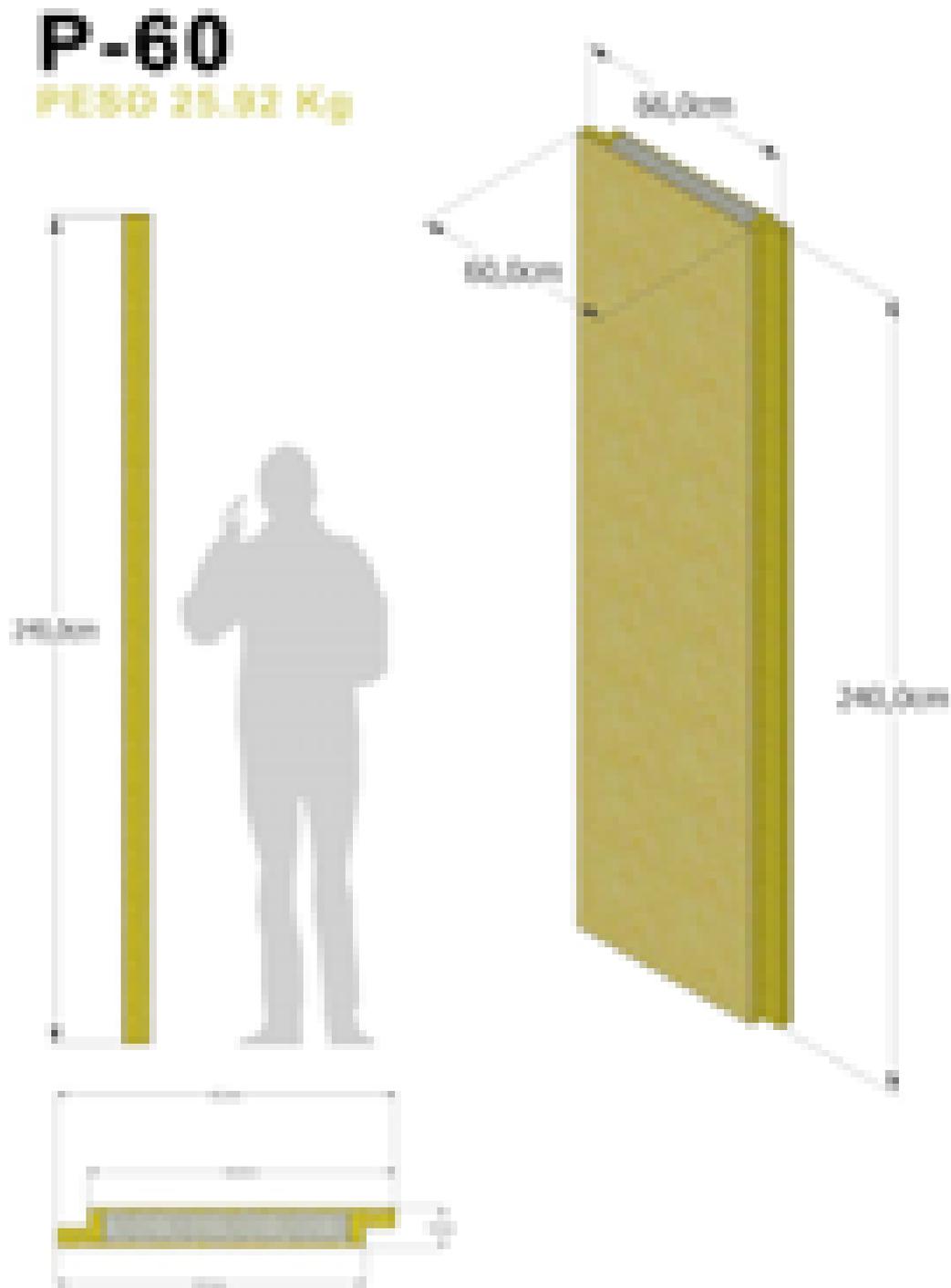


Fig.

Figura 117. Componente P60. Fuente: elaboración propia, febrero 2013.

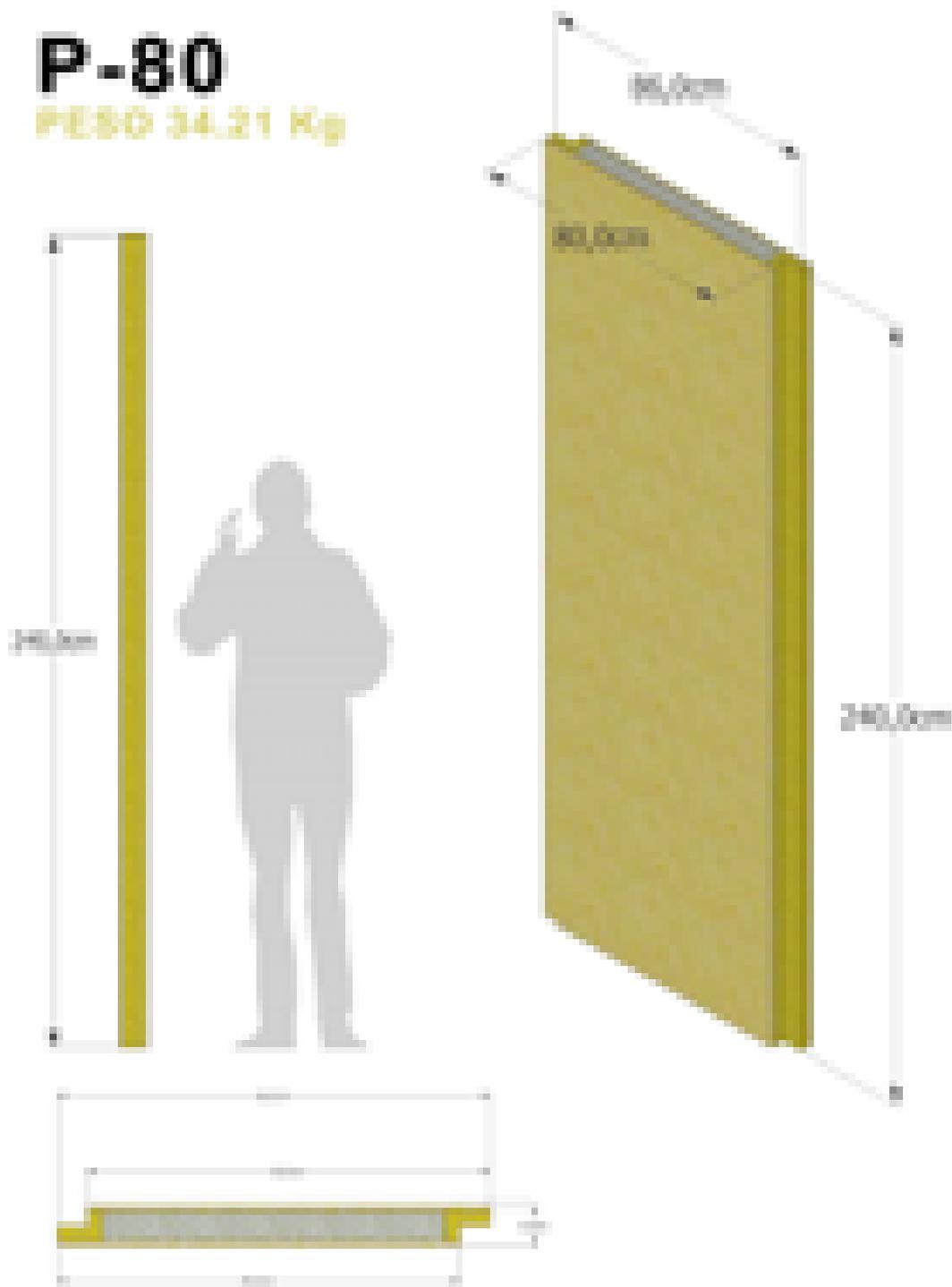


Figura 118. Componente P80. Fuente: elaboración propia, febrero 2013.

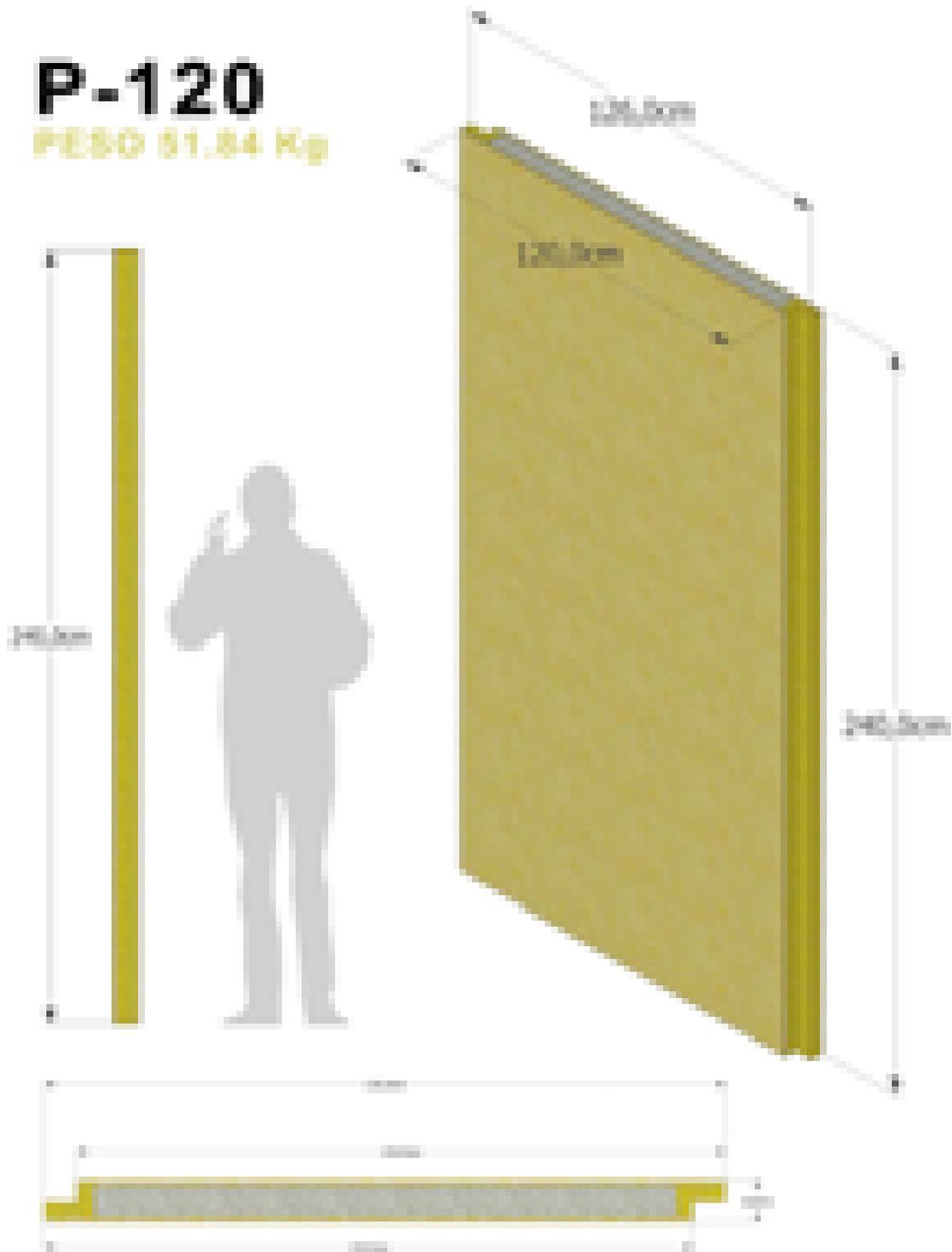


Figura 119. Componente P120. Fuente: elaboración propia, febrero 2013.

PH-40

PESO 18,95 Kg

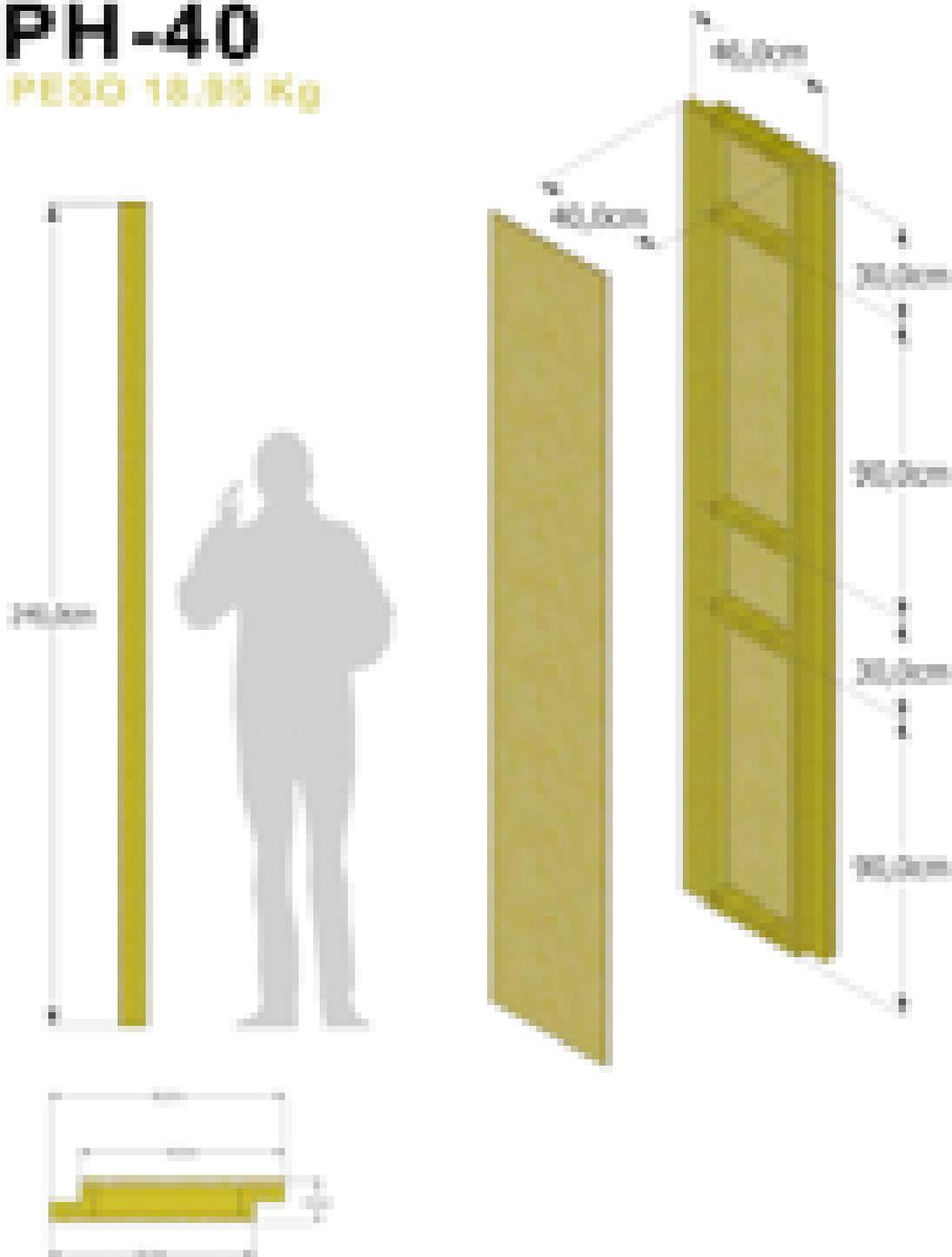


Figura 120. Componente PH-40. Fuente: elaboración propia, febrero 2013.

PH-60

PESO 28.86 Kg

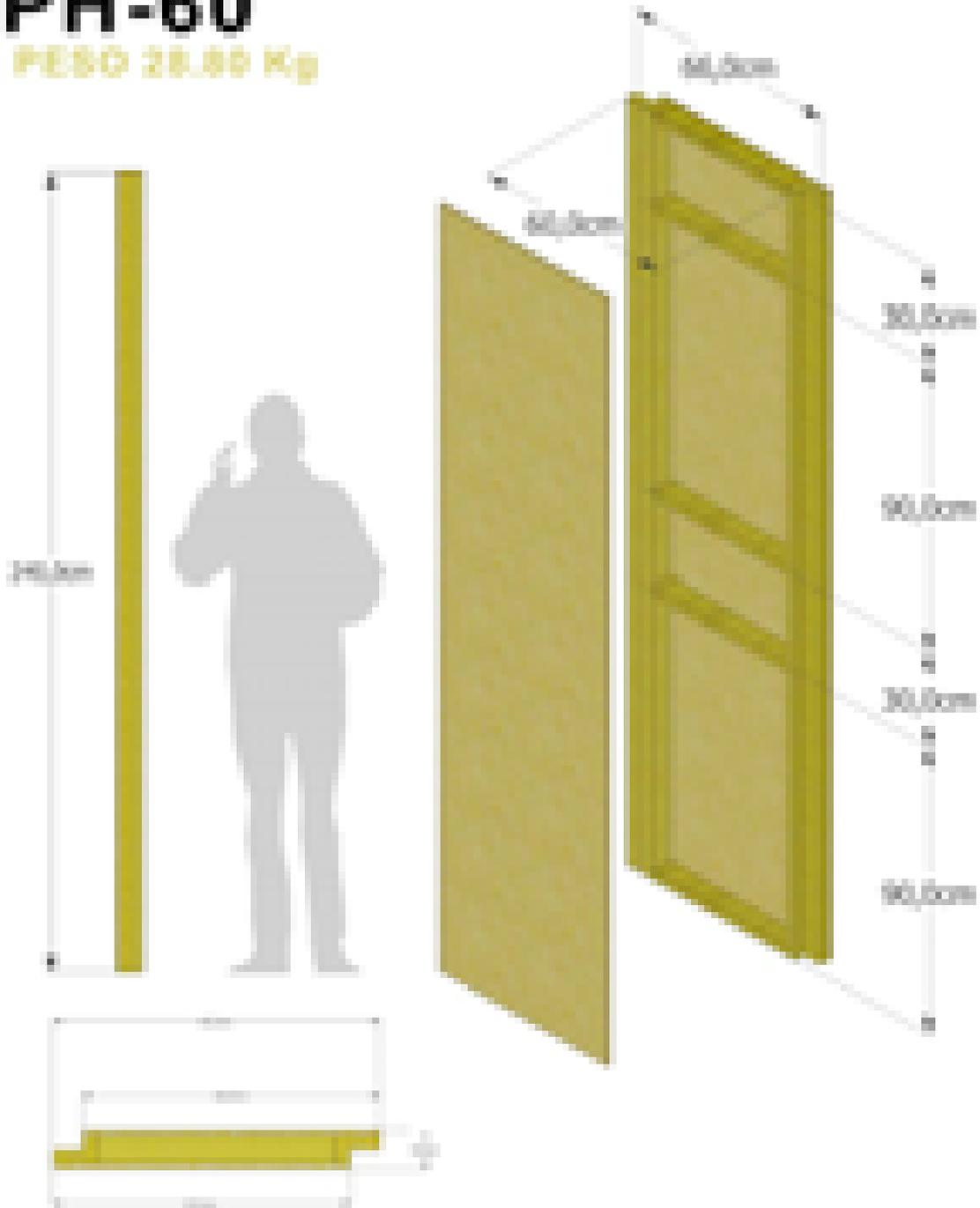


Figura 121. Componente PH-60. Fuente: elaboración propia, febrero 2013.

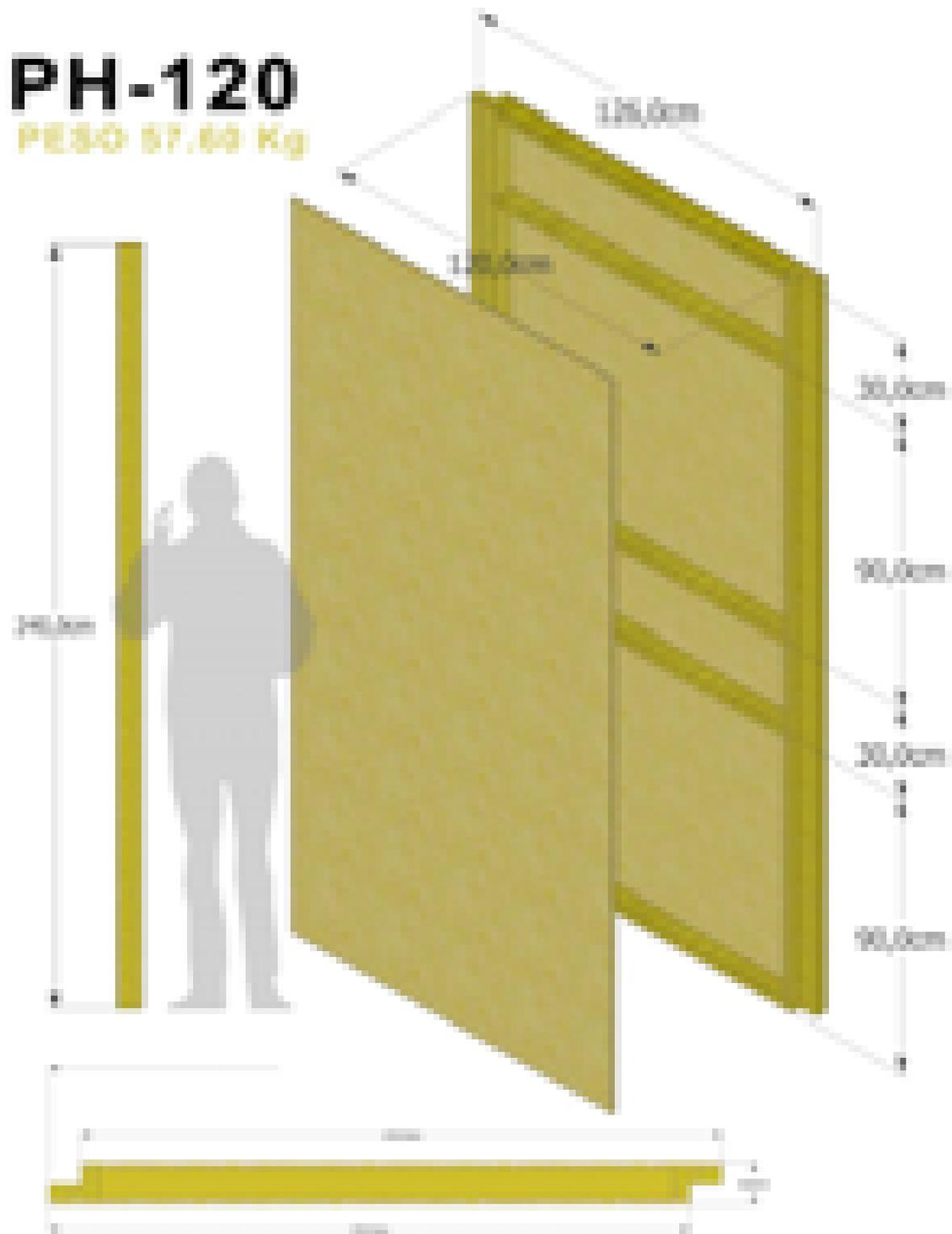


Figura 123. Componente PH-120. Fuente: elaboración propia, febrero 2013.

UNION LINEAL PARED-PANEL

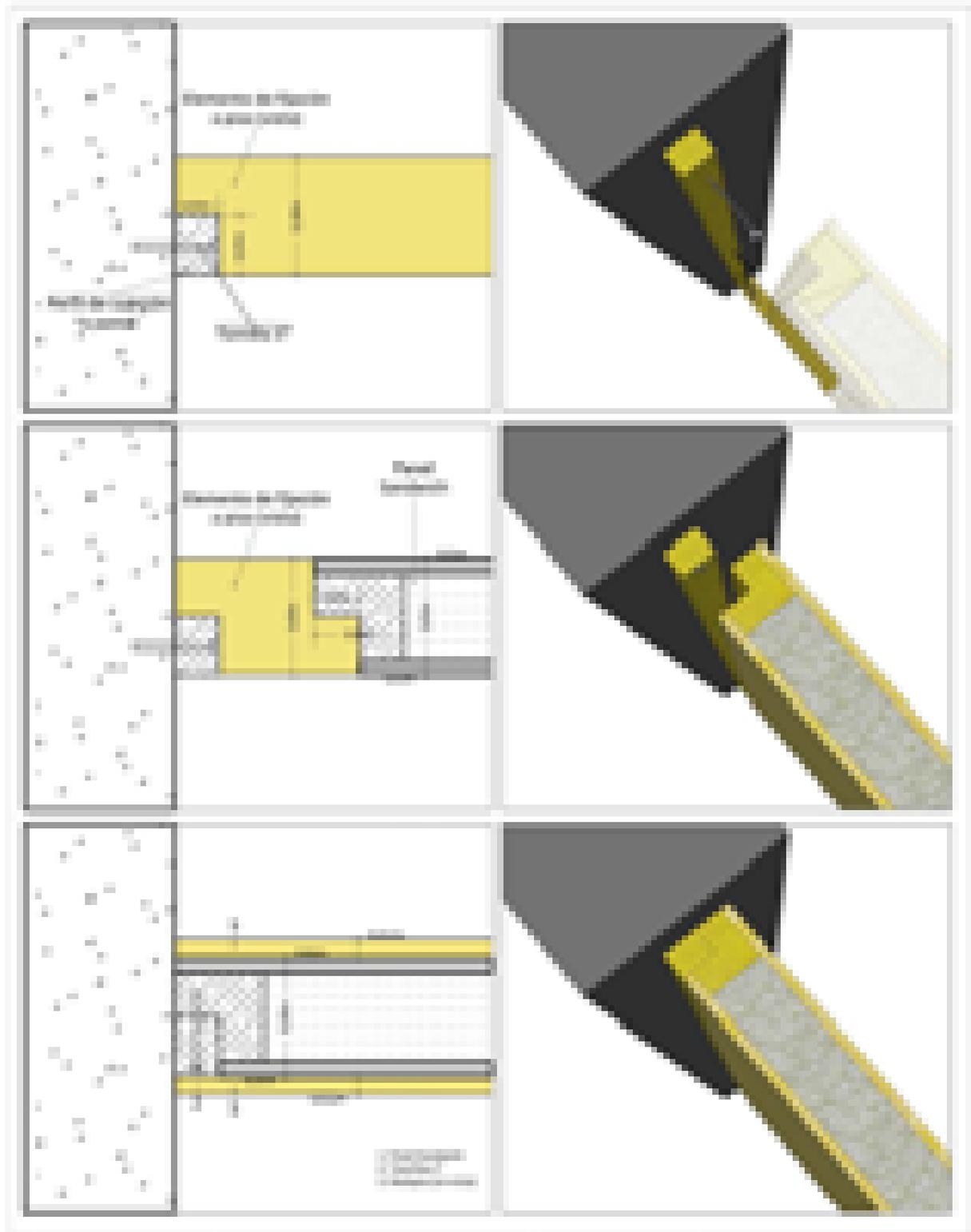


Figura 124.Unión lineal pared-panel. Fuente: elaboración propia, febrero 2013.

UNION LINEAL PANEL-PANEL

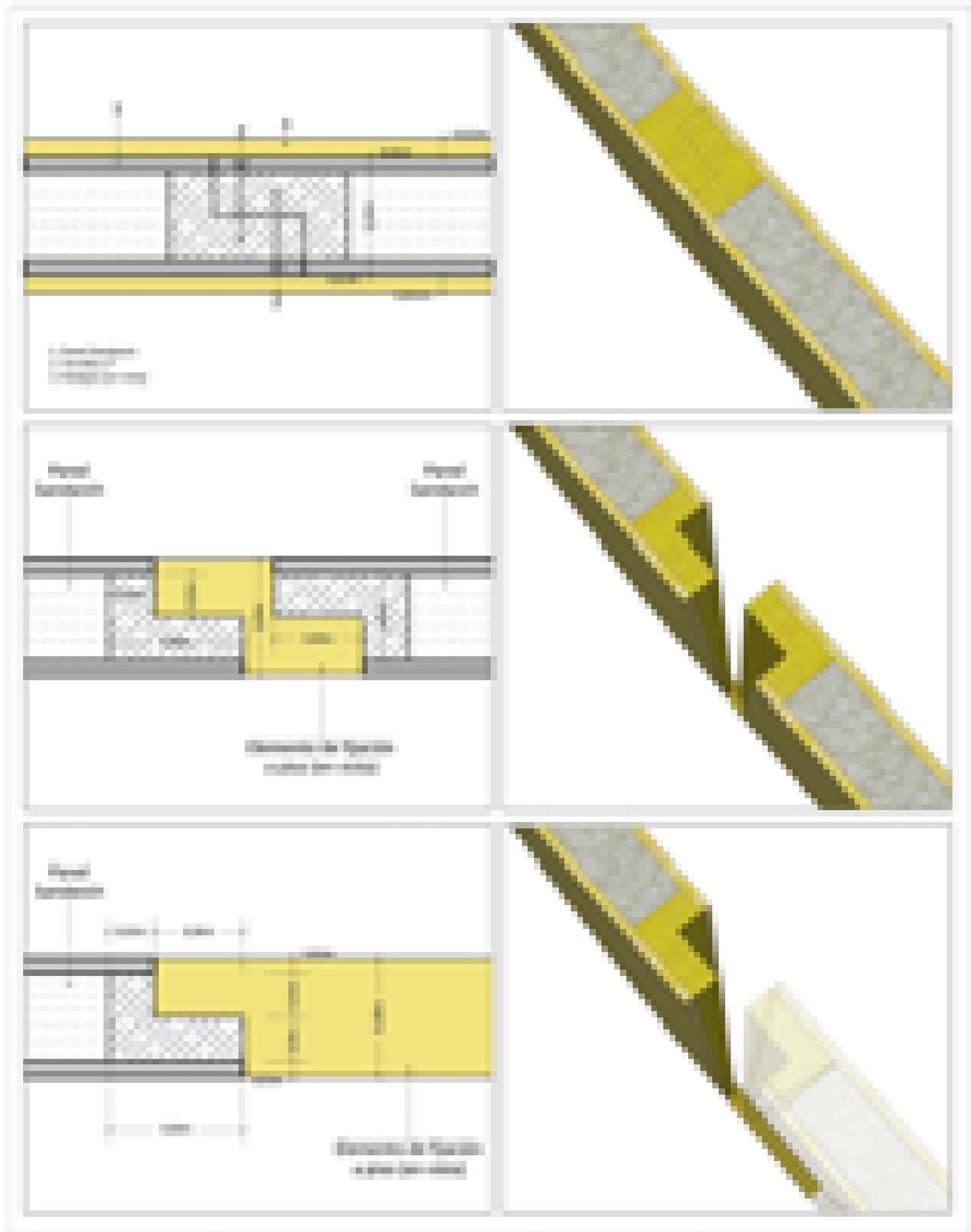


Figura 125. Unión lineal panel-panel. Fuente: elaboración propia, febrero 2013.

UNION L PANEL-PANEL

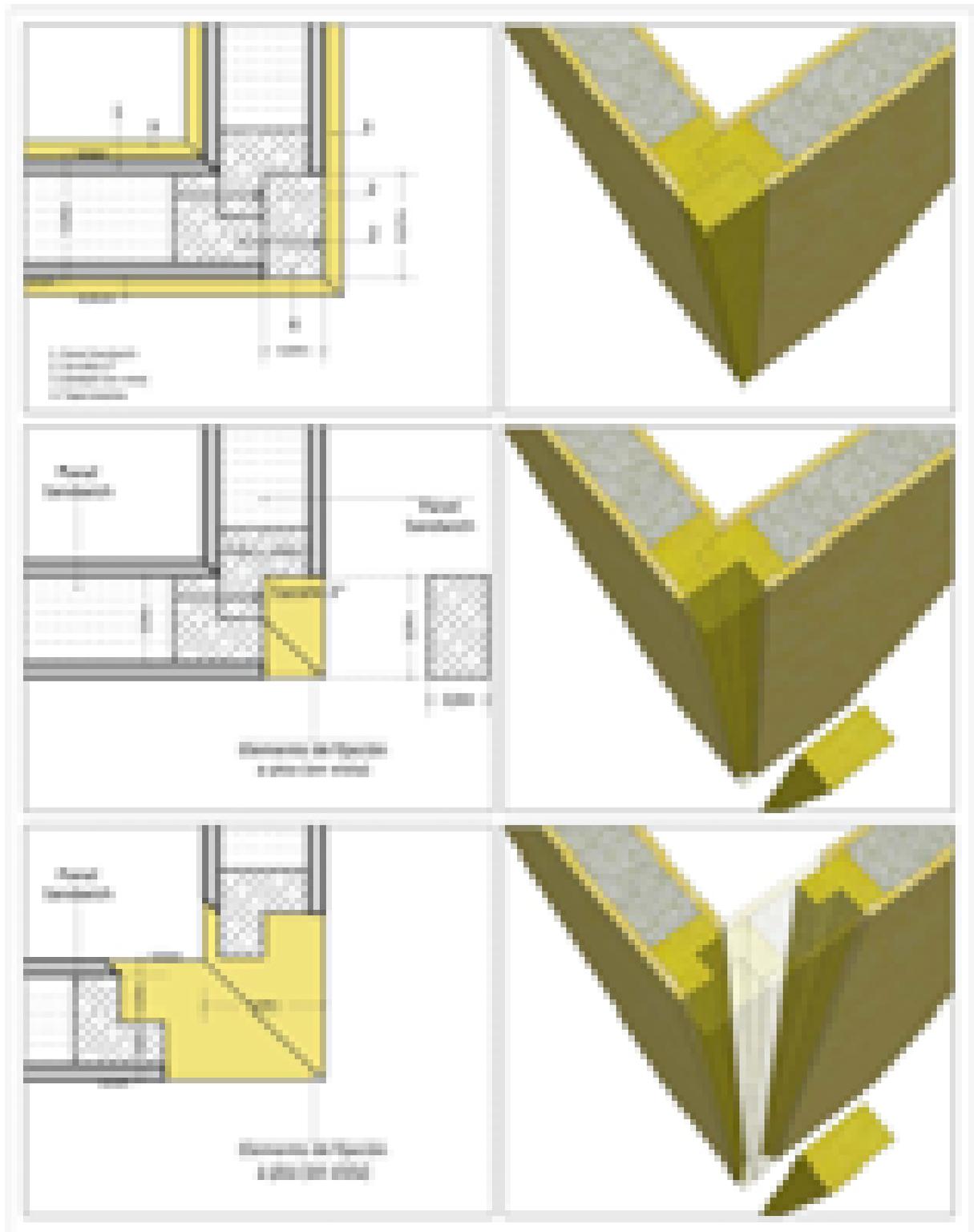


Figura 126. Unión L pared-panel. Fuente: elaboración propia, febrero 2013.

UNION EN ESCUADRA (T)

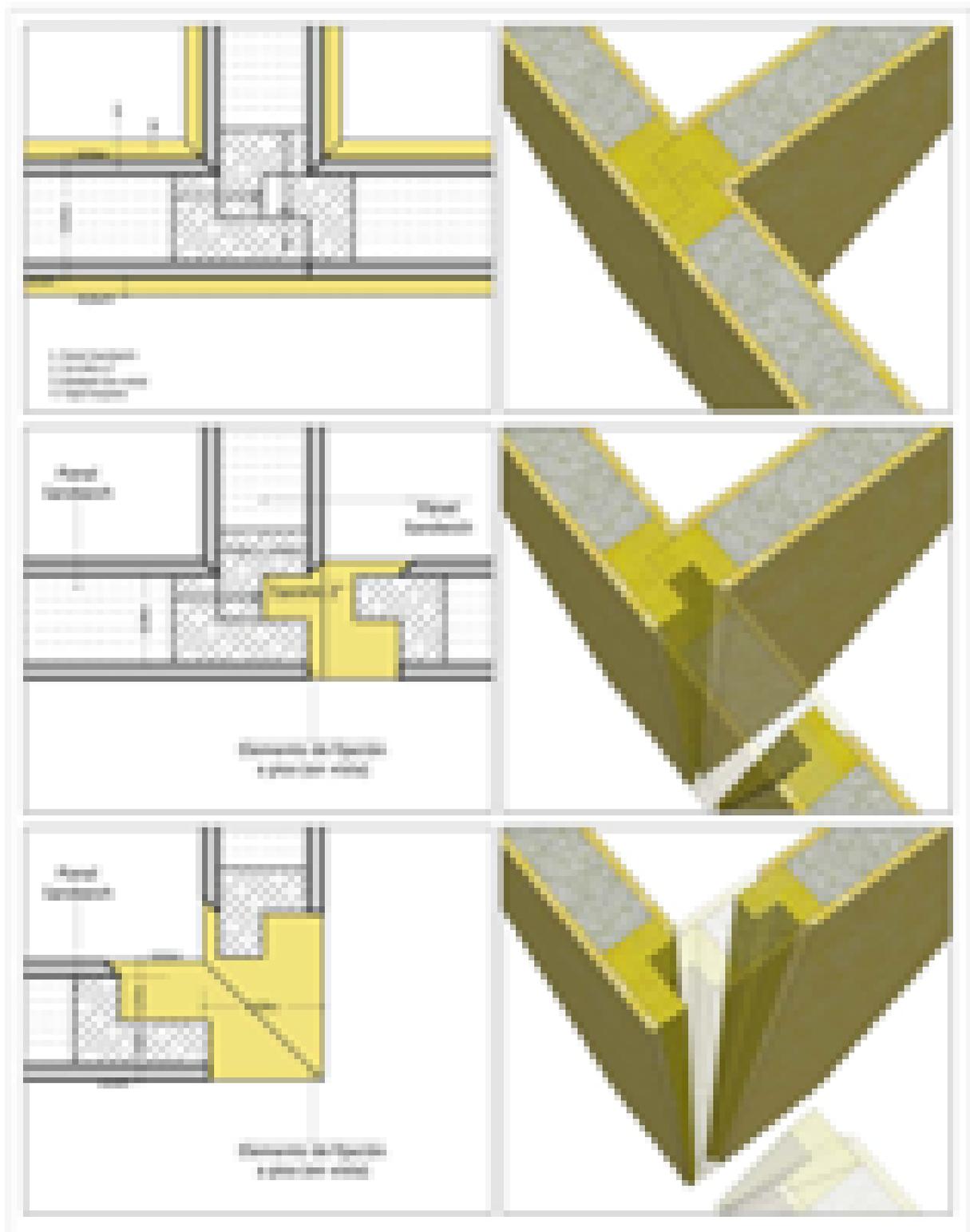


Figura 127. Unión en escuadra (T). Fuente: elaboración propia, febrero 2013.

UNION EN CRUZ (X)

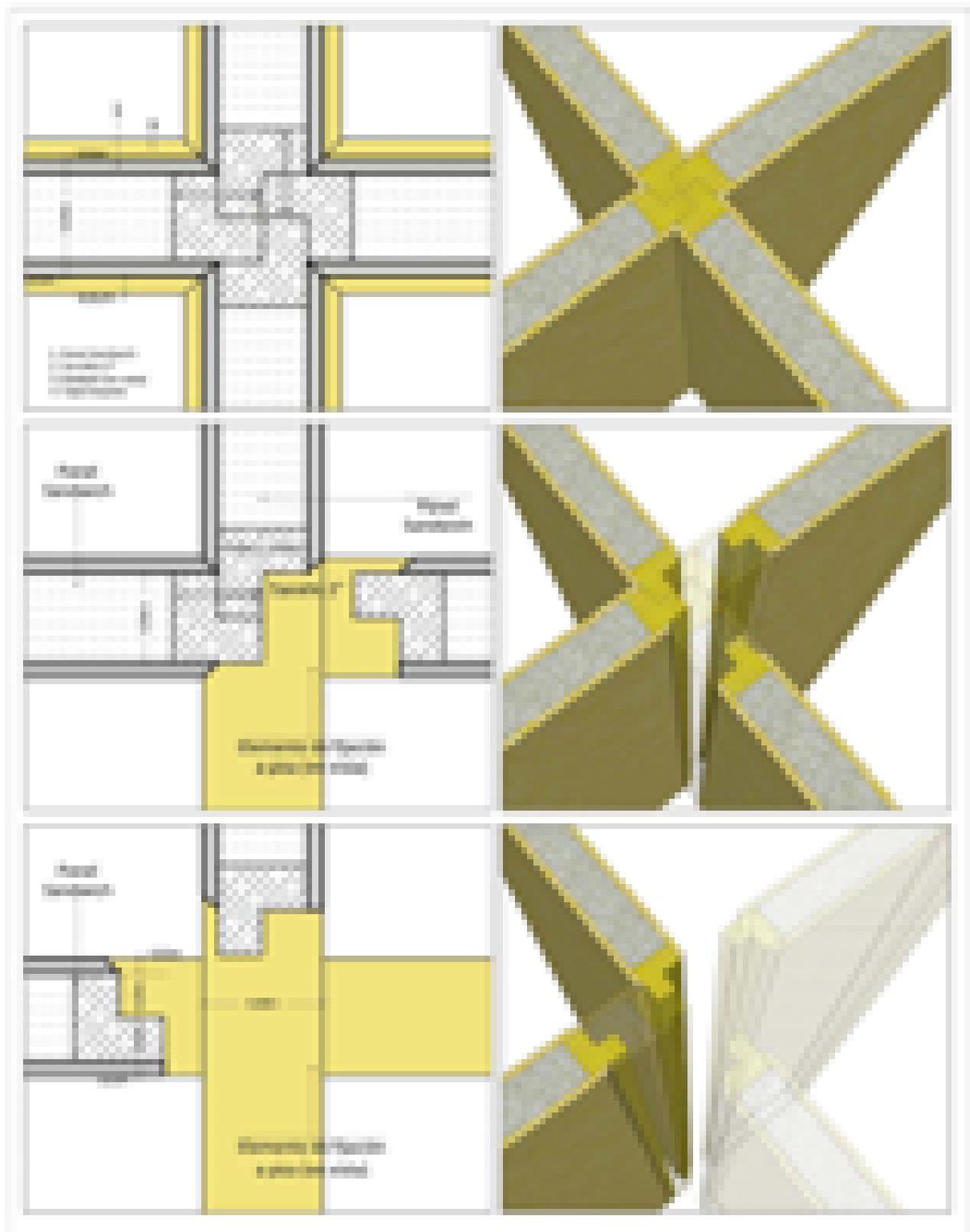


Figura 128. Unión en cruz (X). Fuente: elaboración propia, febrero 2013.

UNION HORIZONTAL – ELEMENTO DE MADERA

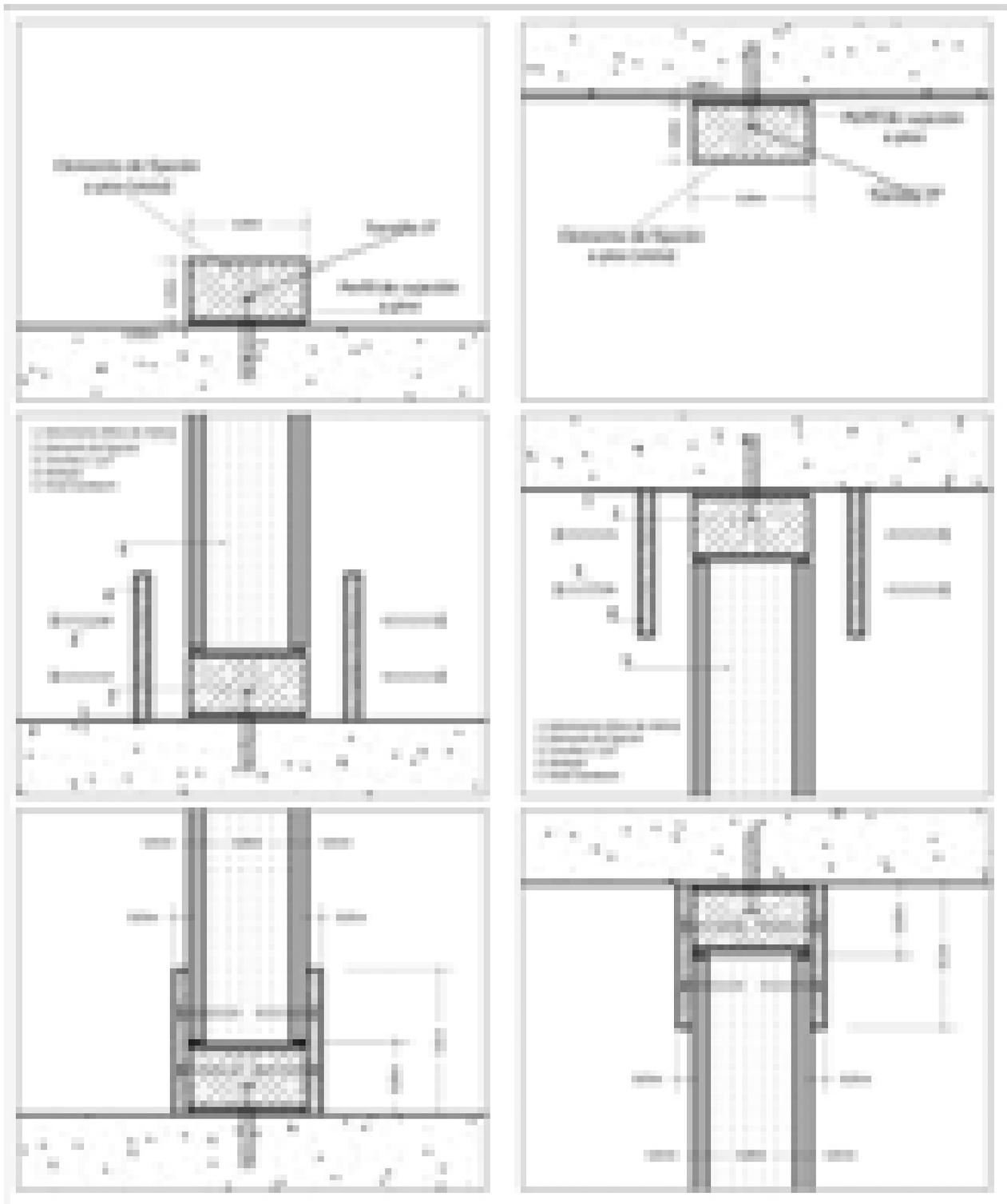


Figura 129. Unión horizontal con perfil madera. Fuente: elaboración propia, febrero 2013.

ANEXOS

Elemento Constructivo Vertical

3- C13. Tabique Divisorio: Panel Acústico SIP

Nombre de Referencia Técnica		Módulo	
Descripción de la Solución			
<p>El elemento divisorio está conformado por paneles conformados por planchas de poliestireno expandido de 25 mm de espesor, recubiertas por cada cara con un panel de fibra cementada reforzada (FCR) de 10,1 mm de espesor. Cada panel tiene 1200 mm de largo y 2400 mm de alto y se han ensamblado entre sí. Los centros entre paneles en fase se fijan con juntas. Entre cada cara de cada elemento divisorio se han colocado láminas de madera (para decoración) de 10 x 20 (mm) distanciadas a 400 mm entre ellas. Entre las láminas se colocaron dos planchas de perforación de 10 mm por cada cara. Las perforaciones están colocadas a una distancia de 100 mm de espesor y densidad nominal de 14 kg/m³. El espesor total de cada elemento divisorio es 175 mm.</p>			
Nombre Comercial	Industria	Material de Referencia	País Origen
Panel Acústico SIP	Novo Panel S.A.	Laminado de fibra cementada reforzada	Chile
Foto		Material de Referencia	País de Origen
		Material de Referencia	País de Origen
		Material de Referencia	País de Origen
		Material de Referencia	País de Origen
		Material de Referencia	País de Origen
		Material de Referencia	País de Origen
		Material de Referencia	País de Origen
		Material de Referencia	País de Origen
		Material de Referencia	País de Origen
		Material de Referencia	País de Origen
		Material de Referencia	País de Origen

Figura 132. Solución para tabique divisorio: Panel Acústico SIP. Fuente: Listado Oficial de Soluciones Constructivas para el Aislamiento Acústico, MINVU – DITEC, 2005, p. 33

CONSTRUCCIONES VEGANI, C.A.

Objeto: COSTEO DETALLADO
Ubicación: PUNTO...

ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO

Descripción: TABIQUERÍA EN DRY-WALL ESPESOR 10CM

Unidad: M² **Cantidad:** 1,00 **Medicamento:** 1000000 **Unidad:** M²

I. MATERIALES

#	Descripción	Unidad	Cantidad	Valor	Porcentaje	Valor Total
1	...	M ²	1,00	...	...	...
2	...	M ²	1,00	...	...	...
3	...	M ²	1,00	...	...	...
4	...	M ²	1,00	...	...	...
5	...	M ²	1,00	...	...	...
6	...	M ²	1,00	...	...	...
7	...	M ²	1,00	...	...	...
8	...	M ²	1,00	...	...	...
9	...	M ²	1,00	...	...	...
10	...	M ²	1,00	...	...	...
11	...	M ²	1,00	...	...	...
12	...	M ²	1,00	...	...	...
13	...	M ²	1,00	...	...	...
14	...	M ²	1,00	...	...	...
15	...	M ²	1,00	...	...	...
16	...	M ²	1,00	...	...	...
17	...	M ²	1,00	...	...	...
18	...	M ²	1,00	...	...	...
19	...	M ²	1,00	...	...	...
20	...	M ²	1,00	...	...	...
21	...	M ²	1,00	...	...	...
22	...	M ²	1,00	...	...	...
23	...	M ²	1,00	...	...	...
24	...	M ²	1,00	...	...	...
25	...	M ²	1,00	...	...	...
26	...	M ²	1,00	...	...	...
27	...	M ²	1,00	...	...	...
28	...	M ²	1,00	...	...	...
29	...	M ²	1,00	...	...	...
30	...	M ²	1,00	...	...	...
31	...	M ²	1,00	...	...	...
32	...	M ²	1,00	...	...	...
33	...	M ²	1,00	...	...	...
34	...	M ²	1,00	...	...	...
35	...	M ²	1,00	...	...	...
36	...	M ²	1,00	...	...	...
37	...	M ²	1,00	...	...	...
38	...	M ²	1,00	...	...	...
39	...	M ²	1,00	...	...	...
40	...	M ²	1,00	...	...	...
41	...	M ²	1,00	...	...	...
42	...	M ²	1,00	...	...	...
43	...	M ²	1,00	...	...	...
44	...	M ²	1,00	...	...	...
45	...	M ²	1,00	...	...	...
46	...	M ²	1,00	...	...	...
47	...	M ²	1,00	...	...	...
48	...	M ²	1,00	...	...	...
49	...	M ²	1,00	...	...	...
50	...	M ²	1,00	...	...	...
51	...	M ²	1,00	...	...	...
52	...	M ²	1,00	...	...	...
53	...	M ²	1,00	...	...	...
54	...	M ²	1,00	...	...	...
55	...	M ²	1,00	...	...	...
56	...	M ²	1,00	...	...	...
57	...	M ²	1,00	...	...	...
58	...	M ²	1,00	...	...	...
59	...	M ²	1,00	...	...	...
60	...	M ²	1,00	...	...	...
61	...	M ²	1,00	...	...	...
62	...	M ²	1,00	...	...	...
63	...	M ²	1,00	...	...	...
64	...	M ²	1,00	...	...	...
65	...	M ²	1,00	...	...	...
66	...	M ²	1,00	...	...	...
67	...	M ²	1,00	...	...	...
68	...	M ²	1,00	...	...	...
69	...	M ²	1,00	...	...	...
70	...	M ²	1,00	...	...	...
71	...	M ²	1,00	...	...	...
72	...	M ²	1,00	...	...	...
73	...	M ²	1,00	...	...	...
74	...	M ²	1,00	...	...	...
75	...	M ²	1,00	...	...	...
76	...	M ²	1,00	...	...	...
77	...	M ²	1,00	...	...	...
78	...	M ²	1,00	...	...	...
79	...	M ²	1,00	...	...	...
80	...	M ²	1,00	...	...	...
81	...	M ²	1,00	...	...	...
82	...	M ²	1,00	...	...	...
83	...	M ²	1,00	...	...	...
84	...	M ²	1,00	...	...	...
85	...	M ²	1,00	...	...	...
86	...	M ²	1,00	...	...	...
87	...	M ²	1,00	...	...	...
88	...	M ²	1,00	...	...	...
89	...	M ²	1,00	...	...	...
90	...	M ²	1,00	...	...	...
91	...	M ²	1,00	...	...	...
92	...	M ²	1,00	...	...	...
93	...	M ²	1,00	...	...	...
94	...	M ²	1,00	...	...	...
95	...	M ²	1,00	...	...	...
96	...	M ²	1,00	...	...	...
97	...	M ²	1,00	...	...	...
98	...	M ²	1,00	...	...	...
99	...	M ²	1,00	...	...	...
100	...	M ²	1,00	...	...	...

II. EQUIPOS

#	Descripción	Unidad	Cantidad	Valor	Porcentaje	Valor Total
1	...	M ²	1,00	...	...	...
2	...	M ²	1,00	...	...	...
3	...	M ²	1,00	...	...	...
4	...	M ²	1,00	...	...	...
5	...	M ²	1,00	...	...	...
6	...	M ²	1,00	...	...	...
7	...	M ²	1,00	...	...	...
8	...	M ²	1,00	...	...	...
9	...	M ²	1,00	...	...	...
10	...	M ²	1,00	...	...	...
11	...	M ²	1,00	...	...	...
12	...	M ²	1,00	...	...	...
13	...	M ²	1,00	...	...	...
14	...	M ²	1,00	...	...	...
15	...	M ²	1,00	...	...	...
16	...	M ²	1,00	...	...	...
17	...	M ²	1,00	...	...	...
18	...	M ²	1,00	...	...	...
19	...	M ²	1,00	...	...	...
20	...	M ²	1,00	...	...	...
21	...	M ²	1,00	...	...	...
22	...	M ²	1,00	...	...	...
23	...	M ²	1,00	...	...	...
24	...	M ²	1,00	...	...	...
25	...	M ²	1,00	...	...	...
26	...	M ²	1,00	...	...	...
27	...	M ²	1,00	...	...	...
28	...	M ²	1,00	...	...	...
29	...	M ²	1,00	...	...	...
30	...	M ²	1,00	...	...	...
31	...	M ²	1,00	...	...	...
32	...	M ²	1,00	...	...	...
33	...	M ²	1,00	...	...	...
34	...	M ²	1,00	...	...	...
35	...	M ²	1,00	...	...	...
36	...	M ²	1,00	...	...	...
37	...	M ²	1,00	...	...	...
38	...	M ²	1,00	...	...	...
39	...	M ²	1,00	...	...	...
40	...	M ²	1,00	...	...	...
41	...	M ²	1,00	...	...	...
42	...	M ²	1,00	...	...	...
43	...	M ²	1,00	...	...	...
44	...	M ²	1,00	...	...	...
45	...	M ²	1,00	...	...	...
46	...	M ²	1,00	...	...	...
47	...	M ²	1,00	...	...	...
48	...	M ²	1,00	...	...	...
49	...	M ²	1,00	...	...	...
50	...	M ²	1,00	...	...	...
51	...	M ²	1,00	...	...	...
52	...	M ²	1,00	...	...	...
53	...	M ²	1,00	...	...	...
54	...	M ²	1,00	...	...	...
55	...	M ²	1,00	...	...	...
56	...	M ²	1,00	...	...	...
57	...	M ²	1,00	...	...	...
58	...	M ²	1,00	...	...	...
59	...	M ²	1,00	...	...	...
60	...	M ²	1,00	...	...	...
61	...	M ²	1,00	...	...	...
62	...	M ²	1,00	...	...	...
63	...	M ²	1,00	...	...	...
64	...	M ²	1,00	...	...	...
65	...	M ²	1,00	...	...	...
66	...	M ²	1,00	...	...	...
67	...	M ²	1,00	...	...	...
68	...	M ²	1,00	...	...	...
69	...	M ²	1,00	...	...	...
70	...	M ²	1,00	...	...	...
71	...	M ²	1,00	...	...	...
72	...	M ²	1,00	...	...	...
73	...	M ²	1,00	...	...	...
74	...	M ²	1,00	...	...	...
75	...	M ²	1,00	...	...	...
76	...	M ²	1,00	...	...	...
77	...	M ²	1,00	...	...	...
78	...	M ²	1,00	...	...	...
79	...	M ²	1,00	...	...	...
80	...	M ²	1,00	...	...	...
81	...	M ²	1,00	...	...	...
82	...	M ²	1,00	...	...	...
83	...	M ²	1,00	...	...	...
84	...	M ²	1,00	...	...	...
85	...	M ²	1,00	...	...	...
86	...	M ²	1,00	...	...	...
87	...	M ²	1,00	...	...	...
88	...	M ²	1,00	...	...	...
89	...	M ²	1,00	...	...	...
90	...	M ²	1,00	...	...	...
91	...	M ²	1,00	...	...	...