



UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA
BARCELONATECH



Escola Tècnica Superior
d'Arquitectura de Barcelona

MÁSTER UNIVERSITARIO EN ESTUDIOS AVANZADOS EN ARQUITECTURA-BARCELONA, MBArch
Especialidad, INNOVACIÓN TECNOLÓGICA EN LA ARQUITECTURA, ITA

PREFABRICACIÓN DIGITAL: SISTEMA CONSTRUCTIVO ARMABLE DE MADERA COMO ALTERNATIVA CONSTRUCTIVA PARA VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL EN ECUADOR

HACIA UN NUEVO PARADIGMA CONSTRUCTIVO

AUTOR:

JONNATHAN PATRICIO AGUIRRE COLLAHUAZO, Arquitecto

TUTORES:

JORGE BLASCO, Arquitecto

PILAR GIRALDO, Dr. Arquitecta

Barcelona, octubre 2020

DEDICATORIA

A Dios

A mis padres Patricia y Mauricio

A mis hermanos Iván y Esteban

A mi fiel compañera C.

AGRADECIMIENTOS

Arq. Pilar Giraldo y Arq. Jorge Blasco, por su guía, por compartir sus conocimientos, por su apoyo y disponibilidad.

Ing. Manuel Ballesta, por su asesoramiento y apoyo en el cálculo y manejo del software Dlubal - RFEM.

Laboratorio de Maquetas de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura (LABMAQ), por permitirme trabajar y producir los modelos a escala.

A la comunidad Wikihouse - Contributors, por proporcionarme información valiosa para el desarrollo de este trabajo.

Helen Lawrence miembro de Open Systems Lab, por su orientación e información.

A Bas Hopman coordinador del proyecto de autoconstrucción Wikihouse De Stripmaker en Almere - Holanda, por la información y por ofrecerme la oportunidad de participar como voluntario en la construcción de viviendas; pese a no haber podido participar debido a la emergencia sanitaria mundial del COVID-19

RESUMEN

- 4 Este trabajo parte de la necesidad de alternativas constructivas que respondan adecuadamente en términos ambientalmente sostenibles, a la necesidad apremiante de vivienda asequible y de calidad que existe en las clases sociales más desfavorecidas de nuestro medio.

La actual era tecnológica ha cambiado los procesos y el paradigma productivo en muchos ámbitos. Ha permitido dar paso a la evolución de la democratización del consumo a la democratización de la producción; donde el ciudadano común como actor directo puede generar sus propios productos. La arquitectura y la construcción son ámbitos que están tomando fuerza en este sentido, y están permitiendo que la comunidad se integre en los procesos constructivos con sistemas prefabricados de fácil armado y montaje.

Este proyecto se orienta a plantear una propuesta de sistema constructivo en madera que utilice la tecnología CNC para transformar tableros estructurales en un kit piezas; de modo que, con herramientas y técnicas básicas de construcción, se puedan armar y montar fácilmente configurando la estructura principal de la edificación. Esto se plantea con el objetivo de proponer una alternativa viable y real a la demanda de vivienda social que existe en el Ecuador.

RESUMEN	4	CAPÍTULO 4	CONSTRUCCIÓN Y FABRICACIÓN DIGITAL	66	
INTRODUCCIÓN	6		4.1 Industria 4.0 y Fabricación digital	67	
			4.2 Sistemas constructivos prefabricados digitalmente en madera	71	
	Objetivos	8	4.3 Arquitectura Open Source	75	
	Metodología	9	4.4 Proyecto Wikihouse	78	
CAPÍTULO 1	LA VIVIENDA SOCIAL EN ECUADOR	13	CAPÍTULO 5	ANÁLISIS DE CASOS	82
	1.1 Contexto Mundial	14		5.1 Proyecto A (Portal frame)	87
	1.2 Contexto en América Latina	18		5.2 Proyecto B (WREN)	93
	1.3 Contexto Nacional	22		5.3 Proyecto C (Blackbird)	99
	1.4 Proyecto gubernamental de vivienda "Casa para todos"	26		5.4 Evaluación constructivo - estructural	105
CAPÍTULO 2	LA MADERA Y LA CONSTRUCCIÓN EN ECUADOR	30	CAPÍTULO 6	PROPUESTA	107
	2.1 Sistemas y materiales de construcción en Ecuador y su contaminación ambiental	31		6.1 Criterios Projectuales	108
	2.2 La madera como alternativa constructiva frente al cambio climático	35		6.2 Proyecto	117
	2.3 La industria maderera en ecuador	42		6.3 Diseño Estructural	123
	2.4 Construcción convencional en madera	50		6.4 Proceso de Armado y montaje	146
CAPÍTULO 3	TABLEROS DE VIRUTAS ORIENTADAS (OSB) Y CONTRACHAPADO	52		6.5 Diseño de unión	151
	3.1 Normativa vigente	53		6.6 Cuantificación del material	153
	3.2 Clasificación	54		6.7 Análisis de impacto ambiental	154
	3.3 Características técnicas de los tableros	56	CONCLUSIONES		155
	3.4 Durabilidad	58	IDENTIFICACIÓN DE FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN		159
			BIBLIOGRAFÍA		160
			FUENTES DE IMÁGENES		167

INTRODUCCIÓN

6 La carencia de vivienda digna y asequible es un problema que atañe a todos los gobiernos a nivel mundial. Por ello, cada vez se ven reflejados más reglamentos y normas que, si bien intentan de alguna manera, dar una solución viable a la problemática, no dan cabida a verdaderos cambios donde se priorice a los grupos económicamente vulnerables. Desafortunadamente, por encima del bien común, prevalece los modelos económicos y políticos regidos por el beneficio a las grandes empresas y consorcios, entorpeciendo los objetivos prioritarios.

Según datos de la ONU la proyección de crecimiento poblacional para 2050 es de 2000 millones de personas, sumando un total de alrededor de 9700 millones⁰¹; de donde, Alejandro Aravena remarca que de esta cantidad habrá 5000 millones que vivirán en la ciudades y 3000 millones estarán bajo la línea de pobreza. Esto significa que tendremos que construir 1 ciudad de 1 millón de habitantes cada semana, con recursos económicamente bajos.⁰² A nivel mundial el crecimiento de las ciudades en zonas pobres donde no hay un adecuado ordenamiento territorial, es donde la gente con sus propios recursos se ha dado modos para construir sus viviendas, hecho que a nivel de ciudad crea zonas con clara carencia de condiciones adecuadas de habitabilidad.

Ecuador es un país con altos índices de pobreza llegando a casi el 35% de población, el cual a lo largo de la historia ha tenido problemas serios para satisfacer las demandas de vivienda. Lo planes que sean realizado desde las distintas agendas de gobernanza han sido proyectados con el objetivo primordial de cumplir con la demanda cuantitativa del elemento físico "casa"; quedando

relegados a segundo plano los criterios de habitabilidad, confort y convivencia comunitaria. La economía actual ve al ciudadano como consumidor y a la vivienda como negocio.

Por otro lado, un desafío igual de importante al que nos enfrentamos es la contaminación ambiental y su consecuente aportación al cambio climático que está padeciendo el planeta. Berge apunta que entre el 30-40% de las emisiones de gases contaminantes a nivel mundial son emitidas por el sector de la construcción, en donde las industrias del hormigón y el acero son de las más representativas.⁰³ Ecuador es un país en el que la construcción con hormigón ha tenido supremacía contundente; y donde no se ha tenido un hábito de procesos de producción con conciencia medioambiental.

En este contexto, considerando el volumen de vivienda que se tiene que proyectar y la contaminación generada por los actuales modelos constructivos, estamos encaminados a provocar a corto plazo un daño irreparable en el medio ambiente, provocando un entorno perturbador para la supervivencia de las próximas generaciones.

Indudablemente, este es un panorama en el cual los profesionales de la arqui-

01. ONU, «Población | Naciones Unidas».

02. Elemental Arquitectura, «Proyectos de vivienda Incremental».

03. BERGE, The Ecology Building Materials, 32.

ectura y urbanismo estamos llamados a tomar cartas en el asunto y proponer alternativas constructivas eficaces y sostenibles. El modelo de producción actual de vivienda masiva, en la mayoría de los casos, no garantiza las condiciones adecuadas de confort y tampoco es consecuente con los problemas del medio ambiente.

Afortunadamente, hay otros aspectos del desarrollo que brindan posibilidades prometedoras. La nueva era industrial y tecnológica están cambiando el paradigma productivo en varios ámbitos. La visión del Open Source o acceso libre ha permitido que el ciudadano común deje de ser solo consumidor y se convierta en productor. En el ámbito arquitectónico han resaltado autores como el arquitecto Alastair Parvin que ha planteado un proyecto de vivienda donde se cambia el modelo constructivo involucrando directamente a la comunidad en el proceso de construcción, utilizando materiales sostenibles como la madera y empleando una base técnica fundamentada en la compartición libre y gratuita. Este proyecto llamado Wikihouse, hoy en día, está dando paso a la creación de una gran comunidad de colaboradores que intercambian libremente investigaciones, ideas y experiencias de proyectos en torno a este concepto y que aportan continuamente a la creación de más y mejores propuestas.

Partiendo de un análisis constructivo - estructural de tres experiencias que existen actualmente en torno al proyecto Wikihouse; el propósito de este trabajo de fin de master es plantear una propuesta con miras a buscar un cambio de paradigma constructivo, proponiendo una alternativa constructiva de libre acceso, que

emplee materiales sostenibles y que involucre directamente a la comunidad, dando paso a la democratización de la producción en Ecuador. Para ello se establece formular el diseño y la validación estructural de un sistema constructivo producido a base de fresado CNC + tablero estructural (OSB y/o Contrachapado), configurando un kit de piezas que puedan llevarse al sitio donde la comunidad con el empleo de herramientas básicas pueda levantar la estructura. La intención es poner en valor el sistema estudiado, mediante una propuesta real, que sea suficientemente viable y convincente para que sea aplicada a viviendas de interés social en Ecuador con los lineamientos que establece el proyecto gubernamental "Casa para todos".

8 INTERÉS PERSONAL:

En el ámbito personal, este tema ha sido de gran interés desde el inicio de mis estudios de máster en el MArch. Justamente, las bases de este trabajo nacieron del proyecto final desarrollado en la cátedra de “Evolución de los materiales y productos para construir”. Durante el proceso de este trabajo he ido involucrándome de una manera muy personal con la investigación, pude tener contacto con el laboratorio Open Systems Labs, laboratorio que actualmente desarrolla el proyecto Wikihouse a nivel mundial. A través de Helen Lawrence – miembro del grupo principal de Open Systems Lab - me brindaron una guía para poder recabar datos y generar contactos. A partir de ahí, me integré a la comunidad de “Wikihouse-Contributors” de la plataforma Slak donde he podido recopilar información importante y conocer experiencias y resultados que han tenido ciertos proyectos construidos bajo este sistema.

Dentro de lo mencionado, a la fecha se están desarrollando el proyecto de vivienda asequible “Wikihouse de Stripmarker” en Almere – Holanda. Un proyecto de autoconstrucción de 28 viviendas, en el que se me ofreció la oportunidad de participar como voluntario, para viajar al sitio en la ciudad de Almere y poder tener una experiencia personal de construcción con el sistema. Sin embargo, dadas las restricciones internacionales que han surgido por la emergencia sanitaria mundial del Covid-19 no pude realizar el viaje. Espero, en un futuro próximo, volver a tener la oportunidad de participar en primera persona de una experiencia con el sistema Wikihouse, ya sea en Europa o en mi país.

OBJETIVO GENERAL:

1) Obtener, mediante análisis estructural y constructivo una propuesta estructural viable de un sistema constructivo armable prefabricado digitalmente con tableros estructurales de madera; a fin de que se plantee como alternativa constructiva sólida para satisfacer la demanda de viviendas de interés social en Ecuador en el marco de la sostenibilidad ambiental.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- 1) Determinar la situación y demanda actual de viviendas de interés social en Ecuador en base a su contextualización internacional, a los niveles de pobreza existentes y a las pautas y determinantes planteadas por el principal plan de vivienda del gobierno denominado “Casa para todos”
- 2) Situar el estado actual del impacto ambiental de los materiales de construcción habituales para contrastarlo con el potencial mejoramiento de un eventual predominio del uso de la madera.
- 3) Entender la estructuración de la industria maderera, así como sus procesos y productos a nivel nacional. Enfocando el análisis en la producción, uso y características de los tableros de fibras orientadas (OBS) y contrachapado.
- 4) Identificar las características de la nueva era de fabricación digital ana-

lizando destacados sistemas constructivos prefabricados en madera, así como las características de la arquitectura libre y colaborativa.

5) Entender la composición y el comportamiento estructural de 3 sistemas constructivos de prefabricación digital que utilizan la tecnología de fresado CNC + tablero estructural (OSB y/o Contrachapado), mediante el cálculo estructural en primer orden y la producción y armado de prototipos a escala. Para de esta manera, realizar una evaluación de los criterios constructivo - estructurales y poder definir el sistema más conveniente a utilizar en el proyecto.

6) Formular la propuesta constructiva - estructural de la vivienda de acuerdo al sistema estructural seleccionado y a los criterios proyectuales y arquitectónicos definidos para una vivienda de dos dormitorios con posibilidad de expansión. Todo ello, de acuerdo a los lineamientos de la Vivienda de Interés Social de área mínima establecida por el proyecto "Casa para todos."

7) Realizar el diseño estructural del sistema mediante el cálculo en primer orden y análisis por superficie.

8) Establecer un cálculo cuantitativo del material requerido y realizar un análisis de impacto ambiental de la propuesta, contrastándolo con otros sistemas constructivos.

METODOLOGÍA:

Como base metodológica se han planteado un proceso basado en 3 etapas:

(1) Investigación, (2) análisis de casos y (3) propuesta.

Las pautas base para la argumentación de la formulación la propuesta, se derivan dos "inputs" establecidos. Por un lado, se tienen los criterios y directrices proyectuales, así como las determinantes arquitectónicas que resultan de la etapa de investigación; y, por otro lado, está la estructura referente, la cual se deriva del análisis de casos.

(1) La etapa investigativa involucra las siguientes actividades: Exploración documental y tratados sobre la vivienda social en su contexto mundial, regional y nacional (Ecuador), así como el estudio del programa de vivienda gubernamental "Casa para todos" propuesto por el Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. Revisión estadística de los materiales predominantes de contracción en Ecuador y un breve análisis de su impacto ambiental. Indagación bibliográfica sobre la industria maderera en Ecuador y sobre construcción sostenible. Se profundiza el análisis de la industria, características y empleo de tableros contrachapados y OSB. Investigación de las características de la nueva era industrial 4.0 y de los nuevos procesos de fabricación digital involucrados en la arquitectura. Finalmente, se explora el proyecto wikihouse identificando su contexto y su enfoque sobre los nuevos modelos de producción de proyectos a

10 nivel comunitario.

(2) El análisis de casos comprende 2 fases:

1. Estudio estructural mediante el uso del Software Dlubal – RFEM:

- Identificación de la composición estructural.
- Análisis estructural de barras en 2D para entender el comportamiento general del sistema a cargas gravitacionales y laterales.
- Análisis estructural en 3D por medio de estudio de superficies estableciendo composiciones de acuerdo a los diferentes elementos; y así según su ratio de aprovechamiento (Demanda / Resistencia) poder ir evaluando su estabilidad y resistencia. Este estudio se los realiza utilizando como materiales el Contrachapado y el OSB.

2. Estudio de características constructivas mediante la construcción de modelos a escala 1:7

- Diseño y construcción de los modelos en 3D
- Análisis de tiempos de producción y construcción
- Análisis del proceso de armado y montaje
- Análisis de resistencia

(3) La Propuesta se realiza mediante las siguientes etapas:

1. Determinación de las directrices y criterios de diseño:

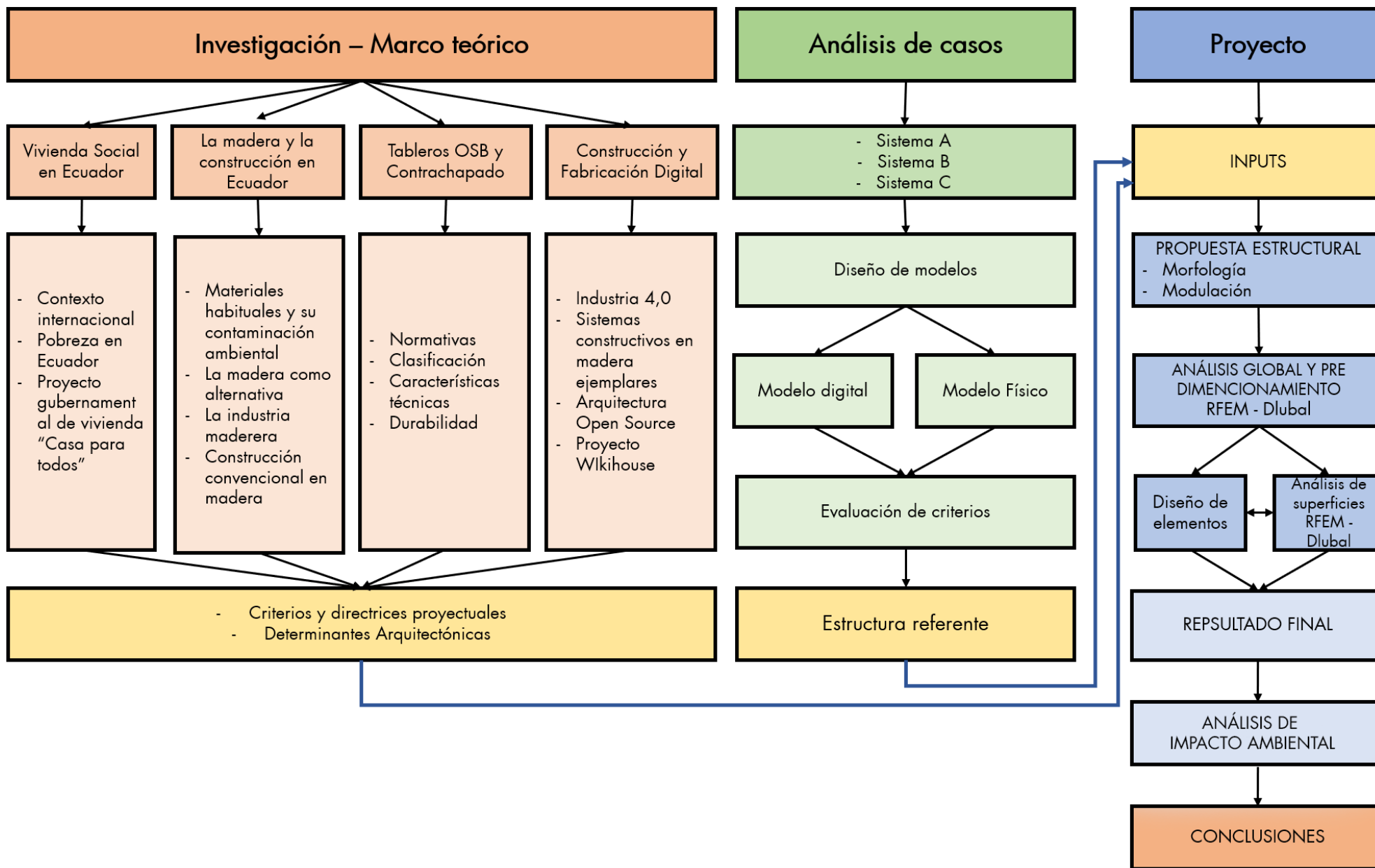
- Características proyectuales
- Caracterización de la propuesta
- Estructura referente

2. Propuesta y planteamiento estructural

3. Diseño estructural mediante el uso del Software Dlubal – RFEM

- Predimensionado y análisis global (momentos tensiones y deformaciones)
- Análisis y ubicación de uniones
- Diseño por superficies, para lo cual se divide cada una de las zonas de la estructura en composiciones diferenciadas, y así según su ratio de aprovechamiento, poder ir evaluando el material y la cantidad necesarios para que cumplan la demanda en cuanto a resistencia y estabilidad.

4. Cuantificación de material y análisis de impacto ambiental. El análisis de impacto ambiental se lo hace considerando la contaminación incorporada al material, es decir los Kilogramos de CO₂ que emite por m² de construcción. Como referencia se utilizan los datos de la declaración ambiental de producto (EDP) para el plywood de la empresa Wisaplywood. Además, se establece realizar una comparación con otros sistemas constructivos convencionales.





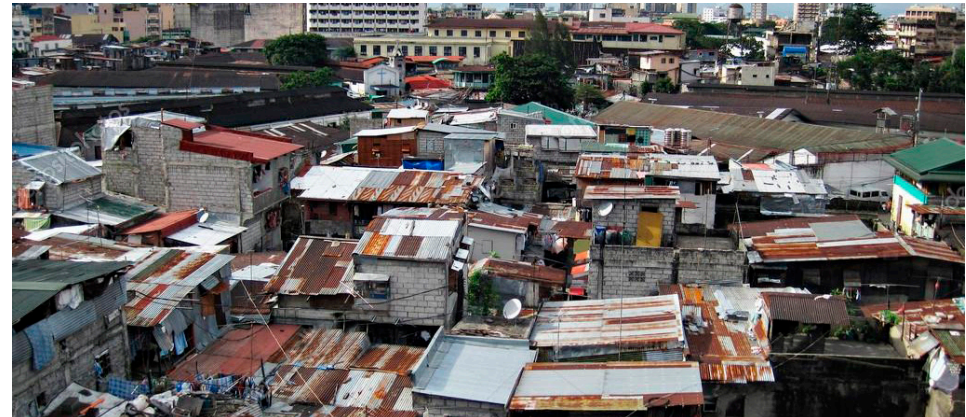
CAPÍTULO 1

LA VIVIENDA SOCIAL EN ECUADOR

1.1 VIVIENDA SOCIAL EN ECUADOR

- 14 Una vivienda que garantice el adecuado bienestar en términos de infraestructura, servicios, confort y cohesión social es un derecho fundamental de todo ser Humano. Es obligación de cada gobierno garantizar este derecho a todos los ciudadanos. *“El artículo 30 de la Constitución de la República del Ecuador reconoce el derecho de las personas a un hábitat seguro y saludable, y a una vivienda adecuada y digna, con independencia de su situación social y económica...”*⁰¹ La vivienda social es un derecho que está dirigido primordialmente a la población más vulnerable; por ello, está estrechamente ligada al contexto social, económico y político de cada ciudad y país, y sobre todo al marco legal que le sirve de apoyo.⁰²

El derecho a la vivienda debe garantizar: por un lado, una adecuada habitabilidad incluyente y sostenible. Y por otro lado, desde lo arquitectónico todos los componentes técnicos que definan el confort, tales como: ubicación, espacios, materiales, iluminación, ventilación, aislamientos, cobertura de equipamientos, accesibilidad, movilidad urbana, etc. La adecuada habitabilidad está enmarcada dentro del concepto del “Buen Vivir”, manejado por varios gobiernos y organismos para definir la correcta calidad de vida de la población. Con esta premisa, la vivienda es un elemento que no debe manejarse como mercancía, si no que debe considerarse como un sistema en el cual las diversas escalas, tanto territoriales como socioculturales, se relacionen entre sí. *“Estas escalas incluyen, a lo menos, la unidad de vivienda, su entorno inmediato, el conjunto habitacional, el barrio y su contexto urbano mayor, así como a los habitantes con sus diversas relaciones dentro y entre estos niveles”*⁰³



01. Suburbio urbano, Guayaquil.



02. Viviendas sobre el estero salado, Guayaquil.



03. Asentamiento informal, Quito.

01. Ecuador, Decreto presidencial N°681_Reglamento para el acceso a VIS y público.

02. Blas, S. M. . (2011). I+D+VS: futuros de la vivienda social en 7 ciudades. (Citado en Acevedo, “Análisis y Evaluación de La Sostenibilidad En Proyectos de Vivienda de Interés Social En Latinoamérica.”)

03. Hormazabal-Poblete et al., Bienestar Habitacional. Guía de Diseño Para Un Hábitat Residencial Sustentable.

1.2 CONTEXTUALIZACIÓN INTERNACIONAL

La igualdad social, el respeto a la persona y el hábitat sostenible son derechos por los que diferentes organismos internacionales han luchado por varias décadas. A manera de contextualización general a continuación, se realizará un breve recuento de los diferentes decretos, convenios y tratados internacionales que han trascendido en el marco de esta materia. Este recuento se los expresa gráficamente en las imágenes 04 y 05.

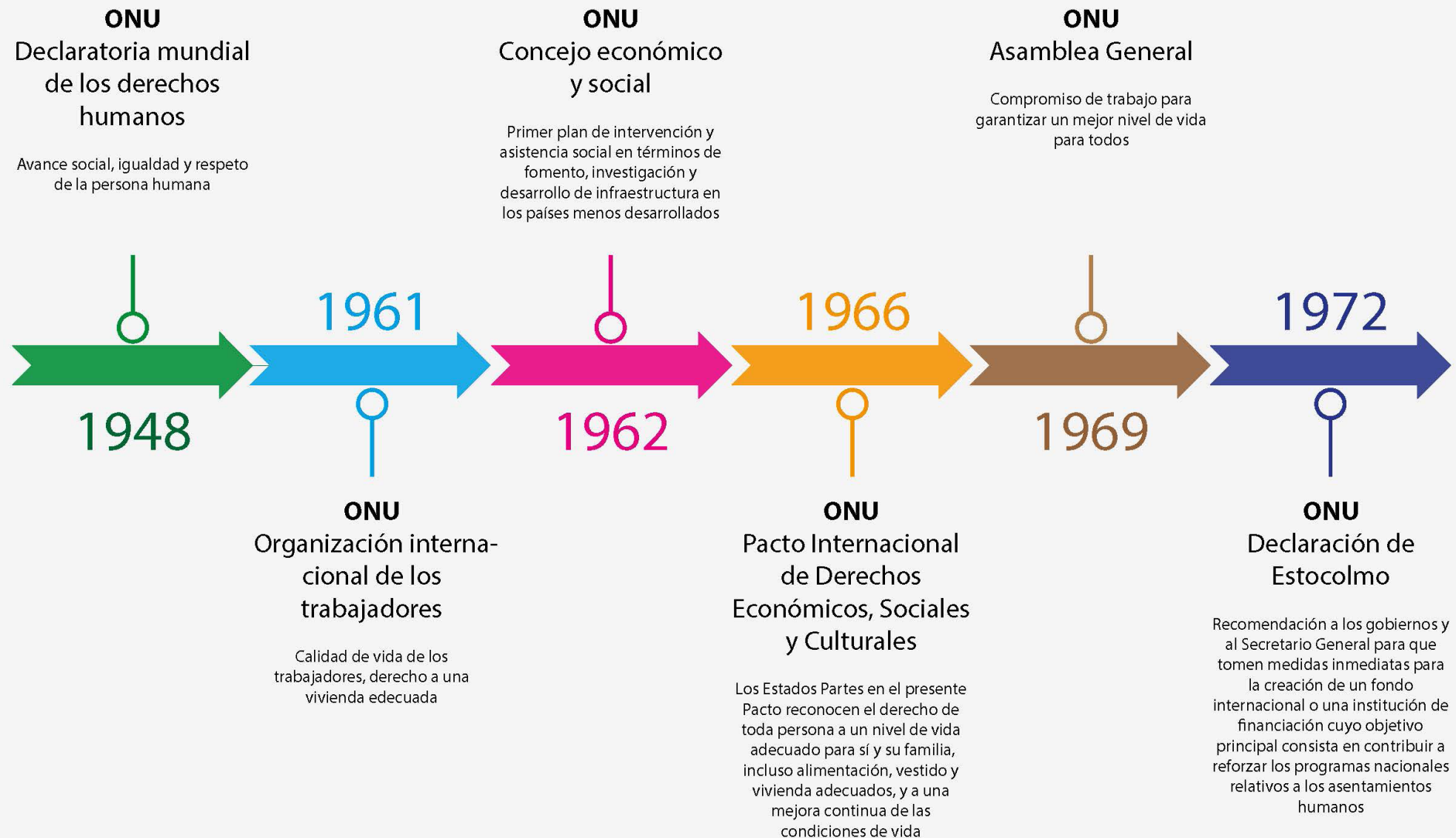
Como punto de partida se tiene la declaración de los derechos humanos el 1 y 0 de diciembre de 1948 en París, este documento representa el primer y mayor logro sobre igualdad y respeto a la persona. La Organización Internacional del trabajo OIT en 1961 que expresó la necesidad de establecer estándares mínimos y entre ellos la vivienda digna para los trabajadores. En 1962 se delinea el plan de intervención social en términos de fomento, investigación y desarrollo para mejorar las condiciones de vida de las personas por parte del Consejo Económico y social de la ONU. En 1966 en el marco de la ONU se da el pacto internacional de derechos económicos, sociales y culturales, donde los estados parte reconocen el derecho a una adecuada condición de vida para toda persona y su familia incluyendo alimentación, vestido y vivienda. En 1969 mediante la Asamblea General de la ONU, se emite el compromiso de trabajo para garantizar un mejor nivel de vida para todas las personas.

04. Acevedo, "Análisis y Evaluación de La Sostenibilidad En Proyectos de Vivienda de Interés Social En Latinoamérica."

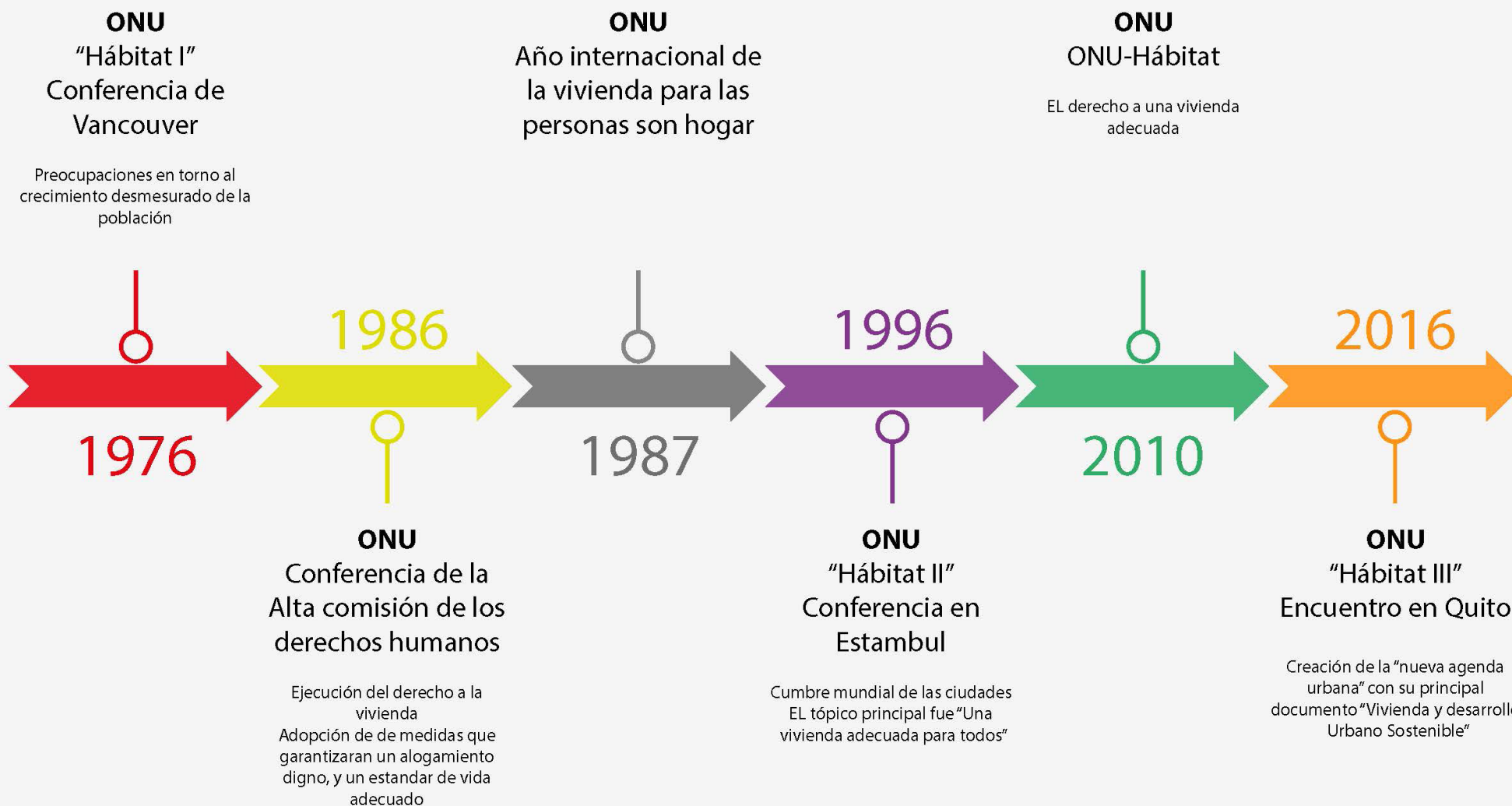
Para la década de los 70's, en 1972 la ONU a través de la Declaración de Estocolmo, formula la recomendación de la creación de un fondo internacional o institución financiera cuyo objetivo principal consta en contribuir a reforzar los programas nacionales relativos a los asentamientos humanos garantizando un adecuado manejo de los fondos destinados a vivienda. En 1976 se tratan las primeras preocupaciones sobre el crecimiento desmesurado de la población en el marco del evento Hábitat I, conferencia de Vancouver organizado por la ONU.

En 1986 por un lado, se realiza la conferencia "Ejecución del derecho a la vivienda" por la Alta Comisión de los Derechos Humanos, donde el derecho a la vivienda adquiere un estatus legal internacional; por otro lado, se hace pública la preocupación internacional por los millones de personas sin hogar alrededor del mundo. Por lo que el 1987, se declara el "Año internacional de la vivienda para las personas sin hogar" por parte de la ONU.

En 1996 en Estambul se realiza el Hábitat II con el tema "cumbre mundial de las ciudades" enfocada a los asentamientos humanos, vivienda y urbanización. En el 2010, la ONU proclama "El derecho a una vivienda adecuada" que compromete a todos los estados a proteger y garantizar este derecho. Finalmente, en 2016 se da el evento "Hábitat III" en la ciudad de Quito, con su temática central "Vivienda y Desarrollo Urbano Sostenible" con el objetivo de redirigir la planificación y construcción de los asentamientos urbanos de cara al previsible crecimiento e la población en las próximas décadas.⁰⁴



04. Cuadro cronológico de eventos internacionales entorno al derecho a la vivienda. Elaboración propia. Fuente: Acevedo, "Análisis y Evaluación de La Sostenibilidad En Proyectos de Vivienda de Interés Social En Latinoamérica."



05. Cuadro cronológico de eventos internacionales entorno al derecho a la vivienda. Elaboración propia. Fuente: Acevedo, "Análisis y Evaluación de La Sostenibilidad En Proyectos de Vivienda de Interés Social En Latinoamérica."

1.2 SITUACIÓN DE LA VIS EN AMÉRICA LATINA

- 18 Desde que los estados en América Latina han manejado el concepto de VIS incorporándolo en sus políticas de gobierno, éstas han estado orientadas únicamente a dotar del elemento físico (casa) pensando en contrarrestar el problema y tratar de cubrir los topes estadísticos. Pero no se han centrado en satisfacer la necesidad de un adecuado hábitat. Se ha dejado de lado criterios relacionados con: confort, convivencia comunitaria, cohesión social, dotación de equipamientos, espacios verdes y de recreación, etc.; que en conjunto garantizan una adecuada calidad de Habitabilidad. Una muestra de esto es lo que enuncia el Banco Interamericano de Desarrollo (BID):

“Una vivienda buena es mucho más que cuatro paredes y un techo bien construido; también debe estar situada en un buen barrio que tenga una densidad demográfica que no sea ni demasiado baja ni demasiado alta, servicios básicos, acceso a áreas para el esparcimiento y que este próximo o accesible al centro de la ciudad.”⁰⁵

Es incuestionable que una adecuada habitabilidad está determinada también por factores sociales como la seguridad y la violencia. Estos sucesos críticos tienen una relación directa con los niveles de pobreza que se presentan. Al respecto, destaca lo que emite la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL):

“Disfrutar de buena salud, tener hijos con buenos resultados escolares, no tener que dedicar largas horas al transporte, vivir sin verse expuesto a la contamina-

ción y poder relajarse en casa y no preocuparse de la criminalidad contribuye a una buena calidad de vida. Por lo tanto, es lógico llegar a la conclusión —apoyada por las investigaciones— de que la calidad de la vivienda tiene una fuerte influencia en la satisfacción de las personas con sus propias vidas.”⁰⁶

BREVES DATOS DE POBREZA EN AMÉRICA LATINA

La pobreza en América Latina ha sido el mayor problema social, político y económico al cual se han enfrentado los gobiernos de los diferentes países. En la imagen 06 sobre la relación de pobreza, PIB y gasto en política social de 18 países de América Latina que emite la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).⁰⁷ Se puede observar que los países que presentan una brecha más importante en términos de pobreza total son los centroamericanos Honduras y Nicaragua con valores del 20% y 13% respectivamente; y por el lado inferior de la tabla se sitúan Uruguay y Argentina con 0.29% y 0.16% respectivamente. Por su parte Ecuador muestra un valor del 2.51%, situándolo en la mitad de tabla dentro del grupo de 11 países que reflejan entre el 0% y el 3%.

DÉFICIT DE VIVIENDA EN LATINO AMÉRICA

Respecto al déficit de vivienda la imagen 07 muestra el porcentaje del déficit

05. BID, “Un Espacio Para El Desarrollo: Los Mercados de Vivienda En América Latina y El Caribe | Publications.”

06. CEPAL, Indicadores de Derechos Económicos, Sociales y Culturales (DESC) Junio de 2013 Santiago de Chile.

AMÉRICA LATINA (18 PAÍSES): BRECHAS DE POBREZA, ALREDEDOR DE 2011

País	Brecha de pobreza extrema			Brecha de pobreza total		
	(en millones de dólares)	(en porcentajes del PIB)	(en porcentajes del gasto del público social)	(en millones de dólares)	(en porcentajes del PIB)	(en porcentajes del gasto del público social)
Honduras	904,64	5,88	48,96	3 131,26	20,34	169,48
Nicaragua	265,37	3,29	25,32	1 075,89	13,35	102,66
Guatemala	875,08	2,89	37,10	3 752,47	12,41	159,08
Paraguay	696,70	2,72	27,73	2 369,24	9,24	94,30
Bolivia (Estado Plurinacional de)	462,38	2,67	14,49	1 476,86	8,52	46,29
El Salvador	148,81	0,69	5,34	1 105,02	5,16	39,67
República Dominicana	581,30	1,05	14,32	2 467,10	4,44	60,77
Ecuador	379,93	0,49	5,21	1 963,64	2,51	26,95
México	4 038,76	0,39	3,46	23 549,43	2,28	20,19
Colombia	911,40	0,27	2,21	7 223,43	2,17	17,49
Brasil	4 798,84	0,19	0,74	31 655,93	1,28	4,87
Panamá	95,85	0,31	2,81	378,63	1,21	11,09
Costa Rica	110,46	0,27	1,20	474,36	1,16	5,14
Perú	530,99	0,29	3,19	1 007,40	0,56	6,05
Chile	192,78	0,08	0,54	886,81	0,36	2,48
Venezuela (República Bolivariana de)	231,21	0,00	...	946 635,44	0,30	...
Uruguay	11,63	0,02	0,11	133,68	0,29	1,23
Argentina	160,65	0,04	0,13	705,08	0,16	0,57

06. Tabla de brecha de pobreza en América Latina (2011). Fuente: omisión Económica para América latina y el caribe (CEPAL), 2013.

07 CEPAL, "Panorama Social de América Latina 2019 | Publicación | Comisión Económica Para América Latina y El Caribe."

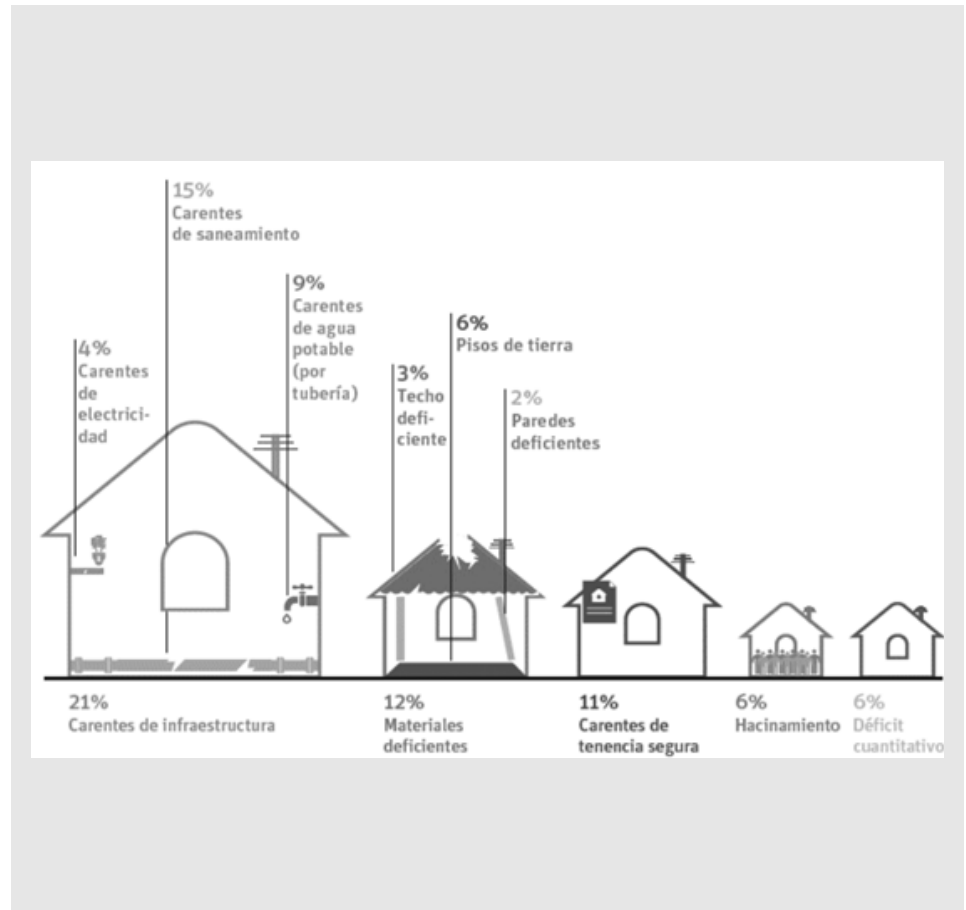
08. BID, "Un Espacio Para El Desarrollo: Los Mercados de Vivienda En América Latina y El Caribe | Publications."

de vivienda urbana en Latinoamérica y el caribe según el BID⁰⁸ en el año 2011. Aquí se evidencia Nicaragua y Bolivia que son los países con más escasez de vivienda con 78% y 75% respectivamente; por su parte, Costa Rica y Chile los sitúa como los países con menos escasez con un 18% y 23% respectivamente. Ecuador según estos datos tuvo un déficit del 50%.

SITUACIÓN DE INFRAESTRUCTURA Y SERVICIOS BÁSICOS DE LA VIVIENDA EN AMÉRICA LATINA

La vivienda es un sistema, una máquina que esta al servicio de sus habitantes para garantizar su bienestar. Por tanto, sus condiciones técnicas influyen en el confort: el adecuado aislamiento térmico influye en el consumo de energía de calefacción, adecuadas estrategias pasivas de ventilación influyen en el consumo de energía de refrigeración, y la ubicación influye en la movilidad y accesibilidad, por tanto, en el consumo de recursos fósiles. Por último, está la calidad de los materiales de los servicios básicos que influyen en el consumo de energía.

En la imagen 08 se pueden observar datos de 2009 relacionados con condiciones de la vivienda por porcentaje de hogares a nivel general de Latinoamérica. El valor más importante expresa que un 21% de hogares no tienen infraestructura adecuada, un 15% no gozan de saneamiento, el 12% posee materiales inadecuados y/o deficientes, un 6% de hacinamiento entre otros, lo que demuestra que no existen proyectos pertinentes de financiación, además de falta de productos adecuados para la construcción.



07. Déficit de vivienda en América Latina.

08. Problemas de Vivienda asociados con infraestructura y servicios básicos.

PROYECCIÓN DE VIVIENDAS PARA 2040

Los datos según la CEPAL sobre tendencias de infraestructura en América Latina y el Caribe con proyección para el año 2040, los manifiesta en su documento Dilemas, desafíos y compromisos de una Agenda Urbana publicado en 2016. Estos datos se muestran en la imagen (09). Aquí expresa el termino de mega ciudades (mas de 10 millones de habitantes) y que sumarían el 14% de la población urbana de la región (más que en otros continentes). Se evidencia que a nivel general en América Latina del 2015 al 2040 habrá un incremento poblacional urbano de alrededor del 6%. Identificando a Ecuador se puede observar que en este mismo rango se alcanzará un incremento de alrededor del 7%.

“...En cuanto a las pautas de crecimiento para el 2030, vale destacar que para la región se espera que éstas se profundicen, con una creciente importancia de las megaciudades (en parte porque se proyecta que Bogotá entraría a esta categoría) y las ciudades entre 1 y 5 millones, mientras que, los otros grupos, crecen a menor velocidad, solamente con una salvedad: un fuerte crecimiento urbano se proyecta para las ciudades de tamaño intermedio (300.000 a 500.000 habitantes).”⁰⁹

09. CEPAL, “Desafíos, Dilemas y Compromisos de Una Agenda Urbana Común.”

Región, subregión, país o territorio	Proporción urbana (en porcentajes)			Tasa actual de variación anual (en porcentajes)
	1990	2015	2040	2015-2020
Montserrat	12,5	9,0	11,0	0,71
Saint Maarten (Dutch part)	100,0	100,0	100,0	1,56
Caribbean Netherlands	77,7	74,7	77,7	1,48
Curaçao	84,7	89,3	89,8	0,73
Puerto Rico	92,9	93,6	94,2	-0,03
Saint Kitts y Nevis	34,6	32,0	39,0	1,42
Santa Lucía	29,3	18,5	22,3	1,01
San Vicente y las Granadinas	41,4	50,6	58,8	0,70
Trinidad y Tabago	8,5	8,4	9,2	-0,83
Turks and Caicos Islands	74,3	92,2	95,8	0,77
United States Virgin Islands	87,7	95,3	97,0	0,08
América Central	65,1	73,8	79,8	1,60
Belice	47,5	44,0	47,6	1,93
Costa Rica	50,0	76,8	87,2	2,10
El Salvador	49,2	66,7	75,7	1,23
Guatemala	41,1	51,1	63,0	3,23
Honduras	40,5	54,7	74,4	2,85
México	71,4	79,2	84,7	1,37
Nicaragua	52,3	58,8	68,2	1,84
Panamá	53,9	66,6	74,4	1,94
América del Sur	74,1	83,3	87,4	1,16
Argentina	87,0	91,8	94,1	0,93
Bolivia (Estado Plurinacional de)	55,6	68,5	76,7	2,11
Brasil	74,1	85,7	89,9	0,99
Chile	83,3	89,5	92,3	0,96
Colombia	68,3	76,4	82,4	1,47
Ecuador	55,1	63,7	71,3	1,80
Guyana Francesa	74,6	84,2	88,4	2,61
Guyana	29,6	28,6	35,1	0,91
Paraguay	48,7	59,7	67,9	2,02
Perú	68,9	78,6	84,5	1,57
Suriname	65,7	66,0	69,2	0,75
Uruguay	89,0	95,3	97,2	0,44
Venezuela (República Bolivariana de)	84,3	89,0	91,0	1,38

09. Tabla de Proyección de viviendas. Fuente: Cepal “Desafíos, Dilemas y Compromisos de Una Agenda Urbana Común.”

1.3 CONTEXTO NACIONAL

22 POBLACIÓN NACIONAL

Ecuador según el último censo de población y vivienda (2010) cuenta con una población de 14'483.499 habitantes en sus 24 provincias.

DATOS DE POBREZA EN ECUADOR

De acuerdo al Instituto nacional de estadísticas y censos (INEC) la pobreza en el Ecuador se la mide mediante tres operaciones estadísticas:

1. Encuesta Nacional de Empleo, Desempleo y Subempleo: Proporciona información que describa la pobreza por ingresos y se constituya en una herramienta básica en la planificación, evaluación, seguimiento y diseño de políticas sociales.
2. Encuesta de Condiciones de Vida: Proporciona información que describa la pobreza por consumo y se constituya en una herramienta básica en la planificación, evaluación, seguimiento y diseño de políticas sociales.
3. Censos de Población y Vivienda: Proporciona información referente a medición de pobreza estructural de hogares y las personas que los habitan, a través del indicador de Necesidades Básicas Insatisfechas- NBI.

Para este análisis se han considerado los valores de los indicadores de Pobreza por ingresos y pobreza por necesidades básicas insatisfechas (imágenes 10 y 11):

- Pobreza por ingresos a nivel nacional: Se considera a una persona que es pobre por ingresos cuando su ingreso per cápita está por debajo de la línea de pobreza.

Línea de pobreza: Conjunto de necesidades alimentarias y no alimentarias consideradas esenciales, expresadas en un valor monetario.

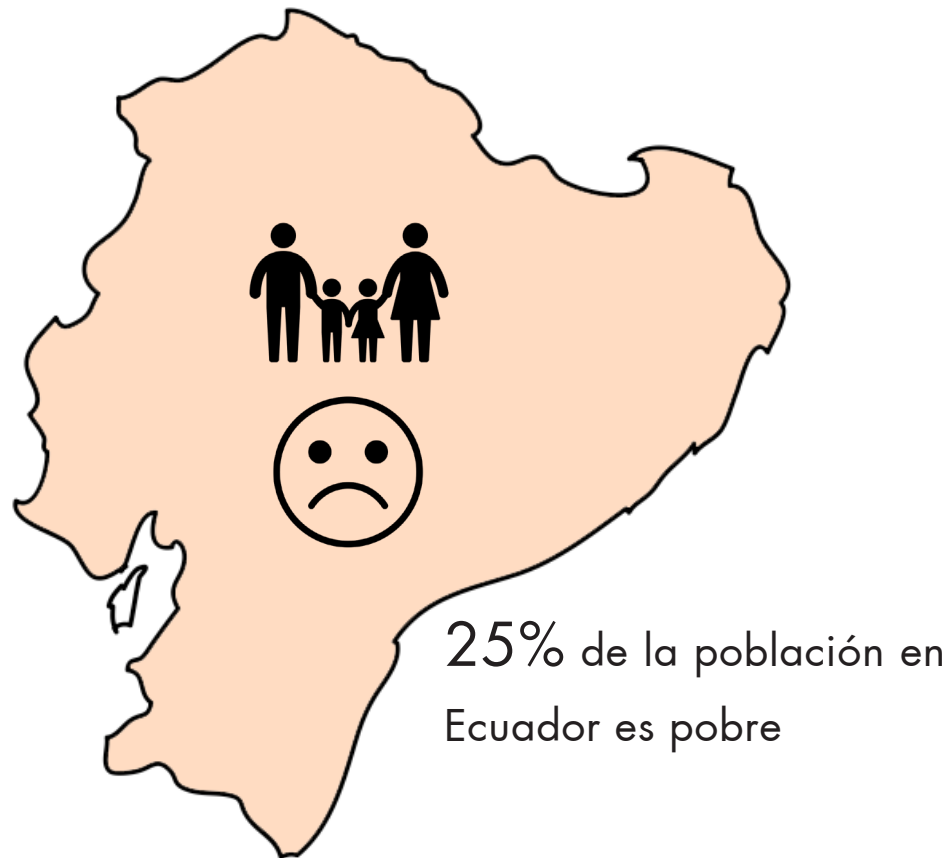
Pobreza por Necesidades básicas insatisfechas (NBI): Una persona es pobre por necesidades básicas insatisfechas si pertenece a un hogar que presenta carencias en la satisfacción de al menos una de sus necesidades básicas representadas en cinco componentes: i) calidad de la vivienda, ii) hacinamiento, iii) acceso a servicios básicos, iv) acceso a educación y v) capacidad económica.

Los valores de las últimas encuestas nacionales registradas en diciembre del 2019, demuestran que un 25% de la población es pobre por ingresos; y que el 3.2% de la población es pobre por necesidades básicas insatisfechas.¹⁰

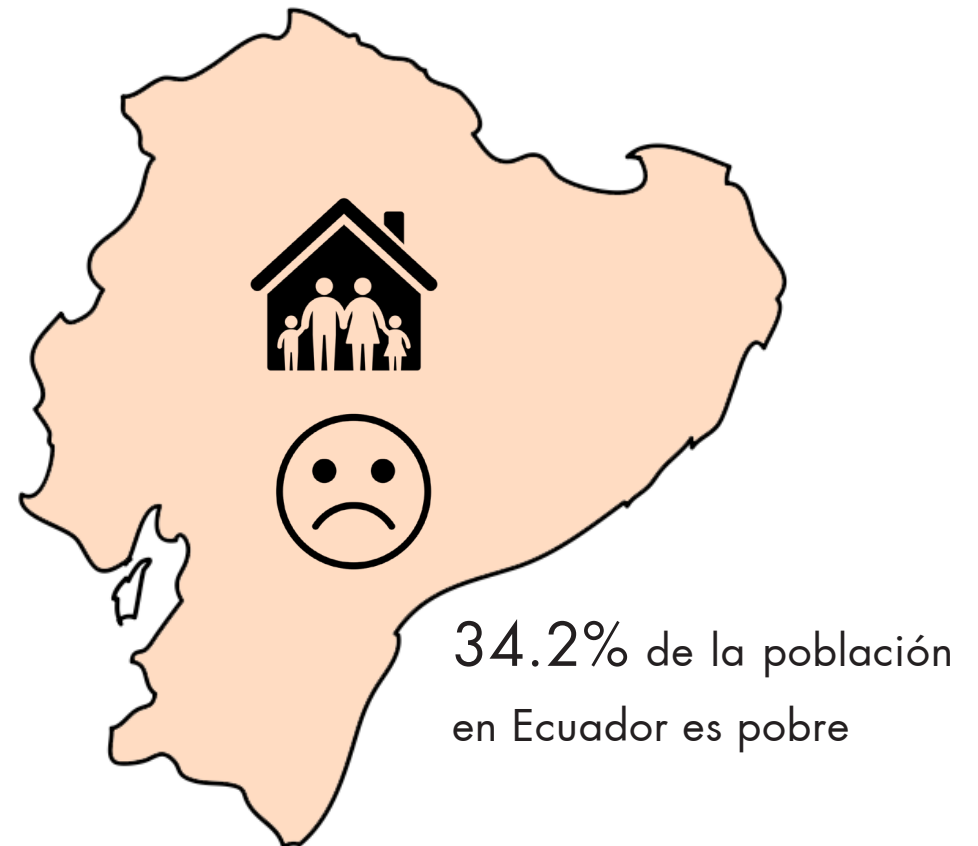
Estos datos demuestran que hasta la fecha existe un cuarto de la población nacional que no cumple con sus necesidades alimentarias y no alimentarias. Por otro lado, el tercio de la población no cumple con alguna de las necesidades básicas, dentro de las cuales se relaciona directamente a la vivienda, por tanto no tiene una calidad de vida aceptable.

10. Datos registrados a Diciembre 2019 por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC) – Ecuador

POBREZA POR INGRESOS



POBREZA POR NECESIDADES BÁSICAS INSATISFECHAS



10. Pobreza por Ingresos. Elaboración propia. Fuente: INEC.

11. Pobreza por Necesidades Básicas Insatisfechas. Elaboración propia. Fuente: INEC.

24 DÉFICIT CUANTITATIVO DE VIVIENDAS

Actualmente según datos del Sistema integrado de indicadores sociales del Ecuador (SIISE) del 2014 ¹¹, existen un total de 4'315.363 viviendas a nivel nacional, en la imagen 12 se pueden observar la distribución según región y provincia.

El déficit cuantitativo de viviendas se obtiene mediante el cruce de los indicadores antes mencionados que definen la situación de pobreza. Estos datos han sido elaborados por la Encuesta Nacional de empleo, desempleo y subempleo (ENEMDU) en el 2016 y se los puede observar en la tabla 14. Este déficit se lo basa entorno al término de vivienda irrecuperable. *“Déficit habitacional cuantitativo de la vivienda.- Número de viviendas cuyas condiciones habitacionales se consideran irrecuperables a partir de la combinación, materiales predominantes y el estado de los mismos, expresado como porcentaje del total de viviendas. Vivienda irrecuperable.- aquella unidad habitacional que necesita ser reemplazada por una nueva ya que técnicamente las condiciones no son favorables para realizar una intervención en la vivienda afectada.”* ¹²

Los datos muestran dos bloques correspondientes a: viviendas de extrema pobreza y viviendas requeridas para pobreza moderada; dando un total nacional de 325.330 viviendas de déficit cuantitativo.

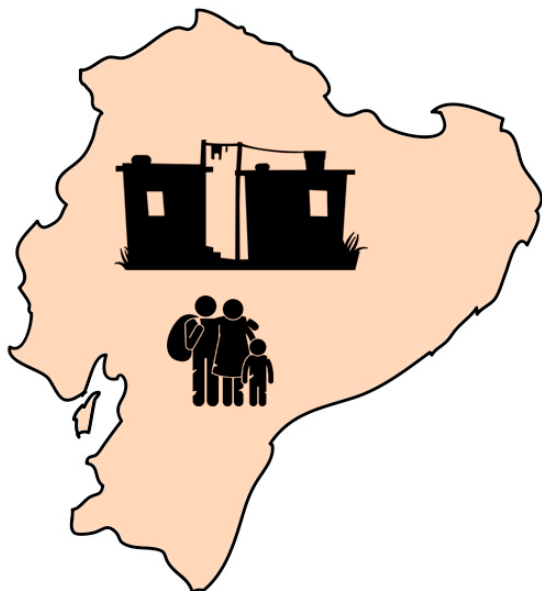
País - Región - Provincia	Número de viviendas	Total de viviendas
Ecuador	3.630.719	4.315.363
Amazonía	155.060	191.229
Morona Santiago	31.285	39.287
Napo	16.689	22.338
Orellana	29.861	35.330
Pastaza	14.388	19.462
Sucumbíos	41.025	49.536
Zamora Chinchipe	21.812	25.276
Costa	1.697.136	2.118.082
El Oro	153.130	183.764
Esmeraldas	118.098	145.390
Guayas	898.483	1.087.003
Los Ríos	176.568	231.049
Manabí	284.509	386.150
Santa Elena	66.348	84.726
Insular	8.409	9.161
Galápagos	8.409	9.161
Sierra	1.770.114	1.996.891
Azuay	191.718	208.483
Bolívar	48.123	54.081
Carchi	41.966	49.944
Cañar	62.889	67.382
Chimborazo	111.231	135.476
Cotopaxi	95.906	116.516
Imbabura	100.390	118.272
Loja	117.914	130.041
Pichincha	762.066	847.523
Sto. Dom. Tsachilas	99.191	112.174
Tungurahua	138.720	156.999

12. Tabla de la Distribución de viviendas en el Ecuador. Fuente: Proyecto de vivienda “Casa para Todos”

11. Datos registrados por el Sistema integrado de indicadores sociales del Ecuador (SIISE) del 2014.

12. MIDUVI, “Proyecto De Vivienda CASA PARA TODOS - CPT.”

PARA POBREZA EXTREMA



191.736
Viviendas requeridas

PARA POBREZA MODERADA



133.544
Viviendas requeridas

325.330

Total de viviendas requeridas

(Proyección 2016)

Provincia	# viviendas requeridas para extrema pobreza	# viviendas requeridas para pobreza moderada	Total
AZUAY	7.821	6.787	14.608
BOLIVAR	3.929	2.606	6.535
CAÑAR	2.824	3.388	6.212
CARCHI	3.760	1.618	5.378
COTOPAXI	7.435	2.761	10.196
CHIMBORAZO	14.344	5.867	20.211
EL ORO	3.458	3.043	6.501
ESMERALDAS	14.227	5.365	19.592
GUAYAS	42.297	30.450	72.747
IMBABURA	6.632	2.423	9.055
LOJA	7.462	4.087	11.549
LOS RIOS	10.937	11.580	22.517
MANABI	26.280	31.368	57.648
MORONA SANTIAGO	7.461	1.383	8.844
NAPO	2.453	642	3.095
PASTAZA	2.946	380	3.326
PICHINCHA	7.501	5.444	12.945
TUNGURAHUA	6.145	4.143	10.288
ZAMORA CHINCHIPE	1.624	759	2.383
GALAPAGOS	-	-	-
SUCUMBIOS	2.552	1.520	4.072
ORELLANA	2.856	795	3.651
SANTO DOMINGO	1.779	1.822	3.601
SANTA ELENA	4.533	4.480	9.013
ZONAS NO DELIMITADAS	530	833	1.363
TOTAL	191.786	133.544	325.330

13. Brecha cuantitativa de viviendas 2016. Elaboración propia. Fuente: Proyecto de vivienda "Casa para Todos"

14. Brecha cuantitativa de viviendas 2016. Fuente: Proyecto de vivienda "Casa para Todos"

1.4 PROYECTO DE VIVIENDA

“CASA PARA TODOS” (2018)

- 26 El proyecto de vivienda “Casa para todos” constituido en octubre de 2018 es el único y emblemático proyecto del actual gobierno, que tiene como objetivo erradicar el déficit de vivienda existente en el Ecuador mediante la implementación de Viviendas de interés social; así como lo enuncia en su objetivo general:

*Dotar de vivienda de interés social, digna y adecuada, a las /los ciudadanas/ os ecuatorianos, en énfasis en la población en pobreza y vulnerabilidad; así como en los núcleos familiares de menores ingresos económicos que presentan necesidad de vivienda propia; asegurando un hábitat seguro e inclusivo.*¹³

*Vivienda de interés social – VIS- La vivienda de interés social es la primera y única vivienda digna y adecuada, en áreas urbanas y rurales, destinada a los ciudadanos ecuatorianos en situación de pobreza y vulnerabilidad; así como, a los núcleos familiares de ingresos económicos bajos e ingresos económicos medios de acuerdo a los a los criterios de selección y requisitos aplicables, que presentan necesidad de vivienda propia, sin antecedentes de haber recibido anteriormente otro beneficio similar, asegurando de esta manera, un hábitat seguro e inclusivo para la familia...*¹⁴

Partiendo del análisis del déficit cuantitativo de vivienda (2016) se estableció una nueva proyección calculada considerando los proyectos de vivienda que se han construido y entregado hasta 2017. Se proyectaron 24.650 viviendas para extrema pobreza y 196.250 viviendas para pobreza moderada, dando un total de 220.900 viviendas a partir del 2018. (Imagen 16)

SEGMENTACIÓN DE LAS VIVIENDAS:

Primer segmento: Subsidio total del Estado (100%)

Segundo segmento:

- Vivienda con modalidad de arrendamiento con opción de compra hasta 57,56 SBU (\$23.024)
- Vivienda desde 57,56 SBU, hasta 101.52 (\$23.024 - \$40.608), con modalidad de crédito hipotecario con subsidio inicial del estado y tasa de interés preferencia

Tercer segmento: Viviendas desde 101,53 SBU, hasta 177,66 SBU (\$40.608 - \$71.064) con tasa de interés referencial para el crédito hipotecario.

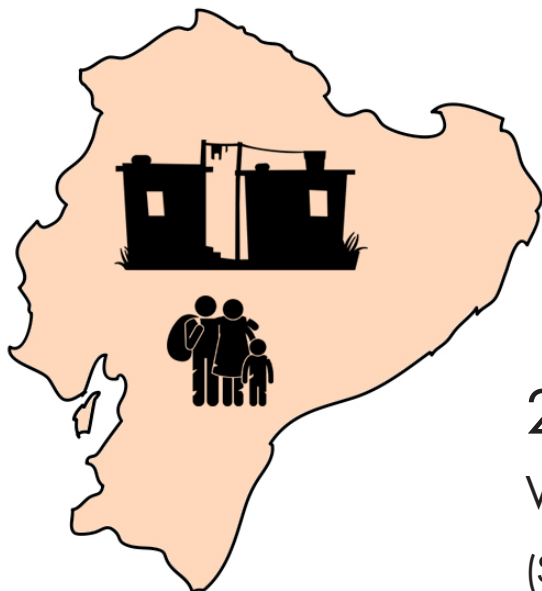
Cuarto segmento: Incentivos y subsidios

Las 220.900 viviendas distribuidas en: 24.650 viviendas con subvención total del estado (segmento 1), así como de 180.000 viviendas de interés social con subvención parcial y/o subvención a la tasa de interés (segmento 2 y 3), más la entrega de 16.250 incentivos aproximadamente (segmento 4).

13. MIDUVI, “Proyecto De Vivienda CASA PARA TODOS - CPT.”

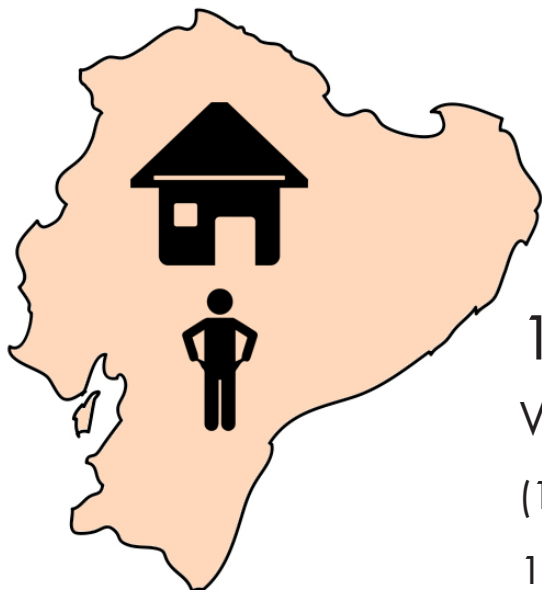
14. Definición de Vivienda de interés social (VIS) según el decreto presidencial N°681 “Reglamento para el acceso a VIS” - Reformado el 29 de Noviembre de 2019

PARA POBREZA EXTREMA



24.650
Viviendas proyectadas
(Segmento 1)

PARA POBREZA MODERADA



196.250
Viviendas proyectadas
(180.000 Segmento 2 y 3
16.250 Segmento 4)

220.900

Total de viviendas proyectadas

desde 2018

Provincia	# Viviendas requeridas para extrema pobreza	# Viviendas requeridas para pobreza moderada	Total
AZUAY	1.005	8.891	9.896
BOLIVAR	505	3.935	4.440
CAÑAR	363	3.830	4.193
CARCHI	483	3.186	3.669
COTOPAXI	955	6.009	6.964
CHIMBORAZO	1.844	11.951	13.795
EL ORO	445	3.959	4.404
ESMERALDAS	1.828	11.553	13.381
GUAYAS	5.436	43.942	49.378
IMBABURA	853	5.334	6.187
LOJA	959	6.902	7.861
LOS RIOS	1.406	13.815	15.221
MANABI	3.377	35.540	38.917
MORONA SANTIAGO	959	5.112	6.071
NAPO	315	1.805	2.120
PASTAZA	379	1.908	2.287
PICHINCHA	964	7.822	8.786
TUNGURAHUA	790	6.198	6.988
ZAMORA CHINCHIPE	209	1.415	1.624
GALAPAGOS	0	0	0
SUCUMBIOS	328	2.441	2.769
ORELLANA	367	2.133	2.500
SANTO DOMINGO	229	2.206	2.435
SANTA ELENA	583	5.514	6.097
ZONAS NO DELIMITADAS	67	850	917
TOTAL	24.650	196.250	220.900

28 TIPOLOGÍAS DE VIVIENDA DE INTERÉS SOCIAL ESTABLECIDAS EN EL PROYECTO DE "CASA PARA TODOS"

Este proyecto plantea 3 tipologías para viviendas unifamiliares y tres para viviendas multifamiliares ¹⁵ dispuestas de la siguiente manera:

Unifamiliar de dos dormitorios: Vivienda de dos dormitorios en un área habitable mínima de 50m², cuyo diseño prevé la disposición de espacios para dos dormitorios, sala, comedor, cocina, cuarto de baño y área de lavabo y secado con tendedero de ropa.

Unifamiliar de dos dormitorios: Vivienda de dos dormitorios en un área habitable mínima de 57m², cuyo diseño prevé la disposición de espacios para dos dormitorios, sala, comedor, cocina, cuarto de baño y área de lavabo y secado con tendedero de ropa.

Unifamiliar de tres dormitorios: Vivienda de dos dormitorios en un área habitable mínima de 57m², cuyo diseño prevé la disposición de espacios para tres dormitorios, sala, comedor, cocina, cuarto de baño y área de lavabo y secado con tendedero de ropa.

Multifamiliar: Entendida por un conjunto de departamentos que conforman una unidad multifamiliar. Departamentos de dos dormitorios en un área habitable mínima de 50m², cuyo diseño prevé la disposición de espacios para dos dor-

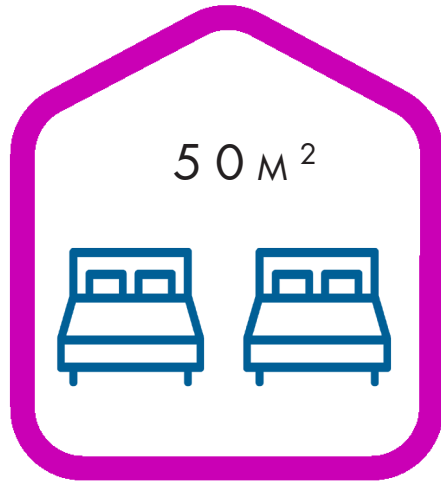
mitorios, sala, comedor, cocina, cuarto de baño y área de lavabo y secado con tendedero de ropa.

Multifamiliar: Entendida por un conjunto de departamentos que conforman una unidad multifamiliar. Departamentos de dos dormitorios en un área habitable mínima de 57m², cuyo diseño prevé la disposición de espacios para dos dormitorios, sala, comedor, cocina, cuarto de baño y área de lavabo y secado con tendedero de ropa.

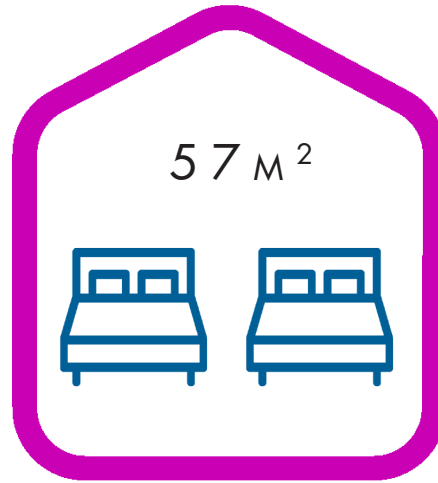
Multifamiliar: Entendida por un conjunto de departamentos que conforman una unidad multifamiliar. Departamentos de tres dormitorios en un área habitable mínima de 57m², cuyo diseño prevé la disposición de espacios para tres dormitorios, sala, comedor, cocina, cuarto de baño y área de lavabo y secado con tendedero de ropa.

15. MIDUVI, "Proyecto De Vivienda CASA PARA TODOS - CPT."

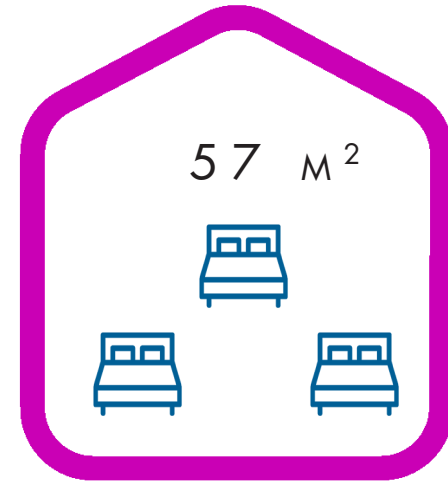
UNIFAMILIAR DE DOS DORMITORIOS EN UN ÁREA HABITABLE MÍNIMA DE 50 M²



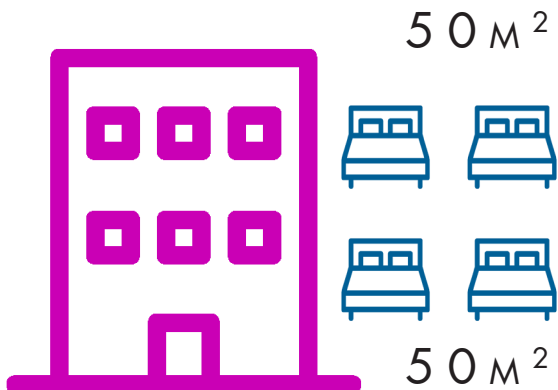
UNIFAMILIAR DE DOS DORMITORIOS EN UN ÁREA HABITABLE MÍNIMA DE 57 M²



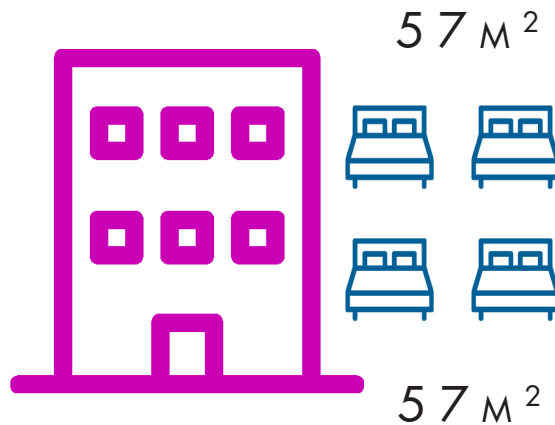
UNIFAMILIAR DE TRES DORMITORIOS EN UN ÁREA HABITABLE MÍNIMA DE 57 M²



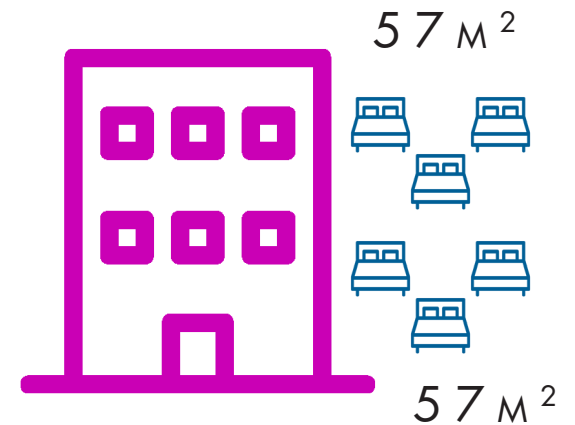
MULTIFAMILIAR: DEPARTAMENTOS DE DOS DORMITORIOS EN UN ÁREA HABITABLE MÍNIMA DE 50 M²



MULTIFAMILIAR: DEPARTAMENTOS DE DOS DORMITORIOS EN UN ÁREA HABITABLE MÍNIMA DE 57 M²



MULTIFAMILIAR: DEPARTAMENTOS DE TRES DORMITORIOS EN UN ÁREA HABITABLE MÍNIMA DE 57 M²



CAPÍTULO 2

LA MADERA

Y LA CONSTRUCCIÓN EN ECUADOR

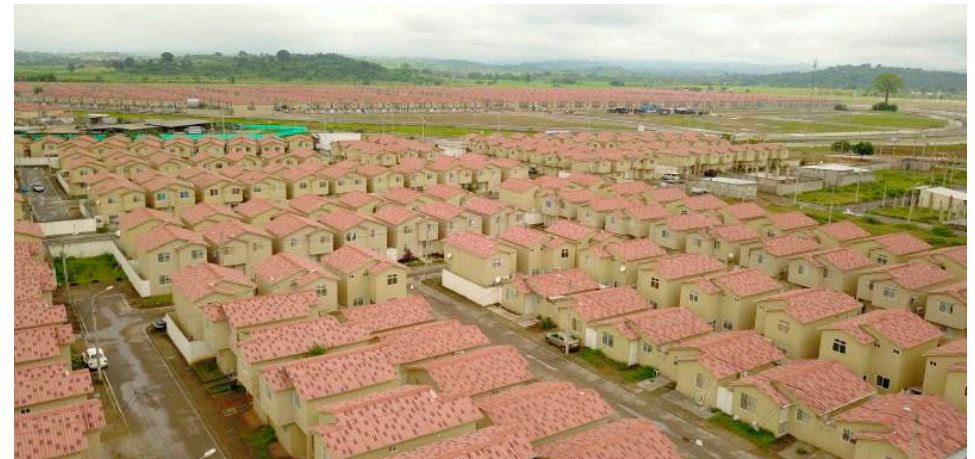


2.1 SISTEMAS Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN EN ECUADOR Y SU CONTAMINACIÓN AMBIENTAL

Las edificaciones prefabricadas que aparecieron con el auge de programas de vivienda masiva en las últimas décadas, ha traído consigo el incremento exponencial de edificaciones en el territorio. La construcción de estas edificaciones ha tenido como criterio detonante el tratar de solventar únicamente la necesidad de vivienda asequible, y no considerar la adecuada habitabilidad. Debido a que los niveles de pobreza históricamente han sido elevados estos proyectos han tenido una visión contra reloj para buscar soluciones rápidas. Es en este entorno que tomó fuerza la decadencia en la calidad arquitectónica - constructiva, además de la calidad de vida de las personas beneficiarias de estas soluciones habitacionales. (18,19 y20)

El sector de la construcción en Ecuador ha estado regido por sistemas constructivos que emplean el uso de materiales como el hormigón, el acero y mampostería de bloque o ladrillo. La aplicación de sistemas que utilizan madera, y técnicas tradicionales en tierra como bahareque, adobe o tapial, son cada vez menos vistas. Esto en la práctica se debe a las características de resistencia, rapidez de puesta en obra (acero), tiempo de vida que puede alcanzar una edificación en hormigón y/o acero - *"There are many examples of pure lime mortar keeping its functional properties for 2000 to 3000 years... Some concrete buildings with Portland cement have stood undamaged for over 100 years"*¹⁶; y a la gran oferta de estos materiales en el mercado. Además, es importante mencionar el fuerte ideal social que asocia las construcciones en tierra o madera con pobre-

16. Ecology and Building, BERGE, Bjorn - The Ecology Building Materials.(2009).Pdf, 32.



18. Proyecto de vivienda "Mucho lote", Guayaquil.



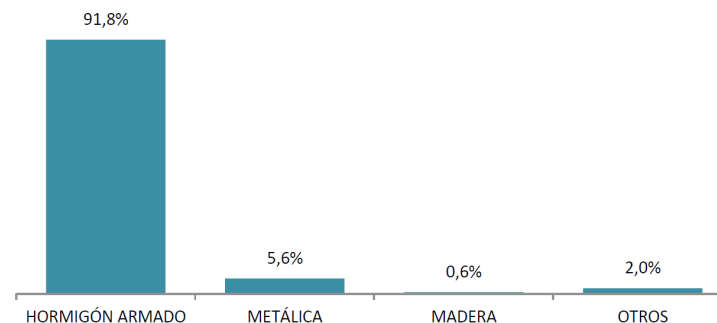
19 y 20. Prototipos de vivienda elaborados por el Ministerio de desarrollo urbano y vivienda.

32 za y con edificaciones que no perduran en el tiempo. Lo antes mencionado se puede corroborar con la información estadística obtenida de dos encuestas a nivel nacional que registraron datos cuantitativos de los materiales utilizados en las distintas edificaciones.

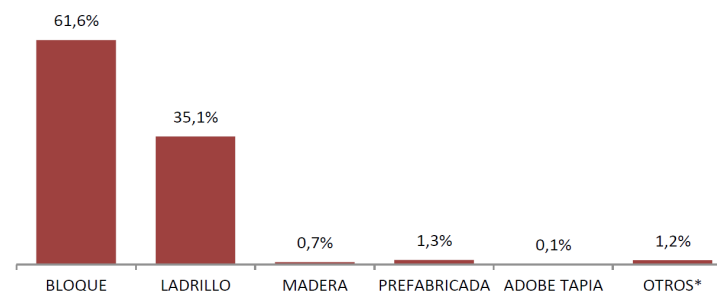
De acuerdo a los datos obtenidos en la última Encuesta de Edificación 2016¹⁷, donde se registraron los datos de los materiales utilizados en las distintas edificaciones para tramitar los permisos de construcción en las respectivas entidades municipales a nivel nacional (imagen 21), se evidencian que el material predominante empleado para la estructura de la edificación es el hormigón armado con un 91.8%, seguido del acero con un 5.6%, dejando a la madera con 0.6%. Con respecto a las paredes se evidencia que el material más utilizado es el bloque de hormigón con un 61.6%, seguido del ladrillo de arcilla cocida con un 35.1%, la madera presenta un 0.7% y el adobe / tapial un 0.1%. En cuanto a los materiales de cubierta, se puede observar que el 46.7% de los permisos se registraron con hormigón armado, seguido del fibrocemento con 27.7%, el único cerámico, la teja muestra un valor del 3.8%.

Por otro lado, de acuerdo a los datos obtenidos por el último censo de población y vivienda a nivel nacional realizado en 2010 por el Instituto Nacional Ecuatoriano de Censos (INEC)¹⁸ (imagen 22), se puede observar que en cuanto a los materiales de paredes exteriores de vivienda alrededor del 70% de viviendas fueron construida con ladrillo o bloque de hormigón, alrededor de un 10% con hormigón, un 5% con madera y un 4% con Adobe o tapia. Sobre los materiales

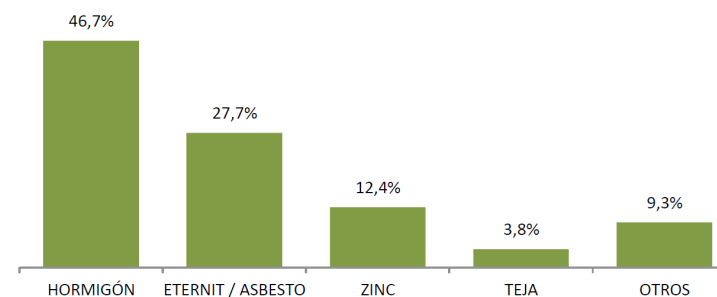
Material a ser utilizado en estructura (% de permisos de construcción)



Material a ser utilizado en paredes (% de permisos de construcción)



Material a ser utilizado en cubierta (% de permisos de construcción)



21. Tablas de materiales utilizados en la construcción. Fuente: Encuestas de edificaciones INEC, 2016

17. INEC, "Encuesta de Edificaciones 2016."

de cubierta se observa que un 30% de viviendas son de losa de hormigón, un 15% tienen fibrocemento, 45% tienen zinc y un 10% son de teja cerámica.

Centrándonos en la estructura de la edificación vemos que el hormigón armado es el que prevalece seguido de la estructura metálica y finalmente vemos que las estructuras de madera se proyectan muy poco. Con respecto a las paredes, lo que prima es el uso del ladrillo y el bloque. Estos datos nos hacen reflexionar sobre el peso alto que tienen las edificaciones, pensándolo sobre todo en el riesgo que se representa ya que Ecuador se ubica en una zona sísmica.

CONTAMINACIÓN AMBIENTAL DE LOS MATERIALES

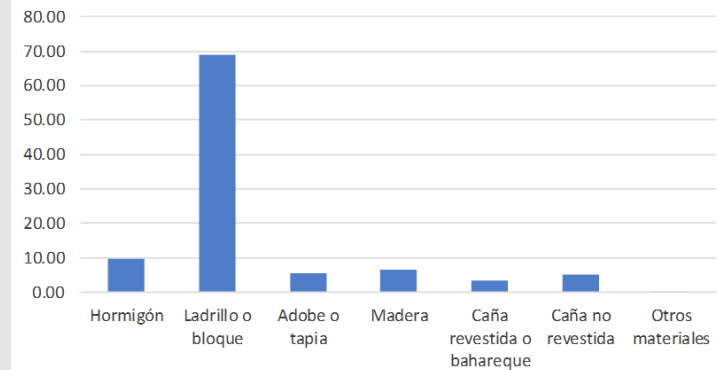
En base a estos datos recabados, se analiza la energía y la contaminación incorporadas a cada material de construcción. Para ello el análisis de energía incorporada se lo hace en función de los Mega Joules empleados por cada Kilogramo de material (XX). Se emplea como referencia los valores considerados por la "Guía de Edificación Sostenible" del Instituto Cerdá de Barcelona – España.¹⁹

Se puede observar el importante consumo que tiene el acero con 43 Mj/kg. El cemento portland que es el principal material del hormigón presenta un valor de 7.2 Mj/kg que representa alrededor de la 6 parte de lo que representa el ace-

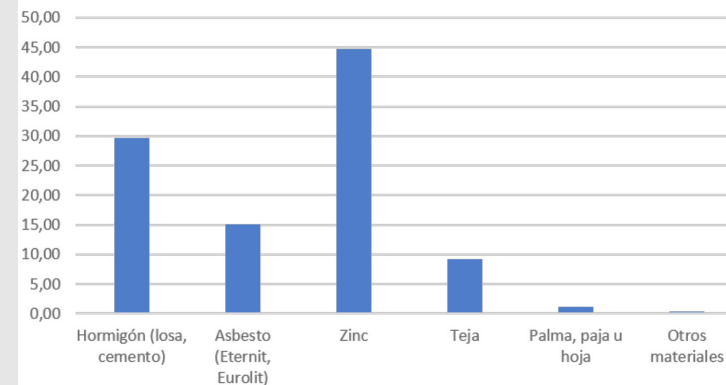
18. Censo de Población y Vivienda 2010 - Ecuador (INEC)

19. Instituto Cerdá "Guía de la edificación sostenible", 64-65.

Material de paredes exteriores de vivienda en Ecuador



Materiales de cubierta de Vivienda en Ecuador



22. Tablas de materiales utilizados en la construcción. Elaboración propia. Fuente: Censo de población y vivienda. INEC, 2010

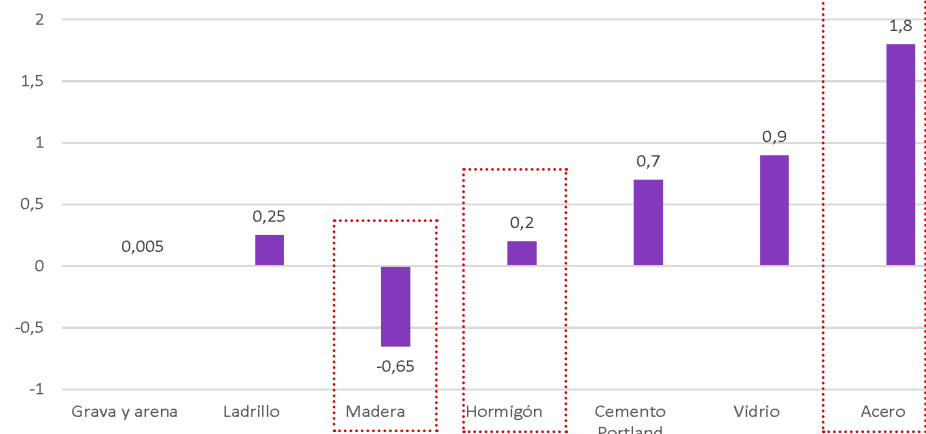
34 ro. La madera aserrada y la fábrica de ladrillo por su parte representan valores relativamente bajos de 3Mj/kg y 2.8 MJ/kg.

La evaluación de la contaminación incorporada se la hace en función de los datos de carbono incorporado a los materiales del Inventory of Carbon and Energy (ICE) Versión 2.0 producido por el Prof. Geoff Hammond & Craig Jones, investigadores del equipo de investigación de energía sustentable (SERT) del departamento de ingeniería mecánica de la Universidad de Bath de Inglaterra²⁰. Además de la declaratoria ambiental de la producción de los tableros contrachapados naturales de la empresa WISAPLYWOOD.²¹

Los datos son contundentes, el acero lidera el grupo con 1.8 KgCO₂/Kg. El cemento portlan presenta un valor de casi la mitad del acero con 0.7 KgCO₂/Kg. El hormigón al incorporar materiales pétreos de gran peso en su mezcla tiene un valor relativamente bajo de 0.2 KgCO₂/Kg. El aldrillo muestran un valor algo mas alto que el hormigón 0.25 KgCO₂/Kg. Pero el material que presenta una indudable ventaja es la madera con un valor negativo ya que se considera los kilogramos de carbono incorporado durante su crecimiento y desarrollo.

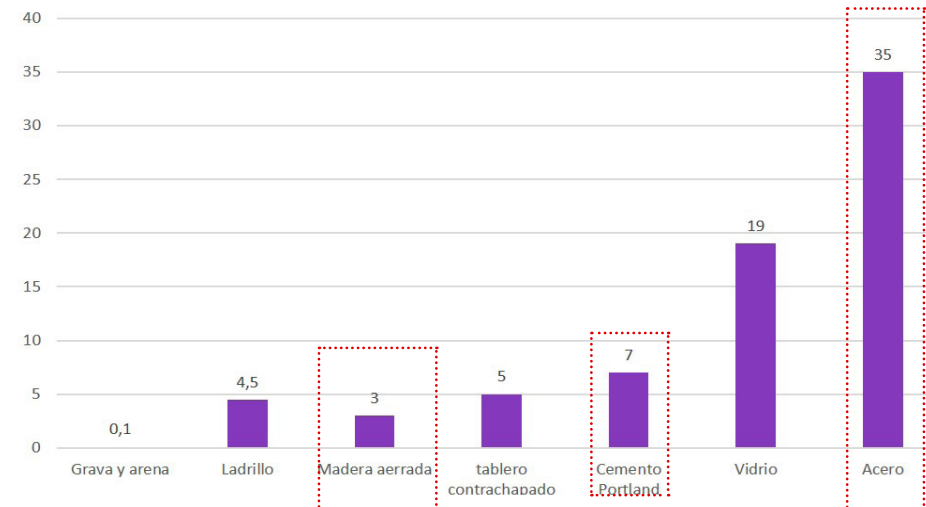
Por lo que se concluye que las construcciones en Ecuador involucran un alto consumo energético y una alta contaminación ambiental. Con miras a estrategias sostenibles amigables con el medio ambiente se debe optar por sistemas que utilicen materiales renovables y el principal que más potencial tiene es la madera.

Tabla de contaminación ambiental
KgCO₂/Kg



23. Elaboración propia. Fuente: Sustainable Energy Research Team (SERT). Wikihouse.

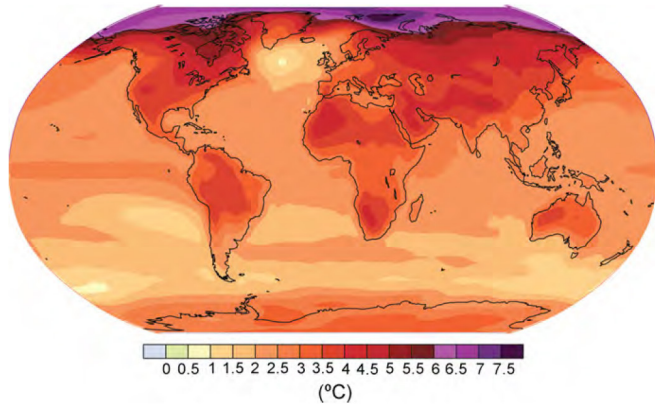
Tabla de consumo energético de materiales
Mj/kg



24. Elaboración propia. Fuente: Inventory of Carbon and Energy (ICE) 2.0

20. Tomando de: <https://www.carbonsolutions.com/Resources/ICE%20V2.0%20-%20Jan%202011.xls>

21. Tomado de: https://www.wisaplywood.com/siteassets/documents/certificates/rts-epd-21-19_upm_plywood_wisa_spruce_uncoated_signed.pdf



25. Proyección del calentamiento global a 2100

SITUACIÓN ACTUAL DE LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL

La National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) ha llevado mediciones de concentración de dióxido de carbono en la atmósfera desde hace varios años en 40 ciudades alrededor del mundo. En estas mediciones se constata que el promedio mensual de la última década excede las 400 partes por millón (ppm). Según la NOAA, esto representa un incremento de alrededor de 120 ppm desde que la industrialización comenzó hace unos 200 años; y responsabiliza directamente a determinados fenómenos como el incremento de la población, los nuevos procesos de producción industrial, los nuevos medios de transporte motorizado, entre otros. Además, evidencia que estos 120ppm no han sido lineales, y que la mitad -es decir 60ppm- se han dado en los últimos 50 años. Y en tan solo 3 años (2013-2016) las emisiones han sido de 7.5ppm. Según NOAA esta concentración no se ha producido en millones de años en la tierra. ²² (26)

El incremento proyectado de temperatura provocado por los gases de efecto invernadero para finales del siglo XXI con respecto a la última década del siglo XX, es de hasta 7° en la zona del polo norte, y de hasta 4° en las zonas centrales de cada continente. ²³ (25)

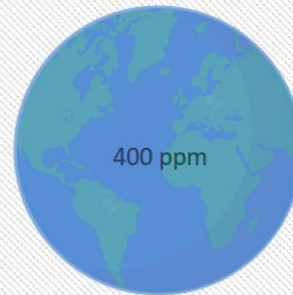
22. Green and Taggart, TALL WOOD BUILDINGS Design, Construction and Performance, 8.

23 .BERGE, The Ecology Building Materials, 32.

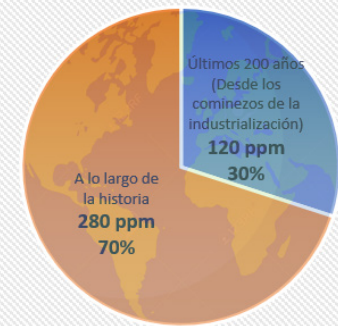
2.2 LA MADERA COMO ALTERNATIVA

CONSTRUCTIVA FRENTE AL CAMBIO CLIMÁTICO

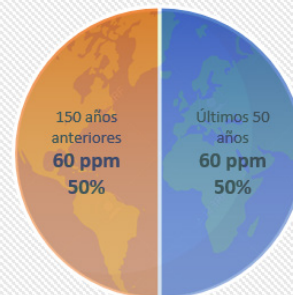
Concentración promedio mundial de CO2 (ppm) Hasta la fecha



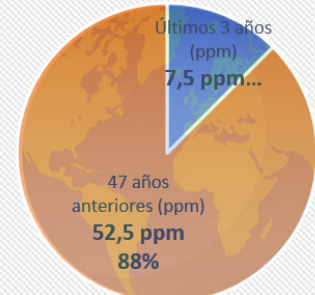
Concentración mundial de CO2 (ppm)



Concentración mundial de CO2 (ppm) Últimos 200 años

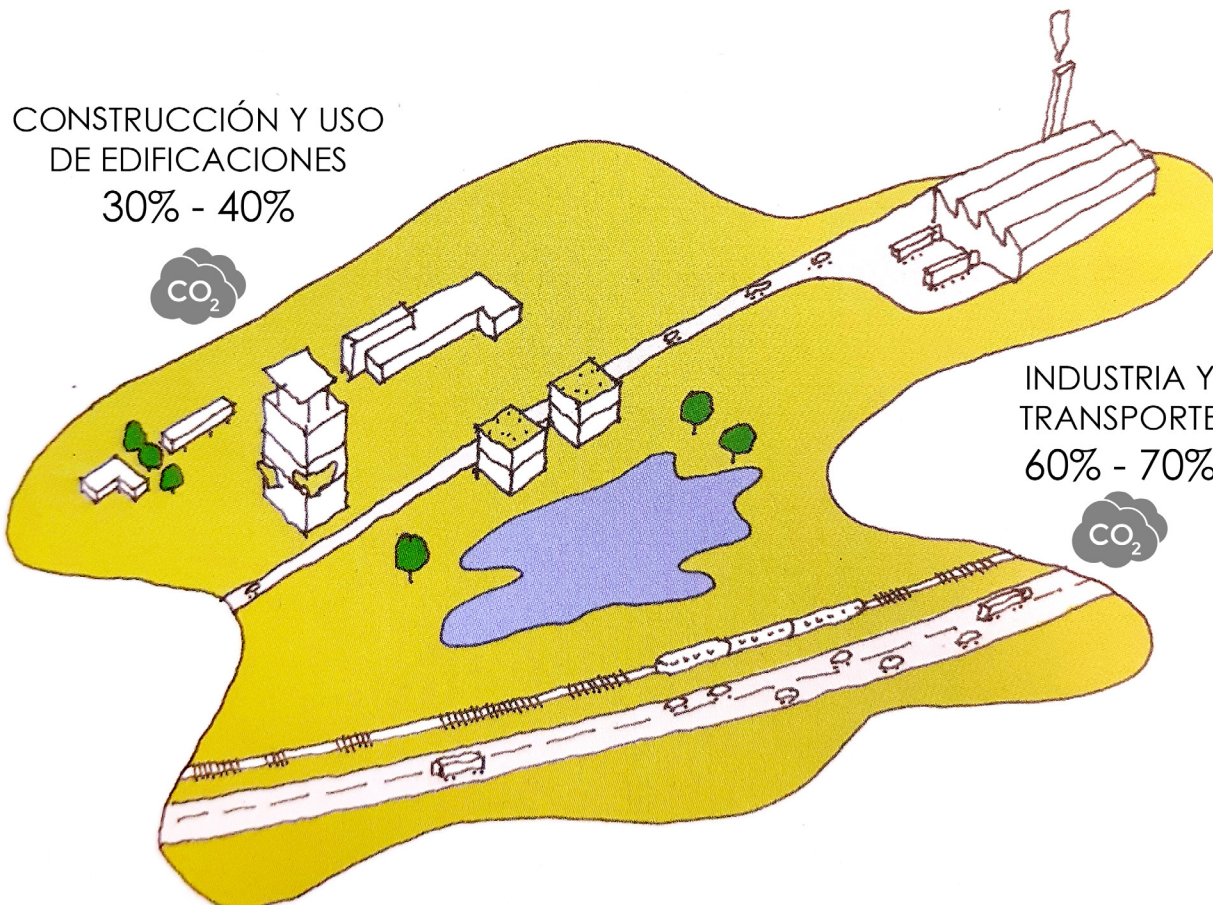


Concentración mundial de CO2 (ppm) Últimos 50 años



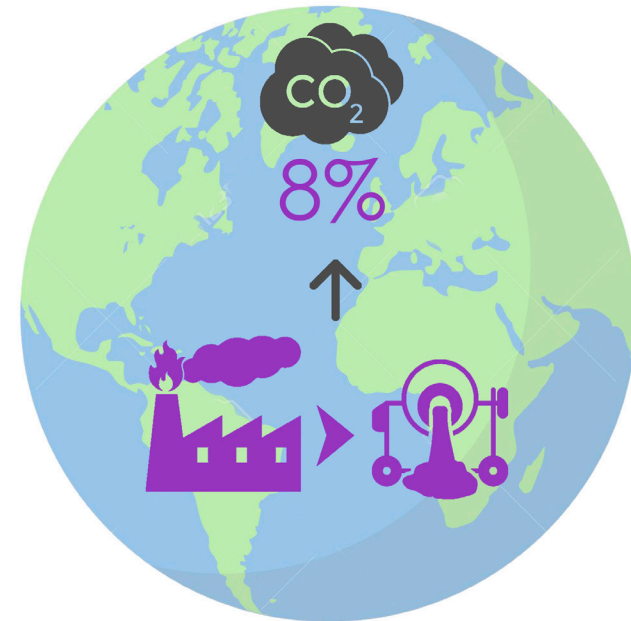
26. Evolución histórica de la contaminación ambiental mundial

CONSTRUCCIÓN Y USO DE EDIFICACIONES
30% - 40%

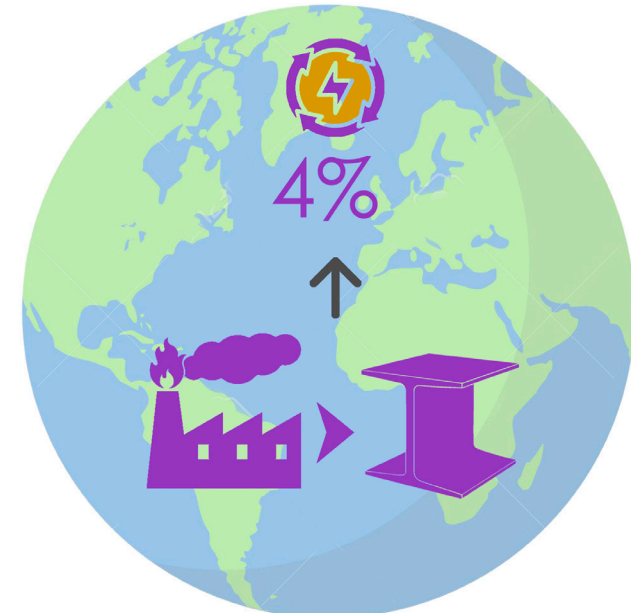


INDUSTRIA Y TRANSPORTE
60% - 70%

27. División porcentual de las fuentes de contaminación ambiental general



28. Contaminación embebida en la industria mundial del hormigón. Elaboración propia: Fuente: BERGE, Bjorn. The Ecology Building Materials, 2009.



29. Energía embebida en la industria mundial del Acero. Elaboración propia: Fuente: BERGE, Bjorn. The Ecology Building Materials, 2009.

De toda esta contaminación según el Programa Medioambiental de la Naciones Unidas aproximadamente entre el 30% - 40% de los gases de efecto invernadero es atribuido al sector de construcción y uso de los edificios.²⁴ (27)

La producción del material de construcción más utilizado llamado hormigón es responsable de entre el 5% - 8% de las emisiones de gases de efecto invernadero a nivel mundial. En el planeta se producen aproximadamente 3 toneladas de concreto por año por persona. Por su parte la producción de acero representa el 4% de la energía mundial usada.²⁵ (28,29)

DEMANDA CONSTRUCTIVA PARA 2030

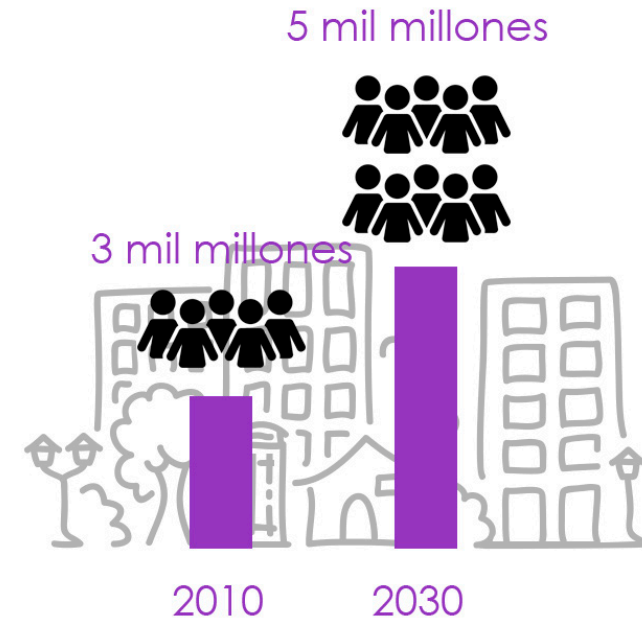
Según Aravena, de los 3 mil millones de personas que viven actualmente en las ciudades, mil millones viven bajo la línea de la pobreza. La proyección para el 2030 es que de los 5 mil millones de personas que vivirán en las ciudades, dos mil millones de personas vivirán bajo la línea de la pobreza. Este significa que se tendrá que construir una ciudad con bajo presupuesto para un millón de personas por semana.²⁶ (30,31)

Con este antecedente tendremos una demanda constructiva muy elevada, de

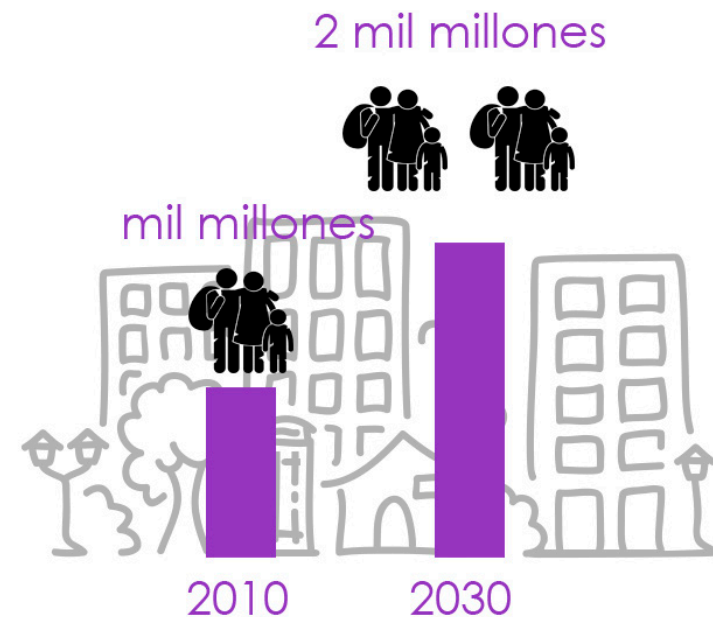
24. BERGE, 32.

25. Green and Taggart, TALL WOOD BUILDINGS Design, Construction and Performance, 11.

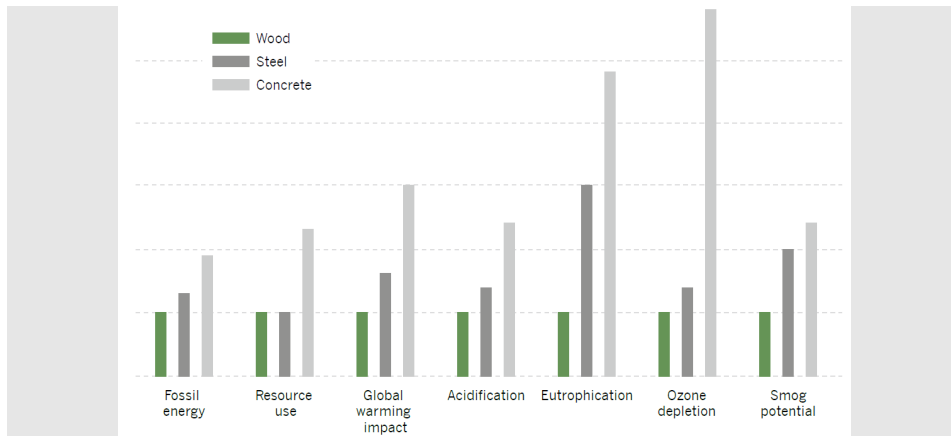
26. Alejandro Aravena, "Elemental Arquitectura.". Premio Pritzker 2016. «Proyectos de vivienda Incremental».



30. Proyección mundial de población en las ciudades. Elaboración propia: Fuente: Aravena 2016



31. Proyección mundial de población pobre en las ciudades. Elaboración propia: Fuente: Aravena 2016



33. Comparación de la contaminación global de los procesos constructivos

38

manera que si seguimos con los actuales métodos y técnicas constructivos se generaría cantidades exponenciales de gases de efecto invernadero; lo que provocaría consecuencias nefastas para el medio ambiente. Por ello es necesario cambiar el paradigma constructivo considerando técnicas y sistemas que involucren materiales con bajo consumo de energía y bajas producciones de CO₂. Con este panorama la madera se visibiliza como el principal material a utilizar.

VENTAJAS AMBIENTALES

Desde el punto de vista del consumo energético, la fabricación, mantenimiento y renovación de los materiales en una edificación convencional de hormigón considerando un periodo de 50 años requiere un consumo entre 2000 Mj/m² y 6000 Mj/m². En cambio, si se considera una estructura típica de madera, esta consume un 30% menos.²⁷ Con respecto a la contaminación ambiental en la imagen (34) se pueden observar las emisiones de gases de efecto invernadero que emitirían los diferentes elementos constructivos constituidos por distintos materiales. Vemos que los elementos de hormigón llegan a valores de hasta 75 KgCO₂/m², los elementos de metal alcanzan valores de hasta 75 KgCO₂/m², y los elementos de madera reflejan valores negativos de hasta -53 KgCO₂/m².²⁸

La madera tiene muchas ventajas entorno a los procesos de producción que ocasionan afecciones al ambiente. Desde la extracción de la materia prima de la fuente natural, hasta completar el material o elemento y tenerlo listo para sus uso. (33)

Table 13.8 Environmental profiles of structural materials

Material	Compressive strength (kp/cm ²)	Tensile strength (kp/cm ²)	Loss factor (%)	Quantity needed (kg/m ² / 50 years)	Global warming potential GWP (kg CO ₂ -equ./ m ² 50 years)	Environmental evaluations						
						Effects on resources		Effects of pollution		Environmental potential		Environmental profile
						Materials	Energy	Production and use	As waste	Recycling	Local production	
Horizontal structures												
Steel beams, recycled	5400	5400	5	40	42	3	2	2	3	✓	2	
Aluminium beams, 85% recycled	4300	4300	5	15	49	3	3	3	3		3	
In situ concrete, reinforced	150-700	7.5-35	15	460	73	2	3	2	2	✓	2	
Precast concrete elements	150-700	7.5-35	7	405	66	2	2	2	2	✓	✓	2
Aerated concrete elements	30	4-5	7	135	34	2	3	2	2	✓	2	
Light aggregate concrete elements	30	4-5	7	200	62	2	3	3	2	✓	3	
Wood beams, untreated	450-550	900-1040	15	47	-21	1	1	1	1	✓	✓	1
Wood beams, laminated	470	1040	7	37	-2	1	1	2	2		2	
Massive wood elements, untreated	450	900	7	110	-53	1	2	1	1	✓	✓	1
Vertical structures												
Steel studwork,	5400	5400	5	30	31	3	2	2	3	✓	2	

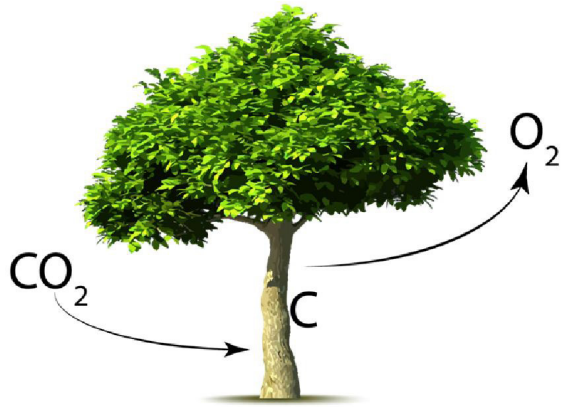
Table 13.8 (Continued)

Material	Compressive strength (kp/cm ²)	Tensile strength (kp/cm ²)	Loss factor (%)	Quantity needed (kg/m ² / 50 years)	Global warming potential GWP (kg CO ₂ -equ./ m ² 50 years)	Environmental evaluations						
						Effects on resources		Effects of pollution		Environmental potential		Environmental profile
						Materials	Energy	Production and use	As waste	Recycling	Local production	
In situ concrete	150-700	7.5-35	15	400	65	2	2	2	2		✓	2
Precast concrete elements	150-700	7.5-35	7	275	45	2	2	2	2	✓	✓	2
Aerated concrete blockwork	30	4-5	10	180	42	2	2	2	2		2	
Light aggregate concrete blockwork	30	4-5	10	240	75	2	3	3	2		3	
Lime sandstone	150-350	7.5-17.5	11	240	36	2	2	2	2		2	
Granite, sandstone, gneiss	200-2000	100-320	6	525	5	2	2	2	1	✓	✓	1
Gabbro, syenite, limestone	200-5000	160-315	6	525	5	2	2	1	1	✓	✓	1
Earth, compressed	40	6	2	820	16	1	2	1	1	✓	✓	1
Well-fired bricks, massive	325	33	10	460	87	2	3	3	2	✓	✓	2
Well-fired bricks, perforated	325	33	10	410	78	2	3	3	2	✓	✓	2
Wood studwork, untreated	450-550	900-1040	15	10	-5	1	1	1	1	✓	✓	1
Massive wood.	450	900	7	90	-44	1	2	1	1	✓	✓	1

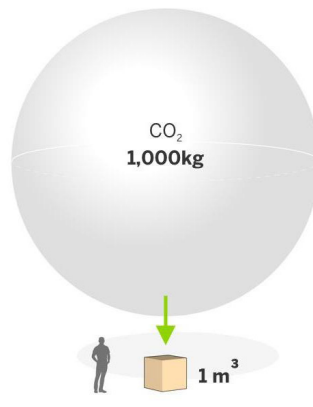
34. Contaminación de sistemas constructivos con proyección de uso de 50 años. Fuente: BERGE, The Ecology Building Materials

27. BERGE, The Ecology Building Materials, 19.

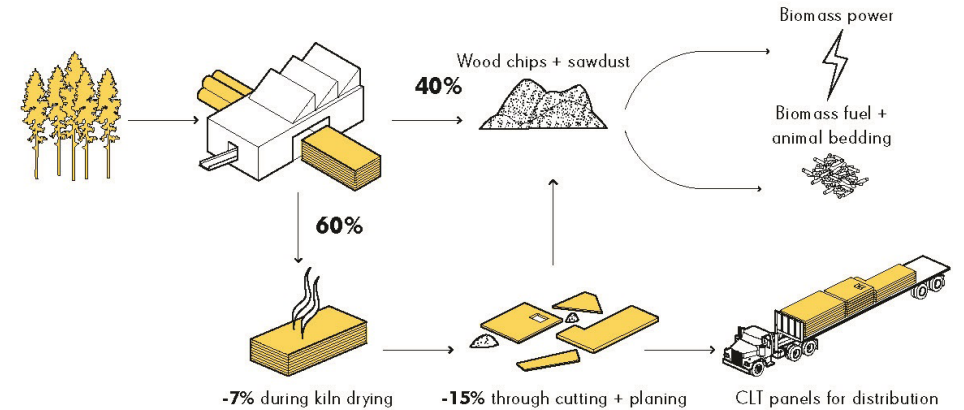
28. BERGE, 234-36.



35. Proceso de absorción de CO₂ de los árboles



36. Carbono contenido en 1m³ de madera



37. Producción de tableros de madera

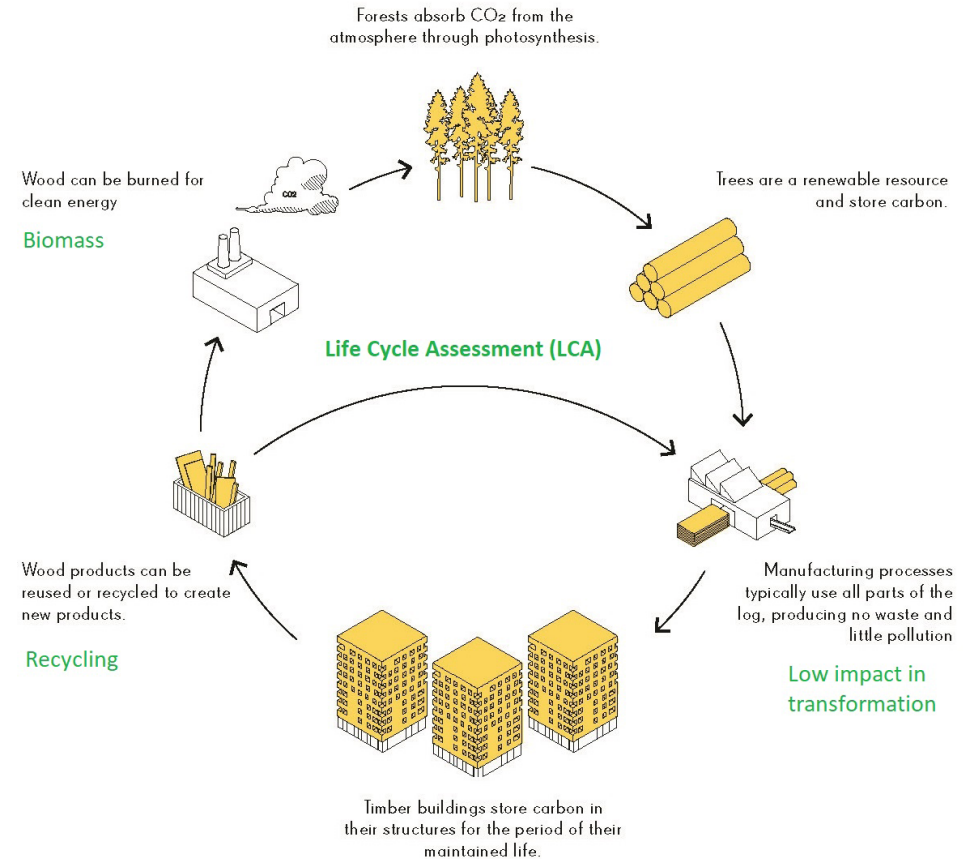
La principal característica de la madera es que al ser un elemento orgánico necesita de alimento para crecer, y este alimento es el CO₂ del ambiente. La madera absorbe CO₂, retiene carbono y elimina oxígeno puro entre otros componentes del suelo. La cantidad de CO₂ que absorbe depende de muchos factores y del tipo de madera, pero la mayoría de maderas utilizadas en la construcción retienen en promedio 1 tonelada de CO₂ por cada metro cúbico de madera.²⁹ (34-36)

Dentro de la industria de producción de los elementos, la madera otorga una reciclabilidad entorno al 100%; con lo cual, se minimizan los residuos y se garantiza su aprovechamiento al máximo. (37) Analizando el ciclo de vida de la madera como material de construcción vemos que tiene ventaja sobre el hormigón y el acero. Su cosecha y extracción al igual que los procesos de manufactura no generan desperdicios y ocasionan baja contaminación. Después de su uso la madera es totalmente reciclable utilizable y finalmente se la puede emplear como biomasa generando combustible. (38)

VENTAJAS CONSTRUCTIVAS

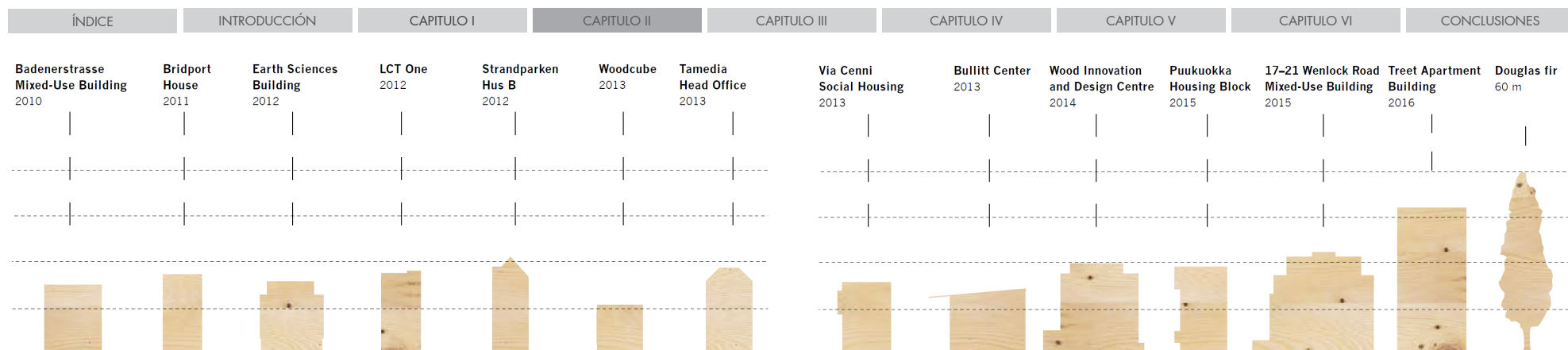
Las técnicas y tecnológicas de la nueva era industrial han permitido que se desarrollen nuevos productos masivos en madera, como la madera laminada encolada (Glulam) o los paneles de madera contralaminada encolada CLT, entre

29. Green and Taggart, "FRAME SYSTEMS," 18.



38. Ciclo de vida de la madera como material de construcción



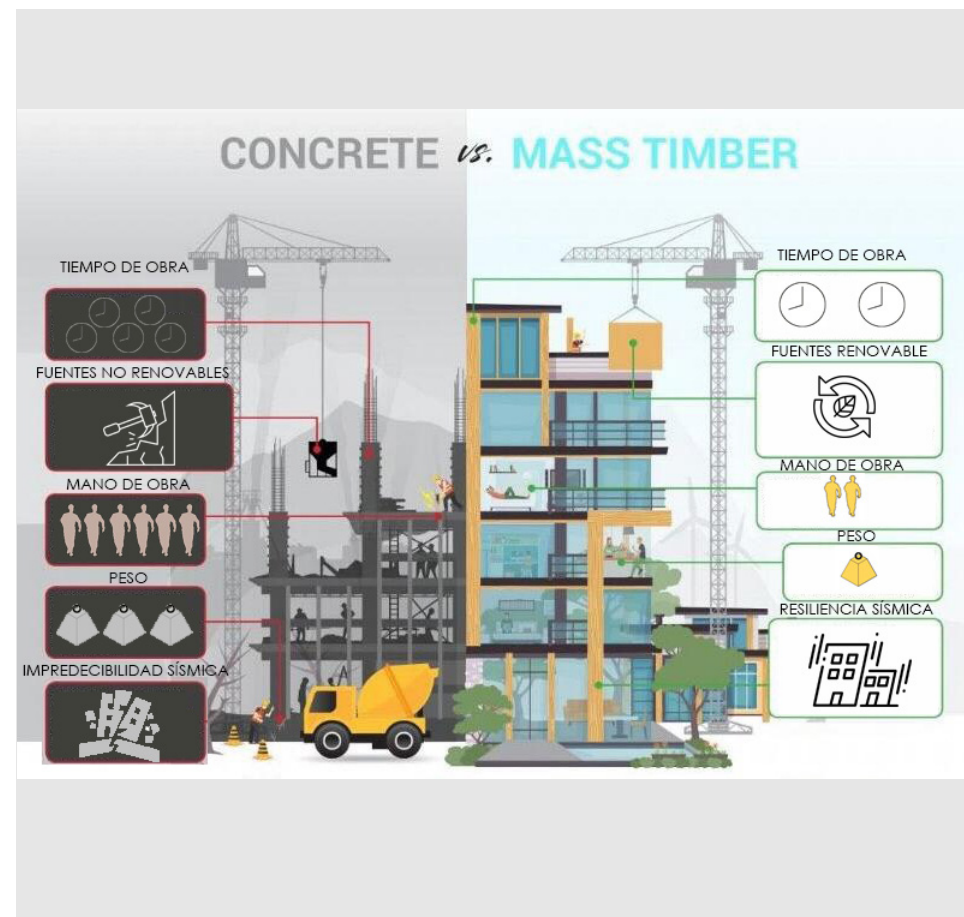


39. Panorama mundial de edificaciones de madera en altura.

40 otros. Con esto se han dado enfoques nuevos a la construcción con madera que han permitido levantar estructuras que pueden superar los 30 pisos, acabando con el imaginario de que la madera no es resistente y no se puede construir en altura. (39)

Además del beneficio medioambiental, la madera como materia prima permite dar paso a los procesos de construcción prefabricada. Con lo cual se construyen los elementos del sistema en el taller y únicamente se los ensambla in situ. Este método de construcción ofrece varias ventajas como: eficacia de tiempo de puesta en obra, construcción limpia en seco que evita el consumo de agua, menos cantidad de mano de obra, menor contaminación ambiental, sonora y visual en el sitio. Además, la madera tiene otras cualidades como la resistencia frente al fuego en elementos estructurales. Al quemarse la madera produce una capa de carbón que sirve como aislante a la zona interior, esto hace predecible el tiempo de carbonización y su resistencia, situación que no sucede por ejemplo con el metal cuyo comportamiento es impredecible. Por otro lado, las estructuras en madera se comportan de una manera elástica frente a sismos lo que le otorga una cualidad de resiliencia sísmica. En el sismo se hace visualmente evidente cuando podría fracasar la estructura, a diferencia del hormigón que no da mayores indicios de fallo. (40)

Los sistemas y métodos actuales han permitido crear múltiples productos estructurales antes no imaginados, mencionando quizás los más destacados tenemos: El Glulam permite crear vigas de distintas formas y que salvan grandes luces; el



40. Contaminación en la construcción con madera y hormigón. Elaboración propia.



41 y 42. Estructura de madera laminada encolada del edificio "Tamedia Center" en Zurich - Suiza.

CLT posibilita crear paneles portantes para paredes y forjados de edificaciones en altura y el laminated veneer lumber (LVL) admite grandes estructuras de gran rigidez con elementos de pequeño espesor. (43-48)

El uso de la fabricación digital -fabricación por medio de máquinas de control numérico- ha permitido producir piezas, elementos y proyectos únicos en periodos de tiempo y con economía de recursos impensados hasta hace pocos años. Por ejemplo, tenemos al proyecto de las oficinas Tamedia en Suiza de Shigueru Ban (2003); este proyecto inspirado en las conexiones japonesas tradicionales tiene un diseño particular de uniones y nudos de manera que prescinde de elemento metálico alguno y conforma un sistema único. (41,42)

Aunque estos nuevos enfoques están concentrados principalmente en Europa y América del norte, sus aplicaciones e implicaciones se están generalizando a nivel global. Este cambio de paradigma constructivo solo se puede lograr por una parte, con un verdadero y contundente cambio de conciencia sobre la afección al medio ambiente desde la políticas públicas de los gobiernos que incentiven y potencien la industria maderera; y por otra parte, se tiene que ir cambiando ese ideal social que asocia a la madera con pobreza o con estructuras de poca resistencia.



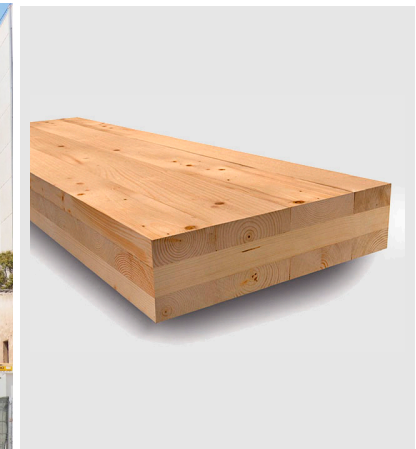
43. Estructura de glulam en "Star mountain plaza". Papua - Nueva Guinea



44. Composición de la madera laminada encolada



45 Estructura de CLT del proyecto "La Borda". Barcelona - España.



46. Composición del Cross Laminated Timber (CLT)



47. Estructura de LVL en las "Setas de Sevilla". Sevilla - España.



48. Composición de la madera micro laminada (LVL)

2.3 LA INDUSTRIA MADERERA EN ECUADOR

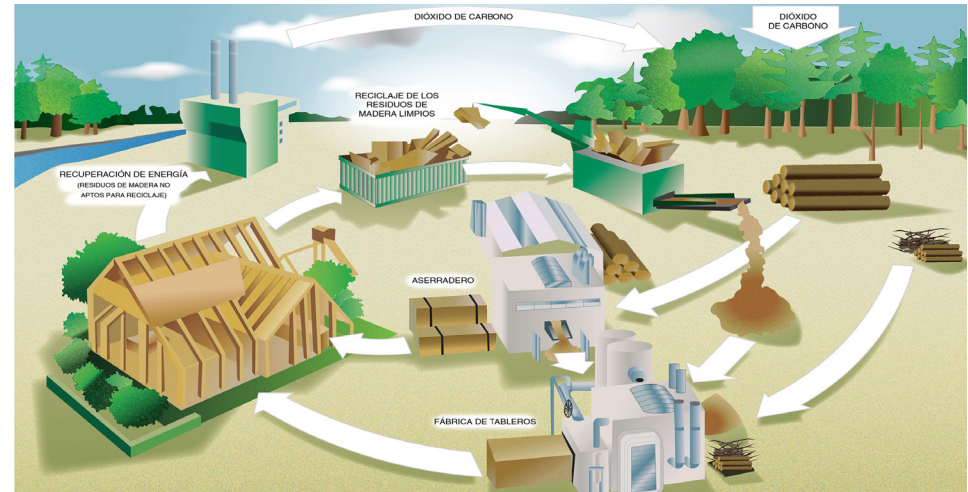
42 CONTEXTO MUNDIAL

Según la Organización de la Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) en el , la superficie forestal mundial se redujo en 129 millones de hectáreas, es decir un 3.1 %, en el período entre 1990-2015, hasta quedar por debajo de los 4.000 millones de hectáreas.³⁰

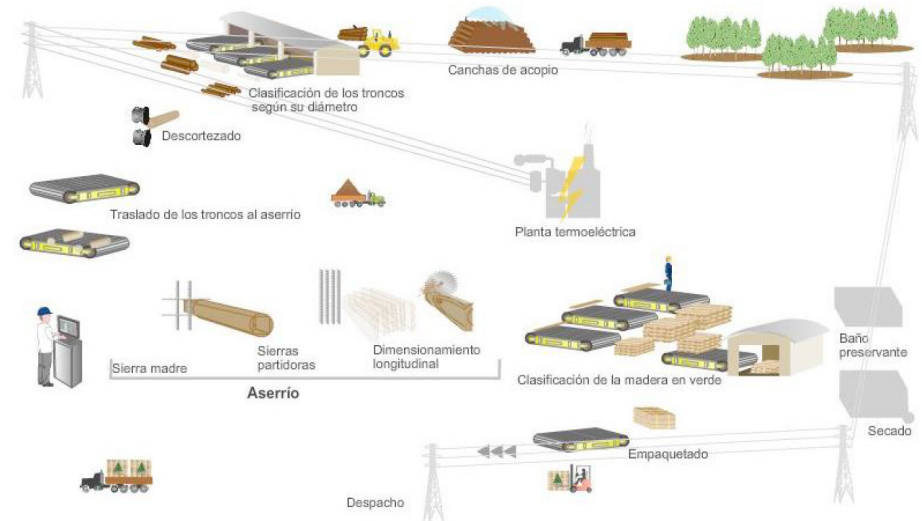
Los bosques ofrecen empleo, alimentos y diferentes bienes y servicios. Mas de 1.600 millones de personas dependen de los bosques para subsistir. Debido a los deficientes políticas forestales de los gobiernos, sumado a la pobreza y a las limitadas oportunidades del mercado, es que los recursos en gran medida se utilizan de manera insostenible, llevando a la deforestación y degradación forestal.³¹

La industria primaria de la madera comprende los procesos desde la extracción del bosque, pasando por el descortezado y clasificación de los troncos, aserrado en piezas de escuadra, secado, un posible tratamiento preservante y finalmente la distribución a los aserraderos. (49,50)

La producción mundial de madera aserrada del año 2016 alcanzó los 467.6 millones de metros cúbicos, siendo los principales productores Estados Unidos, China, Canada y Rusia. Actualmente en torno a la prefabricación se comercializan diferentes tipos de tableros cuya demanda a nivel mundial crece de forma acelerada. El gráfico (52) muestra la tabla con los principales productores de



49. Ciclo de Vida de la madera utilizada como material en la construcción



50. Industria primaria de la madera

30. FAO. 2016. El Estado de los bosques del mundo 2016. Los bosques y la agricultura: desafíos y oportunidades en relación con el uso de la tierra. Roma, 10.

31. OIMT. 2017. Programa sobre el manejo de bosques comunales y empresas forestales comunitarias (cfme).,3



51. Representación de las piezas obtenidas tras el aserrado del tronco del árbol

los diferentes productos a 2016 según la FAO.

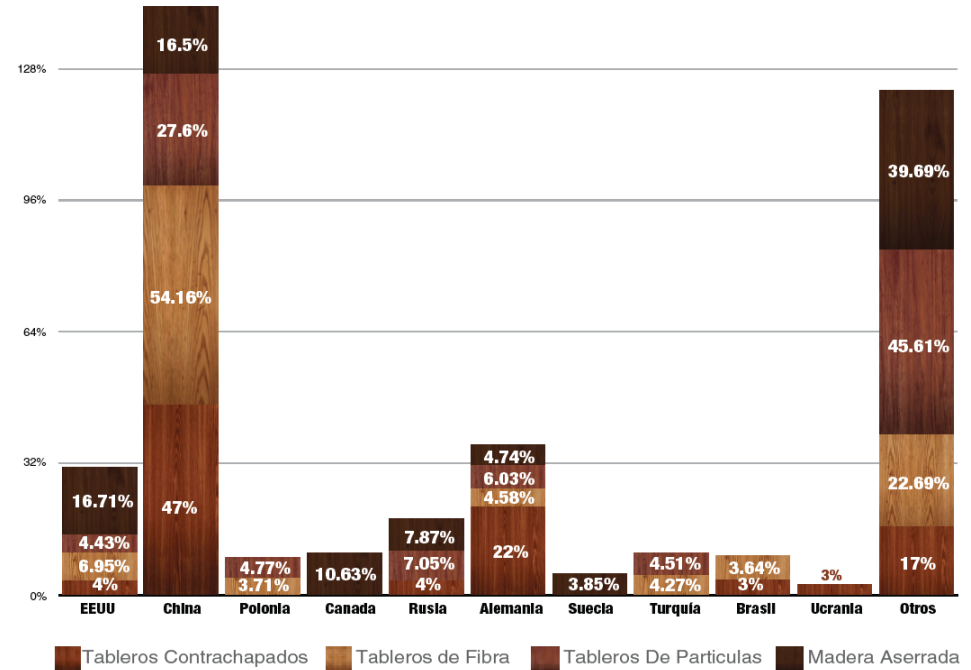
Respecto al mundo de los tableros, estos se podrían clasificar en 5 grandes grupos: Tableros de madera maciza, tableros aglomerados, tableros contrachapados, tableros microlaminados y tablero especiales. En la tabla de la imagen (53) se ha tratado de identificar algunos de los productos existentes más utilizados en el mercado mundial.

Certificación FSC:

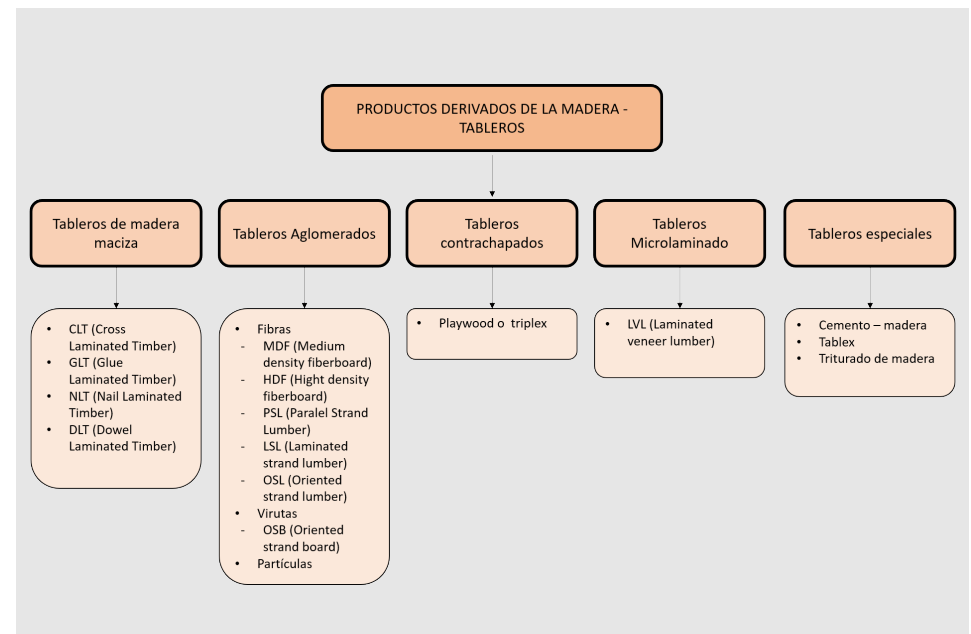
El Forest Stewardship Council (FSC) es una organización internacional no gubernamental de miembros no lucrativa que maneja, norma y regula la gestión adecuada desde el punto de vista medio ambiental de los bosques a nivel mundial. Esta organización tiene sede en Alemania y nació en 1992 tras la ausencia de algún acuerdo internacional que detenga la deforestación masiva, que promueve el manejo ambientalmente adecuado, socialmente beneficioso y económicamente viable de los bosques del mundo.³²

La obtención de esta certificación se realiza de manera voluntaria mediante una tercera parte independiente llamada entidad certificadora. Una vez que se verifique el cumplimiento de ciertos ámbitos necesarios a través de una auditoría a la empresa interesada, ésta obtiene el certificado FSC, mediante el cual ga-

32. "Forest Stewardship Council."



52. Principales productores de madera en el mundo



53. Cuadro de productos derivados de la madera. Elaboración propia. Fuente: Clase de maderas, Joaquín Montón, MBArch - ETSAB, 2020.



54a. Logo de la certificación FSC

44 garantiza al consumidor que el producto cumple con los estándares internacionales de un adecuado y responsable manejo ambiental, social y económico de los bosques del cual proviene su producto. (52)

Tipos de certificados y etiquetas FSC:

El FSC emite tres tipos de certificados (54) que están relacionados con las diferentes etapas de producción – distribución de la madera, tal y como menciona FSC España.

- *La certificación de la Gestión Forestal: se concede a gestores o propietarios de bosques cuyas prácticas de gestión cumplen los requisitos de los Principios y Criterios del FSC.*
- *La certificación de Cadena de Custodia: se aplica a fabricantes, rematantes y distribuidores de productos forestales certificados FSC. Este tipo de certificación verifica que los productos que se venden con etiqueta FSC realmente contienen materiales certificados FSC y fuentes controladas a lo largo de su cadena de producción.*
- *La Madera Controlada: se ha definido para evitar que las empresas u organizaciones incluyan en sus materiales fuentes de madera que no se pueden aceptar. La Madera Controlada FSC solo puede mezclarse con madera cer-*



54b. Tipos de etiquetas de certificación FSC.

tificada FSC en productos etiquetados como FSC Fuentes Mixtas. ³³

Según FSC internacional ³⁴, se emiten tres tipos de etiquetas:

- *FSC 100%: La etiqueta FSC 100% significa que la madera que contiene el producto proviene totalmente de bosques certificados FSC bien manejados*
- *FSC Reciclado: La etiqueta FSC Reciclado significa que toda la madera o el papel del producto proviene de material recuperado o reutilizado.*
- *FSC Mixto: La etiqueta FSC Mixto significa que la madera que contiene el producto proviene de bosques certificados FSC, material reciclado o madera controlada. Aunque no tiene la certificación FSC, la madera controlada no puede haberse aprovechado:*
 - *ilegalmente;*
 - *en violación a los derechos tradicionales y civiles;*
 - *en bosques donde los altos valores de conservación están amenazados;*
 - *en bosques que se están convirtiendo a plantaciones o a otros usos;*
 - *en bosques donde están plantados árboles genéticamente modificados;*

33. FSC España, "Tipos de Certificados FSC."

34. "Etiquetas FSC | Forest Stewardship Council."

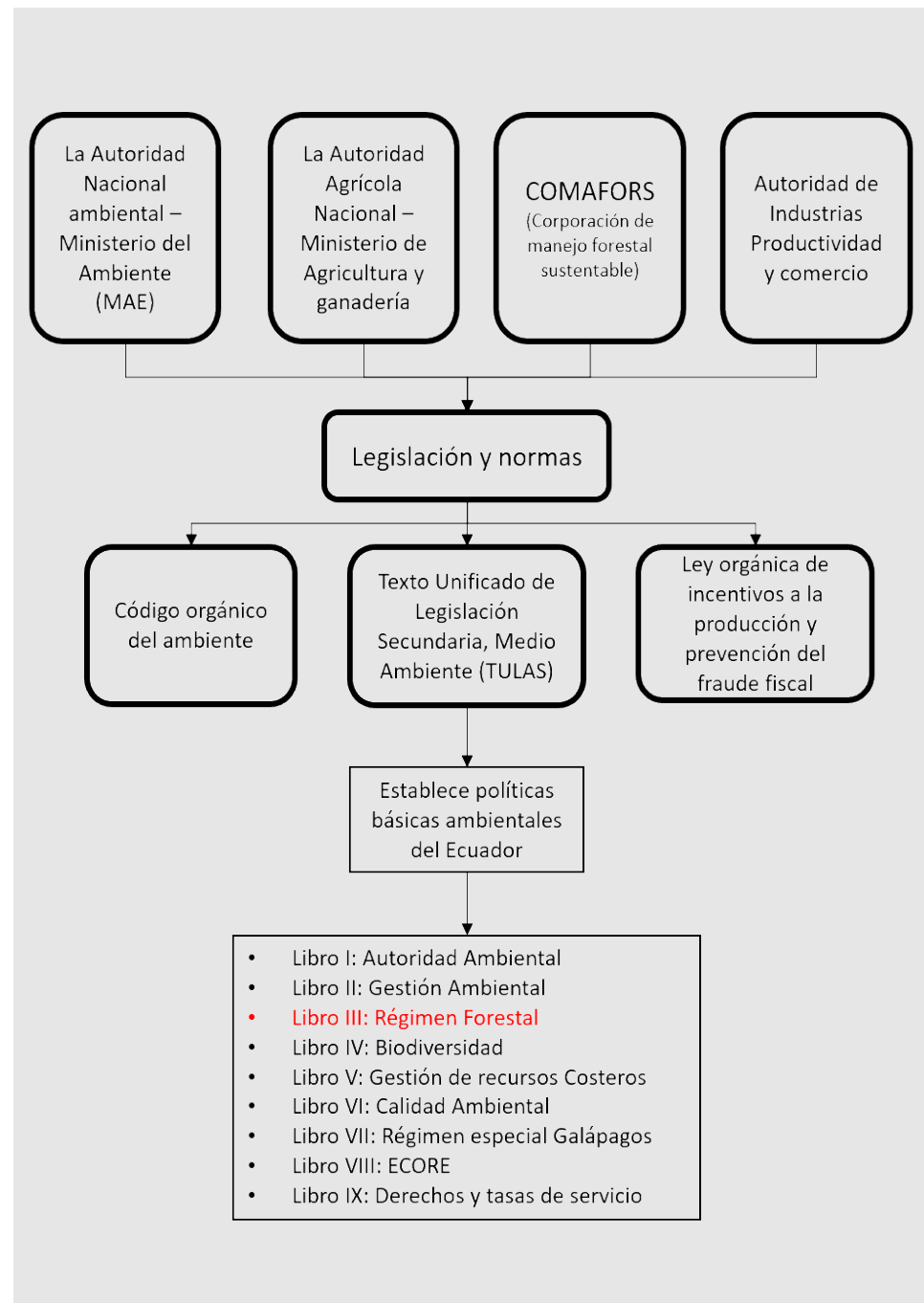
LEGISLACIÓN VIGENTE Y ENTES RECTORES EN ECUADOR

Actualmente los organismos rectores y la legislación vigente en materia de manejo y gestión forestal en el Ecuador está establecida de acuerdo a la tabla de la imagen (55). Los organismos rectores son: el Ministerio del Ambiente, Ministerio de Agricultura y Ganadería y la Autoridad de Industrias y Comercio por parte del estado y como entidad autónoma la Corporación de Manejo Forestal Sustentable (COMAFORS). Las organizaciones del sector forestal productivo del Ecuador han unido fuerzas bajo el ideal de convertir al país en una potencia forestal. Con este objetivo han establecido el programa "Ecuador Forestal"³⁵ que se lo maneja en conjunto con las respectivas entidades gubernamentales.

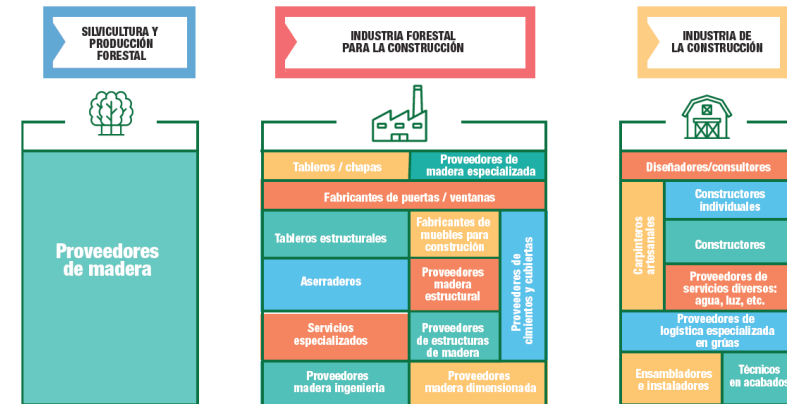
Organismos no gubernamentales sin fines de lucro que gestionan temas relacionados con el desarrollo forestal sustentable:

- **COMAFORS:** La Corporación de Manejo Forestal Sustentable, es una organización no gubernamental sin fines de lucro, constituida bajo la ley ecuatoriana, con el objeto de trabajar en instrumentos de gestión ambiental relacionados con el desarrollo forestal sustentable. COMAFORS es una iniciativa de 7 empresas madereras privadas ecuatorianas, que son usuarias primarias del bosque para la industrialización de madera contrachapada y aglomerada; como un esfuerzo conjunto del Sector Industrial Maderero

35. "Fundación Red Forestal – Ecuador."



55. Cuadro de la Estructura del manejo forestal en Ecuador. Elaboración propia. Fuente: Ecuador Forestal



56. Sectorización de la Industria

46 para contribuir con los procesos de manejo forestal sustentable en el país y revertir el proceso de deterioro ambiental de los recursos naturales.³⁶

- **AIMA:** AIMA es una entidad gremial, nacional, privada, sin fines de lucro que fue creada en 1976, con el objetivo de promover el desarrollo del sector forestal, a través del manejo sustentable de los recursos del bosque, incentivar la reforestación e impulsar el crecimiento y competitividad de la industria maderera.³⁷
- **RED Forestal:** La Fundación Red Forestal es una organización sin fines de lucro de reforestación sostenible e inclusiva con base en Ecuador, la cual hace uso de las nuevas tecnologías de comunicación, para conservar la biodiversidad, fomentar los servicios ecosistémicos y mitigar el cambio climático.^{xx}
- **PROMADERA:** es una plataforma virtual que entrega información actualizada a diseñadores, constructores y público en general, para que estos puedan combinar materiales tradicionales con madera. Ofrece información técnica acerca de los novedosos sistemas de construcción con este noble material que ofrece infinidad de utilidades.³⁸

SECTORIZACIÓN DE LA INDUSTRIA

En el Ecuador la industria primaria realiza el primer tratamiento de la madera después de haberla extraído directamente del bosque. Esta industria está con-

formada por: aserraderos, fabricas de contrachapado (tableristas), fábricas de aglomerados (tableros de partículas) y MDF y fábricas de Astillas. (56) Según “Capítulo XIII: D e las industrias forestales”, las industrias se clasifican de la siguiente manera:

De acuerdo a la clase de materia prima utilizada, las industrias forestales se clasifican en:

- Industrias de la madera, que transforman materia prima leñosa;
- Industrias procesadoras de materia prima diferente de la madera proveniente del bosque; y,
- Industrias de la vida silvestre, que utilizan como materia prima especímenes o elementos constitutivos de la flora y la fauna silvestres.

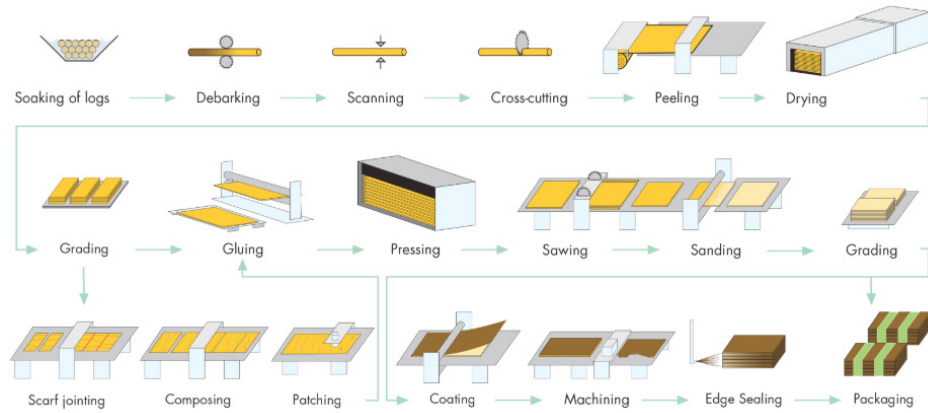
De acuerdo al producto resultante, las industrias forestales se clasifican en:

- Primarias o de primer procesamiento, cuyos productos son susceptibles de posterior transformación; y,
- Secundarias, cuyos productos permiten la incorporación de un mayor valor agregado, hasta llegar a un producto final.

36. “COMAFORS - Corporación de Manejo Forestal Sustentable.”

37. “AIMA – Asociación Ecuatoriana de Industriales de La Madera.”

38. “Fundación Red Forestal – Ecuador.”



57. Esquema del procesamiento primario de tableros de madera

Industria primaria:

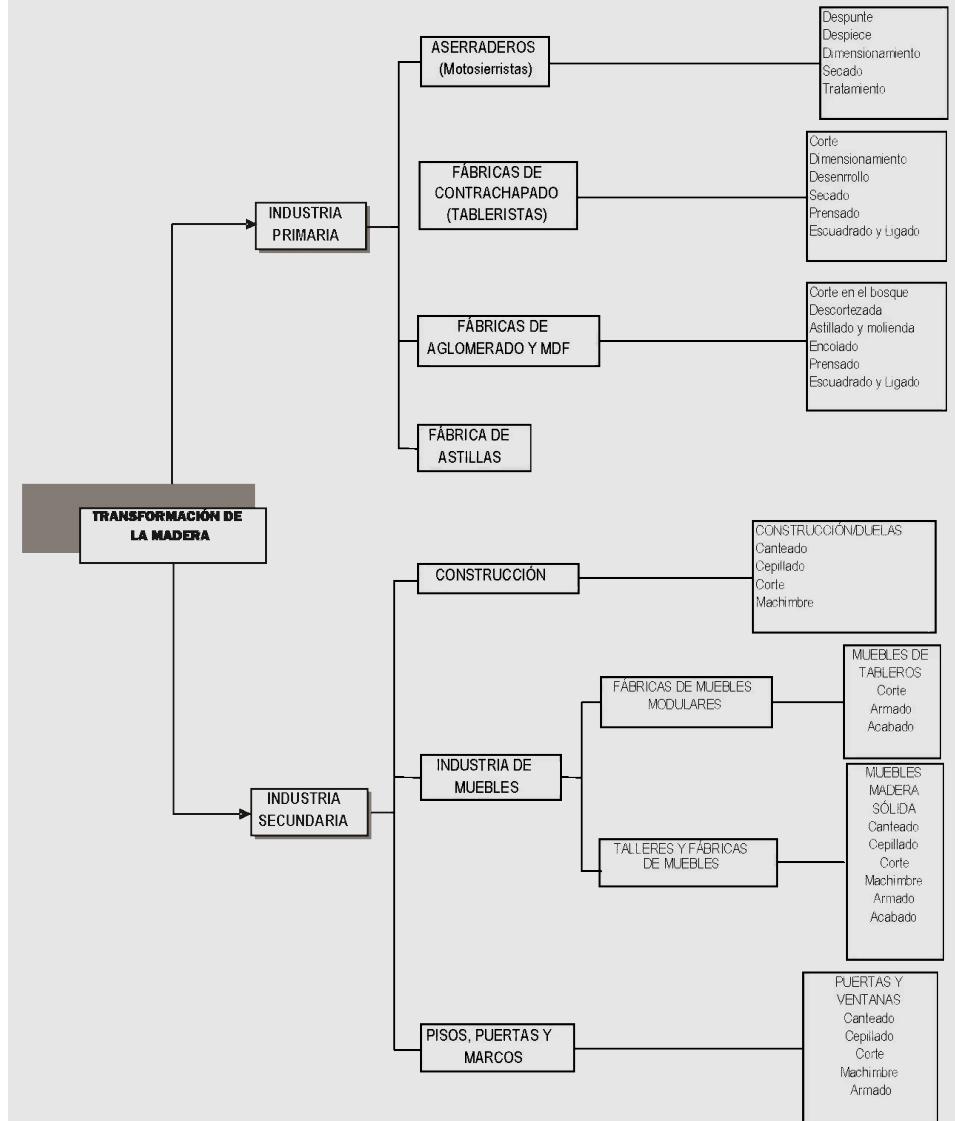
Esta industria como muestra el gráfico (58), se subdivide en 4 tipos de sub industrias, de las cuales este trabajo hará referencia únicamente a la industria de chapas y Tableros.

Industria de Chapas y Tableros:

En el Ecuador estas industrias poseen alta tecnología elaborando productos como el trípex y los tableros aglomerados. Estos productos son de alta calidad por lo que son vendidos tanto en el mercado nacional como el internacional. La industria de los tableros aglomerados utiliza una buena parte de los residuos de las industrias que se dedican a los tableros contrachapados y aserraderos ³⁹. Se considera que la industria tiene pocos problemas técnicos, puesto que tienen un rendimiento de la madera, en aproximadamente 50% y los desechos son aprovechados de forma óptima y adecuada. El control de calidad del producto terminado es riguroso, especialmente en el producto para exportación ⁴⁰. La industria de tableros está representada por 3 segmentos con una clara diferenciación de productos:

39. Ricardo et al., "ACTUALIZACION DEL CENSO DE LAS INDUSTRIAS MADERERAS EN LAS ZONAS URBANAS DE LA PROVINCIA DEL CARCHI Y SU GEOREFERENCIACION."
 40. "ITTO | The International Tropical Timber Organization."

INDUSTRIA MADERERA ECUATORIANA Y SUS PROCESOS



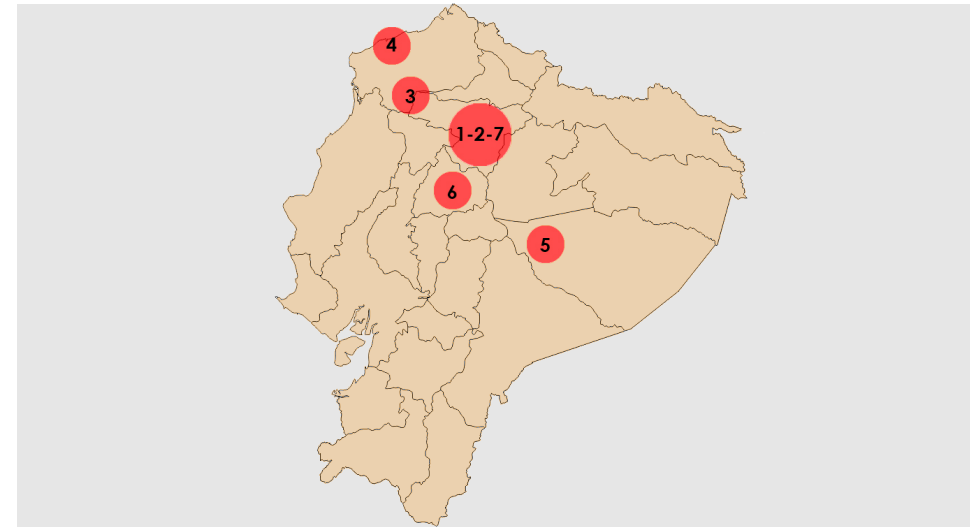
58. Cuadro de la industria de procesamiento de la madera en Ecuador. Fuente: Ecuador Forestal

- 48
- 1).- Chapas, tableros contrachapados y listonados;
 - 2).- Tableros aglomerados y
 - 3).- Tableros de fibras.

PRINCIPALES INDUSTRIAS DE TABLERISTAS:

Según el Sistema Forestal Ecuatoriano ⁴¹ : estas industrias datan del año 1.972 y existen en el país 7 plantas industriales de este segmento (59):

- ENDESA y PLYWOOD ECUATORIANA (1-2): Localizadas en Quito, las mismas que en su mayoría se abastecen de materia prima propia y un restante de terceros, proveniente de Esmeraldas y las provincias del centro y norte de la Amazonía.
- CODESA (4): Del grupo maderero internacional Pelikano, ubicada en la ciudad de Esmeraldas, se abastece en su mayoría de materia prima propia y de terceros.
- BOTROSA (3): Localizada en el cantón Quinindé – Esmeraldas, se abastece de madera propia y de terceros, proveniente primordialmente de la provincia de Esmeraldas.
- ARBORIENTE (5): Localizada en la ciudad del Puyo, que se abastece de madera de terceros y propia, proveniente principalmente de la Amazonía.
- ACOSA (Aglomerados Cotopaxi S.A) (6): localizada en Lasso- Cotopaxi, que se abastece principalmente de plantaciones de su propiedad y de terceros.
- NOVOPAN (7): del grupo maderero internacional Pelikano, ubicada en la ciu-



59. Ubicación de industria de tableristas en Ecuador. Elaboración Propio.

dad de Quito, que consume materia prima proveniente de plantaciones propias y de terceros. El rendimiento a partir de la materia prima es de aproximadamente el 60%. En la actualidad se opera a un 75% de su capacidad instalada.

INDUSTRIAS CON CERTIFICACIÓN FSC

Según el Grupo nacional de trabajo sobre certificación forestal voluntaria en Ecuador,⁴² las industrias de procesamiento primario para tableros que tienen certificación de Manejo Forestal son:

- ACOSA (Aglomerados Cotopaxi S.A): Producto:

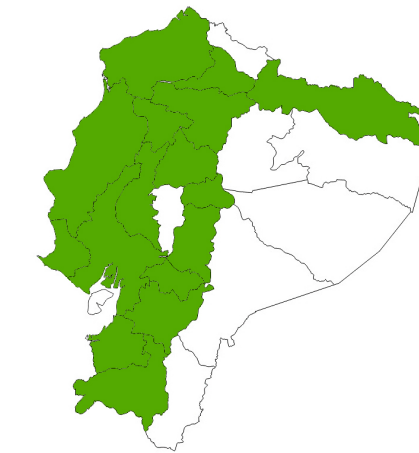
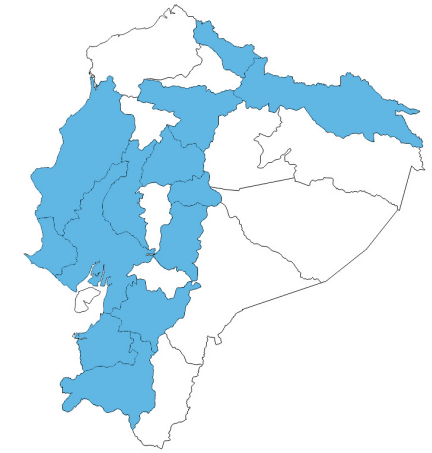
Especie	Tipo de Producto	Nombre comercial	Categoría de Producto	Descripción y Uso
Eucalyptus globulus ssp bicostata; Eucalyptus saligna; Eucalyptus viminalis; Pinus muricata; Pinus patula; Pinus pseudostrobus; Pinus radiata.	W1 Rough wood W1.1 Roundwood (logs)		FSC 100%	

60. Fuente: FSC Ecuador

41. Ecuadorforestal, "Procesamiento Primario."

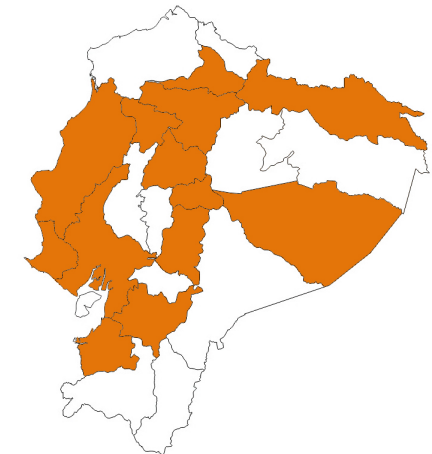
42. CEFOVE, "Empresas Y Productos Certificados Fsc En Ecuador."

PLACACENTRO MASISA



NOVACENTRO

EDIMCA



• Grupo ENDESA Y BOTROSA: Productos:

Especie	Tipo de Producto	Nombre comercial	Categoría de Producto	Descripción y Uso
Carapa guianensis Aubl.; Cedrelinga catenaeformis; Cordia alliodora (Ruiz & Pavon) Oken; Gmelina arborea Roxb.; Hyeronima alchorneoides; Jacaranda copaia (Aubl.) D.Don, Jacaranda spp.; Terminalia ivorensis A. Chev.; Terminalia superba; Virola duckei A.C.Sm.; Virola spp	W1 Rough wood W1.1 Roundwood (logs)		FSC 100%	
Brosimum utile (H.B.K.) Pittier; Calophyllum brasiliense Camb.; Hyeronima alchorneoides; Nectandra lanceolata Nees; Virola spp; Vochysia spp.	W1 Rough wood W1.1 Roundwood (logs)		FSC 100%	

61. Fuente: FSC Ecuador

PRINCIPALES DISTRIBUIDORAS DE CONTRACHAPADO Y OSB

Como se ha visto, actualmente existe en el Ecuador industrias que procesan y producen diferentes tipos de tableros de chapas y aglomerados, pero no existen industrias que produzcan tableros de Virutas orientadas OSB certificados. Sin embargo, existen varias empresas que importan este producto de países como Chile, Brasil, EEUU y México. En la imágene (62) se muestran a las 3 principales distribuidoras y comercializadoras de Madera y tableros en el Ecuador que se encuentran registradas en la Asociación Ecuatoriana de Industriales de la madera (AIMA) y su cobertura a nivel nacional:

62. Cobertura de las principales distribuidoras de tableros en Ecuador . Elaboración propia

2.4 CONSTRUCCIÓN CONVENCIONAL EN MADERA

50 *“En junio de 1974, la comisión de la Junta del Acuerdo de Cartagena (JUNAC) aprobó la Decisión 84 por la cual los países andinos -Bolivia, Perú, Ecuador, Colombia y Venezuela- adoptaron una serie de disposiciones para la definición y adopción de una política subregional de desarrollo tecnológico como elemento importante para coadyuvar al logro del proceso de integración y la satisfacción de las necesidades del desarrollo de los países miembros.”⁴³*

Uno de los instrumentos definidos son los Proyectos Andinos de Desarrollo Tecnológico en el Área de los recursos Forestales Tropicales (PADT-REFORT), con el objetivo de incorporar los bosques tropicales a la economía de nuestros países desde una adecuada base tecnológica que pudiera contribuir a la solución de problemas como el de la vivienda.

En 1984 el PADT-REFORT lanza el primer manual de diseño para maderas tropicales que se edita en el mundo denominado “Manual de Diseño para Maderas del Grupo Andino”, que resume los conocimientos sobre madera tropical en temas de tecnología, ingeniería y construcción.

Este manual en el capítulo 4.3 Sistemas Estructurales, trata los distintos tipos de sistemas estructurales. (63) Desde el tradicional “Poste y Viga” hasta los sistemas de entramado ligero “Global, integral o Ballon Frame” y el “Sistema Plataforma”.⁴⁴

- Poste y viga: Constituido por vigas y columnas que forman pórticos con

espaciamientos de 1.5 m - 4 m, unidos por viguetas con tableros o viguetas con entablado o solo entablado.

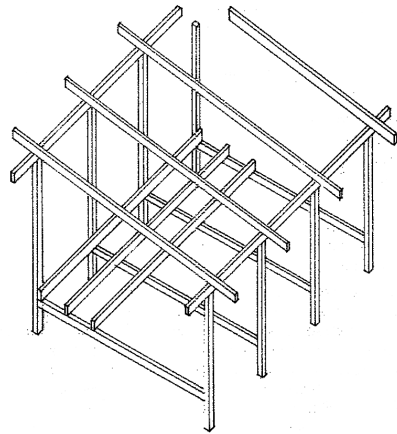
- Sistema Plataforma: Constituido por elementos de sección transversal pequeña y muy esbeltos dispuestos a poca distancia entre si y arriostrados con entablado o con tablero. Se forma volúmenes a manera de cajas que se arriostran entre si, logrando la rigidez del conjunto. El piso se constituye como una plataforma, sobre la cual se colocan los muros de planta baja, que a su vez reciben a la plataforma del piso superior o de la cubierta.
- Sistema Global, Integral o Balloom Frame: La diferencia es que los piederachos de los muros tienen altura de dos pisos, rematando en la soleras superiores de amarre que reciben a la cubierta.

Con esta base técnica estos sistema se han desarrollado en Ecuador y en la región durante varias décadas; por lo cual se los considera sistemas convencionales.

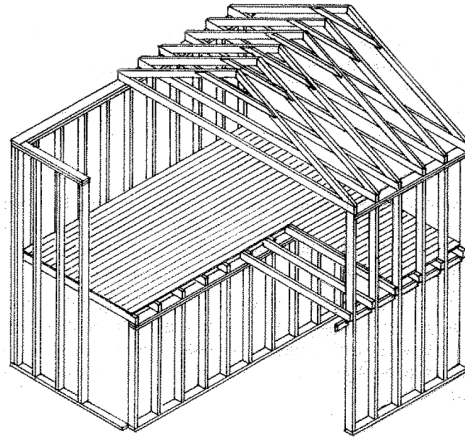
43. Junta del Acuerdo de Cartagena, “Manual de Diseño Para Maderas Del Grupo Andino.,” 8.

44. ídem, 9.

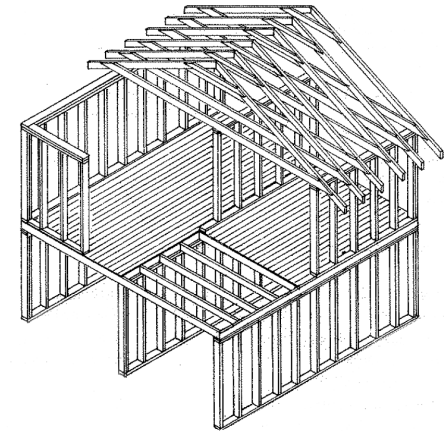
POSTE Y VIGA



SISTEMA BALLOOM FRAME



SISTEMA PLATAFORMA

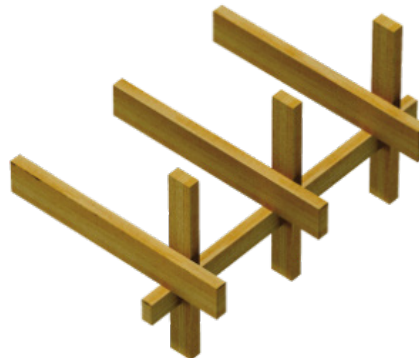


VIGA SOBRE PILAR

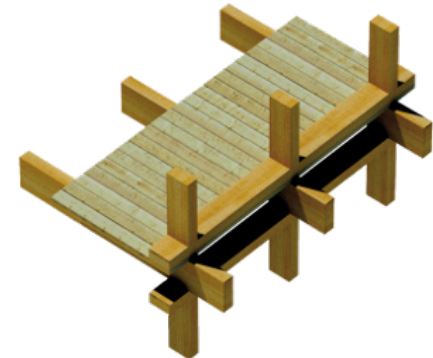
VIGA A TOPE



DETALLE DE ENTREPISO

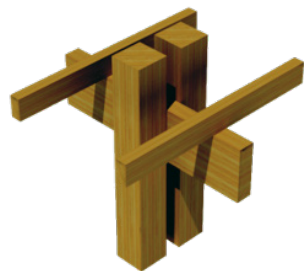


DETALLE DE ENTREPISO

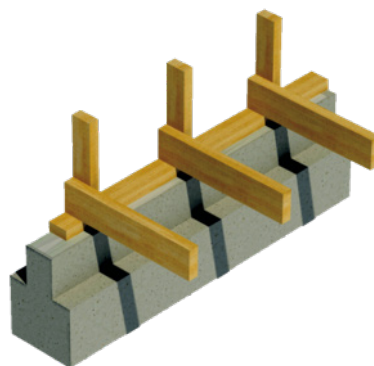


DOBLE PILAR

DOBLE VIGA



DETALLE DE CIMENTACIÓN



DETALLE DE CIMENTACIÓN





CAPÍTULO 3

TABLEROS CONTRACHAPADOS Y DE VIRUTAS ORIENTADAS (OSB)



3.1 NORMATIVA VIGENTE

La Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC) en su documento "ESTRUTURAS DE MADERA" no establece ningún apartado referido a temas de tableros estructurales, a diferencia del Código técnico de la edificación de España, que en su Documento Básico SE-M Seguridad estructural Madera, en el capítulo 4, apartado 4.4 "Tablero estructural" aborda lo referido a los diferentes tipos de tableros.⁴⁵ Además en el anejo E.3 "Tableros" se establecen los valores de las propiedades de resistencia, rigidez y densidad.⁴⁶

En vista de la falta de cuerpo normativo en la NEC, se ha considerado señalar las normativas vigentes de definición y características de tableros emitidas por diferentes organismos internacionales. En primer lugar, se ha considerado a la Organización Internacional de Normalización (ISO) como ente rector de control y gestión de calidad de productos y servicios a nivel internacional. En segundo lugar, a nivel nacional a la Norma Técnica Ecuatoriana (NTE) a través del Instituto Nacional Ecuatoriano de Normalización (INEN). En tercer lugar, como contraste europeo a la Norma Española (UNE). Y finalmente, como contraste regional a la norma chilena (NCh):

45. Código técnico de la edificación, "Documento Básico Seguridad Estructural Madera," 13.

46. ídem, 112.

47. NTE INEN 900, "TABLEROS DE MADERA CONTRACHAPADA. REQUISITOS."

48. Corporación Chilena de la Madera, "Manual Practico-Educativo Sobre La Construcción En Madera," 46.

Norma	Tableros Contrachapados	Tableros de virutas orientadas
ISO	ISO 1096	ISO 16894
Norma Ecuatoriana	NTE INEN 900	-
Norma Española	UNE-EN 789 UNE-EN 1058 UNE-EN 12369-2	UNE-EN 300 UNE-EN 12369-1
Norma Chilena	NCh 724	NCh 760

64. Tabla resumen de normativas aplicadas a tableros derivados de la madera. Elaboración: Propia.

DEFINICIONES

- Tablero contrachapado: Producto constituido por tres o más chapas de madera, unidas con cola y colocadas corrientemente de modo que las fibras de cada una formen ángulo recto con las fibras de la contigua, para lograr una constitución equilibrada.⁴⁷
- Tableros de virutas orientadas (OSB): Los tableros de fibras orientadas (Oriented Strand Board, OSB) son fabricados en base a fibras de madera rectangulares, adheridas con ceras y adhesivos fenólicos. Dispuestas en tres capas orientadas perpendicularmente entre sí, prensadas a alta temperatura y presión, cortadas, selladas en los cantos y embaladas. El uso de resinas fenol formaldehído (resisten-tes al agua) les confiere elevadas características de resistencia física y mecánica."⁴⁸

3.2 CLASIFICACIÓN

54 TABLEROS CONTRACHAPADOS :

La norma NTE-INEN 900:2003 ⁴⁹ Tableros de madera contrachapada requisitos, dictamina las características básicas de producción que deben cumplir los tableros. Esta normativa establece que los tableros contrachapados se clasifican en los siguientes tipos y grados:

Tipo	Característica
Tipo I	Exterior a prueba de agua y para usos marinos, comprende cuatro grados: A, B, C e Industrial
Tipo II	Para uso en interiores comprende cuatro grados: A, B, C e Industrial

Grado	Característica
Grado A	Cara del tablero compuesto por una o más chapas, con ensamble perfecto y uniforme que cumpla con los requisitos para la chapa grado A, descrito en la NTE INEN 2 342
Grado B	Cara del tablero compuesto por una o más chapas, con ensamble perfecto y uniforme que cumpla con los requisitos para la chapa grado B, descrito en la NTE INEN 2 342 y tabla 1.
Grado C	Cara del tablero compuesto por una o más chapas, con ensamble perfecto y uniforme que cumpla con los requisitos para el grado C, descrito en la NTE INEN 2 342 y tabla 1.

65. Tabla de clasificación de tableros contrachapados. Elaboración: Propia. Fuente: NTE-INEN 900:2003

La norma NTE-INEN 2342 ⁵⁰, establece estos requisitos según el grado:

Defecto	Grado			
	A	B	C	INDUSTRIAL
Nudos:				
Firmes	No se aceptan	Se aceptan	Se aceptan	Se aceptan
Suelos	No se aceptan	Se aceptan 3 de 2 mm de largo x 2 mm de ancho	Se aceptan 5 de 2 mm de largo x 2 mm de ancho	Se aceptan
Rajaduras	Se aceptan 2 rajaduras masilladas, en cada chapa de 0,8 mm x 76 mm, en los extremos de la chapa.	Se aceptan 2 rajaduras masilladas, en cada chapa de 1,6 mm x 152 mm, en los extremos de la chapa.	Se aceptan 4 rajaduras, en cada chapa de 3,2 mm x 203 mm, en el extremo de la chapa.	Se aceptan
Bolsas de resina	No se aceptan	Se aceptan 3 de 2 mm de largo x 2 mm de ancho	Se aceptan 5 de 2 mm de largo x 2 mm de ancho	Se aceptan
Daños por insectos:				
Pasador	No se aceptan	Se aceptan 3 masillados de 2 mm de largo x 2 mm de ancho	Se aceptan 5 de 2 mm de largo x 2 mm de ancho	Se aceptan
polilla	No se aceptan	Se aceptan 3 masillados de 2 mm de largo x 2 mm de ancho	Se aceptan 5 de 2 mm de largo x 2 mm de ancho	Se aceptan
Daños por hongos:	No se aceptan	Se aceptan en ambos extremos hasta un 10 % de su longitud.	Se aceptan en ambos extremos hasta un 15 % de su longitud.	Se aceptan
Manchas:				
Azules y grises	No se aceptan	Se aceptan en sus extremos hasta un 10% de su longitud.	Se aceptan en sus extremos hasta un 15% de su longitud.	Se aceptan
Otras manchas:				
Minerales	No se aceptan	Se aceptan el 10% del área de la chapa.	Se acepta el 15% del área de la chapa.	Se aceptan
Por luz y procesamiento:	No se aceptan	Se aceptan	Se aceptan	Se aceptan
Pudrición	No se aceptan	No se aceptan	No se aceptan	No se aceptan
Grano:				
Afpelado	No se aceptan	Se aceptan hasta un 5 % del área.	Se aceptan	Se aceptan
Arrancado	No se aceptan	Se aceptan hasta un 5 % del área masillados.	Se aceptan	Se aceptan
Chapa corrugada	No se aceptan	No se aceptan	Se aceptan	Se aceptan
Ondulaciones	No se aceptan	Se aceptan	Se aceptan	Se aceptan
Rayas	No se aceptan	Se aceptan hasta dos por chapa	Se aceptan	Se aceptan

66. Tabla de requisitos según el grado para contrachapados. Fuente: NTE-INEN 2342

49. INEN, "NTE INEN 900 'TABLEROS DE MADERA CONTRACHAPADA. REQUISITOS,'" 1-3.

50. Instituto Ecuatoriano de Normalización, "NTE INEN 2 342:2003 'TABLEROS DE MADERA CONTRACHAPADA. CHAPAS. REQUISITOS,'" 2.

TABLEROS OSB :

Respecto a los tableros OSB, no existe al momento una norma NTE INEN que determine su clasificación, por lo cual se hará referencia a la norma ISO y a la norma española. Estas normas realizan la clasificación según las condiciones ambientales.

La norma ISO 16894 ⁵¹ establece la siguiente clasificación:

Tipo	Características
OSB GP-REG	General purpose non-load-bearing OSB for interior fitments for use in dry conditions
OSB LB-REG	Load-bearing OSB for use in dry conditions
OSB LB-MR	Load-bearing OSB for use in humid conditions
OSB HLB-MR	Heavy duty load-bearing OSB for use in humid conditions

67. Tabla de clasificación de los tableros de OSB según la norma iso 16894. Elaboración: Propia. Fuente: ISO 16894

La norma española UNE-EN 300 ⁵² realiza la siguiente clasificación:

Tipo	Características
OSB/1	Tableros de virutas orientadas de usos general y aplicaciones de interior (incluyendo mobiliario) en ambiente seco.
OSB/2	Tableros de virutas orientadas estructurales para utilización en ambiente seco
OSB/3	Tableros de virutas orientadas estructurales para utilización en ambiente húmedo
OSB/4	Tableros de virutas orientadas estructurales de alta prestación para utilización en ambiente húmedo

68. Tabla de clasificación de los tableros de OSB según la norma EN 300. Elaboración: Propia. Fuente: UNE-EN 300

51. ISO 16894, "Wood-Based Panles Oriented Strand Board (OSB) Definitions, Classification and Specifications."

52. AENOR, "UNE-EN 300 Tableros de Virutas Orientadas (OSB) Definiciones, Clasificación y Especificaciones," 2.

3.3 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

56 Para efectos de este trabajo por condiciones mecánicas estructurales se ha establecido considerar los datos únicamente de los tableros con espesor de 18mm, y por tanto este espesor de material será el que se manejará para el desarrollo del prototipo.

TABLEROS CONTRACHAPADOS:

En la imagen (70) se presenta un cuadro con los valores de resistencia mecánica de los tableros de contrachapado que se han recabado de dos industrias ecuatorianas, ENDESA⁵³ y ARBORIENTE S.A.⁵⁴, y a manera de contraste a la industria multinacional europea WISAPLAYWOOD.⁵⁵

TABLEROS OSB:

Debido a que actualmente el Ecuador no produce Tableros OSB, se ha orientado la investigación en conocer que empresa productora extranjera regional exporta su producto al Ecuador. En este sentido la empresa multinacional Louisiana Pacific (LP) – Buliding Solutions, es una de las mayores productoras de diferentes tipos de OSB a nivel continental con fábricas en Chile, Brasil, México y EEUU; y con distribución en gran parte del continente. LP Building Solutions produce varios tipos de OSB, en la tabla de la imagen (69) se pueden observar los distintos tipos de tableros.⁵⁶

Se realizó una comparación de esta tipología con los criterios de clasificación

establecidos en las normas; por lo que se ha considerado a los productos LP OSB APA Plus y LP OSB APA Guard equivalentes a OSB/2 y OSB/3. En la imagen (71) se presenta la tabla con los valores de resistencia mecánica y a manera de contraste los valores característicos estipulados en el Documento básico SE-M del Código técnico español⁵⁷ y en la empresa europea SANAE ARAUJO.⁵⁸

LP BUILDING SOLUTIONS - PRODUCTOS	
PRODCUTO	CARACTERÍSTICA
LP OSB APA	Estándar
LP OSB APA Plus	Protección contra termitas y bacterias
LP OSB APA Guard	Protección contra termitas y degradación de hongos
LP OSB APA Protec	Antibacterial
LP TECHSHIELD	Con barrera radiante
LP OSB HWRAP	Con barrera hidrófuga
LP Top Notch 250	Machihembrado
LP Top Notch 250 Plus	Protección contra termitas
LP Top Notch 350 Guard	Protección contra termitas y degradación de hongos

69. Tabla de clasificación de los tableros de OSB de la empresa Building Solutions LP. Elaboración: Propia. Fuente: LP

53 ENDESA-BOTROSA, "FICHA TÉCNICA DE CALIDAD DEL TABLERO - TABLERO CONTRACHAPADO CORRIENTE."

54. ARBORIENTE S.A., "FICHA TÉCNICA - TABLEROS TRIPLEX."

55. WISA PLAYWOOD, "DECLARATION OF PERFORMANCE, UPM PLYWOOD."

56. LP Building Solutions, "LP - CATÁLOGO TÉCNICO TABLEROS OSB CERTIFICADOS APA."

57. Código técnico de la edificación, "Documento Básico Seguridad Estructural Madera," 116.

58. Sonae Arauco, "OSB 3 / ECOBOARD."

CONTRACHAPADO - EMPRESAS			
PROPIEDADES	NACIONAL		INTERNACIONAL
	ENDESA-BOTROSA	ARBORIENTE S.A.	WISA PLAYWOOD
Dimensiones (mm)	1220x2400	1220x2400	1200x1200, 1220x2400, 1250x2440, 1500x2500, 1525x3050
Espesor (mm)	18	18	18
Aplicación	Estructural	Estructural	Estructural
Clasificación	Interior seco	Interior seco	Interior seco
Madera	Latifoliada	-	Conifera
Número de capas	7	-	7
Densidad (Kg/m3)	450-550	-	450-475
Resistencia a la flexión perpendicular (Kg/cm2)	434	549	129,5
Resistencia a la flexión paralela (Kg/cm2)	353	360	206
Resistencia a la compresión perpendicular (Kg/cm2)	279	317	131,5
Resistencia a la compresión paralela (Kg/cm2)	236	214	174,5
Resistencia a la tracción perpendicular (Kg/cm2)	393	-	78,5
Resistencia a la tracción paralela (Kg/cm2)	347	-	105
MOE perpendicular (Kg/cm2)	51069	-	39422
MOE paralela (Kg/cm2)	51538	-	82913
Resistencia a la extracción del tornillo (Kg*mm espesor)	9,8	-	-
Contenido de humedad final (% de peso)	6-12	6-12	8-10
Emisión de formaldeído (ppm)	máx 0.05	-	≤ 5
Referencia web	https://www.endesabotrosa.com/imagenes/productos/FT%20Triplex.pdf	http://www.arboriente.com.ec/ficha.php	https://www.wisaplywood.com/sitesassets/documents/dop/upm027cpr-2020-04-03-en.pdf

OSB - EMPRESAS			
PROPIEDADES	América	España	
	LP - Building Constructions	DB SE-M (CTE)	SONAE ARAUJO
Dimensiones (mm)	1220x2400	-	675X2500 1250X2500
Espesor (mm)	18	18	18
Aplicación	Estructural	Estructural	Estructural
Clasificación	OSB APA Plus, OSB APA Guard	OSB/2, OSB/3	OSB/2, OSB/3
Densidad (Kg/m3)	640	550	590
Resistencia a la flexión perpendicular (Kg/cm2)	52,7	82	82
Resistencia a la flexión paralela (Kg/cm2)	-	164	164
Resistencia a la compresión perpendicular (Kg/cm2)	-	127	127
Resistencia a la compresión paralela (Kg/cm2)	-	154	154
Resistencia a la tracción perpendicular (Kg/cm2)	-	70	70
Resistencia a la tracción paralela (Kg/cm2)	-	94	94
MOE perpendicular (Kg/cm2)	-	-	14000
MOE paralela (Kg/cm2)	-	-	35000
Resistencia a la extracción del tornillo (Kg*mm espesor)	-	-	-
Contenido de humedad final (% de peso)	-	-	-
Emisión de formaldeído (ppm)	-	<0.03	<0.03
Referencia web	https://ipcnie.ci/wp-content/uploads/2017/09/20190925-CATALOGO-APA.pdf	https://www.coatigotecnico.org/images/stories/pdf/seguridadEstructural/Declaracion-OSB.pdf	https://www.sonaearauco.com/es/contenido-technical-osb/osb-3-ecoboard_609.html

70. Tabla de características mecánicas de tableros contrachapados. Elaboración: Propia

71. Tabla de características mecánicas de tableros OSB. Elaboración: Propia

3.4 DURABILIDAD DEL MATERIAL

58 PATOLOGÍAS ATAQUES BIÓTICOS Y ABIÓTICOS:

Los tableros al estar constituidos por madera natural tienden a ser afectados por las mismas patologías que la madera maciza. Su integridad se ve afectada por diferentes factores Bióticos y abióticos que degradan su constitución y por tanto afectan su durabilidad.⁵⁹ De acuerdo al Manual práctico sobre la construcción en madera de Chile, dichas patologías se pueden agrupar de la siguiente manera⁶⁰ (72)

- Ataques Bióticos:

Los agentes biológicos se desarrollan y subsisten en las siguientes condiciones:

- Temperatura para su desarrollo. El intervalo de la temperatura es de 3° a 50°, siendo el óptimo alrededor de los 37 °C.
- Humedad entre el 20 % y el 140 %, para que la madera pueda ser susceptible de ataques de hongos. Por debajo del 20 %, el hongo no puede desarrollarse y por sobre 140 % de humedad, no existe el suficiente oxígeno para que pueda vivir.
- Una fuente de oxígeno suficiente para la subsistencia de los microorganismos.

Según la Norma Ecuatoriana de la construcción – Estructuras de madera:⁶¹

- *Hongos xilófagos*: son aquellos capaces de desintegrar las paredes celulares,

y por lo tanto, sus características físicas, químicas y mecánicas, ocasionando la pudrición de la madera. mohos y hongos cromógenos (atacan la madera con contenido de humedad superior al punto de saturación de las fibras (27 a 32% de CH).

- *Mancha azul*: no genera en sí una pudrición, puesto que no ataca directamente las paredes celulares. Sin embargo, puede ser el inicio de una pudrición verdadera. La mancha azul o azulada como también se la conoce, presupone la presencia de agua o humedad mayor al 24 %.

- Existe gran variedad de insectos xilófagos, que en forma casi exclusiva atacan la madera. Hacen perforaciones, especialmente en la albura, porque el duramen tiene generalmente una resistencia mayor al ataque y a la penetración. Las perforaciones producidas contribuyen a acelerar el proceso de pudrición ocasionado por esta clase de hongos.

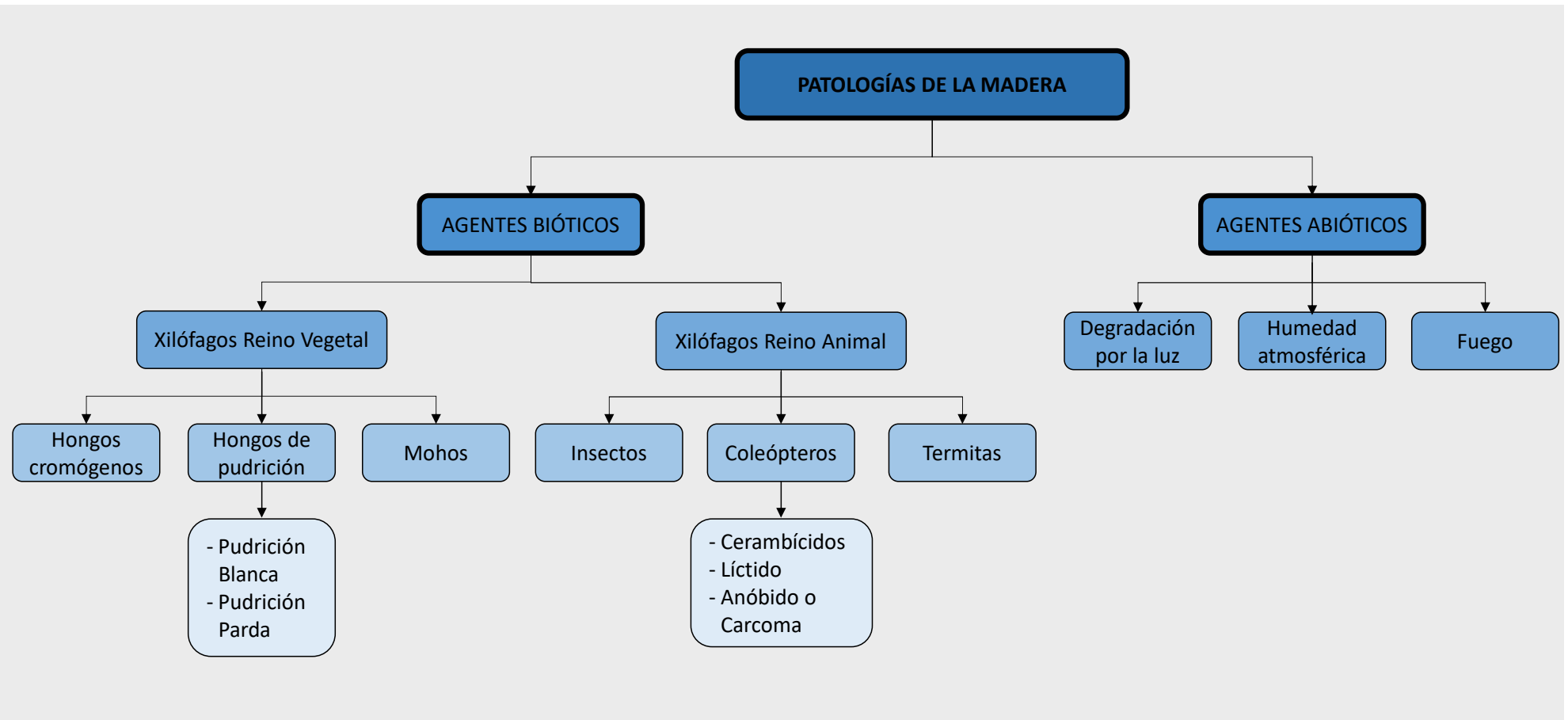
La Junta del Acuerdo de Cartagena en la cartilla para la construcción en madera del grupo andino, identifica 3 tipos de termitas que pueden afectar a la madera de la región:⁶²

59. Corporación Chilena de la Madera, "Manual Practico-Educativo Sobre La Construcción En Madera," 59.

60. Ídem, 60.

61. Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivineda, "NEC-ESTRUCTURAS DE MADERA," 34.

62. Junta del Acuerdo de Cartagena, "Cartilla de Construcción Con Madera," sec. 6.3.



72. Clasificación de las patologías de la madera. Elaboración: Propia. Fuente: Corporación de la madera de Chile - Centro de transferencia tecnológica de la madera - Chile.

60

- *Termitas de madera seca*: Son las más nocivas para la madera en uso. Actúan en toda la subregión desde los cero metros hasta alrededor de los 1500 sobre el nivel del mar. No requieren fuentes de agua cercana. Son alados, por lo que pueden alcanzar la madera en cualquier lugar.

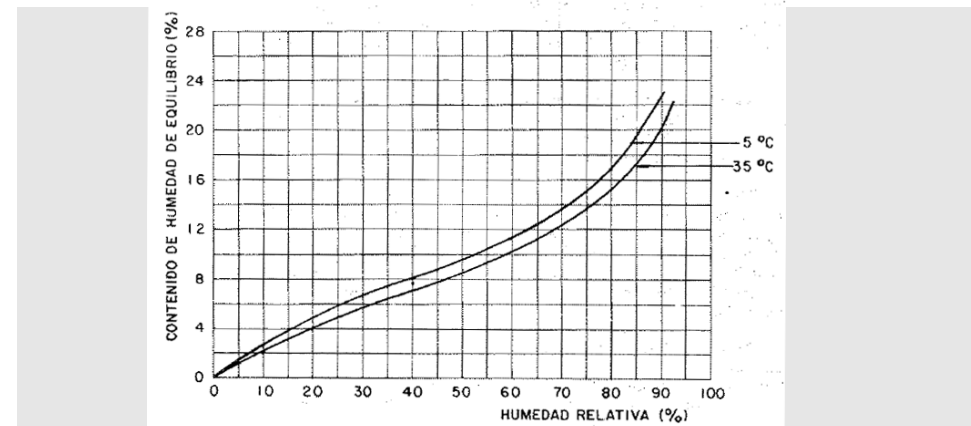
- *Termitas subterráneas*: Actúan en la zona tropical húmeda. Atacan madera verde cercana a fuentes de agua subterránea, a través de delgados túneles que construyen hasta llegar a la madera.

- *Termitas de nido aéreo*: Se encuentran solamente en la zona tropical húmeda. No requieren de una fuente de agua cercana a sus nidos. Atacan partes muertas del árbol, madera de construcción o la que está apilada pero nunca árboles vivos.

- Ataques abióticos:

- *Degradación por la luz*: El espectro ultravioleta de la luz descompone la celulosa de la madera produciendo su degradación. La acción de la luz es lenta y a medida que transcurre el tiempo la degradación no aumenta, dado que los primeros milímetros afectados sirven de protección al resto.

- *Humedad atmosférica*: La humedad atmosférica produce deterioro por los repetidos cambios de dimensiones que se producen en las capas superficiales de las piezas que se encuentran a la intemperie. Cabe recordar que la madera



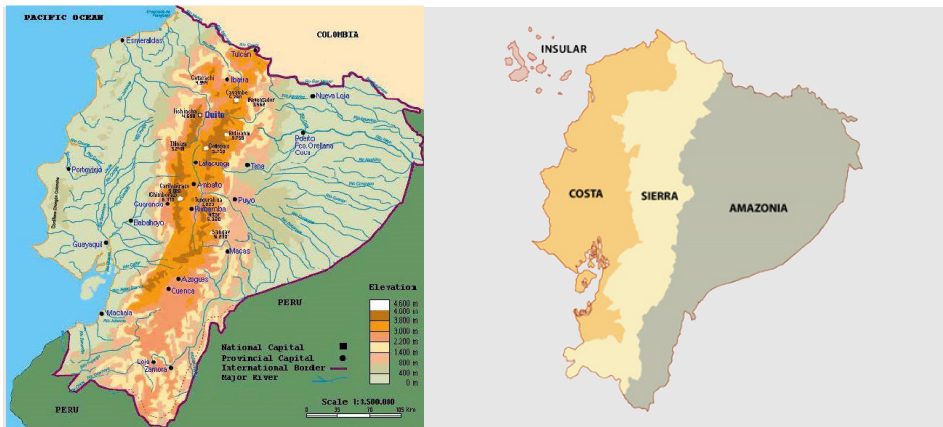
73. Relación de la humedad con el contenido de madera.

es una sustancia higroscópica, influida por los cambios de las condiciones de humedad atmosférica, produciéndose absorción de agua en las superficies que quedan expuestas, hinchándose con clima húmedo y lluvioso y contrayéndose en los períodos de sequía. En todo caso, la penetración de agua por las razones expuestas es relativamente lenta y no se producen cambios en el contenido de humedad o en el volumen de la pieza, siempre que no haya una condición especial, en que el estado de humedad o sequedad se exceda de lo normal.

Se puede concluir que el daño esperado se concentra en las capas externas de la madera, ya que se producen tensiones alternas de compresión y dilatación que se traducen en una desintegración mecánica de las capas superficiales.

Por lo visto, tanto la humedad como la temperatura forman un papel fundamental para que un ambiente se torne propenso a los ataques bióticos. La JUNAC en su Manual de diseño para maderas del grupo andino, establece la gráfica (73) que relaciona el Contenido de humedad de equilibrio de la madera (CHE) con la humedad relativa del ambiente (HR).⁶³ De acuerdo al gráfico y considerando una temperatura de 20°, para alcanzar un CHE de aproximadamente 12%, la HR del ambiente debe ser alrededor del 65%. Un CHE igual o mayor al 20% se alcanzaría desde un 87% de HR en adelante. Por esto es importante analizar los componentes climáticos de la zona donde se va a utilizar la madera.

63. Junta del Acuerdo de Cartagena, "Manual de Diseño Para Maderas Del Grupo Andino.," sec. 2.5.



74. Mapas de las regiones del Ecuador.

CLIMA EN EL ECUADOR:

El Ecuador al estar en una región ecuatorial no presenta las 4 estaciones de una manera marcada, como lo hace los países que se encuentran en los trópicos. Las épocas de calor y frío (verano, invierno) están marcada por las temperaturas de las corrientes del Océano pacífico, las épocas de lluvia, las masas de aire caliente y frío que llegan durante el año, y la altura geográfica de las diferentes zonas que posee. En el Ecuador continental está atravesado de norte a sur por la cordillera de los andes. Este elemento define claramente tres regiones:

- Región Costa: Desde la cordillera de los andes hacia el océano pacífico (oeste)
- Región Sierra: Toda la zona montañosa de la cordillera de los andes
- Región Amazónica: Desde la cordillera de los andes hacia la Amazonía (este)
- Región Insular: Islas Galápagos.

En los mapas de la página 64 se presentan los mapas de los principales fenómenos que afectan directamente al clima en el Ecuador continental. Mapa de precipitación media anual ⁶⁴, mapa de isotermas ⁶⁵, mapa de humedad relativa ⁶⁶ y mapa de las zonas climáticas. ⁶⁷

64. INAMHI, "Mapa de Precipitación Media Multianual 1965-1999."

65. INAMHI, "Mapa de Isotermas Año 2012."

66. Portilla, "Agroclimatología Del Ecuador."

67. MIDUVI, "Eficiencia Energética En Edificaciones Residenciales NEC-HS-EE."

TIPO DE TABLERO APTO SEGÚN ZONA CLIMÁTICA:

61

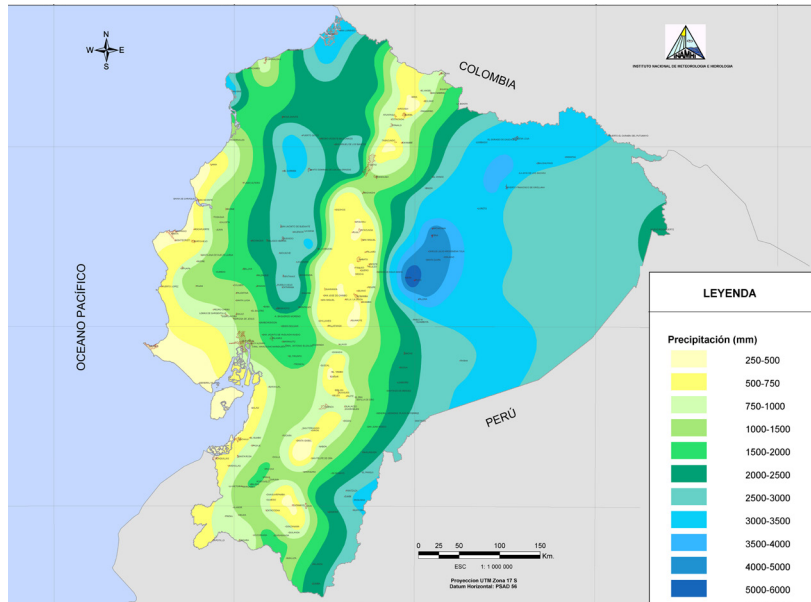
De acuerdo al análisis previo de durabilidad y a las tipologías de los tableros en función de en las zonas climáticas se puede concluir una tipología de tablero apta para cada zona:

- Para las zonas: Muy fría, Fría, Continental templada y Continental lluviosa es aconsejable el uso de tablero contrachapado clase II con tratamiento anti termitas y el tablero OSB/2 u OSB APA plus, ya que la humedad relativa del ambiente no supera el 80% por lo que el contenido de humedad de equilibrio de la madera no supera el 16%, y por lo analizado los hongos no tienen lugar de reproducción, pero si puede presentarse problemas con algunos xilófagos animales.

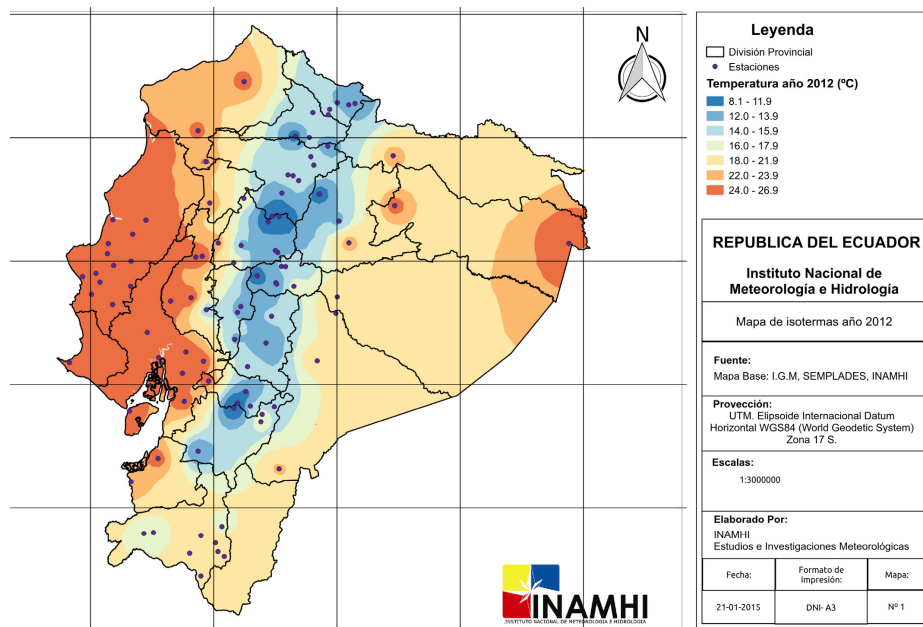
- Para las zonas: Húmeda Calurosa y Húmeda muy Calurosa es aconsejable el uso de tablero contrachapado clase II con tratamiento y el tablero OSB/3, ya que la humedad puede alcanzar valores por sobre el 90%, por lo que el CHE de la madera supera el 20% y por lo analizado se pueden presentar problemas por xilófagos tanto vegetales como animales.

Para la puesta en obra de los tableros es imprescindible realizar un proceso de estabilización, mediante el cual se iguala el contenido de humedad del tablero con la humedad de equilibrio del lugar donde se usarán los tableros. El cambio en el contenido de humedad necesariamente se traduce en una variación dimen-

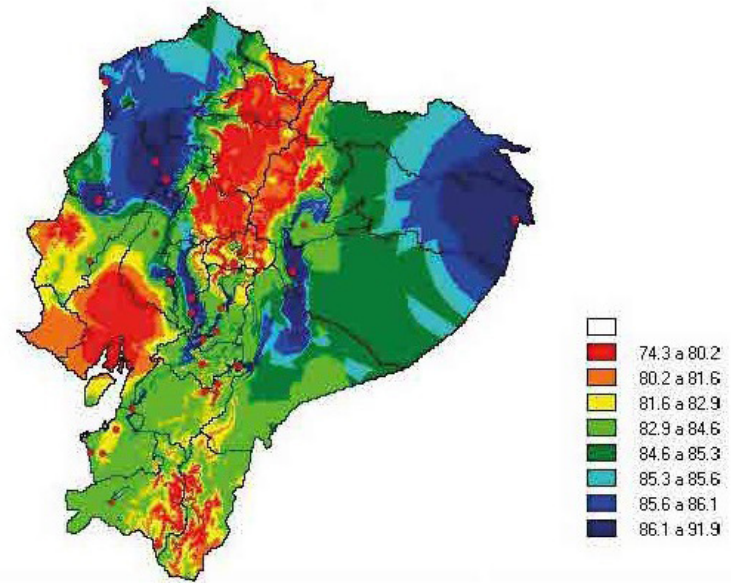
MAPA DE PRECIPITACIÓN MEDIA ANUAL SERIE 1965-1999 - INAMHI



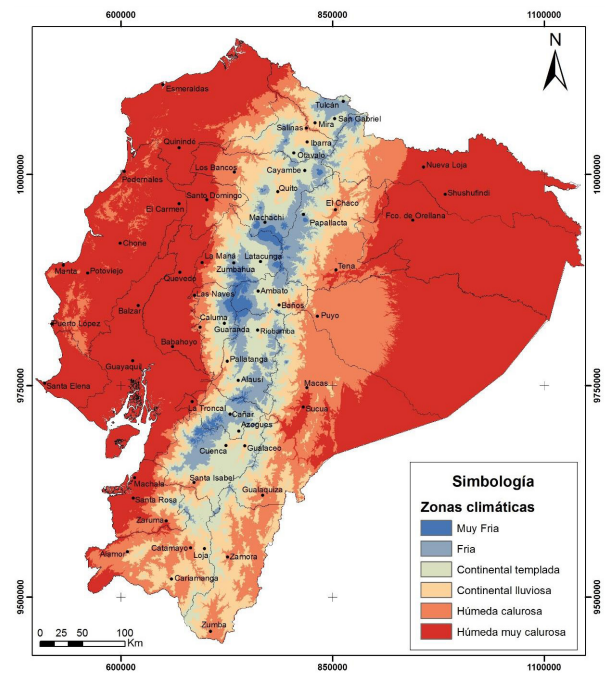
MAPA DE ISOTERMAS 2012 - INAMHI
















MAPA DE HUMEDAD RELATIVA MEDIA ANUAL EN ECUADOR 1980-2006 - INAMHI



MAPA DE ZONAS CLIMÁTICAS EN EL ECUADOR - NEC-HS-EE



Clasificación Principal	Humos (Smoke)	Gotas (Drops)
A1		
A2 	s1 	d0
B 	s2 	d1 
C 	s3 	d2 
D 		d2 
E 	+ (si aplica)	d2 
F 		
NPD	Prestación no determinada	

75. Clasificación de la reacción al fuego para materiales y productos del Eurocódigo.

sional de los tableros y la madera (contracción y dilatación), por lo que es importante lograr que el tablero alcance la humedad de equilibrio antes de su instalación. Se recomienda aclimatar este producto en el lugar donde se instalará, ya sea encastillándolos o apoyándolos desplegados sobre un muro para que el material absorba la humedad ambiente. El no hacerlo producirá deformaciones.

Es importante señalar que el uso de los tableros estructurales para este trabajo se lo contempla para conformar la estructura de la edificación; y, por consiguiente, dicha estructura estará debidamente recubierta y protegida de la influencia directa de la lluvia con un recubrimiento estanco. En los casos que sea necesario el uso del tablero en el exterior se debe recurrir a tableros con tratamiento fenólico.

FUEGO

Actualmente la Norma ecuatoriana de la construcción en su normativa contra incendios NEC-HS-CI: Contra incendios, no incorpora no aborda el ámbito referido a la resistencia al fuego de la estructura de las edificaciones. El Código técnico de la edificación, sin embargo, en su Documento Básico SI Seguridad en

68. Ministerio de Transportes Movilidad y Agenda Urbana, "CTE-Documento Básico SI Seguridad En Caso de Incendio," sec. 6.

69. AENOR, "UNE-EN 13501-1 Clasificación En Función Del Comportamiento Frente Al Fuego de Los Productos de Construcción y Elementos Para La Edificación."

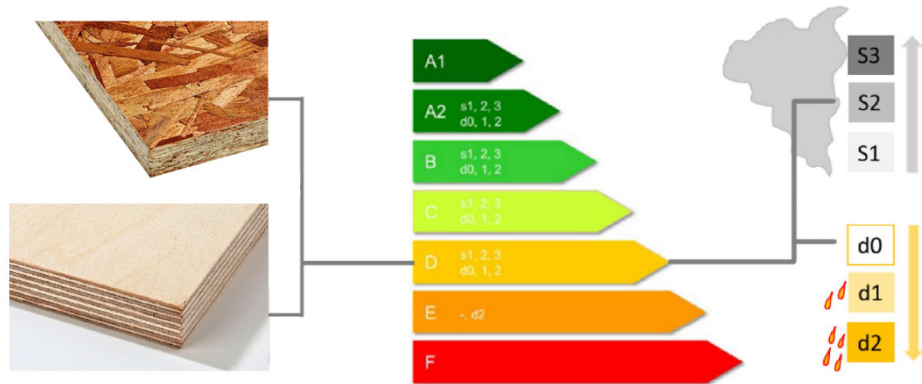
caso de incendio, en el apartado 6, trata todo lo relacionado con la resistencia al fuego de la estructura. ⁶⁸

Sobre los parámetros de seguridad que deben cumplir los diferentes materiales y productos, la omisión europea ha establecido las Euroclases que constituyen un sistema armonizado de métodos y parámetros de ensayo, así como valores límites para las clasificaciones de reacción y resistencia frente al fuego. La norma española UNE-EN 13501 recoge las Euroclases en la que se clasifican los materiales y productos que se emplean para la construcción ⁶⁹ según la reacción.

Clase	Interpretación
A1	No combustible. Sin contribución al fuego
A2	No combustible. Sin contribución al fuego
B	Combustible. Contribución muy limitada al fuego.
C	Combustible. Contribución limitada al fuego.
D	Combustible. Contribución media al fuego.
E	Combustible. Contribución alta al fuego.
F	Sin clasificar. Sin comportamiento determinado

Clase	Interpretación
S1	Producción baja de humos.
S2	Producción media de humos.
S3	Producción alta de humos.

Clase	Interpretación
d0	No se producen gotas / partículas.
d1	Caída de gotas / partículas no inflamadas.
d2	Caída de gotas / partículas inflamadas.



76. Clasificación de la reacción al fuego del contrachapa y OSB según el eurocódigo.

64 La “Guía de construir con Madera” de Confederación Española de Empresarios de la madera (CONFEMADERA), muestra la tabla establecida de clasificación de las propiedades de reacción al fuego de los tableros derivados de la madera, donde se pueden distinguir las propiedades del Contrachapado y OSB: ⁷⁰

Estos valores han sido resulta de ensayos a diferentes muestras de los productos, por lo que de acuerdo a lo analizado el código español establece que en general los tableros contrachapados y OSB tienen una contribución media al fuego con producción media de humos y sin desprendimientos de gotas ni partículas. Sin embargo, cada fabricante podrá incorporar diferentes tratamientos para poder mejorar la reacción frente al fuego del producto. Así, la empresa WISA Plywood produce un producto con mejores características:

Cuadro tomado del catálogo técnico de WISA spruce:

Los tableros de madera por su pequeño espesor tienen a desintegrarse con rapidez al estar expuestos al fuego. Según los datos de la tabla E.3 del CTE-SI un tablero contrachapado de 18mm de espesor con una velocidad de carbonización básica de 1 mm/min, tiene a carbonizarse completamente en aproximadamente 18min.

Resistencia al fuego para viviendas unifamiliares:

El código técnico de la edificación establece un tiempo de resistencia mínimo de

Producto	Norma del producto	Condiciones de uso final ⁽⁶⁾	Densidad mínima (kg/m ³)	Espesor mínimo (mm)	Clase (excl. los suelos)	Clase (suelos)
Tablero contrachapado ^{(3),(5)}	UNE-EN 636:2004	-	400	9	D-s2,d2	-
Tablero de madera maciza ^{(3),(5)}	UNE-EN 13353:2003			12		
Tablero de partículas ^{(4),(5)}	UNE-EN 312:2004	con espacio de aire confinado detrás del tablero derivado de la madera	600	15	D-s2,d0	D _{fl} -s1
Tablero de fibras semiduro ^{(4),(5)}	UNE-EN 622-3:1997					
MDF ^{(4),(5)}	UNE-EN 622-5:1997					
OSB ^{(4),(5)}	UNE-EN 300:1997					
Tablero contrachapado ^{(4),(5)}	UNE-EN 636:2004	-	400	15	D-s2,d1	D _{fl} -s1
Tablero de madera maciza ^{(4),(5)}	UNE-EN 13353:2003				D-s2,d0	
Tablero de lino ^{(4),(5)}	UNE-EN 15197:2004	-	450	15	D-s2,d0	D _{fl} -s1
Tablero de partículas ^{(4),(5)}	UNE-EN 312:2004	Con espacio de aire abierto detrás del tablero derivado de la madera	600	18	D-s2,d0	D _{fl} -s1
Tablero de fibras semiduro ^{(4),(5)}	UNE-EN 622-3:1997					
MDF ^{(4),(5)}	UNE-EN 622-5:1997					
OSB ^{(4),(5)}	UNE-EN 300:1997					
Tablero contrachapado ^{(4),(5)}	UNE-EN 636:2004	-	400	18	D-s2,d0	D _{fl} -s1
Tablero de madera maciza ^{(4),(5)}	UNE-EN 13353:2003	-	450	18	D-s2,d0	D _{fl} -s1
Tablero de lino ^{(4),(5)}	UNE-EN 15197:2004	-	450	18	D-s2,d0	D _{fl} -s1
Tablero de partículas ⁽⁵⁾	UNE-EN 312:2004	cualquiera	600	3	E	E _{fl}
OSB ⁽⁵⁾	UNE-EN 300:1997					
MDF ⁽⁵⁾	UNE-EN 622-5:1997	-	400	3	E	E _{fl}
Tablero contrachapado ⁽⁵⁾	UNE-EN 636:2004	-	250	9	E	E _{fl}
Tablero de fibras duro ⁽⁵⁾	UNE-EN 622-2:1997	-	400	3	E	E _{fl}
Tablero de fibras semiduro ⁽⁵⁾	UNE-EN 622-3:1997	-	900	3	E	E _{fl}
Tablero de fibras blando	UNE-EN 622-4:1997	-	400	9	E	E _{fl}
Tablero de fibras blando	UNE-EN 622-4:1997	-	250	9	E	E _{fl}

- (1) Instalado sin cámara de aire y directamente sobre productos de clase A1 o A2-s1,d0 con una densidad mínima de 10 kg/m³ o al menos sobre productos de clase D-s2,d2 con una densidad mínima de 400 kg/m³.
- (2) Podrá incluirse un sustrato de material aislante de celulosa, de clase E como mínimo, si se instala directamente sobre el tablero derivado de la madera, pero no para los suelos.
- (3) Instalado sobre una cámara de aire posterior. La cara opuesta de la cámara debe incorporar, como mínimo, productos de la clase A2-s1,d0 que tengan una densidad mínima de 10 kg/m³.
- (4) Instalado sobre una cámara de aire posterior. La cara opuesta de la cámara debe incorporar, como mínimo, productos de la clase D2-s2,d2 que tengan una densidad mínima de 400 kg/m³.
- (5) Se incluyen en esta clase los tableros rechapados y recubiertos con melamina y fenol, excluyendo los utilizados en suelos.
- (6) En el caso de que no existieran cámaras de aire, se puede instalar entre los tableros derivados de la madera y el sustrato una barrera de vapor con un espesor igual o inferior a 0,4 mm y con una masa igual o inferior a 200 g/m².

77. Tabla de reacción al fuego de la madera. Fuente: CONFEMADERA

70. CONFEMADERA, “Comportamiento frente al fuego documento de aplicación del CTE,” 23, 24.

30min para la estructura de viviendas de hasta 4 plantas 15 (mts).

Reaction to fire			
End use condition ⁽⁶⁾	Minimum thickness (mm)	Class ⁽⁷⁾ (excluding floorings)	Class ⁽⁸⁾ (floorings)
Any	18	B-s1, d0	B _{fl} -s1

⁽⁶⁾ A vapour barrier with a thickness up to 0.4 mm and a mass up to 200 g/m² can be mounted in between the wood-based panel and a substrate if 78. Fuente: Wisaplywood

Considerando que para este proyecto los tableros son los principales elementos que van a constituir la estructura y el corto tiempo sumamente corto con el que llegaría a carbonizarse, es de vital importancia la incorporación de tratamientos y elementos aislantes que garanticen el tiempo mínimo de 30 min.

Tabla E.3. Velocidad de carbonización básica de cálculo, β_0 , de tableros de protección

Tableros ⁽¹⁾	β_0 (mm/min)
Tableros de madera	0,90
Tableros contrachapados	1,00
Tableros derivados de la madera diferentes al tablero contrachapado	0,90

⁽¹⁾ Los valores se aplican para densidad característica de 450 kg/m³ y para un espesor del tablero de 20 mm. Para valores diferentes de la densidad característica ρ_k y del espesor h_p del tablero, la velocidad de carbonización básica de cálculo se determina mediante la siguiente expresión:

79. Fuente: Código técnico de la Edificación. CTE

71. CONFEMADERA, "Comportamiento Frente Al Fuego Documento de Aplicación Del CTE," 21.

Tabla 3.4. Resistencia al fuego suficiente de los elementos estructurales

Uso del sector de incendio considerado	Plantas de sótano	Plantas sobre rasante	
		altura de evacuación del edificio	
		≤15 m	≤28 m
Vivienda unifamiliar ⁽¹⁾	R 30	R 30	-
Residencial Vivienda, Residencial Público, Docente, Administrativo	R 120	R 60	R 90
Comercial, Pública Concurrencia, Hospitalario	R 120	R 90	R 120

(1) En viviendas unifamiliares agrupadas o adosadas, los elementos que formen parte de la estructura común tendrán la resistencia al fuego exigible a edificios de uso Residencial Vivienda.

80. Fuente: CONFEMADERA

Aislamiento frente al fuego:

Las placas de yeso son una buena alternativa para el revestimiento interior y garantizar el tiempo mínimo de resistencia. Según los valores de la tabla de tiempo de aislamiento básico ⁷¹, las placas de yeso 15 mm de espesor proporciona un tiempo de aislamiento de 21 min. Por lo cual, se deberían colocar mínimo 2 capas de aislamiento de placas de yeso para satisfacer el tiempo mínimo de resistencia.

Tabla 5.1. Tiempo de aislamiento básico, $t_{ins,0,1}$ (minutos)

Tipo de recubrimiento	$t_{ins,0,1}$
Contrachapado ($\rho \geq 450 \text{ kg/m}^3$)	$0,95 \cdot h_p$
Tableros de fibras o partículas ($\rho \geq 600 \text{ kg/m}^3$)	$1,1 \cdot h_p$
Paneles de madera ($\rho \geq 400 \text{ kg/m}^3$)	$0,5 \cdot h_p$
Placas de yeso (tipo A, F, R o H)	$1,4 \cdot h_p$
Lana de roca	$0,2 \cdot h_{ins} \cdot k_{dens}$
Fibra de vidrio	$0,1 \cdot h_{ins} \cdot k_{dens}$
Cavidad vacía (entre 45 y 200 mm)	5

h_p es el espesor del panel (madera o yeso) en mm.

h_{ins} es el espesor de la lana de roca o de la fibra de vidrio en mm.

k_{dens} es un coeficiente del material aislante. Se toma de la tabla 5.2.

81. Fuente: CONFEMADERA

CAPÍTULO 4

CONSTRUCCIÓN Y FABRICACIÓN DIGITAL EN MADERA



4.1 INDUSTRIA 4.0 Y FABRICACIÓN DIGITAL

La evolución de la industria es un proceso inherente a la continua investigación que genera nuevo conocimiento y por ende produce innovación. Con el pasar de los años el hombre ha ido encontrando nuevos materiales, nuevos mecanismos y con ello nuevos procesos industriales para elaborar productos y servicios cada vez más versátiles y manejables que nos “facilitan” la vida cotidiana. La evolución tecnología va de la mano con evolución industrial.

Desde la aparición de la máquina de vapor en el siglo XVIII que dio paso a la revolución industrial, se han venido desarrollando diferentes “Eras industriales” marcadas por la aparición de nuevos materiales y mecanismos para producir objetos más eficientes y resistentes. En el siglo XIX aparece la energía eléctrica lo que produce un hecho trascendental, la aparición de la cadena de producción, con lo cual “el material va al hombre” y ya no “el hombre al material” como hacían los artesanos para cumplir cada etapa del proceso productivo.⁷² Quizás el ejemplo emblemático es la empresa Ford Motor Company de Henry Ford, quien se inspiró en la cadena de producción del ganado vacuno de Chicago, para mecanizar la producción de automóviles, entendiendo que si quería llegar a mas clientes tenía que producir en masa y a un costo más bajo. Este cambio

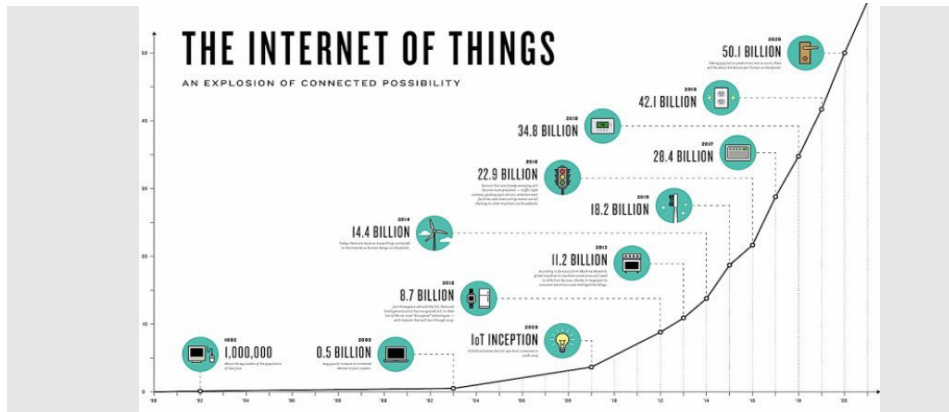
72. Braungart and McDonough, *Cradle to Cradle*, 20.

73. Abondano, “De La Arquitectura Moderna a La Arquitectura Digital: La Influencia de La Revolución Industrial y La Revolución Informacional En La Producción y La Cultura Arquitectónica,” 79.

74. Comissió Indústria 4.0 Enginyers de Catalunya, “Indústria 4.0: Status Report.”, 15.

75. Ídem, 17.

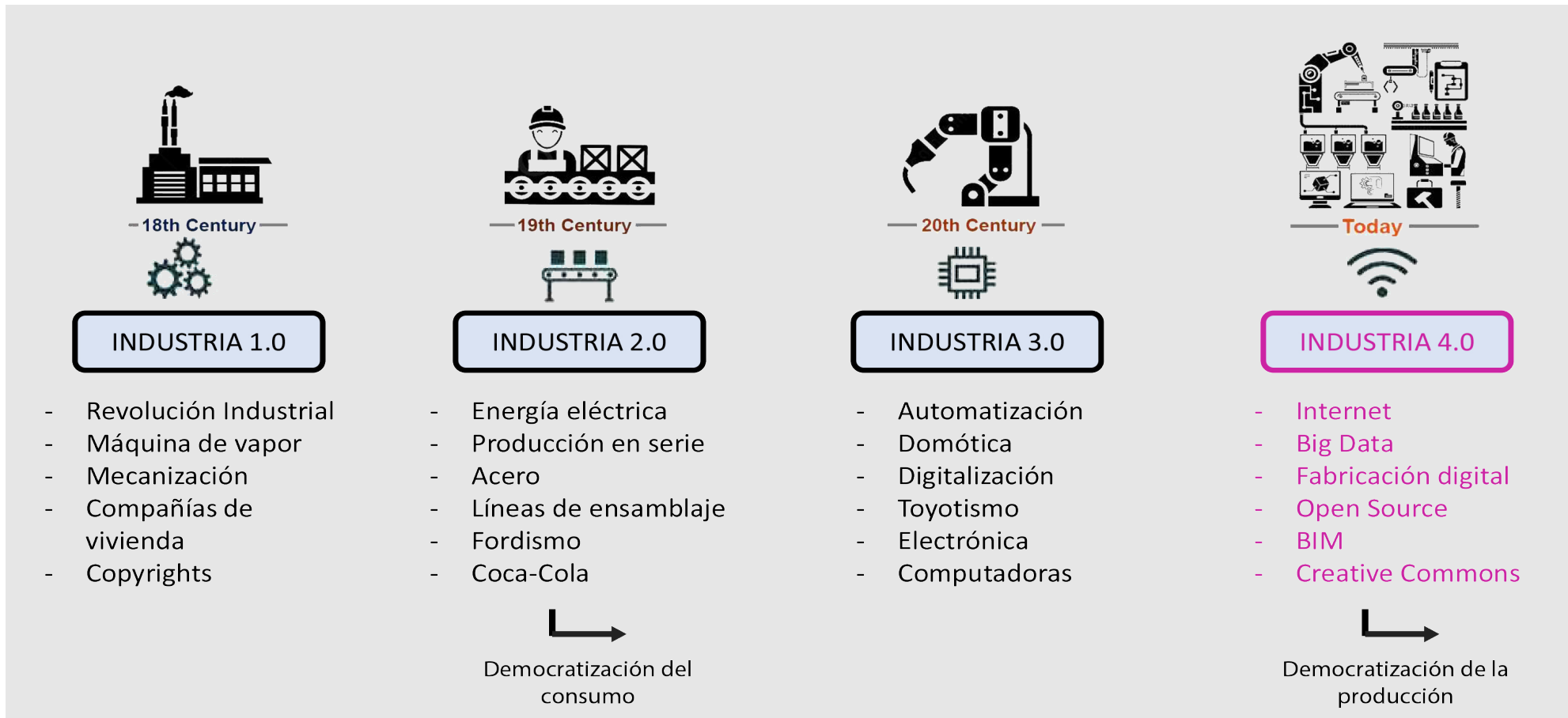
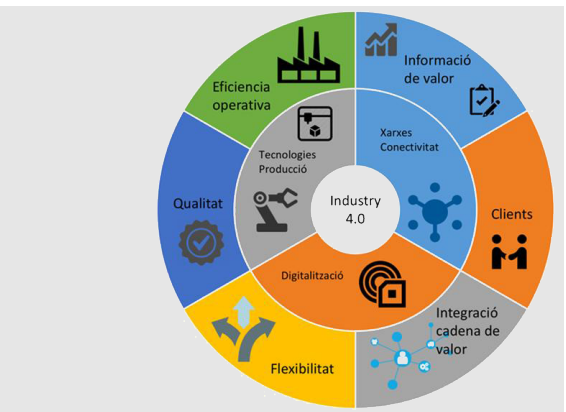
de estrategia en la producción da inicio a la democratización del consumo. Además con las nuevas formas de fundición apareció en 1818 el hierro como elemento estructural.⁷³ En el siglo XX entra en acción el microprocesador para potenciar la electrónica y la informática, se introduce el control numérico CAD/CAM y con la aparición de las computadoras va a dar inicio el fenómeno DIY (Do-it-yourself) en el campo digital, que refiere a tener la capacidad de generar producción por cuenta propia.⁷⁴ En el actual siglo XXI se da una desenfadada evolución del internet, de la robótica y de los dispositivos digitales entre otros; que cada vez nos conectan con más gente y de manera más rápida. Consigo aparecen las redes sociales que han ido cambiando la manera de comunicación entre las personas. (85) Esto ha detonado que cada vez se creen más dispositivos que nos facilitan cualquier actividad que hagamos en nuestras vidas. Como cada dispositivo continuamente envía datos al internet se ha producido el fenómeno llamado “Big Data”, que representa la inimaginable cantidad de datos que se suben a la web para ser procesados.(82-84) Se generan nuevas maneras de visualización de proyectos utilizando la realidad aumentada. Inicia el diseño colaborativo mediante los procesos Building Information Modeling “BIM”. Comienza también el interés por generar conocimiento compartido mediante los procesos “Open – Source”, los cuales potencian el fenómeno DIY, con lo cual se comienza a democratizar la producción, surgen los softwares y hardware libres y los distintos elementos como los cortadores laser, impresoras 3D, routers CNC, etc, dando paso a la figura de los “Makers” que son una evolución de los DIY’s.⁷⁵ Los Makers se han proliferado creando pequeños talleres de producción local dando paso a la fabricación digital.



82. Cantidad de datos cargados por dispositivos a la red.



83 y 84. Industria 4.0 y la tecnología



85. Evolución de la industria. Elaboración Propia. Fuente: Varios.



86. Producción digital autónoma.

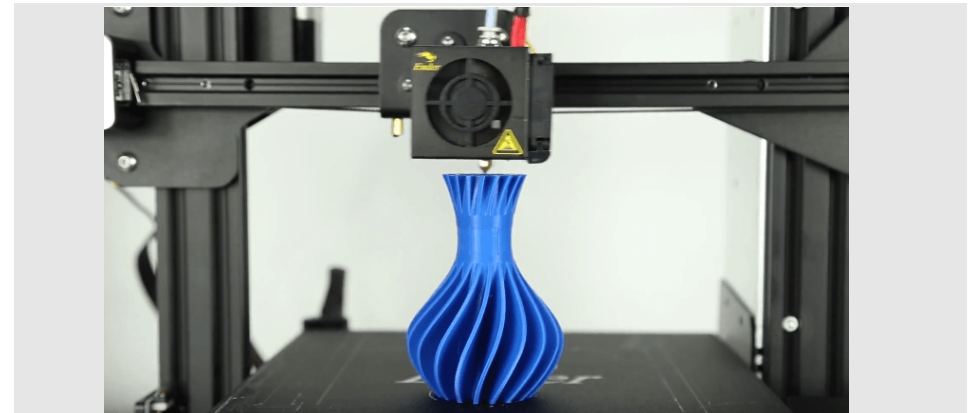
FABRICACIÓN DIGITAL

Con los avances tecnológicos de software y hardware que el mundo ha visto en las últimas décadas, se ha dado paso a nuevas formas de diseño y producción de elementos. Desde los inicios de movimiento DIY en todas sus facetas hasta la aparición de movimiento de los "Makers". La raíz de esta revolución dio de 1952 cuando investigadores de la MIT fusionaron una computadora con una máquina de corte y torneado; utilizando un programa reemplazaron al operador, de manera que pudieron fabricar elementos con formas más complejas. Hoy prácticamente cualquier producto físico está fabricado con máquinas de control numérico directa o indirectamente. Inicialmente los procesos eran de sustracción de material, luego llegaron los procesos de adición de material con las impresoras 3D. El movimiento Makers ha hecho que exista una proliferación importante de los fab labs (Laboratorios de fabricación digital) a nivel mundial, disponiendo estos pequeños talleres a la construcción de elementos locales.

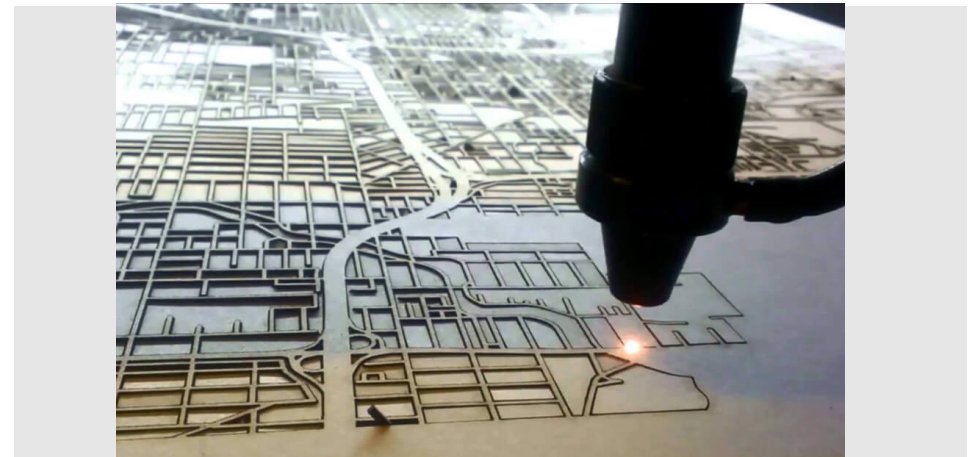
El Centro de Bits y Átomos (CBA)⁷⁶ del Massachusetts Institute of Technology (MIT) desde el 2003 a raíz de unas clases experimentales ha desarrollado uno de los Fab labs que hace investigación en varios ámbitos de la ciencia más reconocidos a nivel mundial. Con este antecedente en el 2009 el CBA fundó el "fabfoundation"⁷⁷ una fundación sin fines de lucro que brinda soporte a cualquier

76. CBA - MIT, "Fab Central."

77. "The Fab Foundation."



87. Impresión 3D.



88. Corte laser.



89. Empleo del dron en la construcción. Proyecto: Mud shell desingjuction. Inglaterra

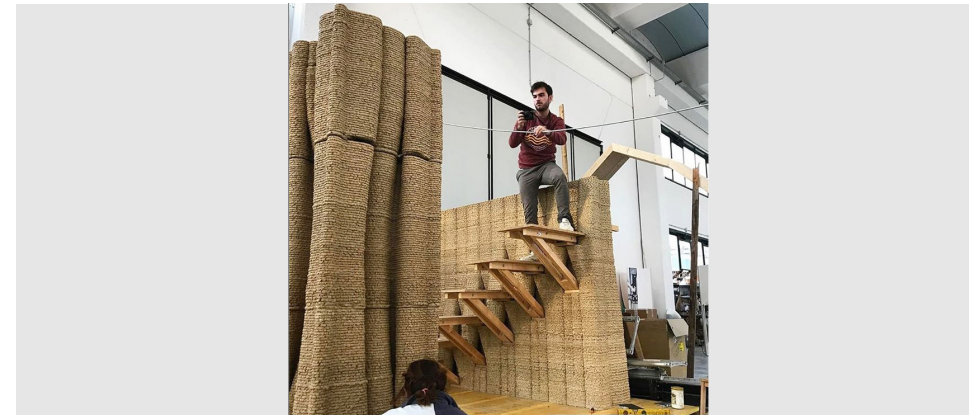
fabLab que desee formar parte de la comunidad a nivel mundial.

Gershenfeld remarca que la transformación digital ha hecho más que simplemente producir eficientemente, sino que se ha extendido a un campo extremadamente amplio de productores de distintos ámbitos, de entre los cuales esta la gente regular que ha comenzado sus emprendimientos.⁷⁸

En el ámbito constructivo las máquinas también han evolucionado en robots que ayudan en actividades no contempladas antes. Desde brazos que colocan ladrillo, montan armaduras metálicas o ayudan al derrocamiento de edificaciones, hasta drones que vierten mortero o brazos de impresión 3D. La fabricación digital permitirá diseñar y producir objetos donde sea y cuando sea según la



91. Fresado CNC de 5 ejes. Proyecto: LANDESGARTENSCHAU hall de exposiciones. Alemania.



90. Impresión 3D con tierra. Proyecto: Prototipo de muro 3D por el IAAC. Italia

demanda lo requiera.⁷⁹ Se apunta a que la fabricación digital ya no solo cree objetos con materiales análogos sino, que cree sus propios materiales ⁸⁰. Gershenfeld apunta que las comunidades no deben tener miedo o ignorar la fabricación digital, mejores maneras de construir las cosas pueden ayudar a construir mejores comunidades.⁸¹ Estos sistemas van de la mano con la utilización de materiales sustentables y renovables; por ello, se ha puesto grandes esfuerzos en sistemas que utilicen madera y mezclas que contengan tierra.

78. Gershenfeld, "How to Make Almost Anything Machine!", 40

79. Ídem, 1

80. Ídem, 60

81. ídem, 55

4.2 SISTEMAS CONSTRUCTIVOS PREFABRICADOS DIGITALMENTE EN MADERA

Con los antecedentes de la fabricación digital y las nuevas tecnologías que han permitido desarrollar nuevos elementos y sistemas que emplean la madera como material principal, se ha realizado una revisión de los sistemas actuales que se emplean tecnologías innovadoras para producir elementos prefabricados que finalmente se ensamblarán insitu. Debido a que la producción y conciencia del uso de la madera en edificaciones ésta mejor llevada por políticas de gobierno en países del norte de Europa, es precisamente de esta zona de donde se ha visto la mayor cantidad de proyectos que van en esta vía.

71

A continuación se muestran tres sistemas desarrollados en los últimos años por despachos de arquitectura de Luxemburgo, Inglaterra y Alemania. El análisis por un lado, muestra gráficamente los componentes estructurales y por otro lado, descriptivamente se evidencian las características principales. El análisis realizado destaca:

- El material utilizado
- La tecnología empleada
- El componente estructural base
- El proceso de armado y ensamblaje



LEKO

lekolabs.com

72

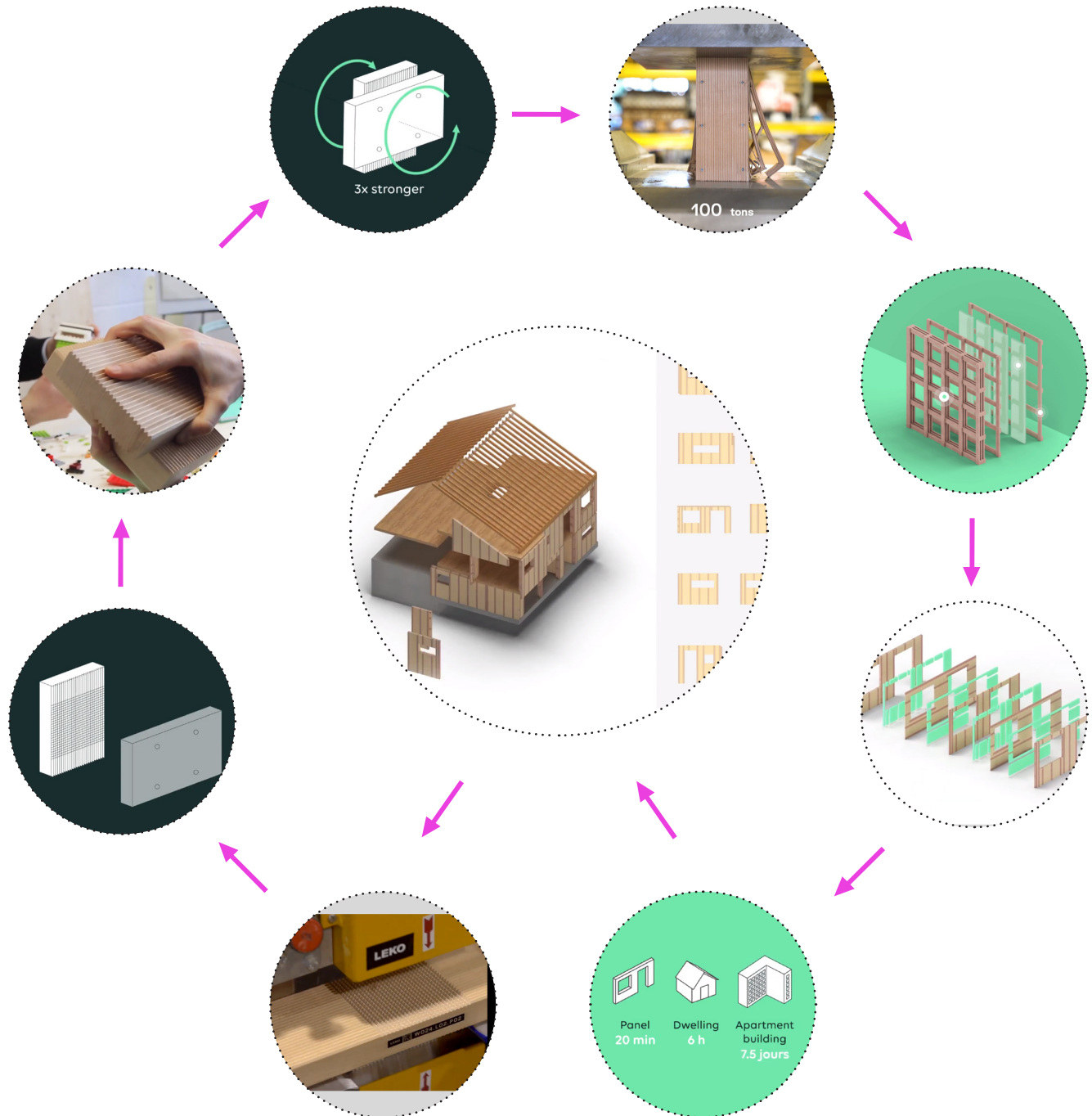
Ubicación: Foetz, Luxemburgo

Leko es un sistema estructural prefabricado digitalmente multicapa libre de pegamento y con aislamiento incorporado, que dispone de un compuesto material de madera contra laminada natural altamente resistente capaz de soportar hasta treinta mil veces su propia masa. Además de una unión dentada que proporciona fijación de hasta tres veces las resistencias de un sistema convencional.

Este sistema garantiza resistencia para edificar en altura, Reducción de 40% en ancho de tabiques disminución de 133% de CO2 y un tiempo de montaje de 4 niveles en 90 días.

El sistema posee tres patentes:

- Crossing wood technology (Unión dentada)
- Leko multiplayered structure (estructura multicapa de madera con aislamiento)
- Glue-free assembly (Unión libre de pegamento)

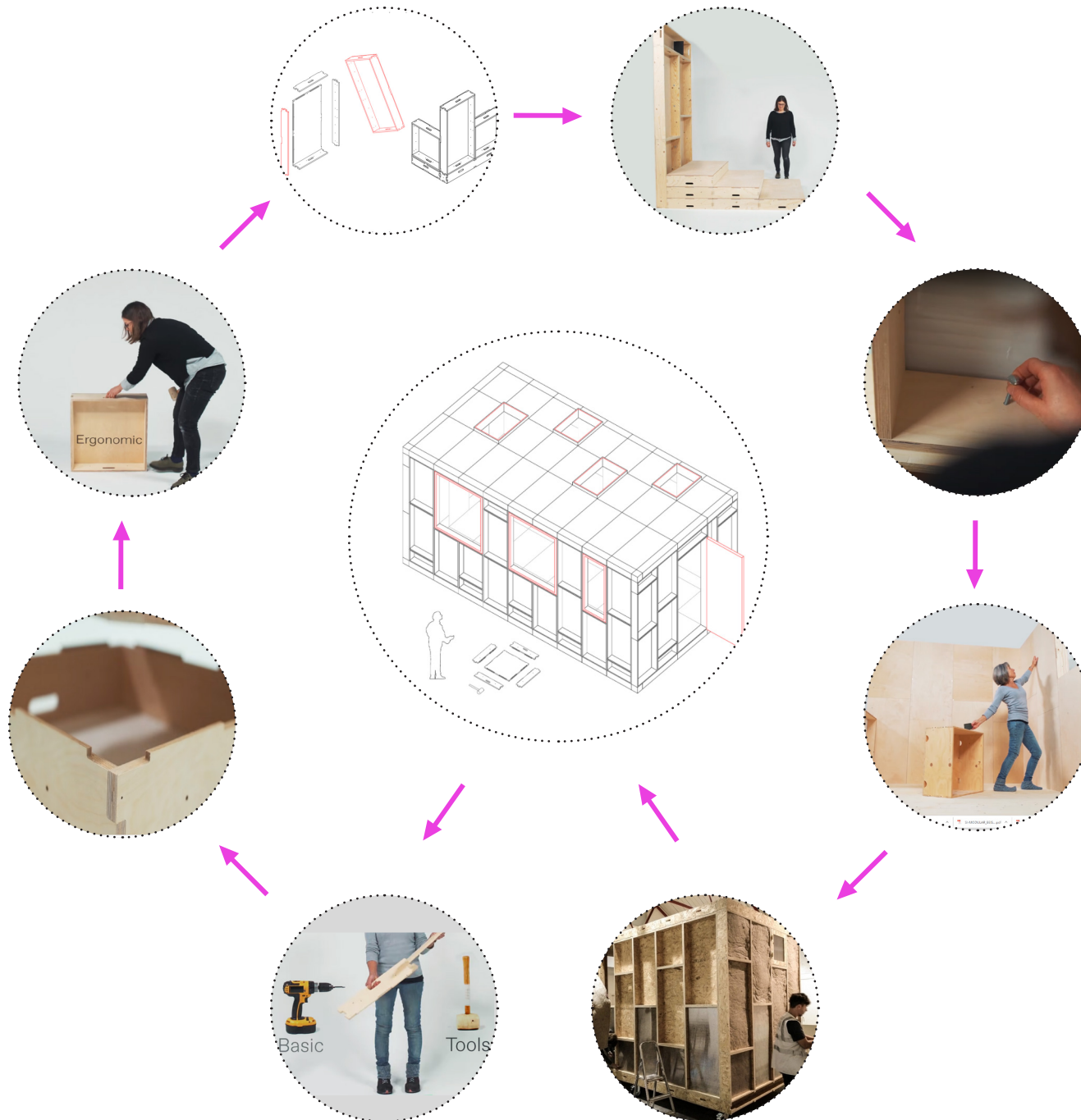


U-Build®

u-build.org

Ubicación: Londres, UK

73



U-build es un sistema de construcción prefabricada digitalmente que consisten en la agrupación de un módulo base para configurar la plataforma del piso y cubierta además de la tabiquería portante. El módulo base consiste en un kit de cinco piezas que conforman un elemento tipo cajón. Estas piezas se obtienen a partir de corte en router CNC de tablero estructural de OSB y/o contrachapado. Los cajones se juntan y unen entre sí mediante tornillería; seguido a esto, se coloca el aislamiento en las cavidades generadas y finalmente se colocan los tableros de cierre que sirven para arriostrar y rigidizar el conjunto.

El objetivo principal del sistema es cambiar el pensamiento de la gente sobre la manera de construir, simplificando el proceso constructivo de tal forma que se puedan involucrar activamente. Este sistema fue desarrollado por el estudio Studio Bark a partir de un galardón obtenido en conjunto con la ingeniería estructural de Structure Workshop y con pruebas de corte de Cut and Construct.

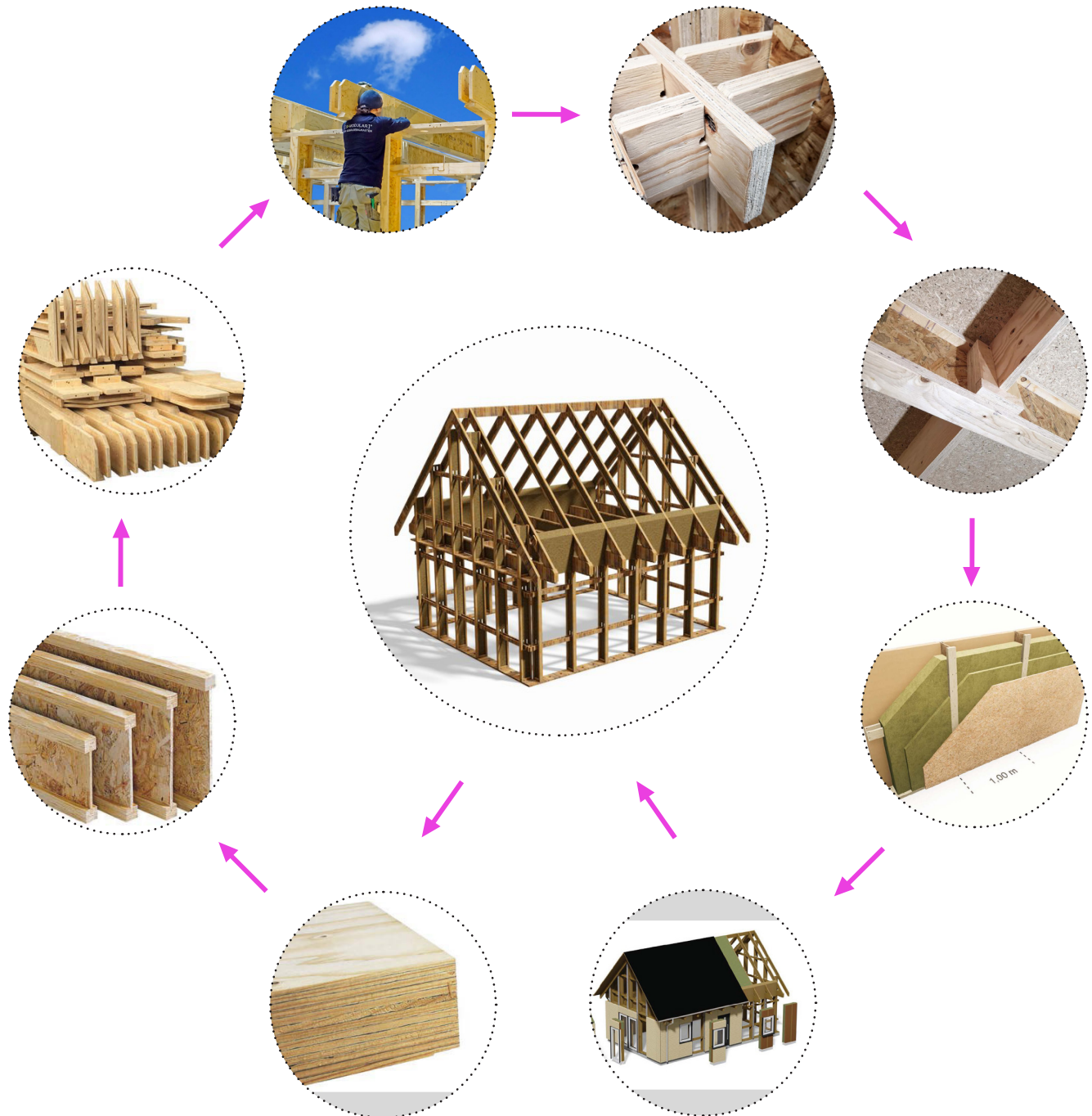
[SI-MODULAR][®]

si-modular.net

74 Ubicación: Münster, Alemania

Este sistema nace con el objetivo de proveer de vivienda segura, asequible, sustentable y que se pudiera construir fácilmente en casos de emergencia alrededor del mundo. Los criterios utilizados son: Vivienda altamente adaptable, que se pueda producir industrialmente a un precio asequible, que sea de rápido ensamblaje, de intervención mínima de herramientas de manera que gente inexperta pueda participar del proceso, que sea liviana, con materiales sustentable y que pueda ser empaquetada y enviada a un bajo costo.

El sistema modular prefabricado digitalmente se compone de elementos tipo viga I de madera, denominada SI-Modular, las cuales en conjunto forman marcos estructurales portantes. El material utilizado es madera micro laminada (LVL) de altas prestaciones complementada con OSB. Entre estos marcos se coloca el aislante necesario y se arriestra con tableros estructurales. Todo el sistema se puede unir a mano utilizando únicamente un martillo como herramienta.



4.3 ARQUITECTURA OPEN SOURCE

OPEN - SOURCE - GENERALIDADES

El término Open Source es utilizado para definir la información que puede ser distribuida, utilizada, modificada y mejorada de una manera libre según las necesidades; incentivando así la colaboración abierta.⁸²

La organización "Open Source Initiative" dedicada a la promoción de del código abierto, define 10 criterios para la distribución open source:⁸³

- Libre distribución
- Código fuente
- Trabajos derivados
- Integridad del Autor
- No discriminación entre personas y grupos
- Distribución de la licencia
- La licencia no debe ser especificada a un producto
- La licencia no debe ser especificada a un producto
- La licencia no debe restringir otro software
- La licencia de ser de tecnología neutra

82. Edward, "Building Open-Source," 7

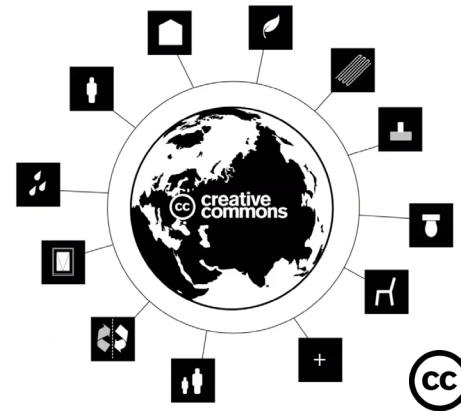
83. "Open Source Initiative."

84. Parvin, "Architecture (and the Other 99%): Open-Source Architecture and Design Commons," 93.

Linus Torvalds creó un de los sistemas open source más utilizados en la actualidad el sistema libre "Linux". La filosofía de Linus es "be lazy like a box", no reinventes la rueda cada vez, si no toma una que este bien hecha y adáptala a tus necesidades.⁸⁴ Hoy en día el software Linux es la base del sistema Android de smartphones, de millones Servidores en la Nube y de la mayoría de consolas de video juego. Indudablemente el internet es la vía que a potenciado las redes open source. La facilidad con que las personas pueden intercambiar sus ideas con otras personas a nivel mundial ha producido que se creen distintas plataformas de colectivismo global y abierto. En la actualidad, cualquier persona puede construirse por ejemplo una impresora 3D con una pequeña inversión en piezas, descargándose los planos libres para armar el hardware y el software para su funcionamiento. En este sentido se han creado diversas plataformas de intercambio libre de información como Wikipedia, Mozilla Firefox, Revit city, On-Shape, Github, etc.

Esto fenómeno a cambiado las reglas de la economía convencional. El hecho de que sea libre daría la impresión que es gratis y que los programadores los hacen por pasión y que el producto resulta gratis dentro de la economía; pero como lo remarca Parvin esto no es así:

"In fact, open-source software is not 'free' – at least not in the cost sense. The open economy is one that trades sometimes on reputation, sometimes on voluntary donations, and mostly on a collaborative 'gift economy'. That is to say, often code is developed through normal paid-for work, but the designer chooses to



92. Aplicaciones Creative commons

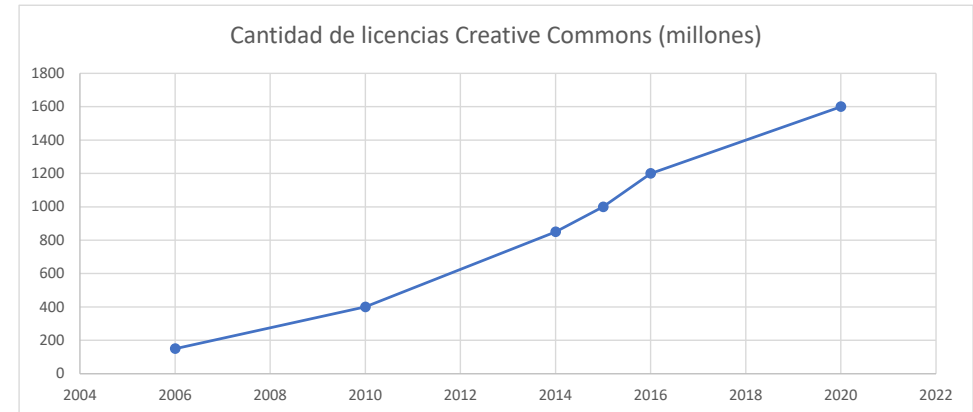
76 *share the result with everyone so that others can use it and improve it.*⁸⁵

El modelo de código abierto ha surgido debido a un deseo de apertura y colaboración, lo que significa que sus proponentes pueden ser considerados sociales activistas. Muchas de estas personas asumen que las tecnologías digitales emergentes pueden ser un catalizador de un cambio social positivo. El término "código abierto" en sí mismo se ha convertido incluso en sinónimo de Democrático y libre.⁸⁶

CREATIVE COMMONS - LICENCIA LIBRE

En un entorno dominado por las patentes y las leyes del copyright, las compañías han restringido que sus innovaciones pudieran ser adoptadas, mejoradas o potenciadas para poder construir otras innovaciones. En contraposición a esto se crea "Creative Commons" (92) una es una organización sin fines de lucro que ayuda a superar los obstáculos legales para compartir conocimiento y creatividad. Esta organización de manera resumida se basa en los siguientes principios:

- Proporcionar licencias Creative Commons y herramientas de dominio público a todas las personas y compañías del mundo de forma gratuita, simple y estandarizada para otorgar derechos de autor para trabajos creativos y académicos.
- Trabajas con las principales instituciones y gobiernos para adoptar e imple-



93. Elaboración propia. Fuente: Creative Commons.org

mentar licencias abierta uy garantizar su uso correcto

- Apoyar la CC Global Network, una iniciativa comunitaria que trabaja para aumentar el volumen y calidad del conocimiento disponible en todo el mundo
- Insta a las organizaciones de todo el mundo a sus patentes y derechos estén disponibles de forma gratuita en contra de la lucha contra la pandemia del COVID-19.

Hoy en día existen mas de 1600 millones de trabajos bajo la licencia creative commos , lo que hace destacar que es una corriente que se está adoptando a nivel global con el objetivo de ampliar y mejorar el conocimiento y la producción de una manera más eficaz y con mayor rapidez. (93)

APLICACIONES EN LA ARQUITECTURA

*"Open source is changing the way architecture is produced and moved, cutting out time-consuming manufacturing and cutting out expensive shipping. By sharing globally and manufacturing locally you get a more sustainable solution. Moreover, the design can be tweaked according to individual specifications and materials. It is also easy to make additions. Finally, it can be designed as a set that can be completely self-assembled."*⁸⁷

85. Ídem.

86. Edward, "Building Open-Source," 11.



94 a. Hacinamiento en suburbios en Sao Paulo.

Históricamente a nivel mundial las ciudades han ido creciendo sin un master plan de desarrollo. Su crecimiento se ha dado en función de las necesidades que la gente tiene y con sus propios recursos, es decir se ha desarrollado un urbanismo informal. (94a) Construcciones con baja calidad que no garantizan condiciones adecuadas de habitabilidad e incluso se tornan en riesgo para la salud en incluso para la vida. Ante los mayores problemas urbanos – sociales como la carencia de vivienda e infraestructura sumado a los problemas del cambio climático, tenemos que ser capaces de generar un cambio radical respecto de las estrategias actuales.

En las regiones pobres de las ciudades, la gente en mucho de los casos no puede pagar a un profesional para generar sus proyectos de vivienda, es aquí donde la arquitectura y construcción colaborativa toma fuerza. La tarea de los profesionales es dar un adecuado soporte y generar proyectos de bajo presupuesto de alta calidad y que sean replicables y adaptables.

Parvin remarca que en este panorama la arquitectura y el diseño no están exentos, una de las respuestas es generar proyectos micro de bajo costo y de alto

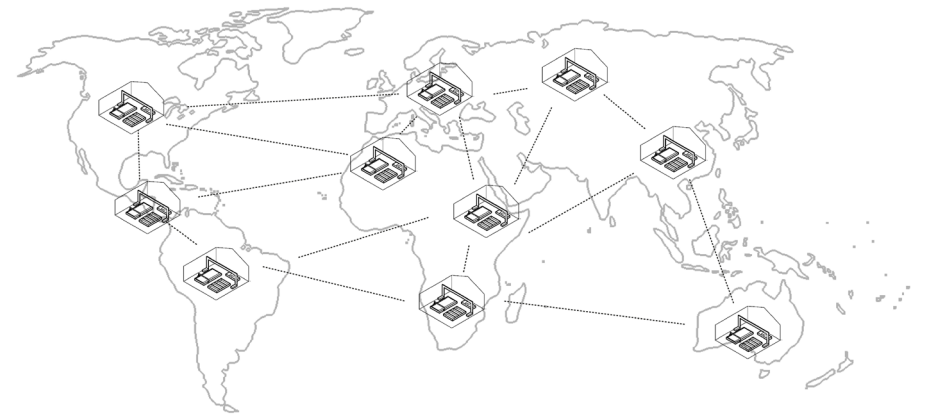
87. "An Introduction to Building Blocks - Mia Behrens - Medium."

88. Parvin, "Architecture (and the Other 99%): Open-Source Architecture and Design Commons," 95.

89. Salzberger y Lautwein, "SimpliciDIY – Do-It-Yourself Wood Building System.", 3.

90. Ídem, 6

91. Ídem, 9



94 b. Open Source, trabajo colaborativo a nivel mundial - Conexión de redes. Elaboración propia.

rendimiento sostenible que puedan ser copiados localmente y adaptados a la producción en cualquier lugar, por cualquier persona.⁸⁸ Es ahí donde nace el diseño colaborativo y el código abierto con sus exponentes más conocidos como La vivienda social -comunitaria de ELEMENTAL Alejandro Aravena o el proyecto Wikihouse de Open sistema Labs.

"Open Architecture Network – which replaces traditional copyrights restrictions with Creative Commons licensing and allows open access to blueprints"⁸⁹

Tradicionalmente el proyectista y su grupo técnico consideran los aspectos importantes de la localización para diseñar la estructura. Con el Open Source el técnico profesional diseña una estructura estándar y pasa estas decisiones al proyectista final; el que acogerá, adoptará el sistema y se encargará de considerar los aspectos relevantes de su localización para que sean manejados por un técnico profesional.⁹⁰ (94b)

La comunidad open source potencia la interdisciplinariedad en los proyectos. En temas de proyecto de construcción con presupuesto reducido y voluntad de participar, las construcciones de código abierto open source son una gran oportunidad para ayudar y cubrir la necesidad de espacio de trabajo y vivienda asequible. Materiales renovables tienen un alto potencial aquí las nuevas tecnologías hacen que la descentralización de la producción sea posible.⁹¹

2.4 PROYECTO WIKIHOUSE

78 En arquitectura, la tentación ha sido ver a la fabricación digital y automatización paramétrica como una oportunidad para disfrutar de formas cada vez más extravagantes. Sin embargo, el verdadero cambio radica en disponer de estas herramientas no para subir el listón, si no para reducir radicalmente los umbrales sociales. Para cambiar una arquitectura compleja por una arquitectura sencilla.

En sintonía con esta reflexión y como búsqueda de nuevas maneras de generar arquitectura, en 2011 Alastair Parvin y Nick Lerodiconou fundan el proyecto Wikihouse. Este proyecto es uno de los trabajos que maneja actualmente Open Systems labs (OSL)⁹² que es un laboratorio de investigación y desarrollo sin fines de lucro registrado en Inglaterra & Gales; y que trabaja en innovación digital abierta para la industria y la sociedad.

Wikihouse es una biblioteca open source de tecnologías de construcción digital que cualquier persona o empresa puede utilizar ya que está bajo la licencia de creative commons. Este proyecto se nutre por el continuo aporte de un grupo de colaboradores multidisciplinario a nivel mundial; al cual se puede formar parte de forma libre. El objetivo del proyecto es poner las herramientas para construir viviendas personalizadas y de bajo consumo de energía en manos de todos, incluidas las pequeñas empresas y los ciudadanos.⁹³ (95)

Sus principios fundamentales son:

- Brindar soluciones de diseño para construcciones de bajo costo, bajo consumo energético, alto desempeño y que estén en manos de todos los ciuda-



95. Construcción comunitaria

danos en el mundo.

- Utilizar la digitalización para facilitar a las industrias el diseño, la inversión, la fabricación y el montaje de viviendas mejores, sostenibles y asequibles para la gente
- Promover una industria de vivienda que involucre a los ciudadanos y a las pequeñas empresas para que produzcan sus propias casas y vecindarios, reduciendo la dependencia de vivienda masiva cargada de deudas.

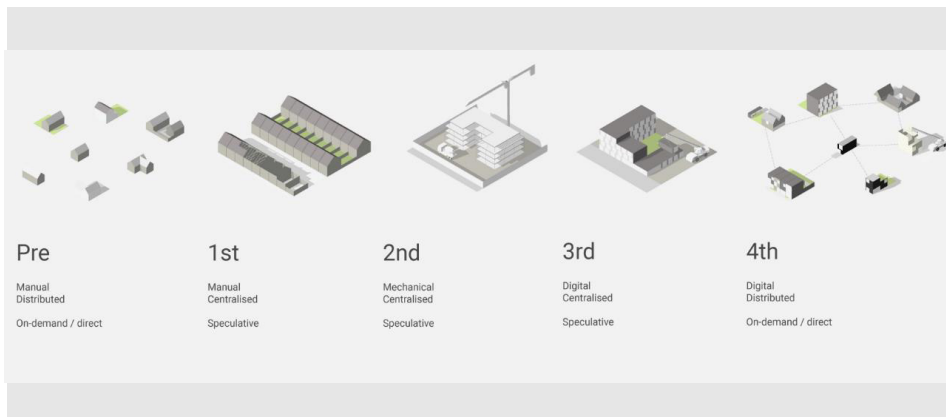
El proyecto surgió al darse cuenta que en la mayor parte en las ciudades son los propios ciudadanos los que producen su vivienda. Por ello consiente de la relevancia de la auto construcción como principal medio de acceso a la vivienda en países en vías de desarrollo, el criterio wikihouse es que se descentralice la fabricación de viviendas. Este fenómeno se lo denomina la cuarta revolución industrial caracterizada por la producción distribuida. El proyecto esta desarrollando sistemas basado en el armado de piezas de madera que conforman la estructura. El sistema ha ido evolucionando con el fin de optimizarlo y que funcionen de manera más eficiente. Hoy se tiene varios prototipos con variantes importantes según la composición estructural.

"Its aim is to make it possible for a global community of designers to share

92. "Open Systems Lab"

93. Edward, «Building Open-source», 16.

94. Parvin, «Architecture (and the other 99%): Open-Source Architecture and Design Commons», 94.



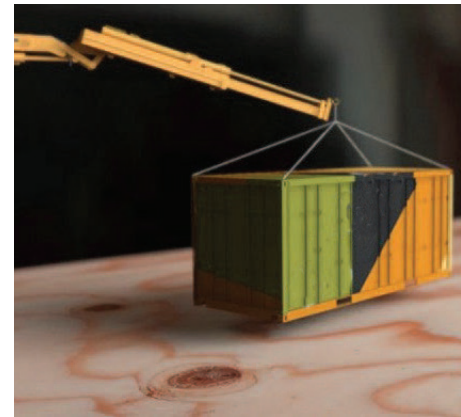
96. Evolución de la producción constructiva.

*designs and design tools that make it possible to download, adapt and 'print' parts for a house from a standard sheet material like plywood, which can be assembled, in effect like a large IKEA kit, very quickly and without traditional construction skills, so that even amateurs can do it."*⁹⁴

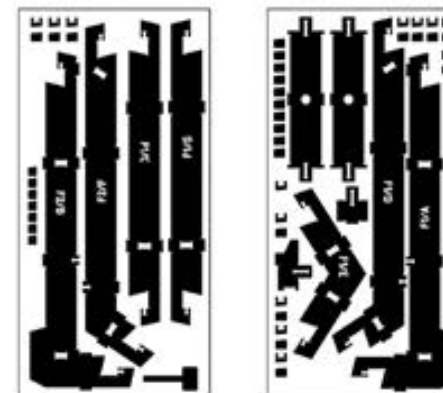
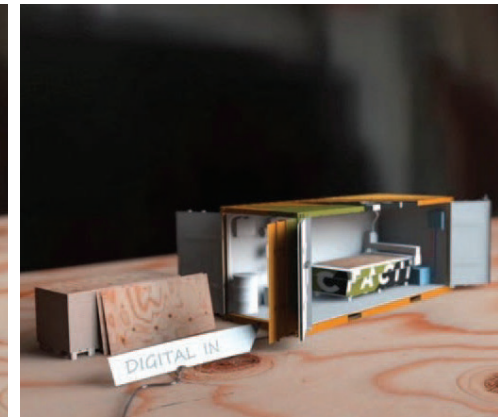
La idea es tener una comunidad global de diseñadores que aporten al enriquecimiento de proyectos con fines sociales. Para que la comunidad los pueda descargar de manera gratuita, y en un taller CNC de barrio se fabriquen las piezas utilizando paneles de madera; conformándose así, un kit de piezas armable tipo puzzle que configuran la estructura de las viviendas. Las viviendas podrán levantarse sin necesidad de habilidades especiales y sin herramientas complicadas por un grupo mínimo de personas y en tiempos relativamente pequeños. (97-99) Con este planteamiento, será necesario establecer una capacitación a los ciudadanos para que puedan construir sus propias casas. Este modelo representa la transición desde la democratización del consumo hacia la democratización de la producción. (96)

COMUNIDAD WIKIHOUSE

Actualmente existe una comunidad de colaboradores y contribuyentes que aportan proyectos, experimentos, investigaciones, experiencias, opiniones y cualquier tipo de información, al enriquecimiento de los diferentes proyectos a nivel mundial. Dicha comunidad se denomina Wikihouse – Contributors que se maneja en la plataforma Slak y actualmente cuenta con un más de 1650 miembros.



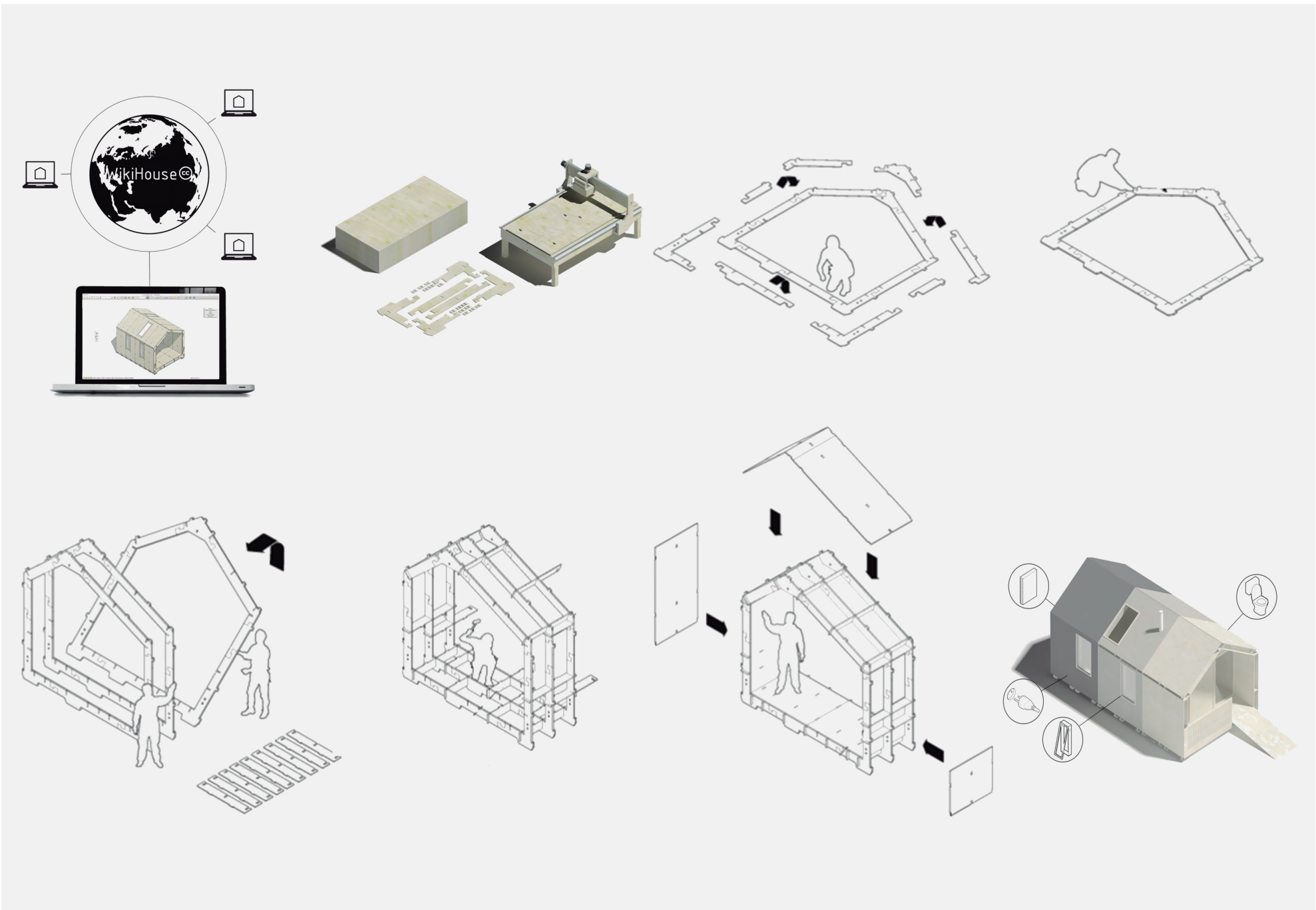
97. Taller móvil.



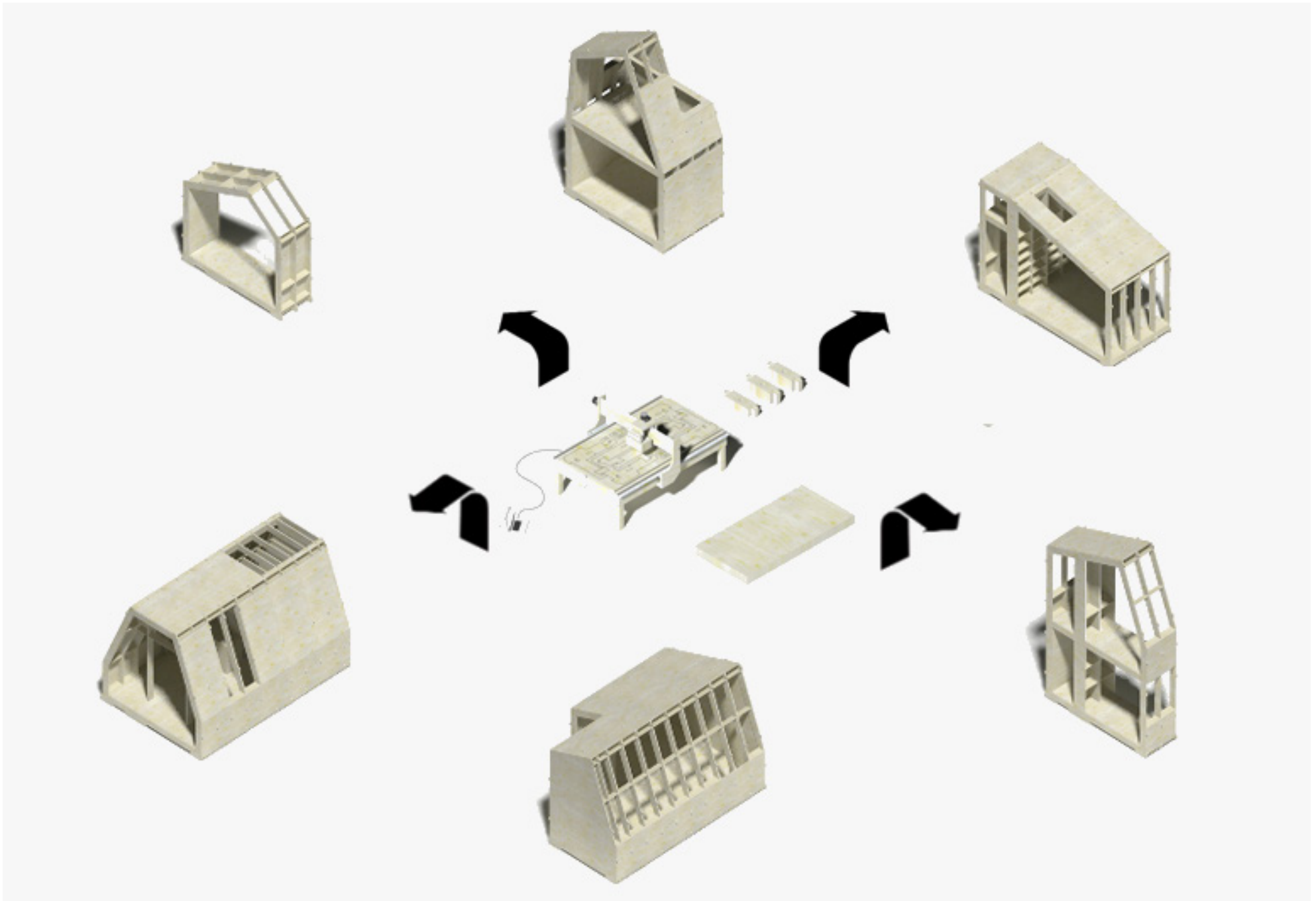
98. Despiece de elementos para producción y corte.



99. Prototipo de estructura.



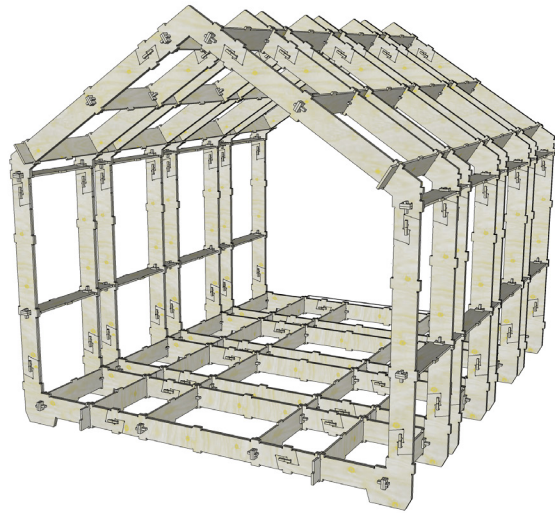
100. Proceso de producción y construcción colaborativa. Elaboración: propia. Fuente: Wikihouse



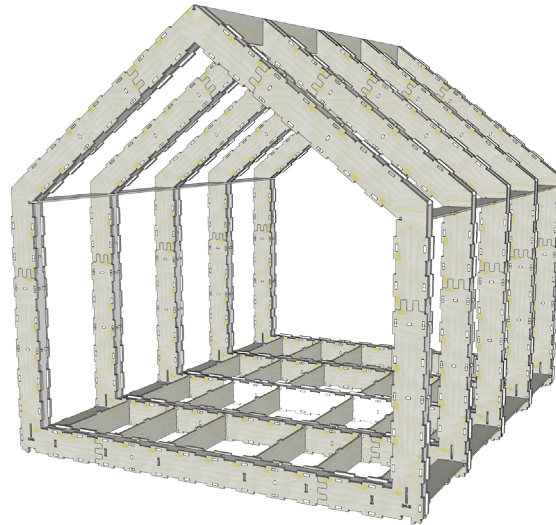
CAPÍTULO 5

ANÁLISIS DE CASOS

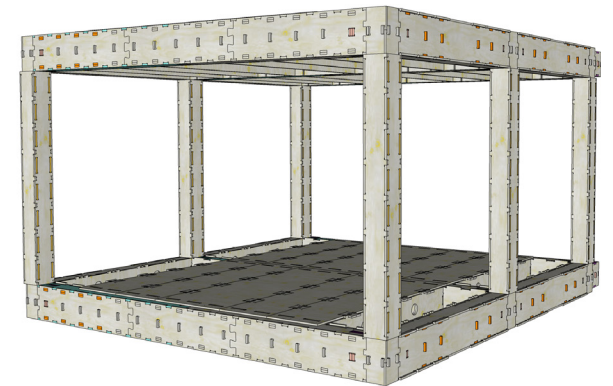
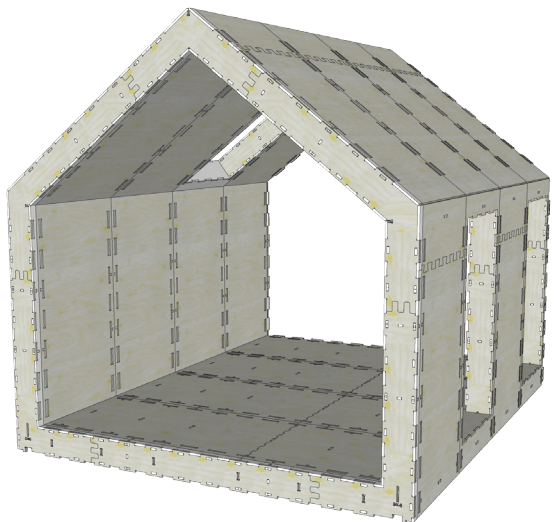
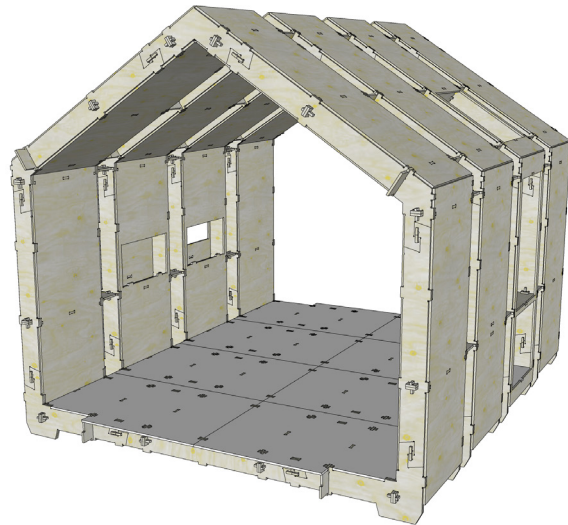
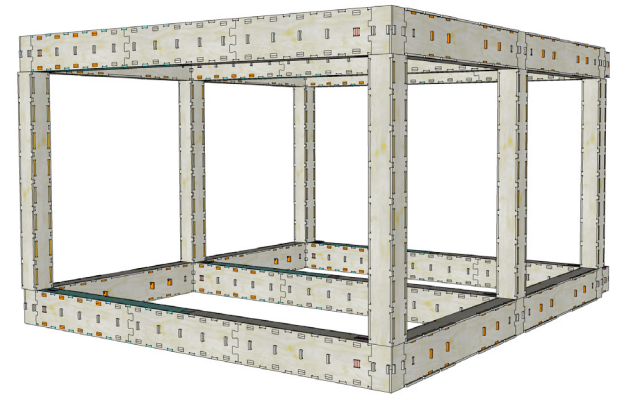
SISTEMA - PÓRTICO TIPO LÁMINA

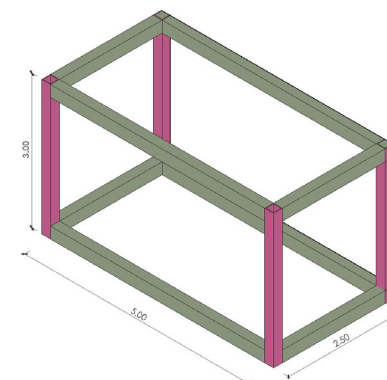
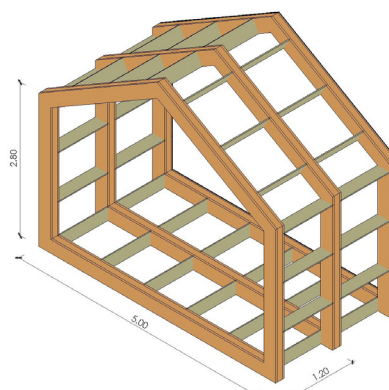
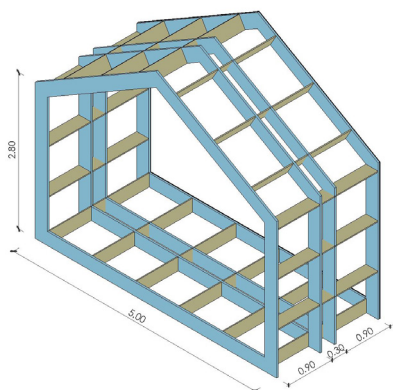


SISTEMA - PÓRTICO TIPO CAJA WREN



SISTEMA - COLUMNA + VIGA TIPO LÁMINA BLACKBIRD





103. Planteamiento dimensional base para los módulos sujetos a análisis. Elaboración: Propia

84 De acuerdo al objetivo que persigue este trabajo, se ha establecido como parte fundamental el análisis de proyectos referentes para sentar las bases estructurales de la propuesta. Estos referentes deben estar en sintonía con los temas principales abstraídos de la investigación del marco teórico: Arquitectura open source, producción de fabricación digital y la vinculación de la sociedad en el proceso constructivo.

Del entorno investigado se ha elegido como objeto de análisis 3 sistemas de prefabricación digital que emplean tecnología de fresado CNC + tablero estructural y que se han desarrollado como parte de la biblioteca de tecnologías de producción digital del proyecto Wikihouse.

- 1) Sistema Pórtico tipo lámina
- 2) WREN / Sistema Pórtico tipo caja
- 3) Blackbird / Sistema Columna + Viga tipo caja.

El proceso analítico para cada caso se ha planteado desarrollarlo en 2 fases:

- Análisis estructural empleando el software Dlubal - RFEM
- Análisis constructivos mediante la construcción de prototipos a escala 1:7

ANÁLISIS ESTRUCTURAL:

Este ejercicio se efectúa con el apoyo del software de análisis de elementos

finitos RFEM - Dlubal; el cual se utilizó en el cálculo estructural del ejercicio final de la cátedra de "Materiales avanzados e innovadores"

Dado que los 3 sistemas tienen sus peculiaridades compositivas y con el fin de establecer las mismas consideraciones analíticas, se plantea establecer un modelo base con dimensiones determinadas para los 3 sistemas. La geometría base tiene 5m de luz, 4.20m de altura con cubierta inclinada a 30° que inicia a 2.80m (caso 1 y 2), y 3.00m de altura (caso 3).

Para efectos de este trabajo se ha establecido aplicar un análisis estructural geoméricamente lineal o de primer orden, verificando siempre que la estructura no sea translacional. Es decir que no se considera la inestabilidad por pandeo producida por la irregularidad de la estructura y/o de los elementos.

Para la aplicación de la norma, se utiliza como base el Código Técnico de la Edificación⁹⁵, cotejando los valores que se manejan en la Norma Ecuatoriana de la Construcción.⁹⁶ Por tanto se analizan los siguientes documentos:

- Código técnico de la edificación - Documento básico - Seguridad estructural - Acciones en la edificación. (CTE-DB-SE-AE)
- Código técnico de la edificación - Documento básico - Seguridad estructural

95. Ministerio de Transporte Movilidad y Agenda Urbana, «Documentos del CTE (Código Técnico de la Edificación)».

96. Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, «Capítulos de la NEC (Norma Ecuatoriana de la Construcción)».

- Madera. (CTE-DB-SE-M)
- Norma Ecuatoriana de la construcción - Seguridad estructural - Cargas gravitatorias (No sísmicas). (NEC-SE-CG (No sísmicas)
- Norma Ecuatoriana de la construcción - Seguridad estructural - Madera. (NEC-SE-MD)

En primer lugar se realiza un análisis en 2D (plano X-Z) del pórtico base mediante barras, para entender el comportamiento a cargas gravitacionales y laterales. Aquí se identifica cuales son los elementos que presentan los esfuerzos (momentos) y deformaciones más críticos.

En segundo lugar se realiza un análisis en 3D del conjunto de 2 módulos base (caso 1 y 2) y 1 módulo base (caso 3) incluyéndose todos los componentes que conforman el sistema. Lo que sirve para comprender el comportamiento general y particular de cada elemento. Este estudio se realiza mediante análisis de superficies considerando como material base al OSB. Para este cálculo se estableció agrupar los distintos elementos que constituyen la estructura en composiciones de acuerdo a la función que cumplen. Así, el análisis de superficies se realiza de manera mas eficiente. El análisis consiste en llegar a establecer la cantidad de capas (tableros) con los que la composición cumplirá el ratio de aprovechamiento que involucra la relación demanda - resistencia.

Para efectos de este análisis debido a la geometría de los pórticos se considera analizar las fuerzas laterales únicamente en el eje X; y debido a que es simétrico

HIPÓTESIS DE CARGA		
Caso de carga	Descripción de la carga	Categoría de acción
CC1	Peso propio	Permanente
CC2	Sobre carga de uso	Sobrecarga de uso - Categoría A: zonas residenciales, domésticas
CC3	Sobre carga de uso cubierta	Sobrecarga de uso - Categoría H: cubiertas
CC4	Viento X+	Viento
CC5	Granizo	Nieve ($H \leq 1000$ m.s.n.m.)

solo se considera uno de los sentidos. Es decir solo se incorporan fuerzas de viento en el eje X+.

ANÁLISIS CONSTRUCTIVO:

Este análisis se lo realiza mediante la construcción de prototipos a escala 1:7 con el objetivo de tener una aproximación lo más real posible para evaluar la cantidad de material a emplear, la complejidad del armado de las uniones y del conjunto, la rigidez de la estructura y el tiempo de producción y armado.

La intención es manejar una escala adecuada que permita entender la configuración y ensamble de las uniones y del conjunto, por ello se a decidido manejar la escala 1:7. Las maquetas se realizan utilizando MDF de 2.5mm de espesor cortado con láser.

HIPÓTESIS DE CARGA

SOBRE CARGA DE USO - VIVIENDA Y CUBIERTA

Código Técnico de la Edificación - CTE-DB-AE

Norma Ecuatoriana de la Edificación - NEC-Cargas (No sísmicas)

86

Tabla 3.1. Valores característicos de las sobrecargas de uso

Categoría de uso	Subcategorías de uso	Carga uniforme [kN/m ²]	Carga concentrada [kN]
A Zonas residenciales	A1 Viviendas y zonas de habitaciones en, hospitales y hoteles	2	2
	A2 Trasteros	3	2
B Zonas administrativas		2	2
C Zonas de acceso al público (con la excepción de las superficies pertenecientes a las categorías A, B, y D)	C1 Zonas con mesas y sillas	3	4
	C2 Zonas con asientos fijos	4	4
	C3 Zonas sin obstáculos que impidan el libre movimiento de las personas como vestíbulos de edificios públicos, administrativos, hoteles; salas de exposición en museos; etc.	5	4
	C4 Zonas destinadas a gimnasio u actividades físicas	5	7
	C5 Zonas de aglomeración (salas de conciertos, estadios, etc)	5	4
D Zonas comerciales	D1 Locales comerciales	5	4
	D2 Supermercados, hipermercados o grandes superficies	5	7
E Zonas de tráfico y de aparcamiento para vehículos ligeros (peso total < 20 kN)		2	20⁽¹⁾
F Cubiertas transitables accesibles sólo privadamente ⁽²⁾		2	2
G Cubiertas accesibles únicamente para conservación ⁽³⁾	G1 ⁽⁷⁾ Cubiertas con inclinación inferior a 20°	1 ⁽⁴⁾⁽⁸⁾	2
	G2 Cubiertas ligeras sobre correas (sin forjado) ⁽⁵⁾	0,4 ⁽⁴⁾	1
	G2 Cubiertas con inclinación superior a 40°	0	2

Ocupación o Uso	Carga uniforme (kN/m ²)	Carga concentrada (kN)
Pisos para cuarto de máquinas de elevadores (áreas de 2600 mm ²)		1.40
Residencias		
Viviendas (unifamiliares y bifamiliares)	2.00	
Hoteles y residencias multifamiliares	2.00	
Habitaciones	4.80	
Salones de uso público y sus corredores		
Salas de baile	4.80	
Salas de billar, bolos y otras áreas de recreación similares	3.60	
Salida de emergencia	4.80	
Únicamente para residencias unifamiliares	2.00	
Sistemas de pisos para circulación		
Para oficinas	2.40	9.00
Para centros de cómputo	4.80	9.00

Ocupación o Uso	Carga uniforme (kN/m ²)	Carga concentrada (kN)
Cubiertas		
Cubiertas planas, inclinadas y curvas	0.70	
Cubiertas destinadas para áreas de paseo	3.00	
Cubiertas destinadas en jardinería o patios de reunión.	4.80	
Cubiertas destinadas para propósitos especiales		
Toldos y carpas	i	i
Construcción en lona apoyada sobre una estructura ligera	0.24 (no reduc.)	
Todas las demás	1.00	
Elementos principales expuestos a áreas de trabajo		8.90
Carga puntual en los nudos inferiores de la celosía de cubierta, miembros estructurales que soportan cubiertas sobre fábricas, bodegas y talleres de reparación vehicular		1.40
Todos los otros usos		1.40
Todas las superficies de cubiertas sujetas a mantenimiento de trabajadores		
En la región andina y sus estribaciones, desde una cota de 1000 m sobre el nivel del mar, no se permite la reducción de carga viva en cubiertas para prevenir caídas de granizo o ceniza.		

VIENTO

GRANIZO

3.3.2 Acción del viento

1 La acción de viento, en general una fuerza perpendicular a la superficie de cada punto expuesto, o presión estática, q_w puede expresarse como:

$$q_w = q_s \cdot c_s \cdot c_p \quad (3.1)$$

siendo:

- q_s : la presión dinámica del viento. De forma simplificada, como valor en cualquier punto del territorio español, puede adoptarse 0.5 kN/m². Pueden obtenerse valores más precisos mediante el anexo D, en función del emplazamiento geográfico de la obra.
- c_s : el coeficiente de exposición, variable con la altura del punto considerado, en función del grado de aspereza del entorno donde se encuentra ubicada la construcción. Se determina de acuerdo con lo establecido en 3.3.3. En edificios suburbanos de hasta 8 plantas puede tomarse un valor constante, independiente de la altura, de 2.0.
- c_p : el coeficiente eólico o de presión, dependiente de la forma y orientación de la superficie respecto al viento, y en su caso, de la situación del punto respecto a los bordes de esa superficie; un valor negativo indica succión. Su valor se establece en 3.3.4 y 3.3.5.

2 Los edificios se comprobarán ante la acción del viento en todas direcciones, independientemente de la existencia de construcciones contiguas medianeras, aunque generalmente bastará la consideración en dos sensiblemente ortogonales cualesquiera. Para cada dirección se debe considerar la acción en los dos sentidos. Si se procede con un coeficiente eólico global, la acción se considerará aplicada con una excentricidad en planta del 5% de la dimensión máxima del edificio en el plano perpendicular a la dirección de viento considerada y del lado desfavorable.

c. Cálculo de la presión del viento

Se considera que la acción del viento actúa como presión sobre los elementos de fachada. Para determinar la resistencia del elemento frente al empuje del viento, se establece una presión de cálculo P , cuyo valor se determinará mediante la siguiente expresión:

$$P = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V_0^2 \cdot c_{pe} \cdot c_f$$

Dónde:

- P : Presión de cálculo expresada en Pa (N/m²)
- ρ : Densidad del aire expresada en Kg/m³ (En general, se puede adoptar 1.25 Kg/m³)
- c_{pe} : Coeficiente de entornal/altura
- c_f : Coeficiente de forma (apartado d de la presente sección 3.2.4)

Código Técnico de la Edificación - CTE-DB-AE

Norma Ecuatoriana de la Construcción - NEC-Cargas (No sísmicas)

3.5.2 Carga de nieve sobre un terreno horizontal

El valor de la sobrecarga de nieve sobre un terreno horizontal, s , en las capitales de provincia y ciudades autónomas se puede tomar de la tabla 3.8

Tabla 3.8 Sobrecarga de nieve en capitales de provincia y ciudades autónomas

Capital	Altitud m	s_k kN/m ²	Capital	Altitud m	s_k kN/m ²	Capital	Altitud m	s_k kN/m ²
Albacete	690	0,6	Guadalajara	680	0,6	PortoVedra	0	0,3
Alicante / Alicante	0	0,2	Huelva	470	0,7	Salamanca	780	0,5
Almería	1190	0,2	Huesca	570	1,2	San-Sebaas	0	0,3
Ávila	180	1,0	Jáen	820	0,4	San-Donostia	0	0,7
Baleares	0	0,2	León	580	1,2	Santander	1.000	0,3
Barcelona	0	0,4	Lérida / Lérida	180	0,5	Segovia	10	0,2
Burgos	0	0,3	Lugo	380	0,7	Sevilla	1.000	0,4
Burgos	440	0,6	Logroño	470	0,6	Soria	0	0,4
Cáceres	0	0,4	Madrid	660	0,8	Tarragona	0	0,2
Cádiz	0	0,2	Málaga	0	0,2	Tenerife	950	0,9
Castellón	0	0,2	Murcia	40	0,2	Teruel	550	0,5
Ciudad Real	840	0,6	Orense / Ourense	230	0,4	Toledo	0	0,4
Córdoba	0	0,2	Oviedo	130	0,5	Valencia/Valencia	690	0,2
Coruña / A Coruña	10	0,3	Palencia	740	0,4	Valladolid	520	0,7
Cuenca	110	1,0	Palma de Mallorca	0	0,2	Vitoria / Gasteiz	650	0,4
Gerona / Girona	70	0,4	Palmas, Las	0	0,2	Zamora	210	0,5
Granada	690	0,5	Pamplona/Iruña	450	0,7	Zaragoza	0	0,2
						Ceuta y Melilla	0	0,2

3.2.5. Cargas de granizo

Se considerará una acumulación del granizo en corto tiempo.

Se debe tomar en cuenta para regiones del país con más de 1500 msnm, las cargas de granizo S , tal como se especifica en los siguientes párrafos.

La carga de granizo S se determinará por la siguiente formulación:

$$S = p_s \cdot H_s$$

Dónde:

- p_s : Peso específico del granizo (en defecto: 1000 Kg/m³)
- H_s : Altura de acumulación (m)

Para cubiertas con pendientes menores del 15%

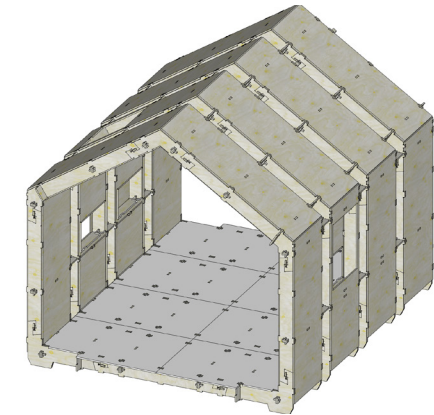
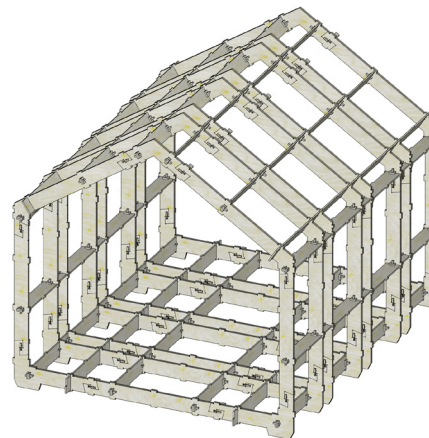
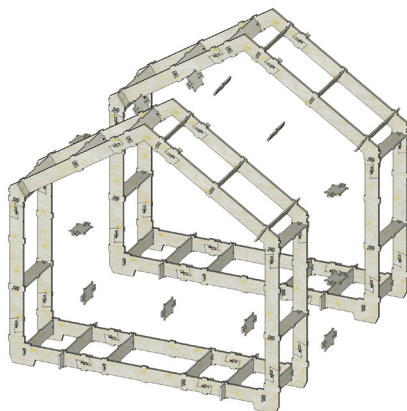
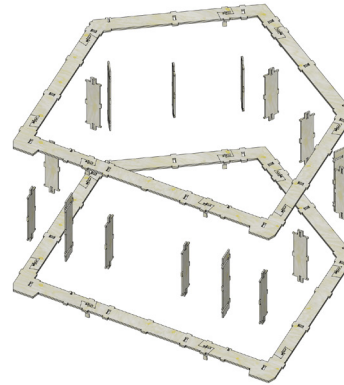
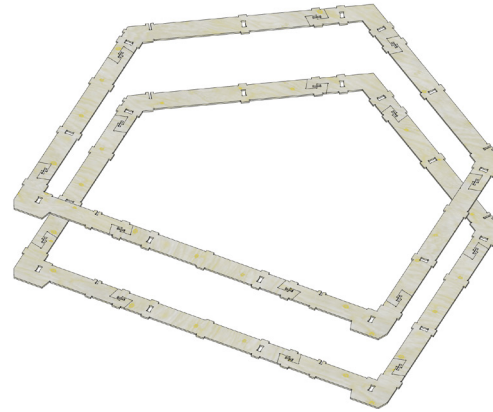
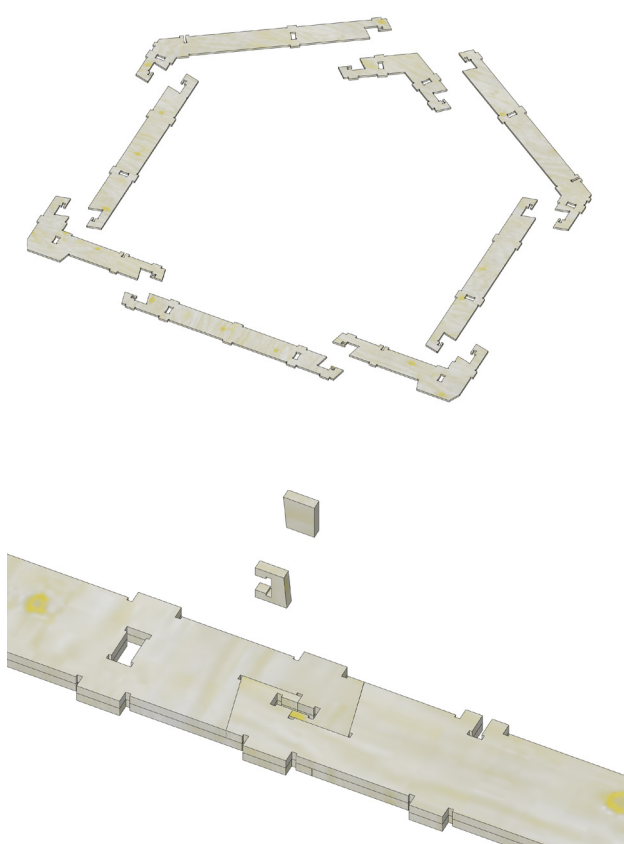
Se debe considerar una carga de granizo mínima de 0.50 kN/m²



5.1 SISTEMA

PÓRTICO TIPO LÁMINA

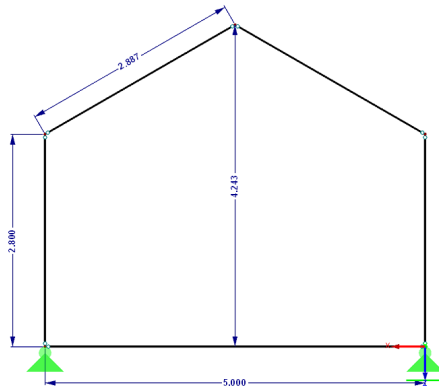
El elemento principal es el pórtico, que está conformado por 2 láminas de tablero unidas a base de presión - fricción por cuñas tipo taco japonés. La unión de 2 pórticos mediante los travesaños conectados de igual manera, conforman el módulo. La consecución de módulos da como resultado el espacio habitable. Finalmente, la estructura se rigidiza con la colocación de tableros exteriores e interiores.



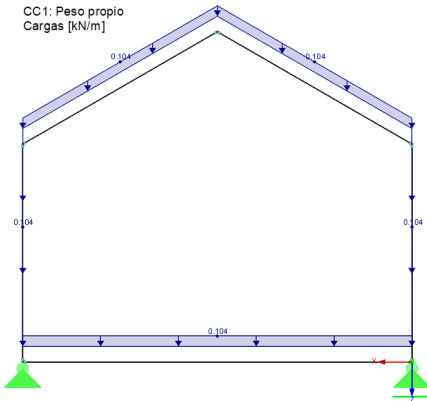
104. Proceso de Armado y montaje. Elaboración: Propia. Fuente: Wikihouse

105. Proyecto presentado en la World Maker Faire 2013 - Wikihouse.

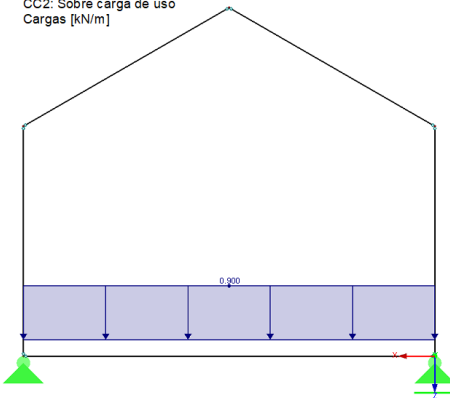
Geometría base



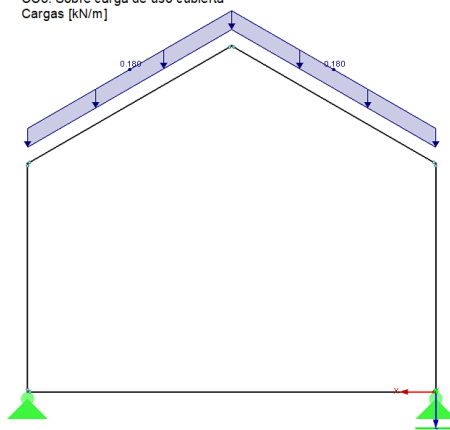
Hipótesis de carga - Acciones



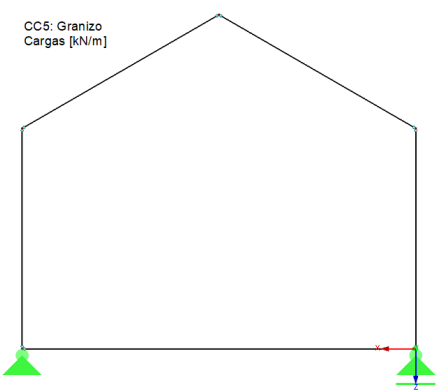
CC2: Sobre carga de uso
Cargas [kN/m]



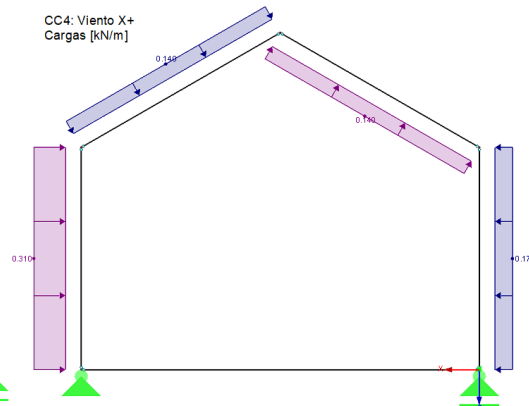
CC3: Sobre carga de uso cubierta
Cargas [kN/m]



CC5: Granizo
Cargas [kN/m]



CC4: Viento X+
Cargas [kN/m]

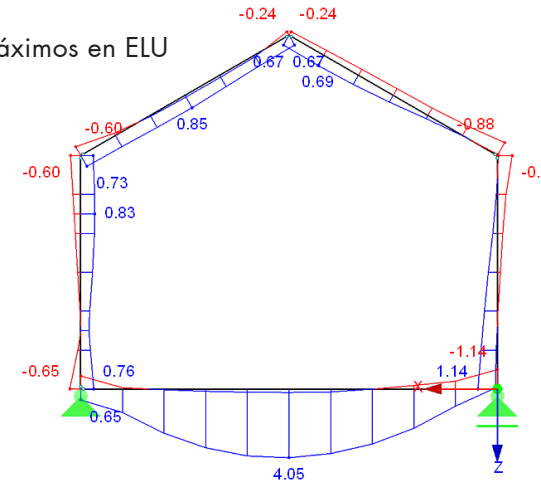


Hipótesis de carga - Combinaciones

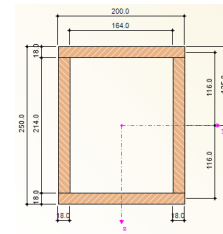
ELU ELS

Combin.	Descripción	Peso Propio	Sobra carga de uso	Sobra carga de cubierta	Viento X-	Granizo
CO1	1.35*CC1	1,350				
CO2	1.35*CC1 + 1.5*CC2	1,350	1,500			
CO4	1.35*CC1 + 1.5*CC2 + 1.05*CC3 + 0.9*CC4	1,350	1,500	1,050	0,900	
CO5	1.35*CC1 + 1.5*CC2 + 1.05*CC3 + 0.9*CC4 + 0.75*CC5	1,350	1,500	1,050	0,900	0,750
CO6	1.35*CC1 + 1.5*CC2 + 1.05*CC3 + 0.75*CC5	1,350	1,500	1,050	0,750	
CO13	1.35*CC1 + 1.05*CC2 + 1.5*CC3 + 0.9*CC4 + 0.75*CC5	1,350	1,050	1,500	0,900	0,750
CO14	1.35*CC1 + 1.05*CC2 + 1.5*CC3 + 0.75*CC5	1,350	1,050	1,500	0,750	
CO17	1.35*CC1 + 1.5*CC3 + 0.75*CC5	1,350	1,500	0,750		
CO18	1.35*CC1 + 1.5*CC4	1,350	1,500			
CO19	1.35*CC1 + 1.05*CC2 + 1.5*CC4	1,350	1,050	1,500		
CO21	1.35*CC1 + 1.05*CC2 + 1.05*CC3 + 1.5*CC4 + 0.75*CC5	1,350	1,050	1,050	1,500	0,750
CO24	1.35*CC1 + 1.05*CC3 + 1.5*CC4 + 0.75*CC5	1,350	1,050	1,500	0,750	
CO34	CC1	1,000				
CO35	CC1 + CC2	1,000	1,000			
CO67	CC1 + 0.3*CC2	1,000	0,300			
CO68	CC1 + 0.3*CC2 + 0.3*CC3	1,000	0,300	0,300		
CO69	CC1 + 0.3*CC3	1,000	0,300			
CO70	CC1 + 0.7*CC3 + CC5	1,000	0,700	1,000		

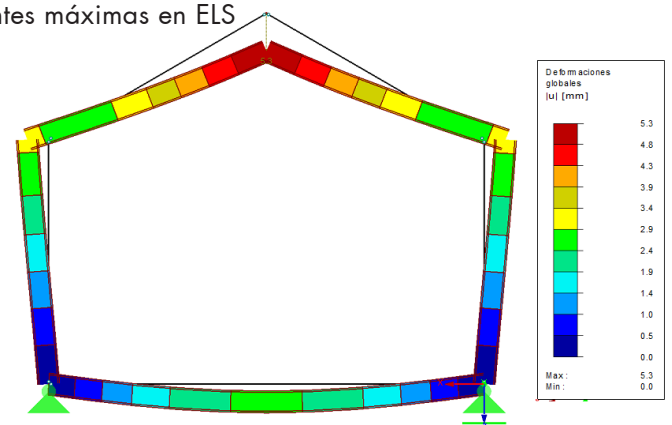
Momentos resultantes máximos en ELU

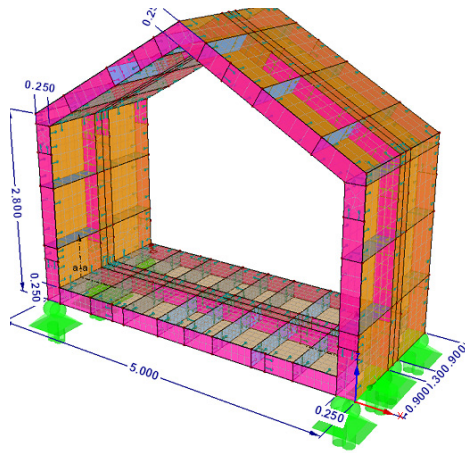


Barra tipo



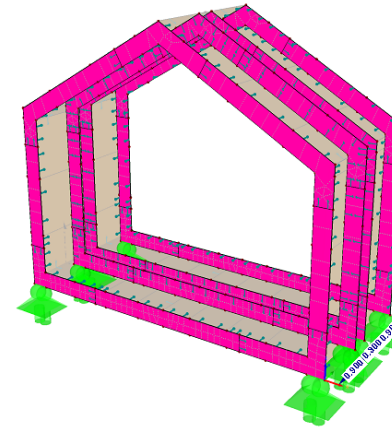
Deformaciones resultantes máximas en ELS





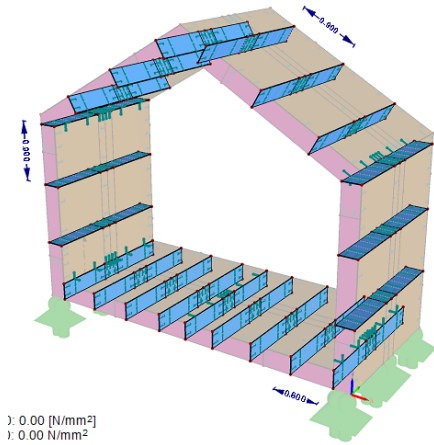
Geometría base

OSB clase 3/4 (18mm)	
Propiedades	N/mm2
Flexión paralela	16,4
Flexión perpendicular	8,2
Tracción paralela	9,4
Tracción perpendicular	7
Compresión paralela	15,4
Compresión perpendicular	12,7
Módulo de elasticidad eje x	3800
Módulo de elasticidad eje y	3000



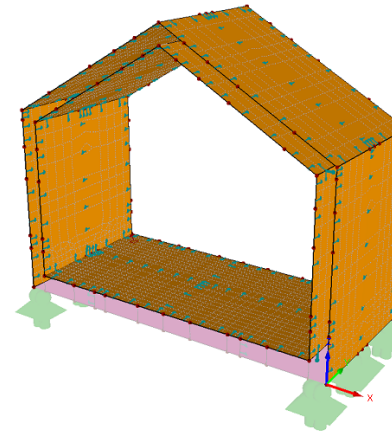
Composición 1

Composición: 1 Pórticos		
Capa	Material	Espesor
1	OSB (EN 300) OSB/3	18 mm.
2	OSB (EN 300) OSB/3	18 mm.
3	OSB (EN 300) OSB/3	18 mm.



Composición 2

Composición: 2 Travesaños		
Capa	Material	Espesor
1	OSB (EN 300) OSB/3	18 mm.
2		
3		

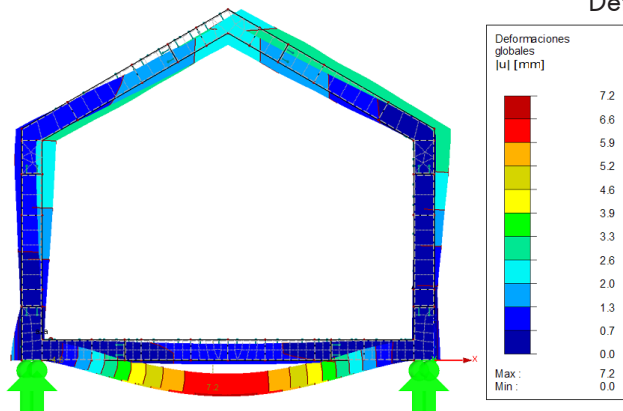


Composición 3

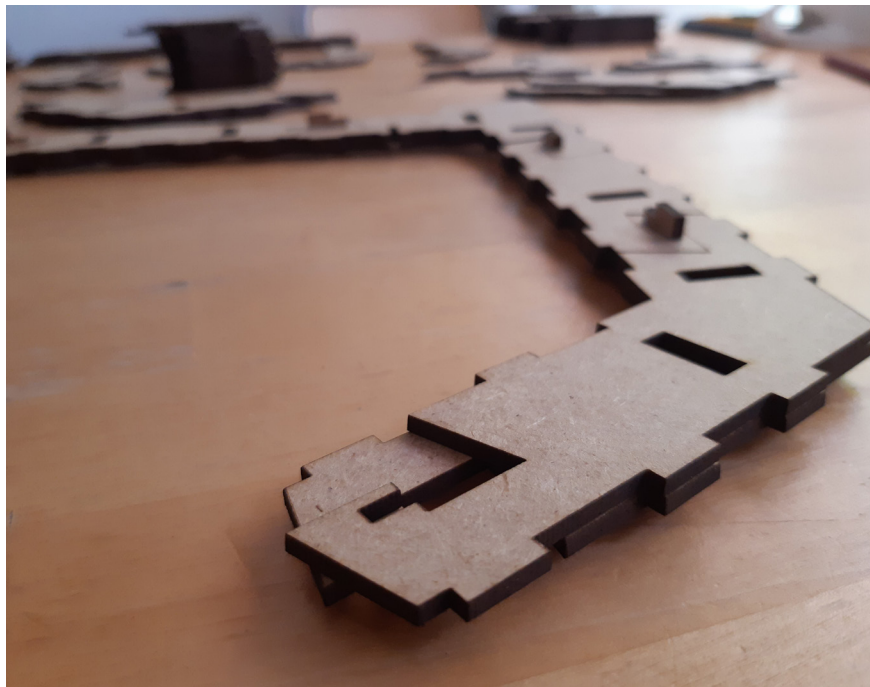
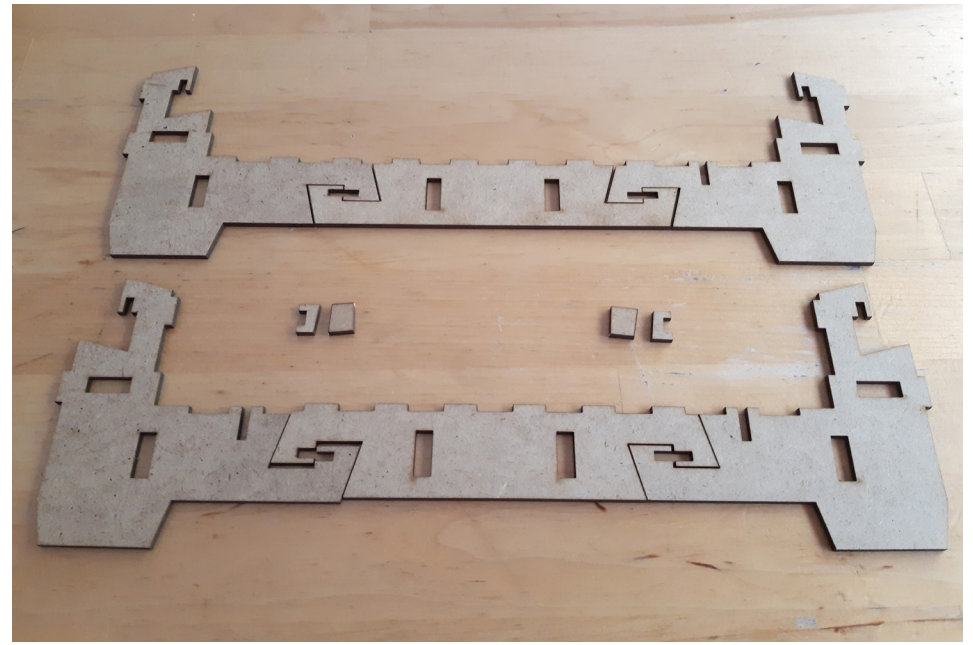
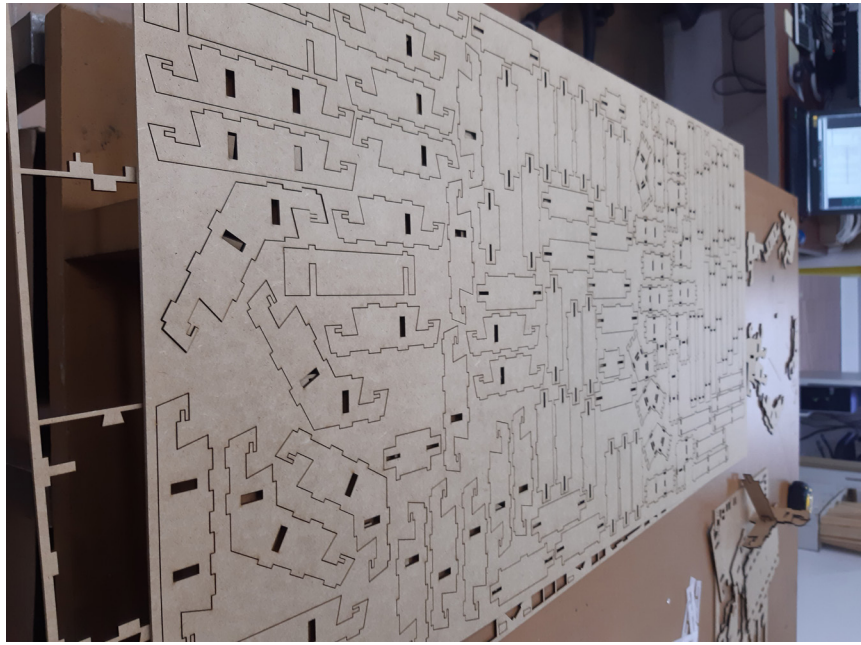
Composición: 3 Arriostramientos generales		
Capa	Material	Espesor
1	OSB (EN 300) OSB/3	18 mm.
2		
3		

0.00 [N/mm²]
0.00 N/mm²

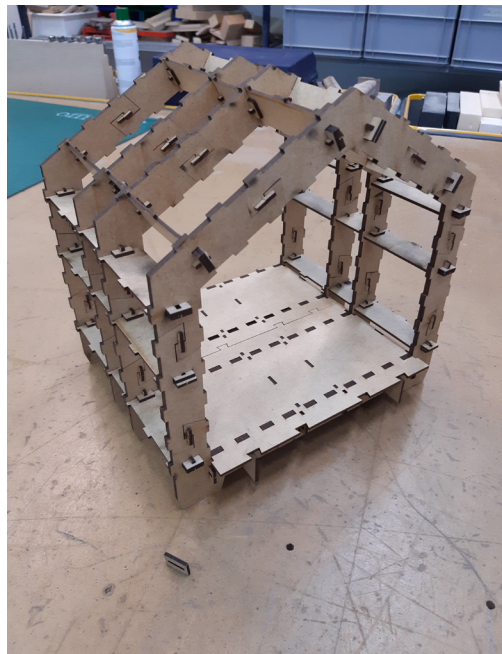
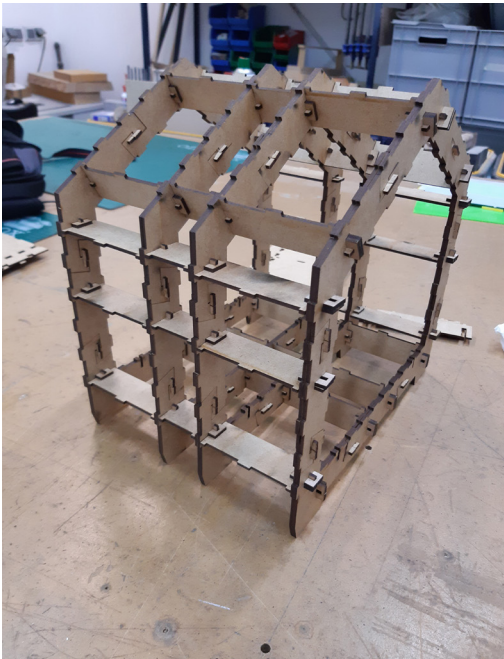
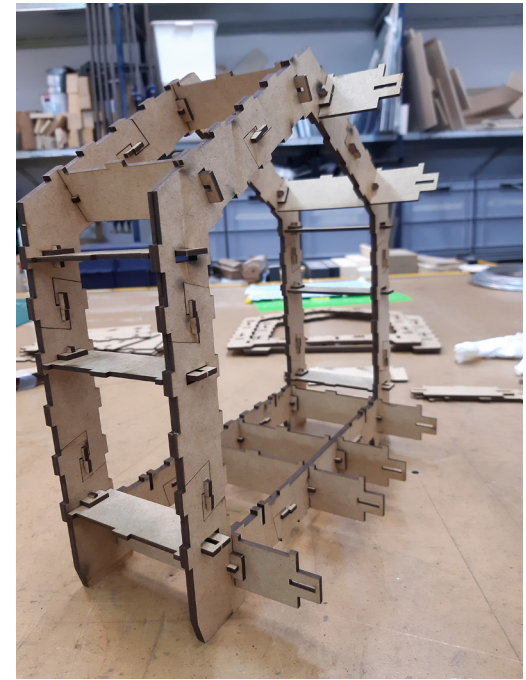
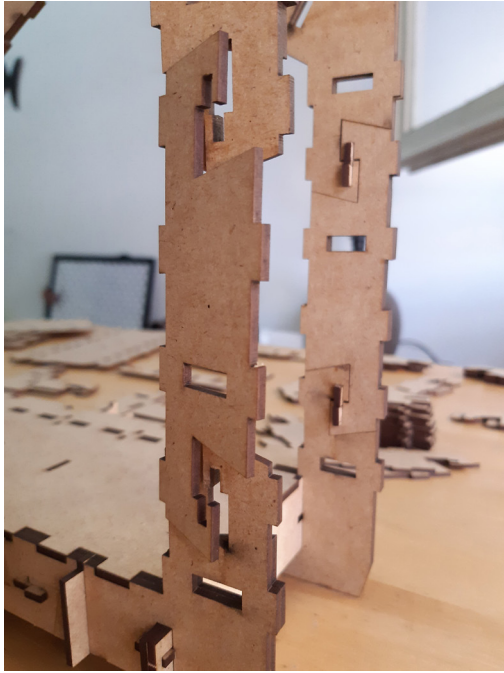
Deformación en ELS

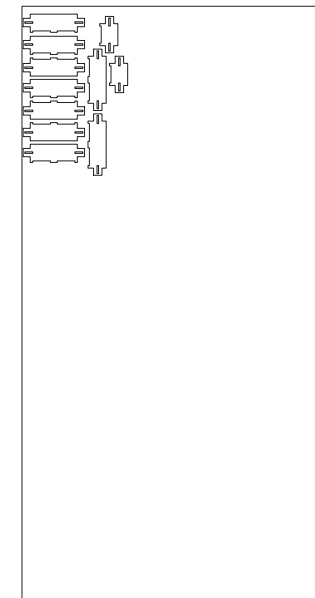
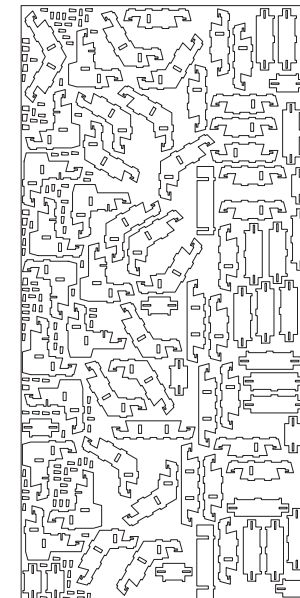
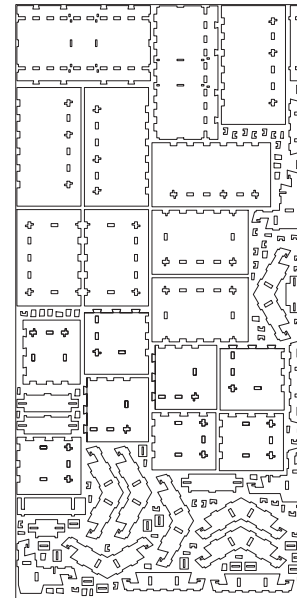
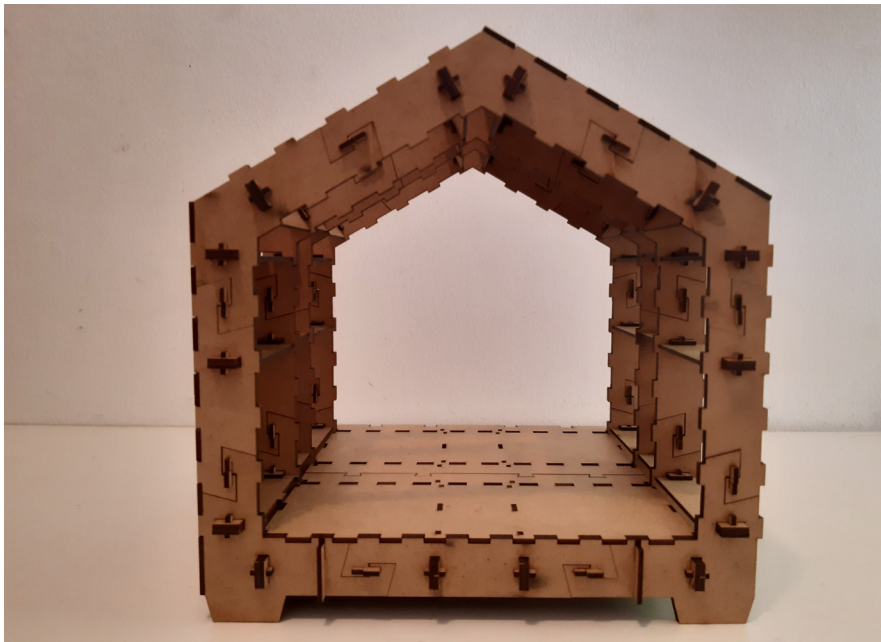


Tras el análisis en 2D mediante barras, podemos verificar que los puntos de la base de la cubierta son los que soportan los mayores momentos, además de la luz central del entrepiso. Las zonas donde los momentos tienden a ser negativos es donde deberían diseñarse las uniones. También nos da una primera idea de la deformada en ELS. En el análisis en 3D se estudian 2 módulos utilizando como base el uso del OSB clase 3, involucrando un proceso de prueba y error hasta establecer la cantidad de láminas que tendría que tener cada composición para satisfacer el ratio máximo de demanda - resistencia < 1. Se puede observar que la composición 1 tendría que estar conformada por 3 capas de OSB de 18mm, la composición 2 por 1 capa y la composición 3 también por 1 capa. Con estas composiciones se llega a una deformada máxima de 7.2 mm cumpliendo con los establecido en la norma $L/300 = 5000/300 = 16.667 \text{ mm} > 7.2 \text{ mm}$



ANÁLISIS CONSTRUCTIVO





Cantidad de tableros base	2,1
Longitud de corte	71918,3 mm
Tiempo de corte	48 min.

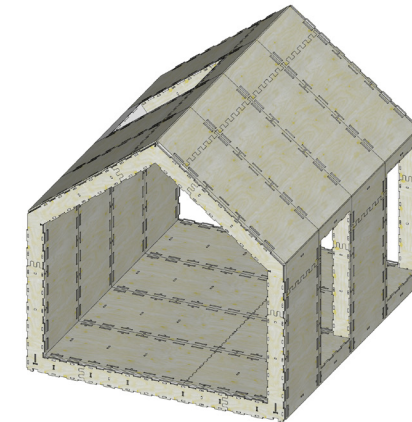
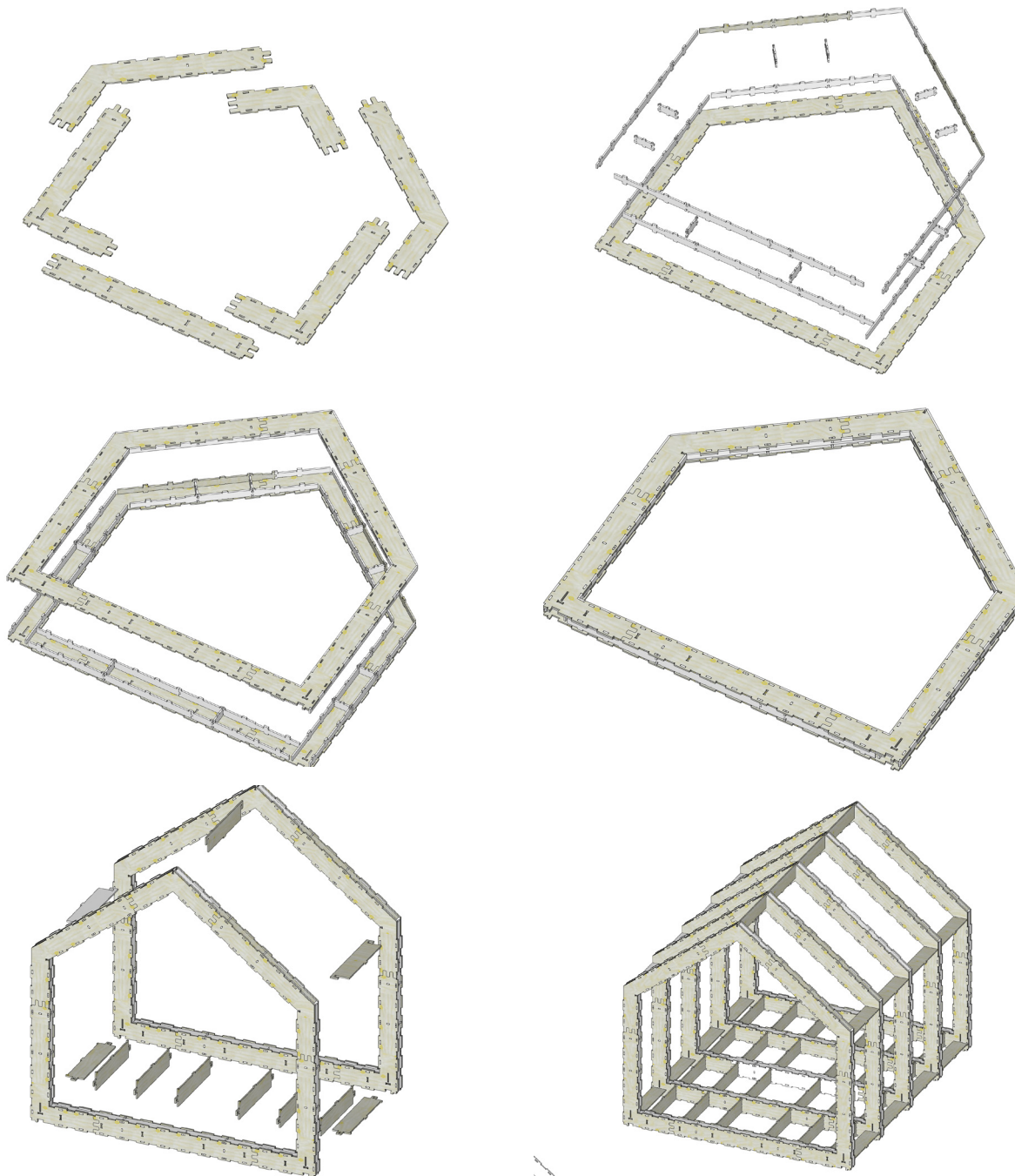
Se pudo evidenciar la rigidez que alcanza el pórtico con la presión que ejercen las cuñas, y en conjunto con el arriostramiento de los tableros se alcanza la rigidización total, sin necesidad de elementos metálicos. Sin embargo, se puede concluir que este sistema cabe para edificación de pequeño tamaño ya que las uniones deben tener una continua calibración y ajuste.

5.2 SISTEMA

PÓRTICO TIPO CAJA / WREN

El pórtico está conformado por 2 caras frontales y cierres laterales exteriores e interiores, formando un elemento a manera de una caja. Internamente se arriestra con travesaños que se fijan con trabas tipo caja y espiga. Los pórticos se juntan entre sí mediante travesaños y se reviste el conjunto con tableros interiores y exteriores. La rigidez del sistema se encuentra en las uniones por fricción - presión y en la aplicación de tornillos.

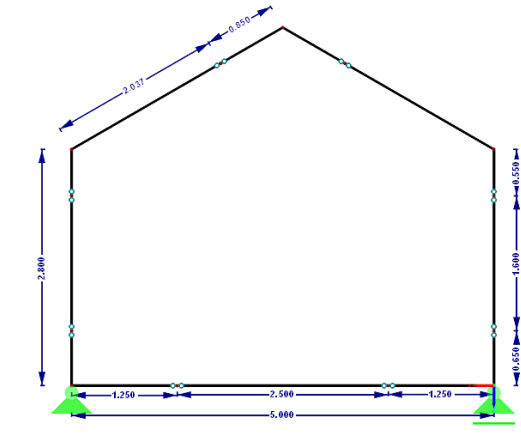
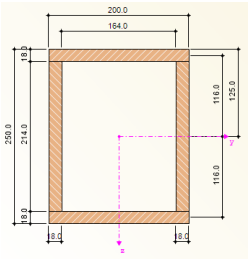
93



107. Proceso de Armado y montaje. Elaboración: Propia. Fuente: Wikihouse

108. Proyecto desarrollado por Architecture 00. 109. Proyecto Farmhouse, 2017.

Geometría base y Barra tipo

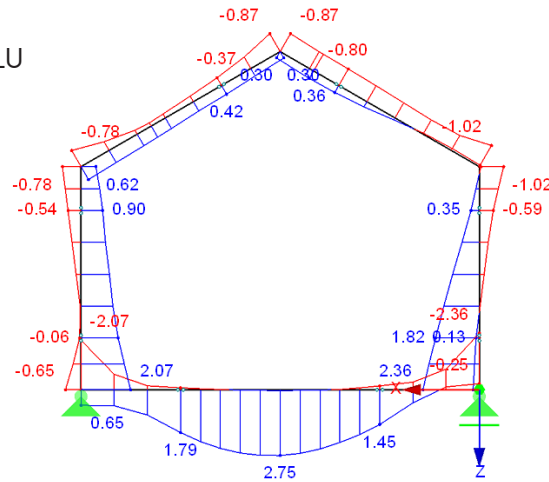


Hipótesis de carga - Combinaciones

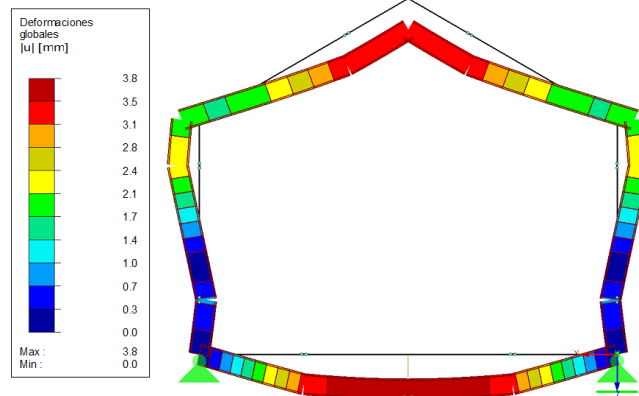
ELU ELS

Combin.	Descripción	Peso Propio	Sobra carga de uso	Sobra carga de cubierta	Viento X-	Granizo
CO1	1.35*CC1	1,350				
CO2	1.35*CC1 + 1.5*CC2	1,350	1,500			
CO4	1.35*CC1 + 1.5*CC2 + 1.05*CC3 + 0.9*CC4	1,350	1,500	1,050	0,900	
CO5	1.35*CC1 + 1.5*CC2 + 1.05*CC3 + 0.9*CC4 + 0.75*CC5	1,350	1,500	1,050	0,900	0,750
CO6	1.35*CC1 + 1.5*CC2 + 1.05*CC3 + 0.75*CC5	1,350	1,500	1,050	0,750	
CO13	1.35*CC1 + 1.05*CC2 + 1.5*CC3 + 0.9*CC4 + 0.75*CC5	1,350	1,050	1,500	0,900	0,750
CO14	1.35*CC1 + 1.05*CC2 + 1.5*CC3 + 0.75*CC5	1,350	1,050	1,500	0,750	
CO17	1.35*CC1 + 1.5*CC3 + 0.75*CC5	1,350	1,500	0,750		
CO18	1.35*CC1 + 1.5*CC4	1,350	1,500			
CO19	1.35*CC1 + 1.05*CC2 + 1.5*CC4	1,350	1,050	1,500		
CO21	1.35*CC1 + 1.05*CC2 + 1.05*CC3 + 1.5*CC4 + 0.75*CC5	1,350	1,050	1,050	1,500	0,750
CO24	1.35*CC1 + 1.05*CC3 + 1.5*CC4 + 0.75*CC5	1,350	1,050	1,500	0,750	
CO34	CC1	1,000				
CO35	CC1 + CC2	1,000	1,000			
CO67	CC1 + 0.3*CC2	1,000	0,300			
CO68	CC1 + 0.3*CC2 + 0.3*CC3	1,000	0,300	0,300		
CO69	CC1 + 0.3*CC3	1,000	0,300			
CO70	CC1 + 0.7*CC3 + CC5	1,000	0,700	1,000		

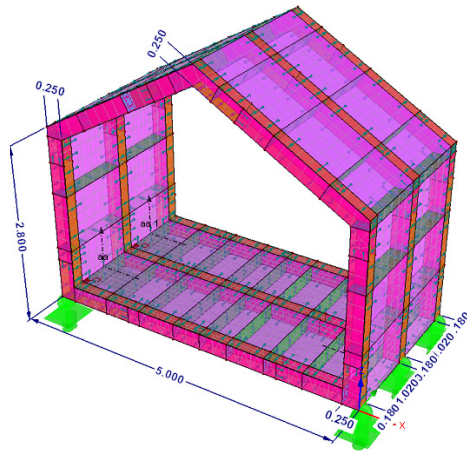
Momentos máximos en ELU



Deformaciones máximas en ELS

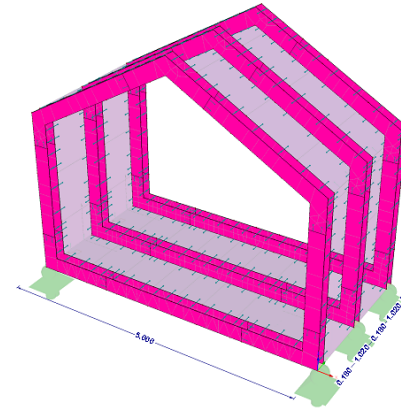


En este caso no se muestran las acciones de carga debido a que son las mismas del caso anterior. Para este análisis se realizó el ejercicio de estudiar el marco en 2D considerando las uniones desplazadas de los vértices, tomando en cuenta las zonas donde en el análisis anterior los momentos tienden a ser negativos. Se observa que existe una diferencia muy marcada con los momentos del elemento de entrespaño. Puntualmente el momento positivo central se ha reducido significativamente. De igual manera las deformaciones. El análisis en 3D de igual manera involucra dos módulos empleando OSB clase 3. Este modelo se lo ha dividido en 4 composiciones. Se puede observar que todas las composiciones cumplen el ratio de aprovechamiento con únicamente un capa de tablero. la deformación máxima en ELS es de 3.2 mm cumpliendo con los establecido en la norma $L/300 = 5000/300 = 16.667 \text{ mm} > 3.2 \text{ mm}$. En comparación con el pórtico tipo lámina aquí se produce deformaciones menores en alrededor de un 60%, esto es debido a la cantidad mayor de elementos que intervienen en el sistema.



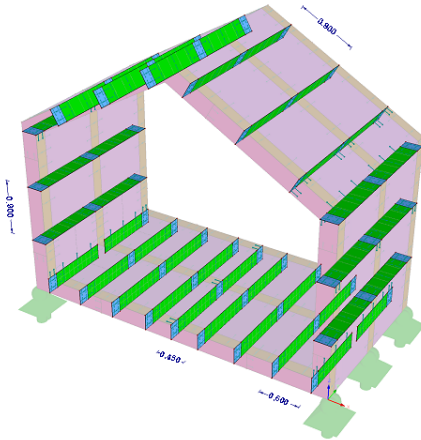
Geometría base

OSB clase 3/4 (18mm)	
Propiedades	N/mm2
Flexion paralela	16,4
Flexion perpendicular	8,2
Tracción paralela	9,4
Tracción perpendicular	7
Compresión paralela	15,4
Compresión perpendicular	12,7
Módulo de elasticidad eje x	3800
Módulo de elasticidad eje y	3000



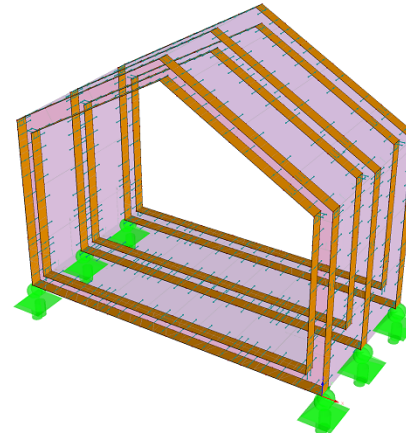
Composición 1

Composición: 1 Pórticos		
Capa	Material	Espesor
1	OSB (EN 300) OSB/3	18 mm.
2		
3		



Composición 2

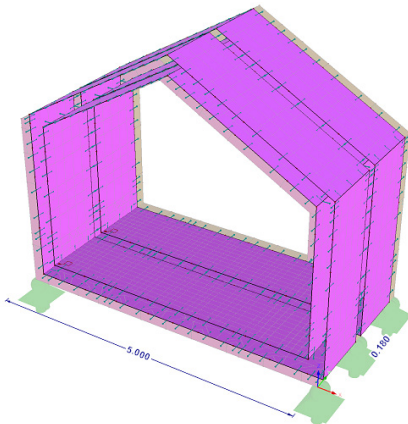
Composición: 2 Travesaños pórticos y general		
Capa	Material	Espesor
1	OSB (EN 300) OSB/3	18 mm.
2		
3		



Composición 3

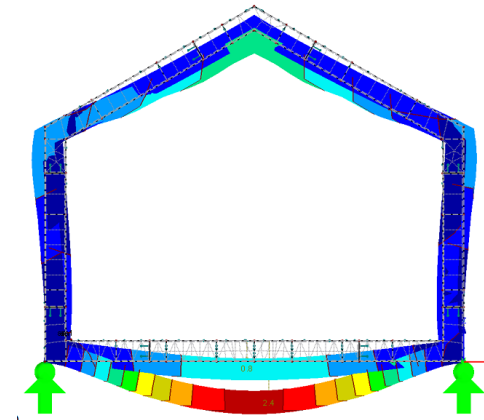
95

Composición: 3 Arriostramientos pórticos		
Capa	Material	Espesor
1	OSB (EN 300) OSB/3	18 mm.
2		
3		

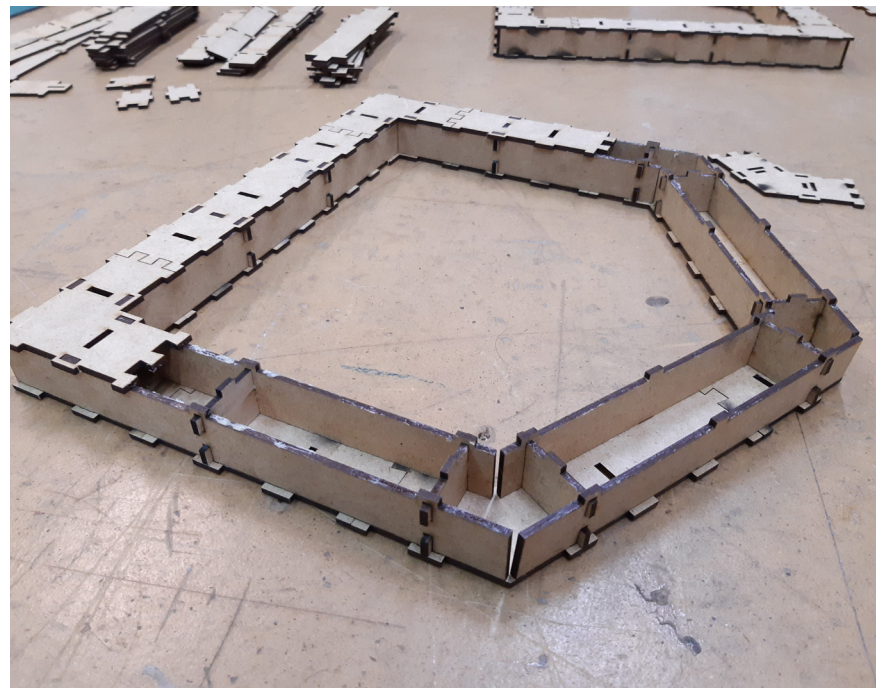
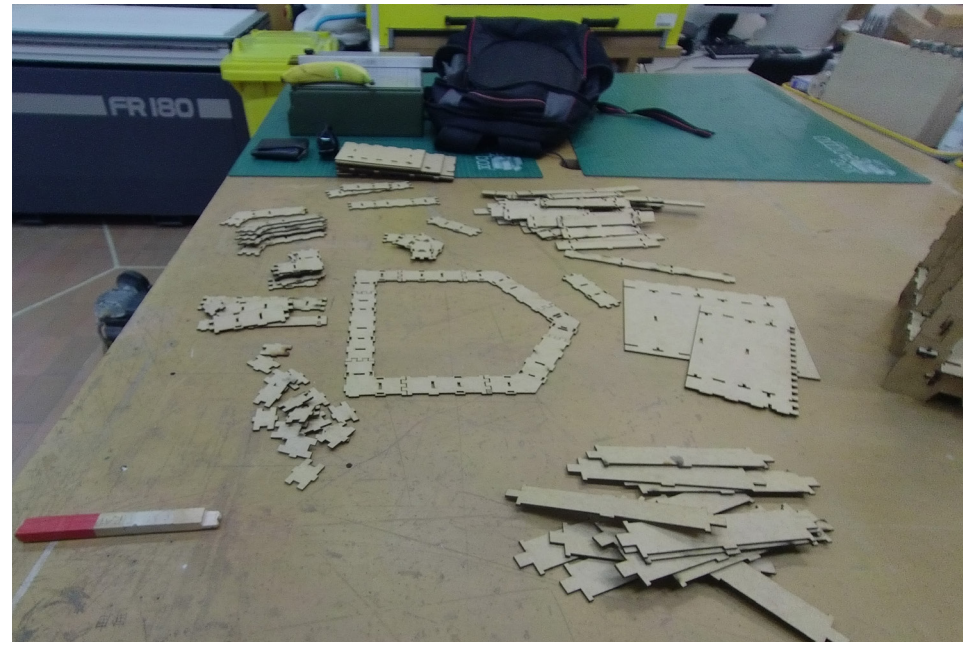
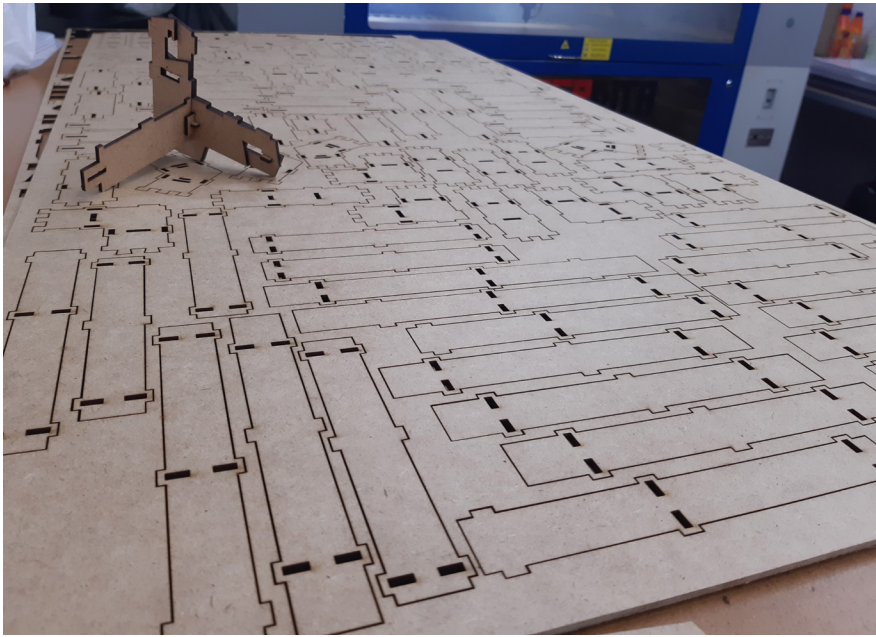


Composición 4

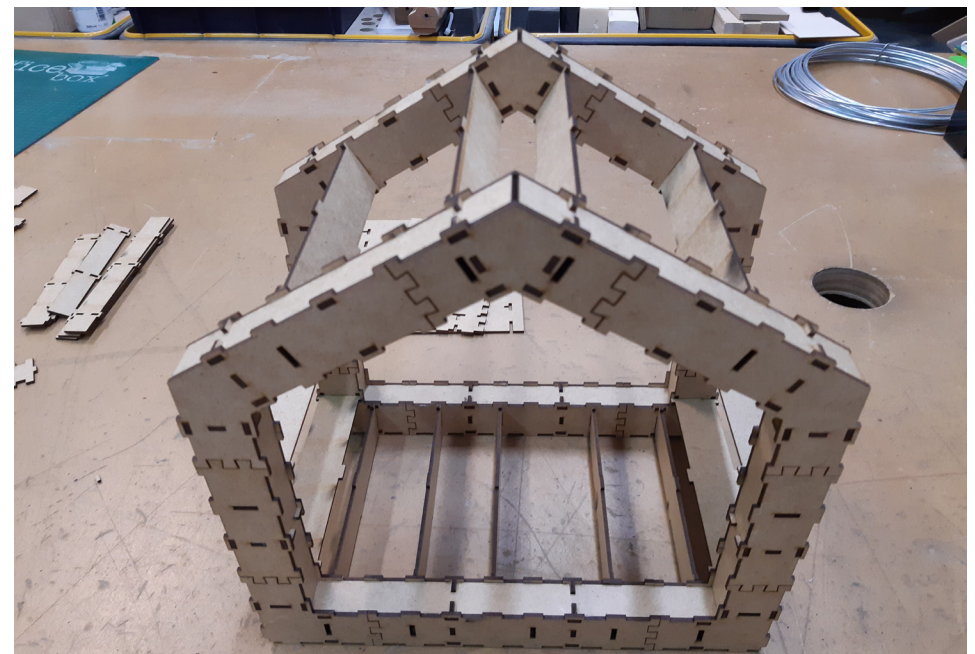
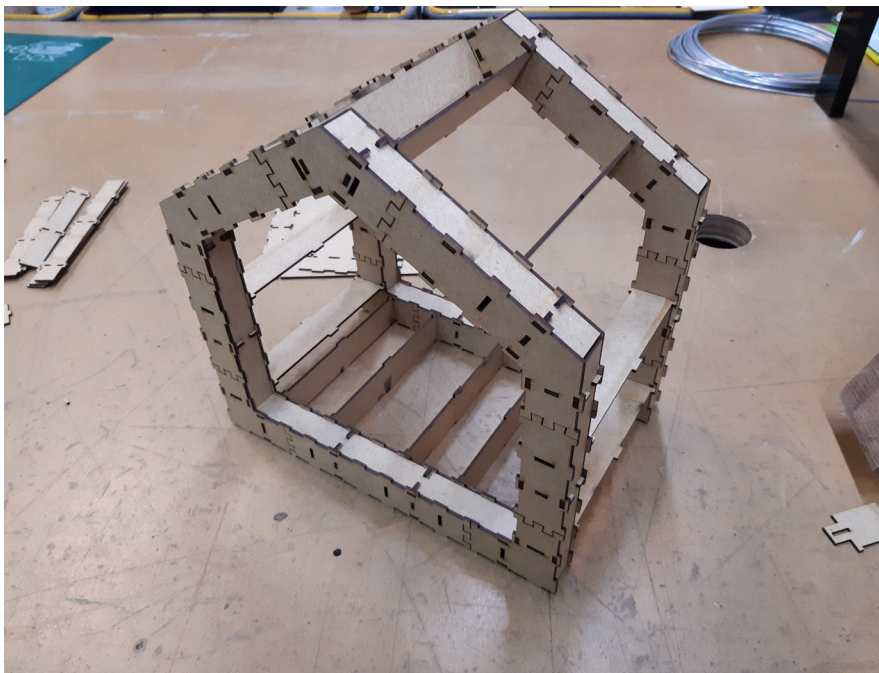
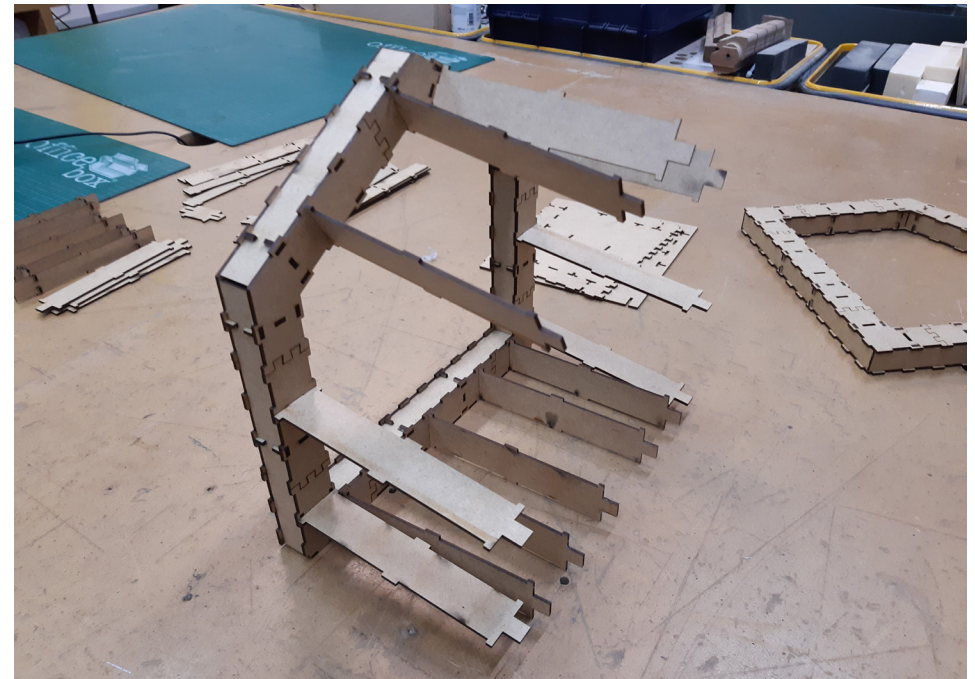
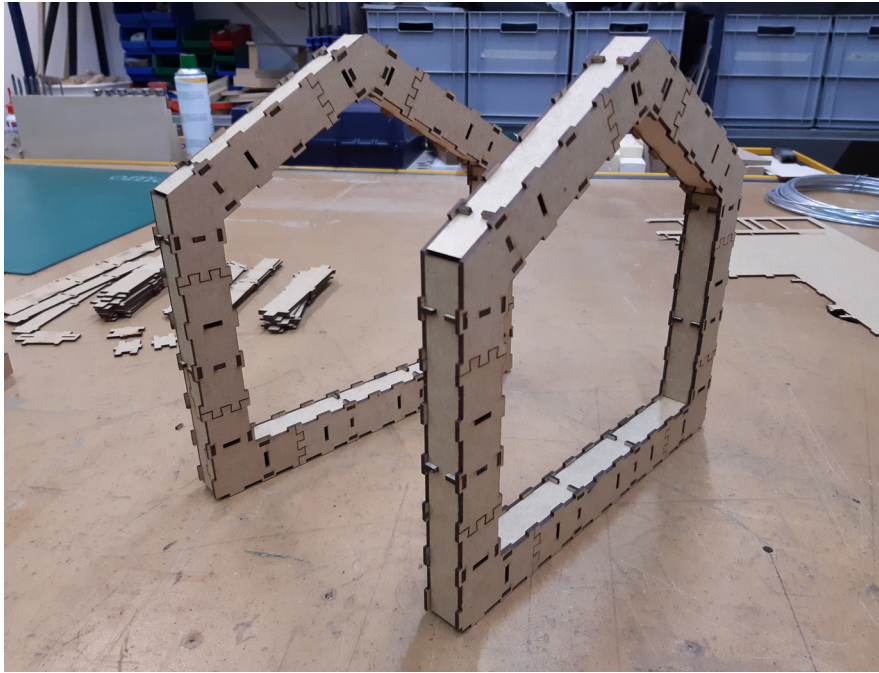
Composición: 4 Arriostramientos generales		
Capa	Material	Espesor
1	OSB (EN 300) OSB/3	18 mm.
2		
3		

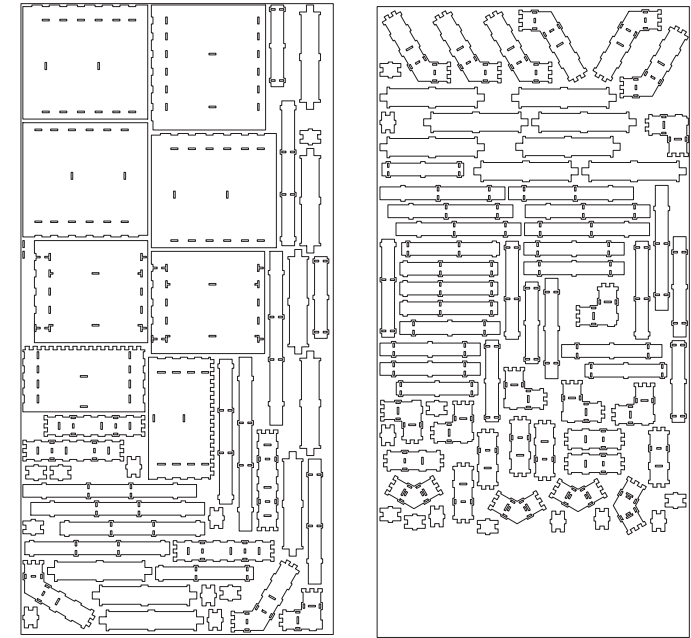
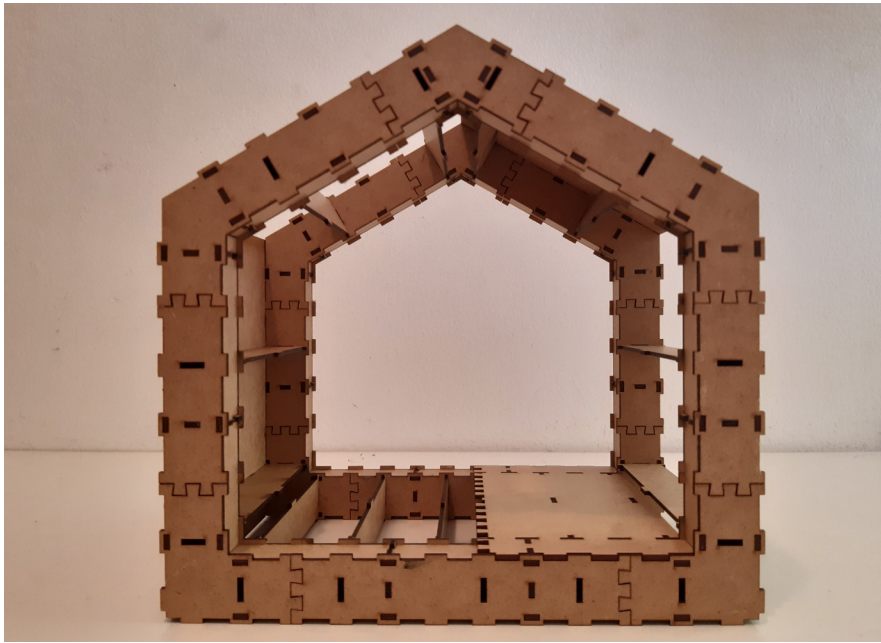


Deformación en ELS



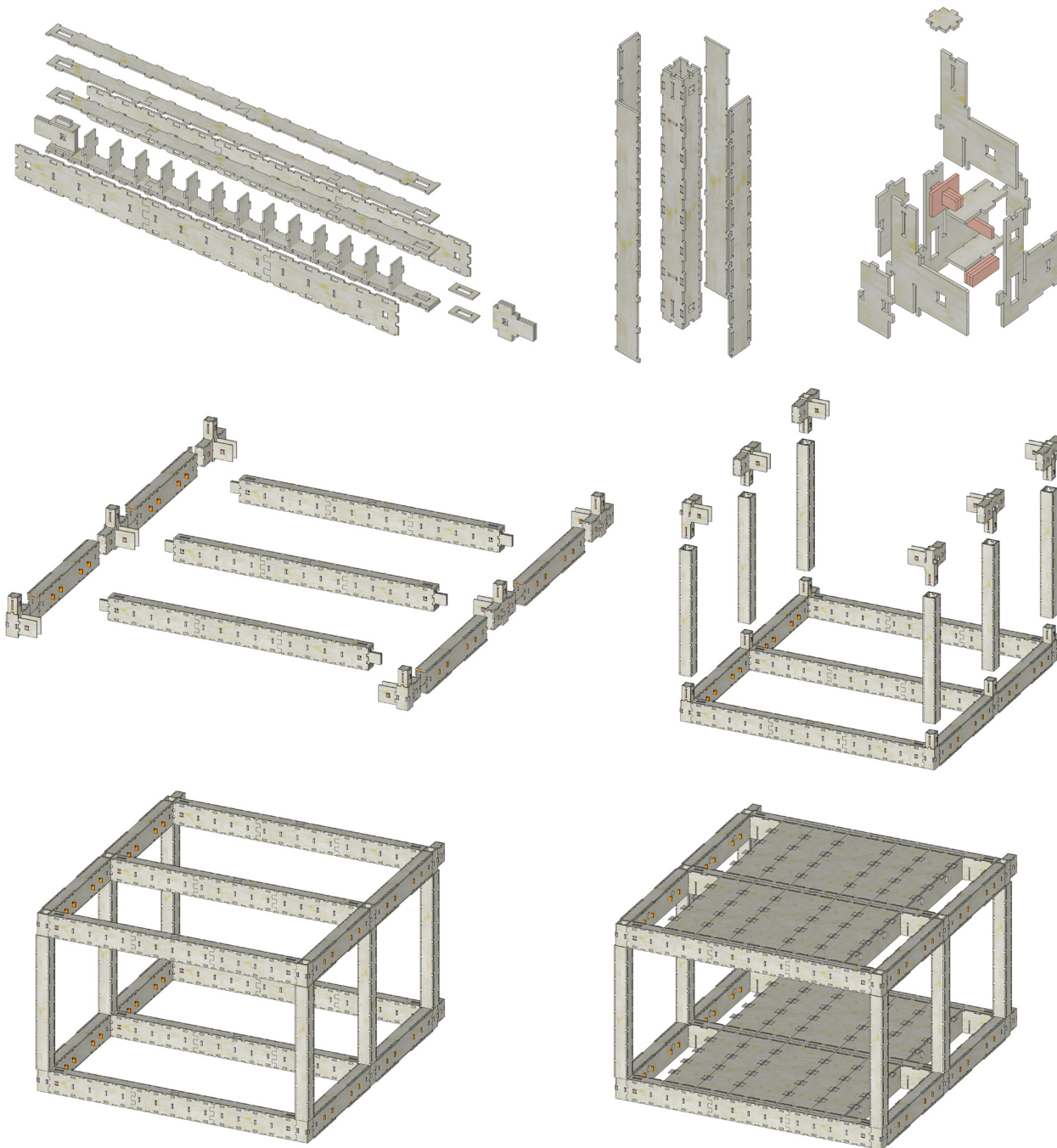
ANÁLISIS CONSTRUCTIVO





Cantidad de tableros base	1,9
Longitud de corte	55040,3 mm
Tiempo de corte	37 min.

En este caso la rigidez del sistema se constituye por la cantidad de elementos que conforman los pórticos, y las uniones a presión - fricción complementadas con tornillería. Esto se evidenció ya que fue necesario el uso de pegamento para unir las piezas a diferencia del caso anterior donde fue suficiente con las cuñas a presión. Sin embargo este sistema tiene mayor consolidación, por tanto es posible levantar edificaciones de mayor tamaño.



110. Proceso de Armado y montaje. Elaboración: Propia. Fuente: Wikihouse

5.3 SISTEMA COLUMNA + VIGA

TIPO CAJA / BLACKBIRD

Las columnas, vigas y uniones son "cajas" que están formadas por el armado de varias piezas unidas mediante destajes tipo caja y espiga y son complementadas con tornillería. Columnas y vigas se introducen en la unión, y debido a esta secuencia se forma la volumetría estructural. El piso y tabiques se forman por el agrupamiento de módulos que a la vez brindan rigidización al sistema.

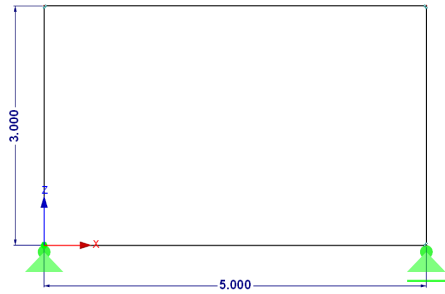


111. Proyecto de edificación particular en EEUU, 2020.

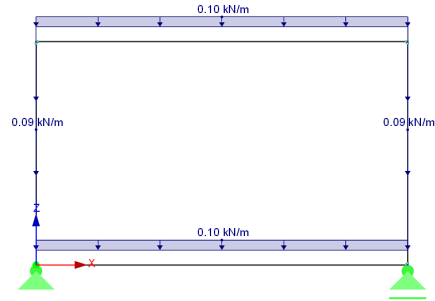


112. Proyecto "Community cafe", Birmingham, UK, 2019.

Geometría base



Hipótesis de carga - Peso propio

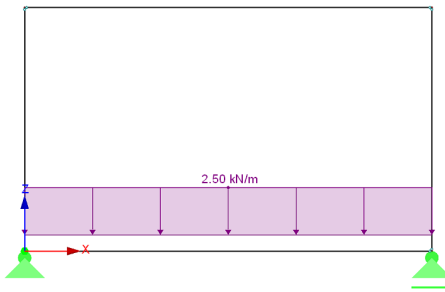


Hipótesis de carga - Combinaciones

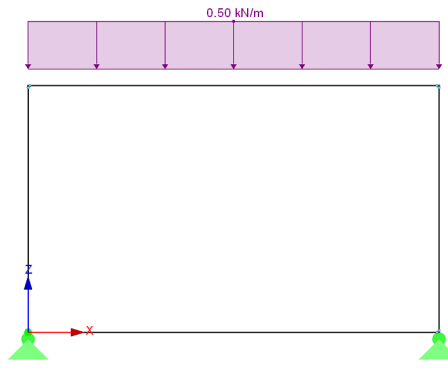
Combin.	Descripción	Peso Propio	Sobra carga de uso	Sobra carga de cubierta	Viento X-	Granizo
CO1	1.35*CC1	1,350				
CO2	1.35*CC1 + 1.5*CC2	1,350	1,500			
CO4	1.35*CC1 + 1.5*CC2 + 1.05*CC3 + 0.9*CC4	1,350	1,500	1,050	0,900	
CO5	1.35*CC1 + 1.5*CC2 + 1.05*CC3 + 0.9*CC4 + 0.75*CC5	1,350	1,500	1,050	0,900	0,750
CO6	1.35*CC1 + 1.5*CC2 + 1.05*CC3 + 0.75*CC5	1,350	1,500	1,050	0,750	
CO13	1.35*CC1 + 1.05*CC2 + 1.5*CC3 + 0.9*CC4 + 0.75*CC5	1,350	1,050	1,500	0,900	0,750
CO14	1.35*CC1 + 1.05*CC2 + 1.5*CC3 + 0.75*CC5	1,350	1,050	1,500	0,750	
CO17	1.35*CC1 + 1.5*CC3 + 0.75*CC5	1,350	1,500	0,750		
CO18	1.35*CC1 + 1.5*CC4	1,350	1,500			
CO19	1.35*CC1 + 1.05*CC2 + 1.5*CC4	1,350	1,050	1,500		
CO21	1.35*CC1 + 1.05*CC2 + 1.05*CC3 + 1.5*CC4 + 0.75*CC5	1,350	1,050	1,050	1,500	0,750
CO24	1.35*CC1 + 1.05*CC3 + 1.5*CC4 + 0.75*CC5	1,350	1,050	1,500	0,750	
CO34	CC1	1,000				
CO35	CC1 + CC2	1,000	1,000			
CO67	CC1 + 0.3*CC2	1,000	0,300			
CO68	CC1 + 0.3*CC2 + 0.3*CC3	1,000	0,300	0,300		
CO69	CC1 + 0.3*CC3	1,000	0,300			
CO70	CC1 + 0.7*CC3 + CC5	1,000	0,700	1,000		

ELU ELS

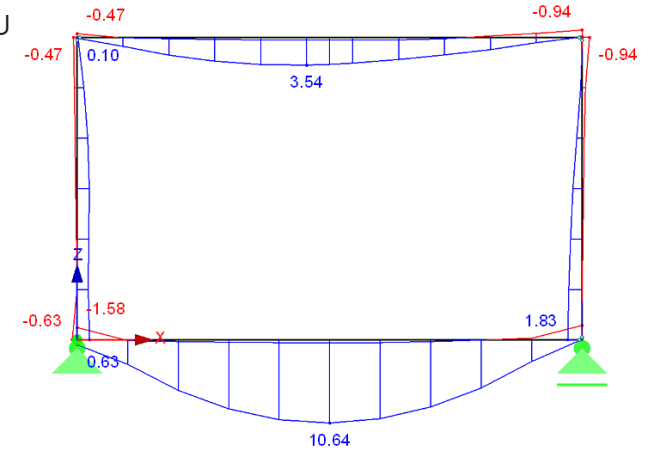
Sobre carga de uso - vivienda



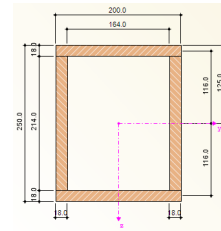
Sobre carga de uso - cubierta



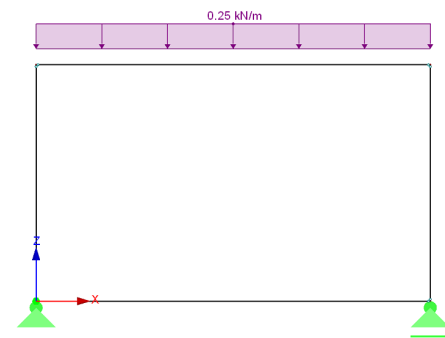
Momentos máximos en ELU



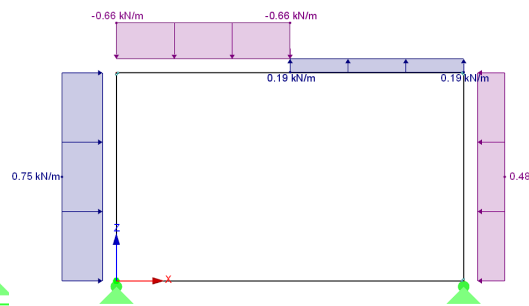
Barra tipo



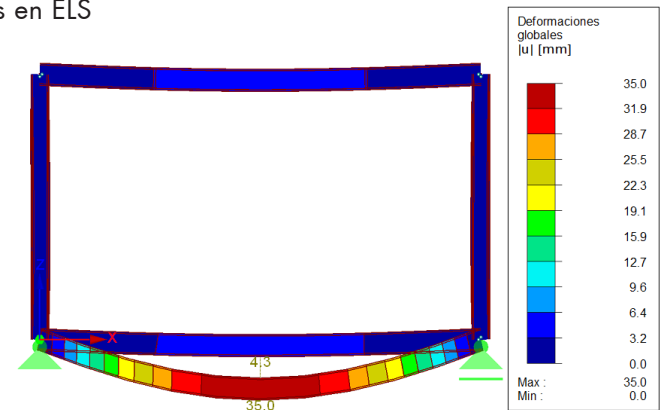
Granizo

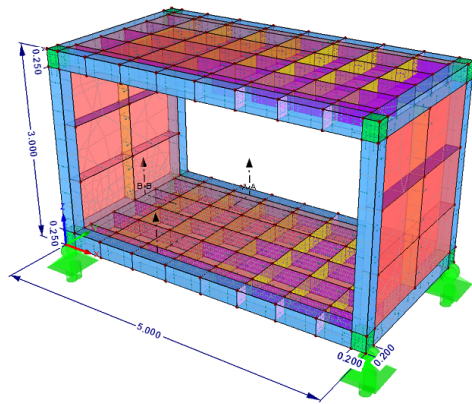


Viento X+



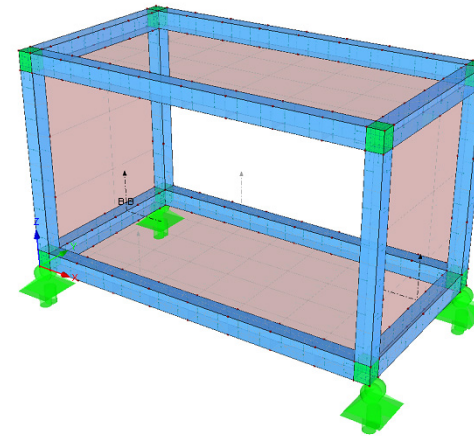
Deformaciones máximas en ELS





Geometría base

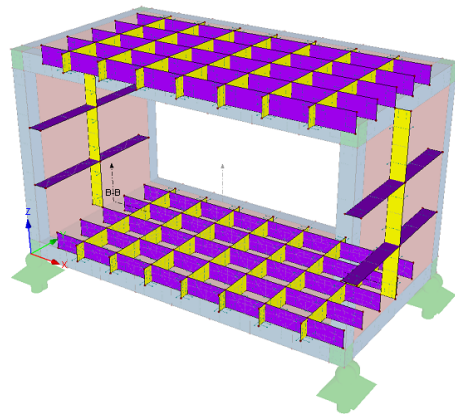
OSB clase 3/4 (18mm)	
Propiedades	N/mm2
Flexión paralela	16,4
Flexión perpendicular	8,2
Tracción paralela	9,4
Tracción perpendicular	7
Compresión paralela	15,4
Compresión perpendicular	12,7
Módulo de elasticidad eje x	3800
Módulo de elasticidad eje y	3000



Composición 1 y 2

Composición: 1 Columnas y Vigas		
Capa	Material	Espesor
1	OSB (EN 300) OSB/3	18 mm.
2	OSB (EN 300) OSB/3	18 mm.
3		

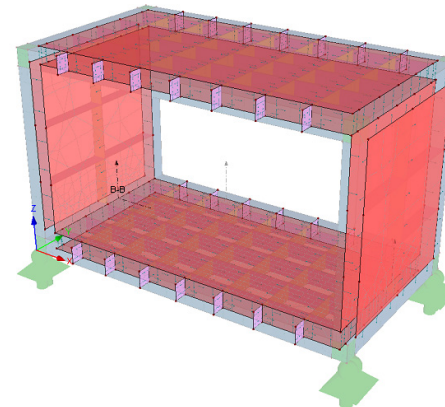
Composición: 2 Uniones		
Capa	Material	Espesor
1	OSB (EN 300) OSB/3	18 mm.
2	OSB (EN 300) OSB/3	18 mm.
3	OSB (EN 300) OSB/3	18 mm.



Composición 3 y 4

Composición: 3 Travesaños generales secundarios		
Capa	Material	Espesor
1	OSB (EN 300) OSB/3	18 mm.
2		
3		

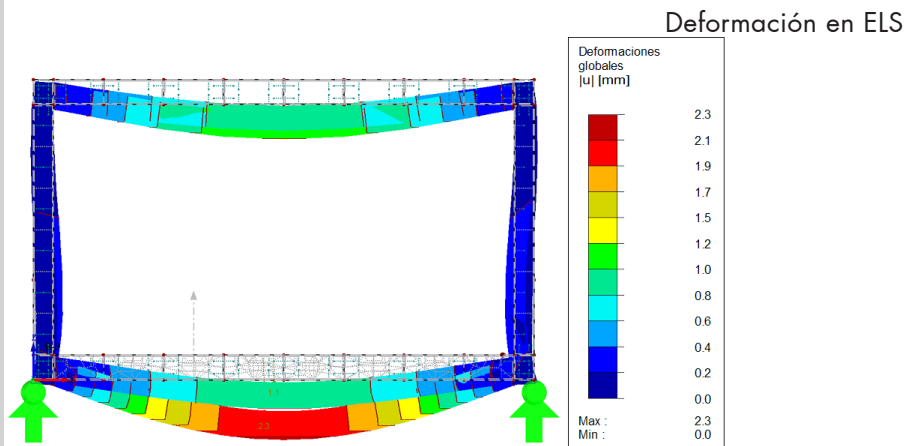
Composición: 5 Travesaños generales Primarios		
Capa	Material	Espesor
1	OSB (EN 300) OSB/3	18 mm.
2	OSB (EN 300) OSB/3	18 mm.
3		



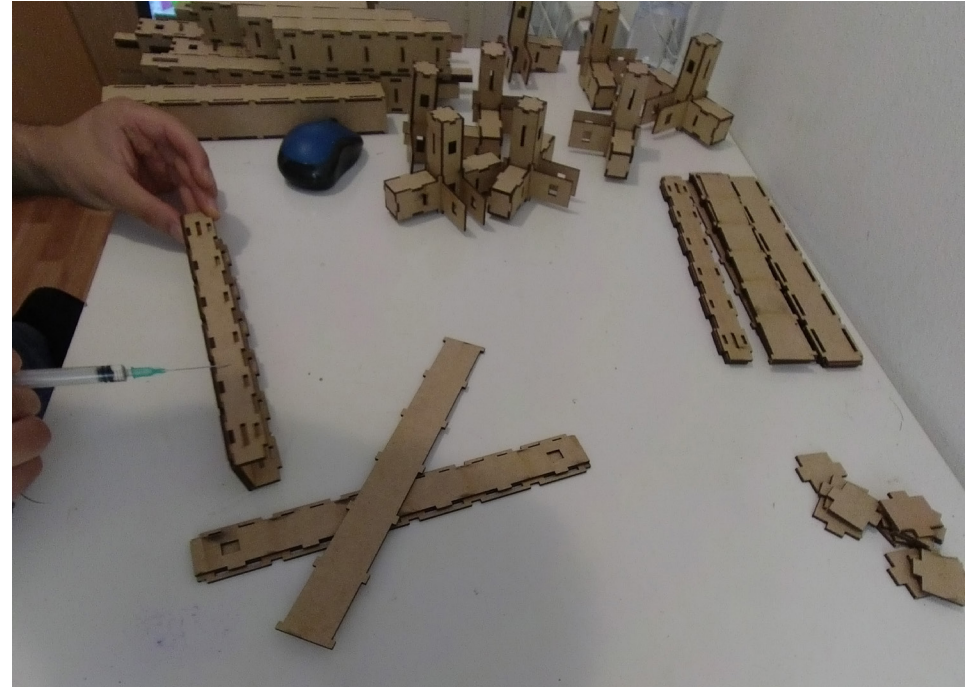
Composición 5 y 6

Composición: 4 Travesaños Columnas y Vigas		
Capa	Material	Espesor
1	OSB (EN 300) OSB/3	18 mm.
2		
3		

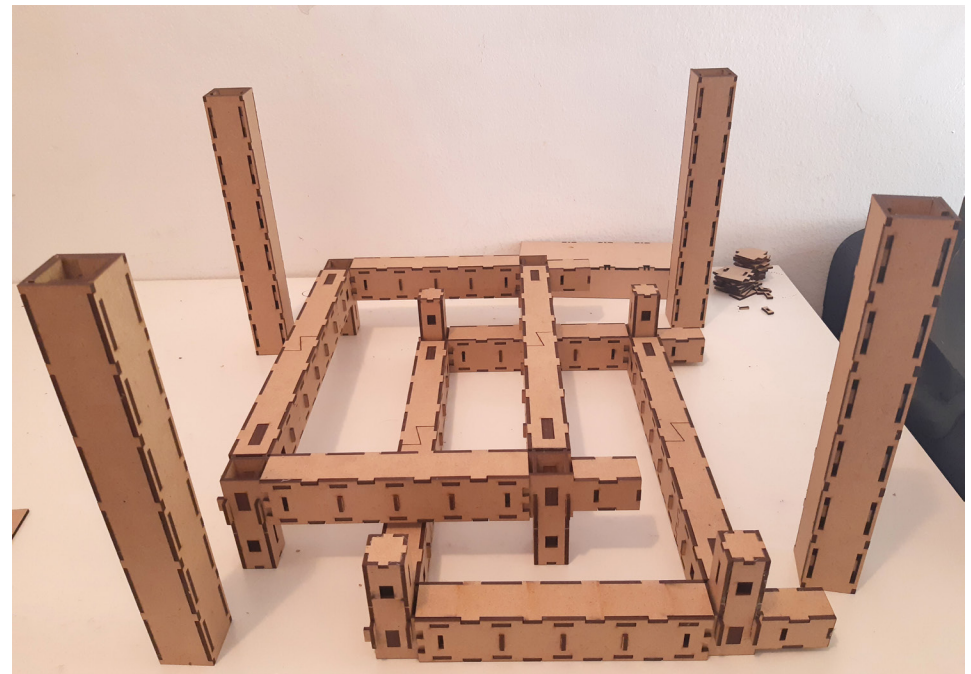
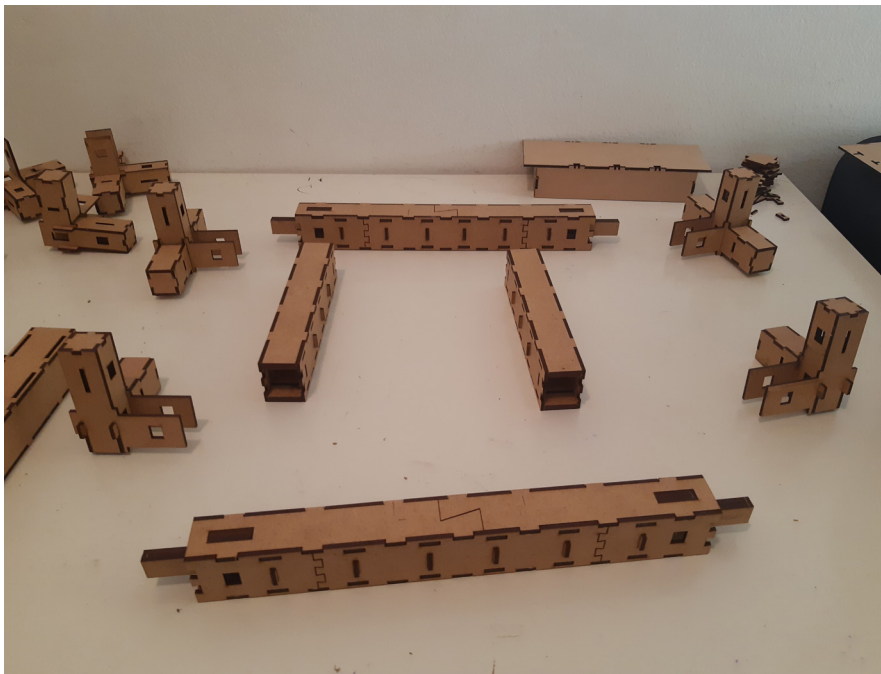
Composición: 6 Arriostramientos generales		
Capa	Material	Espesor
1	OSB (EN 300) OSB/3	18 mm.
2		
3		

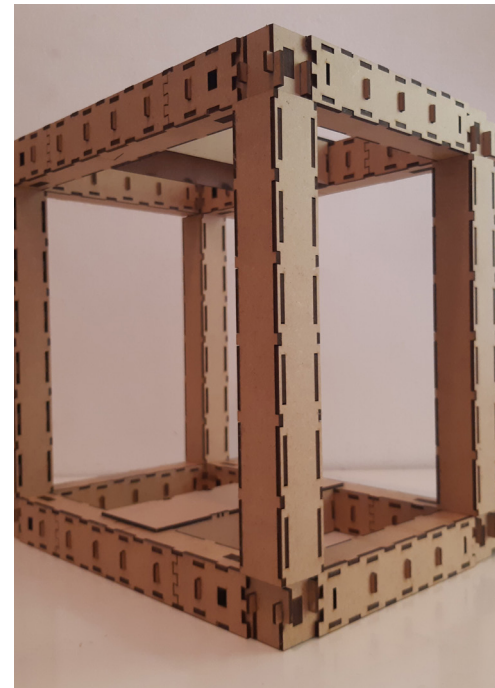
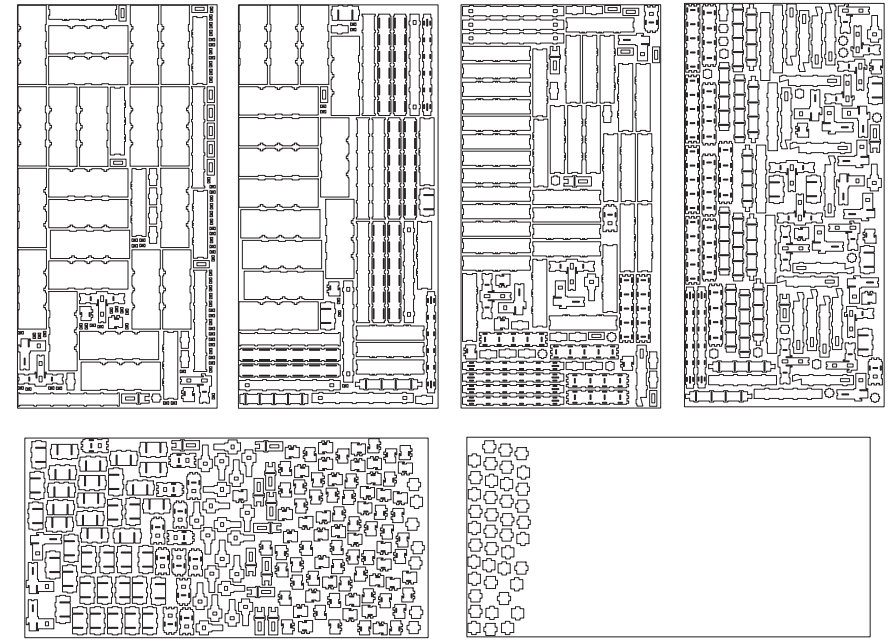
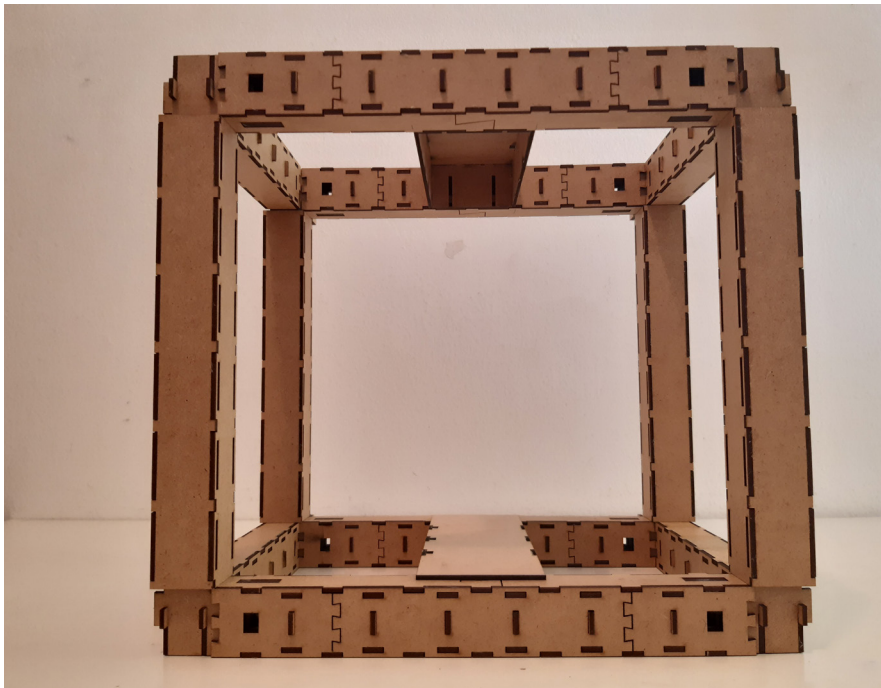


Tras el análisis en 2D se evidencia que en ELU el momento positivo del entrepiso y cubierta es superior a los 2 análisis anteriores, esto debido al distanciamiento que existe entre crujiás, el resto de momentos oscila con valores semejantes. De igual manera las deformaciones en ELS también aumentan incluso con valores por encima de la norma. En el análisis en 3D se estudia 1 módulo utilizando como base el uso del OSB clase 3. En este caso aumentan el numero de composiciones por la cantidad de elementos. Se puede observar que la composición 2 de uniones cumple el ratio de aprovechamiento con hasta 3 capas de material debido a que es un punto crítico de concentración de esfuerzos. Las composiciones 1 y 3 cumplen con 2 capas y las 2,4 y 5 cumplen únicamente con 1. Con estas composiciones se llega a una deformada máxima de 2.3 mm cumpliendo con los establecido en la norma $L/300 = 5000/300 = 16.667 \text{ mm} > 7.2 \text{ mm}$



ANÁLISIS CONSTRUCTIVO





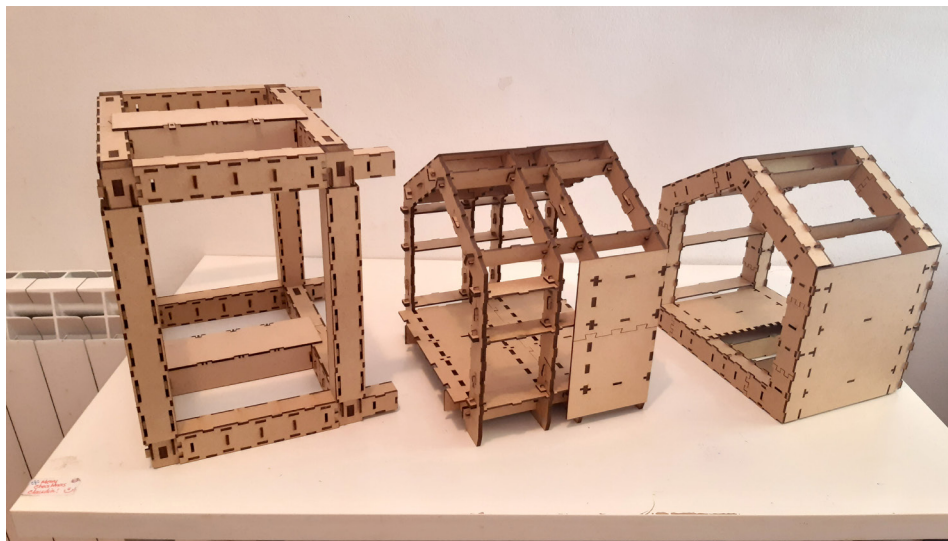
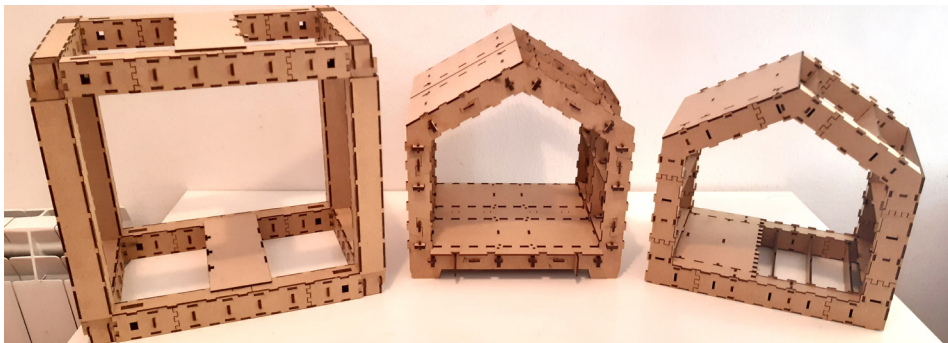
Cantidad de tableros base	5,1
Longitud de corte	187789,4 mm
Tiempo de corte	125 min.

La rigidez del sistema es debido a la complejidad de sus elementos. Tanto columnas como vigas y uniones tienen varias capas de material cuyas uniones son a caja y espiga y a media madera. Las trabas entre capas son traslapadas de manera que los esfuerzos no se transmitan por el mismo punto. El encuentro en la unión de columnas y vigas es a presión y además se utiliza tornillería para consolidar la estabilidad total.

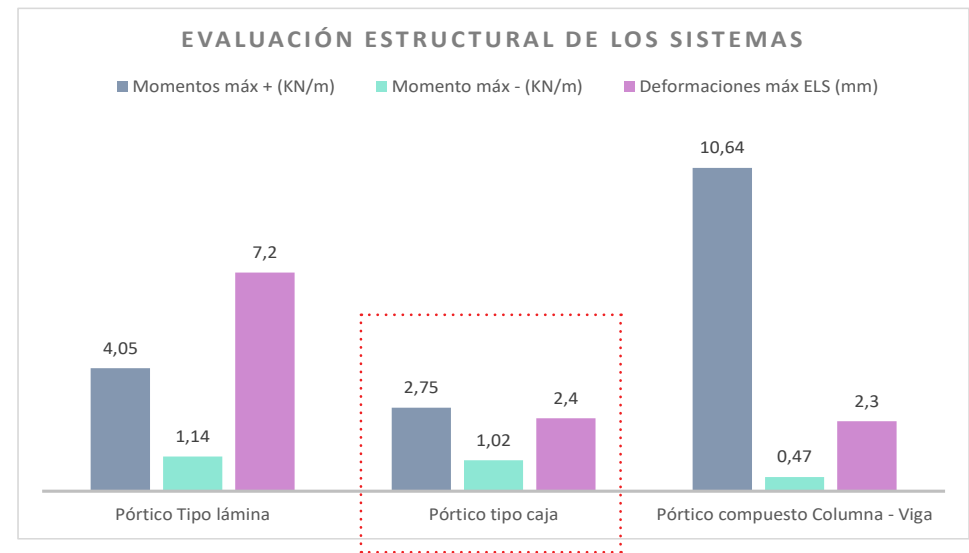
5.5 EVALUACIÓN CONSTRUCTIVO - ESTRUCTURAL

DE LOS SISTEMAS

Para la evaluación de los casos, se han establecido 23 criterios dispuestos en 7 grupos. Estos criterios corresponden a las características edificatorias y a las actividades del proceso global desde el diseño hasta la puesta en obra. Se ha dispuesto una calificación en base a tres ponderaciones: Altamente satisfactorio, medianamente satisfactorio y poco satisfactorio. Estas ponderaciones corresponden al nivel de satisfacción que cumple cada sistema en cada criterio, basadas en las reflexiones generadas a partir de los resultados del análisis estructural y constructivo realizado.

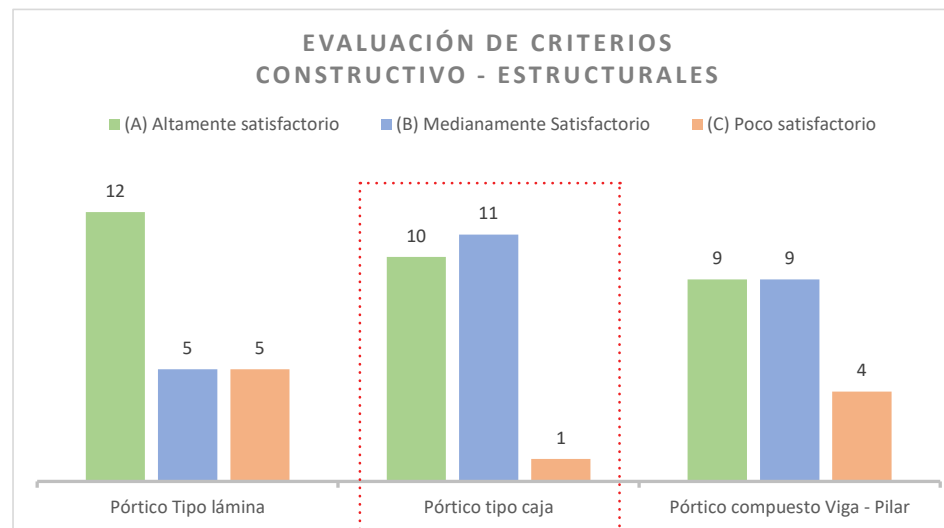


Evaluación Estructural				
Criterios		Pórtico Tipo lámina	Pórtico tipo caja	Pórtico compuesto Columna - Viga
Análisis Estructural	Momentos máx + (KN/m)	4,05	2,75	10,64
	Momento máx - (KN/m)	1,14	1,02	0,47
	Deformaciones máx ELS (mm)	7,2	2,4	2,3



Evaluación Constructivo - Estructural				
Criterios		Pórtico Tipo lámina	Pórtico tipo caja	Pórtico compuesto Viga - Pilar
Diseño	Cantidad de pisos	C	B	B
	Diversidad de diseño	C	B	A
	Amplitud de espacios	C	B	A
	Cantidad de elementos	A	A	C
	Combinación con otros sistemas	B	B	A
	Simplicidad de Uniones	B	A	C
Material	Cantidad de material	A	A	B
	Elección del material	OSB / Contrachapado	OSB / Contrachapado	OSB / Contrachapado
Resistencia	Uniones	C	B	A
	Longitud de vanos	C	B	A
Producción	Complejidad de fresado	B	C	C
	Tiempo de fresado	A	A	B
Transporte	Transporte	A	A	A
Armado y Ensamblaje	Herramientas	A	B	B
	Maquinaria	A	B	C
	Herrajes y tornillería	A	B	B
	Cantidad de personas	A	A	A
	Experticia	A	A	B
	Tiempo de ensamblaje	B	A	B
	Nivel de repetición	A	A	B
Utilización	Reversibilidad	A	B	B
	Flexibilidad	A	A	A
	Esperanza de vida	B	B	A
Total	(A) Altamente satisfactorio	12	10	9
	(B) Medianamente Satisfactorio	5	11	9
	(C) Poco satisfactorio	5	1	4

PONDERACIÓN	
A	Altamente satisfactorio
B	Medianamente satisfactorio
C	Poco satisfactorio



Tras el análisis estructural y el estudio constructivo se realiza la puesta en valor de los resultados, estableciendo las siguientes conclusiones:

En la tabla del análisis estructural de los sistemas se evidencia que el mayor momento máximo es del sistema columna - viga hasta 5 veces más que los otros dos sistemas que tienen semejante valor. Sin embargo, este sistema también es el que menor momento negativo presenta. En cuanto a la deformada el sistema tipo lamina muestra un valor de 3.5 veces el valor de los otros 2 sistemas que tienen aproximado calor. El sistema con valores más bajos y equilibrado es el sistema tipo caja.

La tabla de la evaluación constructivo - estructural muestra la valoración final de la cantidad de criterios de cada ponderación que evidencia cada sistema. Si bien el sistema pórtico tipo lámina tiene más criterios con calificación A, también tiene un número medio con calificación C igual que sistema columna - pilar. En este esquema la combinación más favorable es tener más criterios con calificaciones A y B y menor cantidad con calificación C. De acuerdo a esto el sistema pórtico tipo caja es el que mejores resultados presenta.

Por lo tanto, de acuerdo a este análisis la estructura más apropiada es el sistema pórtico tipo caja y es el que se utilizará como sistema estructural para el diseño de la propuesta.

CAPÍTULO 6
PROPUESTA

6.1 DIRECTRICES Y CRITERIOS DE DISEÑO

108 Conforme a las reflexiones realizadas tras al análisis del marco teórico, a las conclusiones de la evaluación constructivo - estructural de los casos de estudio y a las determinantes de vivienda de interés social que dictamina el proyecto de vivienda social gubernamental “Casa para todos”, se han establecido 3 inputs a manera de directrices y criterios de proyecto.

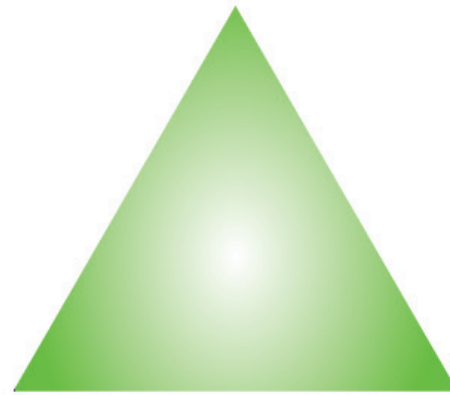
Por un lado, se define las Características Proyectuales, como un grupo de conceptos de habitabilidad. Estos conceptos garantizan condiciones adecuadas habitables para el usuario y su relación con el entorno de ciudad.

Para el segundo criterio de Caracterización de la Propuesta, se identifica la tipología de vivienda a utilizar dentro de las que establece la “segmentación de viviendas de interés social” del “reglamento para calificación como proyectos de interés social” del proyecto gubernamental “Casa para todos”.

Finalmente se determina los parámetros estructurales conforme el sistema estructural referente elegido de la evaluación del análisis de casos.

6.1.1 CARACTERÍSTICAS PROYECTUALES

CALIDAD DE HABITABILIDAD



DENSIDAD EN BAJA ALTURA

POSIBILIDAD DE EXPANSIÓN

Alejandro Aravena en sus proyectos de vivienda social establece 5 criterios fundamentales entorno a los cuales se conciben sus proyectos. Estos están orientados a generar una adecuada habitabilidad a nivel de ciudad para los ciudadanos; aspecto que casi siempre se pasa por alto en los proyectos de vivienda masiva. Esta reflexión se la ha adoptado como base que dictamina las determinantes proyectuales de este trabajo.

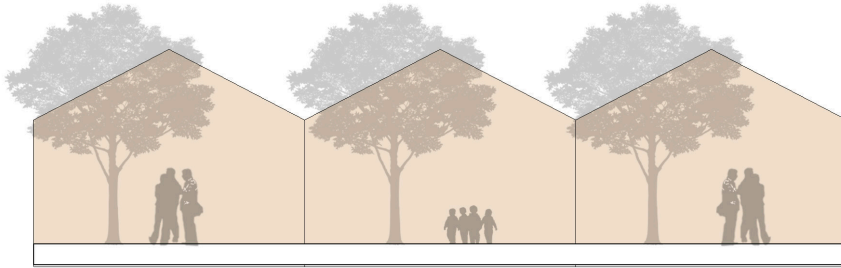
Se ha formulado un triada de criterios:

- Calidad de habitabilidad: Refiere a la necesidad de compartir el espacio construido con áreas libres y comunes, de manera que el usuario tenga una permanente relación con el espacio verde, disfrute de experiencias visuales

y se potencia la ventilación e iluminación en la vivienda. Este criterio se lo maneja mediante la tipología de implantación aislada y la incorporación del patio.

- Densidad en baja altura: Se refiere a establecer un aprovechamiento eficiente en la ocupación suelo de manera que se generen edificaciones para albergar a dos viviendas.
- Posibilidad de expansión: Con el paso del tiempo las familias tienen a mejorar su situación económica, lo que posibilita ampliar el espacio habitable según sus necesidades. Por lo tanto, se establece la oportunidad de ampliar la vivienda generando uno o dos ambientes adicionales.

6.1.1.1 CALIDAD DE HABITABILIDAD



TIPOLOGÍA DE IMPLANTACIÓN PAREADA

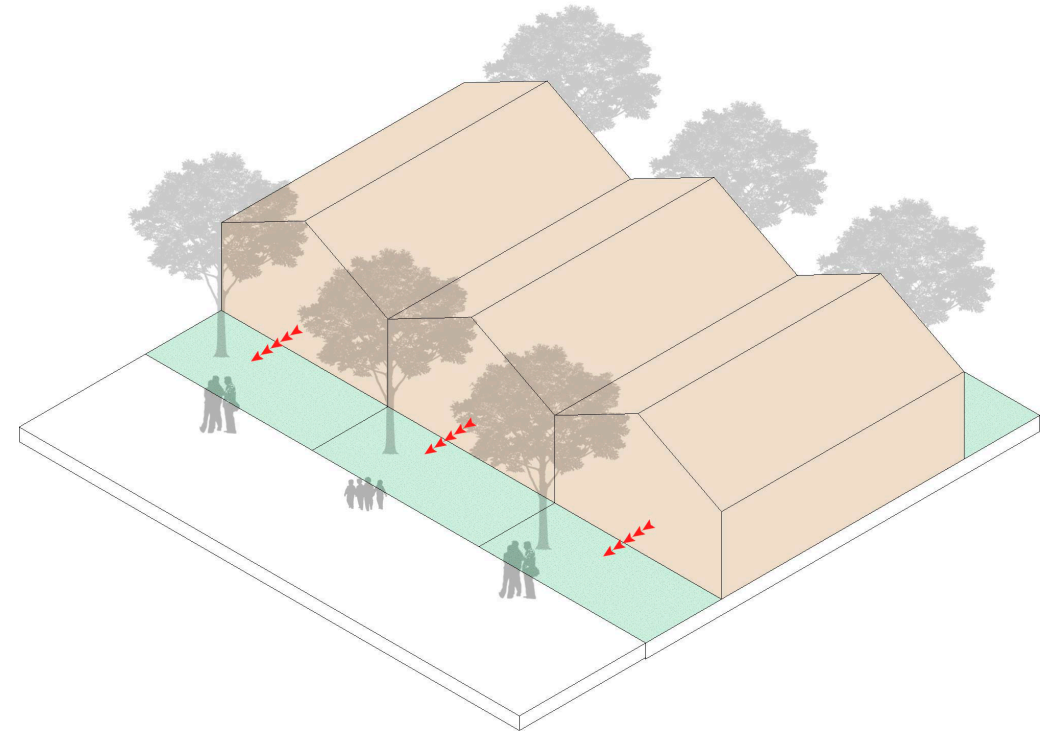
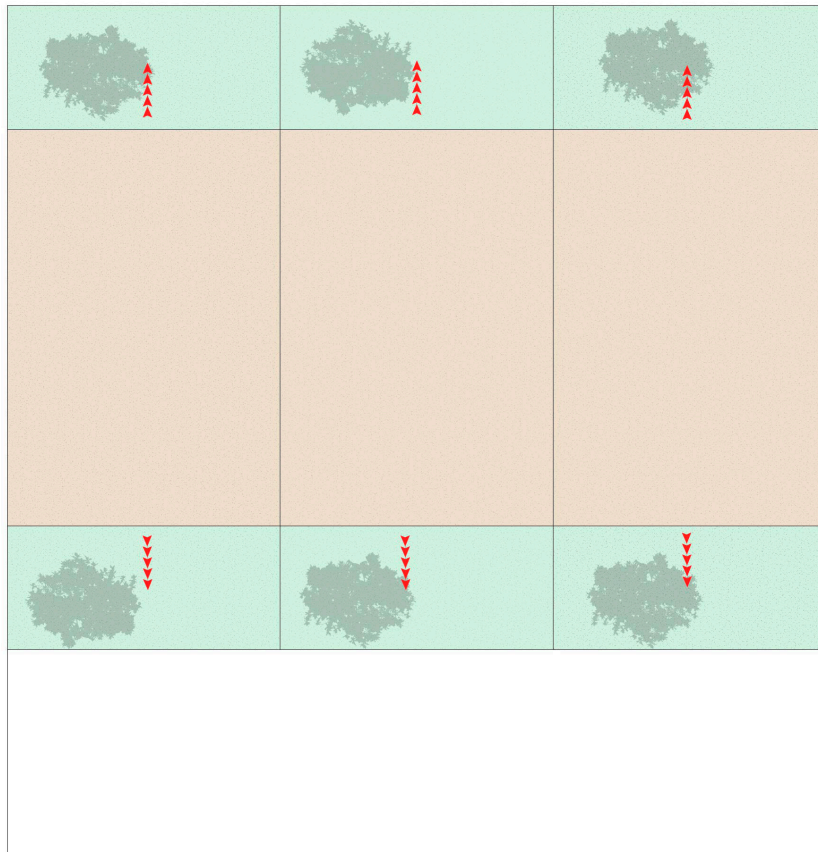


Se restringe la interrelación con los espacios verdes

Se limita la iluminación y la calidad visual interna

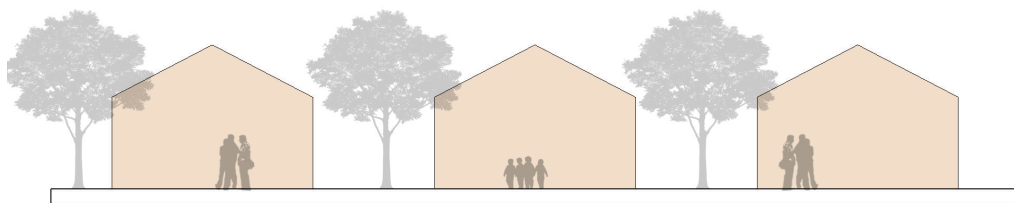
Se potencia la sensación de hacinamiento

110



113. Elaboración: Propia

6.1.1.1 CALIDAD DE HABITABILIDAD



TIPOLOGÍA DE IMPLANTACIÓN AISLADA



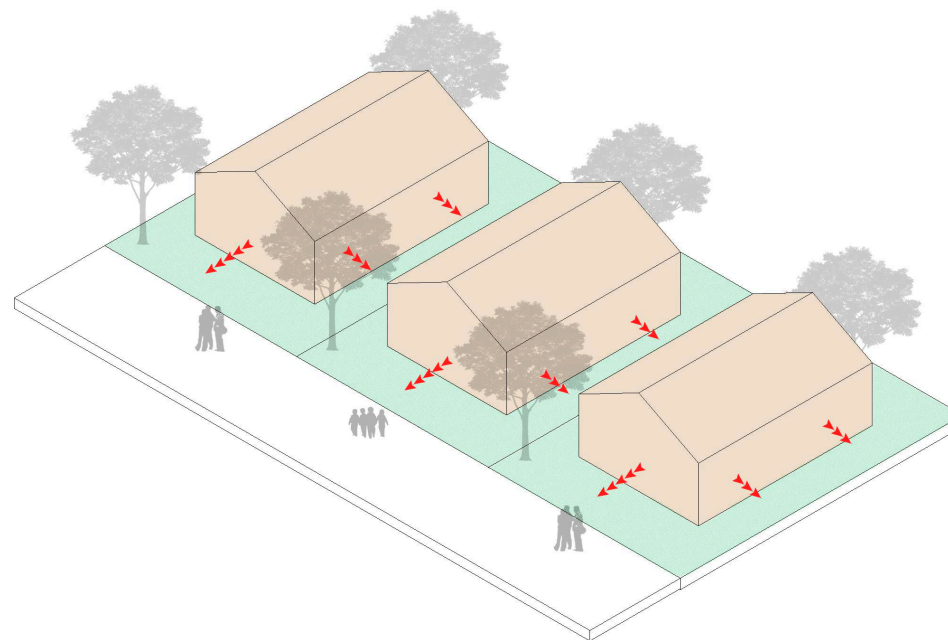
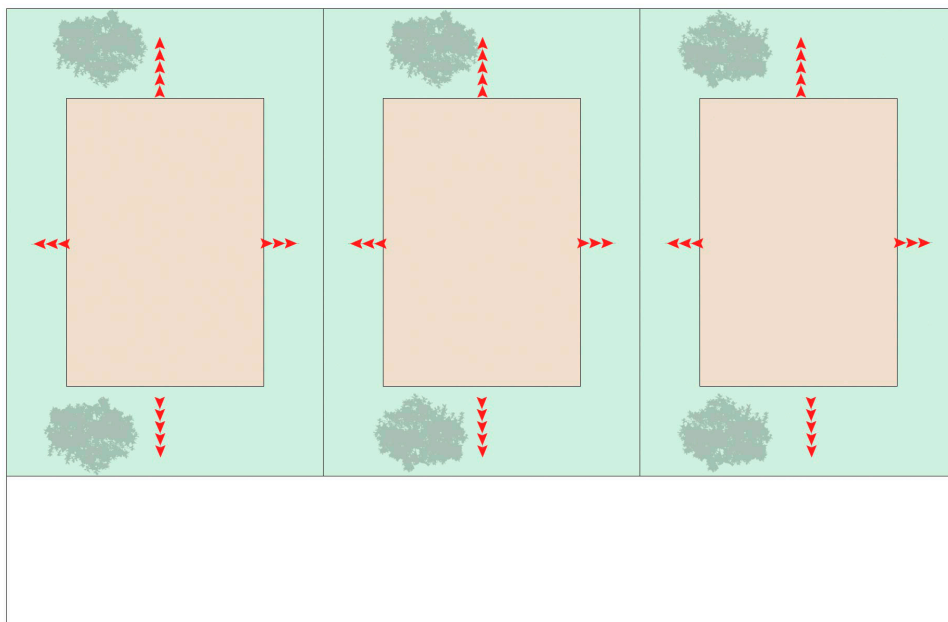
Se potencia la interrelación con espacios verdes

Se potencia la iluminación y la calidad visual interna

Se potencia la generación de espacios ambiguos: público – privado

Se aporta al sentido de convivencia en comunidad

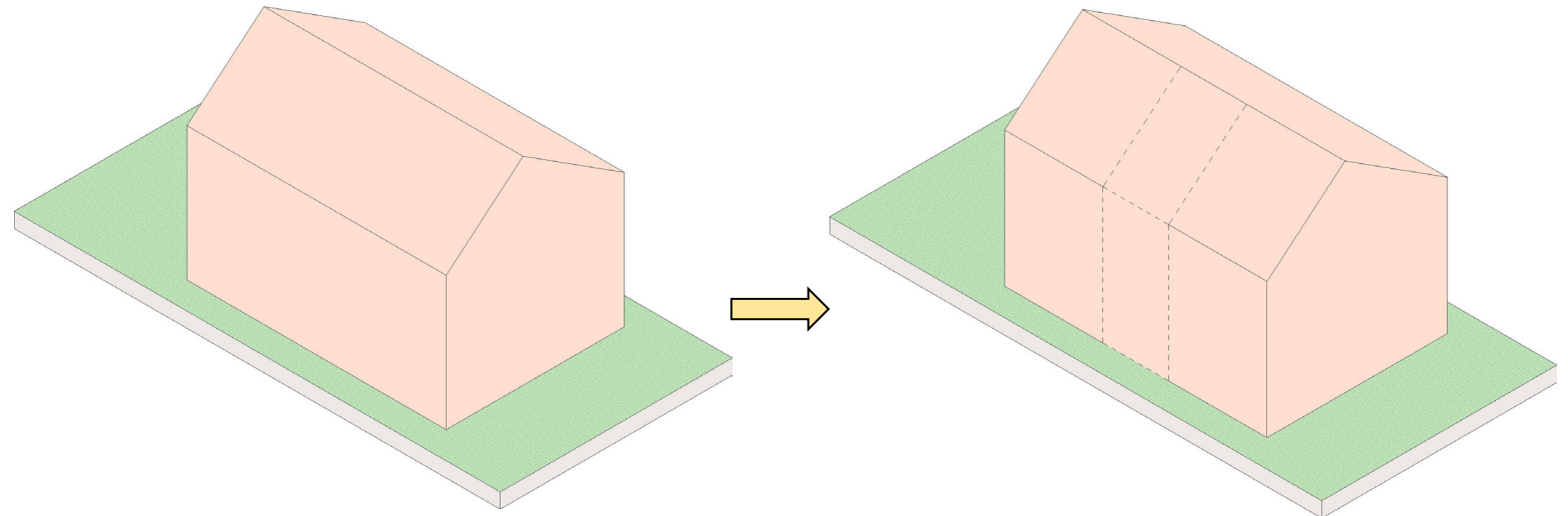
111



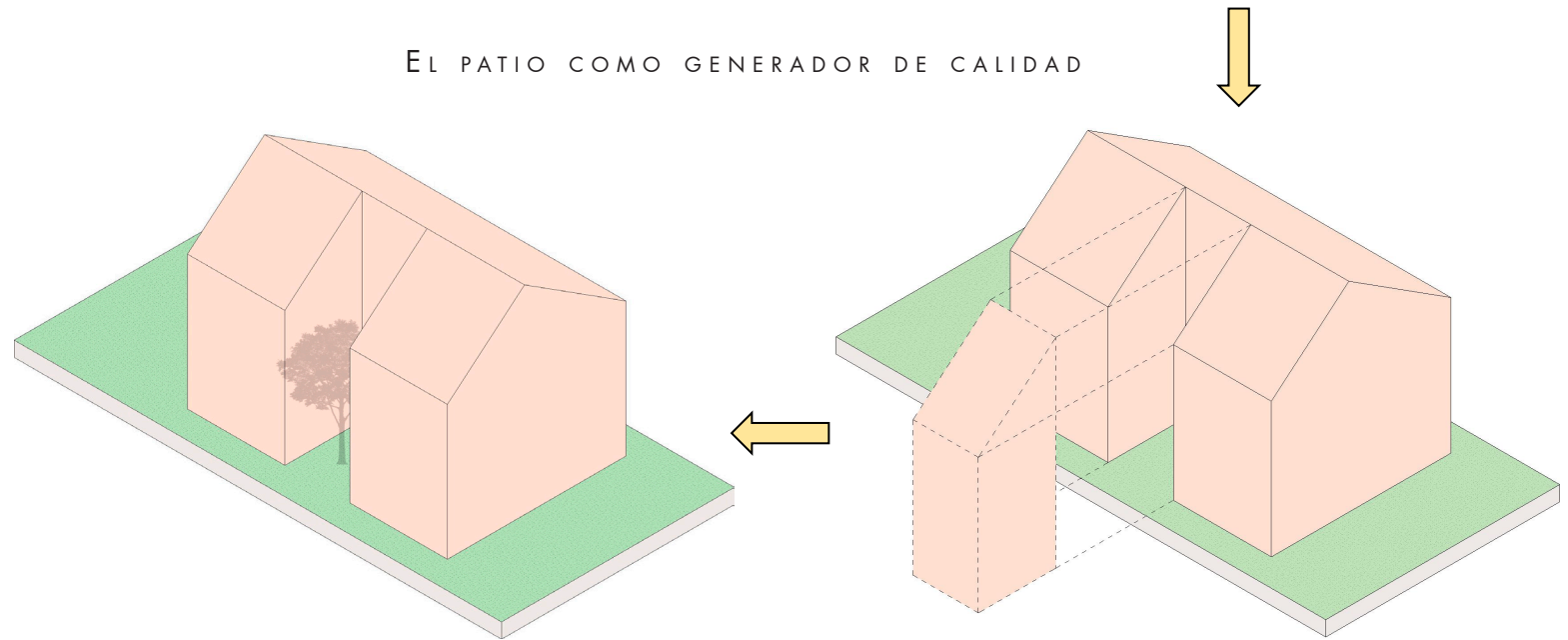
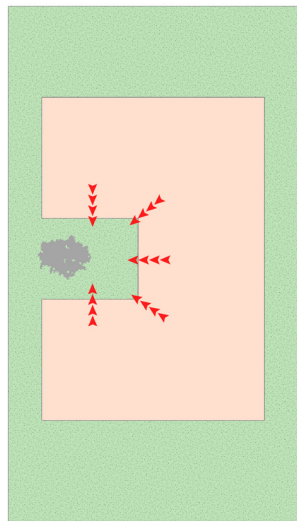
6.1.1.1 CALIDAD DE HABITABILIDAD

112

- Iluminación
- Experiencias visuales
- Ventilación
- Superficie verde



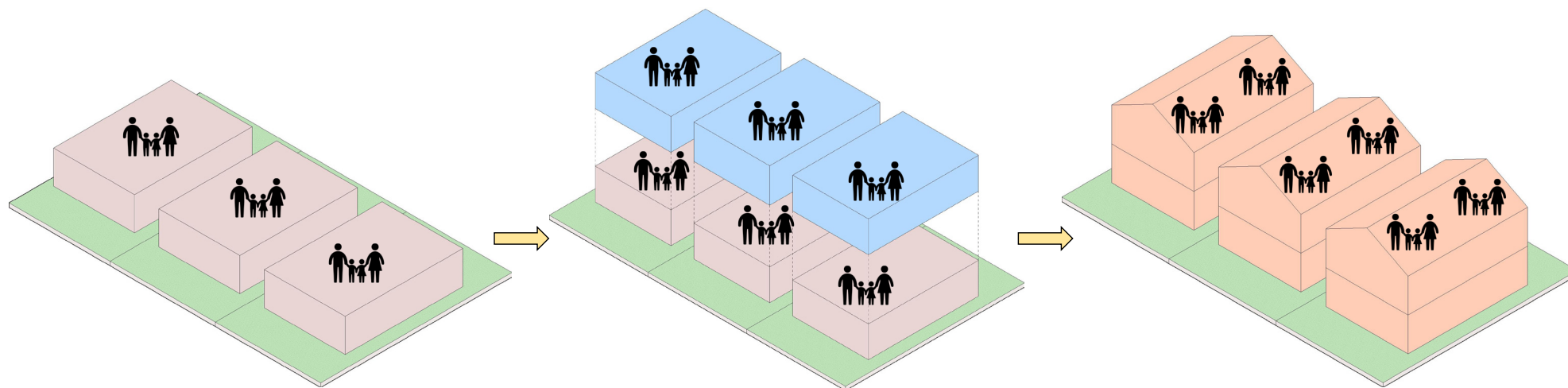
EL PATIO COMO GENERADOR DE CALIDAD



115. Elaboración: Propia

6.1.1.2 DENSIDAD EN BAJA ALTURA

INCREMENTAR LA OCUPACIÓN DEL SUELO



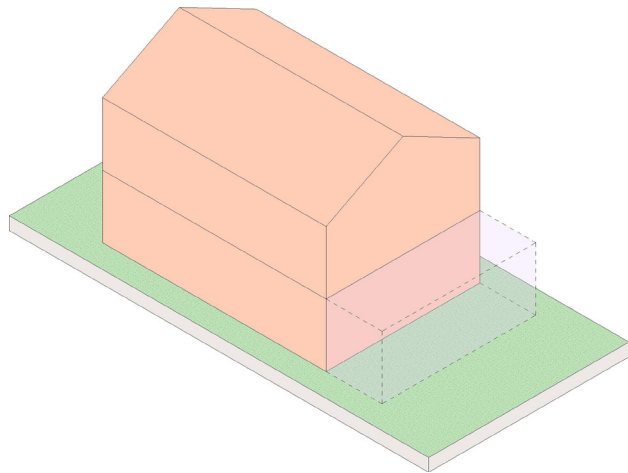
POTENCIAR EL ESPACIO PARA DOS FAMILIAS

116. Elaboración: Propia

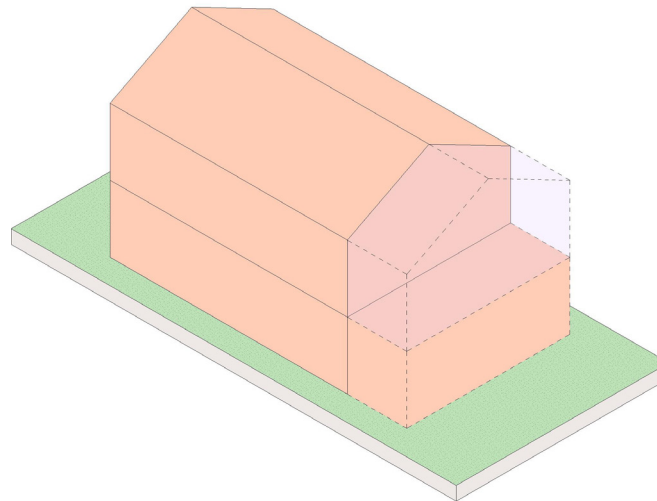
6.1.1.3 POSIBILIDAD DE EXPANSIÓN

114

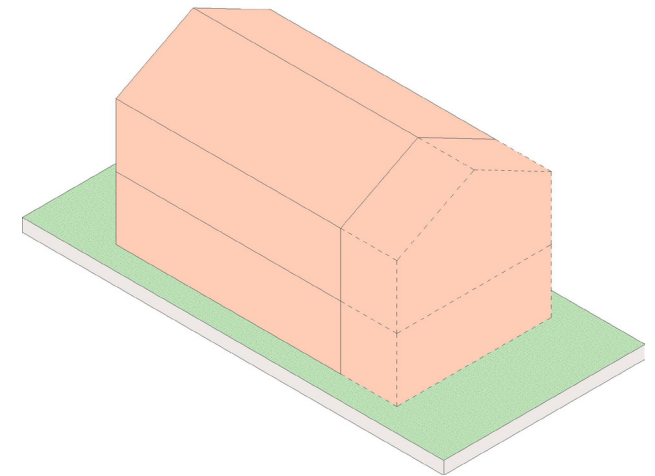
EXPANSIÓN FAMILIA A



EXPANSIÓN FAMILIA B



EXPANSIÓN TOTAL

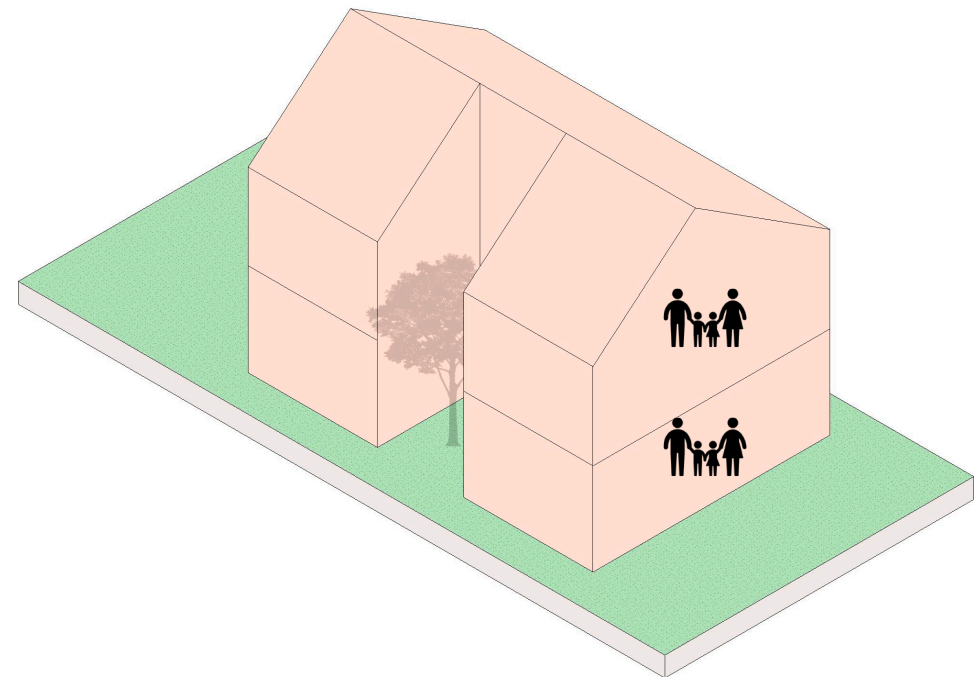
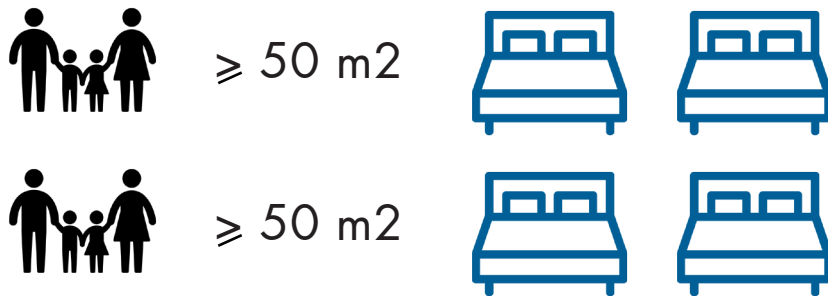


6.1.2 CARACTERIZACIÓN DE LA PROPUESTA

PROYECTO GUBERNAMENTAL "CASA PARA TODOS"

Conforme a la "Segmentación de viviendas de interés social" del "Reglamento para calificación como proyectos de interés social" y dadas las características proyectuales planteadas, se elige la siguiente tipología de vivienda.

Multifamiliar: Entendida por un conjunto de viviendas que conforman una unidad multifamiliar. Cuyo diseño prevé la disposición de espacios desde dos dormitorios, sala, comedor, cocina, cuarto de baño y área de lavado y secado con tendedero de ropa, en un área mínima de 50m².

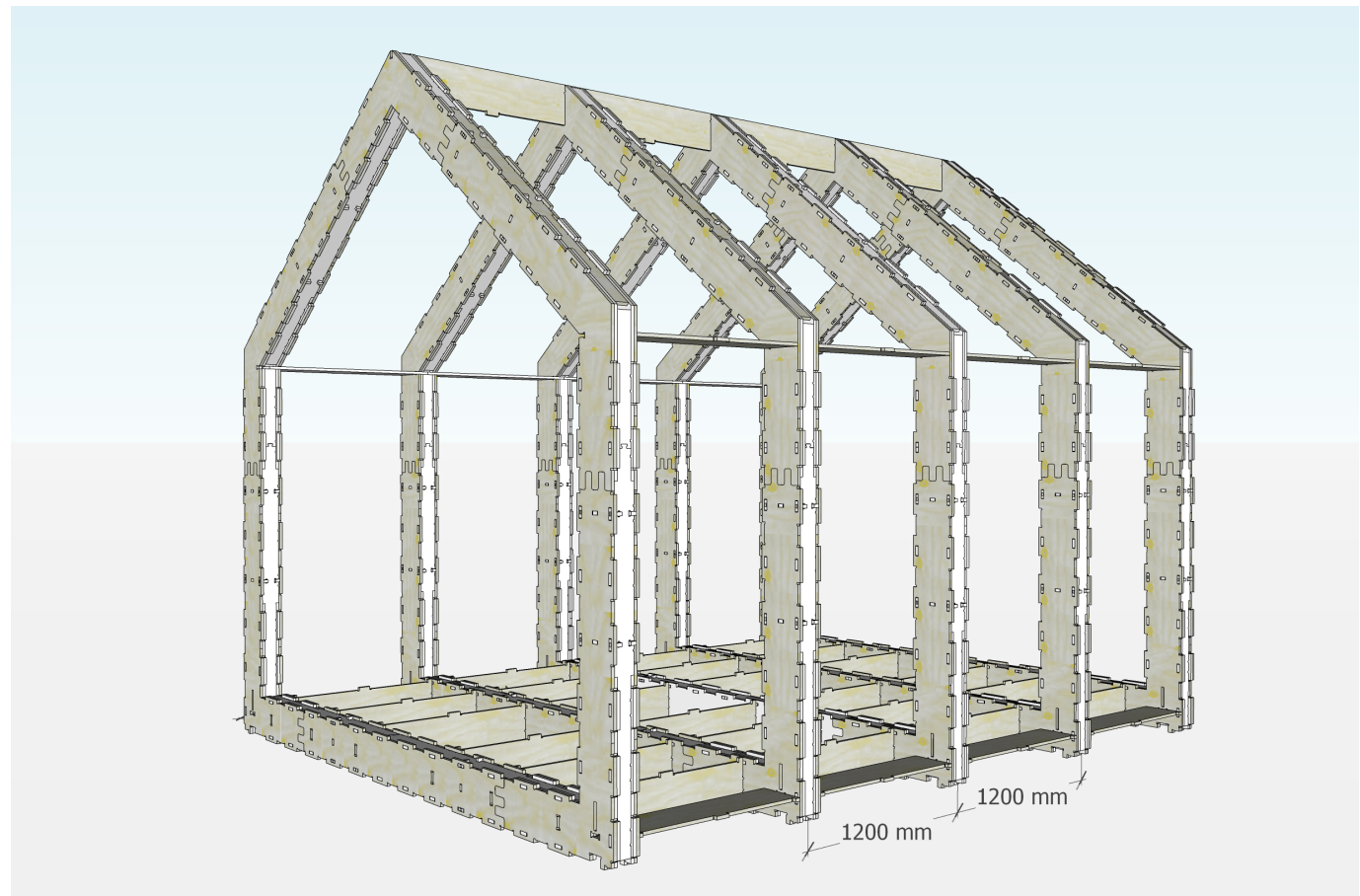


6.1.3 ESTRUCTURA REFERENTE

116 SISTEMA PÓRTICO TIPO CAJA

El sistema estructural como elemento organizador en la configuración espacial:

De acuerdo al análisis realizado de los 3 sistemas estructurales y dadas sus características, el sistema estructural a considerar para este proyecto es el de pórticos tipo caja. Este sistema está conformado por pórticos dispuestos entre sí con una separación de 1,20m., según el ancho máximo de los tableros. Esta dimensión será la que organice la modulación arquitectónica para la concepción de los espacios.

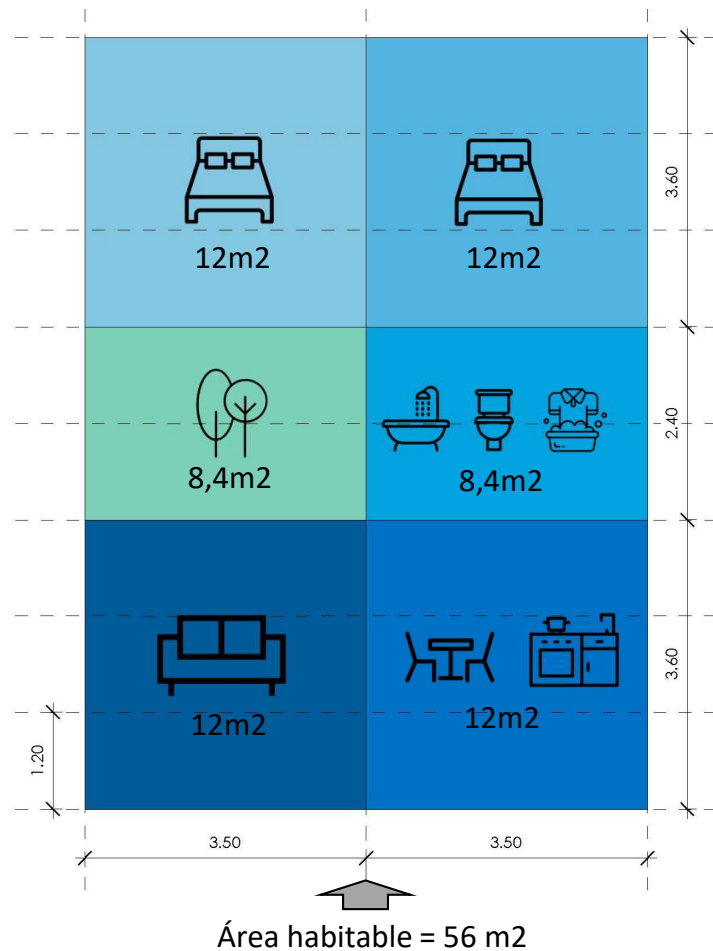


118. Elaboración: Propia. Fuente: Wikihouse

6.2 PROYECTO

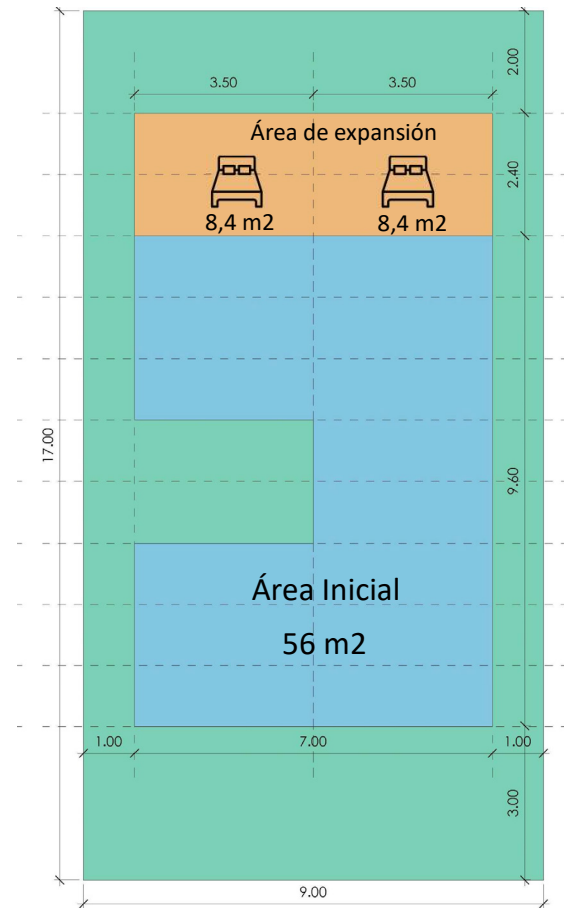
MODULACIÓN

La modulación está determinada por la estructura y en base a ello se han establecido cada uno de los espacios habitables de la vivienda. Estos espacios deben cumplir las dimensiones mínimas dispuestas en la norma de habitabilidad correspondiente. Así, se plantea dos franjas exteriores con 2 espacios de 12m² cada una, para las zona de descanso y la zona social. Y una franja media con 2 espacios dedicados al área de servicio y al patio de 8.4m² cada una.



IMPLANTACIÓN

Se toma como punto de partida crear una edificación aislada con patio donde el área habitable es de 56m². A esto se plantea un proceso de expansión de 2 posibles espacios mediante la incorporación de 2 módulos (2.40m.) de ancho, por la mitad total del ancho de la edificación cada uno. Con lo cual, se puede expandir a una área de 73m² con 1 espacio, o 81m² con 2 espacios.



Área Total vivienda:

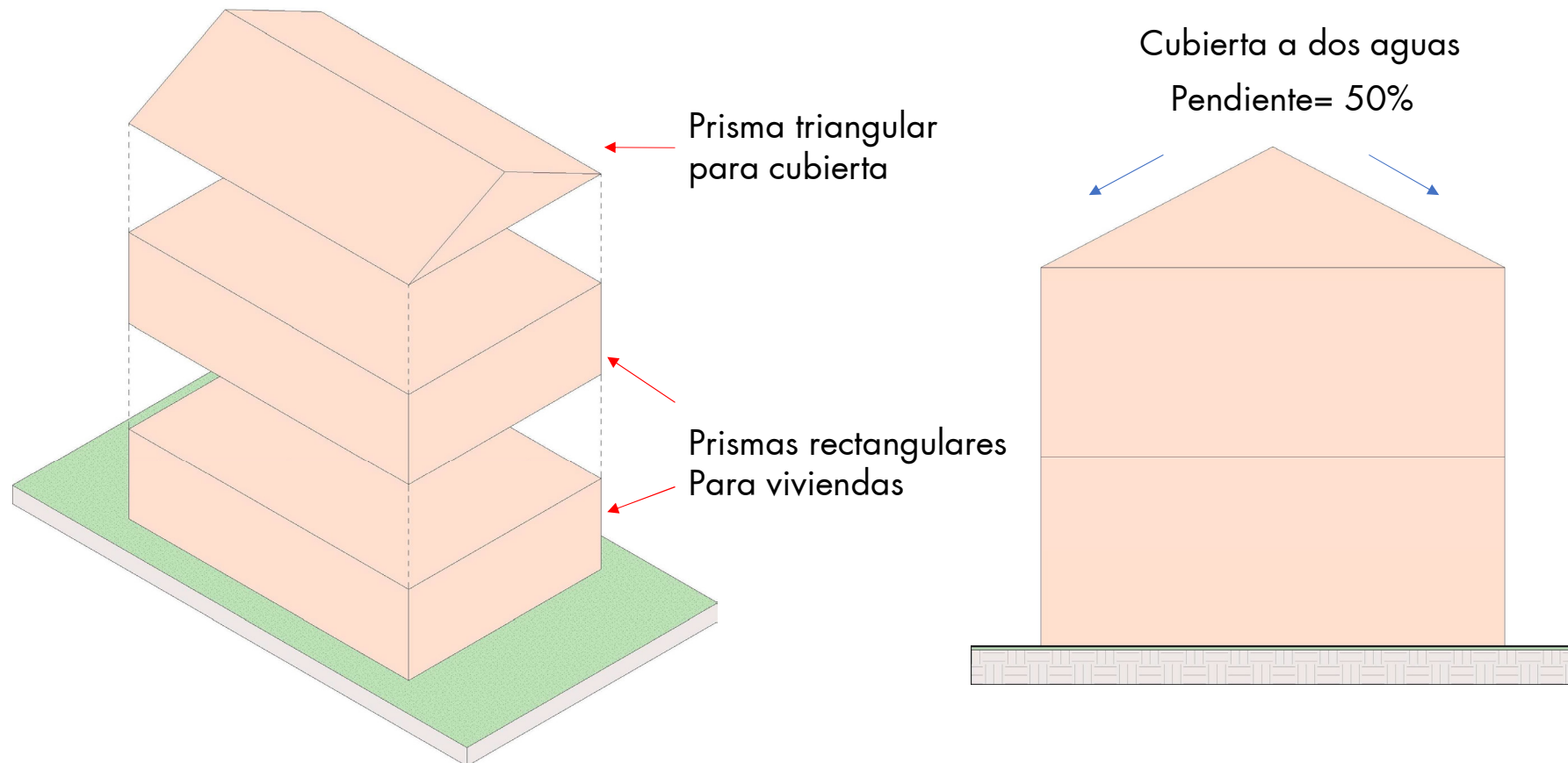
área inicial + 1
dormitorio
73 m²

área inicial + 2
dormitorio
81 m²

VOLUMETRÍA

La volumetría está constituida por elementos básicos. Dos prismas rectangulares configuran las viviendas que son rematados con un prisma triangular que forma una cubierta a dos aguas. La pendiente que se trata de manejar oscila el 50%.

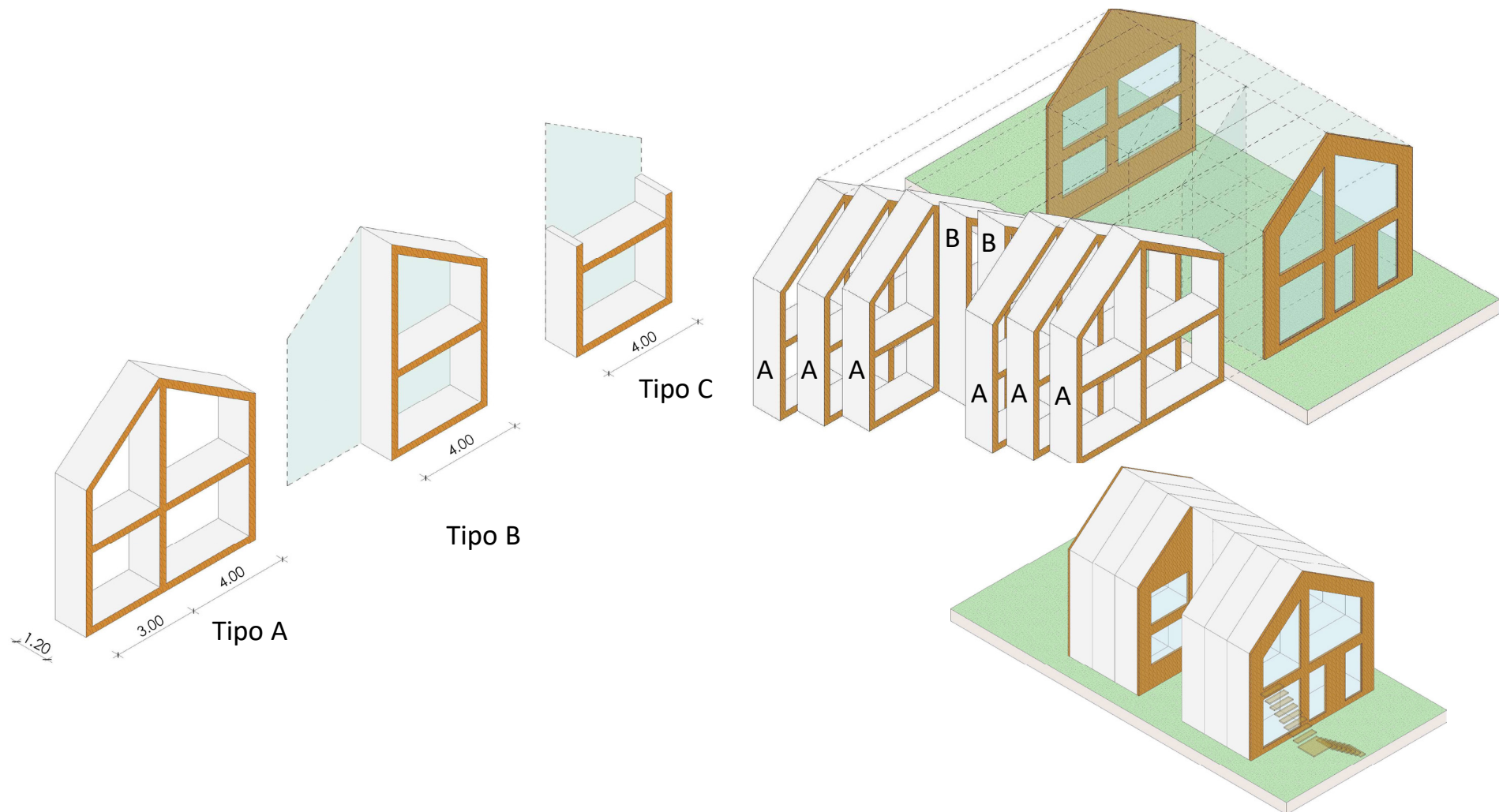
118



119. Elaboración: Propia.

MODULACIÓN ESTRUCTURAL

Se establecen tres tipos de módulos (A,B y C). El módulo A configura las 2 zonas exteriores y el módulo B que es la mitad del A, configura la zona media de destinada al servicio. El módulo C constituye las zonas de expansión de la vivienda.

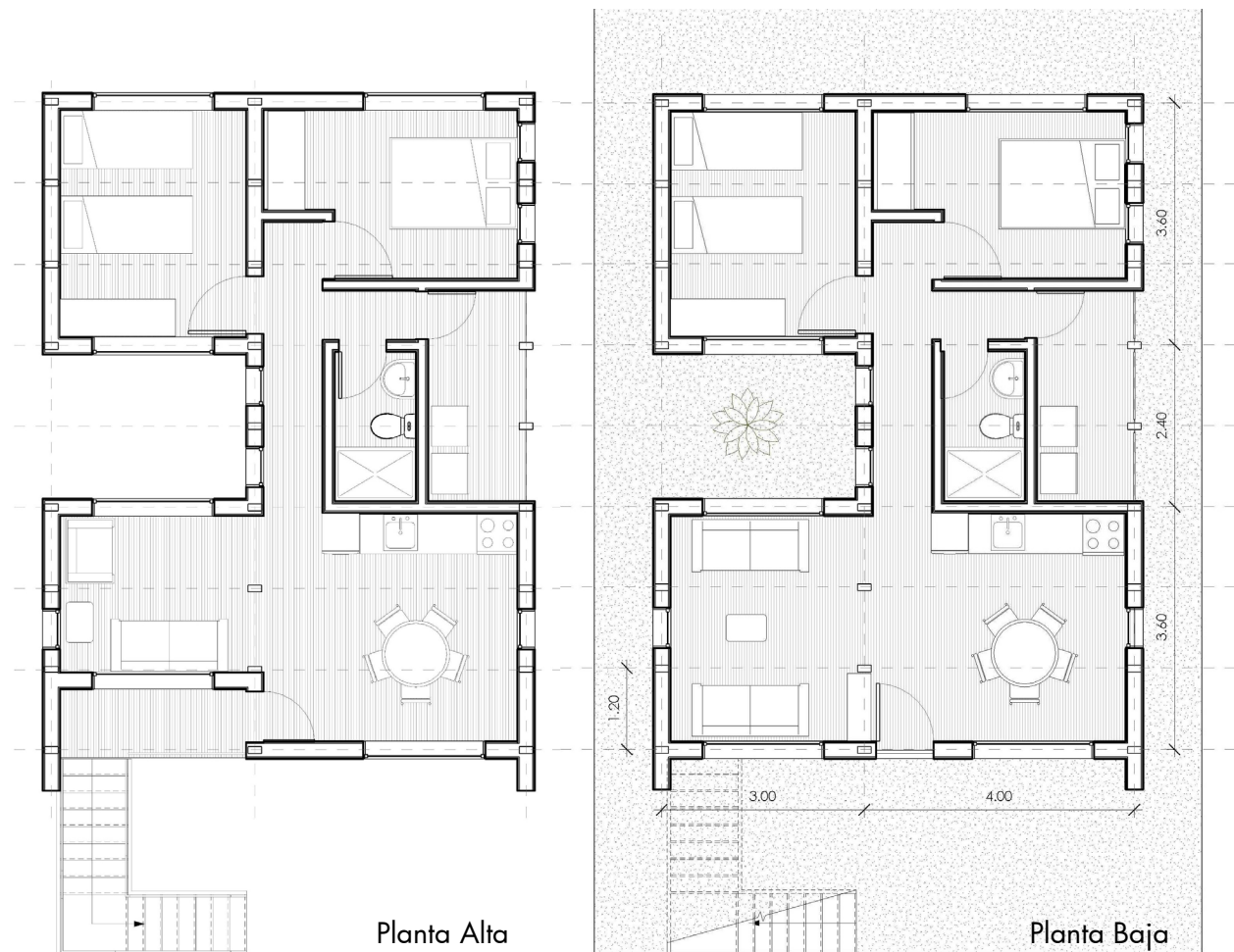
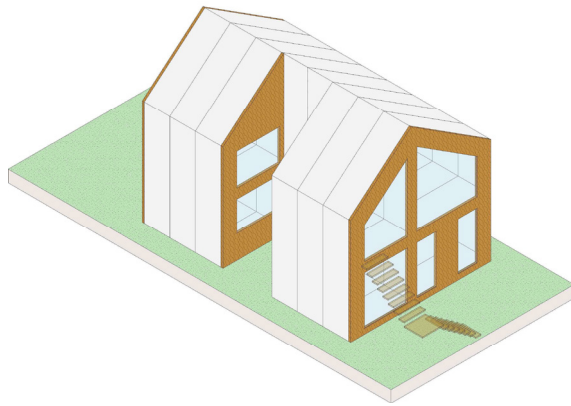


CONFIGURACIÓN ESPACIAL

La configuración de espacios que se establece en base a la modulación estructural queda definida en planta baja con un acceso central alineado con el único eje de circulación. Este eje divide longitudinalmente los espacios internos. El área de descanso se sitúa en la zona posterior, el área de servicio en la zona central y el área social en la zona frontal. Planta baja y planta alta tienen la mis-

ma disposición, con la única diferencia que en planta alta existe un retranqueo en la zona frontal de la sala que sirve para dar cabida al vestíbulo de acceso a la vivienda. El acceso se da mediante escaleras situadas fuera del área construida, esto con el fin de no reducir el espacio interior habitable.

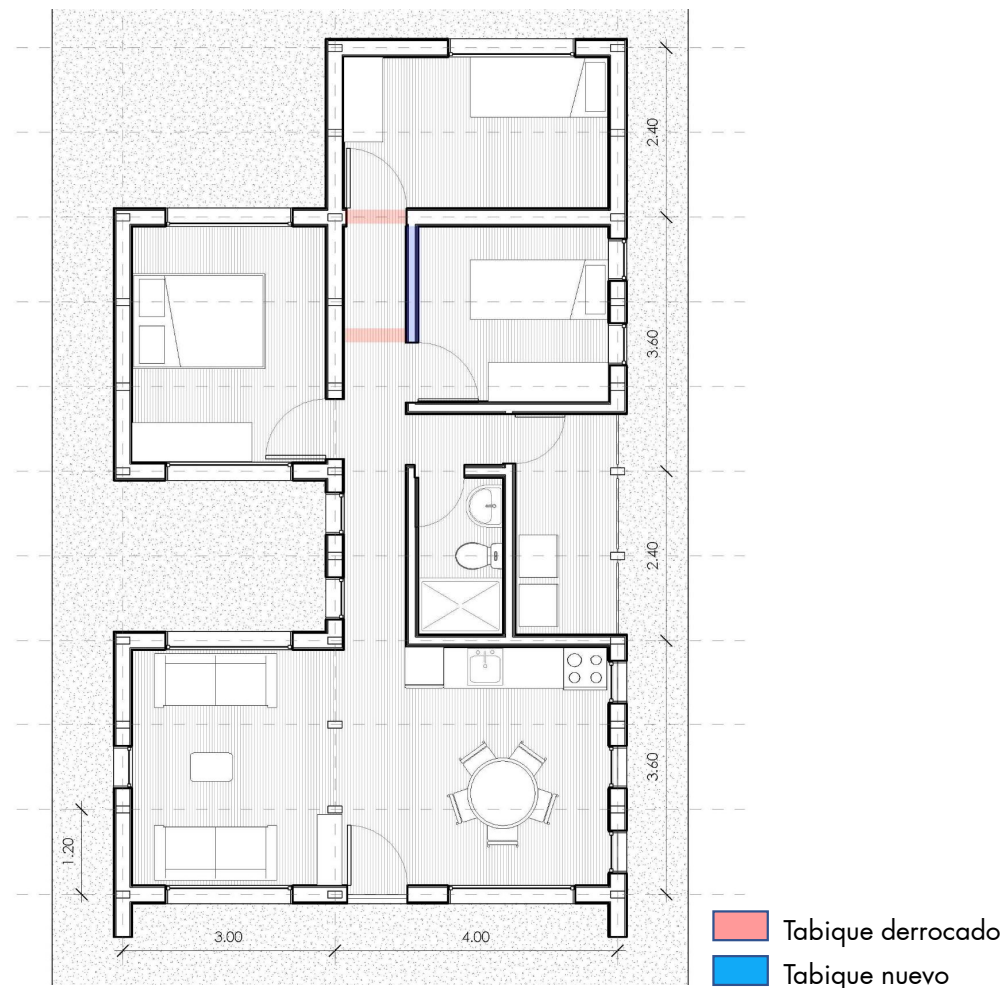
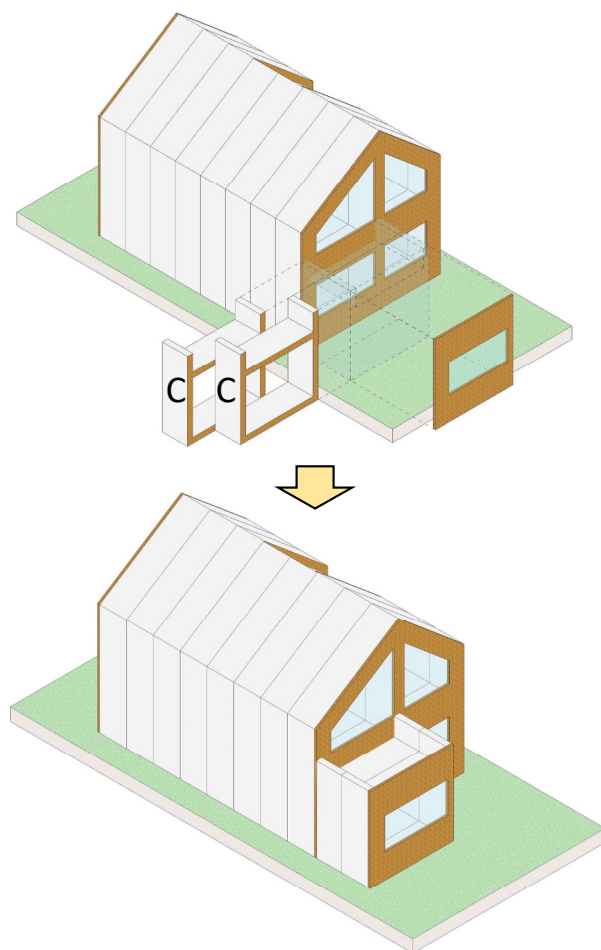
120



121. Elaboración: Propia.

CONFIGURACIÓN ESPACIAL - EXPANSIÓN EN PLANTA BAJA

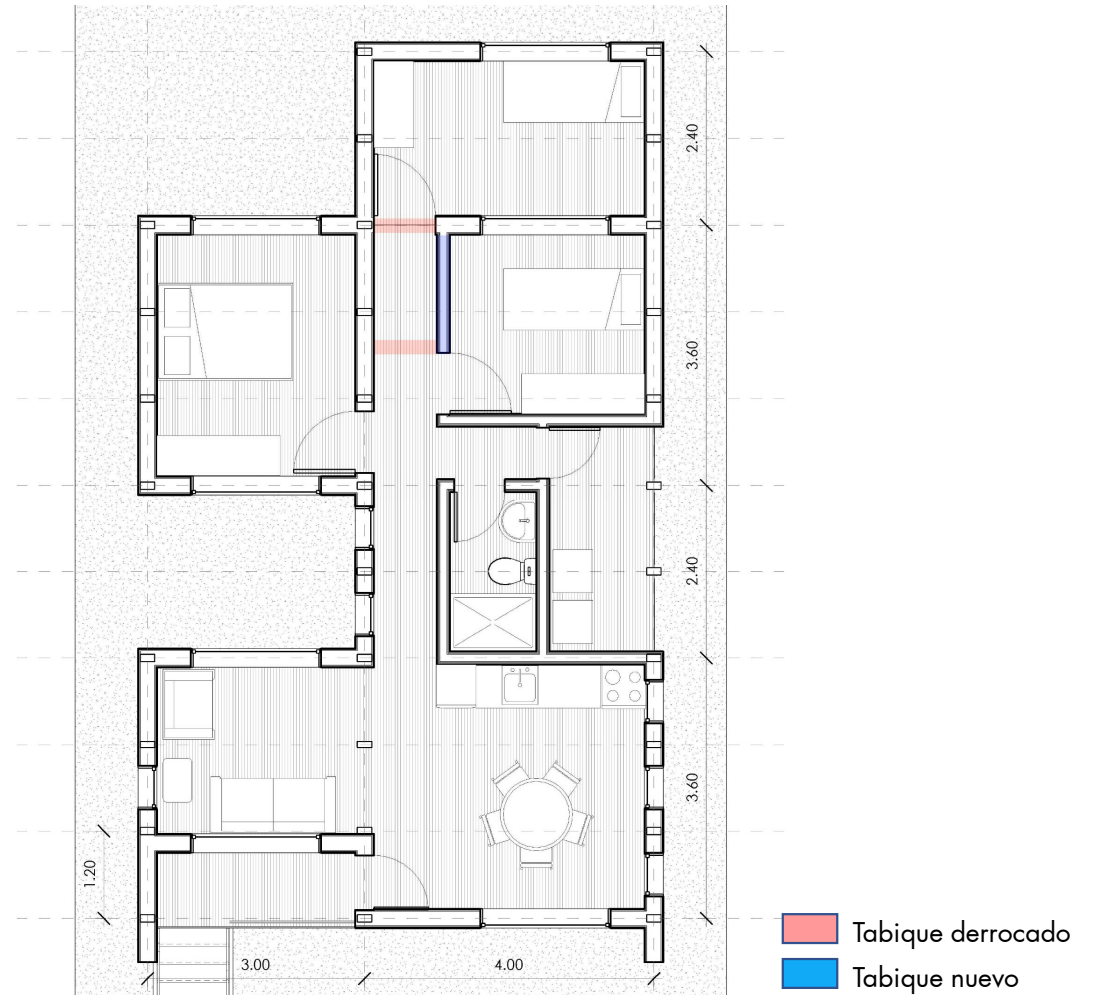
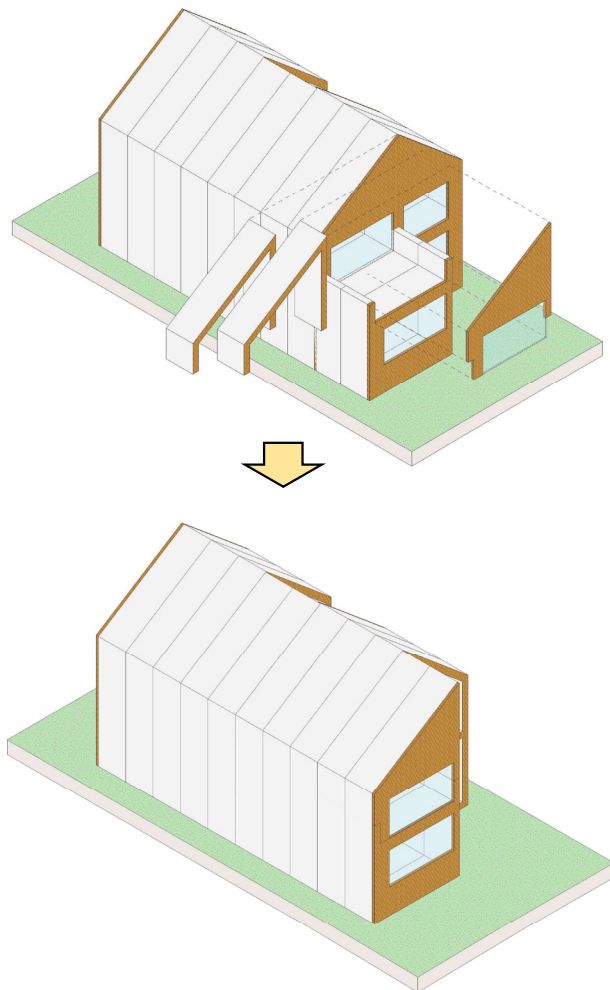
Mediante la incorporación de 2 módulos tipo C se tiene la posibilidad de expandir el espacio hacia la zona posterior. Para ello es necesario retirar dos porciones de tabiques e incorporar uno nuevo. Este procedimiento es relativamente fácil y rápido dadas las características de los paneles modulares desmontables.



CONFIGURACIÓN ESPACIAL - EXPANSIÓN EN PLANTA ALTA

El criterio de expansión en planta alta es el mismo que el de la planta baja. La única diferencia es que los módulos que se incorporan compositivamente son distintos.

122



123. Elaboración: Propia.

6.3 DISEÑO ESTRUCTURAL

PROPIEDADES MECÁNICAS DEL CONTRACHAPADO Y OSB A UTILIZAR										
	Dimensiones (mm)	Espesor (mm)	Resistencia a la flexión perpendicular (Kg/cm ²)	Resistencia a la flexión paralela (Kg/cm ²)	Resistencia a la compresión perpendicular (Kg/cm ²)	Resistencia a la compresión paralela (Kg/cm ²)	Resistencia a la tracción perpendicular (Kg/cm ²)	Resistencia a la tracción paralela (Kg/cm ²)	MOE perpendicular (Kg/cm ²)	MOE paralela (Kg/cm ²)
CONTRACHAPADO / PLYWOOD	1220x2400	18	434	353	279	236	393	347	51069	51538
OSB (ORIENTED STRAND BOARD)	1220x2400	18	82	164	127	154	70	94	14000	35000

El criterio a seguir es el mismo que se realizó para el análisis de los casos de estudio. Este proyecto se efectúa con el apoyo del software de análisis de elementos finitos RFEM - Dlubal. Para efectos de este trabajo se ha establecido aplicar un análisis geoméricamente lineal o de primer orden, verificando siempre que la estructura no sea translacional. Es decir que no se considera la inestabilidad por pandeo producida por la irregularidad de la estructura y/o de los elementos.

Para la aplicación de la norma, se utiliza como base el Código técnico de la edificación, cotejando los valores que se manejan en la Norma Ecuatoriana de la Construcción. Por tanto se analizan los siguientes documentos:

- Código técnico de la edificación - Documento básico - Seguridad estructural - Acciones en la edificación. (CTE-DB-SE-AE)
- Código técnico de la edificación - Documento básico - Seguridad estructural - Madera. (CTE-DB-SE-M)
- Norma Ecuatoriana de la construcción - Seguridad estructural - Cargas gravitatorias (No sísmicas). (NEC-SE-CG (No sísmicas)
- Norma Ecuatoriana de la construcción - Seguridad estructural - Madera. (NEC-SE-MD).

Las hipótesis de carga se definen en base a la norma. Las tablas con los valores de carga según el tipo de acción se detallan en la sección hipótesis de carga del análisis de casos.

MATERIALIDAD :

Los materiales a emplear son: tablero contrachapado o plywood y tablero de virutas orientadas OSB (oriented strand board). Los valores característicos de las propiedades mecánicas a utilizar para el cálculo son los manejados en la empresa ecuatoriana Endesa - Botrosa S.A. para el tablero contrachapado; y para el OSB los valores de la normativa UNE - EN 300.

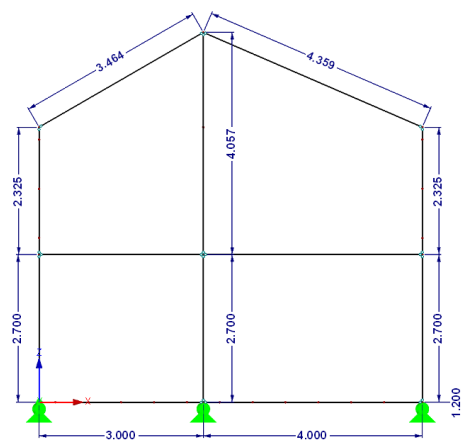
METODOLOGÍA DE ANÁLISIS :

En primer lugar, se realiza un análisis de barras para entender el comportamiento a cargas gravitacionales y laterales. Aquí se identifica cuáles son los elementos que presentan los esfuerzos (momentos) y deformaciones más críticos; además se determina la ubicación más conveniente para las uniones.

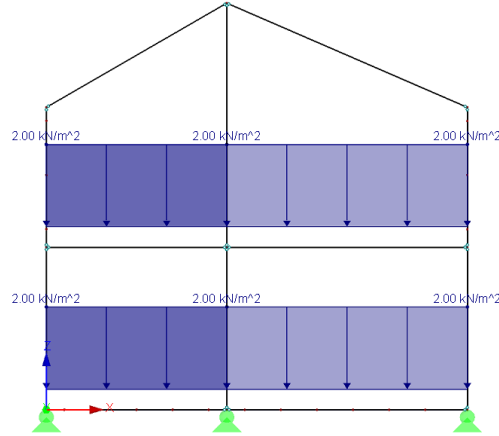
En base a los resultados del análisis de barras se procede a realizar el diseño por superficies. Para lo cual se establece dividir cada una de las zonas que conforman la estructura en composiciones diferenciadas. Así, según su ratio de aprovechamiento (Demanda / Resistencia), se puede ir diseñando y evaluando el material y la cantidad de capas necesarios para que cumplan la demanda en cuanto a resistencia y la estabilidad. Se plantea en principio establecer todas las composiciones con OSB tipo 3 y con 1 capa. A partir de esta consideración se efectúa el análisis hasta satisfacer el ratio de aprovechamiento.

HIPÓTESIS DE CARGA

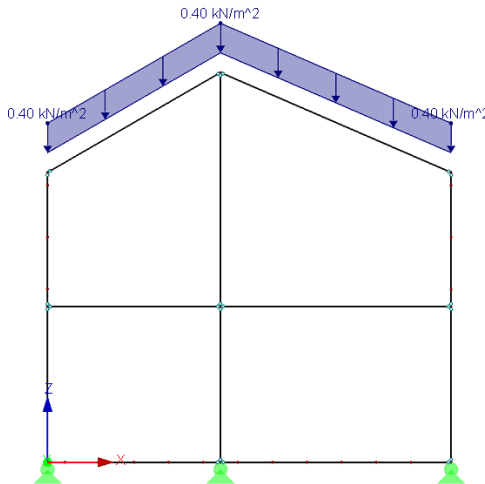
Geometría base



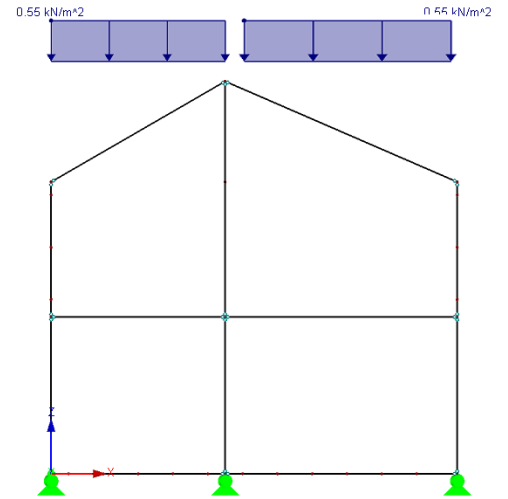
Sobre carga de uso / vivienda



Sobrecarga de uso / cubierta

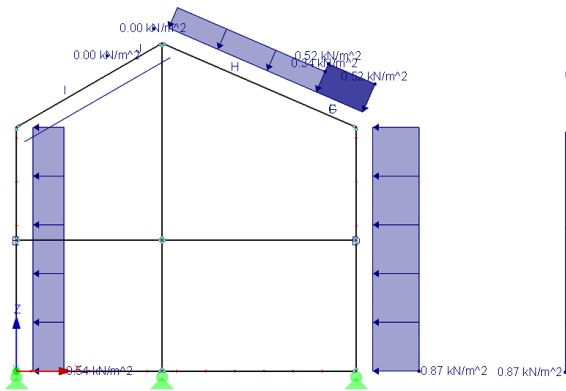


Granizo

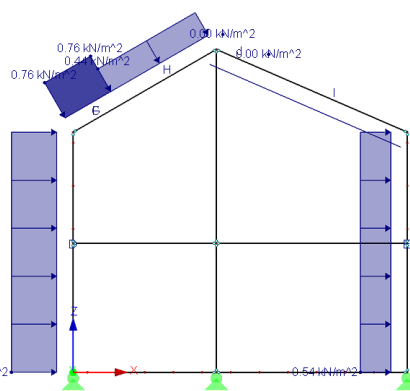


124

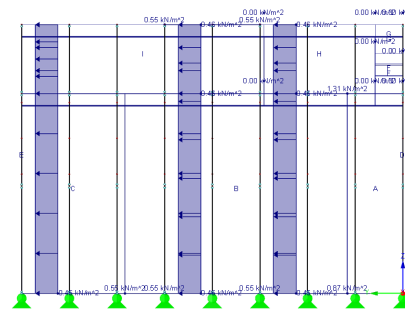
Viento X-



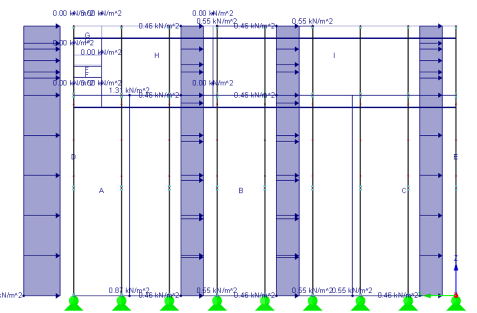
Viento X+



Viento Y+

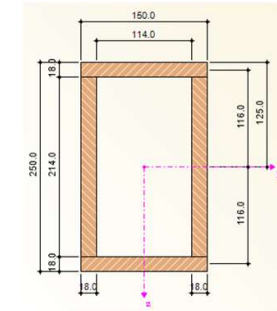
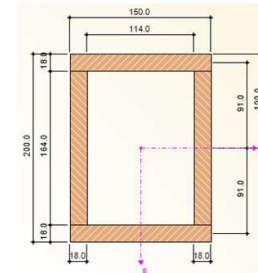
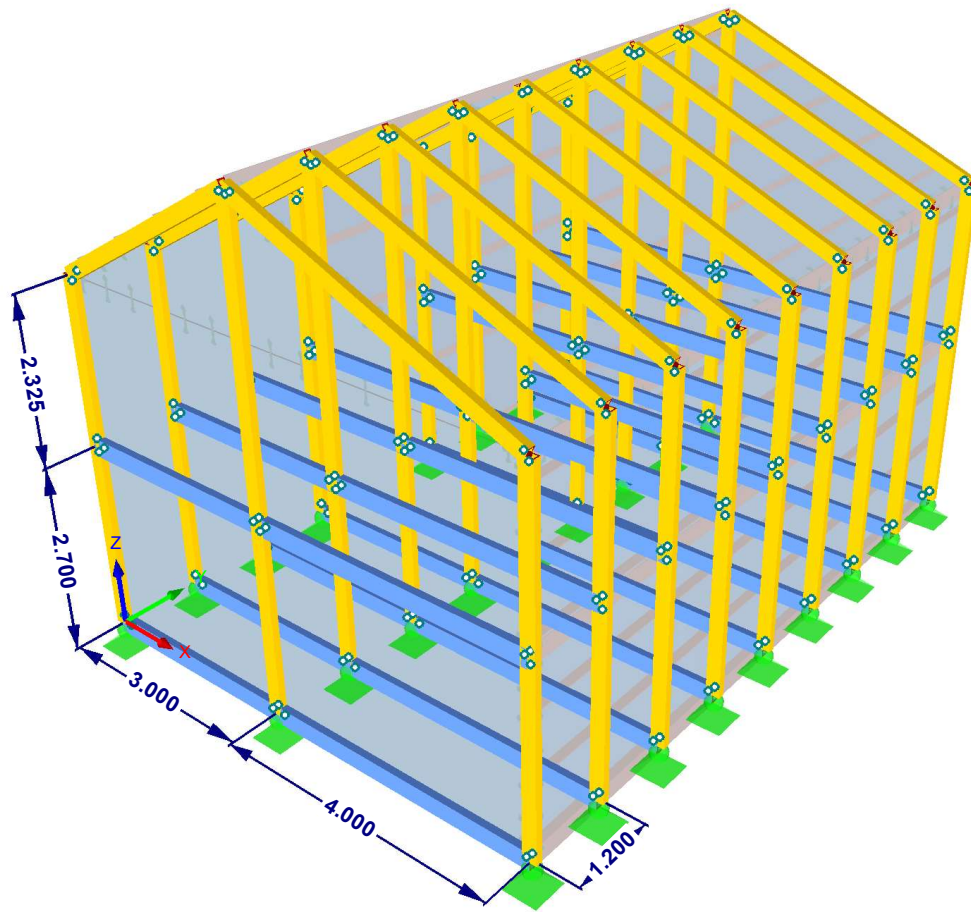


Viento Y-



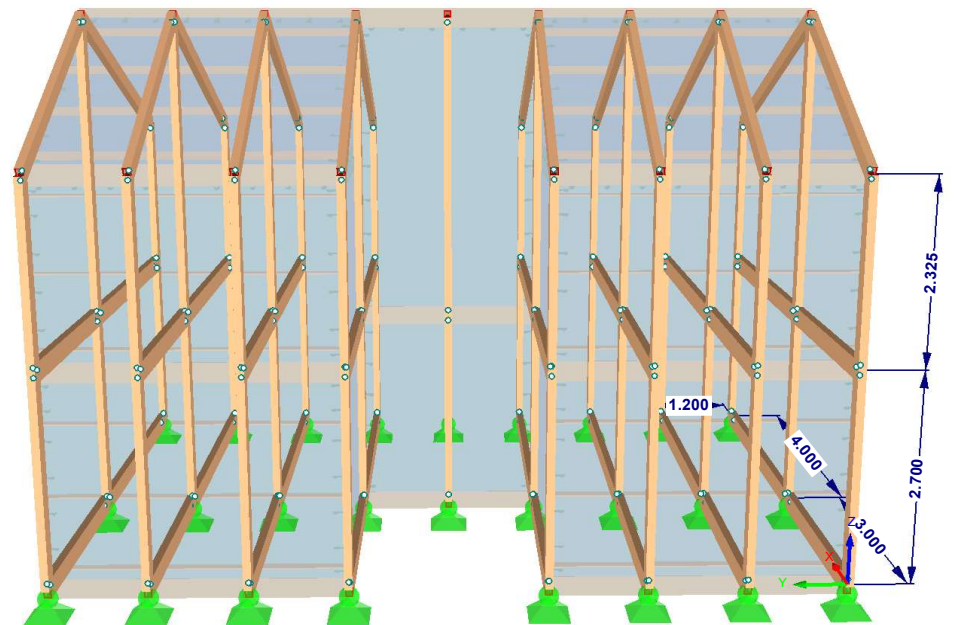
PREDIMENSIONAMIENTO - ANÁLISIS GLOBAL

Para el análisis por medio de barras se determinan elementos tipo caja de 18mm de pared . Considerando un tentativa de secciones se plantean 2 tipos. Con color amarillo las columnas y vigas de cubierta de 150x200mm; y con color azul las vigas de 150x250mm.



Sección 250x150mm

Sección 200x150mm

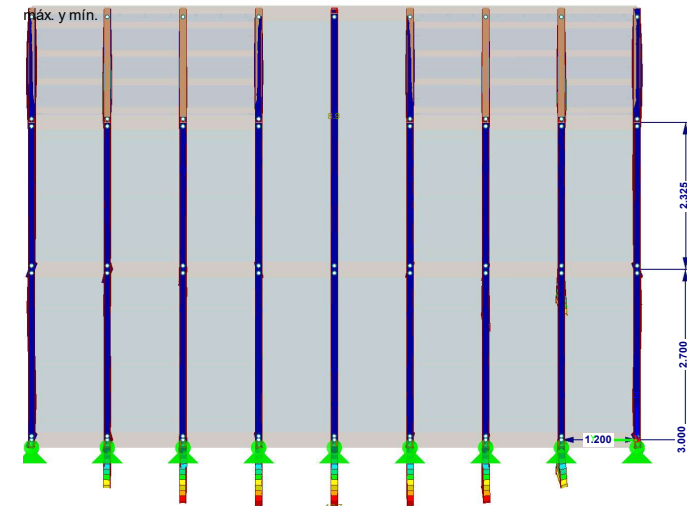
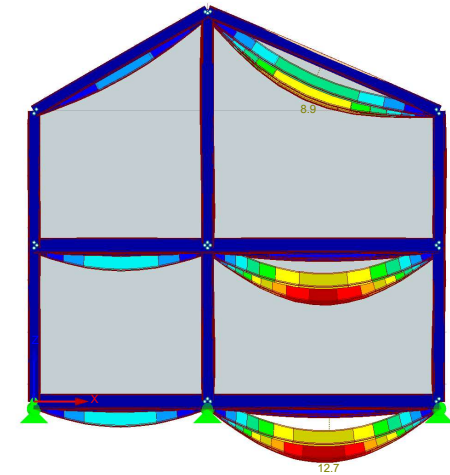
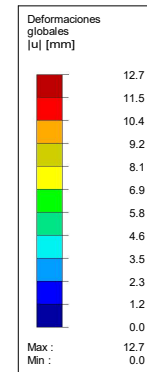
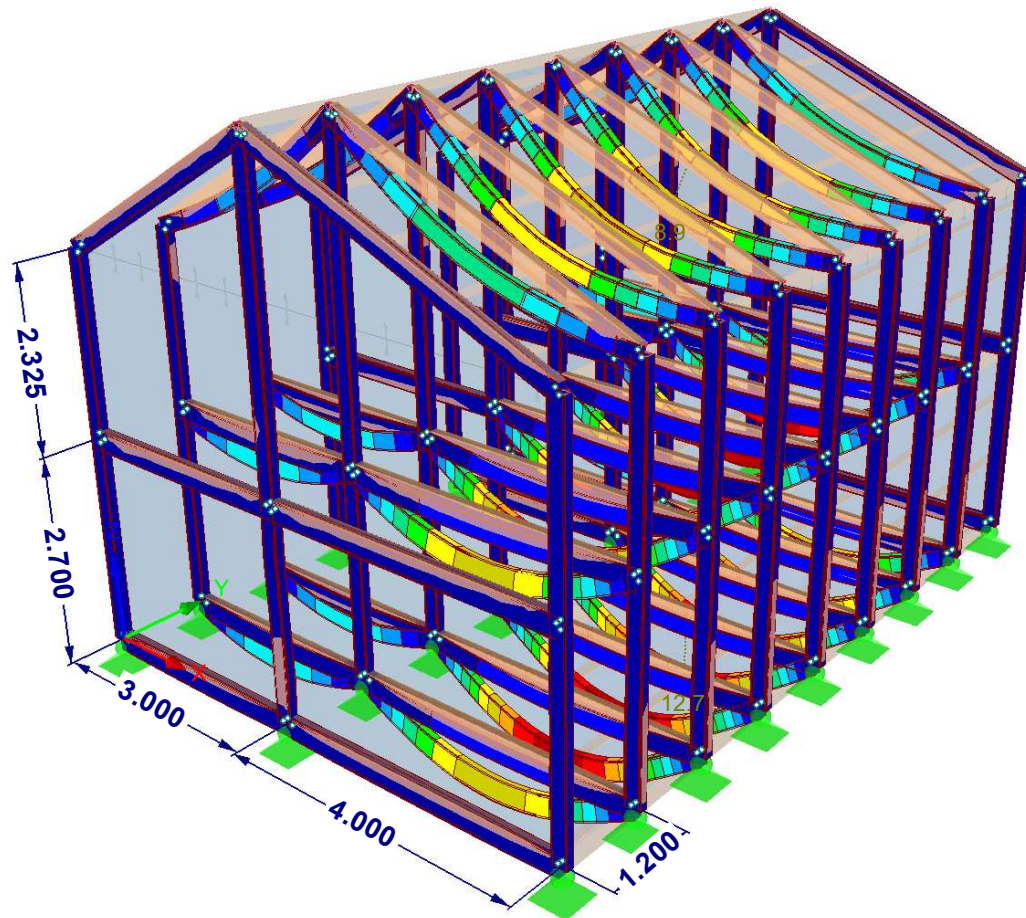


PREDIMENSIONAMIENTO - ANÁLISIS GLOBAL

ANÁLISIS DE DEFORMACIONES

Tras es cálculo, se puede notar que las deformaciones máximas en estado límite de servicio (ELS) se concentran en los pórticos centrales. La deformación máxima que establece la norma es $L/300$; es decir $4000/300=13.33$. La deformación máxima que se presenta es de 12.7mm, por tanto cumple.

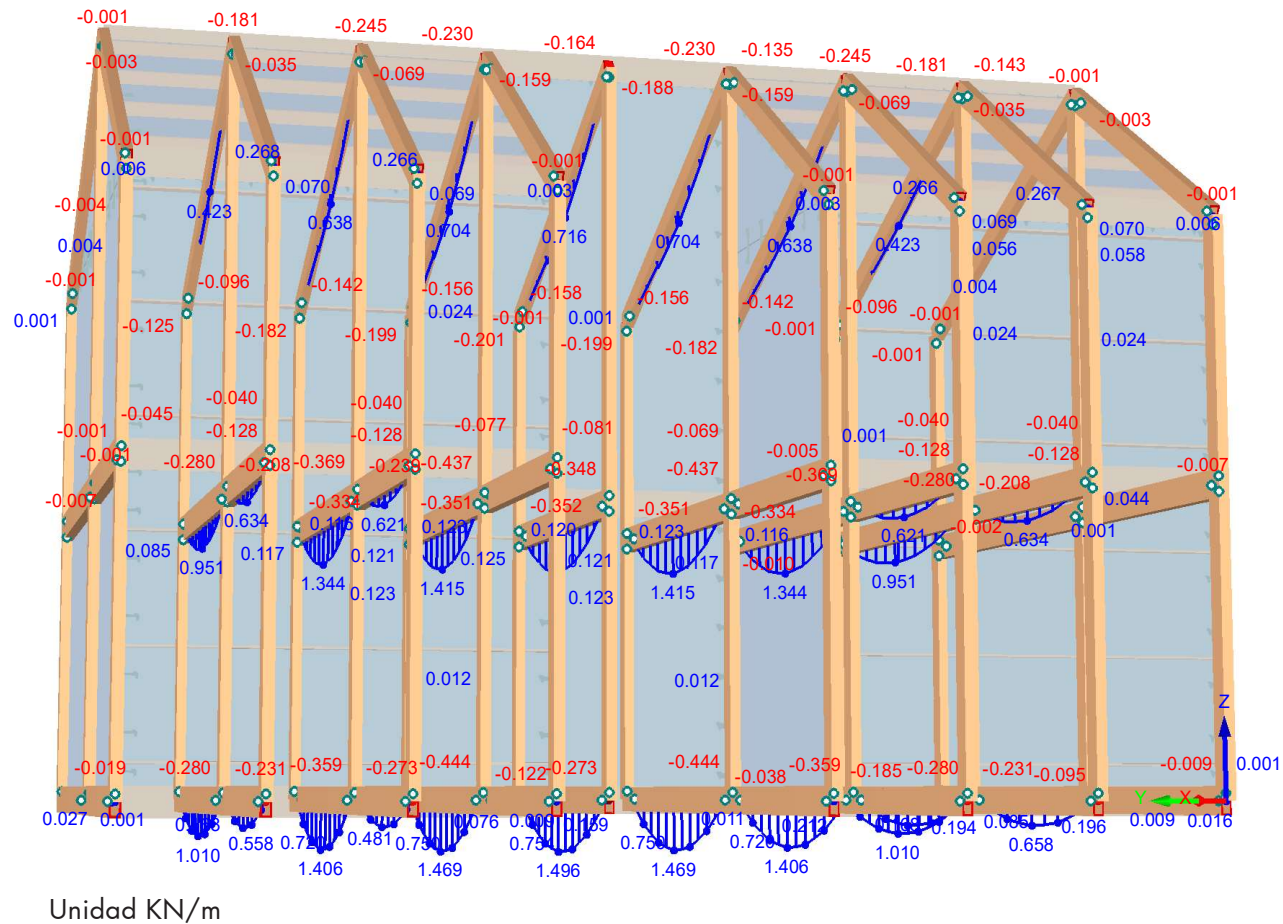
126



PREDIMENSIONAMIENTO - ANÁLISIS GLOBAL

ANÁLISIS DE MOMENTOS

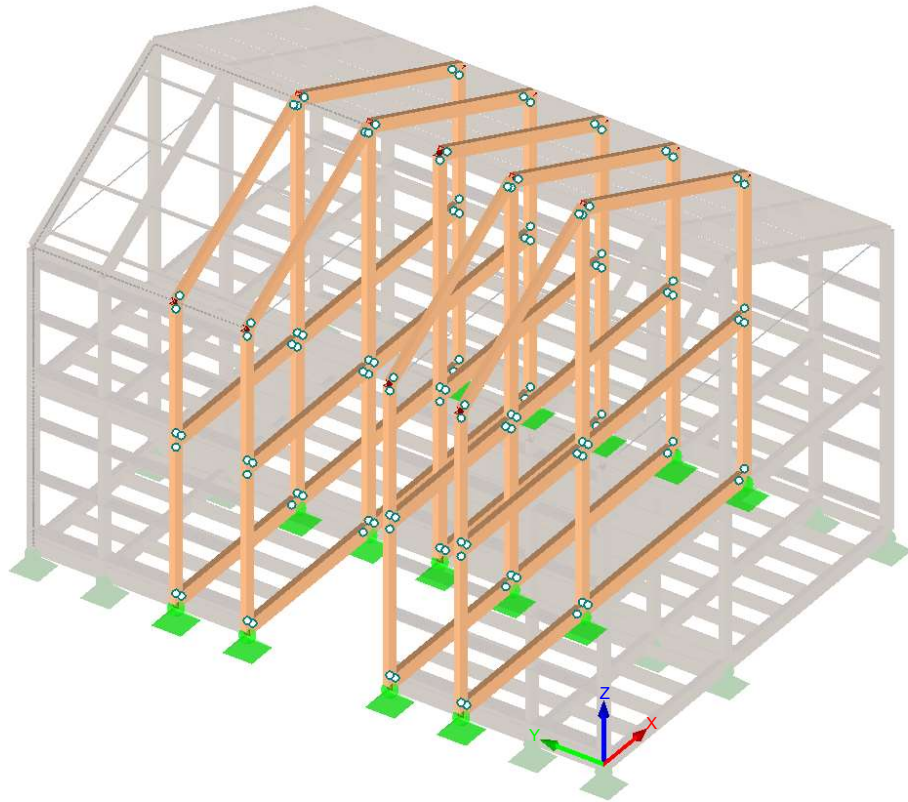
El estudio muestra que al igual que sucede en las deformaciones, los momentos máximos se presentan en los pórticos centrales. El momento positivo máximo es de 1.49 KN/m. De esta manera se evidencia que los esfuerzos se concentran en estos elementos por tanto en esta zona es donde se ha de enfatizar el análisis mediante superficies.



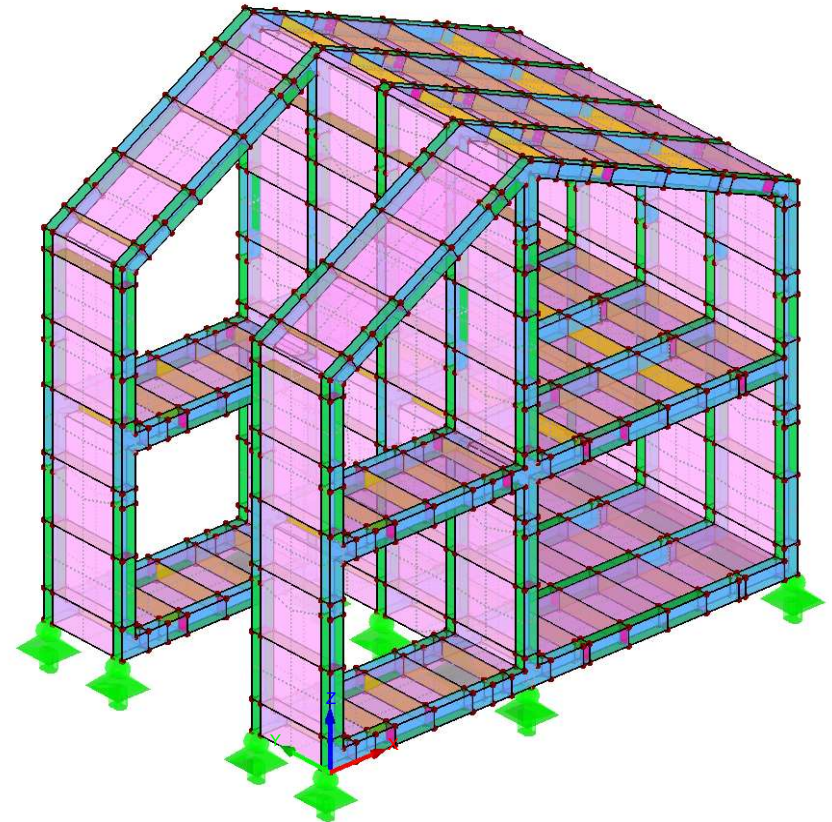
DISEÑO DE PÓRTICOS MEDIANTE EL ANÁLISIS DE SUPERFICIES

En vista de que los pórticos centrales son los que presentan mayores tensiones y deformaciones, el diseño mediante el análisis de superficies se enfocará a estos pórticos.

Modelado de barras en DLUBAL - RFEM



Modelado de superficies en DLUBAL - RFEM

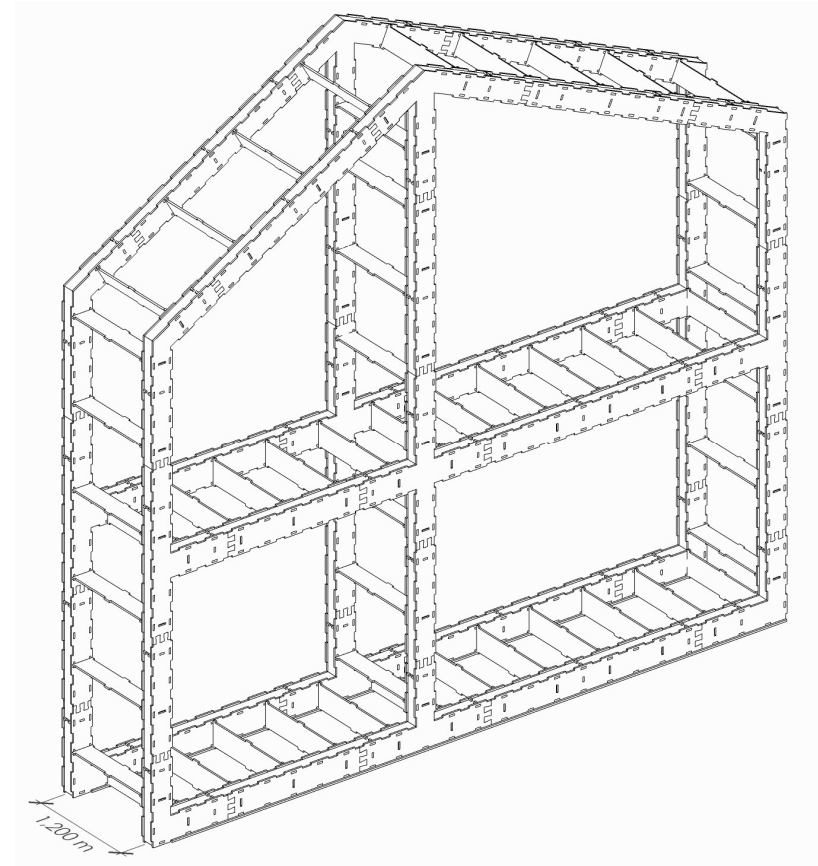
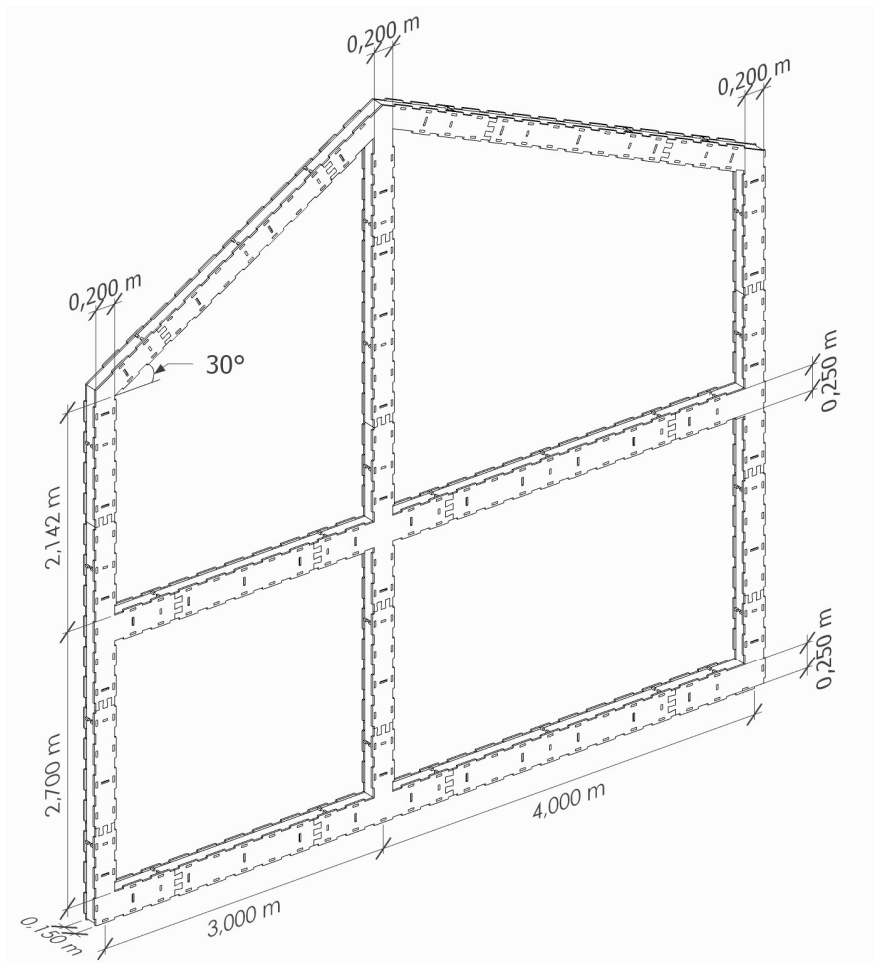


DISEÑO DE PÓRTICOS MEDIANTE EL ANÁLISIS DE SUPERFICIES

DIMENSIONAMIENTO DEL PÓRTICO BASE

Teniendo como referencia las secciones utilizadas en el análisis mediante barras, se plantea manejar las mismas dimensiones para configurar el dimensionamiento del pórtico base. Es decir un pórtico de profundidad constante de 15cm.; para las vigas principales 25cm. de ancho, y para las columnas y vigas de cubierta 20cm. de ancho.

130

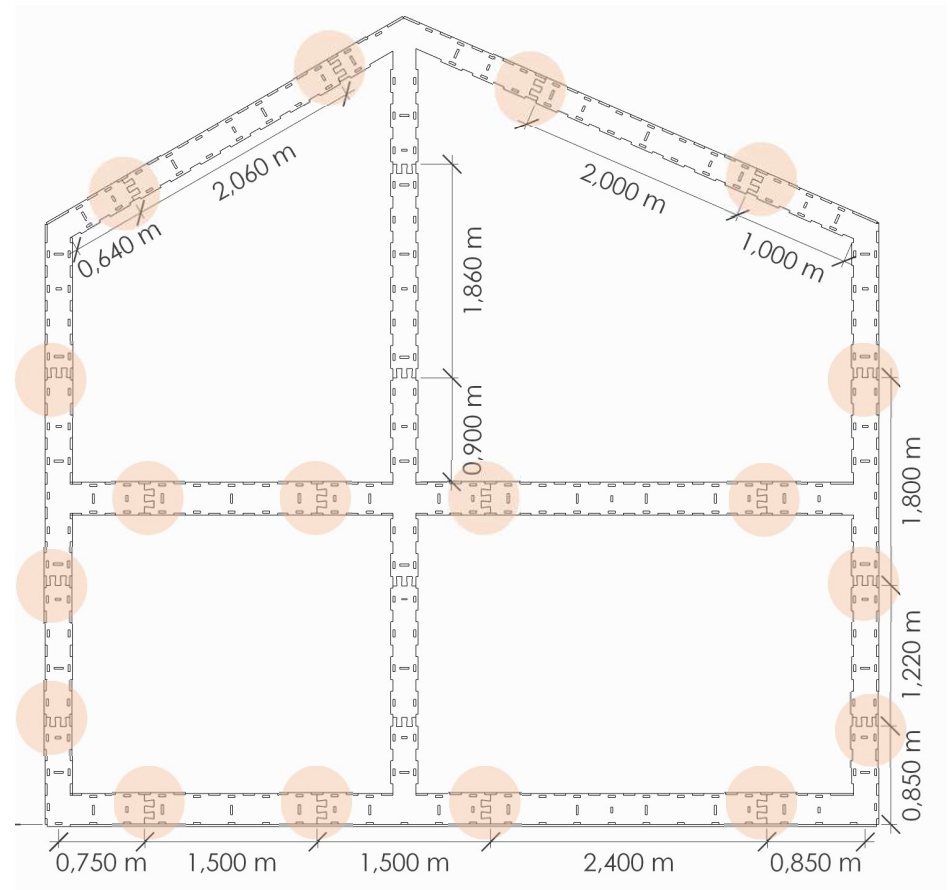
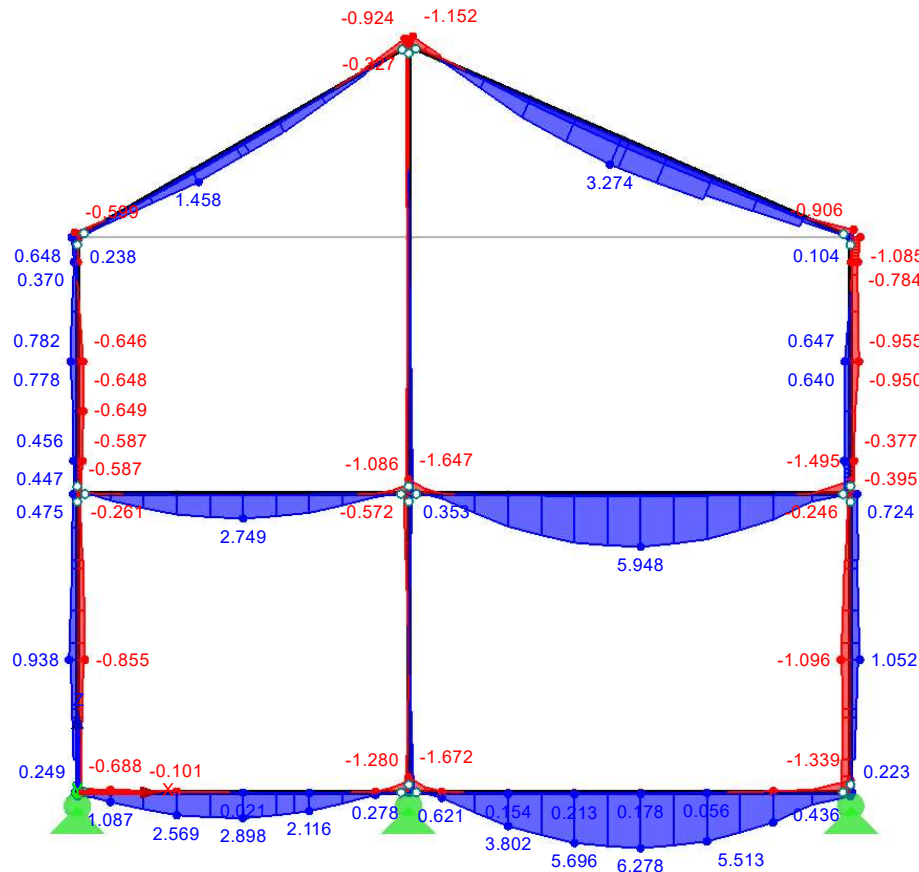


124. Elaboración: Propia.

DISEÑO DE PÓRTICOS MEDIANTE EL ANÁLISIS DE SUPERFICIES

DETERMINACIÓN DE LA UBICACIÓN DE UNIONES

Con base al análisis de momentos se puede determinar la mejor ubicación para las uniones. Es así que, se identifican las zonas donde los momentos tienden a ser 0, es decir donde no se presentan tracciones ni compresiones en la sección del elemento; para en ellas poder plantear las uniones. Esto se debe cotejar con el tamaño del formato máximo del tablero, ya que producir piezas de más de 2.40m no es posible.



DISEÑO DE PÓRTICOS MEDIANTE EL ANÁLISIS DE SUPERFICIES

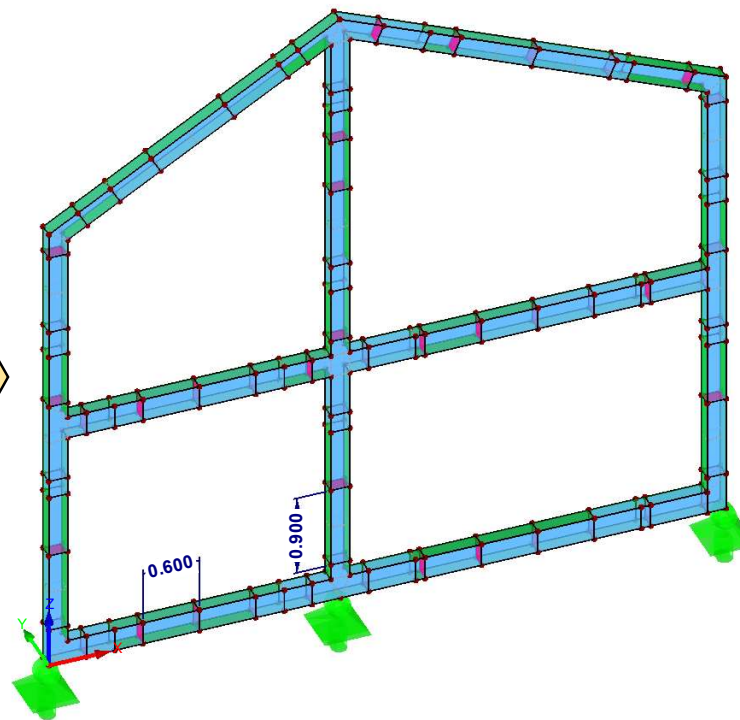
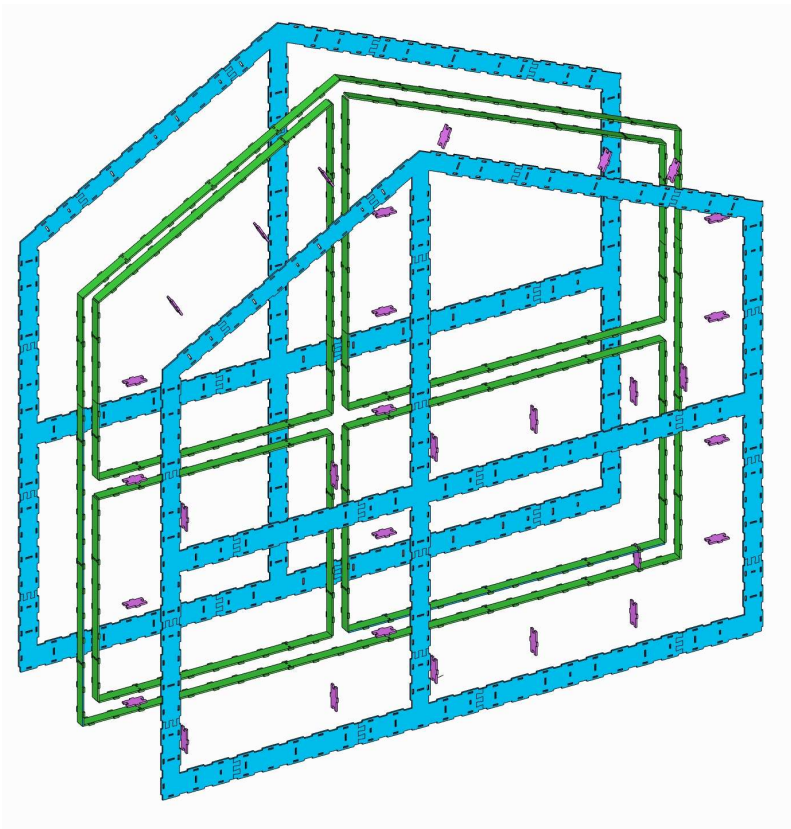
DETERMINACIÓN DE COMPOSICIONES

Para el diseño de los elementos mediante el análisis de superficies en el software DLUBAL - RFEM, se establece dividir cada una de las zonas que conforman la estructura en composiciones diferenciadas, y así según su ratio de aprovechamiento, poder ir evaluando el material y la cantidad de capas necesarios para que cumplan la demanda en cuanto a resistencia y la estabilidad.

Modelado de superficies en Sketchup (Pórtico)

Modelado de superficies en DLUBAL - RFEM (Pórtico)

132



Composición 1:
Caras frontal y posterior
de los pórticos



Composición 2:
Travesaños internos de
los pórticos



Composición 3:
Arriostramientos o cierres
laterales de los pórticos

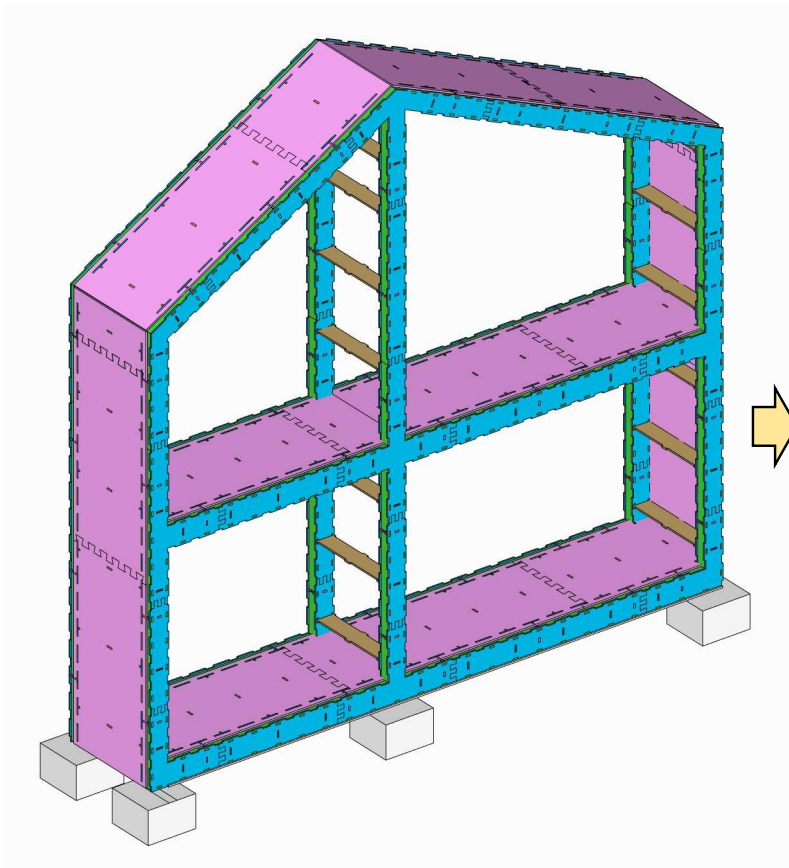


125. Elaboración: Propia.

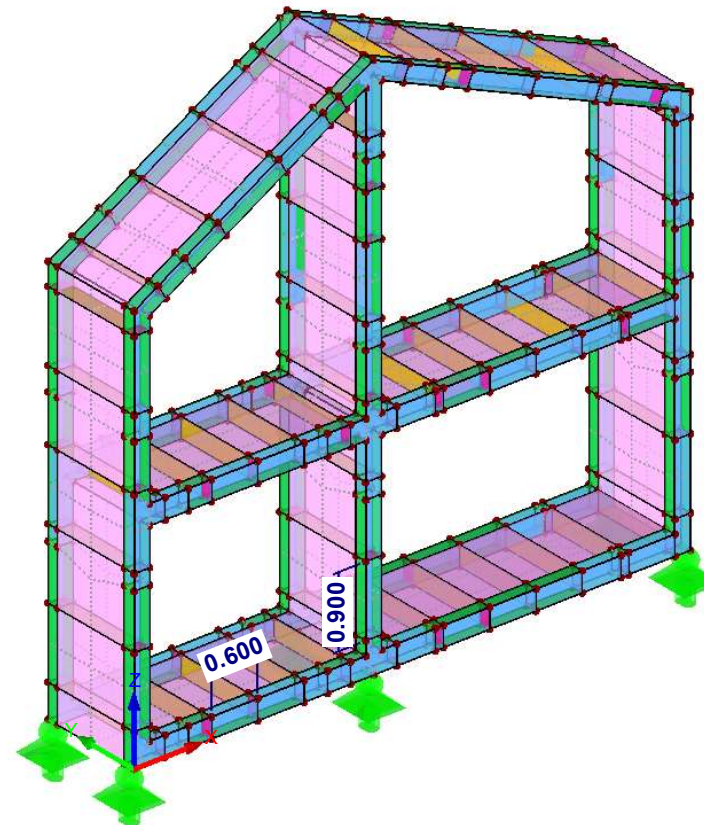
DISEÑO DE PÓRTICOS MEDIANTE EL ANÁLISIS DE SUPERFICIES

DETERMINACIÓN DE COMPOSICIONES

Modelado de superficies en Sketchup (Módulo)



Modelado de superficies en DLUBAL - RFEM (Módulo)



Composición 4:
Travesaños generales de
unión de pórticos



Composición 5:
Arriostros o cierres
generales entre pórticos

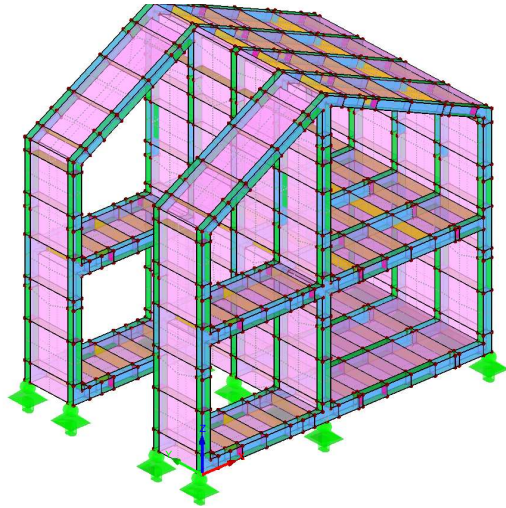


DISEÑO DE PÓRTICOS MEDIANTE EL ANÁLISIS DE SUPERFICIES

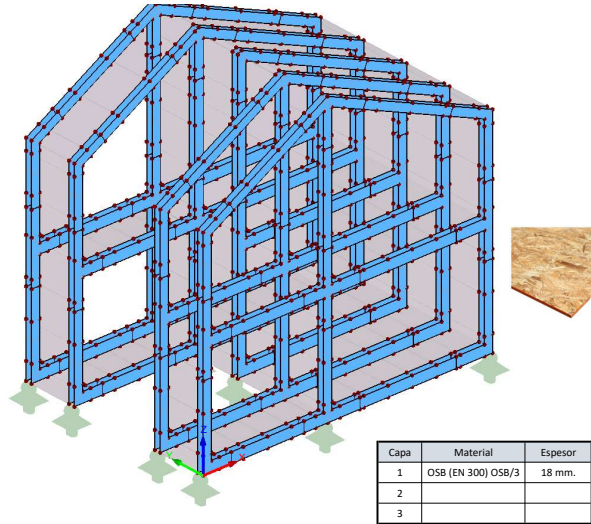
PRUEBA # 1 : Se propone utilizar como materia el OSB tipo 3 de 18mm de espesor y que cada composición este configurada por 1 capa.

134

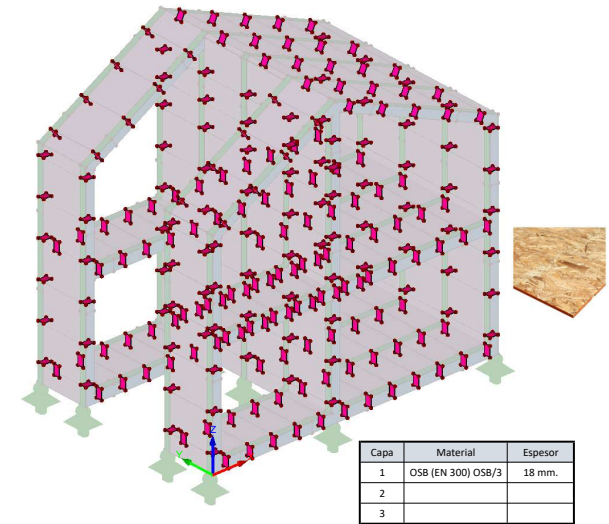
Volumería general



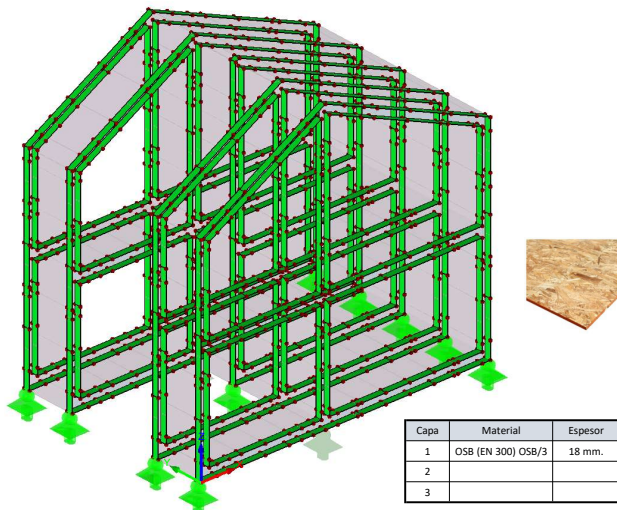
Composición 1: Pórticos



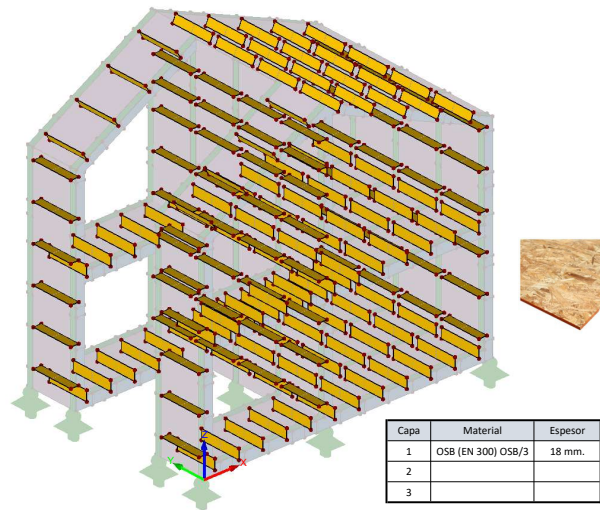
Composición 2: Travesaños pórticos



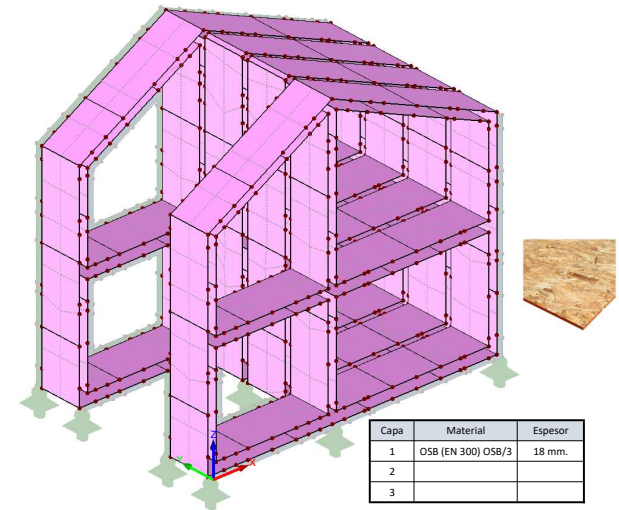
Composición 3: Cierres laterales



Composición 4: Travesaños generales



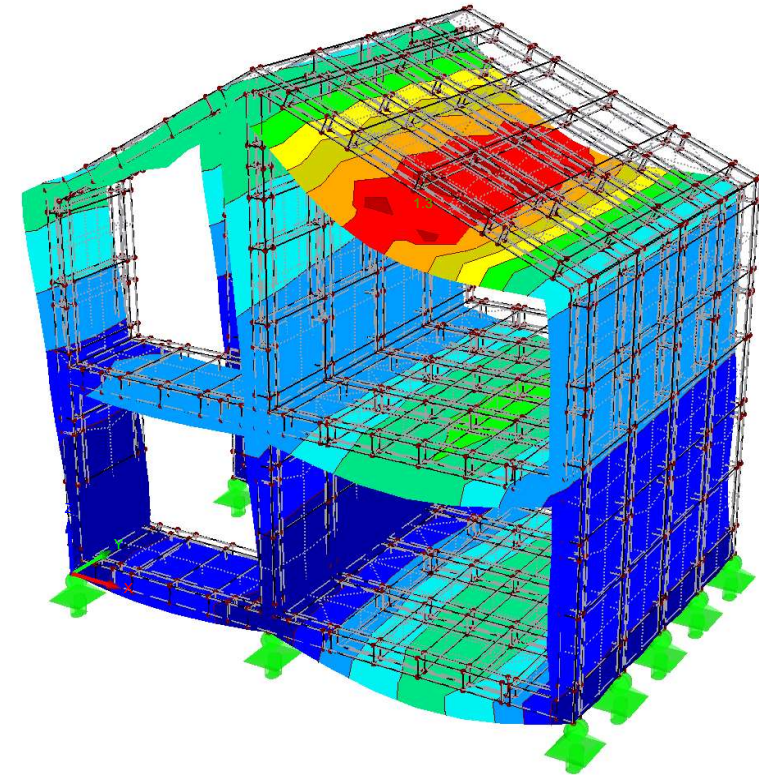
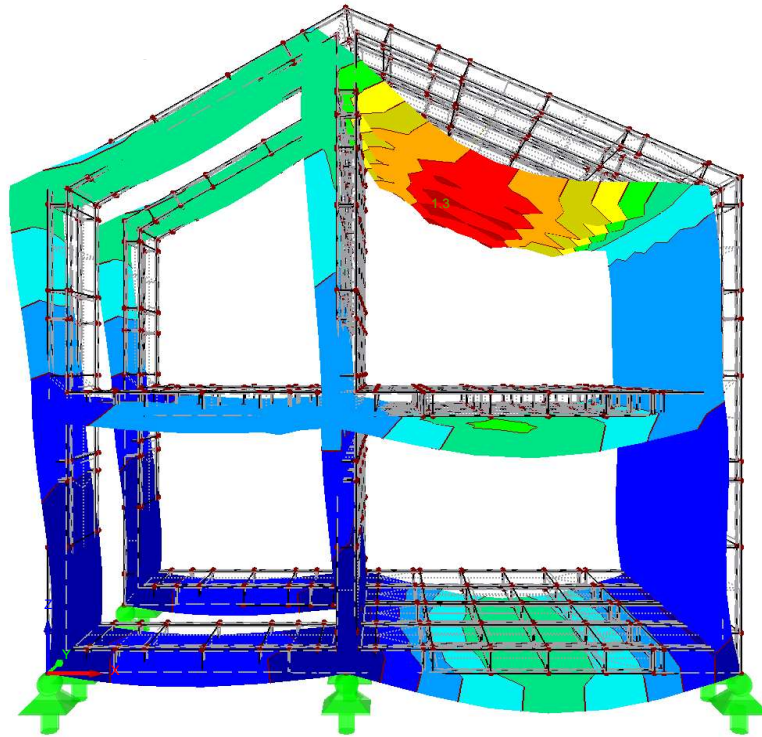
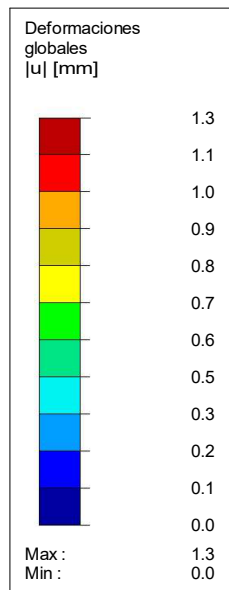
Composición 5: Arriostramientos generales



DISEÑO DE PÓRTICOS MEDIANTE EL ANÁLISIS DE SUPERFICIES

PRUEBA #1: ANÁLISIS DE LAS DEFORMADAS.

Vemos que tras el cálculo, la mayor deformación que se presenta en ELS es de 1.3mm. Con lo cual esta prueba cumple con la norma.

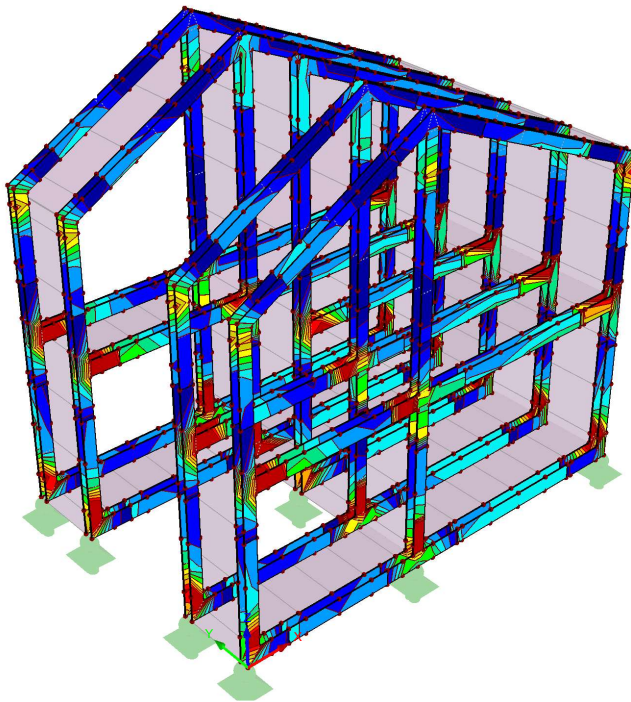
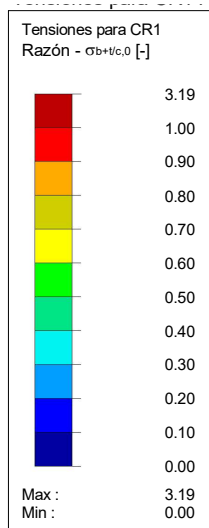


DISEÑO DE PÓRTICOS MEDIANTE EL ANÁLISIS DE SUPERFICIES

PRUEBA #1: ANÁLISIS DE COMPOSICIÓN 1.

Se puede observar que existen elementos pintados con rojo cuyo ratio de aprovechamiento supera el máximo. Estos elementos son los que configuran las esquinas y los cruces centrales de los marcos. Por tanto es necesario adicionar otra capa de material en estas zonas.

136



CALCULO DE SUPERFICIES						
Composición. núm.	Superficie núm.	Punto núm.	Carga	Tensiones (N/mm ²)		Razón [-]
				Símbolo	Existente	
	7	10	CR1	$\sigma_{H/E/D}$	3,41	1,07
	9	156	CR1	$\sigma_{H/E/D}$	4,90	1,52
		114	CR1	int($\sigma_{H/E,90^\circ}$; τ_{Vz})		1,67
	10	199	CR1	$\sigma_{H/E/D}$	4,97	1,58
	12	147	CR1	$\sigma_{H/E/D}$	8,01	2,37
	21	474	CR1	$\sigma_{H/E/D}$	4,24	1,34
		432	CR1	int($\sigma_{H/E,90^\circ}$; τ_{Vz})		1,08
	24	465	CR1	$\sigma_{H/E/D}$	5,89	1,82
	26	178	CR1	$\sigma_{H/E/D}$	4,73	1,50
	28	324	CR1	$\sigma_{H/E/D}$	4,19	1,29
		282	CR1	int($\sigma_{H/E,90^\circ}$; τ_{Vz})		1,25
	31	315	CR1	$\sigma_{H/E/D}$	5,95	1,83
	35	291	CR1	$\sigma_{H/E/D}$	3,29	1,03
	98	89	CR1	$\sigma_{H/E/D}$	4,26	1,24
	99	102	CR1	$\sigma_{H/E/D}$	10,35	3,19
		75	CR1	int($\sigma_{H/E,90^\circ}$; τ_{Vz})		1,59
	100	104	CR1	$\sigma_{H/E/D}$	4,70	1,47
	101	272	CR1	$\sigma_{H/E/D}$	5,31	1,66
	103	174	CR1	$\sigma_{H/E/D}$	3,81	1,20
		174	CR1	int($\sigma_{H/E,90^\circ}$; τ_{Vz})		1,02
	153	496	CR1	$\sigma_{H/E/D}$	4,91	1,57
	155	636	CR1	$\sigma_{H/E/D}$	3,64	1,15
	157	627	CR1	$\sigma_{H/E/D}$	7,79	2,34
	220	408	CR1	$\sigma_{H/E/D}$	4,78	1,50
		33	CR1	int($\sigma_{H/E,90^\circ}$; τ_{Vz})		1,07
	221	420	CR1	$\sigma_{H/E/D}$	7,88	2,49
	222	422	CR1	$\sigma_{H/E/D}$	4,95	1,58
	223	584	CR1	$\sigma_{H/E/D}$	4,93	1,57
	224	556	CR1	$\sigma_{H/E/D}$	4,21	1,37
		501	CR1	int($\sigma_{H/E,90^\circ}$; τ_{Vz})		1,01
	225	570	CR1	$\sigma_{H/E/D}$	3,43	1,04
	273	658	CR1	$\sigma_{H/E/D}$	4,84	1,54
	276	670	CR1	$\sigma_{H/E/D}$	4,91	1,57
	278	994	CR1	$\sigma_{H/E/D}$	3,63	1,14
	283	985	CR1	$\sigma_{H/E/D}$	7,62	2,31
	286	820	CR1	$\sigma_{H/E/D}$	4,84	1,54

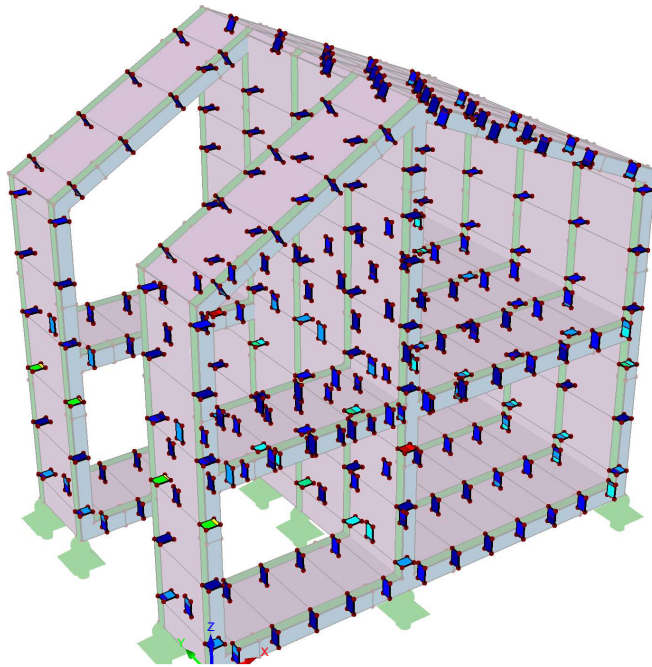
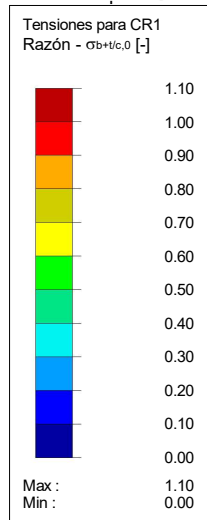
CALCULO DE SUPERFICIES						
Composición. núm.	Superficie núm.	Punto núm.	Carga	Tensiones (N/mm ²)		Razón [-]
				Símbolo	Existente	
	298	1016	CR1	$\sigma_{H/E/D}$	4,97	1,58
	300	1156	CR1	$\sigma_{H/E/D}$	4,27	1,35
		1114	CR1	int($\sigma_{H/E,90^\circ}$; τ_{Vz})		1,08
	309	1147	CR1	$\sigma_{H/E/D}$	5,93	1,83
	355	746	CR1	$\sigma_{H/E/D}$	5,00	1,59
	356	908	CR1	$\sigma_{H/E/D}$	5,00	1,59
	406	868	CR1	$\sigma_{H/E/D}$	3,91	1,25
	407	961	CR1	$\sigma_{H/E/D}$	4,66	1,46
	409	706	CR1	$\sigma_{H/E/D}$	3,93	1,25
	410	799	CR1	$\sigma_{H/E/D}$	4,65	1,46
	438	850	CR1	$\sigma_{H/E/D}$	5,63	1,66
	439	875	CR1	$\sigma_{H/E/D}$	6,47	2,02
		677	CR1	int($\sigma_{H/E,90^\circ}$; τ_{Vz})		1,05
	440	878	CR1	$\sigma_{H/E/D}$	4,93	1,57
	441	1104	CR1	$\sigma_{H/E/D}$	4,95	1,58
	442	1064	CR1	$\sigma_{H/E/D}$	-5,45	1,06
	443	1012	CR1	$\sigma_{H/E/D}$	3,93	1,24
		1012	CR1	int($\sigma_{H/E,90^\circ}$; τ_{Vz})		1,07
	543	1178	CR1	$\sigma_{H/E/D}$	4,69	1,49
	545	1318	CR1	$\sigma_{H/E/D}$	4,21	1,30
		1276	CR1	int($\sigma_{H/E,90^\circ}$; τ_{Vz})		1,28
	547	1309	CR1	$\sigma_{H/E/D}$	5,88	1,82
	550	1285	CR1	$\sigma_{H/E/D}$	3,24	1,02
	556	1340	CR1	$\sigma_{H/E/D}$	3,51	1,09
	558	1480	CR1	$\sigma_{H/E/D}$	5,63	1,65
		1438	CR1	int($\sigma_{H/E,90^\circ}$; τ_{Vz})		1,56
	560	1471	CR1	$\sigma_{H/E/D}$	7,57	2,29
	623	1252	CR1	$\sigma_{H/E/D}$	3,88	1,22
		1174	CR1	int($\sigma_{H/E,90^\circ}$; τ_{Vz})		1,02
	624	1264	CR1	$\sigma_{H/E/D}$	8,71	2,75
	625	1266	CR1	$\sigma_{H/E/D}$	5,11	1,63
	626	1428	CR1	$\sigma_{H/E/D}$	4,81	1,49
	627	1426	CR1	$\sigma_{H/E/D}$	3,66	1,17
		1399	CR1	int($\sigma_{H/E,90^\circ}$; τ_{Vz})		1,50

DISEÑO DE PÓRTICOS MEDIANTE EL ANÁLISIS DE SUPERFICIES

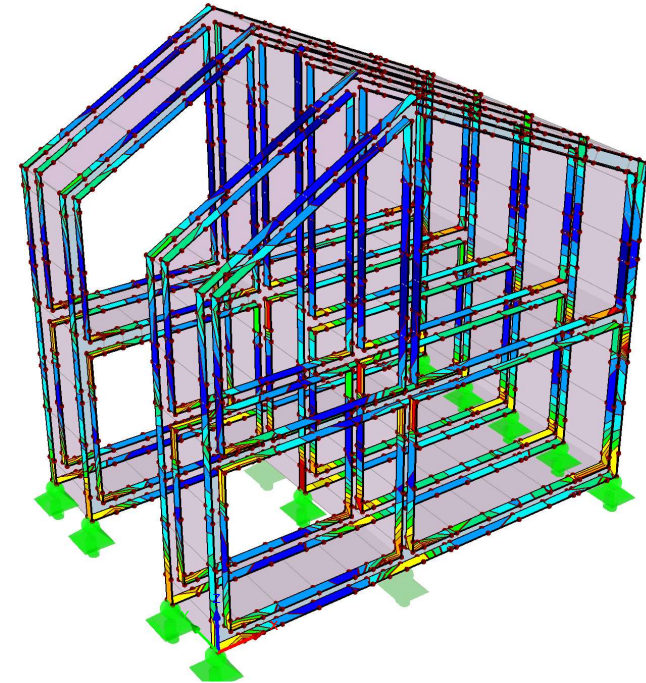
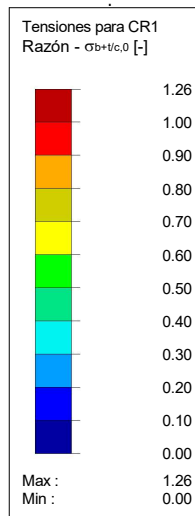
PRUEBA #1: ANÁLISIS DE COMPOSICIÓN 2 Y 3

Se puede observar que todos los elementos cumplen el ratio de aprovechamiento a excepción de 2 marcados con color rojo, por tanto es necesario incrementar otra capa en estos elementos.

Se puede observar que hay varios elementos que exceden el ratio de aprovechamiento máximo, sobre todo en las zonas de las esquinas y los cruces, por tanto es necesario incrementar otra capa en estos elementos.



CALCULO DE SUPERFICIES						
Composición. núm.	Superficie núm.	Punto núm.	Carga	Tensiones [N/mm ²]		Razón [-]
				Símbolo	Existente	
2	72	1677	CR1	$\sigma_{b+1/c,0}$	3,44	1,10
	599	2818	CR1	$\sigma_{b+1/c,0}$	3,44	1,10



CALCULO DE SUPERFICIES						
Composición. núm.	Superficie núm.	Punto núm.	Carga	Tensiones [N/mm ²]		Razón [-]
				Símbolo	Existente	
3	133	1838	CR1	$\sigma_{b+1/c,0}$	3,33	1,05
	138	1856	CR1	$\sigma_{b+1/c,0}$	4,14	1,15
	142	4694	CR1	$\sigma_{b+1/c,0}$	4,14	1,25
	242	4976	CR1	$\sigma_{b+1/c,0}$	3,30	1,01
	412	8124	CR1	$\sigma_{b+1/c,0}$	3,67	1,09
	460	5616	CR1	$\sigma_{b+1/c,0}$	3,30	1,01
	658	2709	CR1	$\sigma_{b+1/c,0}$	3,33	1,06
	663	2727	CR1	$\sigma_{b+1/c,0}$	4,16	1,16
	667	5999	CR1	$\sigma_{b+1/c,0}$	4,15	1,26



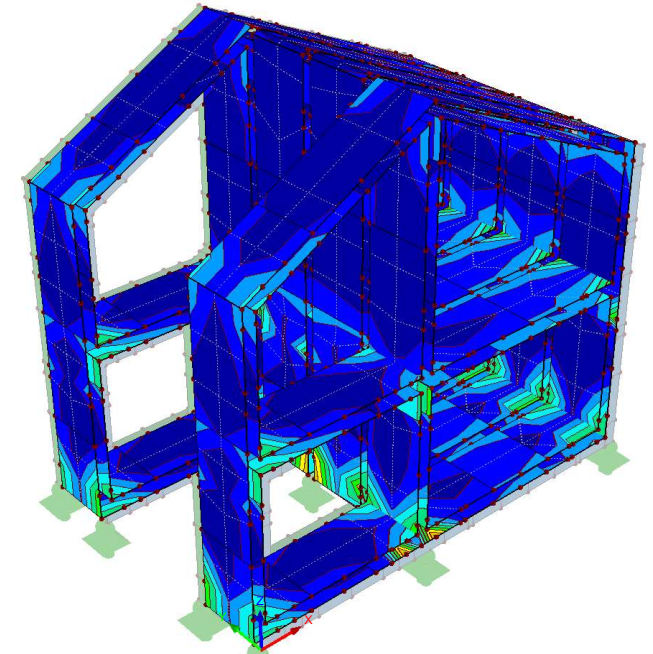
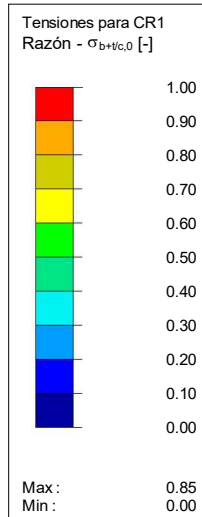
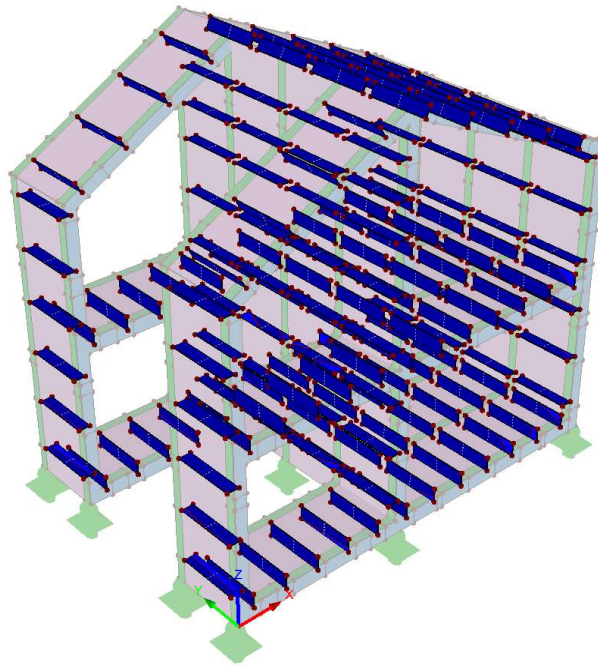
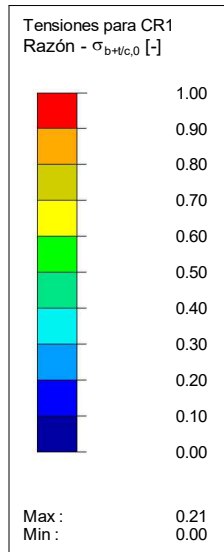
DISEÑO DE PÓRTICOS MEDIANTE EL ANÁLISIS DE SUPERFICIES

PRUEBA #1: ANÁLISIS DE COMPOSICIÓN 4 Y 5

Todos los elementos presentan un ratio de aprovechamiento de alrededor de 0,20; por tanto están bien dimensionados.

Se puede observar que todos los elementos cumplen el ratio de aprovechamiento a excepción de únicamente 2 marcados con color rojo y con un valor apenas por sobre el 1.00. Por tanto se da por válida esta composición considerando el incremento de 1 capa para estos dos elementos.

138

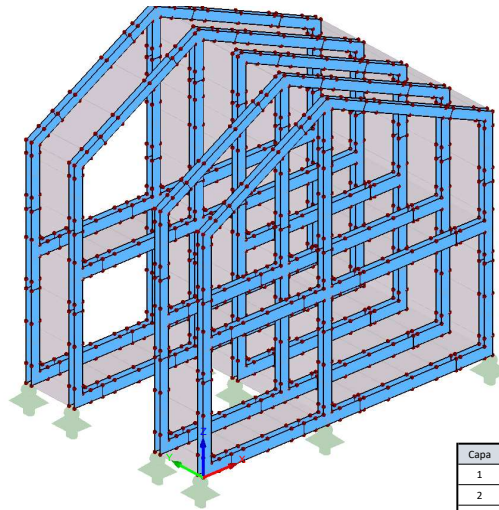


CALCULO DE SUPERFICIES						
Composición. núm.	Superficie núm.	Punto núm.	Carga	Tensiones [N/mm ²]		Razón [-]
				Símbolo	Existente	
5	805	7054	CR1	$\sigma_{b+1/c,0}$	3,59	1,02
	855	7420	CR1	$\sigma_{b+1/c,0}$	3,61	1,01

DISEÑO DE PÓRTICOS MEDIANTE EL ANÁLISIS DE SUPERFICIES

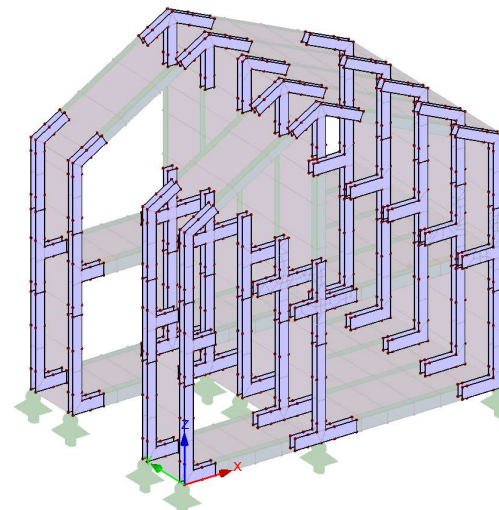
PRUEBA # 2: Para la propuesta 2 se propone crear la composición 6, con 3 capas para los elementos esquineros y de los cruces de la composición 1 que exceden el ratio de aprovechamiento máx. También crear la composición 7 con 2 capas para los 9 elementos de la composición 3 que exceden el ratio de aprovechamiento máx.

Composición 1: Pórticos



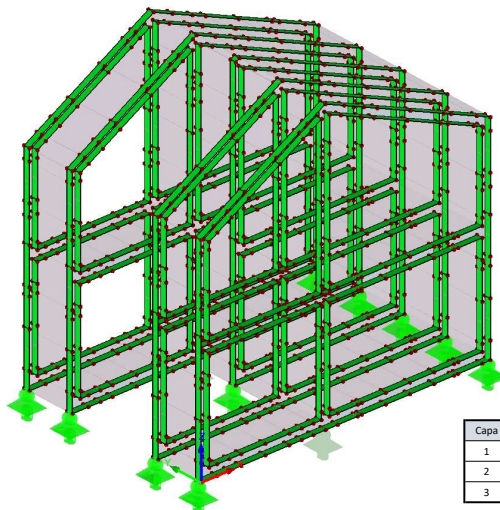
Capa	Material	Espesor
1	OSB (EN 300) OSB/3	18 mm.
2		
3		

Composición 6: Travesaños pórticos



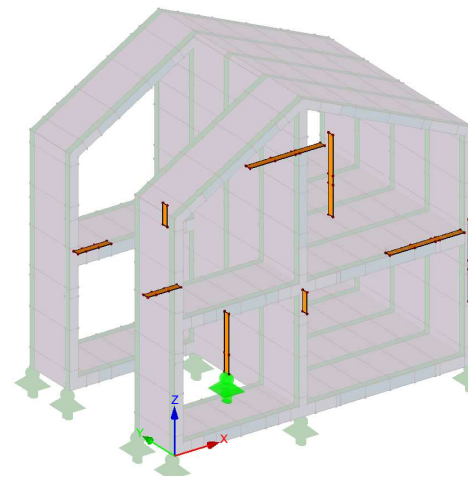
Capa	Material	Espesor
1	OSB (EN 300) OSB/3	18 mm.
2	OSB (EN 300) OSB/3	18 mm.
3	OSB (EN 300) OSB/3	18 mm.

Composición 3: Travesaños generales



Capa	Material	Espesor
1	OSB (EN 300) OSB/3	18 mm.
2		
3		

Composición 7: Arriostramientos generales



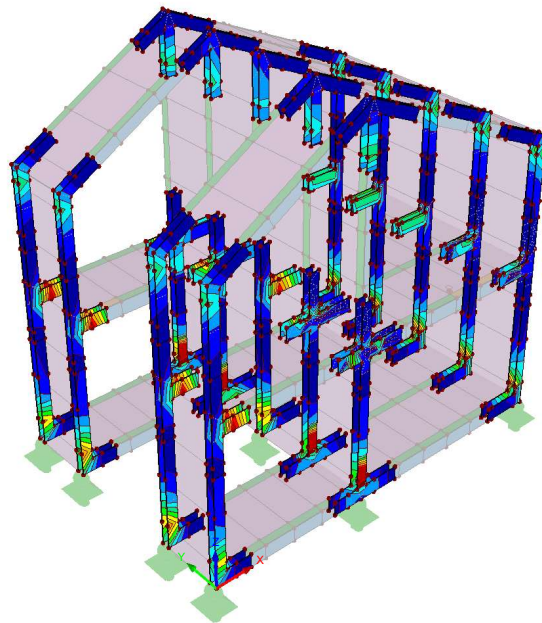
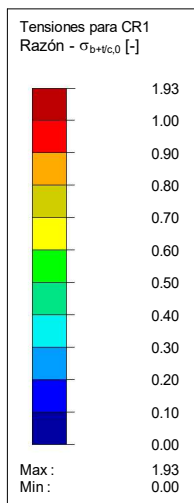
Capa	Material	Espesor
1	OSB (EN 300) OSB/3	18 mm.
2	OSB (EN 300) OSB/3	18 mm.
3		

DISEÑO DE PÓRTICOS MEDIANTE EL ANÁLISIS DE SUPERFICIES

PRUEBA #2: ANÁLISIS DE COMPOSICIÓN 6

A pesar de que se han incrementado a 3 capas, el ratio de aprovechamiento mantiene un valor elevado. No es viable seguir incrementando el numero de capas, lo que demuestra que el uso de este material no es el conveniente.

140



CÁLCULO DE SUPERFICIES						
Compos. núm.	Superficie núm.	Carga	Capas Lado	Tensiones (N/mm ²) Símbolo	Existente	Razón [-]
5	836	CR1	Superior	$\sigma_{H,E,0}$	3,47	1,02
	946	CR1	Superior	$\sigma_{H,E,0}$	4,52	1,08
6	12	CR1	Superior	$\sigma_{H,E,0}$	3,47	1,10
		CR1	Superior	$\sigma_{H,E,0}$	3,35	1,06
		CR1	Superior	$\sigma_{H,E,0}$	3,23	1,02
	24	CR1	Superior	$\sigma_{H,E,0}$	3,47	1,10
		CR1	Superior	$\sigma_{H,E,0}$	3,41	1,08
		CR1	Superior	$\sigma_{H,E,0}$	3,35	1,07
	31	CR1	Superior	$\sigma_{H,E,0}$	3,54	1,13
		CR1	Superior	$\sigma_{H,E,0}$	3,46	1,10
		CR1	Superior	$\sigma_{H,E,0}$	3,38	1,07
	99	CR1	Superior	$\sigma_{H,E,0}$	5,68	1,80
		CR1	Inferior	$\text{Int}(\sigma_{H,90}^* \tau_{yz})$		1,08
		CR1	Superior	$\sigma_{H,E,0}$	5,57	1,77
		CR1	Intermedio	$\text{Int}(\sigma_{H,90}^* \tau_{yz})$		1,10
		CR1	Superior	$\sigma_{H,E,0}$	5,46	1,73
		CR1	Superior	$\text{Int}(\sigma_{H,90}^* \tau_{yz})$		1,02
	157	CR1	Superior	$\sigma_{H,E,0}$	3,46	1,10
		CR1	Superior	$\sigma_{H,E,0}$	3,33	1,06
		CR1	Superior	$\sigma_{H,E,0}$	3,21	1,01
	221	CR1	Superior	$\sigma_{H,E,0}$	5,57	1,78
		CR1	Superior	$\sigma_{H,E,0}$	5,55	1,77
		CR1	Superior	$\sigma_{H,E,0}$	5,52	1,76
	283	CR1	Superior	$\sigma_{H,E,0}$	3,52	1,11
		CR1	Superior	$\sigma_{H,E,0}$	3,36	1,06
		CR1	Superior	$\sigma_{H,E,0}$	3,20	1,01

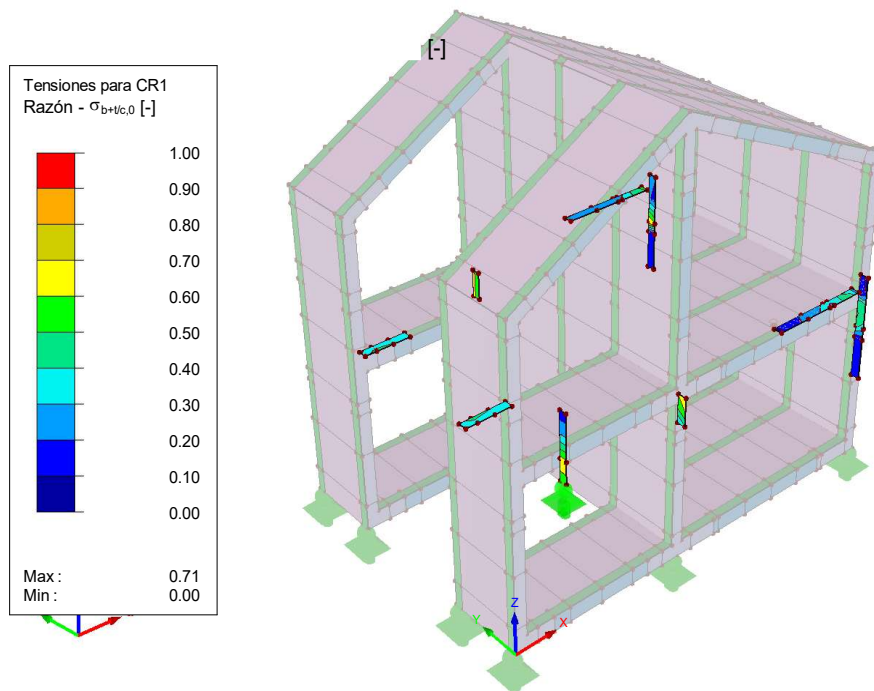
CÁLCULO DE SUPERFICIES						
Compos. núm.	Superficie núm.	Carga	Capas Lado	Tensiones (N/mm ²) Símbolo	Existente	Razón [-]
	309	CR1	Superior	$\sigma_{H,E,0}$	3,50	1,11
		CR1	Superior	$\sigma_{H,E,0}$	3,43	1,09
		CR1	Superior	$\sigma_{H,E,0}$	3,35	1,07
	407	CR1	Superior	$\sigma_{H,E,0}$	3,28	1,05
		CR1	Superior	$\sigma_{H,E,0}$	3,25	1,04
		CR1	Superior	$\sigma_{H,E,0}$	3,22	1,03
		CR1	Superior	$\sigma_{H,E,0}$	3,24	1,03
	410	CR1	Superior	$\sigma_{H,E,0}$	3,20	1,02
		CR1	Superior	$\sigma_{H,E,0}$	3,17	1,01
	439	CR1	Superior	$\sigma_{H,E,0}$	4,87	1,55
		CR1	Superior	$\sigma_{H,E,0}$	4,84	1,54
		CR1	Superior	$\sigma_{H,E,0}$	4,80	1,53
	547	CR1	Superior	$\sigma_{H,E,0}$	3,52	1,12
		CR1	Superior	$\sigma_{H,E,0}$	3,47	1,10
		CR1	Superior	$\sigma_{H,E,0}$	3,41	1,08
	560	CR1	Superior	$\sigma_{H,E,0}$	3,50	1,11
		CR1	Superior	$\sigma_{H,E,0}$	3,37	1,07
		CR1	Superior	$\sigma_{H,E,0}$	3,25	1,03
	624	CR1	Superior	$\sigma_{H,E,0}$	6,06	1,93
		CR1	Superior	$\sigma_{H,E,0}$	6,02	1,92
		CR1	Superior	$\sigma_{H,E,0}$	5,98	1,91
	627	CR1	Inferior	$\text{Int}(\sigma_{H,90}^* \tau_{yz})$		1,06
		CR1	Intermedio	$\text{Int}(\sigma_{H,90}^* \tau_{yz})$		1,05



DISEÑO DE PÓRTICOS MEDIANTE EL ANÁLISIS DE SUPERFICIES

PRUEBA #2: ANÁLISIS DE COMPOSICIÓN 7

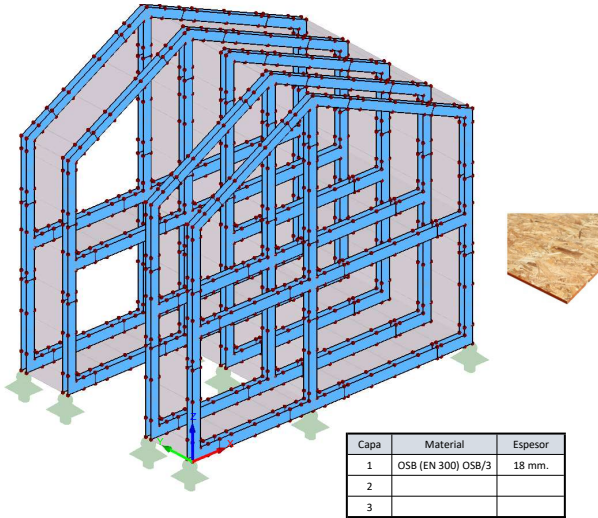
Todos los elementos presentan un ratio de aprovechamiento de hasta de 0,70; por tanto están bien dimensionados.



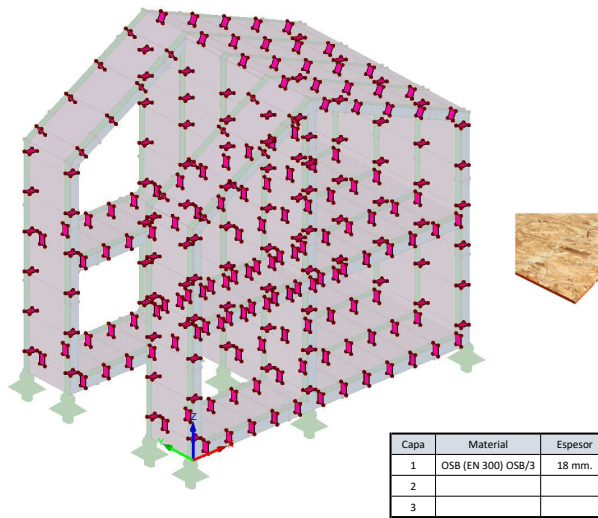
DISEÑO DE PÓRTICOS MEDIANTE EL ANÁLISIS DE SUPERFICIES

PRUEBA # 3 : Para la propuesta 3, se propone cambiar de material a las composiciones 1,2 y 3 a Contrachapado de 18mm tipo 2, considerando 1 capa por composición. Los valores de resistencia mecánica manejados son los de la empresa ecuatoriana Endesa - Botrosa

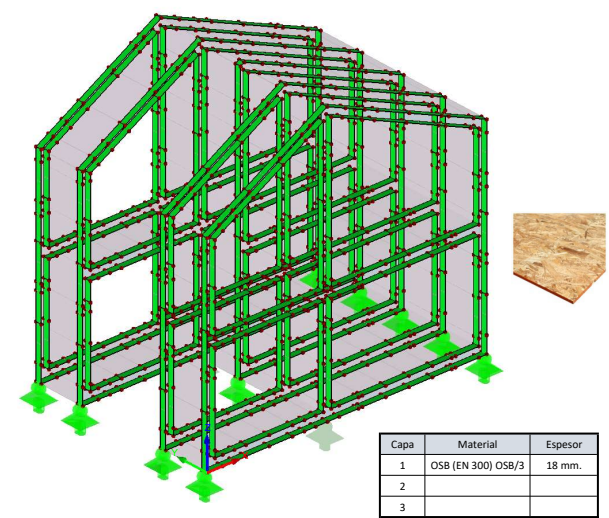
Composición 1: Pórticos



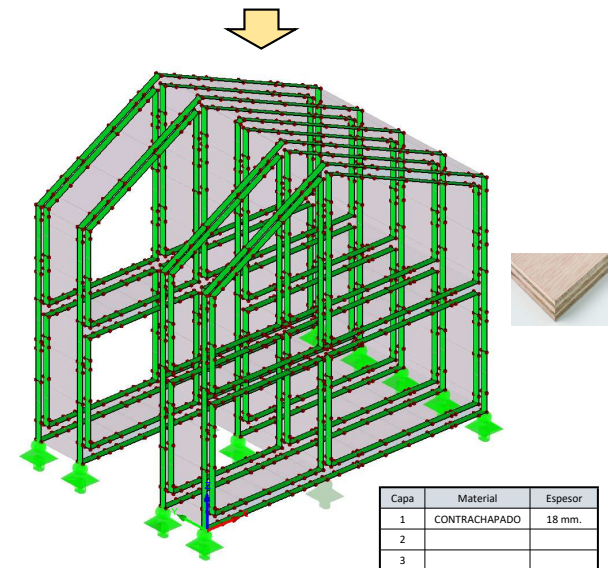
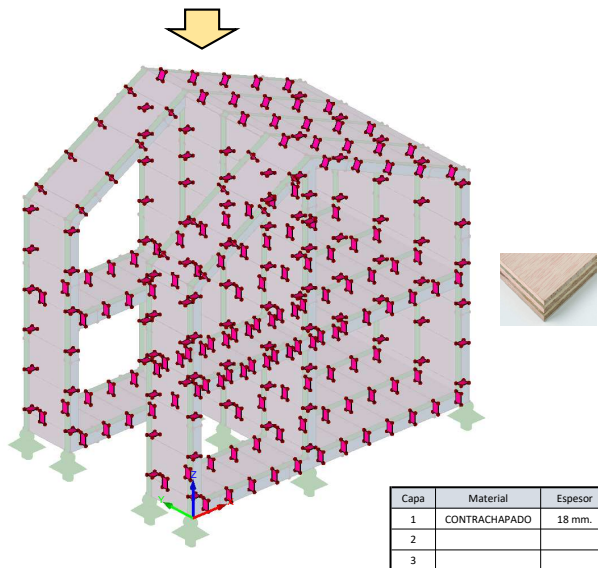
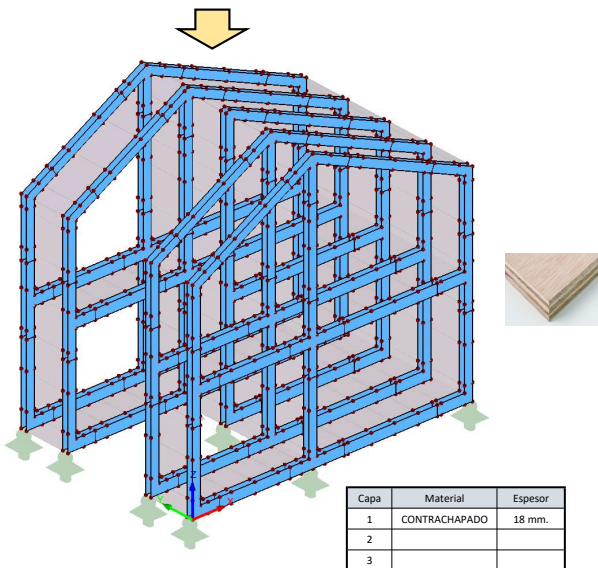
Composición 2: Travesaños pórticos



Composición 3: Arriostramientos pórticos



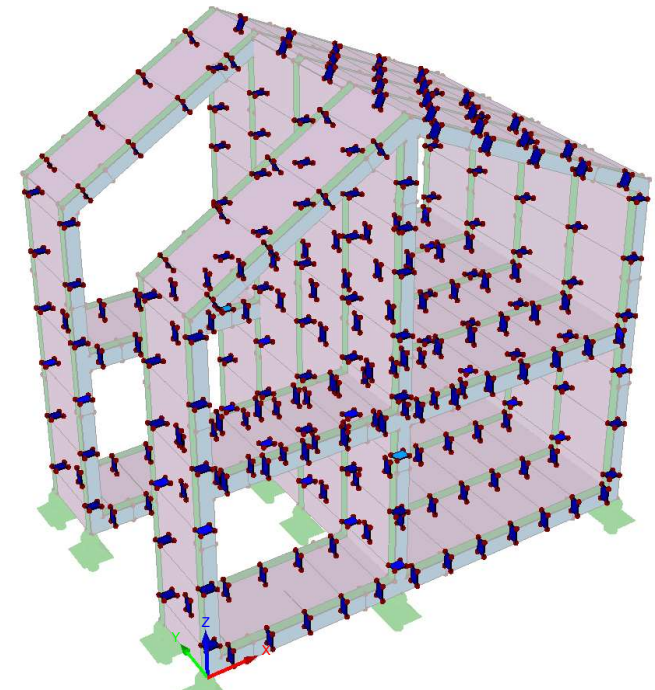
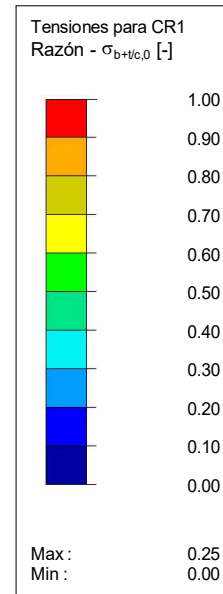
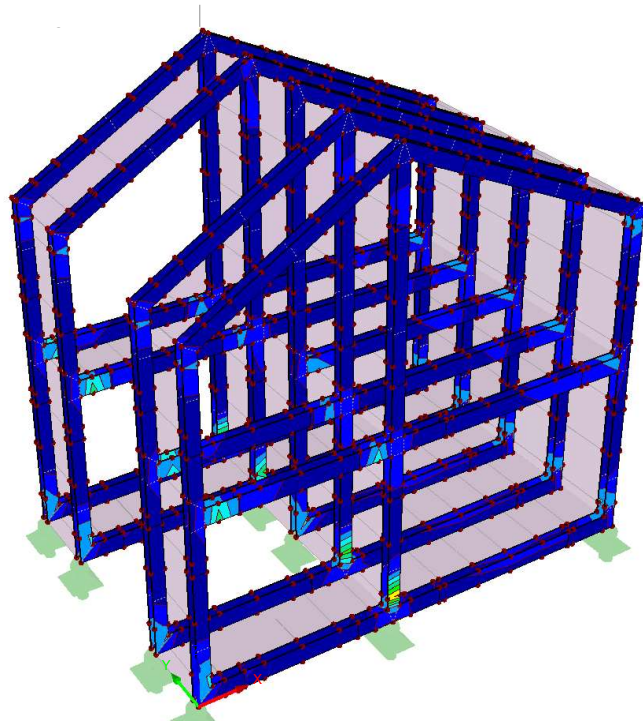
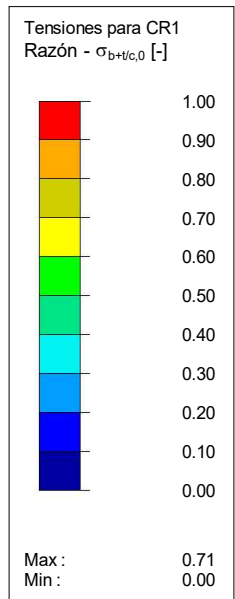
142



DISEÑO DE PÓRTICOS MEDIANTE EL ANÁLISIS DE SUPERFICIES

PRUEBA #3: ANÁLISIS DE COMPOSICIÓN 1 Y 2

Todos los elementos presentan un ratio de aprovechamiento de máximo 0,70; por tanto cumplen con la resistencia

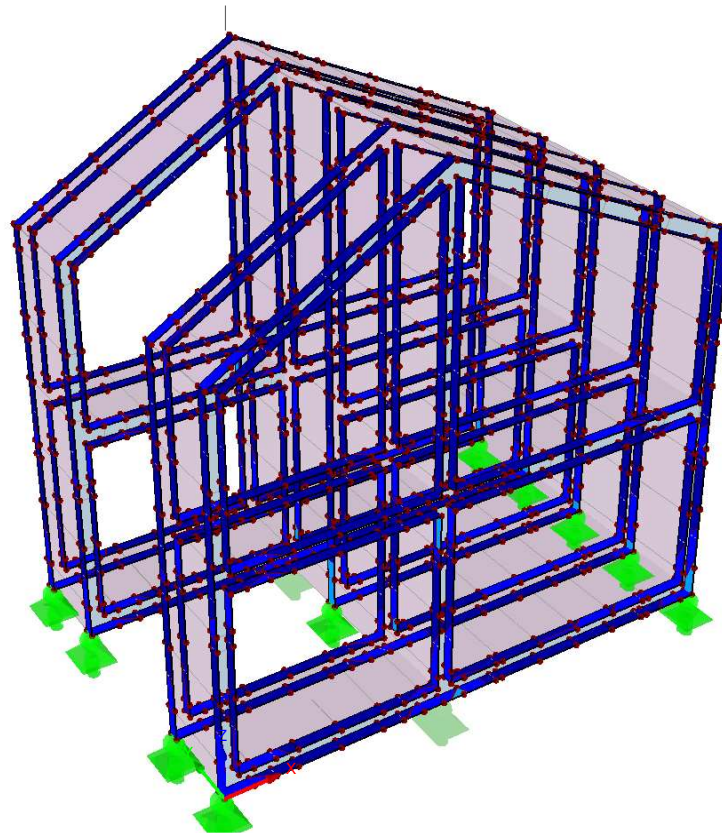
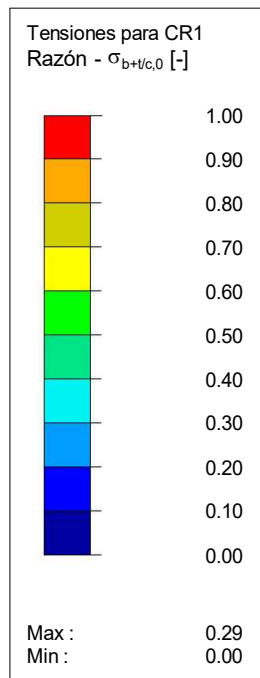


DISEÑO DE PÓRTICOS MEDIANTE EL ANÁLISIS DE SUPERFICIES

PRUEBA # 3: ANÁLISIS DE COMPOSICIÓN 3

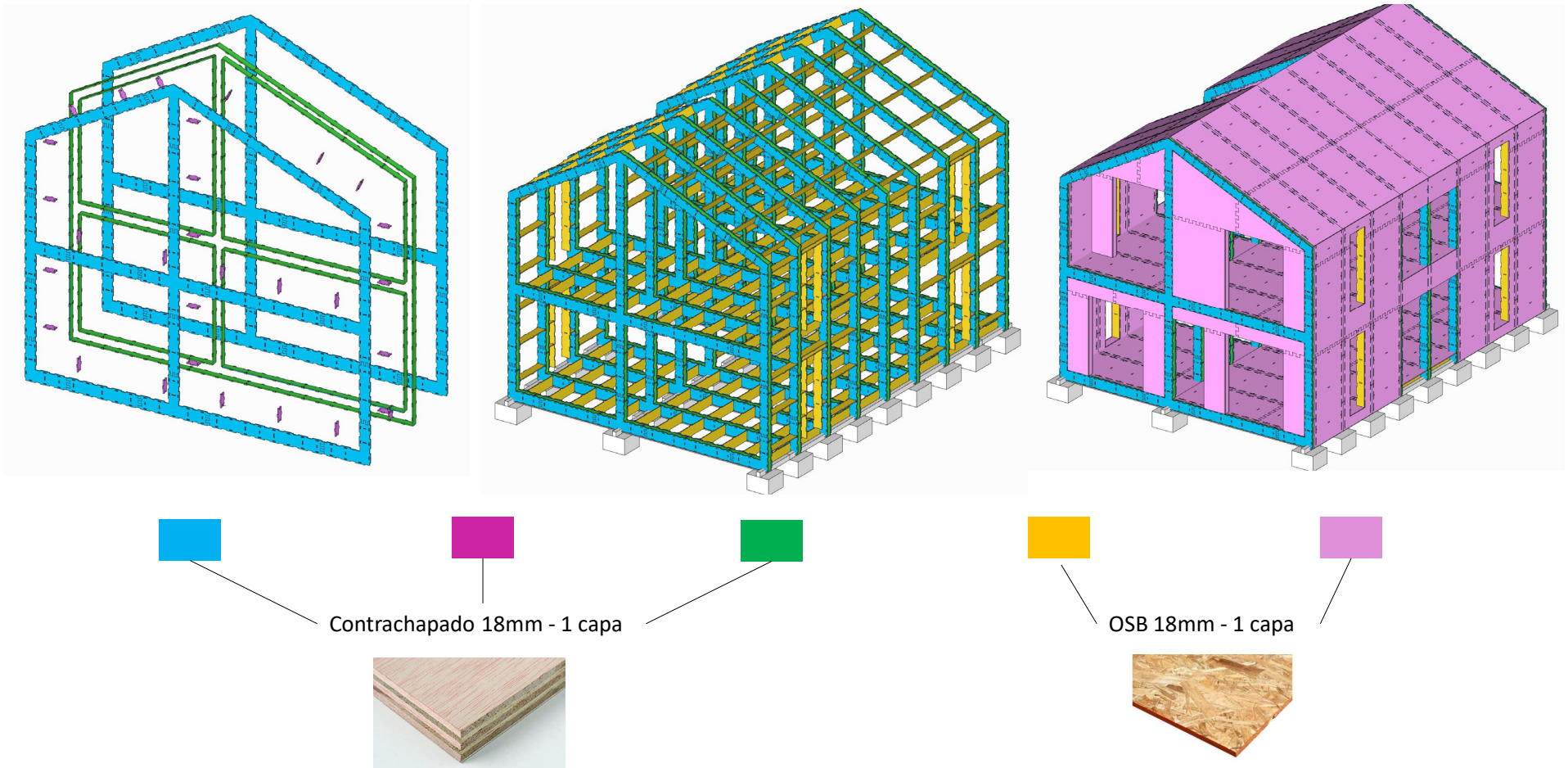
Todos los elementos presentan un ratio de aprovechamiento de alrededor de 0,40; por tanto cumplen con la resistencia

144



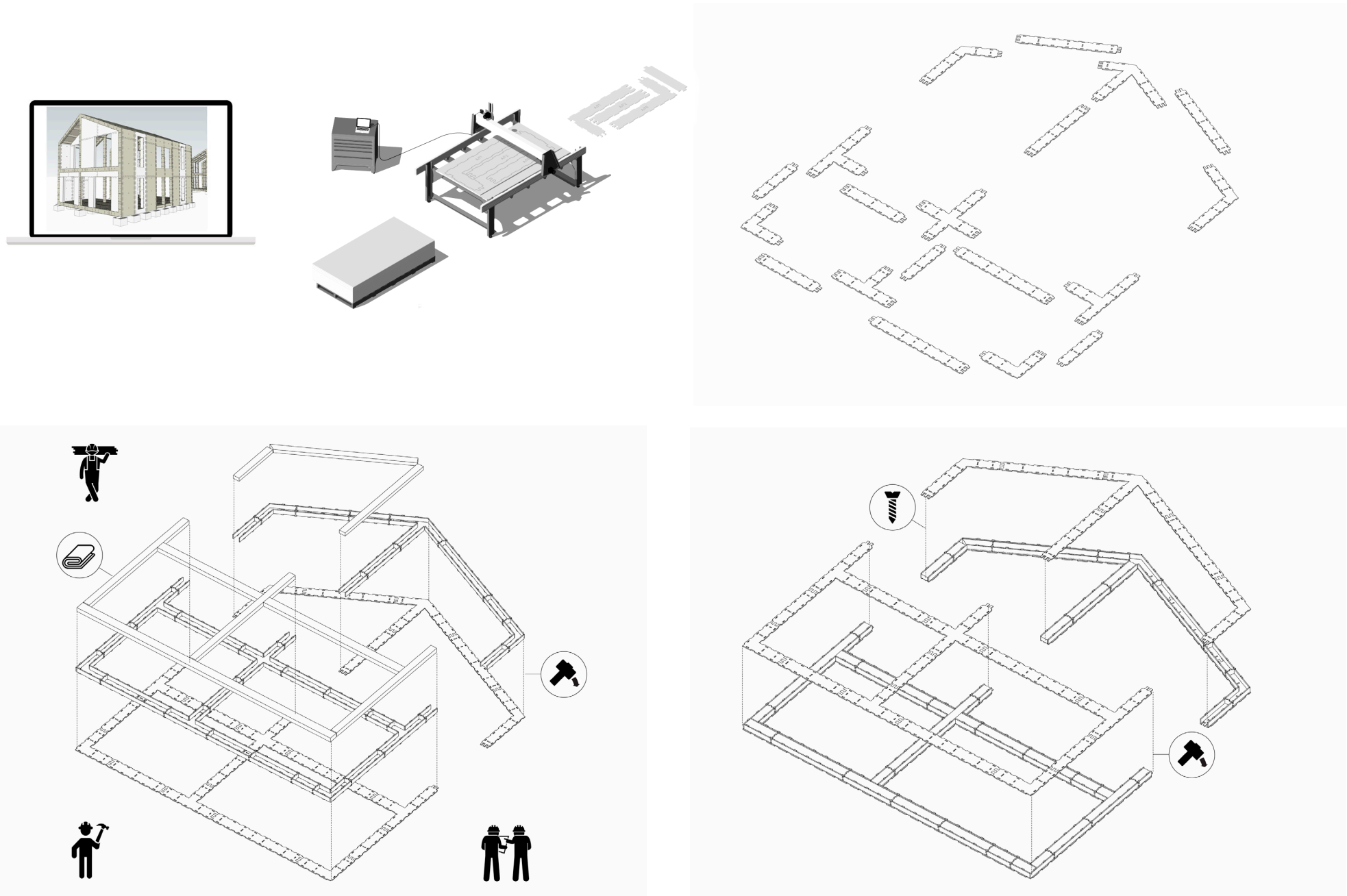
DISEÑO DE PÓRTICOS MEDIANTE EL ANÁLISIS DE SUPERFICIES

RESULTADO FINAL Si bien fue necesario cambiar las composiciones 1,2 y 3 a contrachapado, las composiciones 4 y 5 cumplen con OSB los demandas estructurales. El resultado es un compuesto híbrido de ambos materiales.



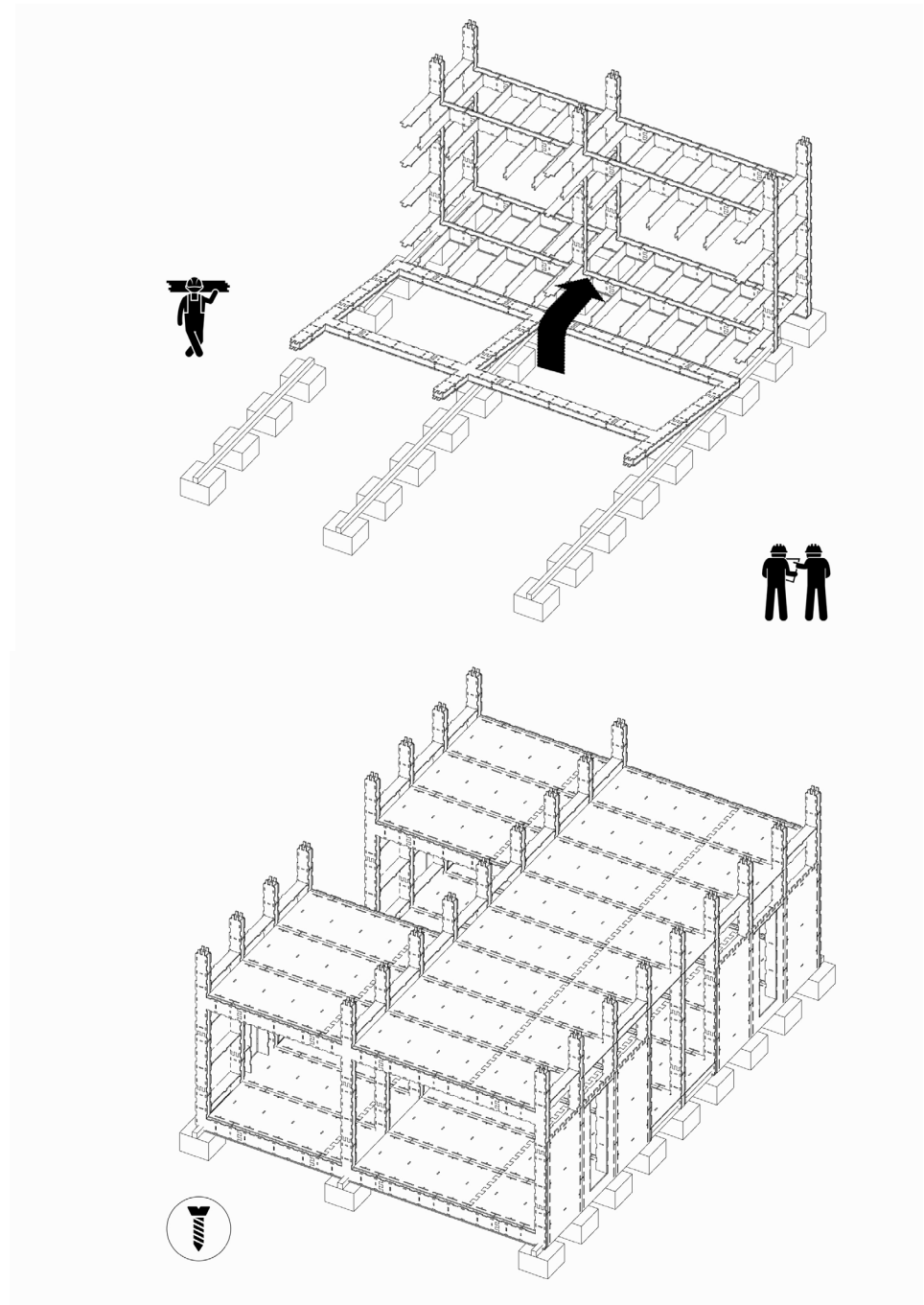
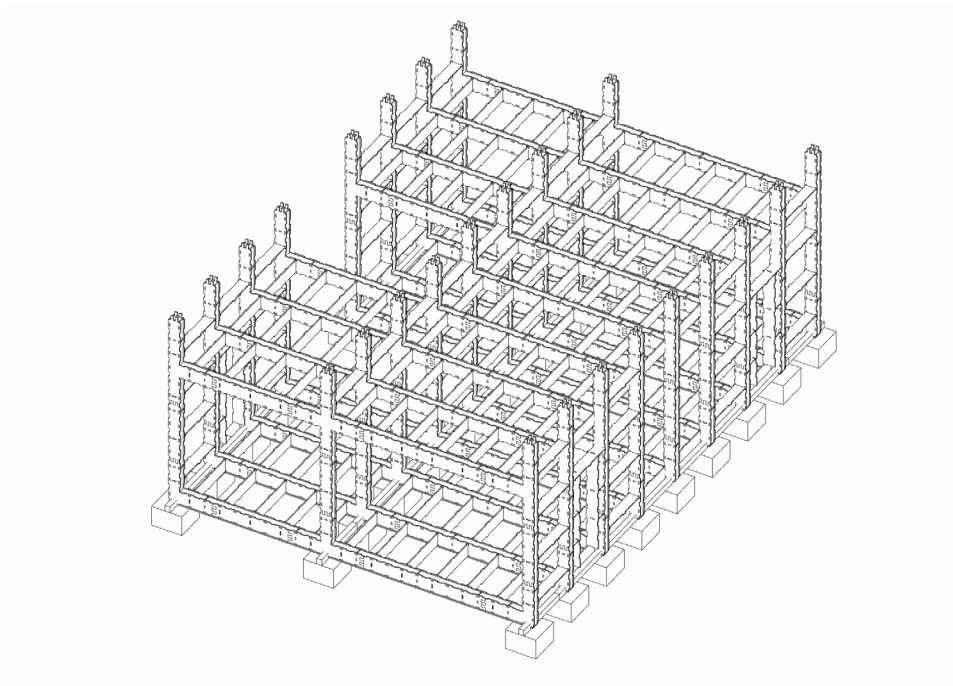
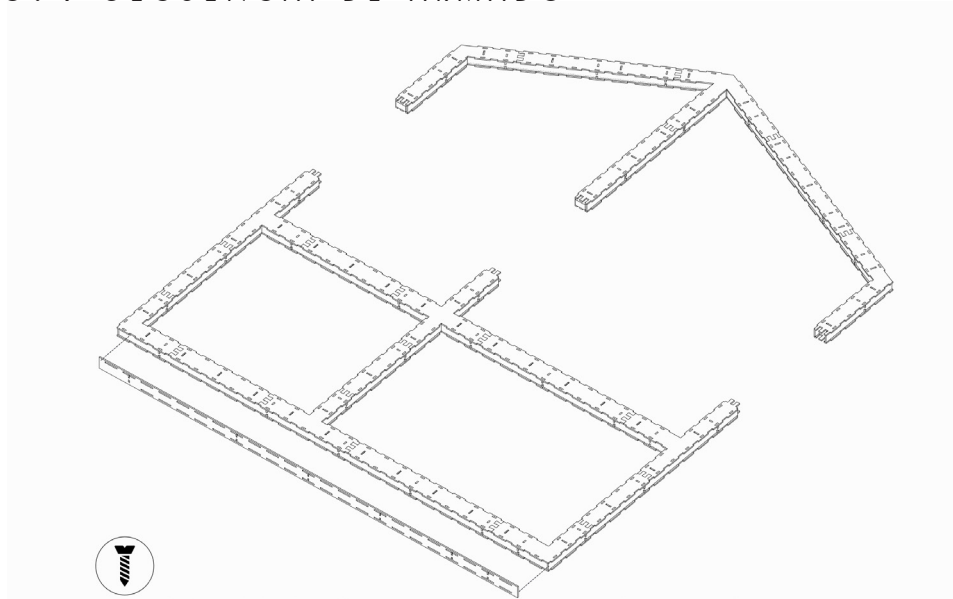
6.4 SECUENCIA DE ARMADO

146



126. Elaboración: Propia.

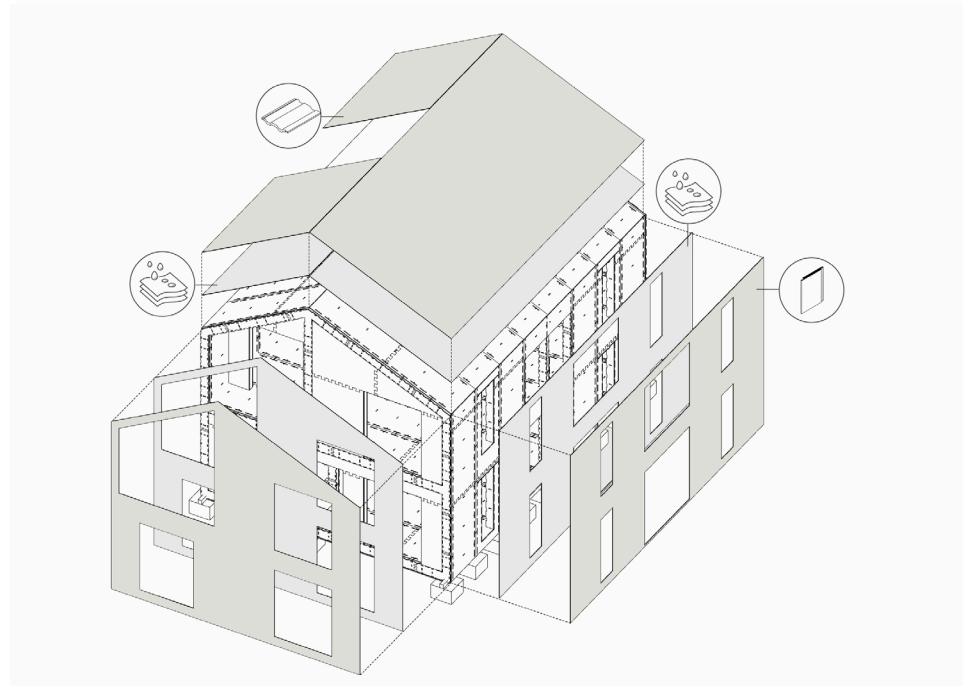
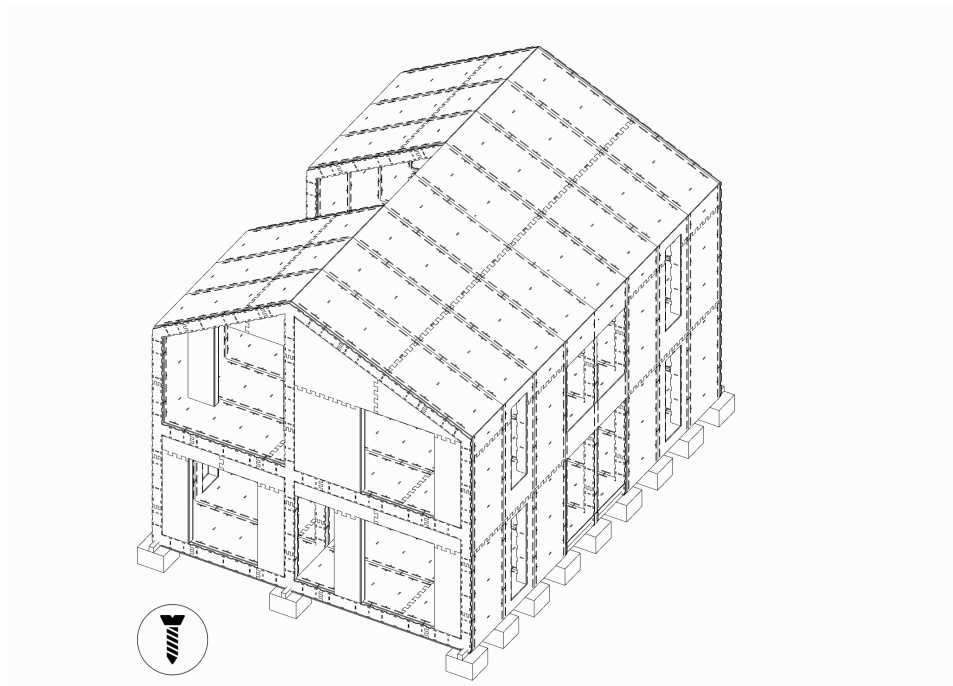
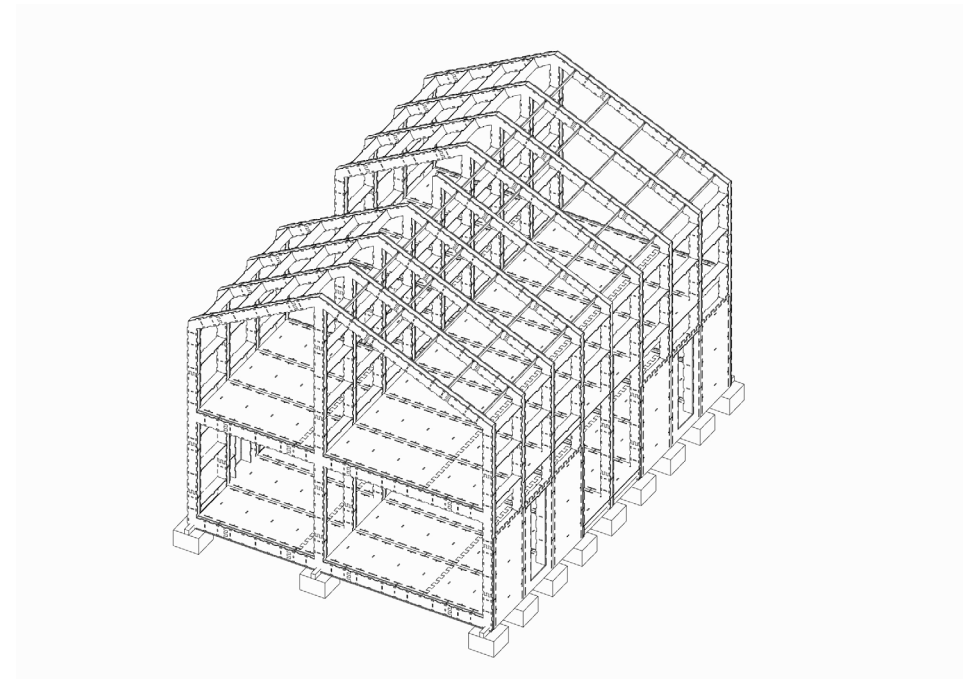
6.4 SECUENCIA DE ARMADO



127. Elaboración: Propia.

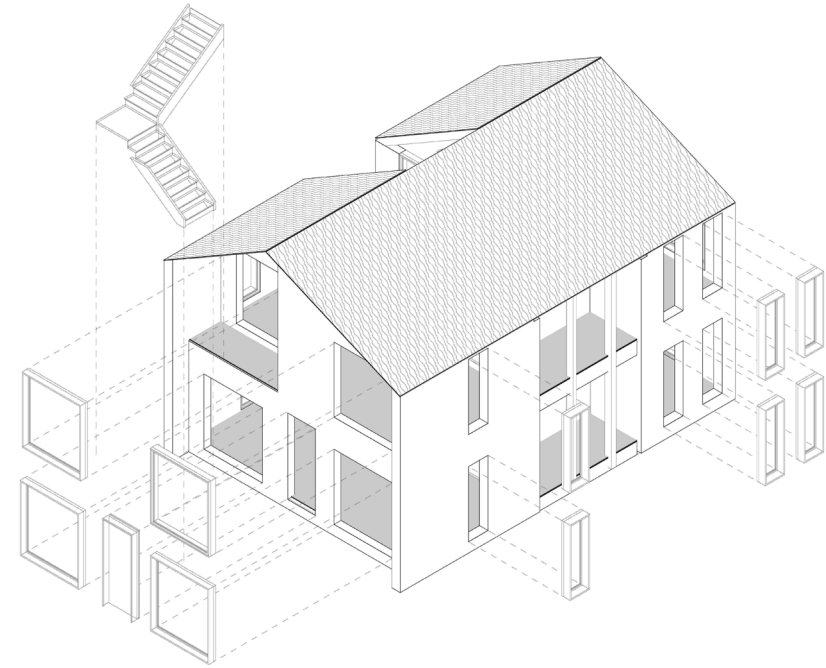
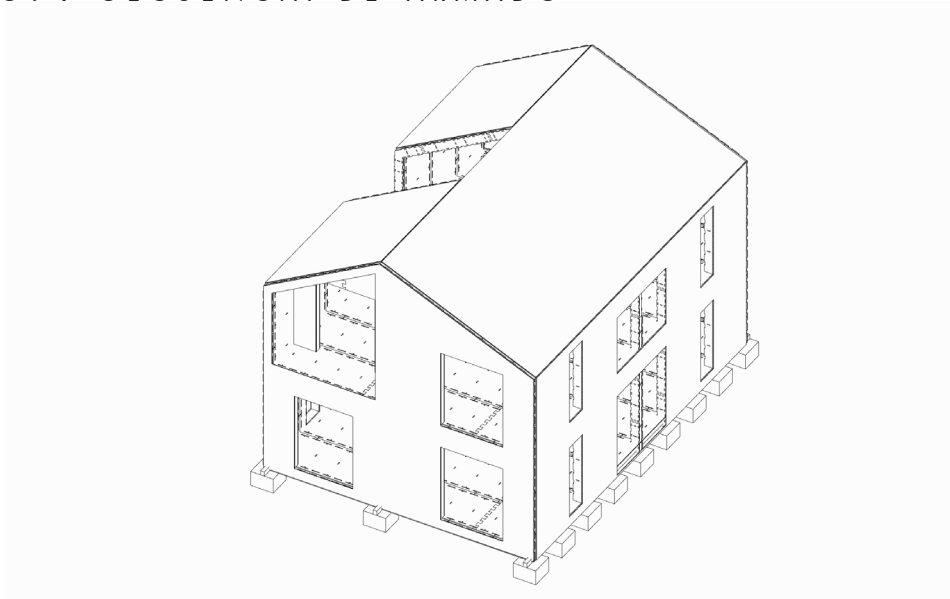
6.4 SECUENCIA DE ARMADO

148



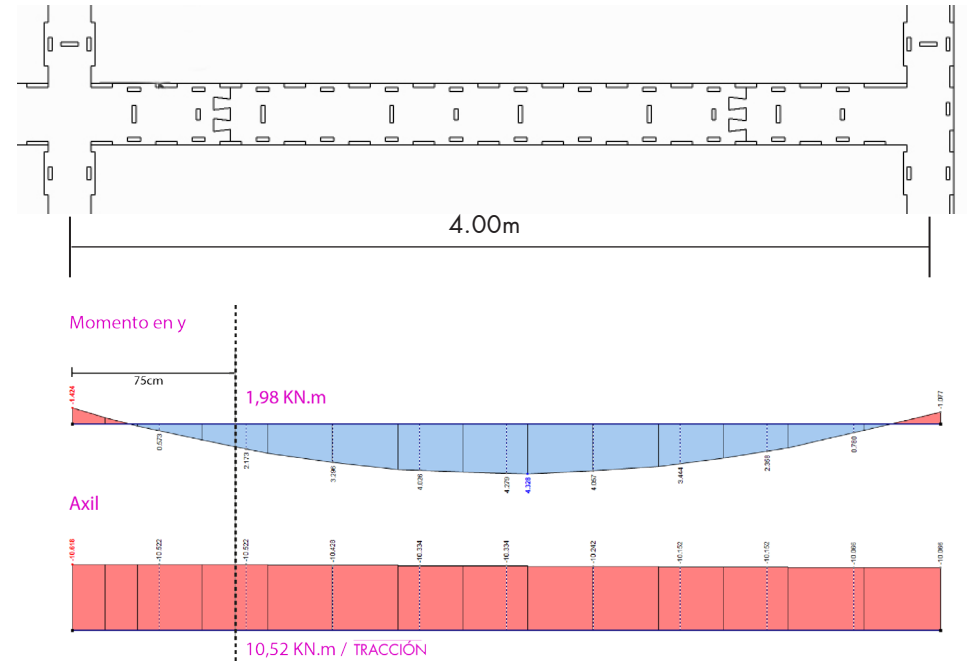
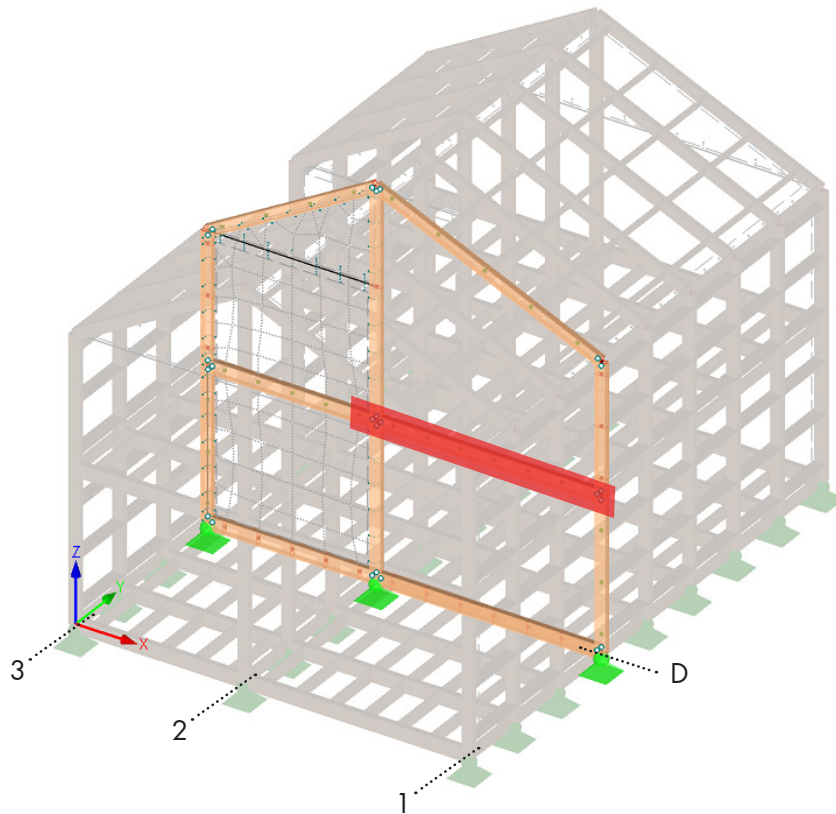
127. Elaboración: Propia.

6.4 SECUENCIA DE ARMADO



6.5 DISEÑO DE UNIÓN

150

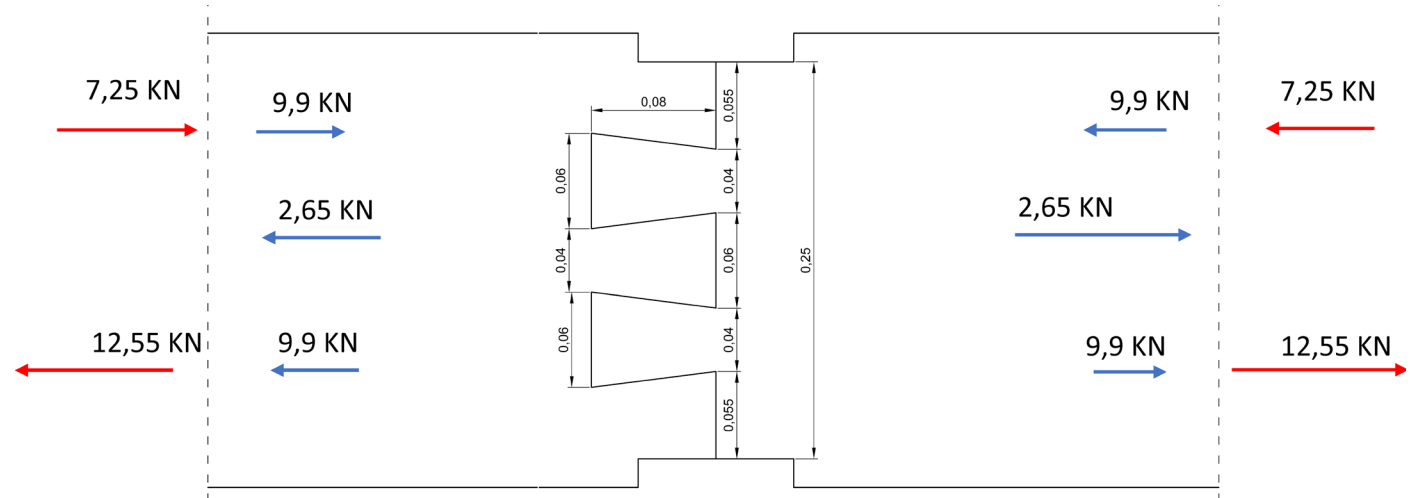


Se considera analizar uno de los pórticos que están sometidos a las mayores cargas. Se elige la viga de planta alta del pórtico D. La unión de cálculo se ubica a 75cm del eje de la columna izquierda. El momento resultante es positivo, es decir tracciones abajo y compresiones arriba. A este valor se debe sumar el valor del axil para obtener la resultante en las fibras superiores e inferiores.

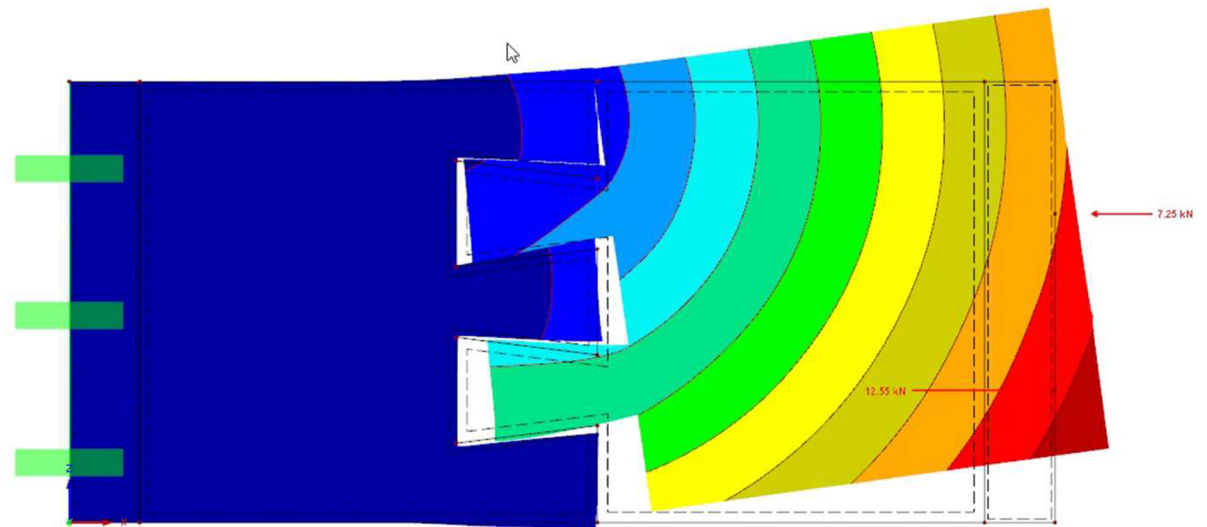
$$M = f \cdot d$$

$$f = \frac{M}{d}$$

$$f = \frac{0,99KN,m}{0.10m} = 9,9 KN$$



Se obtiene un momento de 1.98 KN.m que se lo divide entre 2 considerando repartirlo entre las caras laterales de la viga que es donde están las uniones. A esto se suma el valor del axil que se lo divide para las 4 caras de la sección rectangular obteniendo las resultantes respectivas. En la fibras inferiores se tiene una tracción de 12.55 KN y en la fibras superiores una compresión de 7.25 KN. Tras el cálculo se obtuvo que es necesario una unión con doble capa de contrachapado de 18mm. La unión final es una cola de milano de doble espiga de 8cm de largo, 6cm de cabeza y 4 cm de base.





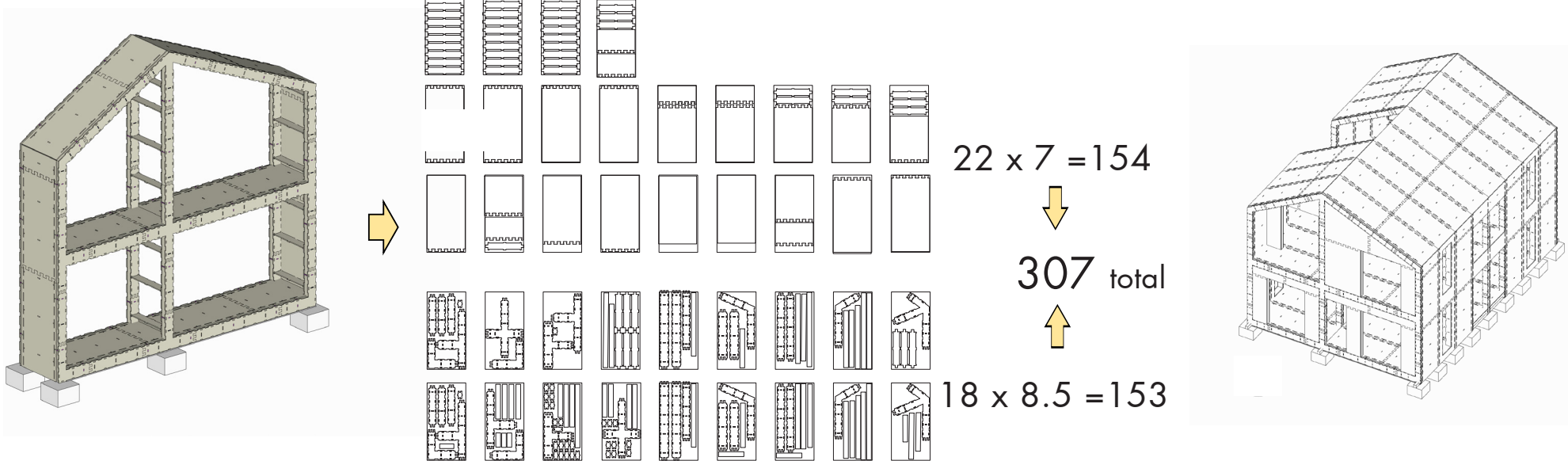
129. Perspectiva de la formalidad del conjunto.

UNA COMUNIDAD DE AUTOCONSTRUCCIÓN



130. Perspectiva de la convivencia en comunidad.

6.6 CUANTIFICACIÓN DE TABLEROS

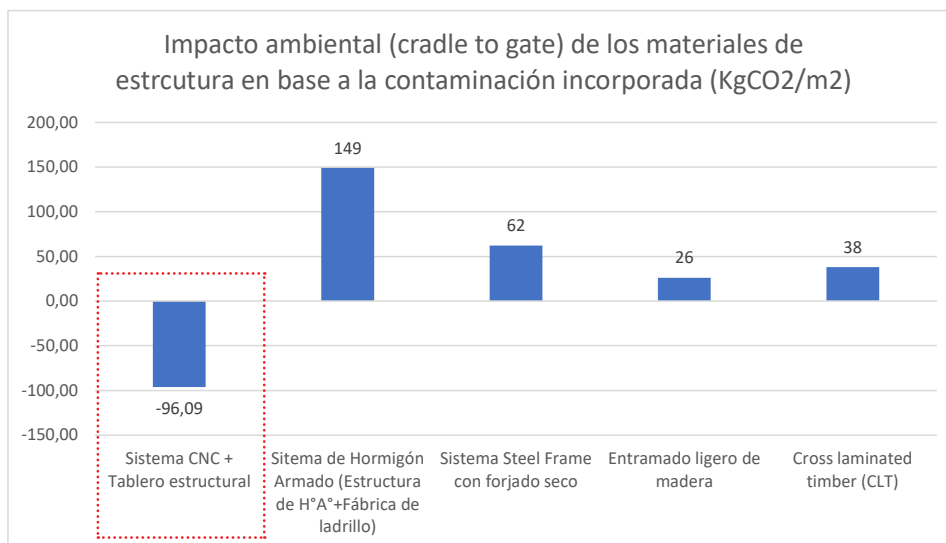


6.7 ANÁLISIS DE IMPACTO AMBIENTAL (CRADLE TO GATE)

154

Cantidad de tableros	Peso del tablero contrachapado Kg/m3	Volumen tablero de 18mm (m3)	Volumen total de contrachapado utilizado (m3)	Peso tablero unidad (kg)	Area de la vivienda (m2)	Impacto ambiental Cradle to gate (Kg CO2 eq./m3)*	Impacto ambiental por tablero (Kg CO2)	Impacto ambiental del material de la vivienda (Kg CO2)	Impacto ambiental por m2. (Kg CO2/m2)
307	480	0,054	16,578	25,92	112	-649,18	-35,06	-10762,106	-96,09

Sistema	Sistema CNC + Tablero estructural	Sistema de Hormigón Armado (Estructura de H ^o A ^o +Fábrica de ladrillo)	Sistema Steel Frame con forjado seco	Entramado ligero de madera	Cross laminated timber (CLT)
Impacto ambiental por m2. (Kg CO2/m2)	-96,09	149	62	26	38



Una vez realizado el diseño estructural, se cuantifica la cantidad de tableros necesarios para la fabricación de las piezas. Con el total de 307 tableros se calcula el impacto ambiental del material en la etapa cradle to gate, es decir se considera el impacto desde la extracción de la materia prima de las fuentes naturales hasta la elaboración del producto terminado. Se establece tomando en cuenta que toda la estructura se realiza en contrachapado de 18mm; y finalmente se la compara con otros sistemas constructivos tradicionales. Los resultados son contundentes, notando un valor negativo para la estructura de contrachapado.

Para el dato de contaminación incorporada se utiliza como fuente la declaración ambiental EPD de los tableros WISA⁹⁷. Para los valores de los otros sistemas se utiliza el Trabajo de Fin de Master "Análisis comparativo de tecnologías constructivas para vivienda unifamiliar a partir de su impacto ambiental y valoración en México"⁹⁸.

97. WISA PLAYWOOD, «Environmental Product Declaration (EPD) of WISA Spruce plywood, uncoated».

98. Dorantes Palacios, «Análisis comparativo de tecnologías constructivas para vivienda unifamiliar a partir de su impacto ambiental y valoración en México».

De acuerdo a los resultados obtenidos en los tres ejes de este trabajo: Investigación, análisis de casos y propuesta, se ha definido las siguientes conclusiones.

1) Según las proyecciones de crecimiento poblacional y la demanda de viviendas que se tendrá para satisfacer tal cantidad de personas, es totalmente pertinente y necesario crear respuestas que se inserten dentro de los nuevos modelos de producción donde se involucre a la sociedad en la construcción y se utilicen materiales sostenibles, potenciando al ciudadano como productor y no como consumidor en un marco de protección medioambiental

La situación de pobreza que vive el Ecuador (34% de la población) demanda acciones responsables por parte de los entes gubernamentales. Pero principalmente deben darse desde los responsables profesionales que son los encargados directos en dar las mejores soluciones desde una perspectiva social y técnica eficaz que potencie la calidad de vida de los habitantes. El proyecto gubernamental de vivienda de interés social "Casa para todos" acepta proyectos realizados por profesionales particulares -en tanto cumpla con los requerimientos-; sin embargo, estos proyectos están encaminados a dar soluciones a la demanda cuantitativa mas no refieren un adecuado diseño para la habitabilidad en sociedad. Por tanto, en este ejercicio se plantearon criterios importantes como la posibilidad de expansión que puede tener la vivienda en un futuro, la densificación en baja altura y la calidad de habitabilidad orientada a generar espacios comunes que a la vez potencien la relación con espacio verde (patios) y brinden mejor iluminación y ventilación y soleamiento interior.

2) El material constructivo que prima en el Ecuador es el hormigón. En el 2016 se utilizó como material principal en la estructura del 91% de los proyectos a nivel nacional y el segundo material fue el acero con el 6%. Esto dentro del entorno de la sostenibilidad ambiental es un factor negativo; puesto que la industria del hormigón produce el 8% de los gases de efecto invernadero a nivel mundial. Además, el hormigón tiene una contaminación embebida de 0.2KG CO₂ por cada Kg de material; mientras que el acero acumula 1.82KG CO₂/KG. En este marco es pertinente y totalmente viable nuevas técnicas constructivas que empleen la madera como material predominante ya que este elemento al almacenar carbono para su crecimiento marca finalmente una contaminación embebida negativa de alrededor de -0.60 KG CO₂/KG.

3) Actualmente el Ecuador está en vías de potenciar su industria maderera. Cuatro entidades son las que manejan la gestión forestal a nivel nacional, tres gubernamentales: Ministerio de ambiente, Ministerio de agricultura y ministerios de industrias y comercio; y una autónoma: la Corporación de manejo forestal sustentable (COMAFOROS). Estas entidades son las que legislan y normalizan la gestión forestal a través de: El código orgánico del ambiente, el texto unificado de legislación secundaria, medio ambiente (TULAS) y la ley orgánica de incentivos a la producción.

Sobre los tableros derivados de la madera se han podido identificar 6 industrias a nivel nacional que producen los distintos productos excepto el OSB. De las 6 empresas únicamente 2 cuentan con certificación de manejo forestal. Por otro

156 lado, existen 3 empresas dedicadas a la distribución y comercialización de tableros que abastecen al país.

En el marco específico del OSB y contrachapado, si existe producción propia y abasteciendo de contrachapado en el país. Sin embargo, los tableros OSB se importan de países como Brasil o Chile principalmente de la industria multinacional Louisiana Pacific (LP). Las características técnicas de los tableros contrachapados producidos en el Ecuador que se analizaron cumplen con los estándares internacionales, lo que se refleja al comparar sus valores con los de industrias europeas.

Dado que en este proyecto se ha comprobado que el contrachapado tiene mejor desempeño estructural, se puede inferir que el planteamiento en cuanto a oferta del producto en el país si tiene viabilidad. No obstante, si comparamos desde el ámbito económico en el mercado actual, el OSB es de alrededor de 60% más económico que el contrachapado.

De acuerdo al análisis se obtuvo los tableros adecuados para cada región del país según su condición climática dividiéndose así: para las regiones muy fría, fría, continental templada y continental lluviosa es aconsejable el tablero contrachapado II con tratamiento anti termitas, y el tablero OSB/2 u OSB APA plus (industria LP), ya que la humedad relativa del ambiente (HR) no supera el 80% por lo que el contenido de humedad de equilibrio (CHE) de la madera no supera el 16%. Para las regiones húmeda calurosa y húmeda muy calurosa es aconseja-

ble el uso de tablero contrachapado clase II con tratamiento y el tablero OSB/3, ya que la HR del ambiente puede alcanzar valores por sobre el 90%, por lo que el CHE de la madera entonces supera el 20%.

En vista de que la estructura del proyecto esta conformado por tableros de poco espesor, su resistencia al fuego es un punto importante que hay que considerar, tomando en cuenta que la norma exige una resistencia para viviendas asiladas de 30min, se concluye que es necesario revestir con doble capa de placas de yeso cartón de 12 mm. También se puede emplear tableros de madera con productos ignífugos dependiendo del acabado que se le quiera dar.

4) Dentro de la famosa nueva era industrial en la que nos encontramos, se evidenció algunos avances tecnológicos importantes que han permitido dar paso a la creación de sistemas innovadores en el campo de la prefabricación en madera. Los tres ejemplos analizados dan cuenta de los beneficios que se pueden obtener. Desde nuevos sistemas de uniones, aumentos importantes en la resistencia, paneles más esbeltos y con mejores capacidades que manifiesta el sistema LEKO; pasando por módulo versátiles de fácil armado y rápido montaje que demuestra el sistema U build; hasta elementos mixtos que utilizan paneles laminados de extrema resistencia y elementos de simple armado que prescinden de herramientas complejas como nos presenta el sistema SI-Modular. Es claro que las nuevas tecnologías nos están abriendo paso a la creación de procesos productivos más versátiles, eficientes y que utilizan materiales sostenibles.

Otro de los fenómenos que se ha detonado y que cada vez está tomando más fuerza, es la producción Open Source o de libre acceso que ha creado y potenciado la producción colaborativa donde la gente puede tomar proyectos y adaptarlos a sus necesidades de forma libre y gratuita. En el ámbito de la arquitectura y construcción se evidencia que los sistemas libres y colaborativos están tomando fuerza a nivel mundial, e incluso ya se están empleando proyectos de vivienda asequible con esta visión. La comunidad Wikihouse es un referente con gran cantidad de colaboradores y varios proyectos alrededor del mundo. Rescatando un ejemplo se puede nombrar al proyecto Wikihouse de Stripmaker en Holanda. Que desde agosto de 2020 está construyendo 28 viviendas en el marco de un proyecto de construcción comunitaria de vivienda asequible utilizando el sistema de prefabricación digital con tableros estructurales de contrachapado.

5) El análisis de casos de los 3 sistemas basados en el armado de un kit de piezas de tablero de madera cortadas en fresadora CNC, ha evidenciado criterios importantes a resaltar: En primer lugar, que la rigidez real del sistema esta gobernada por las holguras, fricciones y detalles geométricos de las uniones y que dadas las características de resistencia y estabilidad es recomendable no levantar más de dos niveles.

El caso A está constituido a bases de pórticos compuestos por doble capas sujetas por la fricción madera - madera provocada por la presión de cuñas tipo taco japonés a manera de traba para soportar las dos láminas. Esto permite que se

pueda presidir de herrajes, clavos o tornillos. El caso B constituido por pórticos a base de cajas ha demostrado que, si bien las uniones entre piezas producen cierta fricción, esta no es suficiente y tiene que complementarse con tornillos. En este caso no es recomendable considerar clavos dado el poco espesor de los elementos y el posible agrietamiento que se produce por los golpes. El caso C compuesto por un sistema de Columna + Viga donde tanto las columnas como las vigas se componen por cajas similar al caso B, evidencia también la necesidad de incluir tornillos para una adecuada rigidización.

La comparación constructiva - estructural permitió evaluar los sistemas en base al planteamiento de 23 criterios divididos en 7 grupos: diseño, material, resistencia, producción, transporte, armado - ensamblaje y uso. La evaluación se da mediante estas tres calificaciones: altamente satisfactorio (A), medianamente satisfactorio (B) y poco satisfactorio (C). En los resultados se observó que el Sistema B resultó tener la combinación más eficiente de calificación, es decir que la calificación alta tenga una cantidad alta de criterios y la calificación baja tenga una cantidad baja de criterios. De esta manera se concluyó que el sistema más apropiado es el sistema de Pórtico tipo caja.

6) El diseño estructural realizado ha dado como resultado una composición constructiva - estructural que garantiza una propuesta resistente; la cual, en conjunto con los parámetros de habitabilidad considerados, se proyecta como una alternativa viable para proyectos reales dentro de los lineamientos del proyecto gubernamental "Casas para todos".

- 158 7) En función del resultado del diseño estructural de la vivienda, se estableció la cantidad de 307 tableros de contrachapado de 2,44 x 1,22 m. que se necesitarían únicamente para la estructura. De acuerdo a esto y tomando como referencia datos de la declaración ambiental de producto (EDP) de la empresa Wisaplywood se calculó un impacto ambiental de -96.09 KgCO₂/m². El valor es negativo ya que se considera la cantidad de carbono contenida durante el proceso de vida de la madera. Al contrastarlo con los otros sistemas constructivos se evidencia con claridad la contundente ventaja ambiental que tiene el uso de la madera como material de construcción. Este calculo se lo realizó analizando un proceso Cradle to Gate que considera únicamente los procesos de fabricación desde la extracción de la materia prima hasta la obtención del producto final del material.

IDENTIFICACIÓN DE FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

A través de los resultados obtenidos en este trabajo de fin de master, se pueden sentar las bases o el hilo conductor para futuras investigaciones que podrían estar encaminadas en los siguientes rumbos:

159

- a) Análisis de estructuras incorporando el diseño en segundo orden y la penalización de los efectos sísmicos.
- b) Análisis de sistemas con variantes en cuanto al diseño de elementos y disposiciones geométricas, con el fin de potenciar la eficiencia cuantitativa de material, tiempo de armado y peso.
- c) Análisis mediante ensayos de resistencia a flexión y compresión en laboratorio diferentes propuestas de vigas y columnas, donde se busque alternativas de ubicación de uniones, alternativas de diseño geométrico de uniones y variación de secciones.
- d) Análisis de comparativo de ciclo de vida de edificaciones con el sistema prefabricado digitalmente con tableros estructurales, con edificaciones de sistemas constructivos que empleen materiales convencionales como el hormigón armado o el metal.
- c) Análisis evaluativo de sistemas híbridos.

BIBLIOGRAFÍA

160

Abondano, David. «De la arquitectura moderna a la arquitectura digital: La influencia de la revolución industrial y la revolución informacional en la producción y la cultura arquitectónica». TDX (Tesis Doctorals en Xarxa), 2018, 336. <http://www.tdx.cat/handle/10803/664655%0Ahttps://www.tdx.cat/handle/10803/664655#page=1>.

Acevedo, Harlem. «Análisis y evaluación de la sostenibilidad en proyectos de vivienda de interés social en Latinoamérica». TDX (Tesis Doctorals en Xarxa). Universitat Politècnica de Catalunya, 2017. <http://www.tdx.cat/handle/10803/458358>.

AENOR. «UN E-EN 12369-2 Tableros derivados de la madera Valores característicos para el cálculo estructural Parte 2: Tablero contrachapado», 2011.

AENOR. «UNE-EN 12369-1 Tableros derivados de la madera Valores característicos para el cálculo estructural Parte 1: OSB, tableros de partículas y tableros de fibras», 2001, 1-4.

AENOR. «UNE-EN 13501-1 Clasificación en función del comportamiento frente al fuego de los productos de construcción y elementos para la edificación», 2007.

AENOR. «UNE-EN 13501-2 Clasificación de los productos de construcción y de los elementos constructivos en función de su comportamiento ante el fuego

Parte», 2004.

AENOR. «UNE-EN 13986 “ Tableros derivados de la madera para utilización en la construcción Características, evaluación de la conformidad y marcado”», 2006.

AENOR. «UNE-EN 300 “Tableros de virutas orientadas (OSB) Definiciones, clasificación y especificaciones”», 2007.

AENOR. «UNE-EN 636 “Tableros contrachapados Especificaciones”», 2004.

AITIM. «Tableros de virutas orientadas (osb)», 2015, 78-83. https://www.cscae.com/area_tecnica/aitim/enlaces/documentos/Tableros_Virutas_OSB_15.06.2015.pdf.

Albright, Dustin, Vincent Blouin, Dan Harding, Ulrike Heine, Nathan Huette, y Dave Pastre. «Sim[PLY]: Sustainable Construction with Prefabricated Plywood Componentry». *Procedia Environmental Sciences* 38 (2017): 760-64. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2017.03.159>.

«An introduction to Building Blocks - Mia Behrens - Medium». Accedido 2 de junio de 2020. <https://medium.com/@miabehrens/crafting-with-technology-22268b152feb>.

Anderson, Chris. «Makers : the new industrial revolution». Makers : the new industrial revolution. New York: Crown Business, s. f.

Angelis, Gabriella De. «Arquitectura y desastres naturales : medidas para mitigar el riesgo sísmico y de inundación». TDX (Tesis Doctorals en Xarxa), 20 de noviembre de 2015. <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/96021#X3uLZpumQ4M.mendeley>.

«Architecture 00 — 30 years of projects across South Yorkshire — miranda plowden». Accedido 2 de junio de 2020. <https://www.mirandaplowden.com/projects/tag/Architecture+00>.

Architecture Unknown. «Mass customised community housing», s. f.

Arriga, Francisco, Ramón Arguelles, Miguel Herrero, Guillermo Íñiguez, y Ramón Arguelles. ESTRUCTURAS DE MADERA - BASES DE CÁLCULO, s. f.

BERGE, Bjorn. The Ecology Building Materials, 2009.

BID. «Un espacio para el desarrollo: Los mercados de vivienda en América Latina y el Caribe | Publications», 2011. <https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Un-espacio-para-el-desarrollo-Los-mercados-de-vivienda-en-América-Latina-y-el-Caribe.pdf>.

«BoKlok». Accedido 6 de octubre de 2020. <https://www.boklok.com/>.

Braungart, Michael, y William McDonough. Cradle to Cradle, 2003.

«Building Blocks». Accedido 6 de octubre de 2020. <http://building-blocks.io/>.

Buildings, Lousiana. «CATÁLOGO TÉCNICO TABLEROS OSB CERTIFICADOS APA». Accedido 6 de octubre de 2020. <https://lpchile.cl/wp-content/uploads/2017/09/20190925-CATALOGO-APA.pdf>.

CBA - MIT. «Fab Central». Accedido 27 de septiembre de 2020. <https://fab.cba.mit.edu/>.

CEFOVE. «Empresas Y Productos Certificados Fsc En Ecuador». Cefove, 2016, 24. <http://ecuadorforestal.org/wp-content/uploads/2016/08/Catalogo-FSC.pdf>.

CEPAL. «Desafíos, dilemas y compromisos de una agenda urbana común», 2016.

CEPAL. «Panorama Social de América Latina 2019 | Publicación | Comisión Económica para América Latina y el Caribe». 2013. Accedido 7 de septiembre de 2020. <https://www.cepal.org/es/publicaciones/44969-panorama-social-america-latina-2019>.

162 CEPAL, & INDH. Indicadores de derechos económicos, sociales y culturales (DESC) 12 y 13 de junio de 2013 Santiago de Chile, 2013.

Cerulli, Cristina. «USER PROVIDED HOUSING», n.o October (2016).

COMAFORS. «Planificación estratégica de la Transformación y Comercialización de madera en el Ecuador». Planeación Estratégica 2007 - 2012, 2007, 130. http://ecuadorforestal.org/wp-content/uploads/2013/03/PE_Industrias.pdf.

«COMAFORS - Corporación de Manejo Forestal Sustentable». Accedido 6 de junio de 2020. <http://www.comafors.org/>.

Comafors, y Secretaría de desarrollo productivo. «Innovación para la CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE», 2018.

Comissió Indústria 4.0 Enginyers de Catalunya. «Indústria 4.0: Status Report». Comissió Indústria 4.0 Enginyers de Catalunya, n.o Octubre (2016): 40.

CONFEMADERA. «Comportamiento frente al fuego Documento de aplicación del CTE», 2016, 1-96.

Corporación Chilena de la Madera. «Manual Practico-educativo sobre la construcción en madera», 2016. <https://www.madera21.cl/wp-content/>

[uploads/2016/11/Capítulo-1.La-construccion-de-viviendas-en-madera-completo-sin-introducción-5.pdf?x18847](https://www.madera21.cl/wp-content/uploads/2016/11/Capítulo-1.La-construccion-de-viviendas-en-madera-completo-sin-introducción-5.pdf?x18847).

Creative Commons. «What We Do - Creative Commons». Accedido 27 de septiembre de 2020. <https://creativecommons.org/about/>.

Creative Commons. «When we share, everyone wins - Creative Commons». Accedido 27 de septiembre de 2020. <https://creativecommons.org/>.

Demers, Paul. «Industria de la madera». Enciclopedia de la salud y seguridad en el trabajo, 1995. <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/EnciclopediaOIT/tomo3/71.pdf>.

Dorantes Palacios, José Angel. «Análisis comparativo de tecnologías constructivas para vivienda unifamiliar a partir de su impacto ambiental y valoración en México». Universidad Politécnica de Cataluña, 2020. <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/328999>.

Ecuador, Constitución de la República del. Decreto presidencial N°681_Reglamento para el acceso a VIS y público .pdf (2019).

Ecuadorforestal. «Procesamiento Primario». Accedido 7 de junio de 2020. <http://ecuadorforestal.org/informacion-s-f-e/sector-forestal-productivo-formal/procesamiento-primario/>.

Edward, David. «Building Open-source», 2018.

Elemental Arquitectura. «Proyectos de vivienda Incremental». Accedido 17 de septiembre de 2020. http://www.elementalchile.cl/?utm_medium=website&utm_source=plataformaarquitectura.cl.

ENDESA-BOTROSA. «FICHA TÉCNICA DE CALIDAD DEL TABLERO - TABLERO CONTRACHAPADO CORRIENTE». Accedido 22 de septiembre de 2020. <https://www.endesabotrosa.com/images/productos/FT Triplex.pdf>.

«Etiquetas FSC | Forest Stewardship Council». Accedido 5 de junio de 2020. <https://fsc.org/es/etiquetas-fsc>.

«Facit Homes | Digitally Manufactured Architecture». Accedido 6 de octubre de 2020. <https://www.facit-homes.com/>.

«Forest Stewardship Council». Accedido 5 de junio de 2020. <https://fsc.org/es/quienes-somos>.

FSC España. «Tipos de Certificados FSC». Accedido 5 de junio de 2020. <https://es.fsc.org/es-es/certificacin/tipos-de-certificados-fsc>.

Gershenfeld, Neil. «How to make almost anything machine!» SIGGRAPH 2015: Studio, SIGGRAPH 2015 91, n.o 6 (2015). <https://doi.org/10.1145/2775280.2792721>.

[org/10.1145/2775280.2792721](https://doi.org/10.1145/2775280.2792721).

Green, Michael, y Jim Taggart. «FRAME SYSTEMS». En Tall Wood Buildings: Design, Construction and Performance, 100-133, 2017.

Green, Michael, y Jim Taggart. TALL WOOD BUILDINGS Design, Construction and Performance, 2017.

Guerra Galán, Jaime, Andrea Parra, Fernanda Ordoñez, Xavier Méndez, Vanessa Navas, y Ximena Cordero. «Vivienda económica sostenible para la región sierra del Ecuador». *instname:Universidad de Cuenca*, n.o 4 (2015): 7-19.

Hasko, Jason. «Design-build workflow», s. f.

Heywood, Huw. 101 REGLAS BÁSICAS PARA UNA ARQUITECTURA DE BAJO CONSUMO ENERGÉTICO, 2015.

Hormazabal-Poblete, Nina, Paola Jiron, Alejandro B., Luis J., Paula PC, y Pedro M. Bienestar Habitacional. Guía de Diseño para un Hábitat Residencial Sustentable, 2004.

Humberto, David, Abondano Franco, David Humberto, y Abondano Franco. «La influencia de la revolución industrial y de la revolución», 1996, 1-3.

164 INAMHI. «Mapa de isotermas año 2012», 2012. <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/Lotaip/AdminFinan/mapas/4 IsoyetasAO.pdf>.

INAMHI. «Mapa de precipitacion media multianual 1965-1999», 1999. http://www.serviciometeorologico.gob.ec/docum_institucion/MapasBiblioteca/5 PrecipitacionAO.pdf.

INDITECNOR. «NCh760.Of73 "Madera - Tableros de partículas - Especificaciones"», 1972.

INEN. «Encuesta de edificaciones 2016», 2016, 28.

INEN. «NTE INEN 2 342:2003 "TABLEROS DE MADERA CONTRACHAPADA. CHAPAS. REQUISITOS"», 2003.

INEN. «NTE INEN 900 "TABLEROS DE MADERA CONTRACHAPADA. REQUISITOS"», 2003, 15. [https://doi.org/10.1016/s0301-5629\(02\)00732-9](https://doi.org/10.1016/s0301-5629(02)00732-9).

INFOR. «La industria de Tableros y Chapas», 2017, 36.

ISO 16894. «Wood-based panles Oriented strand board (OSB) definitions, classsification and specifications». 61010-1 © Iec:2001 2006 (2006): 13.

«Leko». Accedido 6 de octubre de 2020. <https://lekolabs.com/>.

LP Building Solutions. «LP - CATÁLOGO TÉCNICO TABLEROS OSB CERTIFICADOS APA». Accedido 10 de junio de 2020. <https://lpchile.cl/wp-content/uploads/2017/09/20190925-CATALOGO-APA.pdf>.

MIDUVI. «Eficiencia Energética en Edificaciones Residenciales NEC-HS-EE», 2018, 40. <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/03/NEC-HS-EE-Final.pdf>.

Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivneda. «Capítulos de la NEC (Norma Ecuatoriana de la Construcción) – Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda». Accedido 2 de octubre de 2020. <https://www.habitatyvivienda.gob.ec/documentos-normativos-nec-norma-ecuatoriana-de-la-construccion/>.

Ministerio de Transporte Movilidad y Agenda Urbana. «Documentos CTE». Accedido 2 de octubre de 2020. <https://www.codigotecnico.org/DocumentosCTE/DocumentosCTE.html>.

Ministerio del ambiente. «LIBRO III DEL REGIMEN FORESTAL», s. f.

Olmedo, Victoria Estefanía Meneses. «OPTIMIZACIÓN DE MÉTODOS CONSTRUCTIVOS PARA REDUCCIÓN DE COSTOS EN VIVIENDAS SOCIALES. CASO DE APLICACIÓN: CIUDAD SERRANA EN EL CANTÓN MEJÍA», 2017.

ONU. «Población | Naciones Unidas». Accedido 29 de septiembre de 2020.

<https://www.un.org/es/sections/issues-depth/population/index.html>.

«Open Source Initiative». Accedido 27 de septiembre de 2020. <https://opensource.org/>.

Open Source Initiative. «The Open Source Definition (Annotated) | Open Source Initiative». Accedido 27 de septiembre de 2020. <https://opensource.org/osd-annotated>.

Open Systems Lab. «Guide WikiHouse: introductory guide for your project», 2018, 20. https://files.cargocollective.com/c229869/WHouse_Guide_1.1.pdf.

«Open Systems Lab». Accedido 27 de septiembre de 2020. <https://www.opensystemslab.io/>.

Ordoñez, Stalin; Liliana Buele. «Diseño de un módulo arquitectónico para comercio itinerante, elaborado en base a tableros de fibra orientada (OSB) con sistema de ensamblajes», 2013.

Parvin, Alastair. «Architecture (and the other 99%): Open-Source Architecture and Design Commons». *Architectural Design* 83, n.o 6 (2013): 90-95. <https://doi.org/10.1002/ad.1680>.

Pichazaca, Manuel Vinicio Solano. «Innovación tecnológica en las construcciones de tierra», 2020.

nes de tierra», 2020.

Portilla, Fredi. «Agroclimatología del Ecuador», n.o 2 (2018). file:///C:/Users/jonna/Downloads/Agroclimatologia del Ecuador (1).pdf.

«Promadera | Promovemos el uso de la madera sustentable para proyectos arquitectónicos». Accedido 6 de junio de 2020. <http://www.promadera.com.ec/promadera/>.

Ricardo, Edison, Plazas Cervantes, Juan Carlos, y Morán Andrade. «ACTUALIZACIÓN DEL CENSO DE LAS INDUSTRIAS MADERERAS EN LAS ZONAS URBANAS DE LA PROVINCIA DEL CARCHI Y SU GEOREFERENCIACION», 2009.

Rodríguez Rodríguez, Lizeth. «Análisis comparativo de sistemas estructurales industrializados para edificación vertical a través de parámetros de sostenibilidad». Universitat Politècnica de Catalunya, 2019. <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/166482#.X3uMG3C5iUw.mendeley>.

Salzberger, Max, y Michael Lautwein. «SimpliciDIY – Do-it-yourself wood building system», n.o November 2018 (2018): 1233-40. <https://doi.org/10.5151/sigradi2018-1428>.

«[SI-MODULAR]». Accedido 6 de octubre de 2020. <http://www.si-modular.net/>.

166 Space 10. «Manufacturing in the Digital Age - Exploring the Materials of Tomorrow - Welcome to the Circular Economy», 2017. <https://space10.io/content/uploads/2017/11/Imagine.pdf>.

«The Fab Foundation». Accedido 27 de septiembre de 2020. <https://fabfoundation.org/>.

Trenda, Tiffany. «Opening the Future of Source», 2016, 116-25.

«U-Build by Studio Bark is a revolutionary self-build system». Accedido 6 de octubre de 2020. <https://u-build.org/>.

Ugarte Álamos, Juan José. «Arquitectura en shock: panel de cartón para habitáculos en albergues post catastróficos en Chile». Universitat Politècnica de Catalunya, 2017. <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/113815#.X3uL3lpuQlc.mendeley>.

Wagh Thistleton Architects. «100 Projects U K C Lt 1», 2018.

WISA PLAYWOOD. «DECLARATION OF PERFORMANCE, UPM PLYWOOD». Accedido 22 de septiembre de 2020. <https://www.wisaplywood.com/siteassets/documents/dop/upm027cpr-2020-04-03-en.pdf>.

WISA PLAYWOOD. «Environmental product declaration of WISA Spruce

plywood, uncoated». Accedido 6 de octubre de 2020. <http://epd.rts.fi>.

FUENTES DE IMÁGENES

CAPÍTULO 2:

Portada: <https://space10.io/content/uploads/2017/11/Imagine.pdf>

1. Sp.depositphotos.com. <https://sp.depositphotos.com/stock-photos/barrios-de-tugurios.html?filter=all>

2. @ Mark Pink. <https://www.alamy.es/isla-trinitaria-tugurios-quayaquill-ecuador-image2178553.html>

3. Habitat III. <https://agenda4p.com.ar/2016/10/18/representantes-de-asentamientos-informales-en-la-inauguracion-de-habitat-iii/>

7. Fuente: Cepal “Un espacio para el desarrollo 2012”

8. Latin America Hoy; Véase: <https://latinamerica hoy.es/2012/09/14/vivienda-america-latina/>

CAPÍTULO 3:

Portada: <https://space10.io/content/uploads/2017/11/Imagine.pdf>

18. <https://www.eluniverso.com/noticias/2020/01/14/nota/7691163/ecuador-prepara-emision-bono-garantia-bid-plan-vivienda>

19. <https://www.larepublica.ec/blog/2017/11/26/bce-destina-185-millones-para-reactivar-construccion/>

20. <https://www.eldiario.ec/noticias-manabi-ecuador/510459-entregaran-150-casas/>

25. BERGE, Bjorn. *The Ecology Building Materials*, 2009

26. Green, Michael, y Jim Taggart, *TALL WOOD BUILDINGS Design, Construction and Performance*, 2017.

28. Heywood, Huw. *101 REGLAS BÁSICAS PARA UNA ARQUITECTURA DE BAJO CONSUMO ENERGÉTICO*, 2015.

33. Green, Michael, y Jim Taggart, *TALL WOOD BUILDINGS Design, Construction and Performance*, 2017.

35-39. Waugh Thistleton Architects. «100 Projects U K C Lt 1», 2018.

41-42. Blumer – Lehmann AG. <https://www.lehmann-gruppe.ch/holzbau.html>

43. <http://www.ignitearchitects.com/star-mountain-plaza>

45. <http://www.lacol.coop/>

168 44,46 y 48. Green, Michael, y Jim Taggart, TALL WOOD BUILDINGS Design, Construction and Performance, 2017.

47. <https://www.espanaguide.com/es/sevilla/setas-de-sevilla/>

49-52. Comafors, y Secretaría de desarrollo productivo. «Innovación para la CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE», 2018.

54a-54b. <https://es.fsc.org/es-es/certificacin/tipos-de-certificados-fsc>.

56. Comafors, y Secretaría de desarrollo productivo. «Innovación para la CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE», 2018.

57. Green, Michael, y Jim Taggart, TALL WOOD BUILDINGS Design, Construction and Performance, 2017.

63. Cartilla de construcción en madera - Junta del Acuerdo de Cartagena JUNAC.

CAPÍTULO 4 :

Portada: Using Wihouse, A introductory guide for your project, Open Systems Lab, 2018. <https://www.swisskrono.com/fr-es/productos/materiales-de-construccion/#/>

<https://www.taguelumber.com/es/products/building-materials/plywood-sheet-goods/>

73. Manual de diseño para maderas del grupo andino. JUNAC

74. <https://ecuador.fandom.com/es/wiki/Regiones>

75. <https://www.spigogroup.com/paneles-acusticos-ignifugos/>

76 . Documentos de Cátedra de “Materiales y sistemas industrializados” – MBArch – ETSAB, 2020

77. CONFEMADERA. «Comportamiento frente al fuego Documento de aplicación del CTE»

CAPÍTULO 5 .

Portada. <https://space10.io/content/uploads/2017/11/imagine.pdf>

82. https://www.elespanol.com/omicron/tecnologia/20170909/gadgets-locos-necesito/245476218_0.html

83. <https://www.adslzone.net/2017/02/12/internet-las-cosas-iot-importancia-tendra-futuro/>



84. <https://www.expansion.com/economia-digital/innovacion/2019/08/20/5d5b14da468aeb81528b46ed.html>

86. Wikihouse.cc. <https://www.youtube.com/watch?v=Mlt6kaNjoel&t=478s>

87. <https://impresiondigital.ituser.es/noticias-y-actualidad/2020/06/utilidades-de-la-impresion-3d-en-la-industria>

88. <https://espacioopen.com/corte-grabado-laser/imagen-corte-laser/>

89. MuDD architects. <https://www.dezeen.com/awards/2019/winners/mud-shell/>

91. CD Institute for Computational Design. https://www.domusweb.it/en/architecture/2014/06/26/landesgartenschau_exhibition_hall.html

90. Fuente: IAAC. <https://www.3dwaspc.com/en/3d-printed-wall/>

92. <https://creativecommons.org/>

94: <https://saludconlupa.com/noticias/el-coronavirus-profundiza-las-desigualdades-en-brasil/>

95,96 y 98. Parvin, Alastair. «Architecture (and the other 99%): Open-Source

Architecture and Design Commons». *Architectural Design* 83, n.o 6 (2013): 90-95. <https://doi.org/10.1002/ad.1680>.

169

97. Facit homes. <https://vimeo.com/59581274>

99. Wikihouse.NZ. <http://spacecraft.co.nz/>

CAPITULO 6

105. <https://www.youtube.com/watch?v=zod8Rc2cijQ>

108. <http://www.architecture00.net/wikihouse/qykbsm80pc32b8rbrguc1jk-si06lv4>

109. <https://awikifarmhouse.wordpress.com/2015/08/05/building-a-plywood-farmhouse/#jp-carousel-381>

111 @Nicholas Godfrey a través de wikihouse contributors

112. Wikihouse.cc. <https://www.youtube.com/watch?v=nfTkW87vmUQ>

CAPITULO 7

129. MASS CUSTOMISED COMMUNITY HOUSING. *Architecture Unknown*.

170 130. Wikihouse.NZ. <http://spacecraft.co.nz/>