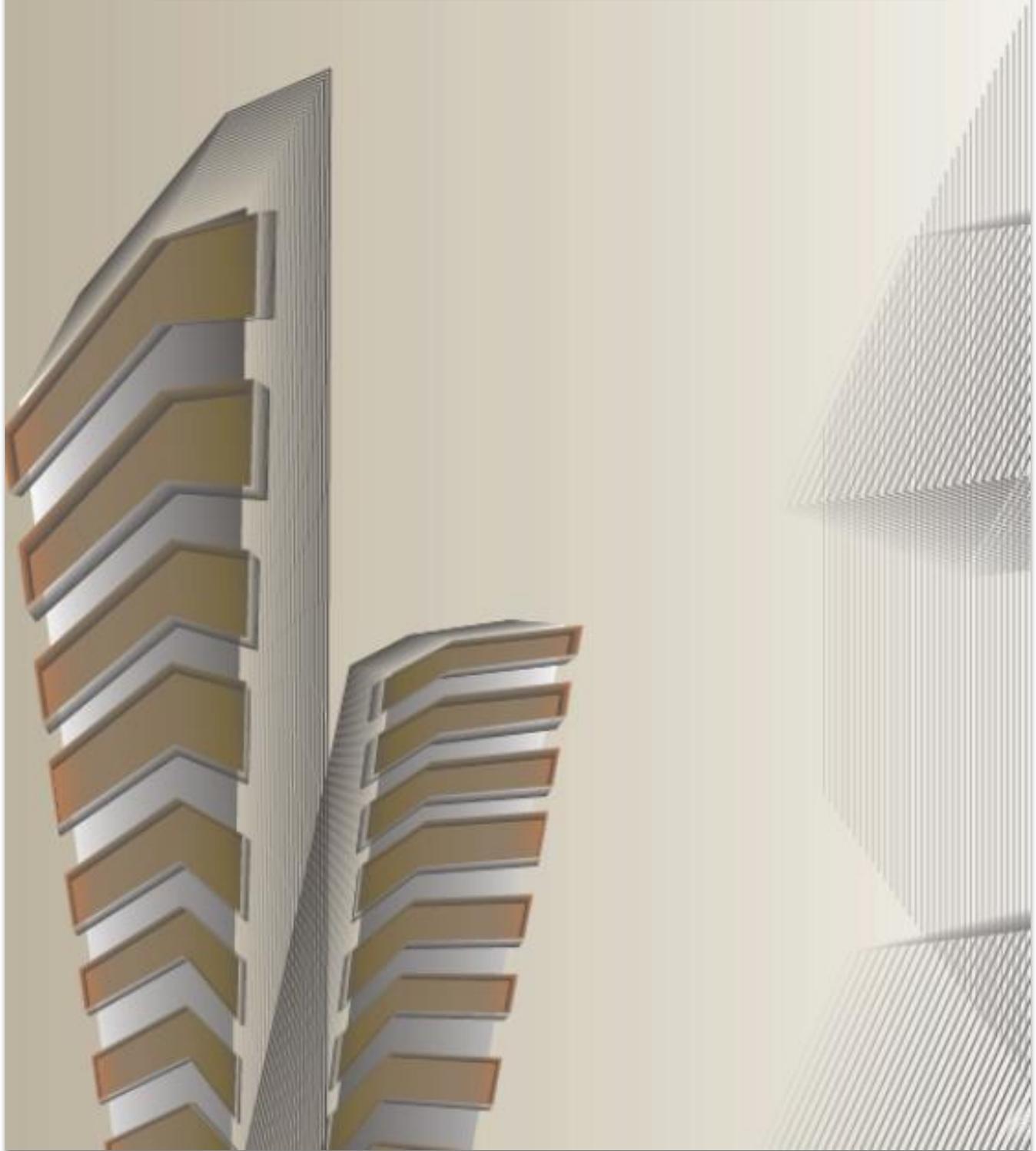


CONSTRUCCION MODULAR



ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN

1. MODULACIÓN Y FLEXIBILIDAD EN EL DISEÑO ARQUITECTÓNICO

- 1.1. MODULO Y MODULACIÓN
- 1.2. FLEXIBILIDAD
- 1.3. LA VIVIENDA Y EL DINAMISMO SOCIAL
- 1.4. LA METRICA Y GEOMETRÍA: MODULACION EN FORMA
 - 1.4.1 SECCIÓN AUREA
 - 1.4.2 GEOMETRÍA FRACTAL TESELACIÓN Y SOLIDO PLATONICO
 - 1.4.3 FORMAS MODULARES EN LA NATURALEZA
- 1.5. ANTROPOMETRÍA Y ERGONOMÍA: MEDIDA DE LA FORMA
 2. 1.5.1 FACTORES ERGONÓMICOS EN DISEÑO DE LOS ESPACIOS ARQUITECTÓNICOS
 3. 1.5.2 DIMENSIONES ANTROPOMÉTRICAS

2. LOS SISTEMAS CONSTRUCTIVOS CON ELEMENTOS MODULARES PREFABRICADAS

- 2.1. LA IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS MODULARES EN LA CONSTRUCCIÓN A PARTIR DEL SIGLO XX
 - 2.1.1. Principales aportes e innovaciones en la flexibilidad y modulación del siglo XX
 - 2.1.2. Recientes proyectos que aplican el concepto de flexibilidad
- 2.2. SISTEMAS CONSTRUCTIVOS MODULARES Y SUS ELEMENTOS
 1. 2.2.1 RESISTENCIA
 2. 2.2.2 FUNCIONALIDAD
- 2.3. FIJACIONES, ENSAMBLES, CONEXIONES Y ENSAMBLES EN ELEMENTOS MODULARES
- 2.4. Análisis de sistemas constructivos en seco con uso de elementos modulares

3. MATERIALES ALTERNATIVOS CON POSIBILIDAD DE USO EN ELEMENTOS MODULARES PREFABRICADOS

- 3.1. DEFINICIÓN Y CLASIFICACIÓN DE LOS MATERIALES ALTERNATIVAS MODULARES
- 3.2. MATERIALES PRODUCTO DEL RECICLAJE
 - 3.2.1 CELULOSA DE PAPEL
 - 3.2.2 POLÍMEROS

3.2.3 ENVASES DE TETRAPACK

3.3. MATERIALES DE ORIGEN NATURAL

3.3.1 MADERA

3.3.2 TIERRA

3.3.3 MAMBU

3.3.4 CAÑAS O CARRIZO

3.3.5 PAJA

3.4. ANÁLISIS Y VALORACIÓN DE APLICACIÓN EN ELEMENTOS MODULARES

4. DESARROLLO DE LA PRPUESTA MODULAR

4.1. MITOLOGÍA PARA LA PROPUESTA

4.2. DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA DESARROLLADA

4.3. PROCESO DE EXPERIMENTACIÓN

CONCLUSIONES

BIBLIOGRAFÍA

1. MODULACIÓN Y FLEXIBILIDAD EN EL DISEÑO ARQUITECTÓNICO

Si nos adentramos en la esencia del concepto arquitectónico de *qué es la arquitectura modular y adaptable*, desde Algeco lo definen a la perfección.... «*Aquella que su base se rige en un diseño formado por volúmenes o componentes individuales, que uniéndolos obtendremos una unidad arquitectónica útil y en la mayoría de casos, habitable; sea una vivienda, edificio, nave industrial, un colegio...etc*».

Regida por dos habilidades básicas; la primera, la construcción se formaliza primero en fábrica y posteriormente, se trasladará y montará en la ubicación específica donde irá la edificación y la segunda, tiene la capacidad que se pueden agregar o reemplazar los componentes – módulos de una forma relativamente fácil.

1.1. MODULO Y MODULACIÓN

Módulo:

“Podemos definir al módulo como una pieza o conjunto unitario de piezas que se repiten en cualquier diseño.”

Modulación:

“Es el manejo de elementos repetitivos de características similares en lo que se refiere a forma, tamaño y función”

1.2. FLEXIBILIDAD

Cuando nos hablan de un espacio flexible, fácilmente imaginaremos paneles que se mueven, muebles que se pliegan o cortinas que se corren. Y sí, en su definición más espontánea, estos espacios permiten una mayor diversidad en las funciones que pueden albergar que otros espacios con elementos inmóviles. Pensemos, por ejemplo, en un gran salón de actos que en un momento determinado acoge un evento de mayor concurrencia y, por tanto, se requiere toda el área de éste. Este mismo salón, en otro momento, podrá también acoger varios eventos más pequeños a la vez si se subdivide con paredes móviles.

No obstante, la flexibilidad y multifuncionalidad de la arquitectura y los espacios arquitectónicos es mucho más compleja que esta idea inicial. Así pues, un edificio es flexible por poder adaptarse a distintas necesidades a lo largo de su vida útil. Esto se puede entender como una modificación continua del espacio, realizada por los usuarios, o por una reutilización de una estructura para convertirla a otro uso completamente distinto.

-**Adaptable:** edificios diseñados a ajustarse a diferentes funciones, usos y cambios climáticos, es una arquitectura que tiene un ajuste flojo y, a veces se llama la construcción abierta.

- **Transformable:** incluye edificios que cambian de forma, espacios, o apariencia por la alteración física de su estructura, la piel o la superficie interna. Es una arquitectura que se abre, se cierra, se expande y se contrae.

- **Móvil:** incluye edificios que se trasladan de un lugar a otro lugar para cumplir mejor sus funciones, es una arquitectura que rueda, flota o vuela.

- **Interactable:** incluye edificios que responden a los requerimientos del usuario de manera automática o intuitiva. Es una arquitectura que usa sensores para iniciar cambios en apariencia, ambiente o la operación que están habilitados por sistemas cinéticos y materiales inteligentes.

Por lo anterior es posible identificar que la flexibilidad en la arquitectura se puede dar de diferentes formas, lo cual puede ir desde una casa rodante hasta una casa desarmable, o una casa domótica, sin embargo, es importante enfatizar que para este estudio el objetivo principal es el estudio de la flexibilidad transformable, que permite la agregación y desagregación de elementos.

1.3. LA VIVIENDA Y EL DINAMISMO SOCIAL

La vivienda está concebida, para el hombre y por él, es decir que a partir de que sus necesidades fueron cambiando, la vivienda también lo hizo. En un comienzo, el hombre desarrolla una vida nómada, en la que se encarga de solventar sus necesidades diariamente, es decir que la caza y la recolección de frutos silvestres lo mantenían en constante movimiento, debido a ello, su búsqueda de abrigo, se veía solventada en cavernas, propias de la naturaleza, en las cuales inicialmente buscaba protegerse de las inclemencias del clima y de los animales salvajes. Cuando el hombre logra domesticar determinadas especies; animales y vegetales, cambia su modo de vida, siendo este el comienzo del sedentarismo, es aquí cuando el individuo demanda la creación de un espacio estable, es decir un lugar donde satisfaga sus necesidades de resguardo y seguridad, a las inclemencias y amenazas de la naturaleza y de sus semejantes además de su vida social en grupo estable y sus nuevas actividades productivas. Con esto determinamos el nacimiento de la demanda de vivienda, en cuestiones de calidad y especialización de los espacios. Cada asentamiento tuvo características propias de las condiciones climáticas, y geográficas, es así que en Mesopotamia, nacen algunas de las primeras civilizaciones, cuyas viviendas son cabañas y tienen formas

rectangulares, y construidas en piedra. Se asentaron en los montes Zagros, áreas bañadas por los ríos Tigris y Eufrates, la cultura más antigua, la Hassuna (6500 a.C.) se ubica en la zona norte, quienes se dedican a la ganadería de bovino y ovino, y a la agricultura, sus casas fueron evolucionando desde una sencilla construcción cuadrada con esquinas chaflanadas, construidas con diversos materiales, como adobe con cal y yeso pintados, tapial, madera y cañizo, en lo que paredes refiere con un ancho aproximado de 0.4-0.6 cm de espesor, con un palo de madera en el centro cuyo objeto era el de sostener la cubierta de paja. Con la llegada de nuevos colonos de la cultura Halaf, van apareciendo cambios en las propuestas de arquitectura, sus viviendas se caracterizaban por ser un tipo de casa redonda y abovedada de hasta diez metros de diámetro, las que poseían un solo acceso marcado por un rectángulo, llamadas Casa de Arpasiyya. Los integrantes de la familia incrementan, razón por la que se vuelve necesaria la creación de viviendas más grandes que poseían, varias estancias para el trabajo y la vida doméstica que incluían un almacén y un patio, es decir la choza de madera, piedra y paja.

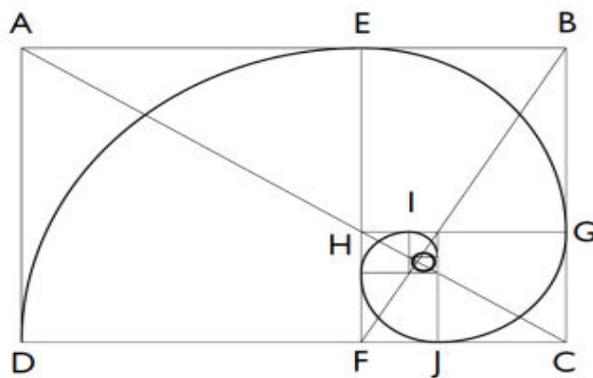
1.4. LA METRICA Y GEOMETRÍA: MODULACION EN FORMA

Una vez analizado los términos de modulación y flexibilidad, una parte importante para constituir las formas de un elemento modular es la geometría. Dentro de la construcción modular, la geometría y la medida son dos elementos indispensables para lograr una optimización del espacio en relación a los materiales tomando en cuenta la escala humana y ergonomía. ¹⁸ El papel de la geometría con respecto a la arquitectura va en relación al estudio de la forma de los elementos que constituyen la envolvente de los espacios arquitectónicos, dichas formas modeladoras del espacio se analizan para el presente trabajo se identifica la aplicación de dos enfoques de estudio dentro de ésta rama de las matemáticas, que dan pauta a un análisis profundo de múltiples posibilidades que ofrece la geometría para la construcción de elementos modulares: la geometría euclidiana y la geometría fractal. Como definición la “Geometría significa etimológicamente “medición de la tierra”, y es en este sentido genérico como se ha retomado por el carácter simbólico que adquiere a partir de su utilidad en el trazo, delimitación y organización del espacio del hombre”, dicho espacio en relación a la arquitectura se delimita por elementos constructivos que tienen forma y medida, que tienen la posibilidad de ser modulares, es decir, seguir un patrón de forma o medida.

1.4.1. SECCIÓN AUREA

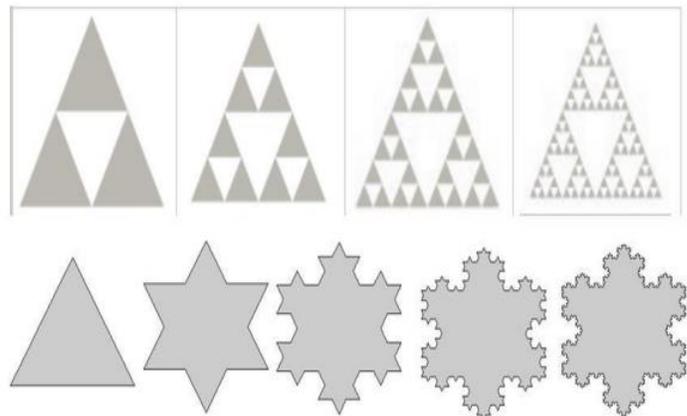
La sección aurea es la proporción armónica que rige el crecimiento de todas las cosas presente en la naturaleza y desde su descubrimiento ha sido motivo de profundos estudios y aplicación tanto en obras arquitectónicas como en trabajos artesanales, tratándose de obras creadas por el hombre, “Las proporciones de la naturaleza se han intentado atrapar tanto en el arte como en la arquitectura clásica con patrones”.

Su importancia radica en ser el patrón de crecimiento de la naturaleza que mantiene siempre una proporción armonica, en términos matemáticos “La sección aurea puede ser definida como la proporción entre dos secciones de una línea, o las dos dimensiones de una figura plana en la cual la menor de las dos es a la mayor como la mayor es a la suma de ambas. Esto puede ser expresado algebraicamente por la ecuación de las dos proporciones $a/b=b/(a+b)$ ”.



1.4.2. GEOMETRÍA FRACTAL TESELACIÓN Y SOLIDO PLATONICO

Co respecto a la modulación y al crecimiento, la geometría fractal constituye un elemento importante a tomar en cuenta, siendo que, como su nombre lo indica, pequeñas fracciones de un todo que puede expresar desde fracciones de medida de un territorio completo (un mapa), las formas geométricas complejas de la naturaleza (nubes, plantas.), hasta sucesos en parámetros que no son



perceptibles mediante los sentidos como el ritmo cardiaco (los latidos del corazón); por tal razón la fractalidad es aplicada en múltiples campos del conocimiento, dentro de la geometría, su estudio se considera dentro de la geometría no lineal.

Un concepto presente en los fractales, que se estudia dentro de los elementos modulares es la auto-similitud de las formas, que implica una repetición de la forma a diferentes escalas, “Una estructura es auto-similar si ha experimentado una transformación por la cual la dimensión de su estructura fue totalmente modificada por el mismo factor de escala. La nueva forma puede ser más pequeña, más grande, girada y/o trasladada, pero su forma permanece similar. Similar significa que las proporciones relativas de los lados y los ángulos internos de las formas permanecen iguales” (Bovill, 1996: 14) entre los ejemplos más conocidos está el copo de nieve de Koch y el triángulo de Sierpinski.

“Una teselación es una manera de llenar un plano entero con formas congruentes sin superposiciones o huecos”, mediante formas similares, polígonos, que recubren totalmente un plano con la repetición de una o más patrones de formas. A diferencia de los fractales, las teselaciones al ser figuras planas, su estudio es posible a través de la geometría euclidiana. Las teselaciones pueden ser de tres tipos, dependiendo del tipo de formas que se utilicen, ya sean polígonos regulares o formas completamente irregulares que son congruentes entre si y configuran el llenado de un plano. Los tipos de teselaciones son: regulares, semi-regulares e irregulares.

1.4.3. FORMAS MODULARES EN LA NATURALEZA

En las últimas décadas, en la búsqueda de nuevas formas aplicables a la arquitectura, surge una tendencia del estudio de las formas presentes en la naturaleza y su comportamiento, principalmente estructural, para su aplicación en el ámbito de la arquitectura, si bien es cierto que la imitación de las formas y mecanismos presentes en la naturaleza, no es una



novedad, sin embargo la ventaja con la que se cuenta hoy en día es el gran avance tecnológico que hace posible el un estudio más profundo de los organismos naturales y en cuestiones formales mediante software es posible lograr el desarrollo de las figuras para su posible aplicación a estructuras y envolventes en edificios.

Uno de los grandes arquitectos que se caracteriza por tomar en cuenta las formas presentes en la naturaleza es Frei Otto, su obra se inclinó más a las tensoestructuras y membranas livianas, donde gracias la observación de estructuras presentes naturaleza pudo experimentar y proponer formas orgánicas livianas, además de lograr la optimización de materiales al construir las superficies mínimas posible, en el caso de las cubiertas que fue en lo que más desarrolla su obra, en la imagen se puede observar las formas orgánicas que desarrolla en las cubiertas

1.5. ANTROPOMETRÍA Y ERGONOMÍA: MEDIDA DE LA FORMA

Al construir elementos modulares que serán parte de un sistema constructivo, es importante tener en cuenta al usuario de los espacios habitables. Que implica tanto la percepción del espacio habitable así como las medidas adecuadas que permitan al usuario moverse en el entorno construido. Para estos aspectos es necesario tomar en cuenta dos disciplinas de estudio del hombre: la ergonomía y la antropometría. La ergonomía incluye diversos aspectos referentes a interrelación del hombre con su entorno, la manera en que percibe el entorno, para un estudio mayormente detallado se desglosa en diversas áreas y factores. La antropometría es una rama de la ergonomía.

1.5.1. FACTORES ERGONÓMICOS EN DISEÑO DE LOS ESPACIOS ARQUITECTÓNICOS

a ergonomía ambiental que “es el área de la ergonomía que se encarga del estudio de las condiciones físicas que rodean al ser humano y que influyen en su desempeño al realizar diversas actividades, dichas condiciones son: el ambiente térmico, nivel de ruido, nivel de iluminación y vibraciones”. En el diseño arquitectónico, estos factores se logran con los materiales y elementos constructivos con buenas propiedades y un diseño adecuado. Las condiciones ergonómicas a tomar en cuenta para lograr ambientes agradables son las siguientes:

- Ambiente sonoro: el ruido se puede caracterizar psicológicamente por resultar molesto e indeseable, físicamente por su aleatoriedad espectral y de intensidades. El enfoque en esta área es

encontrar la forma de reducir, controlar o aislar la emisión de ruido para lograr una condición ambiental óptima.

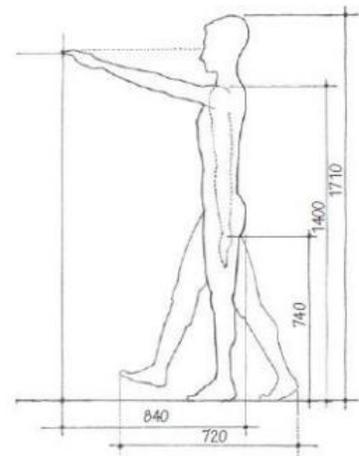
- **Ambiente lumínico:** la iluminación puede interferir en la adecuada visualización de los objetos y entornos, en el confort y salud visual. Para lograr un agradable ambiente lumínico se estudian los factores de la visión, las fuentes de iluminación, así como las características y requerimientos de las tareas y el entorno.

- **Ambiente térmico:** Para el ser humano es de suma importancia mantener y regular la temperatura interna del cuerpo, que como la materia en general, tiende a igualar su temperatura con el ambiente que lo rodea. es importante proveer un ambiente que permita establecer dicho equilibrio y evite el estrés térmico.

- **Calidad del aire:** La función que pueden aportar los elementos de un sistema constructivo para lograr ambientes agradables en el interior de una vivienda, se explican al analizar las propiedades de los materiales a emplear en los elementos constructivos. Una de las principales propiedades a considerar al elegir algún material constructivo es la conductividad térmica, pues un material con baja conductividad térmica va a evitar pérdidas o ganancias excesivas de calor, lo cual favorece a una temperatura agradable en el interior de la vivienda. Otros aspectos para lograr el confort dependen principalmente del diseño de la vivienda en aspectos como orientación, ventilación e iluminación, los cuales a su vez pueden influir en mejorar la calidad del aire y la humedad. La importancia de tomar en cuenta todos estos aspectos radica en la posibilidad de lograr espacios confortables que ofrezcan buenas condiciones de habitabilidad en el interior de la vivienda.

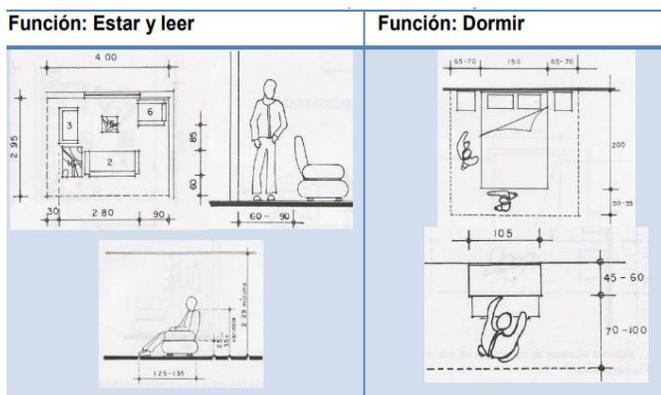
1.5.2. DIMENSIONES ANTROPOMÉTRICAS

Estas dimensiones son de dos tipos esenciales: estructurales y funcionales. Las estructurales son las de la cabeza, troncos y extremidades en posiciones estándar. Mientras que las funcionales o dinámicas incluyen medidas tomadas durante el movimiento realizado por el cuerpo en actividades específicas.



Si bien la unidad de análisis es la vivienda y en una manera más desglosada son los diferentes espacios que conforman la vivienda, las variables se pueden determinar de acuerdo a la actividad a realizar en cada espacio. “Las cuatro funciones base que se desarrollan en la casa habitación son: recuperación, relación, recreación y servicio. Estas cuatro funciones originan partes arquitectónicas que son espaciales para cada actividad según listado y como consecuencia dan origen a las partes características del programa de la casa habitación, clasificadas en tres grupos: recepción de servicios e íntimas”

De acuerdo a Plazola (2001) se analizan las dimensiones mínimas para diferentes espacios de una vivienda con el fin de obtener un común múltiplo que pueda resultar en una medida para un elemento constructivo modular. De las cuatro funciones base, Plazola desglosa ocho funciones más específicas: 1) leer y estar, 2) comer y beber, 3) Dormir, 4) Cocinar, 5) Aseo de personas, 6) juego de niños y jardinería, 7) Aseo de ropa y casa, y 8) vehicular. Cada una de las ochos funciones requieren determinado espacio en una vivienda, los cuales no necesariamente tienen que ser específicos para una sola actividad, por ejemplo la función comer y beber puede compartir espacio con la función cocinar. Todas estas actividades requieren de ciertas dimensiones que permitan desarrollar las diferentes actividades de manera óptima. Por lo que para una mejor comprensión se analizan de manera específica cada una de las funciones que puedan dar pauta a unas dimensiones modulares. El análisis de las dimensiones a tomar en cuenta de los espacios mínimos propuestos por Plazola se enfocaron principalmente en los espacios dinámicos, es decir de circulación y de funciones activas (función cocinar por ejemplo). Y se analizan por pares de funciones que de alguna manera están ligados ya sea por la función que desempeñan o por la localización.

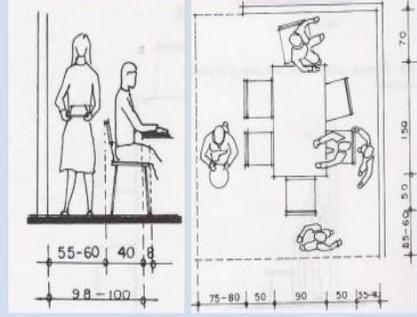
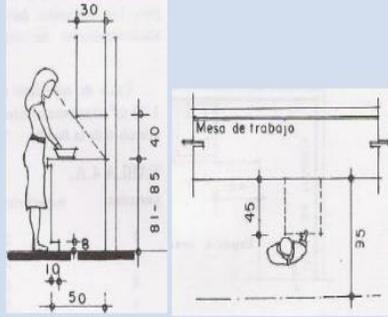


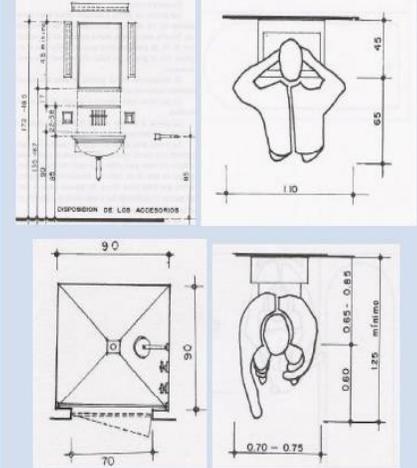
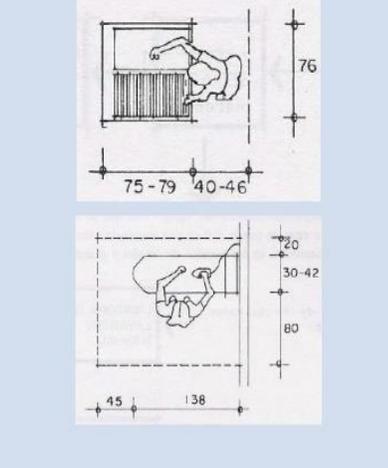
<p>Espacios arquitectónicos</p> <p>Estancia</p> <p>Sala de T.V</p> <p>Biblioteca</p> <p>Estudio</p>	<p>Espacios arquitectónicos</p> <p>Recamara principal</p> <p>Recamara</p>
<p>Circulaciones: de 60 a 90 cm</p> <p>Mobiliario: variable</p>	<p>Circulaciones: de 55 a 60 cm</p> <p>Área dinámica: 70 – 100 cm</p> <p>Mobiliario: variable</p>

Las funciones estar y leer; y dormir se refieren a los espacios donde es posible la recuperación, la relación y la recreación, en diferentes niveles de privacidad. Donde entran diferente mobiliario que se deben tomar en cuenta al dimensionar espacios.

Por otro lado los espacios que desempeñan funciones de servicio son más dinámicos, por tanto es importante considerar un flujo mayor de actividades y por ende espacios suficientes para desempeñar actividades específicas según sea el caso. Ya sea preparado de alimentos, limpieza, aseo de ropa o de las personas, entre otras.

Plazola considera otras dos funciones que en total suma ocho: función vehicular y función juego de niños y jardinería, sin embargo ésta últimas no se analizan sus medidas mínimas porque son áreas por lo general exteriores y las medidas son muy variables, dependen del tamaño del terreno.

Función: Comer y beber	Función: Cocinar
	
Espacios arquitectónicos	Espacios arquitectónicos
Comedor	Cocina
Desayunador	
Circulaciones: de 55 a 60 cm	Circulaciones: 45 a 50 cm
Mobiliario: variable	Área de trabajo: 95 cm Mobiliario: variable

Función: Aseo de personas	Función: Aseo de ropa y de casa
	
Espacios arquitectónicos	Espacios arquitectónicos
Baño	Patio de servicios
Sanitario	Cuarto de lavado
	Área de planchado
Circulaciones: de 60 a 70 cm	Circulaciones: de 55 a 60 cm
Mobiliario: variable	Área de trabajo lavar: 40-46 cm Área de trabajo planchar: 80 cm Mobiliario: variable

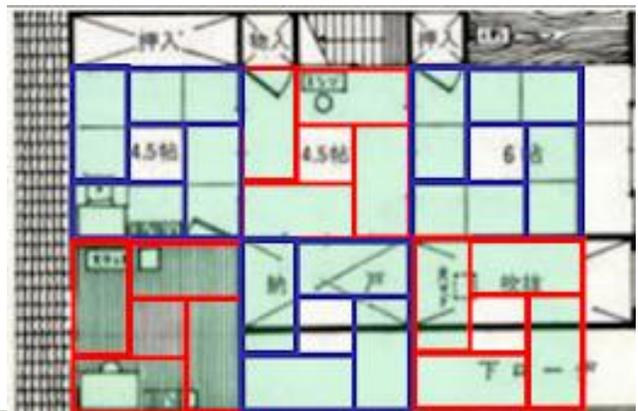
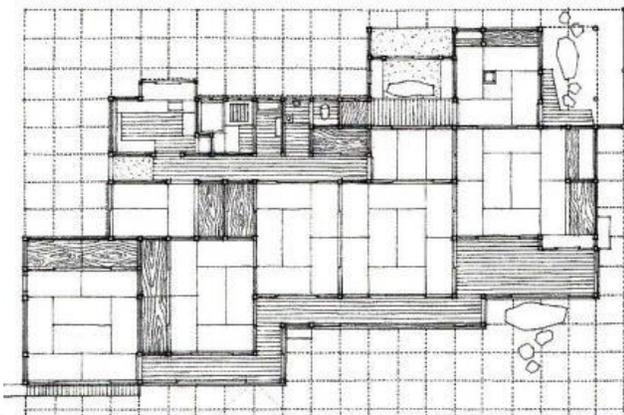
2. LOS SISTEMAS CONSTRUCTIVOS CON ELEMENTOS MODULARES PREFABRICADOS

2.1. La implementación de sistemas modulares en la construcción a partir del siglo XX

Las técnicas de construcción prefabricada y modular no representan una novedad en el ámbito de la arquitectura, pues a lo largo de la historia se han desarrollado diversas técnicas que implican ya sea la modulación de elementos contruidos o la prefabricación a través de elementos estandarizados. La modulación se ve reflejada desde la fabricación del tabique o adobe en las antiguas construcción, no obstante la modulación también se observa en las proporciones de medida usadas en la construcción, como claro ejemplo esta la antigua arquitectura griega.

Otro ejemplo se observa en las construcciones japonesas, donde utilizan los llamados biombos o tatami japonés para delimitar los espacios, es este caso se puede decir que utilizan tanto la modulación para lograr flexibilidad en la distribución interna de los espacios. Sin embargo la flexibilidad implementada mediante elementos prefabricados es más reciente, que se da a partir de la tecnología desarrollada en la revolución industrial.

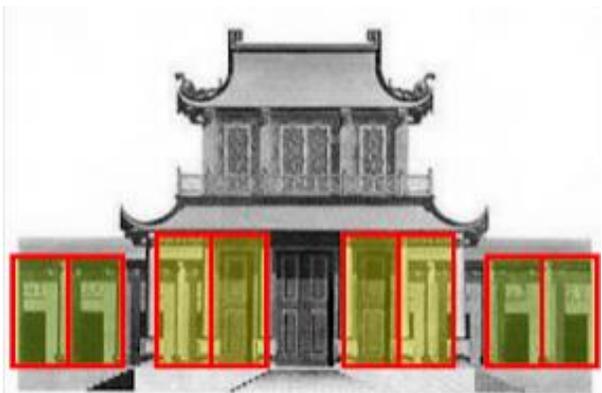
Además de la modulación la arquitectura japonesa también aplican la flexibilidad de los espacios en su interior el espacio puede conformarse y modificarse por los paneles móviles que dan respuesta tanto a las configuraciones familiares como a las diferentes necesidades que surgen en la dinámica familiar, al ofrecer esta conformación dinámica de los espacios arquitectónicos logra optimizar recursos y crear espacios adaptables.



F.A.A.D.U. – U.M.S.A EDIFICACIONES 3

2.1.1. Principales aportes e innovaciones en la flexibilidad y modulación del siglo XX

A pesar de la implementación de elementos modulares desde tiempos remotos, la flexibilidad se detecta como necesidad a principios del siglo XX, expresada en una libertad de elección y en la multiplicidad de opciones para el espacio habitables, a partir de este cambio en la forma de diseñar el espacio surgen diversas propuestas en relación a la modulación y prefabricación en la construcción. Precisamente la construcción en seco o sistema constructivo abierto es lo que da pauta a una construcción modificable, por lo tanto flexible. El potencial que se le ve a estos sistemas constructivos con elementos prefabricados es la construcción en masa, para dar respuesta a la necesidad de vivienda que se suscitó en esas fechas, después de un periodo de guerras. Sin embargo la construcción en masa demandaba una considerable cantidad de materiales de construcción, que para ese entonces los prototipos de vivienda con sistema constructivo en seco se proponía básicamente de acero, concreto y aluminio.



2.1.2. Recientes proyectos que aplican el concepto de flexibilidad

Actualmente la construcción prefabricada flexible sigue tres vertientes básicamente, por un lado se utiliza en construcciones de grandes edificios que permite un ahorro considerable en tiempo y por consiguiente en mano de obra.

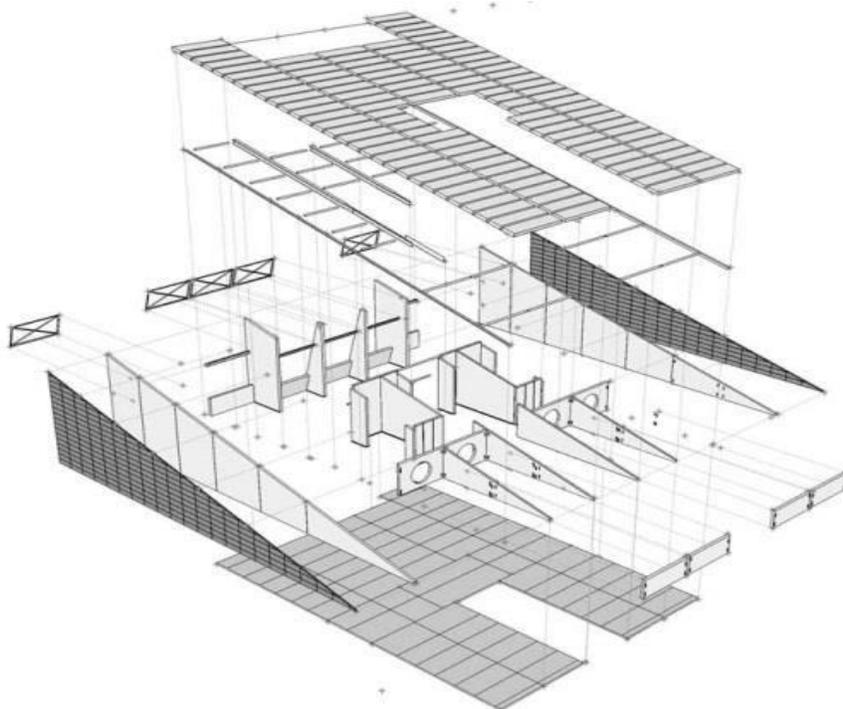
La primera vertiente enfocada a grandes construcción que por lo general no necesariamente son de uso habitacional, utilizan regularmente materiales altamente industrializados, como lo son el concreto y el acero. La construcción prefabricada modular ha tenido mucha influencia en edificios de gran tamaño, pues permite ahorrar tiempo de construcción, sin embargo a nivel residencial no es muy común el uso de sistemas constructivos prefabricados.



Los contenedores como elementos modulares posibilitan la flexibilidad en la construcción, se puede tener una vivienda muy reducida con un solo contenedor, sin embargo es posible agregar otros módulos y agrandar una vivienda como se desee ya que estos elementos se pueden considerar células constructivas completas, que se modifican individualmente de acuerdo al diseño que se plantee.

Otra vertiente donde ha tenido el desarrollo de las variables flexibilidad y modulación es mediante la reutilización de desechos para fabricar elementos constructivos, a partir de los residuos muy comunes que hay en grandes cantidades, se busca generar nuevos materiales, ya sea en paneles o en piezas pequeñas ensamblables. Con lo que se intenta concientizar a la población sobre el mal uso de los recursos naturales, hay dos posturas y estudios muy recientes: “estructuras adaptables”

de Ricardo Franco, y “naturalezas artificiales” de Luis de Garrido, que plantean de manera muy clara los términos de flexibilidad en la arquitectura, para lograr espacio dinámicos que respondan a las necesidades de la sociedad actual, y han desarrollado proyectos interesantes en la evolución de los sistemas constructivo, la arquitectura adaptable se oriente básicamente a la movilidad de los elementos constructivos a través de mecanismos y articulaciones de diversos tipos que permiten dinamizar el espacio constantemente, estos mecanismos resultan muy acertados para su aplicación en viviendas mínimas, pues se optimiza el espacio al máximo.



2.2. Sistemas constructivos en seco y sus elementos

Un sistema es un conjunto de elementos heterogéneos en diferentes escalas, los cuales están relacionados entre sí, con una organización interna que se adapta a la complejidad del contexto. En el caso de la construcción los sistemas suelen estar constituidos por unidades, éstas, por elementos, y éstos, a su vez, se construyen a partir de unos determinados materiales.

Un sistema constructivo está integrado por un conjunto de elementos con diferentes funciones en la conformación de una envolvente arquitectónica. “Es el conjunto de elementos y unidades de un edificio que forma una organización funcional con una misión constructiva común sea ésta de sostén (estructura) de definición y protección de espacios habitables (cerramientos) de obtención de confort (acondicionamiento) o de expresión de imagen y aspecto (decoración). Es decir, el sistema como conjunto articulado, más que el sistema como método



Componentes verticales y horizontales de un sistema constructivo

El diseño y la disposición de los elementos de un sistema, deben cumplir con tres características fundamentales que son:

- Seguridad

- Funcionalidad
- Durabilidad

La seguridad.- comprende la capacidad de las construcciones para soportar las acciones de la intemperie (lluvia, viento, sismos, etc.), las cargas a las que se somete la estructura, así como su mismo peso y resistencia al fuego. Esta parte es la más importante siendo que una vivienda tiene como función principal resguardar al ser humano de la intemperie.

La funcionalidad.- se refiere a las condiciones de habitabilidad dentro de una vivienda. En esta parte se contemplan condiciones estables y adecuadas con respecto a la temperatura, humedad, acústica, iluminación, ventilación y calidad de aire lo que garantiza espacios confortables dentro de una vivienda.

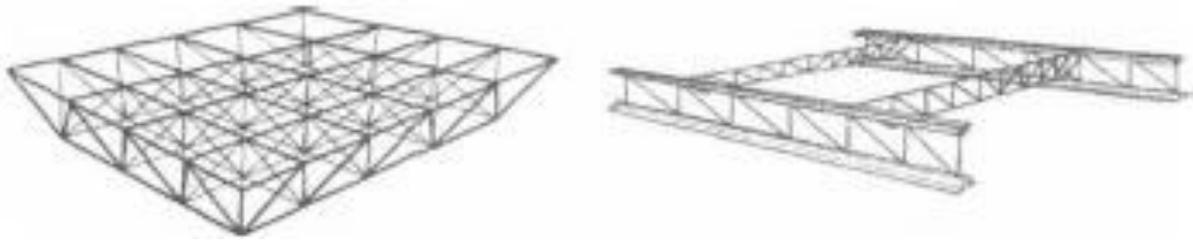
La durabilidad.- se refiere a materiales que tengan una larga duración de manera que no implique mucho mantenimiento y pueda garantizar permanencia.

2.2.1. Resistencia

Los elementos estructurales deben de cumplir con las características de resistencia para dar estabilidad suficiente a una edificación lo que se define como mantener el equilibrio de los elementos, en términos estructurales se expresa como mantener el equilibrio de rotación y de traslación los diversos sistemas estructurales que funcionan de diferente manera y cuyos componentes también difieren en cuanto a forma y unión de los elementos.

Como primer sistema están las estructuras armadas que “son ensambles de tirantes (que trabajan en tensión) y puntales (que trabajan en compresión) configurados en triángulos con juntas articuladas, de manera que todas las fuerzas internas sean axiales (en compresión directa o tensión sin flexión o cortante).

Esta categoría general de estructuras triangulares incluye cables, armaduras, marcos tridimensionales y geodésicos. La forma triangular, además de la estabilidad que le brinda a los elementos estructurales permite una mayor versatilidad en cuanto a la propuesta de formas de una envolvente además se logran claros más grandes.



Sistema de marco tridimensional y Sistema de armadura con conexión horizontal

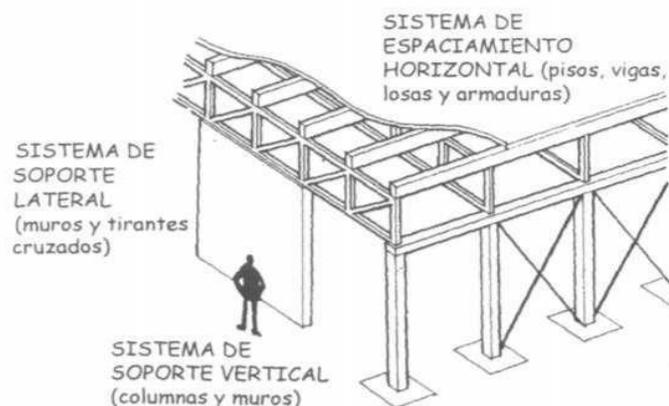
Otro sistema estructural es a través de marcos. “Los sistemas de marcos estructurales transfieren cargas al suelo a través de sus elementos horizontales y elementos verticales que son resistentes a la flexión y al pandeo como resultado de sus momentos de reacción internos” (Moore, 2000: 65). Los elementos verticales son las columnas y muros de carga, mientras que los horizontales son las trabes y las losas. Moore (2000) define cada elemento constructivo de la siguiente manera:

Columna: es un elemento estructural lineal (comúnmente vertical) que está sometido a esfuerzos de compresión a lo largo de su eje.

Muro de Carga: es un elemento de compresión que distribuye continuamente cargas verticales en una dirección, las cuales se propagan de manera gradual a los cimientos.

Viga: es un elemento estructural lineal al que se le aplican cargas perpendiculares a lo largo de su eje; a tales cargas se les conoce como carga de flexión.

Losa: es un componente de flexión que distribuye la carga horizontalmente en una o más direcciones dentro de un solo plano.



2.2.2. Funcionalidad

La funcionalidad de una envolvente constructiva se da mediante varios factores, entre ellos está el diseño arquitectónico, donde se definen las distribuciones que darán pauta a una óptima solución funcional. Sin embargo en términos constructivos, los elementos de cerramiento interfieren para cumplir ésta parte. Los componentes que se pueden considerar son básicamente para cubrir las funciones mediante tres tipos de elementos: muros o elementos divisorios, vanos para puerta y para ventanas, esto en cuanto

Los elementos constructivos utilizados para cumplir con estas funciones pueden ser desde elementos pequeños (blocks, tabique) o paneles, que constituyen elementos de mayores dimensiones. Actualmente existen en el mercado oferta de paneles muy variados, que cumplen funciones diferentes de acuerdo a sus características. Tanto en piezas pequeñas como placas o paneles de mayor tamaño existen una gran variedad de sistemas que permiten la flexibilidad.

Para que un sistema constructivo pueda responder a los requerimientos de flexibilidad Franco (2006), varias condiciones: transformabilidad, de manera plegable o tener la posibilidad de presentar variaciones en su forma; transportabilidad, que el sistema pueda ser transportado de manera fácil, lo cual

se relaciona con la siguiente condición; Livianidad. Minimalización, se refiere al empleo de las mínimas cantidades de energía (material, fuerza, tiempo). Y por último Modulación, lo cual implica que el sistema pueda ser construido de una manera sistemática y rápida a partir de elementos estandarizados. De acuerdo a Franco y Torres (2006) existen tres tipos de sistemas estructurales móviles:

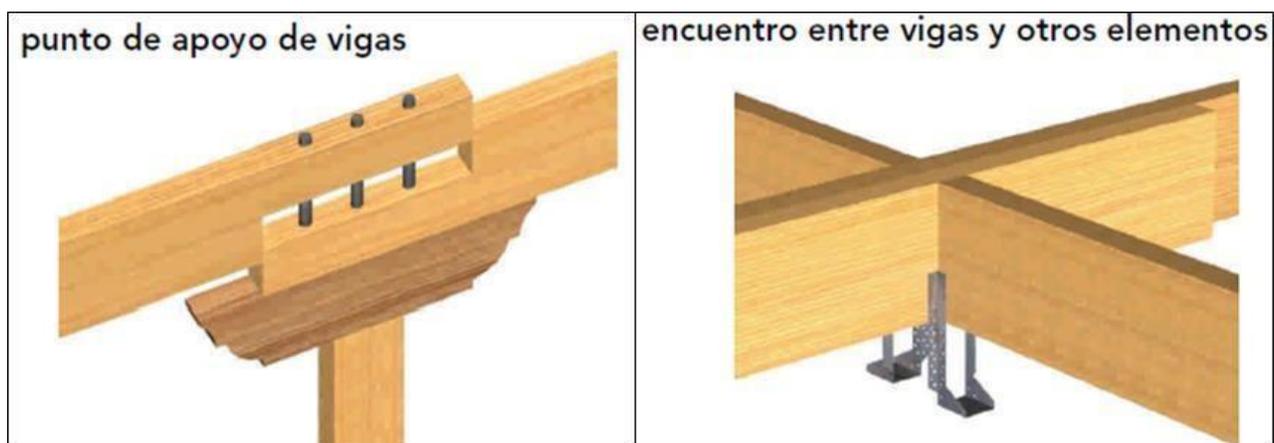
- **Paneles móviles:** lo constituyen sistemas compuestos por paneles portantes, los cuales obtienen su movilidad a partir del deslizamiento de sus elementos sobre elementos guías, como por ejemplo rieles.

- **Sistemas izados de membranas:** están constituidos por membranas sujetas a mecanismos de polea y cables. El sistema requiere de estructuras rígidas que soporten los componentes móviles.
- **Sistemas articulados:** Compuestos básicamente por barras o elementos rígidos y articulaciones, son estructuras livianas que permiten crear un sinnúmero de propuestas espaciales. Posibilitan la creación de estructuras que cumplan con todas las condiciones de flexibilidad o adaptabilidad.

2.3. Fijaciones, conexiones y ensambles en elementos modulares

Al unir dos o más elementos constructivos en diferentes planos se generan nudos o uniones, que pueden acoplarse con elementos de fijación ya sea del mismo material o diferente. Los elementos de fijación mayormente utilizados son de acero, por la gran resistencia que se puede lograr al utilizar piezas metálicas pequeñas para unir elementos constructivos que pueden ser de acero, madera, concreto o de cualquier otro material.

Las uniones realizadas in-situ pueden ser secas o húmedas. "Uniones secas son por sistemas de atornillado, soldado o uniones adhesivas (se pueden poner en carga tras su ejecución o al poco tiempo); uniones húmedas: por hormigonado o unión de pasta o morteros (hay que esperar hasta que el material se fragüe antes de la puesta en carga). Las uniones en seco a diferencia de las uniones húmedas tienen más posibilidades de recuperar los elementos una vez terminada la vida útil de algún elemento constructivo.



2.4. Análisis de sistemas constructivos en seco con uso de elementos modulares

Para una mayor comprensión del funcionamiento y aplicación de los componentes de un sistema constructivo en seco descrito anteriormente, se analizan algunos sistemas que aplican estos conceptos, algunos de ellos incluyen elementos a base de materiales reciclados. En cuanto a la forma que puede adoptar los elementos modulares son de tres tipos: lineales, superficiales y tridimensionales. Las formas lineales tienen su aplicación principalmente en elementos estructurales, los superficiales cubren la función de relleno de planos que pueden ser divisorios, de entrepiso o de envolventes, mientras que los sistemas tridimensionales son elementos prefabricados terminados, es decir una célula habitacional.

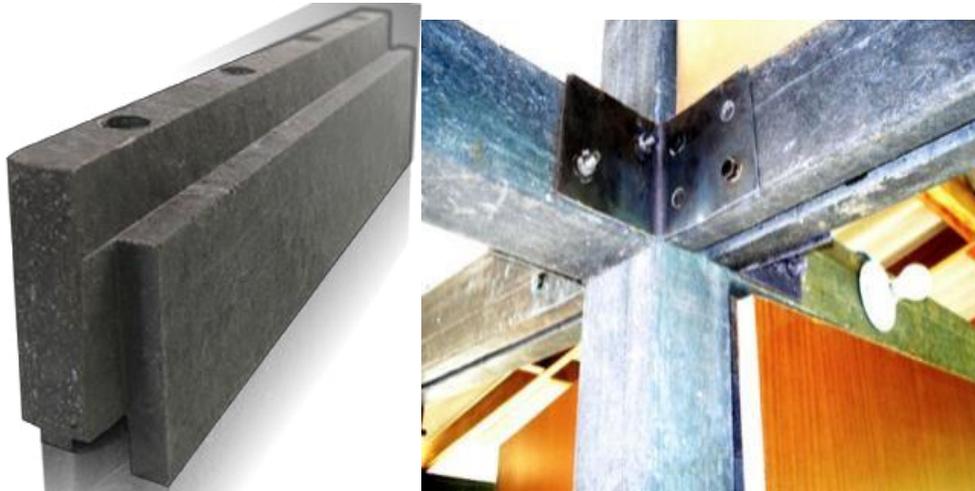
SISTEMA TIPO LEGO:

Está conformado por piezas pequeñas de la misma forma y medida que se van ensamblando de tal modo que se configuran un muro. Para fabricar éste tipo de elementos, el plástico reciclado ha sido una excelente opción. Permite usar como materia prima los desechos de plástico y de esa manera reducir los efectos negativos de éste material en el ambiente.

Se analizan dos sistemas constructivos con estas características, el sistema Brickarp y el sistema a base de tabiques de plástico reciclado, ambos sistemas siguen el mismo principio, cada elemento se tiene un hueco y una saliente.

- Sistema Brickarp

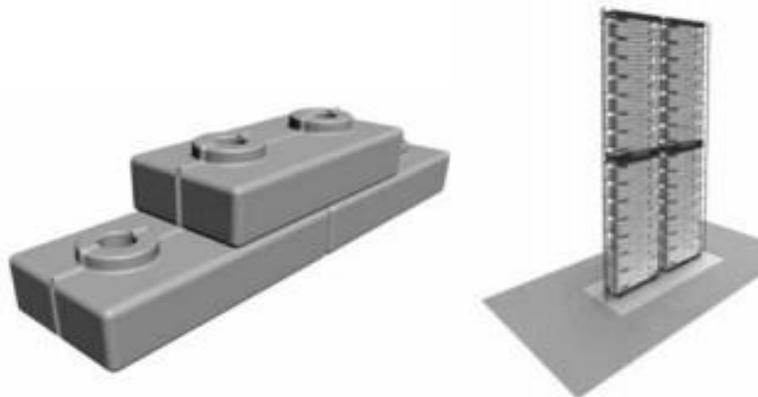
Se integra de bloques de plástico compacto fundido en una sola pieza, los módulos son de forma rectangular alargado, de cada elemento sobresale una franja que se inserta en otro elemento igual pero del lado opuesto, para las instalaciones los elementos tiene 4 perforaciones que con la función de coincidir cuando los elementos estén traslapados. Los elementos estructurales que integran este sistema están fabricados del mismo material, tienen ranuras longitudinales que permite la inserción de los módulos y se unen mediante con conectores metálicos.



Elementos de sistema Brickarp

Tabiques de plástico reciclado.

Los elementos que integran este sistema tienen forma muy similar a un tabique de barro, están fabricados de plástico, son hueco, lo que los hace más ligeros y la forma de ensamble en mediante dos saliente cilíndricas huecas por pieza que se ensambla con otras y a la vez permiten la conexión de instalaciones. Los elementos estructurales que utilizan son concreto armado y perfiles de acero a cada determinado número de hiladas del material, para mantener fijos los elementos.



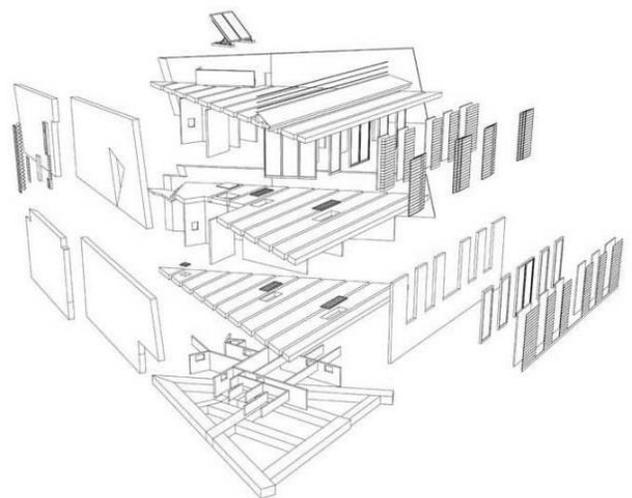
Tabiques de plástico reciclado



Vivienda construida con sistema constructivo Brickarp

- Sistemas tipo mecano

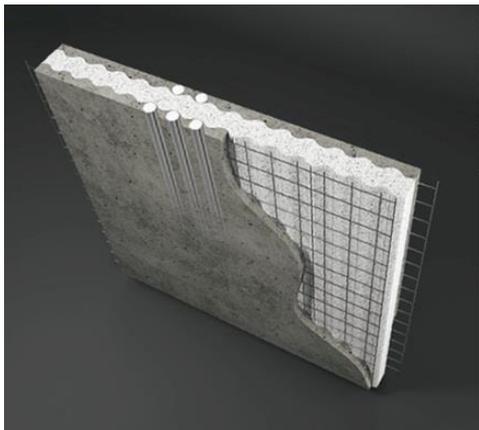
En este tipo de sistemas modulares prefabricados se caracterizan por tener varios tipos de componentes de diferentes tamaños, con usos específicos en la construcción de una cedula habitacional, que pueden ser o no reconfigurables a modo de ser aptos para configurar diferentes formas de la envolvente de un espacio.



La peculiaridad de este tipo de sistemas es que funcionan como si fuera un rompecabezas. Se tienen varias piezas que ocupan un lugar específico para su armado. Este tipo de diseño requiere una ardua labor de desglose de componentes que integran la construcción. Es una manera menos estandarizada de construir en seco porque comprende un despiece amplio, dependiendo la complejidad del sistema.

- Sistema a base de paneles

Los paneles son elementos prefabricados con medidas estandarizadas, por lo general de 1.22 x 2.44 m. ofrecen una forma de cubrir una superficie en poco tiempo con medidas exactas. Dependiendo el tipo de panel, puede utilizarse tanto para elementos verticales como horizontales. Al analizar la composición de los paneles, tanto de construcción en seco como de construcción húmeda algunos de ellos presentan similitudes. Los paneles tienden a ser elementos muy ligeros y están compuestos de un material aislante, por lo que tiene a estructurarse en forma de sándwich, donde el interior suele ser un material ligero y aislador (polietileno, fibra de vidrio). Los paneles más comunes en la construcción son el Durock, panel W y Tablaroca. Sin embargo no todos son sistemas en seco. Los primeros dos Durock y panel W son a base de concreto y malla de acero y no es posible su recuperación



3. Materiales alternativos con posibilidad de uso en elementos modulares prefabricados

Las técnicas constructivas han tenido diversas transformaciones a lo largo de la historia, entre las más significativas están el reemplazo de los materiales tradicionales obtenido del entorno inmediato, con la mínima transformación y procesamiento; por materiales de índole industrial, cuyos procesos de transformación de la materia prima implican un derroche energético y altas emisiones contaminantes. Los cuales reemplazaron el uso del adobe que era muy común apenas en el siglo pasado.

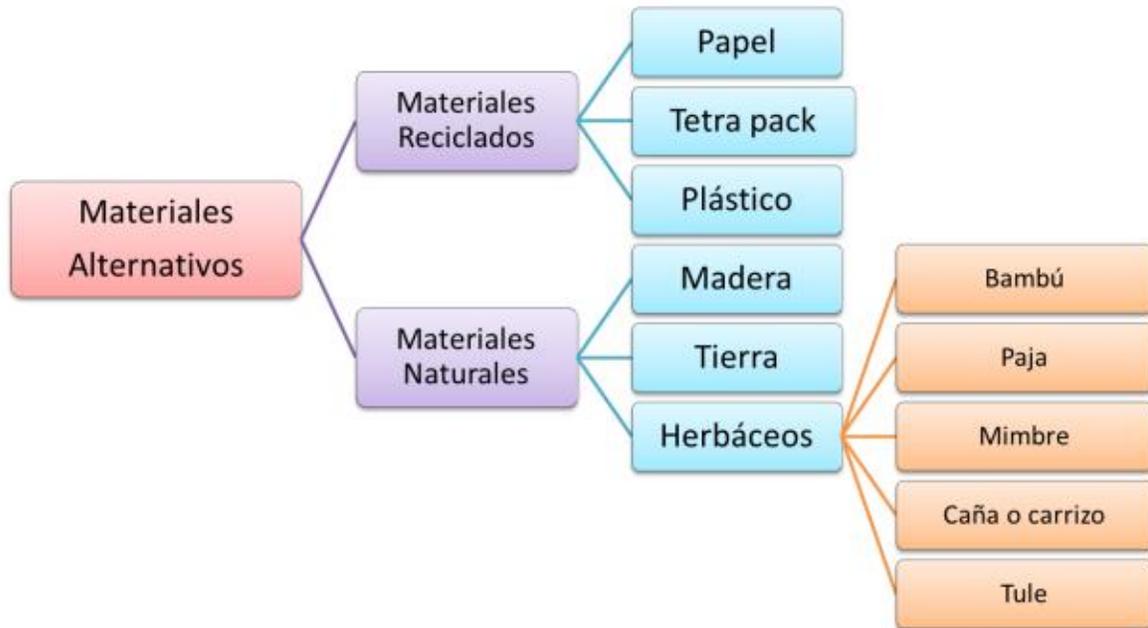
Por el otro lado la contaminación a causa de los residuos es muy evidente en las ciudades, como producto de una sociedad consumista y con poca cultura del reciclaje. Ante esta situación ambiental donde los residuos abundan y los recursos naturales van en decadencia, se buscan alternativas en cuanto al uso de materiales que puedan implementar un equilibrio, al considerar lo que ahora es basura como materia prima para nuevos productos y materiales, lo que Hebel, Wisniewska y Heisel denominan como la mina urbana, que plantea una valoración y utilización de los desechos urbanos para diversos fines.

Todo esto denota una preocupación en el ámbito de la arquitectura por buscar alternativas en cuanto al uso de materiales y sobre todo en la forma de construir, esto ha dado pauta al desarrollo de una gran cantidad de proyectos arquitectónicos y sistemas constructivos abiertos, donde la prioridad es recuperar elementos de desecho como material constructivo.

3.1. Definición y clasificación de los materiales alternativos

El término materiales alternativos implica una opción de materiales constructivos diferente a la convencional utilizados en la construcción de vivienda, que se observa en el entorno construido, esto son el concreto, acero, block y tabique principalmente. King considera que una de las razones del poco uso de materiales alternativos es la falta de información y experimentación al respecto, que a pesar de ser materiales de uso ancestral, pueden carecer de estudios ingenieriles que limite su uso «Habiendo aprendido a trabajar casi exclusivamente con los »grandes cuatro« materiales muchos ingeniero son muy cauteloso o renuentes a trabajar con materiales de los que nunca han leído en libros», sin embargo hoy en día es posible encontrar diversos estudios acerca de materiales naturales de uso ancestral y sus propiedades térmicas y mecánicas principalmente, de materiales como la tierra, el bambú, la paja, inclusive algunos otros producto del reciclaje.

La posible aplicación de estos materiales se analiza en función a tres formas que pueden tener los elementos prefabricados en la construcción modular, pueden ser lineales, superficiales o volumétricos, sin embargo, solo se consideran los primeros dos, puesto que los elementos volumétricos pueden ser conformados con elementos superficiales que tengan eficientes formas de unión y conexiones.



3.2. Materiales producto del reciclaje

Lo cual ha resultado en propuestas muy interesantes de material con diversos usos en la construcción, donde la obtención de los recursos no es necesariamente excavar en la corteza terrestre, sino que se obtiene de la misma ciudad, en relación a esto surge el concepto «urban mining» que «describe el potencial para entender nuestras ciudades como almacén de recurso, de los cuales se pueden tomar con el fin de recuperar los materiales para la producción de nuevos bienes, entre ellos la propia ciudad. La tendencia que siguen estos autores está encaminada en ver la basura como un recurso, «la ciudad del futuro no hace distinción entre basura y recurso». Los primeros tres se refieren al reciclaje y reusó de los recursos. En los siguientes párrafos se describen esos tres tipos de procesos.

- **Material de basura densificada**

En este proceso lo principal es reducir el volumen de la basura a través de la compactación, éste puede ser mediante la colocación del material de desecho en moldes y comprimirlo; o bien comprimir el material suelto para obtener uniformes pellets altamente densos. En cualquiera de las dos formas el material permanece inmodificable en su composición química, y mientras no sean mezclados con algún otro elemento o substancia, pueden ser nuevamente reciclados. 88 Los materiales de basura densificada pueden tener propiedades como aislamiento térmico, acústico, y en la medida del grado de compactación pueden tener buena resistencia al fuego. El papel y la paja por ejemplo muestra alto potencial de resistencia al fuego en forma comprimida, sin embargo, este tipo de materiales deben tener buena protección contra la humedad.

- **Material de basura reconfigurada**

Comprende todos los productos donde los componentes de la basura en bruto han sufrido cambios antes de ser procesados en un nuevo elemento constructivo. Cortar en tiras, romper, aserrar o moler son unas de las formas de aplicar la fuerza mecánica para cambiar la original configuración del material de la basura. Los resultantes: pellets, pequeños trozos, tiras, fibras, etc. Después siguen otros procesos, donde usualmente se mezclan con otros componentes como adhesivos orgánicos, inorgánicos o minerales y se presionan en un molde de cualquier forma y tamaño. En términos estructurales los materiales de basura reconfigurada pueden estar limitados. Por tanto, para su uso se opta por mezclarlos con diferentes materiales (pueden ser de desecho o no) para crear nuevos productos que forman parte de un proceso cíclico, sin embargo, este uso se hace teniendo especial cuidado ingenieril de la cantidad de material reciclado permitida.

- **Material de basura transformada**

La transformación implica una alteración del estado material por la incorporación de otros materiales o formas de energía utilizada. Este proceso representa la conversión de la basura en un nuevo estado de existencia en diferente manera, composición, forma y función a través de la pérdida completa de la estructura organizacional del material. Los materiales que se analizan en esta clasificación pueden ser utilizados en las diferentes formas antes descritas. Así mismo la selección de materiales se analizan en relación a su aplicación en materiales constructivos. Se describen las 89 diferentes formas de utilización que han tenido lugar los diferentes desechos. De este modo se puede tener

definir su forma de utilización en elementos modulares, al tomar en cuenta sus características y propiedades. En este ámbito se consideran tres tipos de materiales: celulosa de papel, polímeros y envases de tetra pack.

3.2.1. Celulosa de papel

El papel y cartón reciclados puede ser utilizado de diferente manera, se ha comprobado su versatilidad al ser utilizado como materia prima de varios elementos y sistemas constructivos. El papel cuando se convierte en desecho tienen una amplia posibilidad de usos para ser reciclado o reusado en material constructivo gracias a la celulosa como componente principal proveniente de la madera. En cuanto al proceso del material de basura densificada, descrito anteriormente, una aplicación en este sentido es las balas de cartón, que pueden ser equiparables a las balas de paja. Una aplicación de este material es en los ladrillos de papel comprimido que se observan en la imagen 3.4 en el que se usó «papel y cartón para producir ladrillos añadiendo nada más que agua, presionando y dejando que se sequen» . En relación a la utilización del papel humidificado a manera de masa, un material de desecho muy similar es el lodo de celulosa que se puede obtener de las aguas servidas que generan las fábricas de papel «un lodo compuesto básicamente por materiales celulósicos, arcillas, materiales húmicos, productos químicos de la coagulación y microorganismos» del cual se han estudiado sus propiedades y resulta una buena opción para su aplicación como material en falsos plafones. Otro ejemplo en cuanto al reciclaje del papel es un uso muy peculiar asemejando un troco de un árbol, en el proceso «el desperdicio de papel se empapa con pegamento y envoltorio largo de un eje lineal en un movimiento radial. Formando sucesivamente un rollo de capas de papel que recuerda a un árbol de largo. Cuando se corta un tronco las capas recuerdan a los anillos de crecimiento anual del árbol» , esto da lugar a un material denominado newspaperwood , que alcanza gran resistencia y se puede manipular tal como se hace con la madera , además si se sella puede ser incluso un material impermeable.



Entre las múltiples posibilidades que brinda el papel y cartón en la fabricación de materiales de construcción su aplicación también ha sido aprovechada en elementos que a base de concreto, generando lo que se denomina papelcreto. Para mejorar sus propiedades y lograr una cohesión entre los componentes del papel es necesaria la adición de algún material aglutinante, que pueda mejorar sus propiedades y lograr mejor resultado en su aplicación como elementos constructivos. Para la aplicación de papel triturado en un muro constructivo «Se elaboró una mezcla de agua-baba de choya-sal del orden de 4 litros de agua, uno de baba y 5 gramos de sal de cocina. Esta mezcla se decanta en un recipiente junto con el papel y cartón para empaparlos». Otros elementos utilizados para mejorar la adición del papel es el engrudo, «la adición de una pasta de almidón de trigo orgánico a la pulpa antes de pulsar, aumenta significativamente la resistencia a la compresión del producto» .

3.2.2. Polímeros

Los plásticos, por su composición y su origen derivado del petróleo y por tanto de una materia prima agotable, son un residuo de alto valor, relativamente fácil de recuperar y abundante, precisamente la abundancia de este material es consecuencia de su bajo costo de producción y su utilización en productos de empaque desechable.

Actualmente el uso del plástico como elementos modulares se da a través de pequeños blocks tipo lego que pueden ser huecos o macizos, que se les da forma mediante la fundición de la materia prima.



3.2.3. Envases de Tetrapack

Actualmente se han encontrado diversas alternativas de procesar estos desechos para ser utilizados como material de construcción. En algunos procesos se ha optado por separar las múltiples capas del material. Otros procesos más sencillos se basan en el triturado del material y con el material obtenido mediante la compresión y uso de algún aglutinante se pueden obtener placas que pueden ser utilizadas como techumbres, o bien como paneles. La ventaja de este sistema es que se aprovecha en su totalidad los elementos de desecho.

Estos elementos de desecho también se pueden utilizar como pequeñas láminas, es decir sin necesidad de transformar el envase de Tetra pack, simplemente se puede desdoblar y de este modo aplicarlo pieza por pieza para el relleno de una superficie, con elementos de sujeción que asegure su estabilidad. Sin embargo, es importante buscar alternativas seguras, donde el material utilizado ofrezca posibilidades de un uso resistente y duradero. Con el proceso de basura compactada es posible obtener materiales de buena calidad complementados con otros elementos rígidos como puede ser la madera.

3.3. Materiales de origen natural

En la búsqueda por utilizar materiales más amigables con el medio ambiente, en épocas recientes se han desarrollado diversos sistemas constructivos que retoman nuevamente los materiales de origen natural, utilizados en sistemas constructivos ancestrales. En esta nueva visión se ha detectado gran potencial al uso de las fibras naturales o materiales herbáceos, que ofrecen varias ventajas en la construcción, como un buen aislamiento térmico, ligereza y rápido crecimiento. Los materiales naturales más comunes en el uso de la construcción son la madera y la tierra, sin

embargo, existen los materiales herbáceos que se obtienen de pastos o hierbas muy abundantes en la naturaleza. “Los materiales de origen vegetal representan una alternativa a los resultantes de métodos de fabricación más complejos”. Estos materiales se utilizan como elementos de refuerzo en técnicas constructivas a base de tierra, como el bajareque o el adobe. Sin embargo, también pueden ser utilizados de manera independiente. La forma de utilización de estos materiales en elementos constructivos ofrece diversas posibilidades de uso.

3.3.1. Madera

La madera para su uso en la construcción se puede obtener de una gran variedad de especies una materia natural renovable, para su uso responsable es necesario un estricto control forestal en su obtención. Entre sus desventajas está el proceso de lento crecimiento que requiere un árbol para ser utilizado en la construcción. Además «se puede encontrar en gran variedad de formas comerciales», lo que amplía las posibilidades de su uso en elementos modulares.

- **Tableros macizos:** Pueden estar formados por una o varias piezas rectangulares encoladas por sus cantos.
- **Chapas y láminas:** Formadas por planchas rectangulares de poco espesor.
- **Listones y tableros:** Que son prismas rectos, de sección cuadrado o rectangular, y gran longitud.
- **Molduras o perfiles:** Obtenidos a partir de listones a los que se les da una determinada sección.
- **Redondos:** Que son cilindros de maderas generalmente muy largos.
- **Tableros contrachapados:** Son piezas planas y finas que pueden trabajarse bien con herramientas manuales, como la segueta. Están formados por láminas superpuestas perpendiculares entre sí.



Es un material muy estético que se usa como acabado final en edificaciones. Para el óptimo uso de la madera es importante considerar algunos factores como el nivel de humedad, que no exceda de 20%. La desventaja de la madera al ser un recurso de tardado crecimiento implica la limitación de su uso, sin embargo, puede utilizarse como elementos auxiliares en la estructura, se puede complementar con algún otro material de los que aquí se describen, para que su uso no implique un alto impacto. Un método constructivo que aplica la técnica del ensamble, sin embargo, la cantidad de madera que se necesita para una construcción de ese tipo es exuberante.

3.3.2. Tierra

La tierra es de los materiales más arcaicos utilizados en la construcción que ofrece diversas ventajas, sin embargo, debido a la industrialización que dio lugar a la introducción de materiales modernos en la construcción en el siglo décadas se había vuelto obsoleta, pero hoy en día se busca la reinserción de esta técnica en la construcción. Entre los inconvenientes que presenta la tierra como material constructivo esta su baja resistencia mecánica, pues de acuerdo a Aguilar presenta una resistencia a la compresión de entre 10 y 19 kg/cm² y a la tensión es de 2.6 kg/cm², por lo que requiere de muros amplios para resistir las cargas de los niveles posteriores y la cubierta. La selección de la tierra adecuada es de suma importancia para su buen funcionamiento en elementos constructivos. El olor a moho en la tierra indica que es tierra vegetal, por tanto no es apta para construir.

Para determinar si la composición y el comportamiento en elementos constructivos de la tierra selecta es el adecuado es necesario realizar algunas pruebas con las que se obtendrán las

características de la misma. «Cuando se ha llevado a cabo ensayos con la tierra que se pretende utilizar para construir y sus características no resultan apropiadas entonces es posible emprender acciones para su mejoramiento a través de lo que se conoce como procesos de estabilización». La estabilización de la tierra implica la adición de materiales externos que pueden ayudar significativamente las propiedades de la tierra. En el primer tipo se busca mejorar la tierra añadiendo otro tipo de tierra de diferentes proporciones en cuanto a contenido de limos, arcillas y arena, de este modo se logra un equilibrio y por consiguiente mejores propiedades de la tierra.

Los procesos heterogéneos consisten en agregar componentes ajenos a la tierra. La cal es considerada como mejor estabilizante, sin embargo, existen otros elementos que también ayudan a una mejor consolidación. Para esta función las fibras son los elementos adecuados. La paja es una de las fibras más utilizadas en técnicas constructivas a base de tierra.

Existen varias técnicas constructivas que utilizan la tierra como materia prima, las cuales varían en cuanto a la dimensiones y características de los muros y elementos donde se utiliza. En este estudio se identifican 5 técnicas constructivas que utilizan tierra.

- **Adobe:** ladrillo crudo que consiste en una mezcla de tierra y paja, u otro material vegetal, moldeado en una horma de madera, generalmente 10x20x5 cm rectangular, que se deja secar al sol entre una y tres semanas.
- **Bajareque:** Pared de cañas, madera y tierra. es un esqueleto armado utilizando carrizos, cañas o varas flexibles que forman una red tridimensional trenzada y amarrada a postes de madera clavados en el suelo, a cuyas superficies se agrega lodo, similar al que se utiliza para fabricar adobe, en capas de 3 a 6 cm de espesor por ambas caras.
- **Cob:** la preparación de la mezcla es similar a la del adobe, la diferencia es que en esta técnica los muros se construyen con el material húmedo y se van moldeando, finalmente se seca en conjunto toda la envolvente.
- **Tapial:** tierra batida en la cual se comprime la tierra con un instrumento de madera y un molde de tamaño de la pared que se desea construir capa tras capa.
- **Arcilla Aligerada:** constituido principalmente de fibra natural, comúnmente paja o trocitos de madera, que ha sido cubierto con arcilla líquida y empacada de manera que forme un muro, block o panel.

3.3.3. Bambú

El bambú es un tipo de caña que alcanza grandes dimensiones en poco tiempo, lo que lo hace un material muy eficiente y alternativo a la madera, después de algunos años se convierte en una estructura tan dura como la madera, pero más ligera y flexible es de crecimiento significativamente más rápido que los árboles para la obtención de madera, Este pasto gigante puede alcanzar altura de 60 a 150 pies en pocos meses y alcanzar su madurez en 3 o 6 años. Además, al cortar la caña de bambú, ésta vuelve a crecer sin necesidad de plantarla nuevamente. Existen una gran variedad de especies de bambú en la mayor parte del mundo, con diferentes características en cuanto a altura y diámetro, es una especie muy abundante en la naturaleza que tiene la posibilidad de producirse en la mayor parte del planeta. El bambú es utilizado para diversos fines, desde pequeños elementos artesanales de uso doméstico hasta la fabricación de una casa completa.



Entre sus propiedades de resistencia mecánica, se ha comprobado que “El Bambú es una fibra extremadamente fuerte (dos veces las fuerzas de compresión del concreto y aproximadamente la misma proporción de resistencia a la compresión que el acero”, hay varios aspectos a considerar al utilizar el bambú como elemento constructivo para prolongar su durabilidad. Es importante eliminar la humedad, así como tratamientos para evitar plagas.

	Usos de acuerdo a la sección de la planta	Descripción	Altura	Longitud
Guía	Regresa a la tierra como materia orgánica	Parte ultima de la planta	20 m	1.20-2 m
Vara	En estructuras amarradas para techos, y guías para cultivo transitorio	Parte del tallo con la sección más pequeña	18 m	3 m
copa	En estructuras como techos purlings, scaffolding, columnas estructurales para casas verdes	Por su diámetro está es la parte más vendibles de lo más alto del tallo	15 m	4 m
Parte baja	Elaboración de tablones, delgadas columnas y vigas	Parte del tallo más usada por su diámetro	11 m	8 m
Rizoma	Esculturas, muebles y juguetes para niños	Trama profunda del tallo	2 m	2 m
Usos de acuerdo a la edad	30 días Como comida	1 año En trabajos de canastas	2 años tablones, tiras, listones	3-4 años Estructura civil, techos, laminados

3.3.4. Cañas o Carrizo

La caña es familia del Bambú, aunque tiene un diámetro menor también es considerada una de las gramíneas más grandes del mundo, su aplicación se hace principalmente juntando varias cañas para lograr mejores resultados en la aplicación que tenga lugar. Otra aplicación muy reciente de las cañas es para conformar paneles aislantes, los cuales se forman al juntar varias cañas, apoyándose en soportes de madera y sujetas con alambón. La aplicación puede ser muy variada y con bases a su uso es el espesor del panel. Lo hueco de las cañas permite crear cámaras de aire que aumentan el aislamiento.



Una interesante aplicación que dota de mucha vista a una construcción es en el plafón, se usa entramados de cañas para rellenar una superficie, con apoyo estructural de otro material, como el caso de la madera.

3.3.5. Paja

La paja es el tallo seco de ciertas gramíneas que ha sido cortado y desechado una vez separado el grano o la semilla. Su altura varía en función a las especies o variedades cultivadas» en otras palabras es la hierba seca que queda después de obtener la cosecha de semillas como frijol, trigo, entre otras, actualmente su uso más común es para alimento de animales y se comercializa en pacas o fardos, en la construcción su uso más conocido es como componente del adobe u otros sistemas constructivos con tierra ya que ayuda a una mejor cohesión de la arcilla. También es posible encontrar las balas de paja como elementos constructivos independientes, es decir que no necesariamente tenga que ser parte de otro elemento, como el adobe, puesto que las balas pueden usarse en la construcción de muros y posteriormente recubrirse con otro material en pasta o argamasa, que bien puede ser tierra. La paja al igual que otros materiales herbáceos considerados basura agrícola tiene aplicación en materiales constructivos, mediante otros procesos, entre ellos está la obtención de paneles mediante el triturado de éstos elementos y la mezcla con algún aglutinante.



3.2. Análisis y valoración de aplicación en elementos modulares

Todos los materiales que se describen anteriormente representan alternativas muy versátiles en la forma de aplicación, y las propiedades que ofrecen es un excelente aislamiento térmico. Una vez descritos los diferentes materiales alternativos propuestos es necesario hacer una valoración para identificar los materiales más factibles y de qué forma pueden ser aplicados en un elemento modular.

	Material	Forma de obtención	Principales aplicaciones	Forma de aplicación en elementos modulares
Reciclados	Celulosa de Papel	Triturado Comprimido en balas	Elementos auto-portantes	Reellenos de superficies, formas comprimidas
	Envases de Tetra pack	Triturado	Elementos auto-portantes	Reellenos de superficies, formas comprimidas
	Polímeros	Comprimido Fundido Triturado	Elementos portantes y auto-portantes	Reellenos de superficies, formas comprimidas, Elementos lineales

	Material	Forma de obtención	Principales aplicaciones	Forma de aplicación en elementos modulares
Naturales	Madera	Tablones, placas, largueros	Elementos portantes y auto-portantes	Reellenos de superficies, formas comprimidas, Elementos lineales
	Tierra	Polvo	Elementos auto-portantes	Reellenos de superficies, formas comprimidas,
	Bambú	Cañas, tablones, listones	Elementos auto-portantes	Reellenos de superficies, formas comprimidas, Elementos lineales
	Caña/ Carrizo	Cañas Paneles	Elementos auto-portantes	Reellenos de superficies, formas comprimidas, Elementos lineales
	Paja	Balas Comprimido Paneles	Elementos auto-portantes	Reellenos de superficies, formas comprimidas,
	Otras fibras naturales	Molido	Elementos auto-portantes	Reellenos de superficies, formas comprimidas,