

**MIATD**

MASTER UNIVERSITARIO EN INNOVACIÓN EN ARQUITECTURA,  
TECNOLOGÍA Y DISEÑO



# ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA DE MODELOS CONSTRUCTIVOS TRADICIONALES EN ENTORNOS DE CLIMA TROPICAL (Colombia, s. XVI-XIX)

---

TRABAJO REALIZADO POR MONICA MOLINERO MORENTE

**MÁSTER EN INNOVACIÓN EN ARQUITECTURA: TECNOLOGÍA Y DISEÑO, CURSO 2014/2015**

TRABAJO DIRIGIDO POR JUAN CARLOS GÓMEZ DE CÓZAR Y ANTONIO GARCÍA MARTÍNEZ

## INDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	6	6. MODELADO BIM .....	73
2. OBJETIVOS .....	8	6.1. Modelo 1. Casa Comunal Muisca.....	73
2.1. Objetivos generales.....	8	6.2. Modelo 2. Casa del Fundador Gonzalo Suarez Rendón .....	76
2.2. Objetivos específicos .....	8	6.3. Modelo 3. Hacienda El Paraíso. ....	80
3. METODOLOGIA.....	9	7. ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA .....	85
4. ESTADO DE LA CUESTIÓN .....	10	7.1. Objetivo y alcance del estudio.....	85
4.1. Entorno geográfico, climático y arquitectónico .....	10	7.2. Análisis del Inventario de Ciclo de Vida (ICV) .....	87
4.1.1. Colombia y su clima .....	10	7.3. Evaluación del Inventario de Ciclo de Vida (ICV) .....	88
4.1.2. La arquitectura en Colombia .....	14	7.3.1. Modelo 1. Casa Comunal Muisca.....	88
4.1.2.1. Periodo Prehispánico (Hasta 1492).....	14	7.3.2. Modelo 2. Casa del Fundador Gonzalo Suarez Rendón	92
4.1.2.2. Periodo Colonial (1492 - 1880).....	40	7.3.3. Modelo 3. Hacienda El Paraíso .....	95
4.2. Análisis de Ciclo de Vida aplicado a la arquitectura .....	58	7.4. Interpretación de los resultados.....	98
4.3. Selección de modelos .....	61	7.4.1. Resultados GWP .....	99
5. DESCRIPCIÓN DE LOS MODELOS.....	62	7.4.2. Resultados CED .....	101
5.1. Modelo 1. Casa Comunal Muisca.....	62	8. CONCLUSIONES .....	103
5.2. Modelo 2. Casa del Fundador Gonzalo Suarez Rendón .....	64	9. FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN .....	105
5.3. Modelo 3. Hacienda El Paraíso. ....	69	10. BIBLIOGRAFÍA.....	106

## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar y como más importante, me gustaría agradecer sinceramente a mi tutor, Juan Carlos Gómez de Cózar, por su esfuerzo, dedicación y ánimos; por proponerme unirme a una de las líneas de investigación que lleva a cabo su departamento y me mostrara las herramientas para poder realizar este trabajo de manera satisfactoria.

Le agradezco enormemente al profesor, y también tutor, Antonio García Martínez, por explicarme, ayudarme y aconsejarme sobre el proceso a seguir para realizar un correcto análisis de ciclo de vida; así como guiarme durante la ejecución de este trabajo.

No puedo olvidarme de mis compañeros, gracias por enseñarme que con ganas todo es posible. En especial, mi más sincero agradecimiento a Mariló y a Marta Ruíz, por su ayuda en la realización de este trabajo, su paciencia y sus conocimientos.

A mis amigos, Luis, Julián, María, Lucía, Flemming, Estela, José, Inma, Alberto, Alex, Jesús, Anabel, por estar siempre animándome a seguir, ayudándome a crecer y apoyarme en todo.

A mi familia política, Pablo, Encarni, Susana y Epi, por acogerme y darme su apoyo.

A mis padres, José y Mónica, por la confianza que siempre me han infundido, por ayudarme y ampararme siempre.

A Zaida, mi hermana, y a Álvaro, mi cuñado, apoyos constantes en cualquiera de mis andaduras, por enseñarme a ser grande.

Y por último, y no menos importante, a Pablo, por preocuparse por mí, ayudarme, aconsejarme y apoyarme en todo. Gracias por demostrarme tu amor siempre.

A todos ellos, mi más sincero agradecimiento.

*"La cultura se adquiere leyendo libros; pero el conocimiento del mundo, que es mucho más necesario, sólo se alcanza leyendo a los hombres y estudiando las diversas ediciones que de ellos existen."*  
Lord Chesterfield.

## **RESUMEN**

La sostenibilidad del planeta se está viendo día a día afectada por el excesivo consumo de recursos naturales y el impacto ambiental que supone la transformación de los mismos. Producción, transformación de recursos, construcción de elementos y deconstrucción de los mismos; marcan etapas muy importantes que afectan en mayor o menor medida al cambio climático.

Este hecho ha llevado al ser humano a plantearse una serie de medidas con las que frenar este proceso de agotamiento de los recursos naturales. De este modo, se generan diversas herramientas para controlar el consumo e impacto ambiental. El Análisis de Ciclo de Vida es una de las más reconocidas, desarrollada en la línea de investigación en la que se englobará este trabajo.

Así mismo, la participación de la ETSA de la Universidad de Sevilla en la Competición Solar Decathlon celebrada en Cali, Colombia, justificará el contexto geográfico y temporal que sirve como antecedente en el estudio que realizamos seguidamente.

Por tanto, el presente trabajo estará basado en el Análisis de Ciclo de Vida de la tipología de vivienda desarrollada en Colombia durante la etapa indígena y los siglos XVI – XIX con el objetivo de averiguar cuál es la tipología que mejor se adapta al contexto y que menor impacto produce durante sus fases de producción, construcción – deconstrucción y deproducción.

## 1. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo se enmarca dentro de la línea de investigación seguida por los profesores Juan Carlos Gómez de Cózar y Antonio García Martínez, basado en la búsqueda de sistemas constructivos para la arquitectura que minimicen el impacto ambiental. Para ello se unen dos líneas de investigación:

- Desarrollo de mallas para la arquitectura. Entendiendo el concepto de mallas como una matriz que contiene toda la información necesaria que sirve como soporte del edificio. Apuesta por la arquitectura ligera y de rápido montaje como solución que permite construir con rapidez. La obra se transforma en un proceso de rápido montaje en el que las operaciones a realizar se minimizan y por tanto también el impacto que producen.
- Análisis de ciclo de vida de soluciones arquitectónicas. Se cuenta con mucha experiencia en el estudio y aplicación de casos prácticos, sobre arquitectura construida a la hora de evaluar el impacto que produce mediante el análisis de su ciclo de vida.

Encontramos los siguientes trabajos e investigaciones, como antecedentes a este estudio:

- Tesis de Antonio García Martínez, Análisis del Ciclo de Vida (ACV) de Edificios. Propuesta metodológica para la elaboración de Declaraciones Ambientales de Viviendas en Andalucía (2010).
- Trabajo Fin de Máster de Alejandro Mesa González, Análisis del Ciclo de Vida de soluciones arquitectónicas

*ligeras de rápido montaje: el sistema Florín, dentro de la línea de investigación: Ligereza y rapidez de montaje* (2014).

- Trabajo Fin de Máster de Antonio Navarro Osta, Arquitectura ligera y de rápido montaje: búsqueda de modelos. El Análisis de Ciclo de Vida como herramienta de evaluación y corrección de los modelos (2014).
- Trabajo Fin de Máster de Manuel Gómez Pérez, Análisis medioambiental de sistemas constructivos y edificatorios. Desarrollo instrumental a partir de herramientas tipo BIM (2014).
- Trabajo Fin de Máster de Marta Ruíz Alfonsea, Análisis de ciclo de vida de modelos de habitación construidos en entornos de clima tropical (Colombia, s. XX-XXI) (2015).
- Trabajo Fin de Máster de M<sup>o</sup> Dolores Martín Miranda, Análisis del ciclo de vida de construcciones ligeras y de rápido montaje. La obra de Shigeru Ban (2015).
- Trabajo Fin de Máster de Lázuli Fernández Lobato, Análisis de los 3 proyectos ganadores de Solar Decathlon 2014 (2015).

Además de los antecedes y de la línea de investigación en la que se enmarca el presente estudio, detallados anteriormente, la elección del ámbito geográfico está justificada por la participación de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Sevilla, en la primera edición de la competición Solar Decathlon en Latinoamérica, celebrada en Cali, en Colombia, durante el año 2015.

Por tanto, el trabajo que se desarrolla a continuación, consistente en el análisis de ciclo de vida de diferentes construcciones arquitectónicas, se encuentra englobado en la segunda línea de investigación descrita anteriormente: *Análisis de Ciclo de Vida de soluciones arquitectónicas*.

Así mismo, la participación de la ETSA de la Universidad de Sevilla en la competición Solar Decathlon, justifica la realización del Análisis de Ciclo de Vida a modelos habitacionales construidos en entorno de clima tropical, concretamente, a modelos ubicados en Colombia y construidos durante dos etapas muy marcadas en su historia: etapa indígena y etapa colonial (siglos XVI – XIX).

Dada la historia de colonización del país objeto de estudio, aunque el trabajo se basa en los siglos XVI – XIX, resulta, además de interesante, de gran utilidad realizar un estudio anterior a los citados siglos así como comparar modelos habitacionales indígenas y autóctonos del país con otros modelos importados fruto de la colonización.

Encontramos muchas culturas indígenas, situadas en diferentes lugares del país, con construcciones similares que llevan a una arquitectura autóctona donde predomina la madera, los huecos enfrentados entre sí y la ligereza; que posteriormente da paso a una arquitectura importada donde no se tiene en cuenta la climatología del país, predomina el ladrillo y la vida al exterior es escasa; y que por tanto nos lleva a unos modelos habitacionales que difieren mucho de los autóctonos indígenas.

Es por esto, que para conseguir mejores datos en el estudio de la vivienda que mejor se adapta al lugar, es imprescindible comenzar estudiando las culturas indígenas que poblaron Colombia así como sus modelos habitacionales; de forma que podamos extraer de dicho estudio las características de las viviendas y compararlas con

las nuevas viviendas que llegaron de mano de los colonos españoles.

Estudiaremos, por tanto, las viviendas y los materiales de cada cultura; para así elegir la vivienda más adecuada y poder compararla con las viviendas que llegaron durante los siglos XIV – XIX; las cuales cambiaron tanto las costumbres como los modos de vida.

Tal y como se cita anteriormente, además del presente trabajo, entran a formar parte de la misma línea de investigación así como del concurso Solar Decathlon, los trabajos fin de máster presentados por Marta Ruíz Alfonsea: *Análisis de ciclo de vida de modelos de habitación construidos en entornos de clima tropical (Colombia, s. XX-XXI)* (2015), M<sup>a</sup> Dolores Martín Miranda: *Análisis del ciclo de vida de construcciones ligeras y de rápido montaje. La obra de Shigeru Ban* (2015) y Lázuli Fernández Lobato: *Análisis de los 3 proyectos ganadores de Solar Decathlon 2014* (2015).

## **2. OBJETIVOS**

Una vez fijado el interés de este trabajo en Colombia (s. XVI – XIX) y viendo el desarrollo de la tipología de vivienda existente durante el periodo citado, surge la necesidad de preguntarse cuál es la vivienda que mejor se adapta al medio usando el menor número de recursos, con la idea de poder plantear, en un futuro, propuestas actuales sostenibles.

En el estudio a realizar, se va a utilizar el Análisis de Ciclo de Vida (ACV) como herramienta válida para el análisis ambiental de edificaciones, a partir de la evaluación de todas las fases que intervienen en la construcción de éstas.

Se hace fundamental la búsqueda de información y la puesta en contexto de los diferentes aspectos fundamentales para el correcto desarrollo del trabajo, con la finalidad de alcanzar los siguientes objetivos:

### **2.1. Objetivos generales**

Poner de manifiesto para los tipos seleccionados, el impacto ambiental, mediante herramientas para el análisis de ciclo de vida, en función de los parámetros que condicionan la adaptación al contexto elegido, como base para una correcta intervención.

### **2.2. Objetivos específicos**

Partiendo de los objetivos generales, los objetivos específicos son los siguientes:

- Poner de manifiesto la relación entre la materialidad y el diseño a la hora de producir un impacto ambiental en un contexto concreto.
  - Obtención de una base de datos a partir de los modelos de referencia analizados que sirva como base para futuros estudios.
- 
- Determinar la tipología de vivienda que menos impacto produce en función de su procedencia indígena o colonial.

### 3. METODOLOGIA

Para poder cumplir con los objetivos planteados anteriormente, se ha establecido un recorrido marcado por varios puntos con la finalidad de llevar la investigación de la manera más concisa posible.

- **Estado de la cuestión:** Consistirá en una fase de búsqueda de información, principalmente. Se pretende conocer las diferentes culturas que han poblado el país, sus costumbres y formas de construcción. De igual forma, es importante conocer los antecedentes del análisis del ciclo de vida aplicado a la arquitectura.
  - **Selección de los modelos más destacados.** Una vez analizada la información anterior, esta fase consistirá en seleccionar de entre todos los modelos más destacados por las bibliografías consultadas, los tres más representativos de la arquitectura del período estudiado, contruidos con materiales diferentes, para que, mediante el análisis del ciclo de vida se obtengan datos diferentes.
  - **Descripción de todos los modelos seleccionados.** En esta fase se describirán los modelos expuestos anteriormente, realizando así mismo una introducción arquitectónica de cada uno de los modelos, donde se valorará el diseño en función del contexto y las estrategias de adaptación al clima que plantea.
  - **Modelado BIM.** Se modelarán los ejemplos seleccionados con el objetivo de vincular los datos que se obtengan de los modelos BIM para el posterior análisis del ciclo de vida.
- **Análisis de Ciclo de Vida** de los modelos habitacionales anteriores. Mediante herramientas de análisis de ciclo de vida y con los datos obtenidos de los modelos BIM de la fase anterior, se obtendrá el impacto ambiental, en este caso se analizará la contribución al calentamiento global y la energía incorporada de cada edificio, que ha producido y producirá cada modelo seleccionado durante su vida útil.
  - **Comparación de resultados.** Una vez obtenidos los resultados en la fase anterior, se procederá a su comparación. Finalmente estos resultados se incorporarán a la base de datos desarrollada en la línea de investigación seguida por los tutores de este trabajo, Juan Carlos Gómez de Cózar y Antonio García Martínez, que utiliza el Análisis de Ciclo de Vida como herramienta de medición del impacto ambiental.

## 4. ESTADO DE LA CUESTIÓN

Para llegar a determinar cuál es el tipo de vivienda que mejor se adapta al contexto climático, social, cultural, etc. de Colombia desde el período indígena hasta el siglo XIX, será necesario conocer de antemano el estado del país, sobre todo en materia de arquitectura, durante el periodo en el que se centrará el presente estudio.

### 4.1. Entorno geográfico, climático y arquitectónico

#### 4.1.1. Colombia y su clima

Colombia, oficialmente llamada República de Colombia, es una república de América que se sitúa en la región noroccidental de América del Sur, lindando con los países de Venezuela y Brasil al este, con Ecuador y Perú al sur y con Panamá al noroeste. Colombia es un estado social y de derecho, organizado en departamentos descentralizados y con capital en Bogotá<sup>1</sup>.

Actualmente el país cuenta con cerca de 41 millones y medio de habitantes, siendo el tercer país más poblado de América del Sur<sup>2</sup>.

Por su situación geográfica, el clima característico del país es el de la zona ecuatorial. A continuación, se expondrá un breve análisis de temperaturas, precipitaciones y humedad relativa del clima tropical en Colombia, poniendo como ejemplo para el análisis cuatro de las ciudades más importantes del país.



Figura 4.1. Mapa de Colombia, ciudades principales. Fuente: Google Maps.

<sup>1</sup> Constitución Política de Colombia 1991.

<sup>2</sup> Departamento Administrativo Nacional de Estadística de Colombia. DANE. Censo de 2005.

Como se puede observar en las gráficas posteriores, las diferentes temperaturas reflejadas, cuentan con unas oscilaciones mínimas durante todo el año y el salto entre las temperaturas máximas y las mínimas en los diferentes meses del año es prácticamente el mismo. En la mayoría de las ciudades, las temperaturas son bastante cálidas, con máximas promedio de 29°C y mínimas promedio de 18°C, exceptuando a la ciudad de Bogotá, que cuenta con una temperatura máxima promedio de 19°C y una temperatura mínima promedio de 6°C<sup>3</sup>.

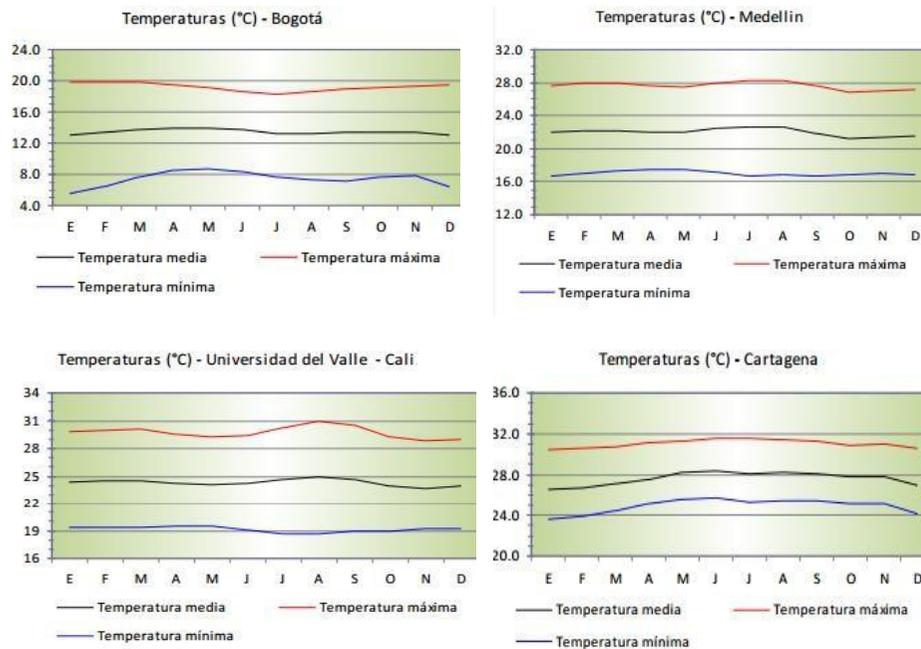


Figura 4.2. Gráficas de temperaturas máximas, medias y mínimas en las principales ciudades de Colombia. Fuente: IDEAM Colombia.

En relación a las precipitaciones, las gráficas, por lo general, son bastante simétricas, las estaciones más secas corresponderían a los meses de diciembre, enero y febrero y a los meses de junio, julio y agosto, mientras que las estaciones lluviosas corresponderían a los meses de marzo, abril, mayo, septiembre, octubre y noviembre. Tanto el volumen de precipitaciones como los días lluviosos son cíclicos, repitiéndose cada tres meses, y alternando así las estaciones secas y húmedas anteriores. También se observa que la frecuencia de precipitaciones no es la misma en las ciudades tomadas como ejemplo, siendo Medellín la que cuenta con una media de mayor número de días lluviosos y de mayor volumen en las precipitaciones.

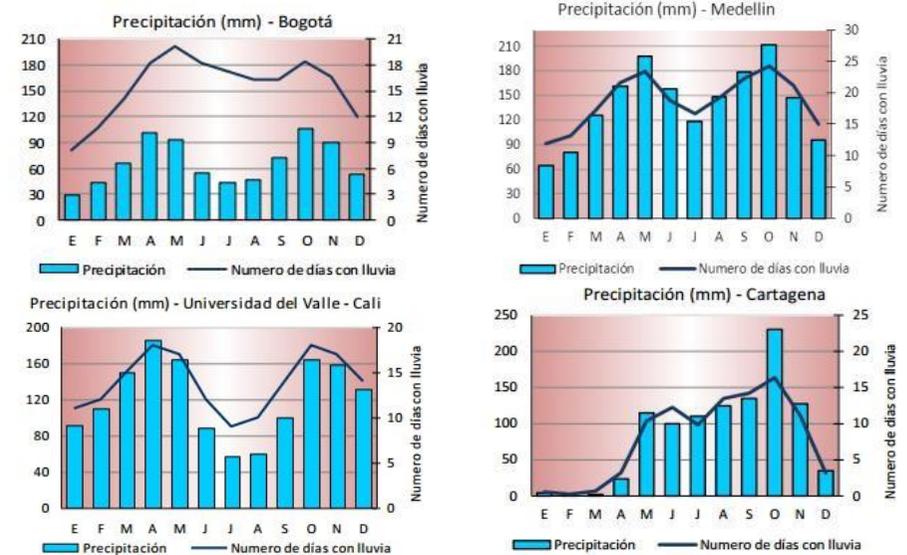


Figura 4.3. Gráficas de precipitaciones en las principales ciudades de Colombia. Fuente: IDEAM Colombia.

<sup>3</sup> Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia. IDEAM. Características climatológicas de ciudades principales y municipios turísticos.

Por el contrario, Cartagena sería la ciudad de las anteriores que cuenta con una menor frecuencia y un menor volumen de precipitaciones<sup>4</sup>.

En cuanto a la humedad relativa, en las gráficas anteriores se puede observar que ocurre lo mismo que con las precipitaciones, las gráficas son bastante simétricas, menos en el caso de Cartagena. En general, todas las ciudades cuentan con una humedad relativa bastante alta, llegando al 80% en algunos meses. Como es lógico, los meses de humedad relativa más alta coinciden con las estaciones más lluviosas y los meses que cuentan con una humedad relativa menor coinciden con las estaciones secas.

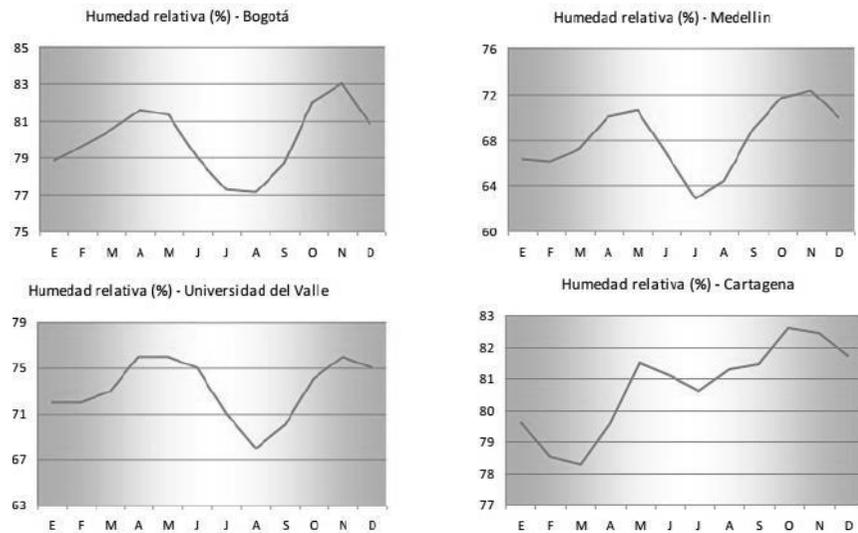


Figura 4.4. Gráfica de humedad relativa en las principales ciudades de Colombia. Fuente: IDEAM Colombia.

En la carta solar de la ciudad de Bogotá, ocurrió lo mismo que en el resto de ciudades mencionadas anteriormente, se puede observar la casi simetría de la incidencia solar en las dos mitades del año. Se observa también que el sol incide de forma prácticamente perpendicular a la superficie terrestre, por lo que las orientaciones más castigadas por la incidencia solar serán el este y el oeste. En Colombia, y en los países con clima tropical en general, la incidencia directa del sol supone un problema debido a las altas temperaturas, por lo que será necesario evitarla en la medida de lo posible.

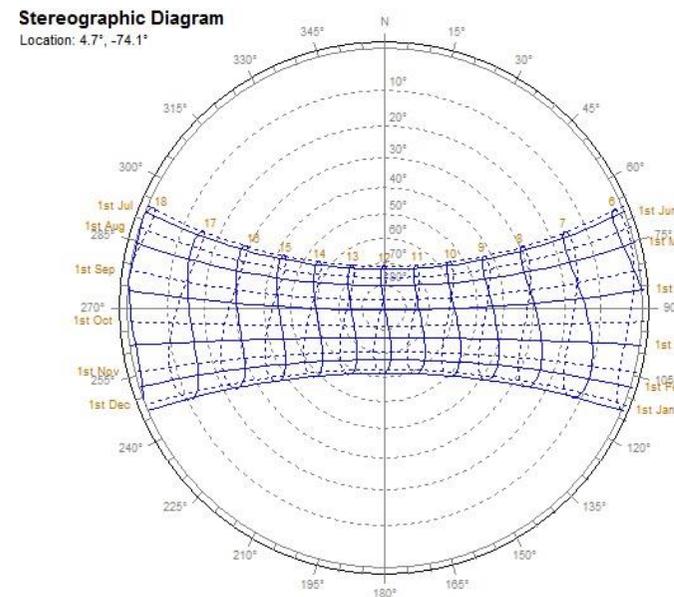
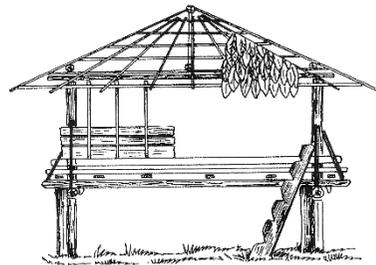
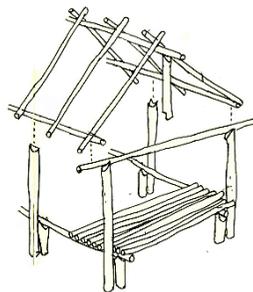


Figura 4.5. Carta Solar de la ciudad de Bogotá. Fuente: Elaboración propia. Software Ecotect.

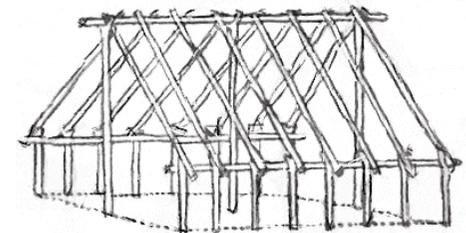
<sup>4</sup> Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia. IDEAM. Características climatológicas de ciudades principales y municipios turísticos.

Una vez analizados los datos anteriores reflejados en las gráficas de temperaturas, precipitaciones, humedad relativa y carta solar, se puede entender que las viviendas que más se adapten a los contextos climáticos del país, serán las que cumplan los siguientes parámetros:

- Viviendas elevadas del terreno que eviten el contacto con la humedad del mismo.
- Plantas rectangulares con las fachadas de menor dimensión orientadas hacia el este o el oeste, estas son las orientaciones que reciben directamente la mayor parte de la incidencia solar<sup>5</sup>.
- Viviendas rodeadas de vegetación que protejan la envolvente del sol.



- Grandes huecos, dispuestos en extremos de las estancias opuestas para facilitar así la ventilación cruzada, necesaria debido al gran porcentaje de humedad relativa propia del clima tropical<sup>6</sup>.
- Envolventes con poca inercia térmica para evitar el sobrecalentamiento de las viviendas<sup>7</sup>.
- Cubiertas con grandes aleros que arrojen sombra y protejan las fachadas de la incidencia solar<sup>8</sup>.
- Cubiertas con grandes pendientes que favorezcan la evacuación de las aguas pluviales tan frecuentes en el país.



Todos los datos analizados de las gráficas anteriores, así como las conclusiones obtenidas de las mismas y los parámetros que tendrán que cumplir las viviendas para adaptarse correctamente al contexto climático, serán tenidos en cuenta posteriormente a la hora de la selección de los modelos.

<sup>5</sup> Núñez Zorrilla, M., Arquitectura vernácula y colonial dominicana. Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona, 2011.

<sup>6</sup> Ugarte, J., Guía de Arquitectura bioclimática. Construir en países cálidos. Instituto de Arquitectura Tropical, San José, Costa Rica, 2009.

<sup>7</sup> Müller, E., Manual de diseño para viviendas con climatización pasiva, Forschungslabor für Experimentelles Bauen, Universidad de Kassel, Alemania, 2002.

<sup>8</sup> Guimarães Merçon, M., Confort térmico y tipología arquitectónica en Clima Cálido-Húmedo. Análisis térmico de cubierta ventilada, Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona, (2008).

#### 4.1.2. La arquitectura en Colombia

La historia de la arquitectura en Colombia, al igual que ocurre con la mayoría de países de América del Sur, es un reflejo de la situación cultural y política en la que se encuentre inmerso el país en un determinado momento histórico.

De esta manera, la arquitectura colombiana ha sufrido grandes cambios debido a los diferentes momentos culturales, artísticos y políticos que se han generado con el paso del tiempo.

Desde las primeras culturas indígenas, hasta la llegada de los colonos, la concepción de arte y arquitectura cambió radicalmente, para adaptarse a las necesidades climáticas o culturales de quienes poblaban los distintos hábitats.

##### 4.1.2.1. Periodo Prehispánico (Hasta 1492)

El poblamiento de un territorio tiene que ver con su geografía. En el caso colombiano, la geografía y sus condiciones ambientales han influido de manera decisiva en las pautas de poblamiento y en la formación de las características culturales de los grupos regionales.

En los límites actuales del territorio, citados anteriormente, y dada la geografía del país, encontramos diferentes regiones y microrregiones naturales<sup>9</sup>:

1. Llanuras del Caribe
2. Costa del Pacífico
3. Llanuras del Orinoco

4. Amazonia Colombiana
5. Región Central Andina



Figura 4.6. Mapa de regiones naturales de Colombia. Fuente: Instituto Geográfico Agustín Codazzi.

<sup>9</sup> SALDARRIAGA Roa, Alberto; CHÁVEZ, Álvaro; PELÁEZ, Gonzalo; PINEDA CAMACHO, Roberto. "Pasados presentes. La vivienda en Colombia". 1ª Edición. Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá. 2009.

En concreto, no es mucho lo que se conoce de la arquitectura indígena, ya que no se sabe con certeza los orígenes y características de la misma; pero sí encontramos evidencias del paso de las diferentes culturas por el territorio a lo largo del tiempo.

La evolución cultural de las sociedades prehispánicas no fue uniforme, ya que encontramos pueblos con diferentes grados de desarrollo, pues mientras unos alcanzaban una compleja organización social y económica; otros, permanecían con leves transformaciones a un ritmo más pausado.

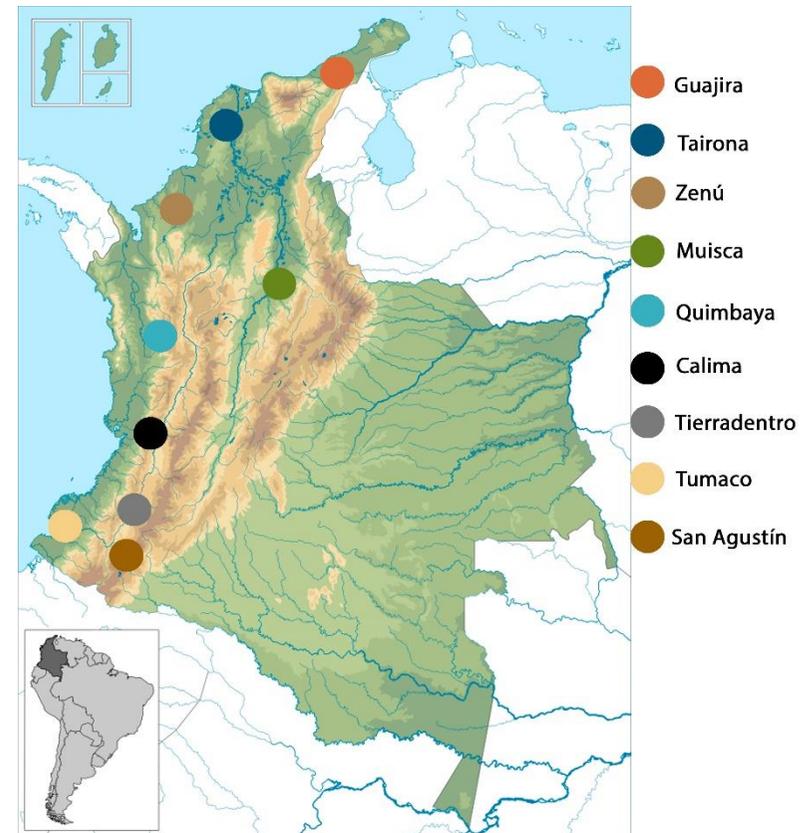
Los modos de habitar se establecen en el territorio a la par que sus pobladores y se transforman en el transcurso del tiempo, por los cambios sociales y culturales. El poblamiento del territorio colombiano data de varios milenios con los primeros asentamientos entre los años 11740 y 10400 a.C. en la zona de la Sabana de Bogotá<sup>10</sup>, quienes debido a su vida nómada se refugiaban en abrigos rocosos, que indican una estructura primaria de vivienda, perteneciente a cazadores y recolectores.

De la vivienda en abrigos rocosos se pasa a las viviendas en construcciones simples: casas de planta circular y viviendas compartidas, que poco a poco con la evolución de las culturas, la agricultura y la ganadería, así como la cerámica y la alfarería, fueron dando lugar a las aldeas sedentarias.

De todas las culturas existentes, destacan dos agrupaciones con una adelantada arquitectura y avanzada organización social: los **Muiscas** en la Cordillera Oriental de los Andes Colombianos, altiplano Cundiboyacense; y los **Taironas** en Sierra Nevada de Santa Marta.

Según las regiones naturales anteriores, encontramos las culturas indígenas más significativas de la siguiente forma:

### Culturas Indígenas en el Territorio Colombiano<sup>11</sup>



<sup>10</sup> ARANGO, Silvia. Historia extensa de la arquitectura en Colombia. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. 1989

<sup>11</sup> CALDERON Schrader, Camilo. Atlas básico de historia de Colombia. Revista Credencial Historia. Bogotá, Colombia. Edición 28, Febrero de 1993.

La población colombiana ha habitado mayoritariamente la región andina central, y en segundo lugar, la franja costera del Caribe. El resto de territorios presenta bajos índices históricos de poblamiento.

La diversidad cultural de los pueblos indígenas condensa una compleja historia y finas estrategias de adaptación a los diversos ambientes que caracterizan a Colombia y a los procesos históricos a que han sido sometidos los paisajes.

Es por esto, que la arquitectura vernácula nació entre los pueblos autóctonos de cada país<sup>12</sup>, como una respuesta a sus necesidades de habitar. Lo que hace diferentes a estas edificaciones de otras, es que las soluciones adoptadas son el mejor ejemplo de adaptación al medio. Esta arquitectura es realizada por el mismo usuario, apoyado en la comunidad y el conocimiento de sistemas constructivos heredados ancestralmente.

De esta forma, gran parte de la cultura material que encontramos en las tribus indígenas fue elaborada con materiales perecederos del lugar<sup>13</sup>, tales como carrizo, bambú, madera, barro, agua..., y se fue adaptando al medio según la zona climática.

Sin embargo, cuando comparamos todas las culturas que a continuación vamos a explicar, aunque situadas en diferentes climas, notamos que el patrón de construcción de las viviendas, es muy similar en todas, ya que finalmente lo que el usuario busca es vivir en las condiciones más óptimas que su medio le permita.

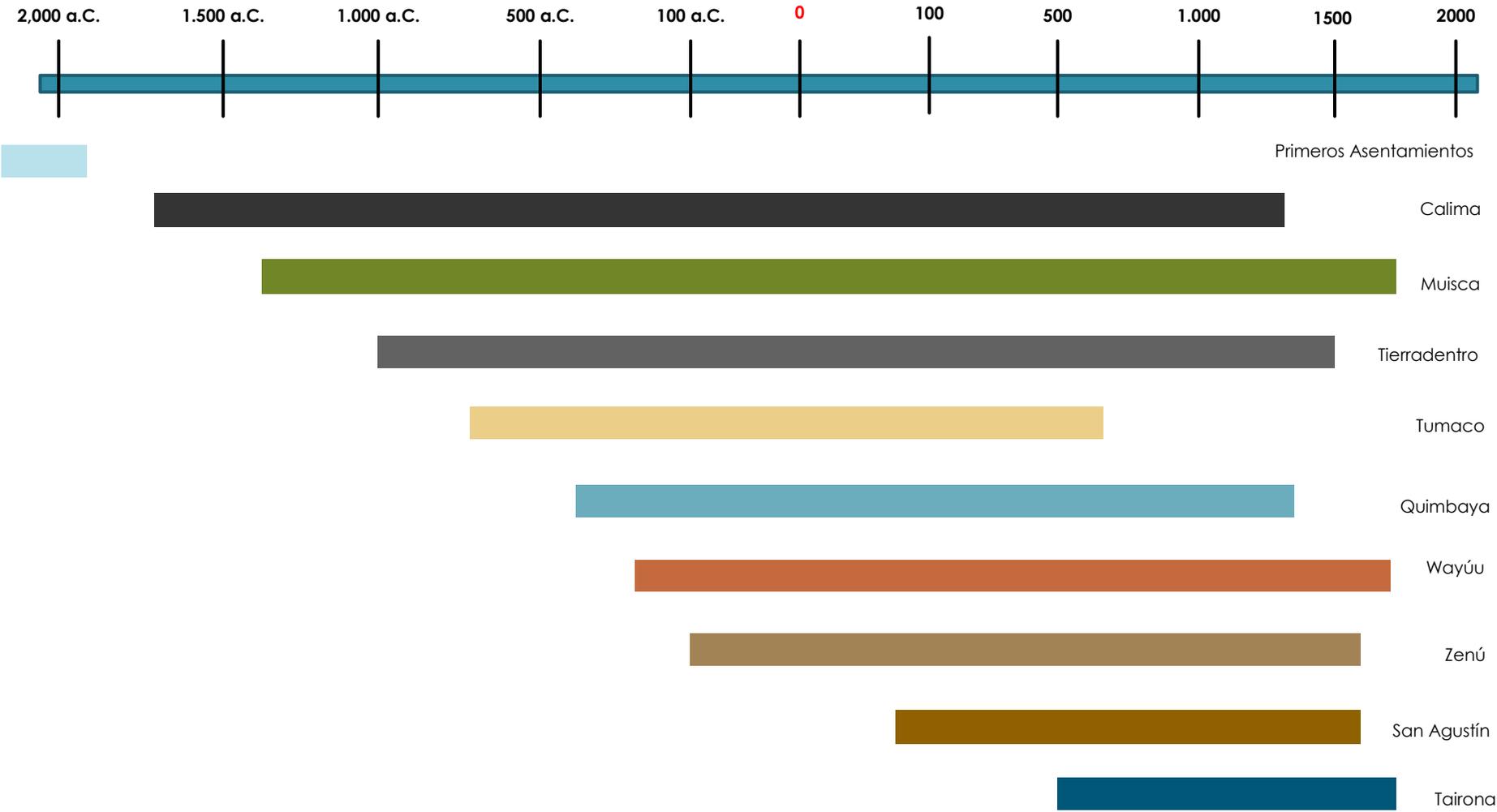
A continuación, veremos en una línea del tiempo el período prehispánico y las culturas que hacen especial referencia a su arquitectura, bien porque aún siguen vivas o porque sus construcciones han perdurado a lo largo del tiempo y han servido de ejemplo para las posteriores construcciones.

---

<sup>12</sup> TORRES Zarate, Gerardo. Dr. en arquitectura UNAM (2007). Maestro en ciencias con especialidad en arquitectura, IPN (1998). Autor de los libros "Vivienda Vernácula", "Atlas de la vivienda rural de tabasco" y "La arquitectura de la vivienda vernácula"

<sup>13</sup> SÁNCHEZ Gama, Clara Eugenia. La arquitectura de tierra en Colombia, procesos y culturas constructivas. Apuntes, Vol. 20, núm. 2, 2007.

**Línea del tiempo del Periodo Prehispánico**



### Cultura Calima:

Ubicada en la Cordillera Occidental de los Andes colombianos, es la más antigua de la que se tiene constancia.

La zona calima poblada inicialmente con la fase precerámica de Sausalito, se continúa con tres periodos definidos, denominados *ilama*, *yotoco* y *sonso*.

La región del Valle del Cauca fue ocupada por tres sociedades agro-alfareras, que además de vivir de la agricultura y la caza, elaboraban con gran estilo la cerámica.

De esa época se han encontrado antiguos cementerios, asentamientos de viviendas, orfebrería, cerámica y objetos líticos. El conjunto de hallazgos refleja una sociedad estratificada, por los ajuares ricos y pobres y por las casas de varios tamaños.

Construyeron sus casas, llamadas **bohíos**, en las laderas de los montes usando pequeñas plataformas excavadas. Dadas las características de la zona, las viviendas se realizaron con madera de los bosques aledaños, techos de hojas de palma y algunas decoraciones. Las paredes están fabricadas de bahareque y presentan una puerta.

El bahareque tuvo gran predominio en las construcciones de la región. Es un método constructivo a base de carrizo, bambú o madera, usado como revestimiento junto a una mezcla de barro, agua y estiércol animal que en algunas ocasiones es sustituida por paja.



Figura 4.7. Bohío. Vivienda típica de la cultura calima. Fuente: panoramio.com. Fotógrafo: Federico Explorador. Junio 2009.

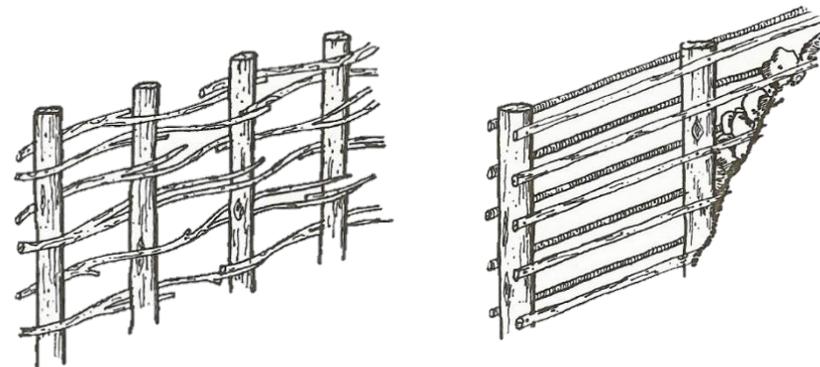
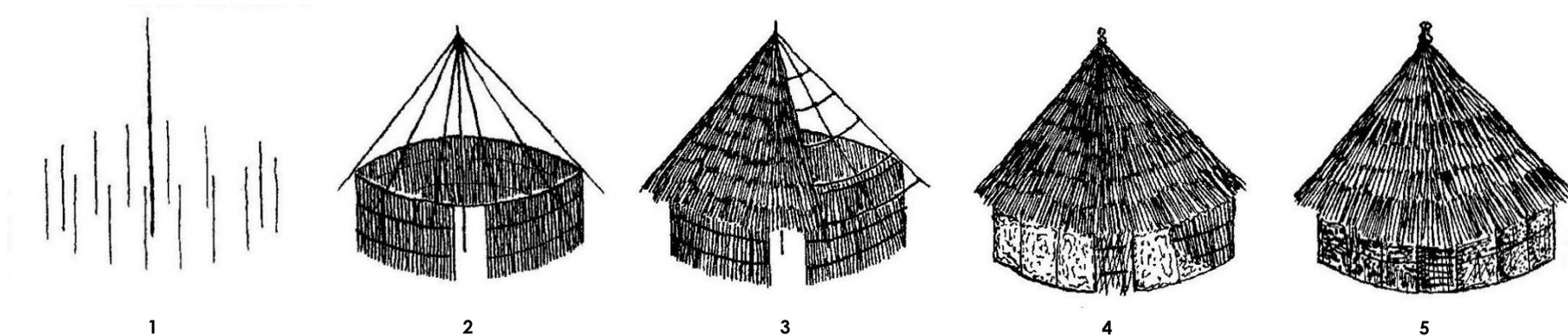


Figura 4.8. Construcción de muro de bahareque mediante palos de madera, cañas, barro y agua. Fuente: VIÑUALES, Graciela M<sup>o</sup>. Arquitecturas de tierra en Iberoamérica. Habiterra XIV.A. Red temática XIV. Buenos Aires. 1994.

Para la construcción de un bohío se siguen los siguientes pasos<sup>14</sup>:

1. Se traza un círculo y a lo largo de la circunferencia se plantan palos. A continuación se coloca el mástil central, cuya longitud debe permitir dar a la techumbre una pendiente al menos de 50°.
2. Se llena la pared con palos verticales juntos fijados al suelo, y se sujetan con una cuerda a los costados. Se atan los soportes de cubierta al mástil central dejando que sobresalga una distancia.
3. Se añade refuerzo a la techumbre y se ata con cuerdas, y se echa el material de cubierta (paja), colocada de arriba hacia abajo. Se cubre el mástil para impedir la entrada de agua.
4. Se rellena la pared con mortero de barro y paja. Al concluir el enlucido se construye la puerta y se hacen dos orificios en la pared para dejar pasar la luz.
5. Al finalizar el exterior se comienza a trabajar en el interior según uso: alojamiento, cocina, establo o almacenamiento. Si existen varios usos, se acomodará la estancia para ellos.



<sup>14</sup> FERNANDEZ Galiano, Luis. Revista Cobijo, 1979. Construcción de un Tukul, Etiopía.

## Cultura Muisca:

Ha sido una de las más duraderas en el tiempo. Sus orígenes datan aproximadamente del año 1450 a.C. Asentada en las amplias sabanas de la altiplanicie, las tierras medias de la vertiente occidental de la cordillera y las ardientes orillas del río Magdalena. Por su durabilidad y desarrollo, es una cultura muy evolucionada en todos los sentidos.

Desarrollaban una compleja cultura unitaria con un gran dominio de las técnicas de cultivos estacionales, maíz, papa, tubérculos varios, frutas..., contaban con animales domésticos así como sus propios rebaños. Practicaban la pesca, la caza y la minería, con una gran habilidad en las minas de sal así como en los yacimientos de esmeraldas.



Figura 4.9. Bohío. Vivienda típica de la cultura calima. Fuente: panoramio.com. Fotógrafo: Federico Explorador. Junio 2009.

Entre sus características destacan:

- Su estructura socio política, con dos poderosos soberanos, rivales entre sí: Zaque de Tunja y Zipa de Bogotá, quienes ejercían su dominio sobre un territorio delimitado.
- La orfebrería, elaborando todo tipo de adornos (diademas, collares, pulseras, figurillas...) usando oro que obtenían de un intercambio de esmeraldas, mantas y algodón con sus tribus vecinas.
- La cerámica, ya que los alfareros muisca fabricaban todos sus utensilios.
- Los oficios propios de la guerra.

De igual forma, sobresalían por su habilidad como mercaderes y gracias a esto desarrollaban unos medios contables crediticios<sup>15</sup>.

Destacan sus técnicas constructivas, adquiridas de los poblados indígenas más antiguos, donde además podían cubrir grandes luces en edificaciones redondas, cuadradas, rectangulares y ovoidales.

Las ciudades estaban divididas en barrios, cada uno al mando de un cacique y todos ellos dependientes de un señor principal. La vivienda característica de la cultura muisca es la **casa comunal** o **maloca**, construida usando muros de bahareque y techos de paja y varas. Las ventanas y puertas eran pequeñas, unas frente a otras para favorecer la ventilación cruzada, y en el interior encontramos mobiliario sencillo, según la jerarquía familiar.

<sup>15</sup> ARANGO B, Teresa. Precolombia. Introducción al estudio del indígena colombiano. Ed. Sucesores de Rivadeneira S.A. 1954.

La casa comunal no es única de un solo lugar, sino que pertenece a la Amazonía Colombiana; lo que nos permite encontrar una gran diversidad de malocas.

La *maloca* más común en la cultura muisca, tiene base rectangular con unos 20-25 metros de largo por 10-15 metros de ancho. Se divide en tres compartimentos laterales, principalmente, siendo cada uno de ellos habitado por una familia. La cubierta a dos aguas, con una altura interna aproximada de 7,30 metros, presenta un declive bien pronunciado para la rápida evacuación del agua; y termina a unos 90 centímetros del suelo. Las paredes laterales alcanzan solamente 1,5 centímetros de altura, para favorecer la inclinación de la cubierta. El tejado se realizaba de hoja de canarí y quedaba más prolongado en la parte de las aberturas principales (puertas), para proteger las entradas de las lluvias<sup>16</sup>.



Figura 4.10. Maloca Ipanore Rectangular.  
Fuente: GOMEZ, Juan Pablo. Revista Semana – La Nueva Colombia – Entre la Orinoquia y la Amazonia. Printer Colombiana S.A. 2011.

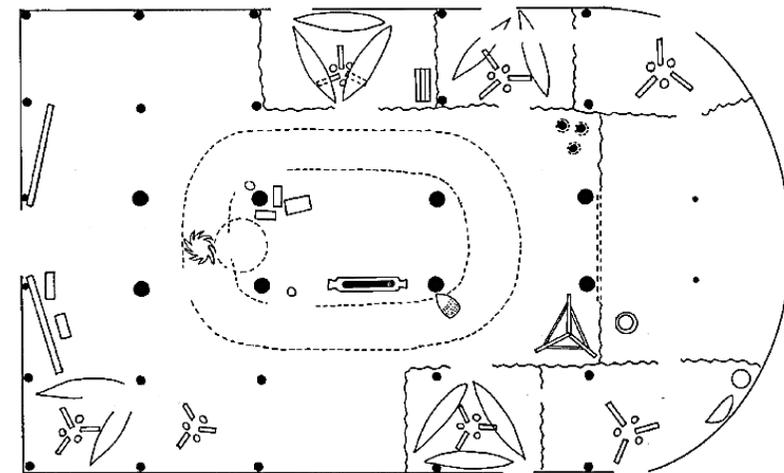
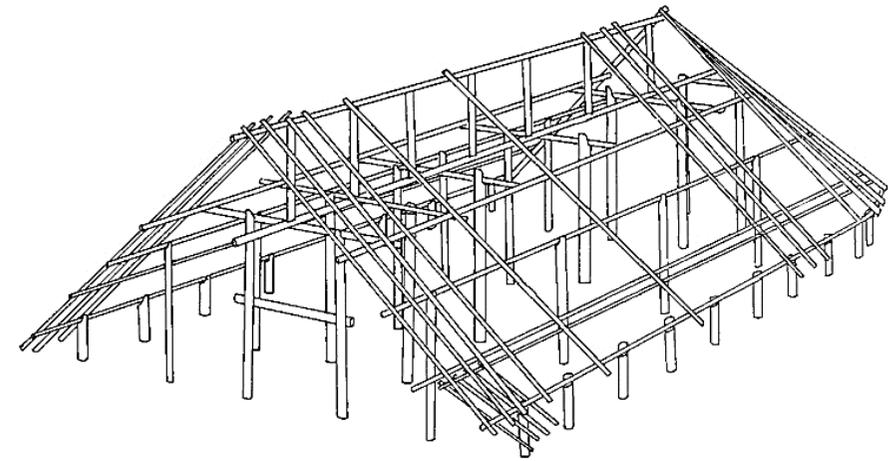


Figura 4.11. Estructura de Maloca Ipanore. Distribución interior de maloca.  
Fuente: HUGH-JONES, S. The Maloca: a world in a house. In E. Carmichael. 1985.

<sup>16</sup> SالدARRIAGA Roa, Alberto; CHÁVEZ, Álvaro; PELÁEZ, Gonzalo; PINEDA CAMACHO, Roberto. "Pasados presentes. La vivienda en Colombia". 1ª Edición. Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá. 2009.

La organización interior de la maloca se divide en espacios que se reorganizan dependiendo de las ceremonias que en ella se realizan. El centro de la maloca pasa a ser el espacio donde la danza tiene lugar. Así mismo, en el centro encontramos el fuego sagrado y es donde se realizan los acontecimientos familiares. La zona de cada familia está marcada por su propio fogón y las hamacas que ocupan sus integrantes.



Figura 4.12. Interior Maloca Amazónica.  
Fuente: Rhett A. Butler. mongabay.com. 2006.

La casa comunal, al igual que el bohío, están protegidos de peligros externos gracias a la costumbre de los habitantes de sembrar árboles espinosos cercanos unos a otros, en varias hileras, alrededor del poblado.

Otra de las malocas más comunes, es la maloca tucano, característica de la selva tropical de la Amazonía y del Catatumbo.

La maloca tucano tiene, de manera general, forma ovalada, cuatro grandes pilotes, horcones laterales, vigas y tejado de hojas de palma y su tejido. El hombre que promueve su construcción, se convertirá en el dueño de la misma.

El interior, al igual que en la maloca anterior, está dividido en dos grandes espacios. El centro, delimitado, como espacio público donde celebrar rituales y ceremonias; así como zona donde realizar las comidas colectivas.

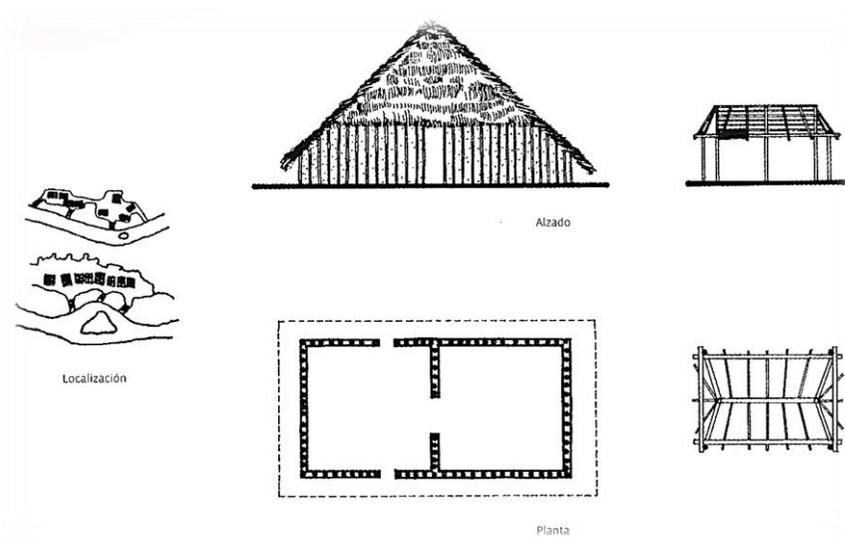


Figura 4.13. Maloca Tucano.  
Fuente: Ceam Ltda. SILDARRIAGA Roa, A. "Pasados presentes. La vivienda en Colombia". 1ª Edición. Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá. 2009.

En términos generales, la maloca es una vivienda con techo de palma y madera; usada como lugar de habitación, espacio ceremonial y a veces, como lugar funerario. Tiene suelo de tierra, está sostenida por cuatro o seis estantillos y sus paredes son de bahareque.<sup>17</sup>

El ambiente interior de una maloca es fresco, de penumbra, atravesado por rayos de luz que penetran por las rendijas de paredes o techo, posee dos puertas, habitualmente una al frente de la casa y la otra en su sector posterior o un costado.

Al frente de cada vivienda se encuentra un gran patio, de donde nacen diversos senderos, y están rodeadas de huertos, frutales, colorantes y plantas psicotrópicas, según las necesidades de cada etnia.

Además de las viviendas, encontramos otro tipo de construcciones importantes: cercados con dos cercas protectoras, estanques que usaban para "bañarse entre ellos", templos, mercados, caminos y carreteras.<sup>18</sup>

---

<sup>17</sup> SÁNCHEZ GAMA, Clara Eugenia. "La arquitectura de tierra en Colombia, procesos y culturas constructivas". Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. 2007.

<sup>18</sup> ARANGO, Silvia. Historia extensa de la arquitectura en Colombia. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. 1989

## Cultura Cacicazgos

En el último milenio a. C. se sabe que existían formas de organización social evolucionadas en distintas partes del país. Gracias al desarrollo agrícola, la población comenzó a extenderse y aparecieron las primeras aldeas.

Bajo el nombre de *Cacicazgos*, clasificamos a las sociedades indígenas que se caracterizaban por una combinación avanzada de rasgos sociopolíticos y económicos.

En lo político, la autoridad del cacique engloba varias comunidades indígenas agrupadas en aldeas, donde comparten la misma lengua, costumbres y religión; y se sitúan en un espacio físico determinado, como puede ser un valle, la hoya de un río o una franja de pendiente montañosa.

De estas culturas nace la aldea, como una unidad física muy definida, constituida por partes. Las casas rodean a las construcciones más importantes: centros sociales y centros ceremoniales. Ambas construcciones se hacen con materiales de la región, generalmente madera y palma. Ninguna de las viviendas es considerada residencias permanentes, ya que las familias poseen viviendas en los lugares de cultivo donde pasan períodos variables de tiempo<sup>19</sup>.

Los centros sociales se componen de viviendas nucleadas alrededor de una casa ceremonial. En las viviendas siempre está encendido el fuego y se utilizan básicamente como lugar de reunión familiar, para la comida o como dormitorio de mujeres y niños.

La casa ceremonial es dormitorio, lugar de reunión masculina y sitio para las ceremonias religiosas.

Las aldeas interrelacionadas fueron los patrones de asentamiento generalizado para los grupos indígenas en el estado de desarrollo de los cacicazgos, dentro del territorio cultivado delimitado por una hoya hidrográfica.



Figura 4.14. Aldea característica de las culturas cacicazgos.

Fuente: F. Agustina. Revista Atlántica-Mediterránea de Prehistoria y Arqueología.

Dentro de éste grupo étnico encontramos las siguientes culturas: Zenú, San Agustín, Tierradentro, Quimbaya, Yotoco, Sinú, Sonso y Culturas de Nariño<sup>20</sup>; siendo las más relevantes las cuatro primeras; que explicamos a continuación:

<sup>19</sup> ARANGO, Silvia. Historia extensa de la arquitectura en Colombia. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. 1989

<sup>20</sup> REICHEL-DOLMATOFF, Gerardo. Arqueología de Colombia. Instituto Colombiano de Cultura Hispánica.

## Cultura Tierradentro

Tierradentro es un territorio de piso térmico, formado por los municipios Inzá, Belalcázar, San Andrés y Vitonco; en el departamento del Cauca; a los lados de la Cordillera Central Colombiana.

Es un pueblo conocido por la calidad y tamaño de sus *hipogeos* o tumbas de entierro secundario, por su compleja y estratificada organización social y su poder político.

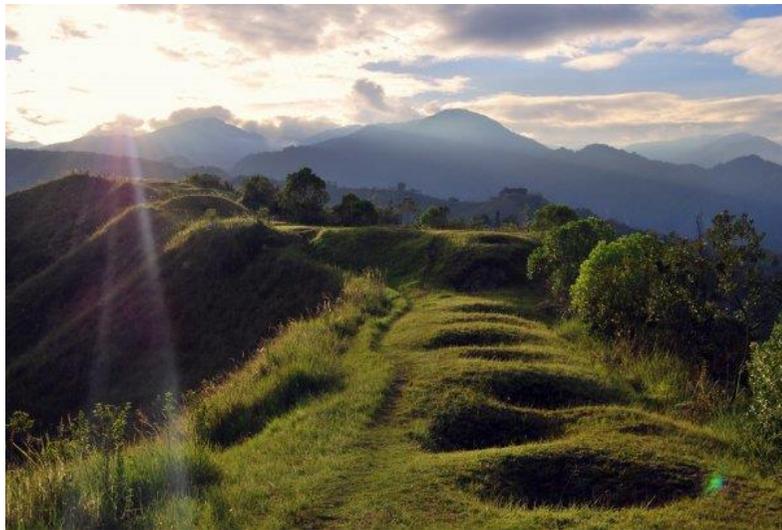


Figura 4.15. Hipogeos – Tumbas de Tierradentro.  
Fuente: PRIETO, Nuria. Hipogeos en Tierradentro, Colombia. Tectonicablog.com. Octubre 2010.

Su rasgo característico es el ritual funerario, dividido en dos etapas: la primera, que se iniciaba con el entierro primario e individual en

fosos cilíndricos o en tumbas de pozo poco profundas; y una segunda etapa en la cual se sacaban los restos y se colocaban en una urna de cerámica sin tapa y llevarlos a una tumba de entierro secundario y colectivo, más profunda, que es lo que se conoce como *hipogeo*.

El hipogeo presenta escaleras en el pozo y una amplia cámara lateral de planta oval y techo cóncavo. Los hipogeos mayores tienen escalera de caracol, cámara con nicho anexo, dos o tres columnas centrales y una decoración interna de pintura geométrica en rojo y negro sobre fondo blanco. Alcanzan una profundidad hasta de 9 metros.



Figura 4.16. Interior de Hipogeo.  
Fuente: PRIETO, Nuria. Hipogeos en Tierradentro, Colombia. Tectonicablog.com. Octubre 2010.

Actualmente la región es un Parque Arqueológico donde encontramos un museo que describe la historia y detalles de los hipogeos, además de los usos y costumbres de los habitantes del lugar.

Las viviendas presentaban plantas ovales y circulares, aunque las más significativas tenían planta rectangular, suelo de tierra, paredes de caña o de bahareque y techos cónicos de paja, con un fogón de tres piedras en el centro. En algunas viviendas se ha observado la presencia de una zanja interna para la conducción de agua, con desagüe interior.

La mayoría estaba dispersas por el campo o aldeas incipientes e irregulares. Estaban situadas sobre pequeñas planadas artificiales en la ladera de la montaña.



Figura 4.17. Interior de Hipogeo.  
Fuente: PRIETO, Nuria. Hipogeos en Tierradentro, Colombia. Tectonicablog.com. Octubre 2010.

La cultura presente que más destaca en el territorio de Tierradentro es la Cultura Páez.

La casa típica páez<sup>21</sup> tiene una planta rectangular, de entre cinco a siete metros de largo por tres a cinco de ancho. Sus paredes están construidas generalmente con caña de maíz, techo de dos a cuatro aguas confeccionado con hojas de palma, caña de azúcar o maíz; disponía de una sola habitación en la cual destacaba el fogón de tres piedras. En su interior cuenta con tarimas adyacentes a las paredes, sostenidas por diversos troncos, que sirven para dormir, guardar objetos, etc.

Todas las casas están rodeadas de cultivos, cobertizos usados como depósitos, cocina o corral.

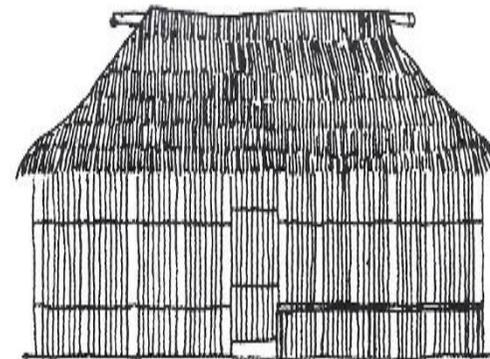


Figura 4.18. Casa típica Páez.  
Fuente: Cháves y Puert. 1978. Pág. 250

<sup>21</sup> SALDARRIAGA Roa, Alberto; CHÁVEZ, Álvaro; PELÁEZ, Gonzalo; PINEDA CAMACHO, Roberto. "Pasados presentes. La vivienda en Colombia". 1ª Edición. Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá. 2009.

## Cultura Quimbaya

La zona del Quindío que comprende las laderas occidentales de la cordillera Central limitadas por el curso medio del río Cauca, fue el lugar de asentamiento de los indios Quimbayas en el siglo XVI<sup>22</sup>.

Podemos distinguir dos períodos quimbayas: período temprano o clásico, entre el año 500 a. C. al año 600 a. C., donde las primeras sociedades orfebres se dedicaban a la agricultura, cacería y pesca; y el segundo período a partir del año 800 d. C., en el que se producen cambios en las sociedades del Cauca Medio, se conserva la agricultura y pesca y comienza la extracción y recolección de sal y oro.

Los quimbayas llegaron del norte y desalojaron de sus tierras a los antiguos pobladores, asentándose en época cercana a la llegada de los españoles.

La vivienda típica quimbaya era una pequeña casa o choza fabricada con varas de árboles como palma, helecho, guaduas..., cubiertas a dos aguas, techadas con hojas de caña, en lo alto de las lomas, al lado de las sementeras formadas por surcos verticales que descendían por las colinas. El interior de las viviendas albergaba a las familias así como los enseres de las mismas.

Para cruzar los ríos, los quimbayas construían puentes de guadua atada con bejucos. Algunas veces transportaban la aguasal desde las fuentes de agua salobre, entubada en canutos de guadua unidos entre sí.



Figura 4.19. Choza de la cultura quimbaya.

Fuente: BOCCALON, Adriana. Blog: aboccalon.blogspot.com.es. Marzo 2011.

Los quimbayas ofrecen un ejemplo muy claro de cacicazgos militaristas: los señores eran más de ochenta, cada uno con su propio terreno, su poblado central para la residencia y más de doscientos súbditos bajo su mando.

---

<sup>22</sup> SALDARRIAGA Roa, Alberto; CHÁVEZ, Álvaro; PELÁEZ, Gonzalo; PINEDA CAMACHO, Roberto. "Pasados presentes. La vivienda en Colombia". 1ª Edición. Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá. 2009.

## Cultura Zenú

Situada al sur de las llanuras del Caribe, donde confluyen los ríos San Jorge, Cauca y Magdalena, así como la costa del Caribe en el golfo del Morrosquillo, dentro del departamento colombiano de Córdoba y Sucre; encontramos a la cultura Zenú.

Son características de ésta cultura las grandes obras hidráulicas, sistemas de canales y drenajes que abarcan un área de 500000 hectáreas, entre el año 200 a. C. y el año 1000 d. C.<sup>23</sup>; que construían para protegerse de las inundaciones periódicas de los ríos.



Figura 4.20. Aspecto actual de los canales artificiales que excavaron los antiguos zenues. San Marcos, Sucre.  
Fuente: Museo del Oro. Banco de la República de Colombia. Marzo 2008

Controlaban el uso del agua evitando las inundaciones, cavando canales de hasta 4 kilómetros, y de los que salían otros canales de menores dimensiones destinados al riego. Así mismo, criaban peces, cultivaban tubérculos, construían sus viviendas y enterraban a sus muertos en túmulos funerarios.

A partir del siglo XI las zonas comienzan a estar menos pobladas, dando lugar a que en la Conquista española, la región estaba ocupada por los malibúes, quienes tenían viviendas dispersas a las orillas de los caños.



Figura 4.21. Vista aérea de los canales y drenajes construidos por la cultura Zenú.  
Fuente: Museo del Oro. Banco de la República de Colombia. Marzo 2008.

<sup>23</sup> GONZALES, Aníbal. "Historia Universal" Culturas Precolombinas. [www.historiacultural.com](http://www.historiacultural.com)

## Cultura San Agustín

La cultura agustiniana tuvo su asiento en lo que actualmente es el territorio de los municipios de San Agustín, San José de Isnos y Saladoblanco. Según las investigaciones, podemos ubicar ésta cultura entre el año 1000 a. C. y el 1500 d. C. aproximadamente<sup>24</sup>.

Fueron pueblos que se mestizaron biológica y culturalmente, y hoy sus descendientes forman el campesinado de los primeros poblamientos en la cordillera Occidental.



Figura 4.22. Mesita A del Parque Arqueológico de San Agustín – Huila.  
Fuente: GONZALEZ Fernández, Víctor. Parque Nacional San Agustín, "Guía para visitantes". 2011. ICANH p. 88 ISBN: 978-958-8181-72-1

La estructura social imperante era la de agrupaciones familiares unidas por vínculos religiosos, donde además daban mucha importancia a la figura militar como parte de la sociedad.

Arquitectónicamente, destacan en ésta cultura las construcciones en piedra de esculturas y elementos funerarios.

La estatuaria agustiniana tiene unas características especiales con un estilo propio: monumentalidad ya que la mayoría representa un mayor al natural; rigidez dada por la posición de las figuras; entusiasmo, simetría y frontalidad. Representan a seres antropomorfos, como guerreros, sacerdotes y dignatarios de la sociedad; y antropozoomorfos, como animales o seres mitad humanos mitad animales.



Figura 4.23. Estatuas características de San Agustín.  
Fuente: GAMBOA, Pablo. "La escultura en la Sociedad Agustiniana". Primera Edición. Ediciones CIEC, Bogotá, 1982.

<sup>24</sup> DUQUE Gómez, Luis. "San Agustín". Delroisse. 1982.

El complejo funerario agustiniano tiene características especiales, ya que ubicaban los cementerios generalmente en terraplenes artificiales. Encontramos tumbas de diferentes tamaños según la categoría social y la jerarquía militar, política o religiosa del difunto. De ésta forma, podemos considerar dos grupos principales<sup>25</sup>: subterráneas y cubiertas.

Tumbas subterráneas: Se inician en sencillos pozos de planta circular, continúa con fosos similares con bóvedas laterales y termina con fosas de tres tipos: planta oval, a veces con cámaras laterales; planta rectangular cubiertas con losas y plantas rectangular revestidas con losas en suelo, paredes y cubierta y un depósito fuera del sepulcro, para las ofrendas.



Figura 4.24. Tumbas en el Parque Arqueológico de San Agustín - Huila.  
Fuente: FORERO Bonell, Francisco. Noviembre 2007.

Tumbas cubiertas: Tumbas formadas por cámaras dolménicas de hasta 3 metros de altura, planta rectangular y con recintos laterales. Están cubiertas de tierra formando túmulos en las partes centrales y más altas de los cementerios. Es la tumba característica de San Agustín.

Con respecto a las viviendas, aparecen asociadas a campos de cultivo, en tierras aptas para la siembra, en cimas de las lomas o en aterramientos en las laderas. Formaban bohíos construidos cerca de las corrientes de agua.

Encontramos viviendas construidas con columnas de madera clavadas en planta circular u oval, de unos 3 metros de diámetro, de estructura sencilla: muros de bahareque recubiertos de barro, suelo de tierra apisonada y techos cónicos de paja<sup>26</sup>.



Figura 4.25. Casas típicas agustinianas.  
Fuente: Colombia Travel Web. Abril 2015.

<sup>25</sup> FAJARDO, Julio José. "San Agustín: una cultura alucinada". Barcelona, España, Plaza & Janés. 1977.

<sup>26</sup> ARANGO Bueno, Teresa. Precolombia. Introducción al estudio del indígena colombiano. Ed. Sucesores de Rivadeneyra S. A. 1954

## Cultura Tumaco

Asentada en las llanuras inundables de la costa del Pacífico, entre el 700 a. C. y el 350 d. C., encontramos una sociedad de pescadores, cazadores y agricultores, que trabajaban la orfebrería y la cerámica en pequeñas decoraciones usando oro y platino que obtenían de la arena de los ríos.

Conformaron sociedades con centros políticos y económicos que alcanzaron el nivel de los grupos cacicazgos.

Construyen sus viviendas sobre plataformas artificiales para protegerlas de las inundaciones. Eran de planta rectangular y techo a dos aguas.<sup>27</sup>



Figura 4.26. Viviendas sobre plataformas. Cultura Tumaco - Tolita.  
Fuente: Blog: <http://abakmatematicamaya.blogspot.com.es>. Agosto 2011.

Ésta cultura se caracteriza por ser extraordinarios ceramistas, llegando a ser unos de los grandes alfareros, no sólo del pasado precolombino, sino de todo el continente americano.

Usaban dos técnicas: modelado directo o bien usando moldes. Además de las figurillas humanas, fabricaron ollas globulares, cuencos, platos, vasijas trípodes, copas, botellas...

Usaban la incisión como técnica decorativa sobre la arcilla fresca; presión mediante un instrumento con el que ejercían fuerza al barro húmedo; relieve y pintura.



Figura 4.27. Figurillas humanas. Cultura Tumaco - Tolita.  
Fuente: Historia del Arte Colombiano. Ed. Salvat Editores S.A. 1977.

<sup>27</sup> ARANGO Bueno, Teresa. Precolombia. Introducción al estudio del indígena colombiano. Ed. Sucesores de Rivadeneyra S. A. 1954

## Cultura Wayúu - Guajira

Encontramos el territorio de la Guajira al norte de Sierra Nevada y de la Serranía de Perijá y los Motilones, en la parte más septentrional de Colombia. Es un territorio que soporta grandes vientos, fuertes temperaturas y carencias de agua.

Los wayúus se han adaptado a este territorio: a su sequía, calor penetrante y sus delicados caminos.

Para esta cultura, la casa tiene una "historia": es "gente" cuya dinámica sintetiza los ciclos vitales<sup>28</sup> de unos grupos de individuos. No es sólo una unidad de producción y consumo fundamental, sino un espacio de vida ceremonial o el lugar de descanso de sus muertos.

Los asentamientos wayúus, llamados rancherías, se encuentran dispersos sobre la media y alta Guajira y se componen de un conjunto de unidades independientes que conforman cocina, dormitorio y enramada (espacio abierto con techo a una o dos aguas, sobre seis postes); así como corrales, pozos y a veces, su propio cementerio.



Figura 4.28. Ranchería Wayúu, Riohacha, Guajira.  
Fuente: "Pasado presentes. La vivienda en Colombia". Bogotá 2009.

Generalmente, la localidad está rodeada por cercas de cardos de forma irregular, delimitando el espacio doméstico.

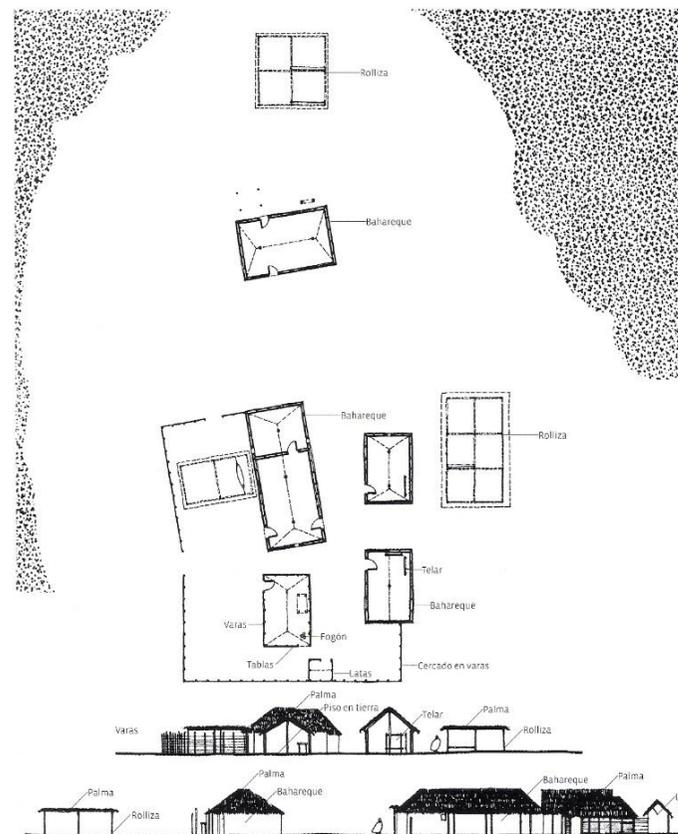


Figura 4.29. Ranchería Riohacha, Guajira.  
Fuente: "Pasado presentes. La vivienda en Colombia". Bogotá 2009.

<sup>28</sup> PINEDA Camacho, Roberto. "Pasados presentes. La vivienda en Colombia". 1ª Edición. Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá. 2009.

La casa tiene normalmente una planta rectangular, con techo de dos o cuatro aguas, el cuál a veces se proyecta al frente, formando una zona sombreada. La vivienda se divide en dos cuartos donde se instalan las hamacas y chinchorros. Los enseres familiares se guardan en mochilas de algodón de diversos tipos, el suelo colocan las múcuras y vasijas de agua así como botellas donde guardaban las semillas.



Figura 4.30. Vivienda Cabo de la Vela, Guajira.  
Fuente: "Pasado presentes. La vivienda en Colombia". Bogotá 2009.

Para los wayúus, la cocina es un espacio muy significativo, ya que gran parte del diario vivir de las mujeres se concentra en este lugar. Alrededor de las piedras se conforma el fogón, donde se conversan y tejen mientras preparan la comida. De forma habitual, carecen de techo pero está encerrado y protegido por cactus para neutralizar la arena y los fuertes vientos. Sin embargo, a veces las cocinas presentan muros o techo a dos aguas, elaborado con cactus.

La ranchería está construida en gran medida con materias prima locales y no es concebida por sus habitantes como una vivienda permanente e inmutable, por tanto, se restaura constantemente.

## Cultura Tairona

La cultura Tairona no establece claramente sus orígenes: “El complejo arquitectónico asociado con elementos cerámicos, aparece más bien súbitamente, alrededor de los siglos XI o XII de nuestra era, sobreponiéndose a culturas de tipo tribal”.<sup>29</sup>

Inicialmente asentados en el litoral, se expandieron luego hacia las zonas altas donde construyeron ciudades de piedra. Junto a la Cultura Muisca, son las culturas más evolucionadas que encontramos, donde podemos ver claramente el concepto de “preciudad”.

Los Tairona se situaron entre el nivel del mar y una altura aproximada de 2000 metros, principalmente en la Sierra Nevada de Santa Marta, cerca del río Bonda y a lo largo de los ríos Ariguaní, Cesar y Ranchería.



Figura 4.31. Arquitectura Tairona.  
Fuente: FERNANDEZ Saavedra, Jorge Eduardo. Junio 2015.

El elemento principal y característico de ésta civilización es una estructura espacial cuya unidad básica es la terraza. Las terrazas son zonas aplanadas contra la ladera, sustentadas sobre muros de contención hechos en piedra. Dentro de las terrazas se encuentra un área circular elevada unos centímetros sobre el suelo y marcada por un anillo de piedra, correspondiente a los cimientos de la vivienda.

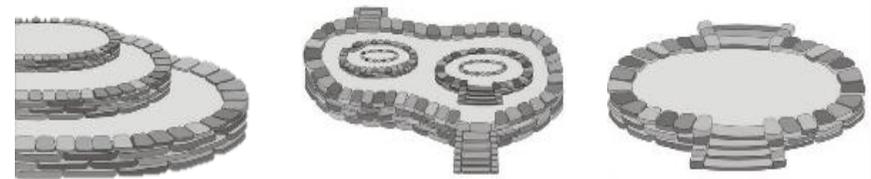


Figura 4.32. La ingeniería Tairona.  
Fuente: MORENO Duarte, Pedro. Octubre 2011.

Las terrazas varían en forma y tamaño, lo que insinúa diferencias de uso y jerarquía social; la mayoría de las terrazas están aisladas y poseen un solo anillo interior, otras están entrelazadas y contienen grupos de 2 o 3 basamentos de construcciones. Las terrazas con 4 o más basamentos son excepcionales y atípicas.

De igual forma, destacaban por su destreza urbanística en ingeniería ya que sus poblados contaban con canales de desagüe, zonas públicas y residenciales según jerarquía social, terrazas de cultivo y una amplia red de caminos enlosados<sup>30</sup>.

<sup>29</sup> JARAMILLO Uribe, Jaime. Manual de historia de Colombia “Colombia Indígena”. Tomo I. 3ª Edición. Ed. Procultura S.A. Instituto Colombiano de Cultura.

<sup>30</sup> SENA. “De la época precolombina a la conquista española”. Edición Biblioteca Virtual Bogotá. Mayo 2007.

Las viviendas Tairona eran igualmente admirables, construidas a base de madera o bahareque, con techos de paja y palma y generalmente, con forma cónica. Al estar ubicadas sobre terrazas, presentaban entradas escalonadas con lajas de piedra rústica, así como diferentes adornos en las puertas y mobiliario interior, según jerarquía social.

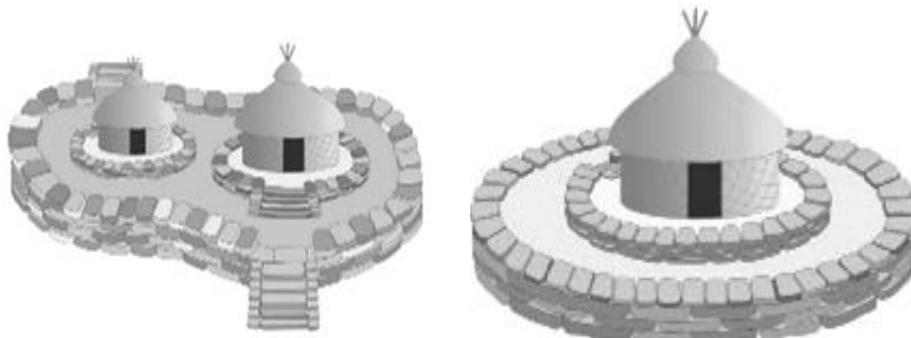


Figura 4.33. Vivienda Tairona sobre las terrazas.  
Fuente: MORENO Duarte, Pedro. Octubre 2011.

Para la construcción de la casa Tairona, se emplean técnicas similares a las que usan las culturas anteriores: construcción del techo con paja, nudos para el amarre de las vigas, doblamiento de vigas...

La casa Tairona es una edificación de gran tamaño con forma circular, ovalada y rectangular. Sus dimensiones dependen de la tribu que la construye, oscilan entre los 10 metros de diámetro y los 12 metros de altura, en caso de ser planta circular; o, de 10 a 43 metros de largo, 6 a 20 metros de ancho y 6 a 15 metros de alto,

para las viviendas de planta rectangular. Normalmente, el techo se lleva hasta el suelo para así proteger de la humedad y el calor.<sup>31</sup>



Figura 4.34. Poblado Tairona.  
Fuente: Josefa Gladys. Octubre 2009.

Observamos por tanto, que la cultura Tairona se encontraba, como hemos citado anteriormente, en un momento de desarrollo urbanístico intermedio entre poblado y ciudad dando lugar a un gran desarrollo urbanístico, que aún se conserva en la "Ciudad Perdida" o "Teyuna".

---

<sup>31</sup> Geografía Humana de Colombia. Nordeste Indígena (Tomo II). Recuperado de: <http://www.banrepcultural.org/blaavirtual/geografia/geograf2/inicio.htm>. Instituto Colombiano de Cultura Hispánica. 2014.

En la "Ciudad Perdida" encontramos los restos arqueológicos de lo que posiblemente fuese el centro político y manufacturero de los Taironas.



Figura 4.35. Ciudad Perdida Teyuna.  
Fuente: <http://www.historvius.com/>

La ciudad está compuesta por un complejo sistema de construcciones, caminos empedrados, canalizaciones, canales para el manejo del agua de lluvia, muros de contención, escaleras y muros intercomunicados por las distintas terrazas y plataformas que albergan los centros ceremoniales, casas, sitios de almacenamiento de víveres y áreas de cultivo.

Para el momento de la conquista, los Taironas estaban establecidos alrededor de dos centros urbanos: los sacerdotes y los jefes civiles. Es por esto que dicha cultura no alcanzó la consolidación de un gobierno centralizado.

## Herencia Indígena

La herencia prehispánica se percibe en la arquitectura de la vivienda tradicional en los asentamientos urbanos y rurales de las llanuras del Caribe y del Valle del Magdalena.

Podemos encontrar diferentes tipos de viviendas rurales, donde la cantidad de unidades que forman las mismas depende de muchos factores: de la cantidad de personas que se deben alojar, de la capacidad económica de la familia y de su crecimiento en el tiempo.

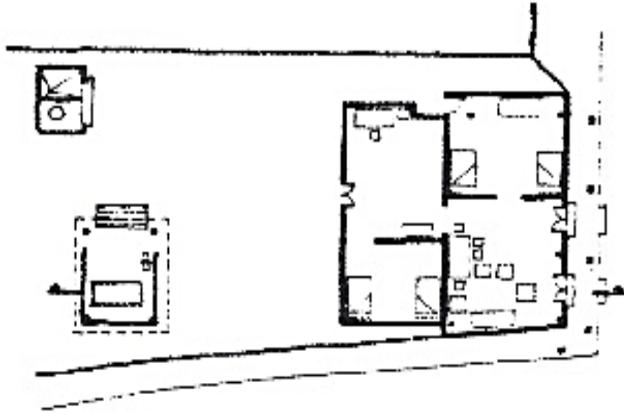


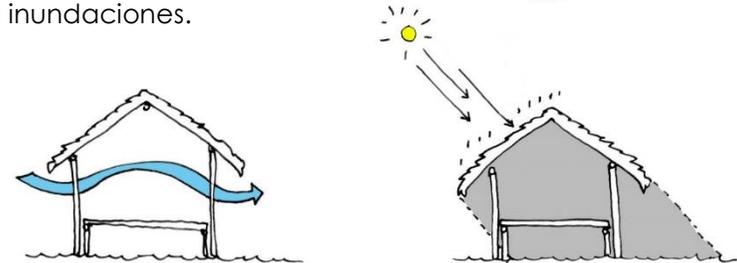
Figura 4.36. Planta de vivienda tradicional, San Antero, Córdoba.  
Fuente: Ceam Ltda.

En general, podemos encontrar tres tipos básicos de unidades<sup>32</sup>: la unidad principal que contiene el espacio social y los dormitorios, a veces integrados en un solo recinto y en otras ocasiones separados

en dos o tres estancias; la segunda unidad es la cocina, que queda claramente diferenciada de la unidad principal y la tercera, un cobertizo usado para múltiples fines.

Aunque encontramos diferentes particularidades tanto en el tamaño como en la construcción, la arquitectura de la vivienda presenta una configuración morfológica de las unidades similar en la mayoría de las culturas indígenas destacadas anteriormente:

- Una unidad familiar de **planta rectangular** con **cubierta a dos aguas**.
- **Muros de bahareque** o tierra apisonada.
- **Cubierta de paja** obtenida de tallos de pastos o gramíneas silvestres, **con gran inclinación**, para proteger del sol.
- Uso de **ventilación cruzada** mediante el uso de **aperturas horizontales** enfrentadas entre sí.
- **Elevación de la vivienda** gracias a plataformas que construían a diferentes niveles, con el fin de evitar humedad e inundaciones.



<sup>32</sup> SALDARRIAGA Roa, Alberto; CHÁVEZ, Álvaro; PELÁEZ, Gonzalo; PINEDA CAMACHO, Roberto. "Pasados presentes. La vivienda en Colombia". 1ª Edición. Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá. 2009.

Si observamos las viviendas de las diferentes culturas, podemos apreciar la similitud entre ellas:



**Calima**

Fig. 4.37. Fuente: CUEVAS, Fernando. 2002. Flickr



**Muisca**

Fig. 4.38. Fuente: RODRIGUEZ, Ricardo. Parque Arqueológico de Sogamos. 2006.



Fig. 4.39. Fuente: RODRIGUEZ, Ricardo. Parque Arqueológico de Sogamos. 2006.



**Páez**

Fig. 4.40. Fuente: A. Collo, Gustavo. 2006. Blog <http://gcollo.comunidadcoomeva.com>



**Tumaco**

Fig. 4.41. Fuente: R. Roberto. 2012. Blog [diseograficoroberto.blogspot.com.es](http://diseograficoroberto.blogspot.com.es)



**Quimbaya**

Fig. 4.42. Fuente: PAEZ, Norma. 2014. Blog [dietrica.files.wordpress.com](http://dietrica.files.wordpress.com)



**Wayúu - Guajira**

Fig. 4.43. Fuente: El Viajero Fenikás. 2012. Blog <http://viajero.fenikas.com>



**Tairona**

Fig. 4.44. Fuente: SANTOS C., Roberto. 2009. Blog Arquitectura Armónica.

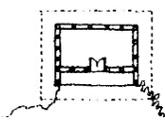
Podemos destacar la madera, la palma, el barro, la paja y el bahareque, como los materiales característicos de las etnias indígenas colombianas.

Si **comparamos** los modelos indígenas con las estrategias definidas anteriormente, apreciamos **viviendas elevadas del terreno, planta rectangular, grandes huecos** para ventilación, **cubiertas grandes e inclinadas**, así como vegetación rodeando a las viviendas.

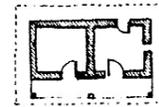
Una de las herencias más perdurables es la construcción en bahareque. Asume diversas modalidades locales y regionales además de ser una técnica universal que se ha desarrollado en varios contextos geográficos y culturales. Su versatilidad es enorme, así como su economía. En el campo de la vivienda popular colombiana, el bahareque es aún el material más económico y muy duradero.

Diferentes técnicas actuales del bahareque, el manejo de guadua, el cubrimiento con palma y paja y las estructuras y cerramientos con varas y cañas son algunas de las herencias que sobreviven en las tradiciones arquitectónicas colombianas.

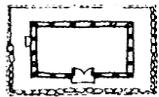
Por tanto, según el lugar, aunque muy similares, la tipología de vivienda tradicional<sup>33</sup> en las culturas indígenas se recopila así:



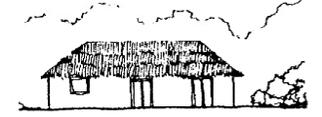
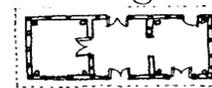
Vivienda en Oriente de Cundinamarca



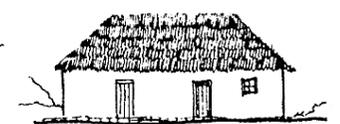
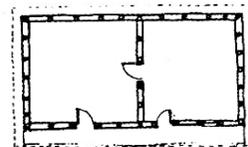
Vivienda en Sabana de Bogotá



Vivienda en Valle de Tenza



Vivienda en Costa Atlántica



Vivienda en Nariño



Vivienda en Valle de Tenza

<sup>33</sup> Figura 4.45. Tipología de vivienda tradicional.

Fuente: Ceam Ltda. Incluido en "Pasados presentes. La vivienda en Colombia". SALDARRIAGA Roa, Alberto. Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá. 2009.

#### 4.1.2.2. Periodo Colonial (1492 - 1880)

Con la llegada de los exploradores españoles a América del Sur, en el año 1492, comienza un nuevo periodo poblacional que trae consigo un desarrollo de la arquitectura, las costumbres y la sociedad.

Se produce por tanto, una transculturación donde se desarrolla una cultura exclusivamente receptiva. La sociedad que se estableció en el Reino de Nueva Granada fue de carácter estamental, donde la iglesia ocupó el primer lugar ordenando la vida y justificando toda actividad cultural que se realizase.

Los conquistadores españoles encuentran un pueblo disperso, con diversidad de lenguas, costumbres y religiones, situados en diferentes posiciones geográficas del país. Es entonces, cuando los exploradores deben inventar las formas físicas que representan la cultura española en tierras desconocidas, para poblar el territorio, fundar ciudades y explotar económicamente las nuevas tierras.

Durante el primer periodo colonial podemos distinguir tres periodos secuenciales<sup>34</sup>: el primero se refiere al momento inicial de la conquista y dominio del nuevo territorio, donde la traza inicial de las ciudades, la construcción de las primeras estructuras defensivas y las arquitecturas iniciales marcarán un hito y serán los precedentes obligados del desarrollo arquitectónico y urbanístico de los siglos posteriores.

El segundo periodo engloba al restante del S. XVI, el S. XVII y los comienzos del S. XVIII, y prolonga los tipos básicos establecidos: traza de ciudades, construcciones defensivas y arquitectura.

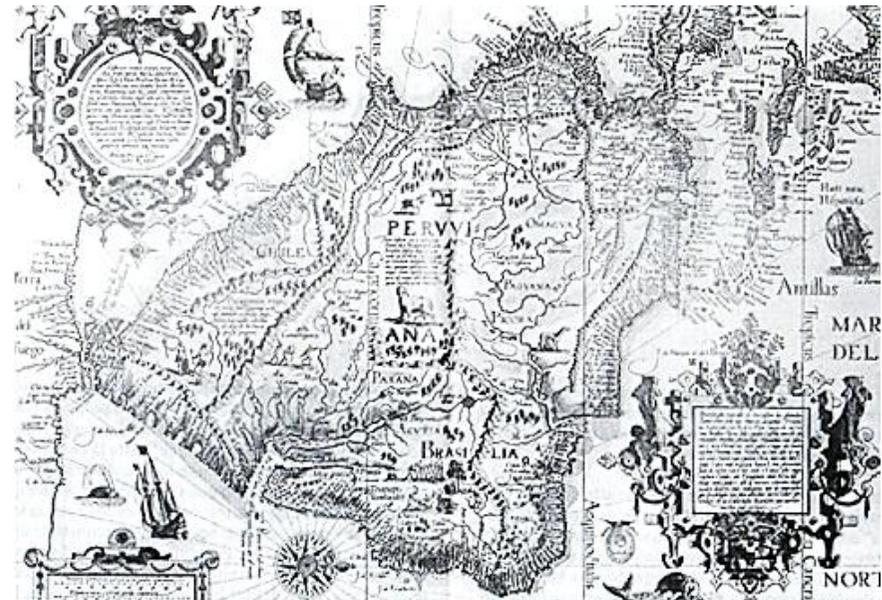


Figura 4.46. Mapa de América. S. XVIII. Conformación del Reino de Nueva Granada. Fuente: ARANGO, Silvia. "Historia extensa de la arquitectura en Colombia". Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. 1989.

Durante el segundo periodo, las ciudades se van consolidando lentamente y la arquitectura doméstica y religiosa se asienta entre las diferentes poblaciones conformando un espacio urbano.

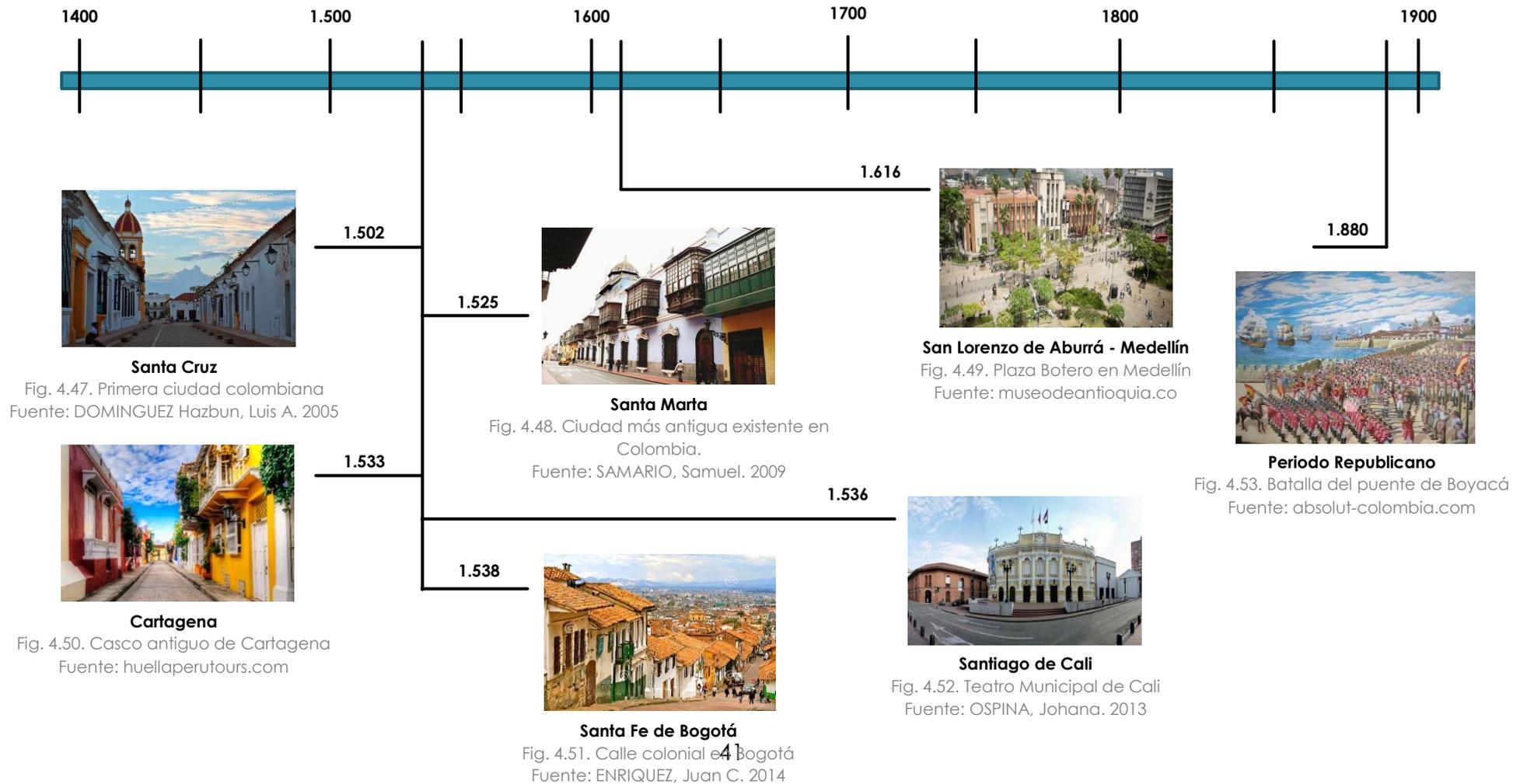
El tercer periodo, se caracteriza por el apasionamiento y el decorativismo, donde empieza a privilegiar lo americano sobre lo español.

<sup>34</sup> ARANGO, Silvia. "Historia extensa de la arquitectura en Colombia". Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. 1989.

Durante los tres siglos que duró la ocupación española en el territorio colombiano, se establecieron modos de habitar y de hacer ciudad y arquitectura orientadas por un conjunto relativamente sencillo de pautas de ordenamiento territorial y de trazado de las edificaciones destinadas a la vivienda.

Con estas pautas, comienzan las primeras fundaciones siguiendo un patrón: espacio central (plaza) a partir del cual se delimitaban las manzanas, construcción de la iglesia y el cabildo, y posterior reparto de solares según clase social.

### Creación de Ciudades durante el Periodo Colonial



El ordenamiento espacial de la ciudad colonial tuvo como fundamento el reparto proporcional de tierras a los fundadores y pobladores. Este ordenamiento partió de la división en cuadrícula del espacio urbanizado<sup>35</sup> y de la delimitación de lo público (calles y plazas) y de lo privado (manzanas y predios). Un segundo nivel de ordenamiento ocurrió con la división del espacio privado al interior de la manzana, en cuatro, seis, ocho o más predios. La tercera subdivisión se efectuó hacia el interior del predio y un último nivel que se da con la subdivisión de recintos en el interior de la edificación.

Un aspecto importante del urbanismo colonial colombiano es la clara delimitación del espacio urbano mediante la continuidad de los paramentos de las edificaciones, que contrasta con la presencia de vegetación en el interior de los solares<sup>36</sup>.

Las viviendas quedaron alineadas en el borde de las manzanas<sup>37</sup> y se distinguían entre sí por algunos detalles singulares en portadas y balcones.

La mayoría de las ciudades que se fueron consolidando se levantaron con construcciones de carácter transitorio<sup>38</sup>, en bahareque y paja. Más adelante, hacia 1550, cuando existía población española suficiente con intenciones de permanecer en tierra conquistada, las ciudades empiezan a adquirir una forma definida mediante la creación final de arquitectura colonial y espacio urbano.

Por tanto, el trazado de las nuevas ciudades se originó en un proceso lento y calculado por parte de los conquistadores. Si observamos los planos de algunas de las ciudades que se formaron en el Reino de Nueva Granada, podemos distinguir en todos ellos el modelo de retícula ajedrezada y geométrica, donde el núcleo es la plaza mayor, y a su alrededor se distribuyen la zona eclesiástica, el cabildo y los solares siguiendo una distribución jerárquica.

### Cartagena, Colombia.



Figura 4.54. Plano de la ciudad de Cartagena. 1533.  
Fuente: Web <http://laorejadejenkins.es>. 2013.

<sup>35</sup> FONSECA MARTINEZ, Lorenzo, SALDARRIAGA ROA, Alberto. "Aspectos de la arquitectura contemporánea en Colombia". Medellín, Editorial Colina. 1977

<sup>36</sup> GIL Tovar, F., ARBELÁEZ Camacho, C. "El arte colonial en Colombia" Ed. Sol y Luna. Bogotá. 1968.

<sup>37</sup> SALDARRIAGA Roa, Alberto; CHÁVEZ, Álvaro; PELÁEZ, Gonzalo; PINEDA CAMACHO, Roberto. "Pasados presentes. La vivienda en Colombia". 1ª Edición. Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá. 2009.

<sup>38</sup> ARANGO, Silvia. "Historia extensa de la arquitectura en Colombia". Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. 1989.

### Santa Marta, Colombia.

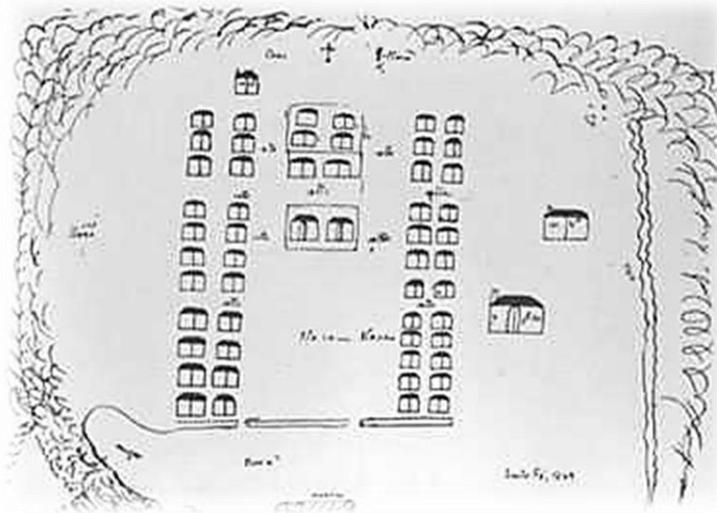


Figura 4.55. Plano de la ciudad de Santa Marta. 1525.  
Fuente: Juan Friede en "Hojas de Cultura Popular Colombiana". Archivo de Indias, Sevilla-España. 1534.



Figura 4.56. Panorámica de Santa Marta. 1543  
Fuente: Publicación en la web <http://lineadeorigen.com>. 2012.

### Santa Fe de Bogotá, Colombia.



Figura 4.57. Plano de la ciudad de Santa Fe de Bogotá. 1538.  
Fuente: José María Lans, 1832. Publicado en <http://institutoestudiosurbanos.info>



Figura 4.58. Plaza de la Constitución. Santa Fe de Bogotá. 1852.  
Fuente: Dr. Heinz Heineberg. Publicado en [www.banrepcultural.org](http://www.banrepcultural.org)

En el Reino de Nueva Granada, el componente indígena fue dejando su impronta local, pero no de una manera unificada a lo largo de todo el país, sino de forma variable según las regiones y de acuerdo a razones de recursos de materiales, clima e idiosincrasia, entre otros. De éste modo, se mezclan y enlazan distintos estilos que finalmente dan lugar a la **arquitectura colonial** con un estilo arquitectónico desarrollado desde mediados del S. XVI hasta principios del S. XIX<sup>39</sup>.

La casa urbana, el convento y la casa de hacienda fueron tres formas de habitación propias de los pobladores españoles. Los indios, mestizos y mulatos se alojaron en “ranchos” o “bohíos” (iguales a los usados por las culturas indígenas) localizados en las periferias urbanas o en las áreas rurales.

La arquitectura doméstica colombiana, ya sea casa, convento o hacienda, derivó de un arquetipo primario<sup>40</sup> que permitía distribuir distintas estancias alrededor de uno o varios patios; lo cual no solo reflejaba la herencia andaluza, sino también las influencias árabes y romanas de las casas de dichas regiones peninsulares.

La desmaterialidad propia de las viviendas indígenas se sustituye, en las primeras edificaciones, por muros opacos prácticamente sin huecos al exterior, ya que la disposición de puertas y ventanas no estaba pensada “desde fuera”, sino “desde dentro”, desde las necesidades de aire y luz de los espacios internos<sup>41</sup>.

Con el tiempo, la idea de vivienda perdurable se fue consolidando ya que con la formación de las ciudades se hace necesaria la

residencia de los españoles en ellas. Las viviendas debían ser más duraderas y resistentes. Cambiaron los muros ligeros de bahareque y las cubiertas de paja por muros pesados y poco flexibles con cubiertas de teja de arcilla, desarrollando también sistemas híbridos de muros de tapia en el primer piso y de bahareque en el segundo, que llamaban “estilo temblorero”<sup>42</sup> ya que respondía eficientemente a los terremotos.



Figura 4.59. Casas Tunjanas. S. XVI. Al exterior, las puertas y ventanas se disponen con aparente arbitrariedad.

Fuente: Historia extensa de la arquitectura en Colombia. Silvia Arango. 1989.

<sup>39</sup> A. 2012, 12. “Casas coloniales”. Revista ARQHYS.com. Obtenido 10, 2016, de <http://www.arqhys.com/contenidos/coloniales-casas.html>

<sup>40</sup> SÁLDARRIAGA Roa, Alberto; CHÁVEZ MENDOZA, Álvaro; PELÁEZ, Gonzalo; PINEDA CAMACHO, Roberto. “Pasados presentes. La vivienda en Colombia”. 1ª Edición. Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá. 2009.

<sup>41</sup> ARANGO, Silvia. “Historia extensa de la arquitectura en Colombia”. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. 1989.

<sup>42</sup> SENA, Sección de Publicaciones. “El bahareque en la región del Caribe” Módulos 1 al 9. Dirección General, Bogotá, 1990.



Figura 4.60. Villa de Leyva, ciudad colonial de Colombia.  
Fuente: VARELA OVALLE, Juan Pablo. Fotógrafo. 2012.



Figura 4.61. Barichara, pueblo colonial en Santander, Colombia.  
Fuente: Jacc y Sara en la web saltaconmigo.com. 2013.

## **Arquitectura Doméstica – Vivienda Urbana**

En lo que a la vivienda urbana confiere, encontramos dos grandes tipologías<sup>43</sup>: la “Casa Baja” y la “Casa Alta”, aunque con algunas variantes según la situación geográfica.

La vivienda típica es aquella en la que el patio ocupa una posición central o lateral frente a la entrada, después del zaguán, creado como espacio de transición, y se rodea por tres o cuatro tramos o alas construidas bordeadas por un corredor que da al patio. Son típicas las configuraciones en forma de O y de U. A veces, encontramos otras más sencillas con forma de L. Éstas configuraciones son típicas tanto en casas bajas como en las altas.

La organización de los espacios interiores durante mucho tiempo no siguió un patrón funcional, sino que lo predominante era la interiorización y la privacidad de los espacios; lo que llevó a construir las casas en base a las necesidades interiores según la distribución de las distintas dependencias. No hay un espacio público como tal, por lo que la arquitectura doméstica es sólo un espacio interior envuelto que alberga la vida cotidiana de una familia.

### **- Casa Baja**

La casa baja colonial de un solo piso, con bajas pretensiones arquitectónicas pero igualmente engarzada a patrones urbanos armoniosos, tiene un uso primordialmente como vivienda, teniendo la posibilidad de un local comercial las casas de esquina<sup>44</sup>.

<sup>43</sup> ANGULO GUERRA, Francisco. “Tipologías Arquitectónicas Coloniales y Republicanas”. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Bogotá. 2008.

<sup>44</sup> TELLEZ, Germán. “Casa Colonial. Arquitectura Doméstica Neogranadina”. Villegas Editores. Bogotá. 1995.



Figura 4.62. Casa de Luis Perú de Lacroix, Bucaramanga. S. XVIII.  
Fuente: Patrimonio Urbano de Bucaramanga. Historiaabierta.org.



Figura 4.63. Casa del Virrey o de la Marisancena, Cartago. S. XVIII.  
Fuente: Patrimonio Cultural y Arquitectónico de Colombia. cartago.8m.com.

### Descripción funcional

La casa baja cuenta con una planta rectangular y se desarrolla en tres cuerpos alrededor de un patio lateral<sup>45</sup>, donde se establece una tipología de espacios principales: zaguán o vestíbulo; antesala hacia el patio central, conformando el primer lado del patio; sala o salón principal hacia la calle; corredor cubierto a lo largo del patio interior, que conforma el segundo lado del patio; alcobas o recámaras dispuestas a lo largo del corredor; comedor y cocina al fondo, los cuales definen el tercer lado del patio interior; y muro alto medianero.

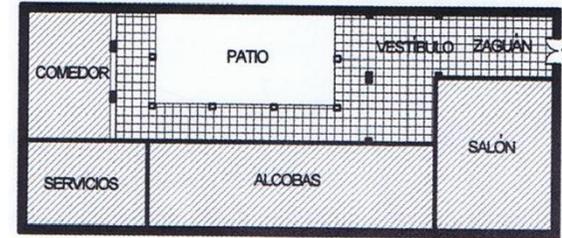


Figura 4.64. Casa Baja – Planta tipo A.

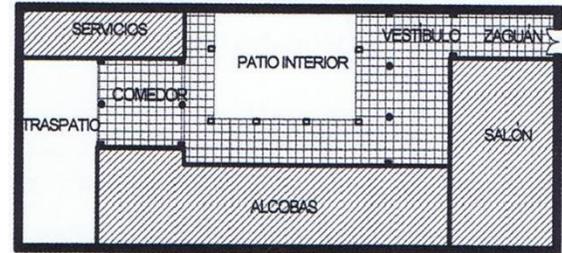


Figura 4.65. Casa Baja – Planta tipo B.  
Fuente: ANGULO, F. Tipologías Arquitectónicas Coloniales y Republicanas.

<sup>45</sup> SILDARRIAGA Roa, Alberto; CHÁVEZ MENDOZA, Álvaro; PELÁEZ, Gonzalo; PINEDA CAMACHO, Roberto. "Pasados presentes. La vivienda en Colombia". 1ª Edición. Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá. 2009.

## Espacios de la Casa Baja<sup>46</sup>

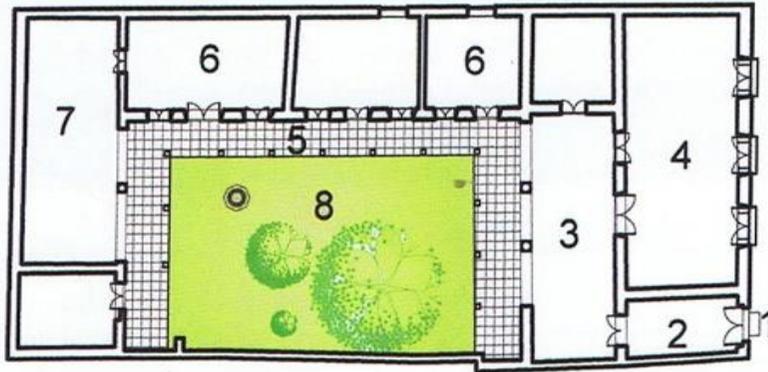


Figura 4.66. Planta Casa Baja.

Fuente: ANGULO, F. "Tipologías Arquitectónicas Coloniales y Republicanas".

1. Acceso: ubicado a un costado de la casa.
2. *Zaguán lateral*: ubicado entre la portada y el vestíbulo. Sirve para la transición entre el exterior y el interior.
3. *Vestíbulo o antesala*: Estancia cotidiana de la familia y cruce de circulaciones.
4. *Gran salón*: Ubicado en la crujía frontal, entre la calle y la antesala, destinado a grandes eventos sociales de la familia.
5. *Circulación de alcobas*: Galería que bordea lateralmente el patio interior.
6. *Alcobas*: Ubicadas en la crujía lateral de la casa.

7. *Comedor y cocina*: Ubicada en crujía posterior.

8. *Patio interior*: Elemento primordial que articula física y ambientalmente los espacios de la casa colonial.

### ▮ Descripción constructiva

La casa baja es un conjunto de una sola planta sobre rasante, apoyada directamente sobre el terreno, construida con materiales y técnicas constructivas tradicionales andaluzas, que fueron implantadas por los conquistadores. La madera, la albañilería de adobe, el ladrillo, la cubierta de teja de arcilla y el blanqueado con cal, hacen características las viviendas en ésta época.

Debemos destacar la escasa presencia de huecos al exterior, la insuficiente pendiente de los paños de la cubierta, y la construcción directa sobre el terreno; detalles que penalizan la correcta adaptación de estas viviendas al contexto climático del país.

### ▮ Descripción simbólica/representativa

Estas viviendas son casas introvertidas, cerradas al espacio exterior y que por tanto vierten toda la vida familiar en torno al patio interior; con lo que se recrea la arquitectura doméstica de Andalucía.

Encontramos a veces casas más pequeñas de una planta que presentan un solo espacio con cubierta muy pendiente apoyada en una estructura de madera más sencilla; se conocen como "accesorias", por estar en la parte final de la vivienda principal y estar destinadas a la clase más baja o servidumbre.

<sup>46</sup> ANGULO GUERRA, Francisco. "Tipologías en la Arquitectura Colonial y Republicana de Cartagena, Turbaco y Arjona". Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Bogotá. 2008.

### - Casa Alta

La casa alta colonial estuvo principalmente destinada a residencia de la aristocracia española<sup>47</sup>, y como sede de despachos gubernamentales. Según la jerarquía social, algunas casas presentaban símbolos de riqueza como el entresuelo, el traspatio o el mirador, no muy común en una casa de clase social media. Las casas de dos plantas se situaban sobre la plaza o en las manzanas adyacentes.



Figura 4.67. Casa del Fundador Gonzalo Suárez Rendón, Tunja. S. XVI.  
Fuente: Alcaldía de Tunja, Boyacá. Web: tunja-boyaca.gov.co.



Figura 4.68. Casa del Marqués de Valdehoyos, Cartagena. S. XVII.  
Fuente: NELSON, Liliana. Web: Traviata. Nuestra Guía en Cartagena.



Figura 4.69. Casa Bodegón de la Candelaria, Calle de las Damas, Cartagena. S. XVII.  
Fuente: CASTAÑEDA, A. Exposición Colombiana "Cartagena de Frente".

<sup>47</sup> ANGULO GUERRA, Francisco. "Tipologías en la Arquitectura Colonial y Republicana de Cartagena, Turbaco y Arjona". Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Bogotá. 2008.



7. *Locales internos B*: Ubicados en la crujía posterior, destinados a depósitos o locales de servicio.
8. *Patio interior*: Elemento principal de la casa, articula los espacios arriba relacionados.
9. *Vestíbulo*: Ubicado entre el gran salón y el vacío del patio. Estancia de uso diario de la familia.
10. *Gran salón*: Espacio social ubicado en la crujía frontal, entre el balcón y la antesala.
11. *Balcón corrido exterior*: Ubicado hacia la calle, a veces acompañado de tribunas laterales y a veces sustituido por éstas.
12. *Balconada*: Balcón interior sobre el vacío del patio, reparte las alcobas, cocina y comedor.
13. *Alcobas*: Ubicadas en fila, una tras otra en la crujía lateral.
14. *Cocina*: Ubicada al fondo de la crujía lateral, al final de la cual suele haber una escalera hacia el traspatio en caso de que exista.
15. *Comedor*: Ubicado en la crujía posterior. Es una estancia fresca y privilegiada especialmente si existe traspatio.

### ▸ Descripción constructiva

La casa alta es un conjunto de dos plantas sobre rasante, apoyada directamente sobre el terreno, construida al igual que la casa baja, con materiales y técnicas constructivas tradicionales.

La herencia hispánica en la arquitectura tradicional se manifiesta principalmente en la adopción extensa de los sistemas constructivos desarrollados por los pobladores españoles: mampostería de tapia pisada, adobe, ladrillo y piedra, estructuras de madera para entresijos y techos, cubiertas de teja de barro cocido, algunas técnicas de hierro forjado y la carpintería para puertas y ventanas.

La vida familiar discurre hacia el interior de la vivienda, en la zona del altiplano frío, por lo que prácticamente no se aprecian huecos hacia el exterior. Todos los huecos así como la ventilación se realizan por la parte interior de la vivienda gracias al patio.

La casa cartagenera de dos plantas si suelen mirar hacia fuera mediante unas galerías abiertas en fachada, con puertas que dan a las alcobas. Es característico de las zonas más cálidas ésta distribución.

### ▮ Descripción simbólica/representativa

Estas viviendas, según el lugar en el que se encuentren ubicadas, pueden ser introvertidas y cerradas al espacio exterior en las zonas más frías; o por el contrario, abiertas, con abundantes balcones y ventanas, en las zonas de climas calientes.

Todas estas viviendas poseen sus propios rasgos particulares de identidad arquitectónica; así como forman parte de la extensa familia de la arquitectura doméstica hispanoamericana desarrollada en el territorio por parte de los españoles.

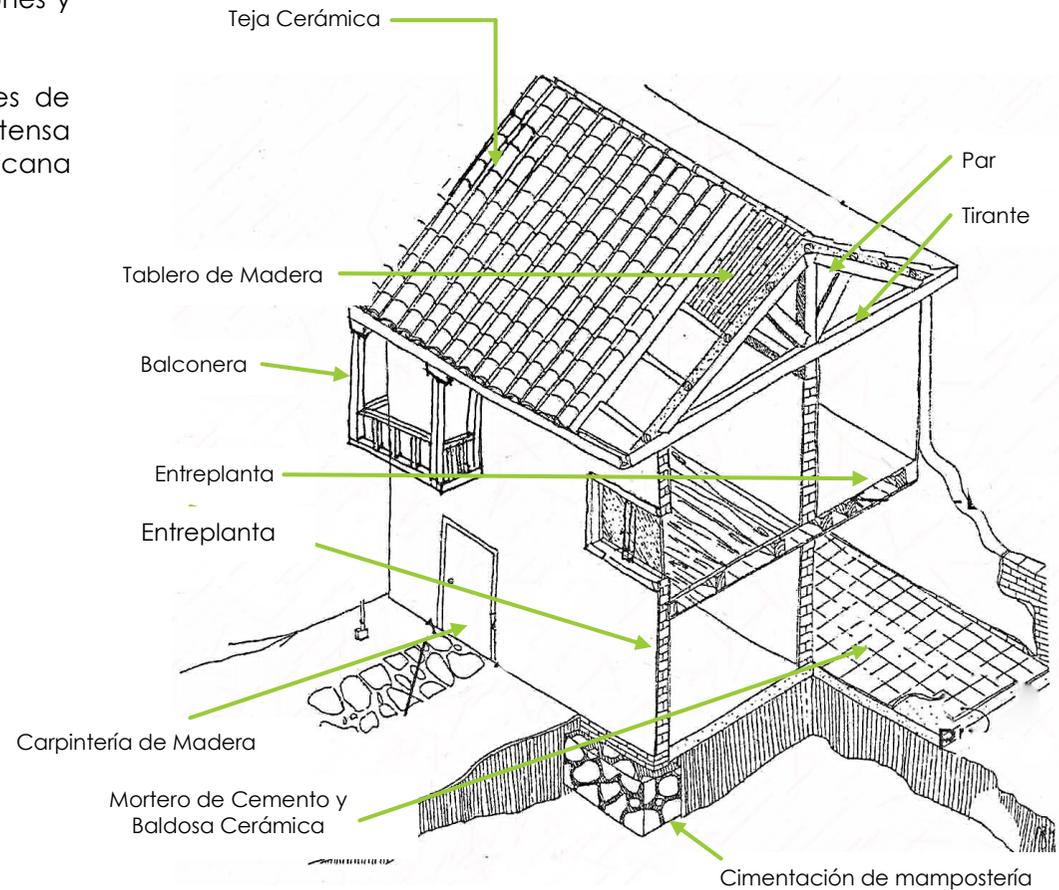


Figura 4.71. Sistemas constructivos en casa de dos plantas.  
Fuente: SCHAVELZON, Daniel. Web: danielschavelzon.com.

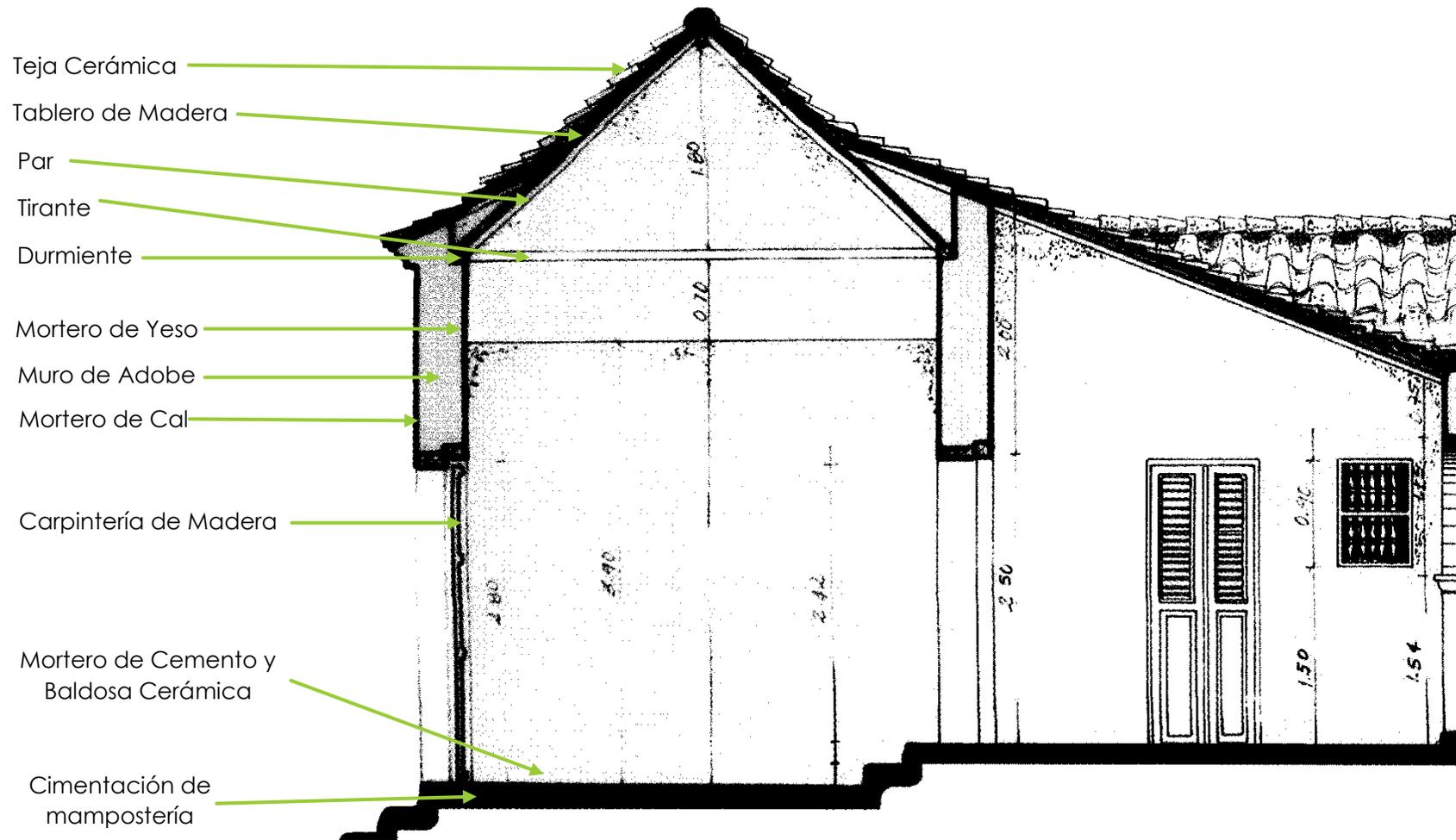


Figura 4.72. Sección tipo de la casa típica colonial.  
 Fuente: ANGULO, F. "Tipologías Arquitectónicas Coloniales y Republicanas".

## **Vivienda Rural – La Casa de Hacienda**

La casa de hacienda es una tercera forma de habitación propia de los españoles y criollos durante el período colonial. Su aparición fue relativamente tardía y obedeció a la formación de la “hacienda” como forma de propiedad y de explotación del territorio agrícola<sup>50</sup>.

En términos sociales generales, podemos hablar de haciendas “esclavistas” y de haciendas “serviles o feudales”<sup>51</sup>. Las primeras se desarrollan en el Valle del Cauca, en el Cauca y en la Costa Atlántica, proceden del capital minero y el alto valor que en ese momento representaban los esclavos en dicho lugar. Las haciendas “serviles o feudales” ocupan el área de Cundinamarca y Boyacá, surgen de la vocación agrícola de los habitantes indígenas y por la evolución o subdivisión de las antiguas encomiendas, estableciendo un sistema de vasallaje y peonazgo y la presencia creciente de arrendatarios.



Figura 4.73. Hacienda La Merced, El Cerrito. S. XVIII.  
Fuente: JARAMILLO, Vivian. Web: elpais.com.co. 2011.



Figura 4.74. Hacienda El Paraíso, Valle del Cauca. S. XVII.  
Fuente: QUINTANA R., Hernando, SALVATORE, Luigi. Archivo web: Hacienda El Paraíso.



Figura 4.75. Hacienda Cañas Gordas, Valle del Cauca. S. XVIII.  
Fuente: Web: valledelcauca.gov.co



Figura 4.76. Hacienda Trejo Plata, Valle del Cauca. S. XVII.  
Fuente: JARAMILLO, Vivian. Web: elpais.com.co. 2011.

<sup>50</sup> SÁLDARRIAGA Roa, Alberto; CHÁVEZ MENDOZA, Álvaro; PELÁEZ, Gonzalo; PINEDA CAMACHO, Roberto. “Pasados presentes. La vivienda en Colombia”. 1ª Edición. Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá. 2009.

<sup>51</sup> ARANGO, Silvia. “Historia extensa de la arquitectura en Colombia”. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. 1989.

### ▭ Descripción funcional

Las haciendas no sólo son un sistema de explotación agrícola sino también una forma muy americana de dominar una extensión territorial<sup>52</sup>. Podemos decir que una hacienda es un sistema espacial productivo que comprende sub-unidades: "hatos" o "estancias", relativamente independientes y especializadas. Los hatos, a su vez, se componen de potreros destinados a diversos usos (cultivos, pastoreo...) y contienen corrales y corralejas. Pueden además estar explotados directamente por el propietario de la hacienda o por arrendatarios.

### ▭ Descripción constructiva

Podemos distinguir dos líneas tipológicas básicas de casa de hacienda. La primera, propia del altiplano Cundiboyacense, se ordena alrededor de un patio central del que pueden desprenderse extensiones en diversas direcciones. La segunda, propia del Valle del Cauca y del sur del país, es una edificación lineal, con corredores por dos de sus lados mayores, con adiciones posibles en distintas direcciones.

La construcción ideal de una hacienda es un "conjunto arquitectónico rural que alberga diversas actividades relacionadas con la comunidad, que van desde el habitar, hasta las religiosas, las fiestas populares, relaciones que generan un conglomerado social y donde son evidentes los diversos niveles de una jerarquía que establece un orden arquitectónico, un orden económico, un orden social y un orden de trabajo".<sup>53</sup>

### Construcción ideal de una "Hacienda Típica"

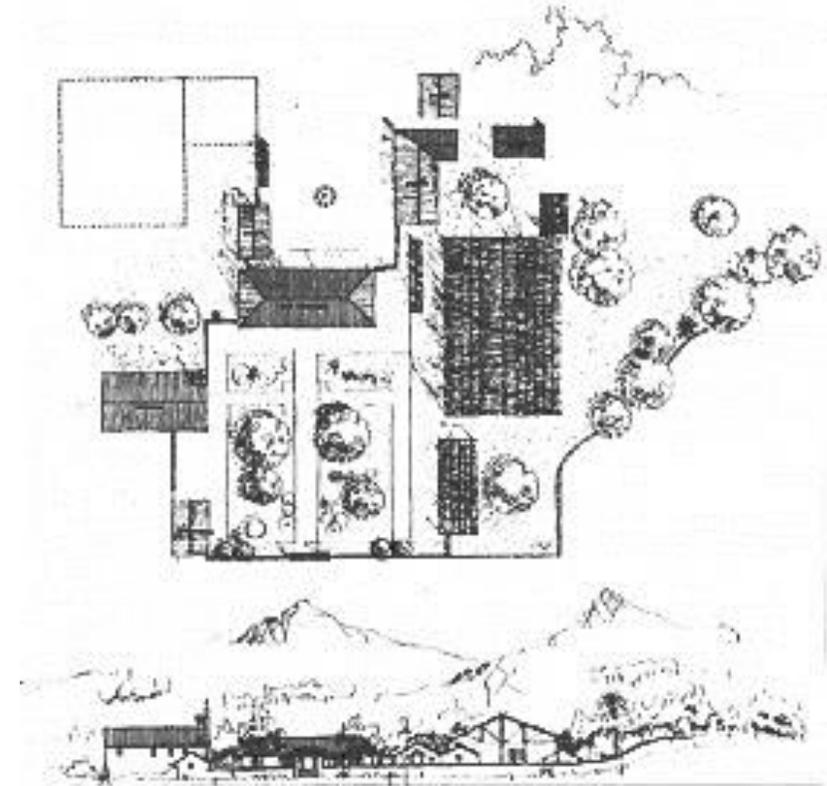


Figura 4.77. Hacienda "ideal"

Fuente: ARANGO, S. "Historia extensa de la arquitectura en Colombia"

Observamos como el núcleo de la hacienda era un conjunto espacial donde se refleja un orden arquitectónico, un orden económico y un orden social.

<sup>52</sup> ARANGO, Silvia. "Historia extensa de la arquitectura en Colombia". Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. 1989.

<sup>53</sup> Casas patronales. Universidad de Chile. Fac. Arquitectura. Dpto. de Historia. 1961

Durante el S. XVIII la casa hacienda parece haber seguido un patrón muy sencillo<sup>54</sup>: una serie de espacios dispuestos en hilera, precedidos por un corredor cubierto. El tramo longitudinal poseía a veces unos pequeños tramos transversales en sus esquinas. Con el tiempo se iban acondicionando construcciones o se ampliaba el núcleo básico inicial.

La organización de la hacienda se refleja en sus construcciones: la casa grande (de bahareque y paja), casa menor, cocina y despensa, capilla de tapia y teja y las casas de vivienda para los esclavos. Normalmente aunque no todas, incorporaban un corral y una corraleja. Todas las casas quedaban comunicadas entre sí por caminos.

#### ▭ **Descripción simbólica/representativa**

La consolidación del sistema espacial representado en las haciendas es de gran importancia cultural ya que significa el primer paso en firme hacia el dominio efectivo de un territorio, cosa que ocurre hacia la segunda mitad del S. XVIII.

Las haciendas permiten la provisión agrícola regular de las minas y elevan el nivel productivo agrícola y ganadero de varias zonas del país, aunque acentúan la distancia entre los pequeños grupos sociales que concentran todo el excedente y las grandes masas desposeídas.

---

<sup>54</sup> TELLEZ, Germán. "Casa de Hacienda. Arquitectura en el Campo Colombiano". Villegas Editores. 2ª Edición. Bogotá. 2006.

## Herencia Colonial

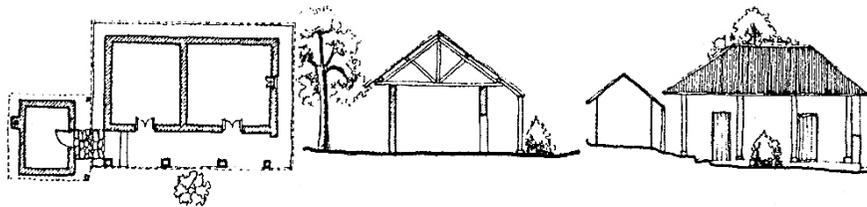
Tres siglos de dominación española dejaron en Colombia una importante herencia urbanística y arquitectónica, que definió la mayor parte del desarrollo posterior del urbanismo y de la arquitectura de la nueva República.

Además del legado de ciudades, poblados y edificaciones, y a través de su asimilación social y regional, el urbanismo y la arquitectura de la Colonia han llegado hasta el presente como tradiciones que aún operan como parte de la memoria colectiva y el patrimonio popular.

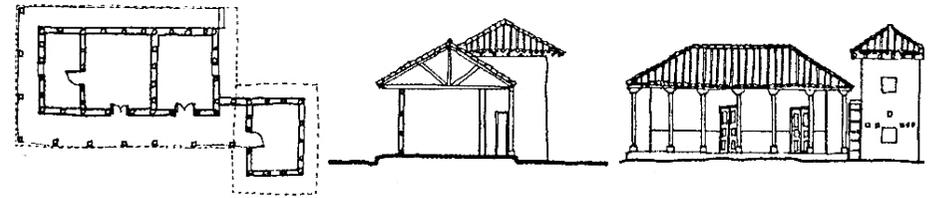
El dominio de España en América impuso un carácter casi obligatorio a sus pautas urbanas y arquitectónicas lo que produjo una hibridación de lo hispánico con las tradiciones indígenas.

La herencia hispánica ha sido uno de los aportes definitivos a las tradiciones populares en algunas regiones, especialmente en Boyacá, Santander, Cauca y Nariño.

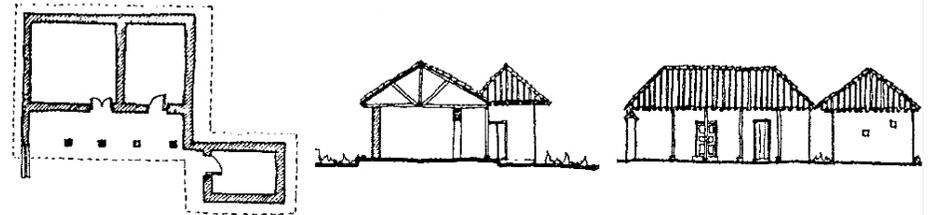
A grandes rasgos, según el lugar encontramos la siguiente tipología de viviendas coloniales<sup>55</sup>:



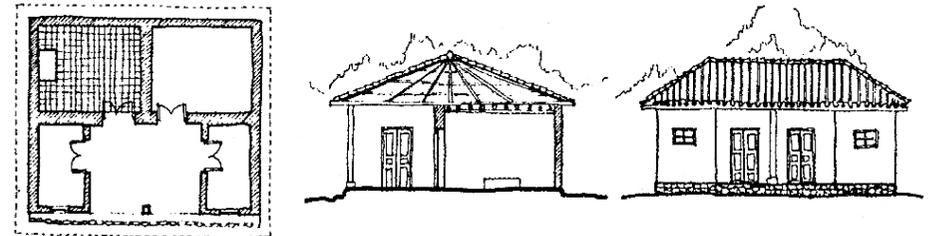
Vivienda en Oriente de Cundinamarca



Vivienda en Valle de Tenza



Vivienda en Sabana de Bogotá



Vivienda en Nariño



Vivienda en Antioquia

<sup>55</sup> Figura 4.78. Tipología de vivienda colonial.

Fuente: Ceam Ltda. Incluido en "Pasados presentes. La vivienda en Colombia". SالدARRIAGA Roa, Alberto. Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá. 2009.

La casa patio es una de las herencias más importantes en la historia de la arquitectura colombiana. Su supervivencia a través de los siglos así lo certifica, así como su presencia en las ciudades y su forma de adaptarse y tomar distintas formas.

La herencia hispánica en la arquitectura tradicional se manifiesta principalmente en la adopción extensa de los sistemas constructivos que desarrollaron los pobladores españoles:

- Una unidad familiar compuesta normalmente por **dos planta rectangulares** con **un patio interior** (a veces dos).
- Mamposterías de: **tierra pisada, adobe, ladrillo y piedra.**
- **Estructuras de madera** para entrepisos y techos.
- **Cubierta de teja de barro cocido** (hoy conocida como “teja española”).
- Técnicas de **hierro forjado.**
- **Carpintería** en puertas y ventanas.
- **Artesonados, yesería y pintura;** usada para decorar las edificaciones exclusivas y especiales de la Colonia.
- Durante los primeros años, **uso arbitrario de los huecos hacia el exterior,** que poco a poco se fueron regularizando cuando la vida hacia el exterior fue cobrando importancia.

Si **comparamos** los modelos coloniales con las estrategias definidas anteriormente, apreciamos **viviendas cerradas** con patio interior, **escasez de huecos** para ventilación, **cubiertas con poca inclinación** construidas con teja, uso de materiales prefabricados con **gran carga térmica** que provocan calentamiento en las viviendas.

Al contrario de las viviendas indígenas, las viviendas coloniales pierden la esencia del país, adoptando las costumbres de los colonizadores españoles; usando técnicas no adecuadas para construir en un país con un clima húmedo y caluroso.

## 4.2. Análisis de Ciclo de Vida aplicado a la arquitectura

Partiendo de los antecedentes de la Tesis Doctoral de Antonio García Martínez<sup>56</sup> y los trabajos Fin de Máster de Alejandro Mesa González<sup>57</sup>, Antonio Navarro Osta<sup>58</sup>, Manuel Gómez Pérez<sup>59</sup>, Marta Ruíz Alfonsea<sup>60</sup>, M<sup>a</sup> Dolores Martín Miranda<sup>61</sup> y Lázuli Fernández Lobato<sup>62</sup>, se realiza una puesta en contexto relacionada con el Análisis de Ciclo de Vida aplicado a la arquitectura.

El aumento de la conciencia de la importancia de la protección del entorno y del medio ambiente y de los impactos ambientales que generan la mayoría de los productos consumidos, es la consecuencia del creciente interés por el desarrollo de herramientas que midan y que permitan controlar estos impactos. Una de esas técnicas desarrolladas será el conocido como Análisis de Ciclo de Vida, de aquí en adelante ACV.

La legislación en materia medioambiental desarrollada a nivel internacional a partir de los años 60, así como el consumo descontrolado de recursos, dieron lugar a la aparición de una normativa más específica que limita el consumo de energía y de recursos naturales con el fin de disminuir el impacto ambiental causado por las industrias, principalmente, y frenar la desaparición de los recursos naturales.

El método que se propone trata de analizar el impacto ambiental que un determinado sistema o producto genera a lo largo de todo su proceso de vida, con el objetivo de medir dicho impacto y aplicar mejoras o soluciones. Para cuantificar el impacto ambiental, el ACV considera una técnica global del proceso que lleva implícito un sistema o producto, desde la extracción de las materias primas que intervienen en la construcción de ese producto, hasta el reciclaje o vertido de los residuos provenientes del proceso de deconstrucción.



Figura 4.82. Ciclo de Vida de un producto.

Fuente: Manual explicativo del Análisis de Ciclo de Vida aplicado al Sector de la Edificación. Proyecto EnerBuiLCA.

<sup>56</sup> GARCÍA MARTINEZ, A., Análisis de Ciclo de Vida (ACV) de Edificios. Propuesta Metodológica para la Elaboración de Declaraciones Ambientales de Viviendas en Andalucía. Universidad de Sevilla, Sevilla. 2010.

<sup>57</sup> MESA GONZALEZ, A., Análisis de Ciclo de Vida de soluciones arquitectónicas ligeras de rápido montaje. El sistema Florín. Universidad de Sevilla (MIATD). 2014.

<sup>58</sup> NAVARRO OSTA, A., Arquitectura ligera y de rápido montaje: búsqueda de modelos. El análisis de Ciclo de Vida como herramienta de evaluación y corrección de los modelos. Universidad de Sevilla (MIATD). 2014.

<sup>59</sup> GÓMEZ PÉREZ, M., Análisis medioambiental de sistemas constructivos y edificatorios. Desarrollo instrumental a partir de herramientas tipo BIM. Universidad de Sevilla. (MIATD). 2014.

<sup>60</sup> RUIZ ALFONSEA, M., Análisis de ciclo de vida de modelos de habitación construidos en entornos de clima tropical (Colombia, s. XX-XXI). Universidad de Sevilla (MIATD). 2015.

<sup>61</sup> MARTÍN MIRANTA, M<sup>a</sup> D., Análisis de ciclo de vida de construcciones ligeras y de rápido montaje. La obra de Shigeru Ban. Universidad de Sevilla (MIATD). 2015.

<sup>62</sup> FERNÁNDEZ LOBATO, L., Análisis de los 3 proyectos ganadores de Solar Decathlon 2014. Universidad de Sevilla (MIATD). 2015.

El estudio de Análisis de Ciclo de Vida queda registrado y definido por el Comité AEN/CTN 150 de Gestión Ambiental, en las siguientes normas de regulación:

- UNE-EN ISO 14040:2006. Gestión ambiental. Análisis de Ciclo de Vida. Principios y marco de referencia.
- UNE-EN ISO 14044:2006. Gestión ambiental. Análisis de Ciclo de Vida. Requisitos y directrices.

Además, para la correcta elaboración de estudios de ACV, se elaboraron documentos técnicos recogidos<sup>63</sup> en:

- ISO/TR 14047:2012: Environmental management. Illustrative examples on how to apply ISO 14044 to impact assessment situations.
- ISO/TR 14048:2002: Environmental management. Data documentation format.
- ISO/TR 14049:2012: Environmental management. Illustrative examples on how to apply ISO 14044 to goal and scope definition and inventory analysis.

Acorde con la metodología propuesta en la normativa ISO 14044:2006, un proyecto de ACV cuenta con cuatro fases fundamentales:

- Objetivos y alcance del estudio, en esta fase se define el tema de estudio y los motivos que llevan a analizarlos.

- Análisis de inventario (ICV), esta fase engloba la obtención de datos y procedimientos de cálculo para identificar los efectos ambientales asociados.
- Análisis del impacto (AICV), consistirá en la selección de categorías de impacto, indicadores de energía y modelos.
- Interpretación de los resultados obtenidos de las fases anteriores, analizados conjuntamente, en consonancia con los objetivos fijados, para establecer las conclusiones finales.

Estas cuatro fases no constituyen una secuencia en un solo sentido, el ACV es una técnica que permite ir repitiendo cada fase y así incrementar el nivel de detalle de cada una.

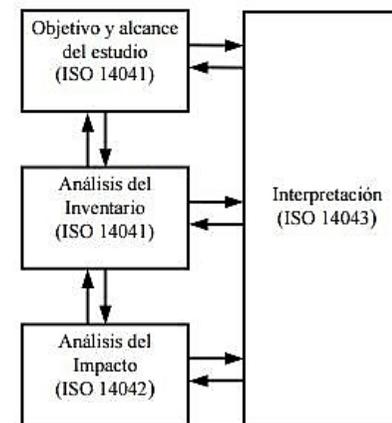


Figura 4.80. Fases de un ACV según ISO 14044:2006.

Fuente: ANTON VALLEJO, M. A., Utilización del Análisis de Ciclo de Vida en la Evaluación del impacto ambiental del cultivo bajo invernadero Mediterráneo. Universidad Politécnica de Catalunya, Barcelona. 2004.

<sup>63</sup> International Organization for Standardization ISO Central Secretariat. www.iso.org.

En el presente estudio, se tendrán en cuenta cada uno de los materiales, elementos y procesos intervinientes en cada una de las fases anteriores para cada modelo a analizar.

Por otro lado, las herramientas de cálculo de ACV cuantifican la cantidad de desechos emitidos en cada fase del ciclo de vida del producto a través de ecoindicadores<sup>64</sup> obteniendo como resultado del impacto medioambiental, dividido por categorías de impacto, con la finalidad de aplicar mejoras y soluciones para reducir en el impacto ambiental en la construcción de nuevos productos o sistemas.

En relación a las categorías de impacto, dentro del ACV existen multitud de categorías de impacto, desde categorías que cuantifican el consumo de recursos abióticos, hasta categorías que miden la producción de toxicidad terrestre o la producción de toxicidad humana en determinados procesos o elementos. En el presente trabajo el ACV se realiza para las siguientes categorías de impacto:

- **Global Warming Potential**, GWP, (Calentamiento Global Potencial), expresada en kg CO<sub>2</sub>-Eq. Esta categoría evalúa la contribución al calentamiento global de cada uno de los materiales y elementos que componen el modelo.
- **Comulative Energy Demand**, CED, (Energía Incorporada), expresada en MJ. Esta categoría evalúa el impacto que produce el consumo de energía incorporada en el proceso del ciclo de vida de un edificio.

Además, el desarrollo de las cuatro fases anteriores lleva implícito el manejo de una gran cantidad de datos para realizar un ACV, por lo que existen numerosas aplicaciones informáticas que facilitan el cálculo de ACV. Además de los softwares, existen numerosas bases de datos con las que se puede desarrollar el ICV y según el programa o método que se utilice y en función de los requisitos y calidades definidos, se empleará una o más bases de datos<sup>65</sup>.

En este caso, la fuente que se empleará para la realización de cada uno de los ACV será la base de datos *ECOINVENT*<sup>66</sup>.

---

<sup>64</sup> ZABALZA I. y ARANDA A. *Ecodiseño en la Edificación*. Zaragoza: Prensas Universitarias de Zaragoza. 2011.

<sup>65</sup> GÓMEZ PÉREZ, M., *Análisis medioambiental de sistemas constructivos y edificatorios. Desarrollo instrumental a partir de herramientas tipo BIM*. Universidad de Sevilla. (MIATD). 2014.

<sup>66</sup> Ecoinvent es la base de datos más famosa de ACV, utilizada por unos 4500 usuarios en más de 40 países alrededor del mundo. Contiene un inventario de datos relativos al ciclo de vida de diversos campos dentro de la industria internacional: suministro de energía, extracción de recursos, suministro de materiales, químicos, metales, agrícolas, tratamiento de residuos y servicios de transporte, fácilmente extrapolables para la realización de ACV. ([www.ecoinvent.org](http://www.ecoinvent.org))

### 4.3. Selección de modelos

Una vez realizada la puesta en contexto, principalmente arquitectónico, en el que se encontraba el país de Colombia durante cada uno de los dos periodos que encontramos antes del siglo XVI y los siglos XVII, XVIII y XIX; y analizado el desarrollo evolutivo de las tipologías de vivienda a lo largo de estos siglos, se ha procedido a la selección de una serie de modelos con la finalidad de aplicar el Análisis de Ciclo de Vida y determinar cuál es la tipología de vivienda que más se adecúa al ambiente climático del país y que menos impacto medioambiental produce o ha producido a lo largo de su vida útil.

De este modo, se ha intentado seleccionar el modelo de vivienda más representativo de cada etapa de las descritas anteriormente.

#### - Periodo Prehispánico

Una vez analizado este periodo, los ejemplos de viviendas que encontramos cuentan con prácticamente las mismas características arquitectónicas y constructivas, por lo que para la selección de un modelo concreto, se han tenido en cuenta los parámetros de adaptación al medio definidos anteriormente, como la forma de la planta (rectangular), ventilación de la cápsula interior, perímetro cubierto por vegetación, la forma y pendiente de la cubierta.

Después de realizar este análisis, el modelo que cuenta con más parámetros de adaptación al medio, sería la **casa comunal** o **maloca**, perteneciente a la Cultura Muisca y situada en la Amazonía Colombiana.

#### - Periodo Colonial

Durante este periodo, encontramos dos tipologías arquitectónicas características que presentan dos modelos muy marcados y significativos. Por otro lado, se han tenido en cuenta las estrategias de adaptación al medio geográfico, buscando similitud con las estrategias de diseño que perduraban de las culturas indígenas.

Por tanto, se considera como destacadas dos viviendas en situaciones geográficas diferentes y de siglos distintos: **Casa del Fundador Gonzalo Suarez Rendón** construida en Tunja en 1539; y la **Hacienda El Paraíso**, construida entre 1816 y 1828 en el Valle del Cauca.

## 5. DESCRIPCIÓN DE LOS MODELOS

### 5.1. Modelo 1. Casa Comunal Muisca

El primer modelo habitacional sobre el que se va a realizar el análisis de ciclo de vida, constituye una vivienda popular del Periodo Prehispánico (ver apartado 4.1.2.1).

La vivienda se sitúa en la Amazonía Colombiana, lugar donde se asentó la cultura Muisca a partir del año 1450 a.C. No ha sido posible disponer de la zona exacta de ubicación.

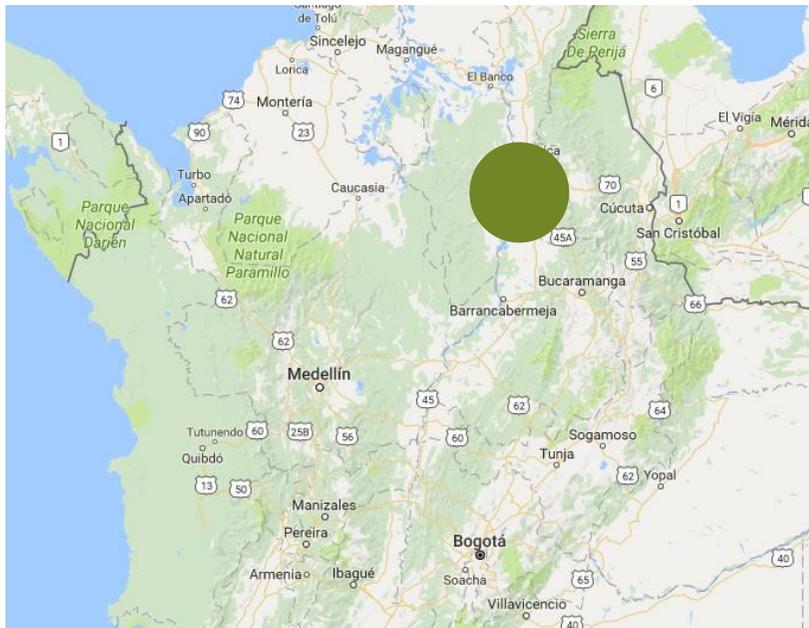


Figura 5.1. Situación de la Amazonía Colombiana.  
Fuente: Google Maps.

La situación de la vivienda en el lugar indicado, favorece la vegetación alrededor de la misma; proporcionando un ambiente más acogedor y seguro para la vida.

La vivienda consta de una sola planta rectangular, con unas dimensiones aproximadas de 25 metros de largo y 15 metros de ancho. Se encuentra dividida en tres compartimentos laterales así como una zona central de reunión de la tribu. La cubierta a dos aguas presenta gran inclinación, con una altura interna aproximada de 7,30 metros; y termina a unos 90 centímetros del suelo. Cuenta con dos pasillos laterales para favorecer la ventilación y proteger la vivienda de la humedad.



Figura 5.2. Maloca Ipanore Rectangular.  
Fuente: GOMEZ, Juan Pablo. Revista Semana – La Nueva Colombia – Entre la Orinoquia y la Amazonia. Printer Colombiana S.A. 2011.

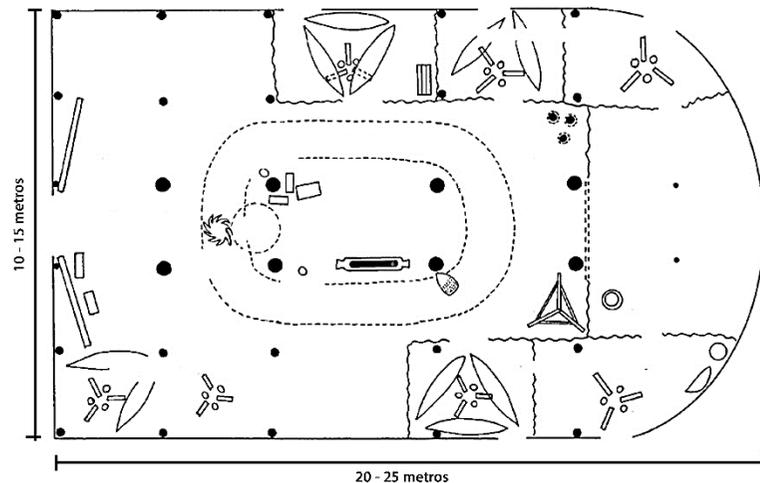
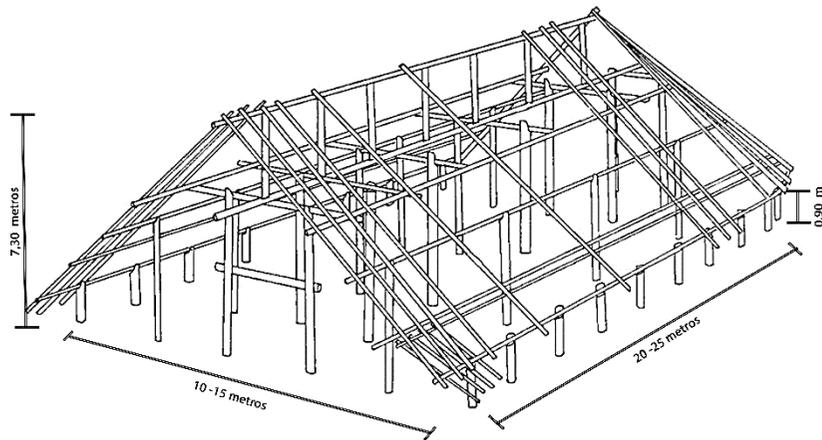


Figura 5.3. Estructura de Maloca Ipanore. Distribución interior de maloca.  
Fuente: HUGH-JONES, S. The Maloca: a world in a house. In E. Carmichael. 1985.

A la vivienda se accede a través de las aperturas laterales que presentan las fachadas.

La organización interior de la maloca se divide en espacios que se reorganizan dependiendo de las ceremonias que en ella se realizan. El centro de la maloca pasa a ser el espacio donde la danza tiene lugar. Así mismo, en el centro encontramos el fuego sagrado y es donde se realizan los acontecimientos familiares.

La zona de cada familia está marcada por su propio fogón y las hamacas que ocupan sus integrantes.

La cimentación en éste caso, es la propia tierra compactada, sobre la que colocan los pilares estructurales de madera que sostienen la cubierta y dan forma a la vivienda.

La estructura de la vivienda está compuesta por muros de bahareque de 10 centímetros de espesor, contruidos con palos de madera entretejidos y barro.

La cubierta está construida mediante vigas de madera unidas entre sí con la técnica de par en hilera, dando una pendiente muy inclinada a la misma, que finalmente se cubre con hojas de palmera.

Encontramos dos aperturas enfrentadas, cada una en una fachada, que favorecen la ventilación cruzada. Además, a ambos lados de la vivienda, hacia donde cae el tejado, se observa un pasillo que evita el sobrecalentamiento de la misma y aporta frescura al interior.

Por último, la vivienda se encuentra rodeada de vegetación, tanto para prevenir la entrada de animales a la aldea como para optar a unas mejores condiciones climáticas.

## 5.2. Modelo 2. Casa del Fundador Gonzalo Suarez Rendón

El segundo modelo habitacional sobre el que va a ser aplicado el análisis de ciclo de vida, es una vivienda construida con influencias y técnicas constructivas propias del Periodo Colonial (ver apartado 4.1.2.2), perteneciente al Capitán Gonzalo Suarez Rendón, construida por él mismo en 1539, siendo su arquitectura una de las más lujosas del Nuevo Reino de Granada, única en su género y la única casa de fundador que se conserva en Hispanoamérica. La vivienda se sitúa en el casco histórico de la ciudad de Tunja, en la carrera 9, N° 19-63 en la Plaza de Bolívar.



Figura 5.4. Situación de Tunja en Colombia.  
Fuente: Google Maps.

En un principio, la situación de la vivienda no sería la más óptima dado que la fachada se sitúa hacia el noroeste, siendo las orientaciones más castigadas por la incidencia solar el este y el oeste (ver estudio de carta solar). Pero si es cierto que la situación general de la casa gira en torno al norte.



Figura 5.5. Ubicación de la vivienda en Tunja.  
Fuente: Google Maps.

La vivienda se edificó a mediados del s. XVI por constructores españoles e indígenas, por lo que presenta el sello castellano de la arquitectura tunjana.

La Casa del Fundador es una mansión colonial de dos pisos, con un patio central claustrado en dos de sus lados, formando una “ele” abierta hacia la vista del valle de Tunja, cuya panorámica se divisa desde las galerías de la segunda planta.

Las galerías bajas tienen arcos sobre columnas de piedra, y en el piso superior, arquivoltas de madera. La escalera claustral arranca de un ángulo del patio y da acceso a la planta alta. Aunque cuenta con patio interior bien ventilado, la vivienda no presenta huecos en muros enfrentados, por lo que la ventilación no es la adecuada para un clima húmedo.

La planta cuenta con unas dimensiones aproximadas de 28,50 metros de largo y 25 metros de ancho (fachada).



Figura 5.7. Patio interior Casa Fundador, Tunja. S. XVI.  
Fuente: World Nomads. <https://journals.worldnomads.com>



Figura 5.6. Casa del Fundador Gonzalo Suárez Rendón, Tunja. S. XVI.  
Fuente: Alcaldía de Tunja, Boyacá. Web: <http://www.colombia.travel/>



Figura 5.8. Fachada Casa Fundador, Tunja. S. XVI.  
Fuente: Eric Mohl. Trans-Americas Journey.

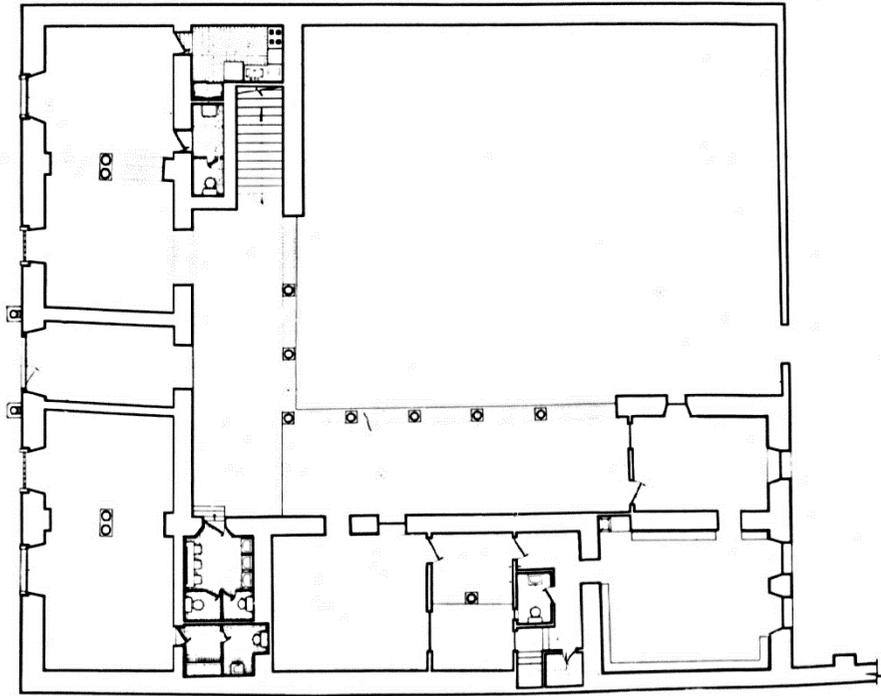
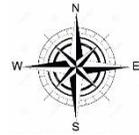


Figura 5.9. Planta primera de la vivienda.  
Fuente: "La Arquitectura en Colombia", Ed. ESCALA LTDA. Bogotá. 1985.

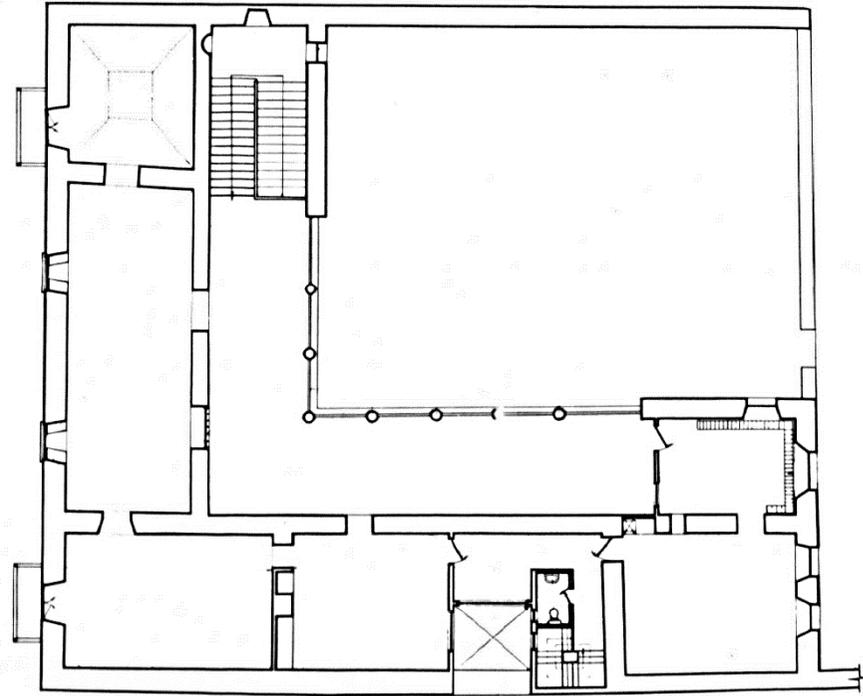


Figura 5.10. Planta Segunda de la vivienda.  
Fuente: "La Arquitectura en Colombia", Ed. ESCALA LTDA. Bogotá. 1985.

A la vivienda se accede a través de un zaguán que será la transición entre el exterior y el interior. A continuación encontramos el vestíbulo del primer piso, representado con un amplio pasillo en forma de "ele" de aproximadamente 4 metros de ancho que comunica con el patio interior. En el vestíbulo encontramos la escalera que da acceso al vestíbulo del segundo piso. A ambos lados del acceso principal encontramos las estancias externas, que a su vez comunican con el vestíbulo, así como estancias internas que miran hacia el patio interior.

La segunda planta se destina para el uso familiar, siendo la más importante de la vivienda. En ella se sitúan los dormitorios, el baño en la parte más alejada de la fachada, la cocina así como el salón social usado para eventos, plenos y reuniones.

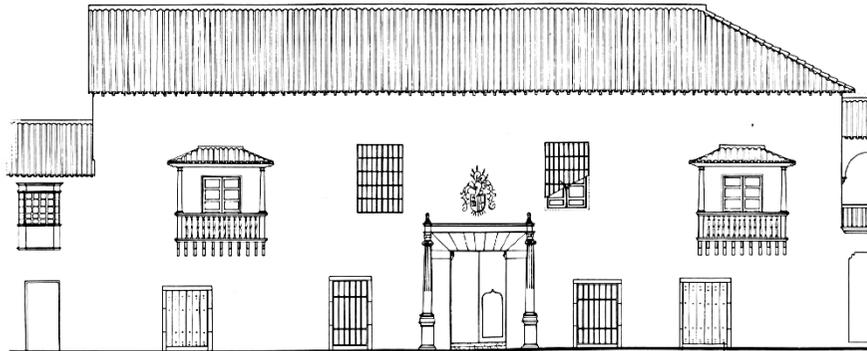


Figura 5.11. Fachada Principal.  
Fuente: "La Arquitectura en Colombia". Ed. ESCALA LTDA. Bogotá. 1985.

La cimentación está realizada mediante zapatas corridas bajo los muros de la vivienda y bajo los pilares que rodean los patios, y se componen de mampostería de piedra y mortero de arena y cal. Se estimarán unas dimensiones de 50x50 cm.

La estructura de la vivienda está compuesta por muros de carga de 80 centímetros de espesor, contruidos con adobe y coronados por unas vigas de madera sobre las que apoyaran los elementos que conforman la cubierta. Además de los muros, el patio interior está rodeado por unos muros en forma de arco y unos pórticos formados por vigas y pilares de madera, sobre los que apoyarán los aleros interiores de la cubierta y hacia donde se producirá la evacuación de aguas pluviales.

Los muros de compartimentación que formarán las diferentes estancias de la vivienda se construyen también en adobe y tendrán 65 centímetros de espesor.

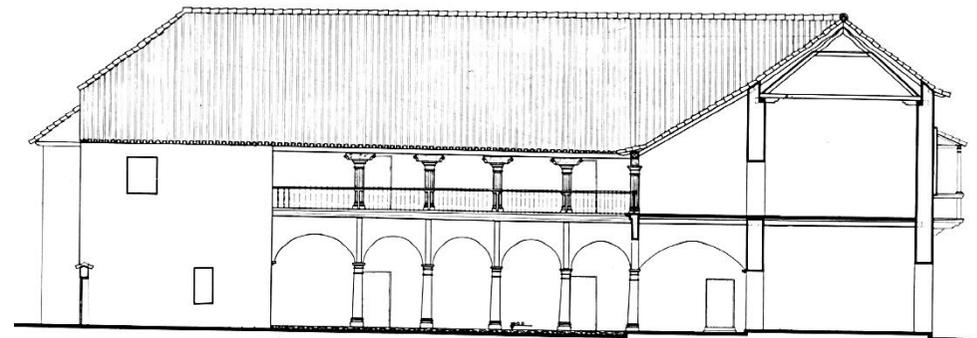


Figura 5.12. Sección longitudinal.  
Fuente: "La Arquitectura en Colombia". Ed. ESCALA LTDA. Bogotá. 1985.

La cubierta estará construida mediante cerchas de madera de tipo par y nudillo, sobre las que se disponen unas correas para soportar unos tableros también de madera que formarán el soporte de las tejas que servirán de terminación para la cubierta.

La escalera está formada por escalones de muro de adobe, los escalones que comunican los dos niveles que componen la vivienda, se realizarán de baldosa cerámica, y la barandilla del desembarco superior será de madera.

En cuanto a los revestimientos, los suelos se realizan de baldosas cerámicas sobre una capa de mortero de cal y arena y los suelos tanto del patio como del pasillo en forma de "ele" serán de ladrillo sobre una capa de mortero de cal y arena. Por otro lado, los revestimientos de los muros serán de mortero de cal en el exterior, realizando las ornamentaciones de la fachada con molduras de yeso antes de enfoscar. Las caras interiores de los muros se revisten con mortero de yeso. La terminación de la cubierta estará realizada con tejas cerámicas dispuestas sobre los tableros de madera.

Por último, la carpintería será en su totalidad de madera, incluyendo la puerta de acceso a la vivienda.

Estos materiales serán tenidos en cuenta en el posterior análisis de ciclo de vida objeto de este trabajo.

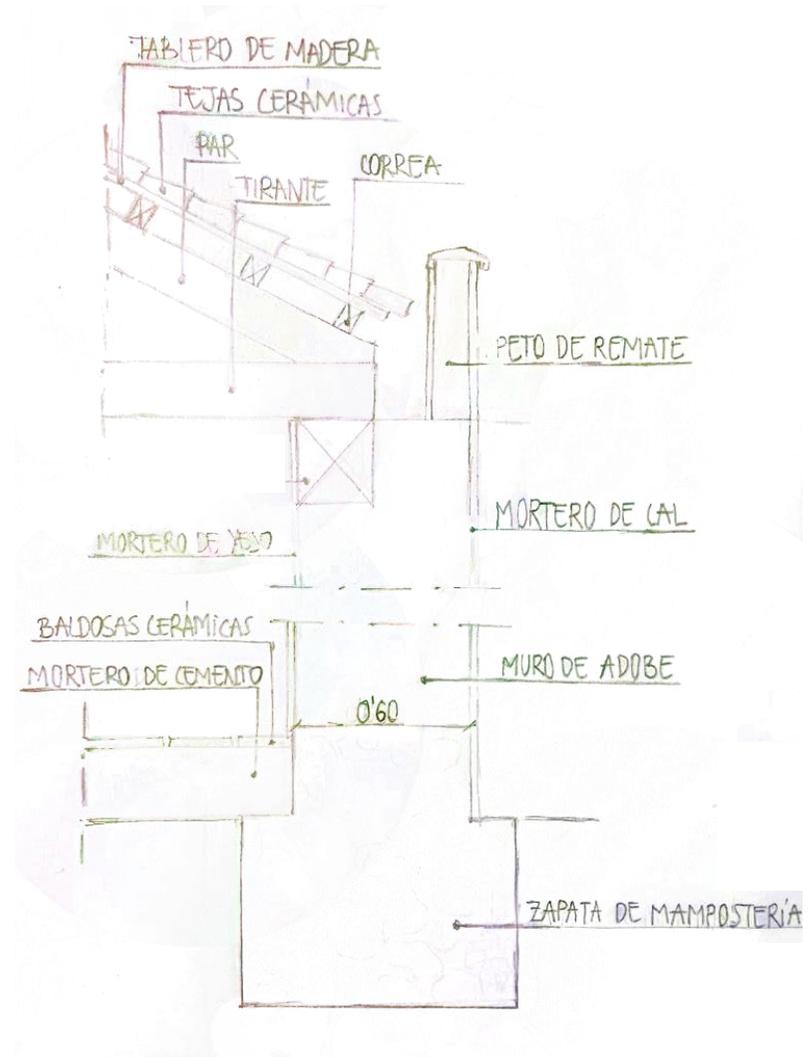


Figura 5.13. Esquema de sección constructiva.  
Fuente: Elaboración propia.

### 5.3. Modelo 3. Hacienda El Paraíso.

El tercer modelo habitacional sobre el que va a ser aplicado el análisis de ciclo de vida, es una vivienda construida, al igual que el modelo 2, con influencias y técnicas constructivas propias del Periodo Colonial (ver apartado 4.1.2.2), construida por Víctor Cabal entre 1816 y 1828. Posteriormente, en 1954, fue restaurada por el maestro Luis Alberto Acuña. La hacienda se sitúa a 36 km de Cali, en Vía Santa – El Pomo, Corregimiento de Santa Elena, El Cerrito, Valle del Cauca. No ha sido posible conocer la orientación exacta de la hacienda.

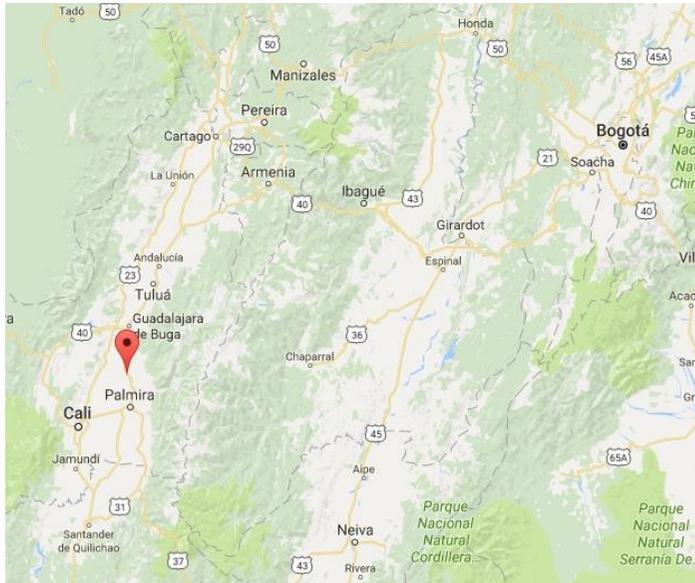


Figura 5.14. Situación del Valle del Cauca.  
Fuente: Google Maps.

La Hacienda El Paraíso fue declarada Monumento Nacional el 30 de diciembre de 1959, lo que actualmente se conoce como Casa Museo Hacienda El Paraíso. La citada vivienda ha sido escenario de la famosa novela del poeta Jorge Isaccs: “María”<sup>67</sup>, por lo que es mundialmente conocida.



Figura 5.15. Ubicación de la Casa Museo Hacienda El Paraíso.  
Fuente: Google Maps.

<sup>67</sup> Jorge Isaccs, novelista y poeta colombiano del género romántico. Escritor de la novela romántica “María” publicada en el año 1867.

La Hacienda El Paraíso es un excelente ejemplo de la tradicional arquitectura de hacienda: casas amplias y de techos elevados que encontramos en los grandes latifundios de la región del Valle del Cauca.

Ubicada al pie de los cerros de la Cordillera Central, la hacienda cuenta con una preciosa vista a la planicie verde, adornada por extensas plantaciones de caña de azúcar y samanes<sup>68</sup> gigantescos.

Todo el edificio está rodeado por canales de agua que impedían el paso de insectos y serpientes y además, garantizaban la frescura en los interiores de la hacienda. Cuenta también con balcones y un precioso y gran jardín de rosas que se extiende desde la entrada a la hacienda.



Figura 5.16. Entrada con jardín hacia la hacienda.  
Fuente: Organización Colparques. <http://www.colparques.net>

<sup>68</sup> El samán o árbol de la lluvia, es una especie botánica de árbol de hasta 20 m.

La presencia de huecos en muros enfrentados así como el porche frontal y el corredor trasero que da hacia el patio interior, permitirá una correcta ventilación cruzada entre el exterior y el patio trasero, manteniendo ventilada la vivienda. Este hecho supondría una ventaja para la correcta adaptación al medio climático, ya que en un clima con una humedad relativa tan alta como el de Colombia, la ventilación en las viviendas es fundamental. Otro factor favorable, gracias a la gran presencia de huecos, sería la desmaterialización de las fachadas, las cuales contarían con poca inercia térmica, lo cual es importante también en este clima.



Figura 5.17. Diferentes vistas de la hacienda.  
Fuente: Liliana García. Instituto para la Investigación y la Preservación del Patrimonio Cultural y Natural del Valle del Cauca.

Desde el punto de vista funcional, la hacienda conserva la distribución de la casa descrita en la novela "María". Rodeada de balcones típicos de la región del Valle del Cauca, cuenta con las siguientes estancias como principales: dormitorios, estudio, sala; donde la familia se reunía para conversar y donde las mujeres bordaban y cantaban, comedor; con una gran mesa donde se reunía la familia, oratorio, cocina y patio interior con un precioso jardín de rosas<sup>69</sup>.

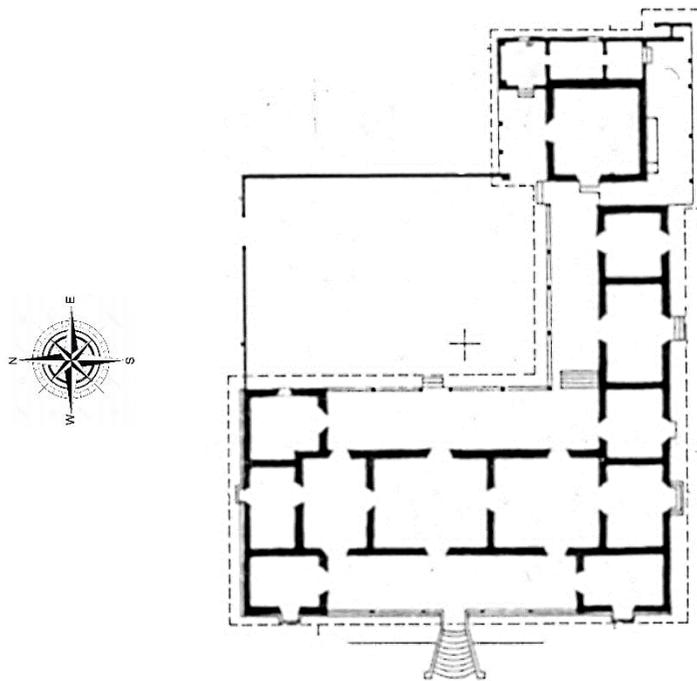
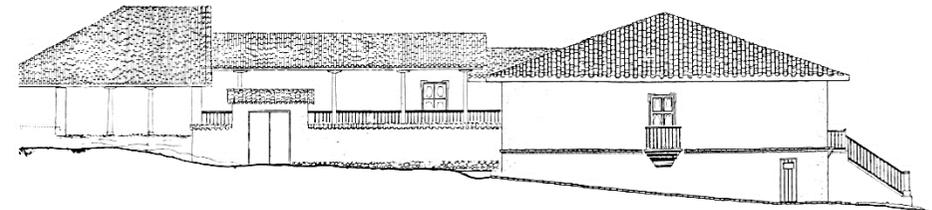
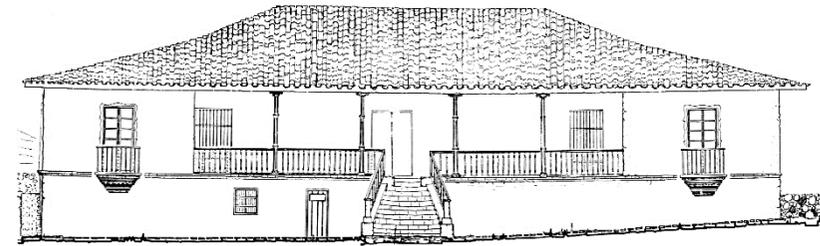
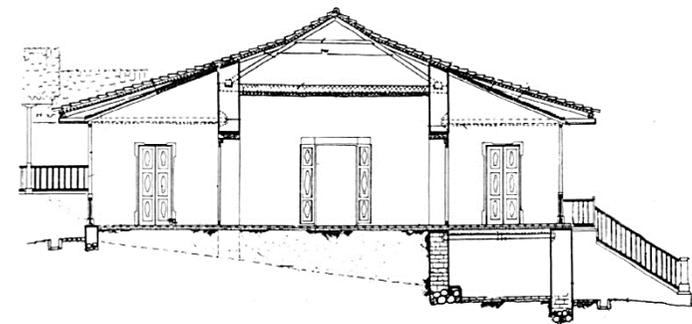


Figura 5.18. Planta de la hacienda.  
Fuente: Jairo Alberto Romero. Biblioteca Departamental de Cali.



Alzado Norte



Sección transversal

Figura 5.19. Fachada principal, alzado norte y sección transversal.  
Fuente: Monumentos Nacionales de Colombia. Arq. Mariana Patiño de Borda.

<sup>69</sup> Información aportada por Liliana García. Instituto para la Investigación y la Preservación del Patrimonio Cultural y Natural del Valle del Cauca. Vía contacto directo por email.

Desde un punto de vista constructivo, la vivienda cuenta con una cimentación de zapatas corridas bajo los muros de la vivienda, compuestas por mampostería de piedra y mortero de arena y cal, con una profundidad estimada de 0.50 metros.

La estructura de la vivienda está compuesta por muros de carga de 0.50 metros de espesor, contruidos con adobe y coronados por vigas de madera sobre las que apoya la estructura de la cubierta (vigas y cerchas). Los muros de compartimentación interior, de 0.30 metros de espesor, son también de adobe.

Los muros del patio interior están rodeados por pórticos formados por vigas y pilares de madera, que actúan como nexo de unión a la cubierta y proporcionan la pendiente necesaria para la correcta evacuación del agua.

La escalera principal formada por muro de adobe, presenta escalones de baldosa cerámica, barandilla de madera y unos pequeños pilares de ladrillo que delimitan su forma.

La cubierta está formada con cerchas de madera de tipo par e hilera, sobre las que se disponen unas correas para soportar unos tableros también de madera que formarán el soporte de las tejas que servirán de terminación para la cubierta. La terminación de la cubierta se realizará con tejas cerámicas de barro sobre los mencionados tableros.

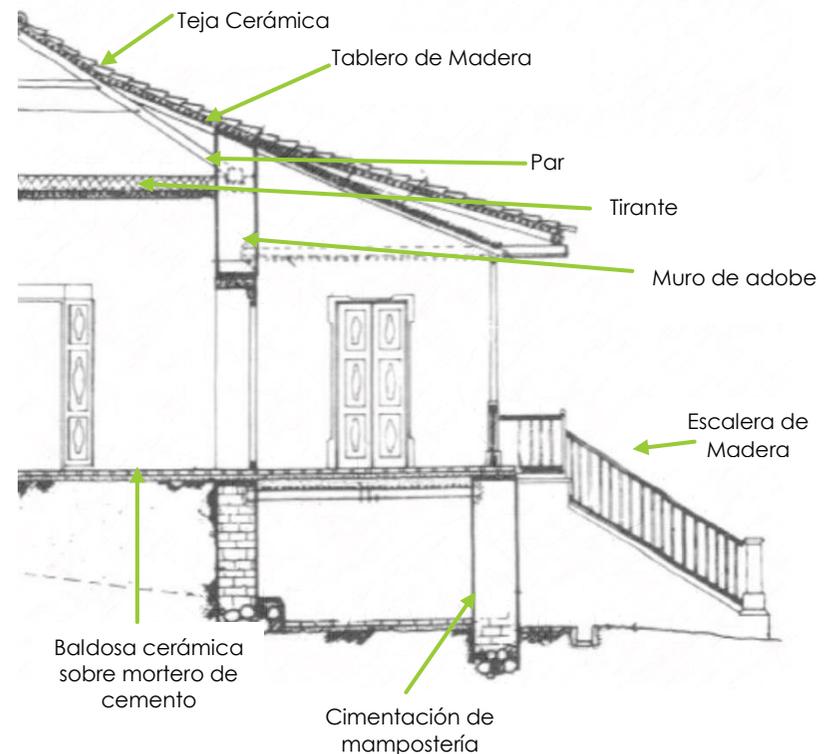
El porche situado en el acceso a la vivienda, tiene unos pilares de madera de 0.20x0.20 metros que soportan la cubierta. Igual ocurre con el corredor interior que da acceso al patio trasero, presenta los mismos pilares.

En cuanto a los revestimientos, los suelos estarán formados por baldosas cerámicas sobre una capa de mortero de arena y cal, los

muros interiores se revisten con mortero de yeso y los muros exteriores con mortero de cal.

Las carpinterías, tanto exteriores como interiores serán de madera.

Estos materiales que componen todos los elementos constructivos por los que está formada la totalidad de la vivienda, serán tenidos en cuenta y servirán para el análisis de ciclo de vida de la vivienda.



## 6. MODELADO BIM

Una vez descritos los modelos será necesario realizar un levantamiento tipo BIM con el objetivo de obtener una serie de datos asociados a los modelos de manera directa. De estos modelos se pretende extraer, principalmente, tablas de cuantificación de los materiales que componen la estructura y la envolvente de cada modelo, con el fin de que la aplicación del análisis de ciclo de vida se produzca de manera simple y directa.

El software empleado para el levantamiento de dichos modelos será Revit Autodesk; para este trabajo se ha alcanzado un nivel de desarrollo BIM LOD<sup>70</sup> 200.

### 6.1. Modelo 1. Casa Comunal Muisca

La secuencia que se ha seguido para modelar el primer caso de análisis de ciclo de vida, ha sido la siguiente:

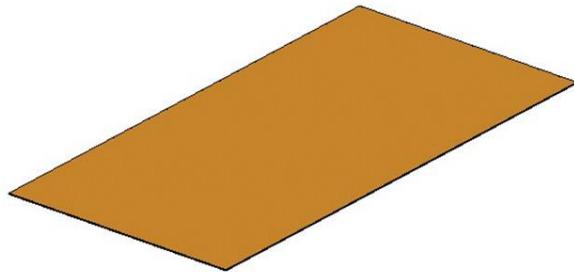


Figura 6.1. Solera.  
Fuente: Elaboración propia con software BIM. Autodesk Revit.

<sup>70</sup> "Level of definition" para un modelo BIM (Building Information Model)

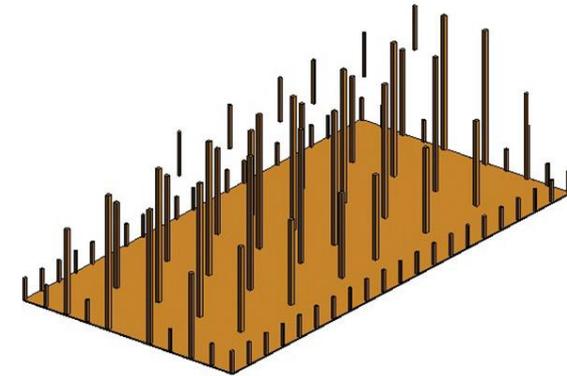


Figura 6.2. Pilares.  
Fuente: Elaboración propia con software BIM. Autodesk Revit.

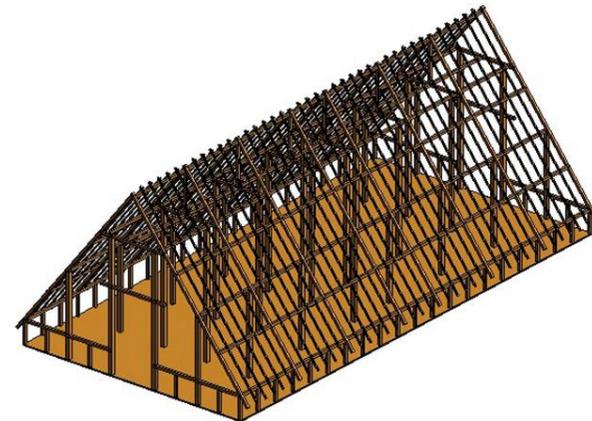


Figura 6.3. Pilares y estructura de cubierta.  
Fuente: Elaboración propia con software BIM. Autodesk Revit.

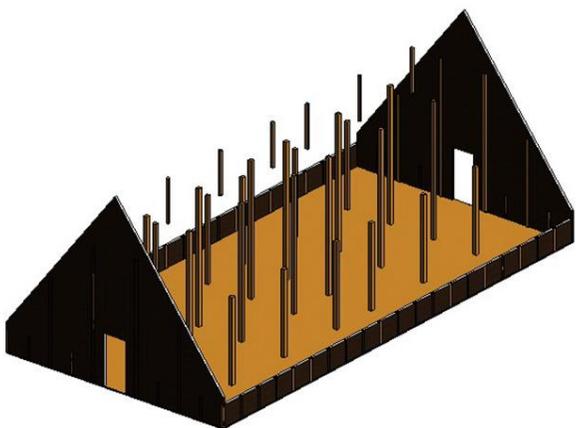


Figura 6.4. Muros.  
Fuente: Elaboración propia con software BIM. Autodesk Revit.

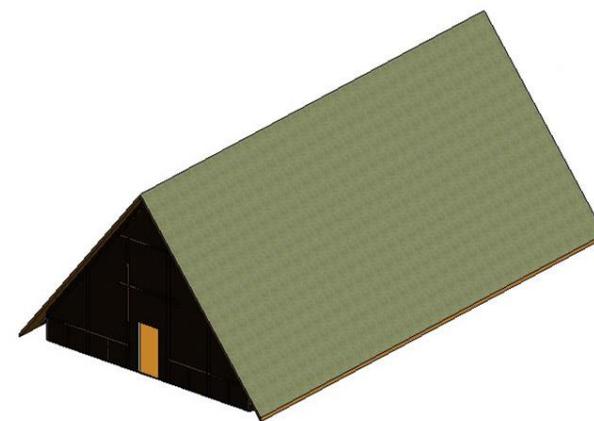


Figura 6.6. Cubierta.  
Fuente: Elaboración propia con software BIM. Autodesk Revit.

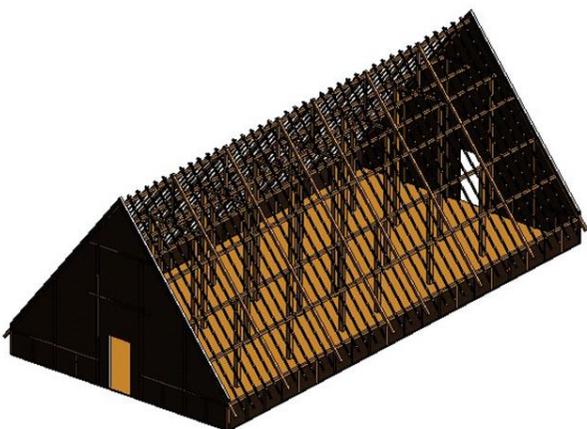


Figura 6.5. Muros y estructura de cubierta.  
Fuente: Elaboración propia con software BIM. Autodesk Revit.



Figura 6.7. Vista tridimensional.  
Fuente: Elaboración propia con software BIM. Autodesk Revit.

### **Tabla de Cuantificación de Materiales**

A partir del modelo anterior, se obtienen los datos de cuantificación de materiales, detallados por elemento constructivo, que se exportan desde Revit a Excel y que se recogen en la siguiente tabla. Serán empleados posteriormente para la realización del ACV.

<b>MODELO 1: CASA COMUNAL MUISCA</b>			
<b>Material: Nombre</b>	<b>Volumen (m3)</b>	<b>Área (m2)</b>	<b>Masa (kg)</b>
<b>Madera</b>	37,37	932,28	29896
<b>Madera blanda</b>	6,09	203,01	2740,5
<b>Tierra</b>	8,92	445,87	16056
<b>Planta</b>	20,56	411,26	102,8
<b>Total</b>	<b>72,94</b>	<b>1992,42</b>	<b>48795,30</b>

Tabla 6.1. Cuantificación de materiales del Modelo 1. Fuente Elaboración propia con software Autodesk Revit y Excel.

## 6.2. Modelo 2. Casa del Fundador Gonzalo Suarez Rendón

La secuencia que se ha seguido para modelar el segundo caso de análisis de ciclo de vida, ha sido la siguiente:

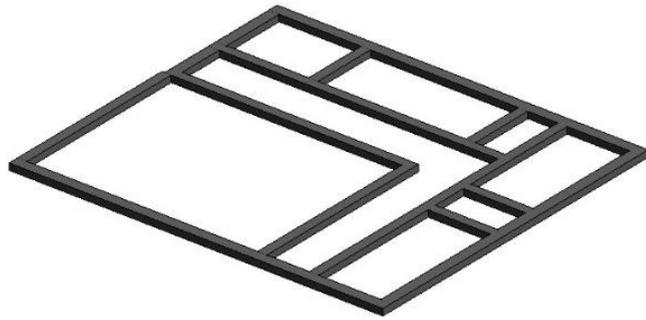


Figura 6.8. Cimentación.  
Fuente: Elaboración propia con software BIM. Autodesk Revit.

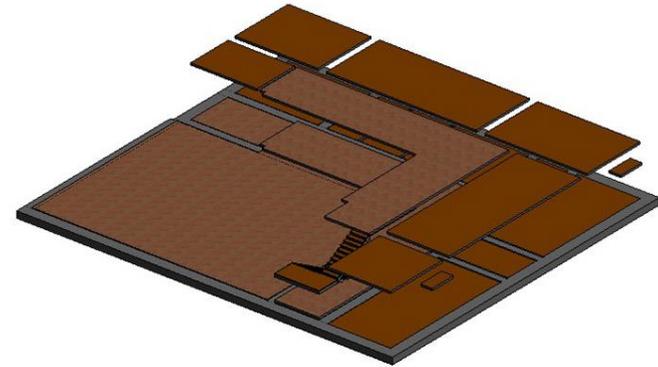


Figura 6.10. Escaleras.  
Fuente: Elaboración propia con software BIM. Autodesk Revit.

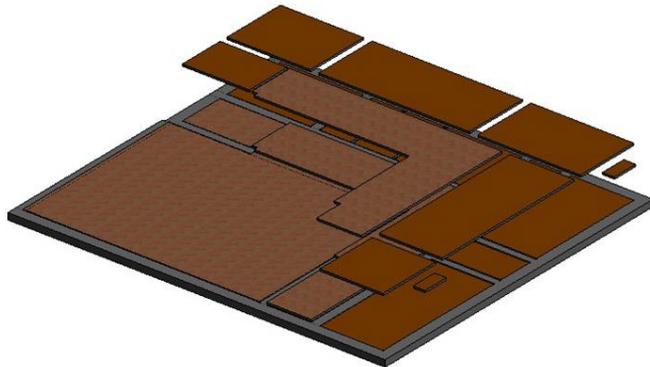


Figura 6.9. Soleras a diferentes niveles.  
Fuente: Elaboración propia con software BIM. Autodesk Revit.

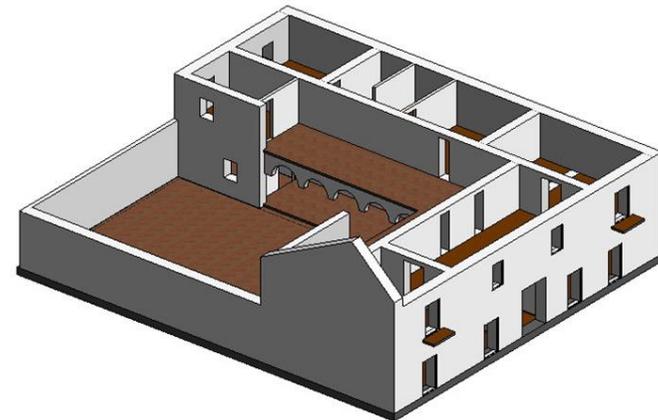


Figura 6.11. Muros.  
Fuente: Elaboración propia con software BIM. Autodesk Revit.

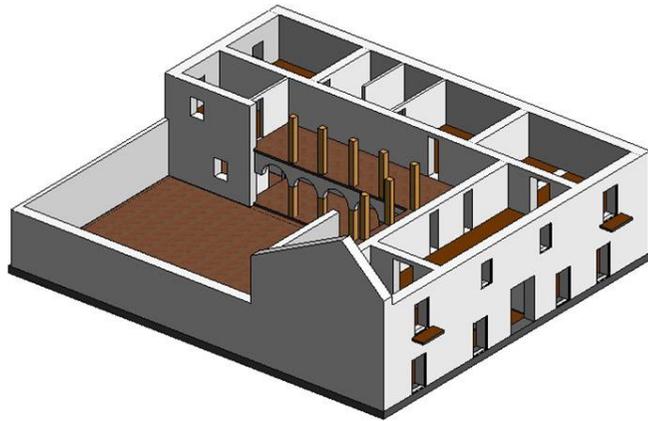


Figura 6.12. Pilares.  
Fuente: Elaboración propia con software BIM. Autodesk Revit.

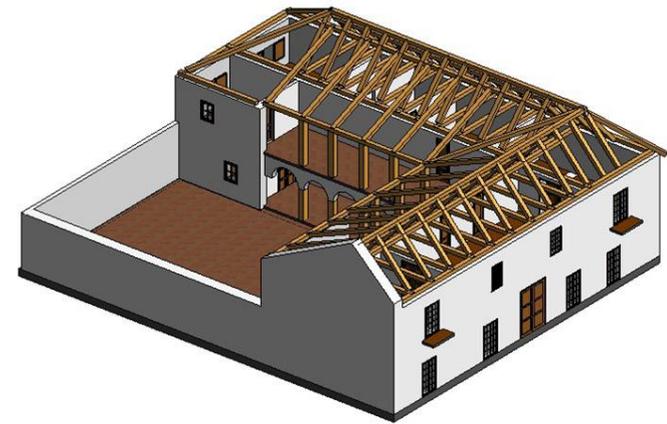


Figura 6.14. Estructura de Cubierta.  
Fuente: Elaboración propia con software BIM. Autodesk Revit.



Figura 6.13. Carpintería.  
Fuente: Elaboración propia con software BIM. Autodesk Revit.

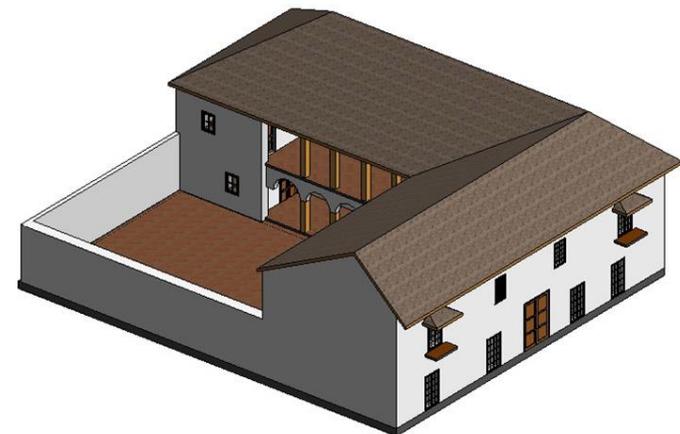


Figura 6.15. Cubierta.  
Fuente: Elaboración propia con software BIM. Autodesk Revit.

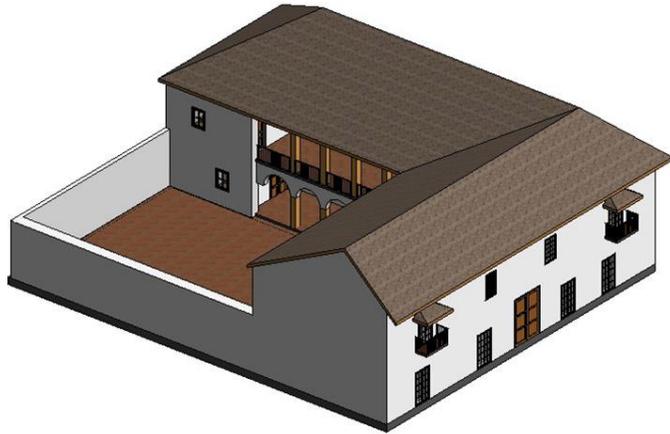


Figura 6.16. Barandillas.  
Fuente: Elaboración propia con software BIM. Autodesk Revit.

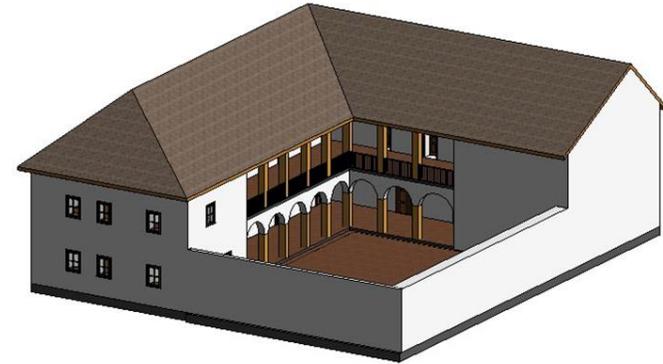


Figura 6.18. Vista tridimensional.  
Fuente: Elaboración propia con software BIM. Autodesk Revit.

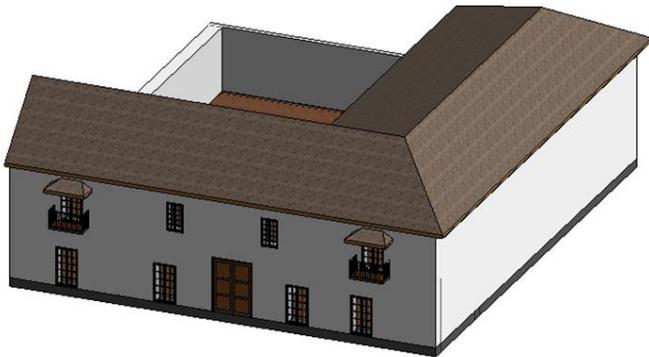


Figura 6.17. Vista tridimensional.  
Fuente: Elaboración propia con software BIM. Autodesk Revit.

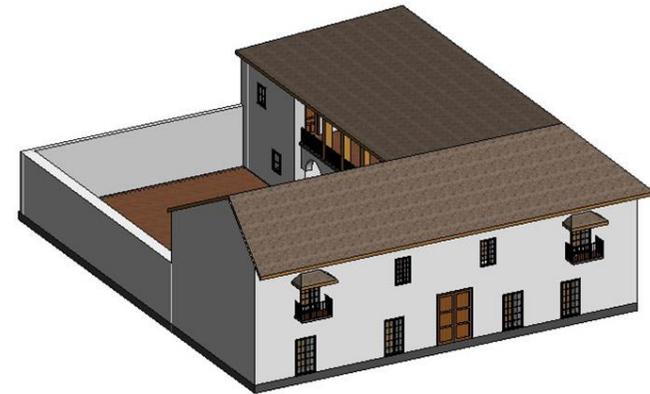


Figura 6.19. Vista tridimensional.  
Fuente: Elaboración propia con software BIM. Autodesk Revit.

### Tabla de Cuantificación de Materiales

A partir del modelo anterior, se obtienen los datos de cuantificación de materiales, detallados por elemento constructivo, que se exportan desde Revit a Excel y que se recogen en la siguiente tabla. Serán empleados posteriormente para la realización del ACV.

<b>MODELO 2: CASA DEL FUNDADOR</b>			
<b>Material: Nombre</b>	<b>Volumen (m3)</b>	<b>Área (m2)</b>	<b>Masa (kg)</b>
<b>Mampostería de piedra caliza</b>	68,13	466,27	156699
<b>Tejas Cerámicas</b>	30,6	610,79	1530
<b>Madera</b>	117,71	1435,16	94168
<b>Baldosas Cerámicas</b>	9,51	485,55	17118
<b>Mortero de Cemento</b>	122,71	959,45	257691
<b>Mortero de Cal</b>	6,99	698,61	11883
<b>Adobe</b>	753,67	1203,08	1205872
<b>Mortero de Yeso</b>	17,07	1705,73	27312
<b>Puerta Interior - Madera</b>	0,48	50,92	1296
<b>Puerta Exterior - Madera</b>	2,83	134,6	7641
<b>Ladrillo - Pavimento</b>	9,56	478,11	15296
<b>Vidrio</b>	0,24	43,5	648
<b>Ventana - Madera</b>	1,49	109,44	4023
<b>Total</b>	<b>1140,99</b>	<b>8381,21</b>	<b>1801177</b>

Tabla 6.2. Cuantificación de materiales del Modelo 2. Fuente Elaboración propia con software Autodesk Revit y Excel.

### 6.3. Modelo 3. Hacienda El Paraíso.

La secuencia que se ha seguido para modelar el tercer caso de análisis de ciclo de vida, ha sido la siguiente:

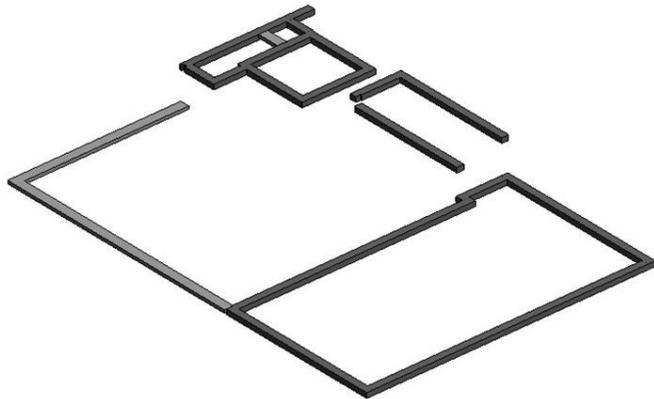


Figura 6.20. Cimentación.  
Fuente: Elaboración propia con software BIM. Autodesk Revit.

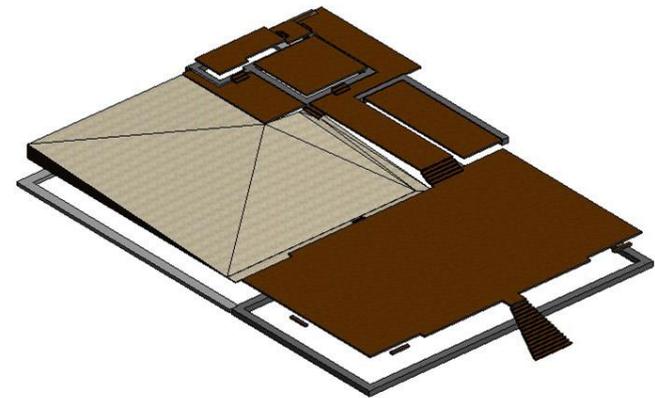


Figura 6.22. Escaleras.  
Fuente: Elaboración propia con software BIM. Autodesk Revit.

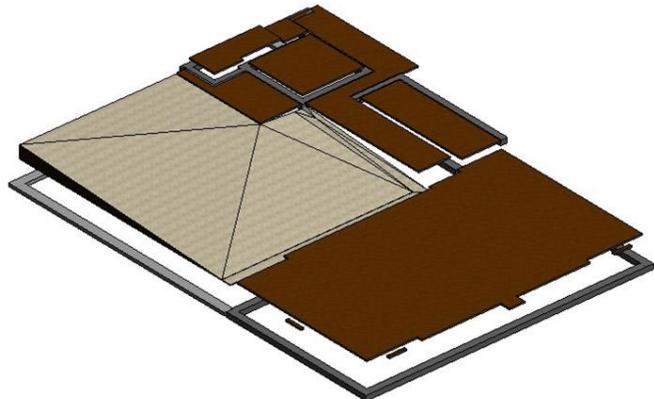


Figura 6.21. Soleras a diferentes niveles.  
Fuente: Elaboración propia con software BIM. Autodesk Revit.

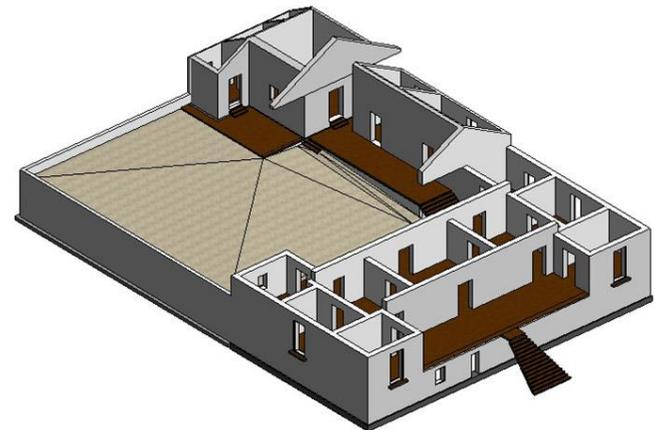


Figura 6.23. Muros.  
Fuente: Elaboración propia con software BIM. Autodesk Revit.

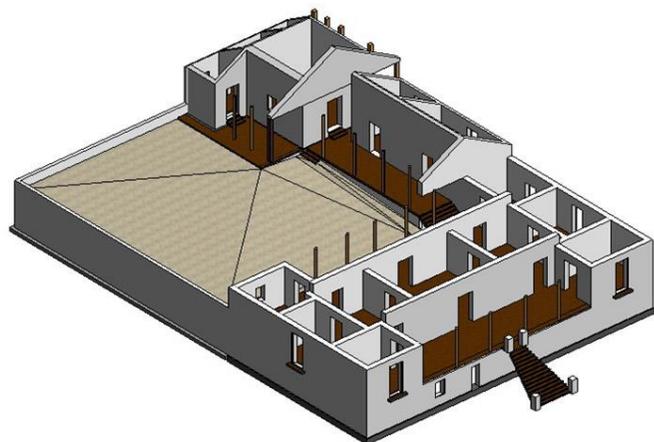


Figura 6.24. Pilares.  
Fuente: Elaboración propia con software BIM. Autodesk Revit.

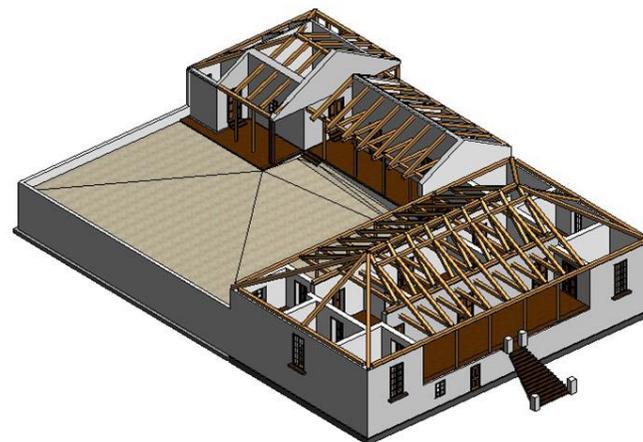


Figura 6.26. Estructura de Cubierta.  
Fuente: Elaboración propia con software BIM. Autodesk Revit.

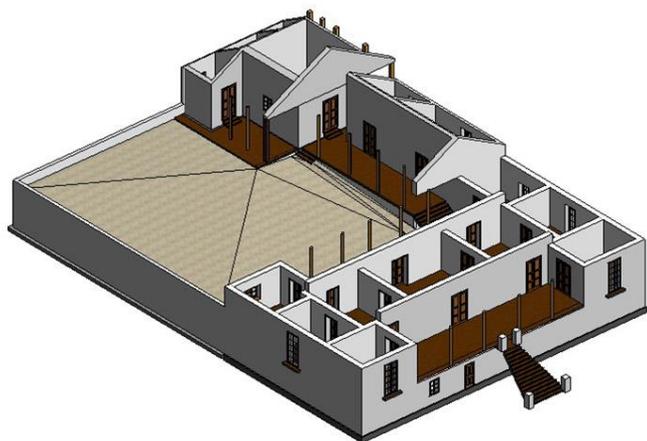


Figura 6.25. Carpintería.  
Fuente: Elaboración propia con software BIM. Autodesk Revit.

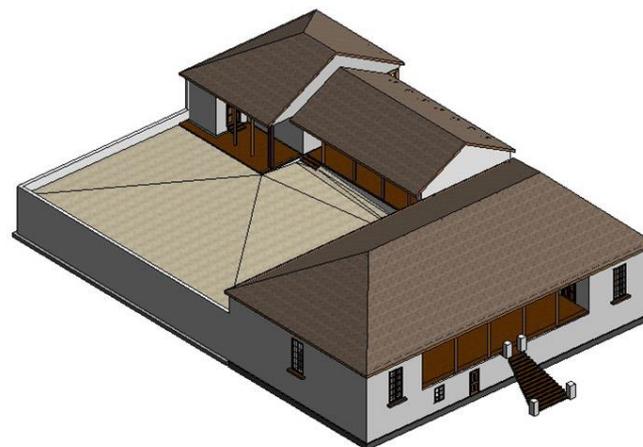


Figura 6.27. Cubierta.  
Fuente: Elaboración propia con software BIM. Autodesk Revit.



Figura 6.28. Barandillas.  
Fuente: Elaboración propia con software BIM. Autodesk Revit.



Figura 6.30. Vista tridimensional.  
Fuente: Elaboración propia con software BIM. Autodesk Revit.

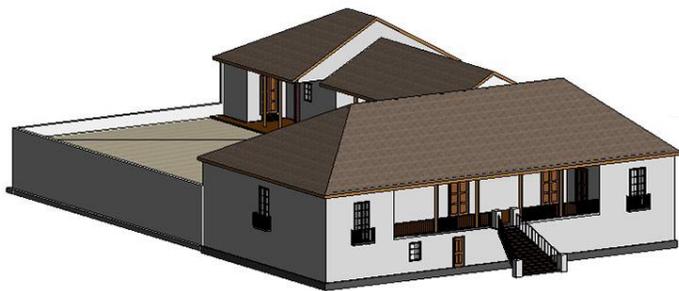


Figura 6.29. Vista tridimensional.  
Fuente: Elaboración propia con software BIM. Autodesk Revit.

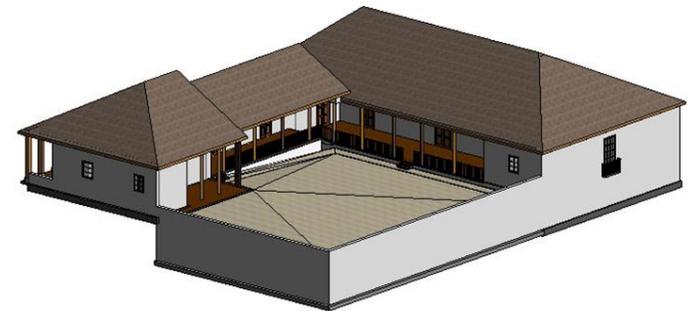


Figura 6.31. Vista tridimensional.  
Fuente: Elaboración propia con software BIM. Autodesk Revit.

### Tabla de Cuantificación de Materiales

A partir del modelo anterior, se obtienen los datos de cuantificación de materiales, detallados por elemento constructivo, que se exportan desde Revit a Excel y que se recogen en la siguiente tabla. Serán empleados posteriormente para la realización del ACV.

<b>MODELO 3: HACIENDA EL PARAISO</b>			
<b>Material: Nombre</b>	<b>Volumen (m3)</b>	<b>Área (m2)</b>	<b>Masa (kg)</b>
<b>Mampostería de piedra caliza</b>	57,45	406,69	132135
<b>Tejas Cerámicas</b>	44,56	890,76	2228
<b>Madera</b>	156,09	1902,91	124872
<b>Baldosas Cerámicas</b>	14,4	740,65	25920
<b>Mortero de Cemento</b>	91,3	724,83	191730
<b>Mortero de Cal</b>	12,14	1076,66	20638
<b>Adobe</b>	576,76	1329,9	922816
<b>Mortero de Yeso</b>	15,8	1577,82	25280
<b>Puerta Interior - Madera</b>	0,57	61,22	1539
<b>Puerta Exterior - Madera</b>	2,87	179,59	7749
<b>Piedra de Campo - Gravilla</b>	315,79	451,47	536843
<b>Tierra Húmeda</b>	9,01	450,4	16218
<b>Vidrio</b>	0,26	44,32	702
<b>Ventana - Madera</b>	0,7	73,06	1890
<b>Total</b>	<b>1297,7</b>	<b>9910,28</b>	<b>2010560</b>

Tabla 6.3. Cuantificación de materiales del Modelo 3. Fuente Elaboración propia con software Autodesk Revit y Excel.

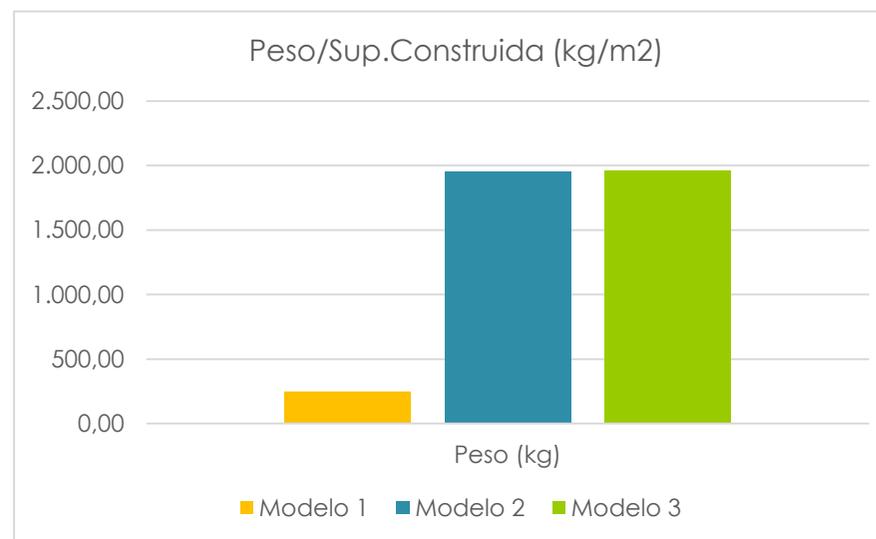
Comparación peso por superficie construida de cada uno de los modelos:

	<b>Modelo 1</b> <b>Casa Comunal Muisca</b>	<b>Modelo 2</b> <b>Casa del Fundador</b>	<b>Modelo 3</b> <b>Hacienda El Paraiso</b>
<b>Peso (kg)</b>	48795,30	1801177	2010560
<b>Superficie Construida (m2)</b>	197,01	920,77	1024,55
<b>Peso/Sup.Construida (kg/m2)</b>	247,68	1956,16	1962,38

Tabla 6.4. Comparativa Peso/Superficie Construida. Fuente Elaboración propia con software Autodesk Revit y Excel.

Una vez calculados los pesos repercutidos por la superficie construida correspondiente a cada modelo, se observa que el modelo más ligero corresponde al Modelo 1. Por el contrario, los modelos 2 y 3, son bastante similares entre sí y están muy por encima del peso por metro cuadrado correspondiente al Modelo 1.

Las similitudes entre los modelos 2 y 3 se deben al uso de materiales similares o iguales en ambos casos, dado que en el período colonial las viviendas se construyen a base de madera, muro de adobe, ladrillo y teja de barro, principalmente.



Gráfica 6.1. Comparativa Peso/Superficie Construida. Fuente Elaboración propia con software Autodesk Revit y Excel.

## 7. ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA

Acorde con la metodología propuesta en la normativa ISO 14044 (ver apartado 4.2), un proyecto de ACV cuenta con cuatro fases fundamentales, que se desarrollan a continuación.

### 7.1. Objetivo y alcance del estudio

A la hora de realizar un Análisis de Ciclo de Vida lo primero a tener en cuenta es definir bien el alcance de la investigación para, según la norma UNE-EN ISO 14044:2006, establecer los límites del sistema que deben de ser coherentes con los objetivos del estudio, de no ser así, el ACV puede llegar a ser casi infinito.

Por otra parte, la realización de un ACV está sujeto a la definición de una serie de opciones metodológicas que dependerán del objetivo y alcance del mismo. Es importante la determinación clara de las fases a incluir en el estudio y los límites del sistema en cada una de ellas; así como la definición de la unidad funcional, la fuente de datos, las unidades y la selección de las categorías de impacto y métodos de evaluación<sup>71</sup>.

#### - Unidad funcional

La UNE-EN ISO 14044:2006 aconseja la utilización de un ratio por unidad de superficie como unidad funcional.

#### - Límites del sistema

Los límites del sistema determinan qué procesos unitarios se deben incluir dentro del ACV. La selección de los límites del sistema debe ser coherente con el objetivo del estudio.

El Análisis de Ciclo de Vida se calcula para cada una de las siguientes fases de la vida útil:

- **Producción.** Incluye el impacto producido por la fabricación de cada uno de los materiales y elementos que intervienen en los modelos.
- **Transporte a obra.** Incluye el impacto que produce el transporte desde la fábrica hasta la obra.
- **Construcción.** Contempla el impacto producido durante la construcción de cada modelo.
- **Deconstrucción.** Incluye el impacto que se produce durante el derribo o deconstrucción de la vivienda.
- **Transporte a disposición final.** Incluye el impacto producido por el transporte desde la ubicación de los modelos hasta la zona de vertido o la planta de tratamiento o reciclaje.
- **De-producción.** Esta fase corresponde al impacto producido durante los procesos de vertido, tratado o reciclado de cada elemento o material, según corresponda.

---

<sup>71</sup> García Martínez, A. *Análisis del Ciclo de Vida (ACV) de Edificios. Propuesta Metodológica para la Elaboración de Declaraciones Ambientales de Viviendas en Andalucía.* Universidad de Sevilla, Sevilla (2010).

Con el objetivo de simplificar la tabla de cálculo que se empleará para el ACV de cada modelo, las fases anteriores quedan definidas de la siguiente forma:

### **I. Fase 1. Producción.**

Incluye todos los procesos que intervienen en la fabricación de cada uno de los elementos o materiales del modelo: extracción y/o producción de materias primas, transporte desde la extracción o producción a la zona de fabricación, procesado de materiales reciclados y fabricación del material de construcción.

### **II. Fase 2. Construcción y Deconstrucción, incluido transportes**

Contiene todos los procesos que tienen la finalidad de integrar todos los productos y servicios en un conjunto ordenado y unitario que forma la realidad física del modelo a estudiar.

En esta fase se tendrá en cuenta el transporte de los materiales de construcción desde la fábrica al solar, la fabricación del medio de transporte y las infraestructuras para realizar dicho transporte; además de la puesta en obra de los materiales con la maquinaria empleada y operarios necesarios para ello.

### **III. Fase 3. De-producción**

Esta fase corresponde al impacto producido durante los procesos de vertido, tratado o reciclado de cada elemento o material, según corresponda, al final de la vida útil del modelo.

#### - Fuente de datos

La identificación y cuantificación de los materiales y elementos constructivos es obtenida a partir de los datos de salida de los modelos BIM.

Los datos medioambientales de los materiales usados se obtienen a partir de la base de datos de ECOINVENT V.2.

#### - Unidades

Se utilizan las unidades del Sistema Internacional. Para la energía eléctrica se empleará el kWh. La energía de los combustibles fósiles se expresará en MJ. Por su parte, cada material utiliza de forma preferente la unidad de medida determinada en la base de datos de ECOINVENT V.2.

#### - Categorías de Impacto

Para cada módulo de información se comunican las categorías de impacto señaladas a continuación:

- **Global Warming Potential**, GWP, (Calentamiento Global Potencial), expresada en kg CO<sub>2</sub>-Eq, de acuerdo al método de evaluación CML 2001. Esta categoría evalúa la contribución al calentamiento global de cada uno de los materiales y elementos que componen un edificio, así como el impacto que produce todo el conjunto durante todas las fases de su ciclo de vida, descritas anteriormente.
- **Cumulative Energy Demand** (Agotamiento de recursos energéticos) CED, calculado en MJ, para la categoría de energía incorporada. Esta categoría evalúa el impacto que

produce el consumo de energía incorporada en el proceso de ciclo de vida de un edificio.

Con esto, se pretende estudiar cuál es la concentración estimada de gases de efecto invernadero que producen nuestros modelos y cuánta energía consumen a lo largo de la vida útil, atendiendo de igual modo a la fase de de-producción de éstos.

## **7.2. Análisis del Inventario de Ciclo de Vida (ICV)**

Para el Análisis del Inventario de Ciclo de Vida, realizamos un balance de flujos energéticos y de materiales que salen y entran de la unidad funcional seleccionada, a partir de la obtención de datos y de los procedimientos de cálculo relevantes del sistema analizado. De este modo, podremos identificar y ponderar todos los elementos ambientales asociados a dicha unidad funcional.

Para la realización de los cálculos se ha considerado importante estudiar dos viviendas de la etapa colonial, situadas en diferentes lugares: la Casa del Fundador (Modelo 2) situada en el centro de la ciudad de Tunja, y la Hacienda El Paraíso (Modelo 3) situada en El Valle del Cauca; y comparar ambas con una vivienda indígena y autóctona del lugar hasta la llegada de los colonizadores a tierras colombianas.

En lo que se refiere a las distancias de transporte, hemos de tener en cuenta que durante las etapas indígena y colonial no se contaba con medios de transporte para mover los materiales desde el lugar de producción hasta el lugar de construcción; ni tampoco con electricidad ni diésel.

Para que los resultados puedan ser comparables con otros modelos de estudio ya incorporados a la base de datos existente de Análisis de Ciclo de Vida, se ha decidido realizar el estudio suponiendo la construcción de los modelos con medios tanto de electricidad como de diésel (transporte).

### 7.3. Evaluación del Inventario de Ciclo de Vida (ICV)

Para la evaluación de los impactos ambientales resultantes del ICV, tendremos en cuenta los límites del sistema y las categorías de impacto (ver apartado 7.1), con las que se pretende obtener cuál es la concentración estimada de gases de efecto invernadero que producen nuestros modelos y cuánta energía consumen a lo largo de su vida útil.

Una vez generados los modelos de estudios mediante herramientas BIM (ver apartado 6), así como definidas las fases y límites del sistema (ver apartado 7.1), procedemos a realizar la evaluación del Análisis de Ciclo de Vida para cada uno de los modelos en las diferentes fases.

#### 7.3.1. Modelo 1. Casa Comunal Muisca

##### - Fase de producción. Modelo 1.

En esta etapa, resulta de gran importancia volcar toda la información gráfica obtenida del modelo realizado, por tanto, creamos para cada modelo una tabla de cuantificación de materiales (ver apartado 6.1) según el modelo BIM.

Para poder realizar el análisis con los datos de ECOINVENT, otorgamos a cada material un concepto de la base de datos que guarde la mayor semejanza posible con éste, con el fin de obtener unos resultados lo más fielmente posible a la realidad.

Creamos una tabla para la primera fase donde se reflejen los materiales con sus correspondientes códigos, concepto de dicha base, así como los cálculos GWP y CED para la citada fase.

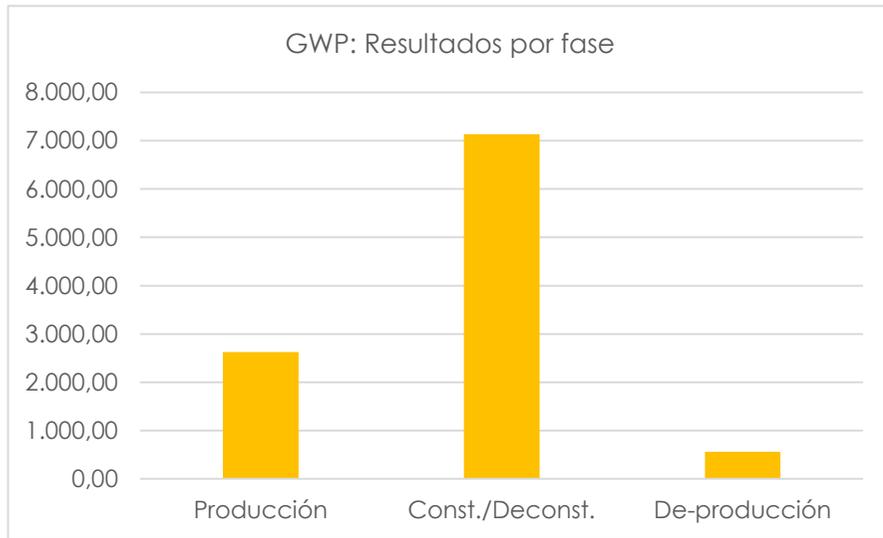
MODELO 1: CASA COMUNAL MUISCA									
FASE 1. PRODUCCIÓN									
MATERIAL	UD	CANTIDAD TOTAL	ITEM ECOINVENT	Nº REFERENCIA	GWP	TOTAL GWP	CED	TOTAL CED	
Madera	m3	37,37	sawn timber, softwood, raw, air dried, u=20%, at plant	2502 (fila 3456)	58,513	2186,63	14066,891	525679,72	
Madera blanda	m3	6,09	sawn timber, softwood, raw, air dried, u=20%, at plant	2502 (fila 3456)	58,513	356,34	14066,891	85667,37	
Tierra	kg	16056	sand, at mine	478 (fila 802)	0,0024596	39,49	0,0586958	942,42	
Planta	kg	102,80	palm fruit bunches, at farm	199 (fila 233)	0,41267	42,42	19,486947	2003,26	
Volumen Total	m3	72,94				Total GWP Fase 1	2624,89	Total CED Fase 1	614292,76
Masa Total	kg	48795,30							

Tabla 7.1. Cálculo ACV – Fase de Producción. Modelo 1.  
Fuente: Elaboración propia mediante Excel.





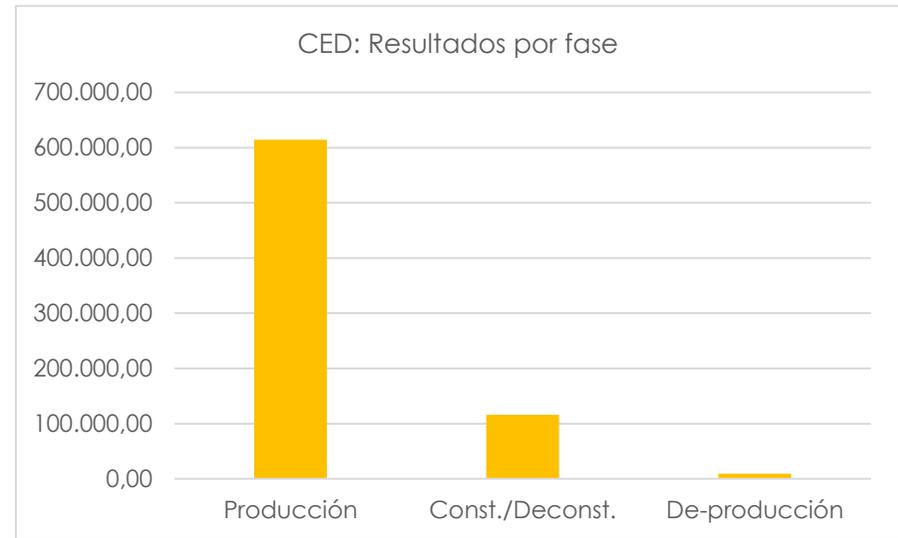
Resultados **Global Warming Potencial:** Climate change GWP 100a (kg Co2-eq) CML 2001



Gráfica 7.1. Resultados GWP por fases.  
Fuente: Elaboración propia mediante Excel.

En la gráfica anterior, correspondiente al Análisis de Ciclo de Vida del Modelo 1, se observa que la fase que más impacto produce en la categoría GWP, es la fase de construcción/de-construcción. Las fases de producción y de-producción producen menor impacto con unos valores bastante bajos. Esto se debe al bajo impacto de la madera, material predominante en el modelo 1.

Resultados **Cumulative Energy Demand (MJ)**



Gráfica 7.2. Resultados CED por fases.  
Fuente: Elaboración propia mediante Excel.

Por el contrario, la gráfica del Análisis de Ciclo de Vida para la categoría CED produce un mayor impacto en la fase de producción, dado que se consumen más recursos al cortar la madera que en la construcción/de-construcción de la vivienda. La fase de de-producción tiene un valor mínimo.

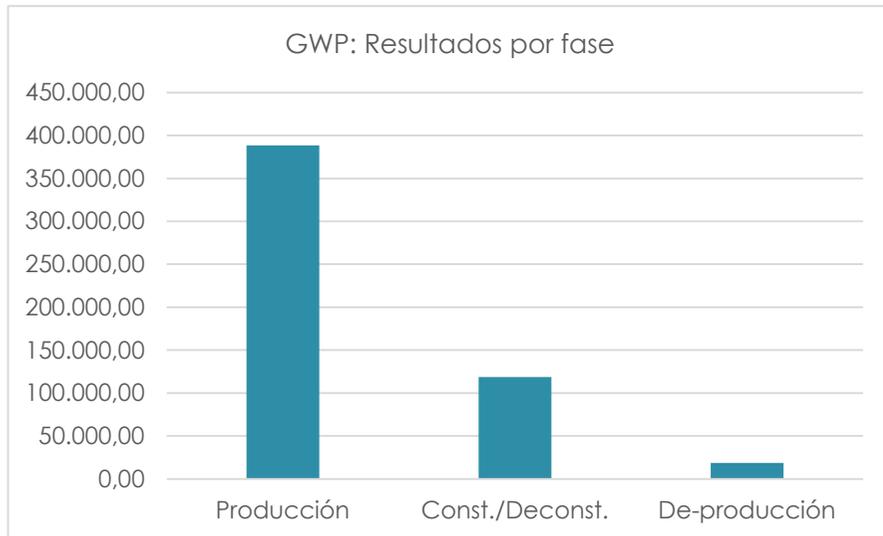




- **Análisis de Ciclo de Vida. Modelo 2.**

Una vez obtenidos los resultados de cada una de las fases intervinientes en el ciclo de vida del modelo en las categorías de impacto GWP y CED, se exponen los resultados obtenidos en cada fase agrupados según la categoría de impacto:

Resultados **Global Warming Potencial: Climate change GWP 100a (kg Co2-eq) CML 2001**



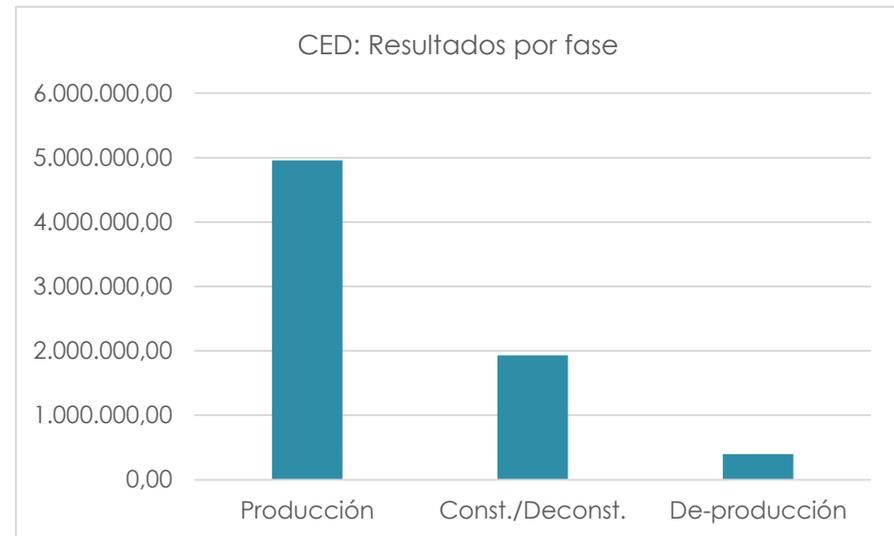
Gráfica 7.3. Resultados GWP por fases.  
Fuente: Elaboración propia mediante Excel.

En las gráficas anteriores, correspondientes al Análisis de Ciclo de Vida del Modelo 2, se observa que en las dos categorías de impacto analizadas, la fase que más impacto produce es, la fase de producción. Por el contrario, la fase que produce un menor impacto es la fase de de-producción.

MODELO 2	Total GWP	Total CED
Producción	388252,93	4955751,51
Const./Deconst.	118568,86	1932694,65
De-producción	18532,64	397319,59

Tabla 7.9. Total GWP – CED del Modelo 2. Fuente: Elaboración propia.

Resultados **Cumulative Energy Demand (MJ)**



Gráfica 7.4. Resultados CED por fases.  
Fuente: Elaboración propia mediante Excel.

### 7.3.3. Modelo 3. Hacienda El Paraíso

- Fase de producción. Modelo 3.

Para el modelo 3, al igual que con los anteriores, se ha realizado un modelo BIM, que hemos usado para realizar la tabla de cuantificación de materiales.

Con la citada tabla, así como con la base de datos ECOINVENT, obtenemos los siguientes resultados para la fase 1 del modelo 3.

MODELO 3: HACIENDA EL PARAISO								
FASE 1. PRODUCCIÓN								
MATERIAL	UD	CANTIDAD TOTAL	ITEM ECOINVENT	Nº REFERENCIA	GWP	TOTAL GWP	CED	TOTAL CED
Mampostería de piedra caliza	kg	132135	limestone, crushed, for mil	528 (fila 849)	0,0021332	281,87	0,0344897	4557,30
Tejas Cerámicas	kg	2228	roof tile, at plant	518 (fila 843)	0,35748	796,47	3,9209147	8735,80
Madera	m3	156,09	sawn timber, softwood, raw, air dried, u=20%, at plant	2502 (fila 3456)	58,513	9133,29	14066,891	2195701,02
Baldosas Cerámicas	kg	25920	ceramic tiles, at regional storage	512 (fila 836)	0,81464	21115,47	15,293665	396411,80
Mortero de Cemento	kg	191730	cement mortar, at plant	537 (fila 1921)	0,19025	36476,63	1,5178454	291016,50
Mortero de Cal	kg	20638	lime mortar, at plant	543 (fila 1927)	0,60057	12394,56	3,5902316	74095,20
Adobe	kg	922816	quarry tile, at plant	9243 (fila 859)	0,22728	209737,62	1,3747879	1268676,27
Mortero de Yeso	kg	25280	base plaster, at plant	536 (fila 1920)	0,21268	5376,55	1,6643902	42075,78
Puerta Interior - Madera	m2	61,22	door, inner, wood, at plant	7153 (fila 410)	36,781	2251,73	1807,0624	110628,36
Puerta Exterior - Madera	m2	179,59	door, outer, wood-glass, at plant	7152 (fila 412)	85,051	15274,31	1758,1997	315755,08
Piedra de Campo - Gravilla	kg	536843	natural stone plate, grounded, at regional storage	9239 (fila 853)	0,35802	192200,53	12,086896	6488765,51
Tierra Húmeda	kg	16218	sand, at mine	478 (fila 802)	0,0024596	39,89	0,0586958	951,93
Vidrio	m2	44,32	glazing, double, 2-IV, U<1,1 W/m2K, at plant	7140 (fila 413)	22,816	1011,21	478,39469	21202,45
Ventana - Madera	m2	73,06	window frame, wood, U=1,5 W/m2K, at plant	7146 (fila 418)	129,67	9473,69	4740,2423	346322,10
<b>Volumen Total</b>	m3	1297,7				<b>Total GWP</b>		<b>Total CED</b>
<b>Masa Total</b>	kg	2010560				<b>Fase 1</b>	<b>515563,82</b>	<b>Fase 1</b>
								<b>11564895,1</b>

Tabla 7.10. Cálculo ACV – Fase de Producción. Modelo 3.  
Fuente: Elaboración propia mediante Excel.



- **Análisis de Ciclo de Vida. Modelo 3.**

Una vez obtenidos los resultados de cada una de las fases intervinientes en el ciclo de vida del modelo en las categorías de impacto GWP y CED, se exponen los resultados obtenidos en cada fase agrupados según la categoría de impacto:

Resultados **Global Warming Potencial**: Climate change GWP 100a (kg Co2-eq) CML 2001



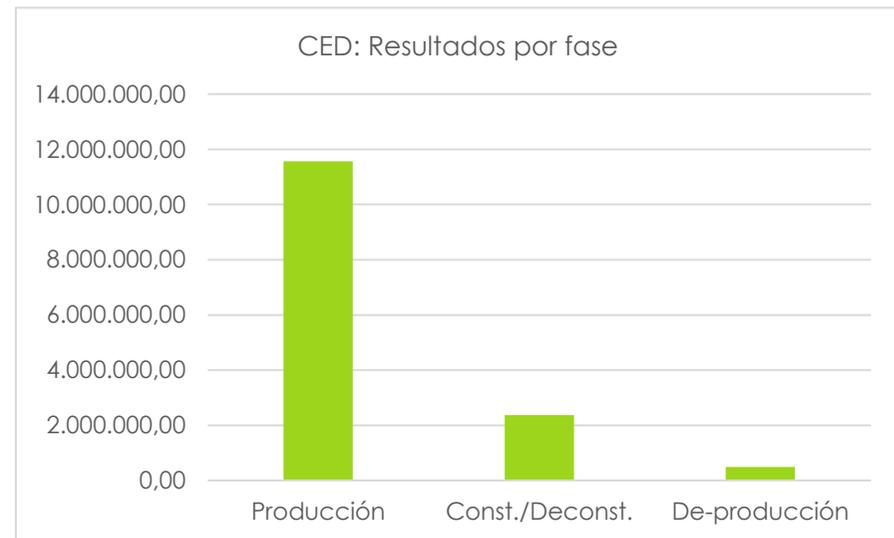
Gráfica 7.5. Resultados GWP por fases.  
Fuente: Elaboración propia mediante Excel.

En las gráficas anteriores, correspondientes al Análisis de Ciclo de Vida del Modelo 3, se observa que en las dos categorías de impacto analizadas, la fase que más impacto produce es, la fase de producción. Por el contrario, la fase que produce un menor impacto es la fase de de-producción.

MODELO 3	Total GWP	Total CED
Producción	515563,82	11564895,10
Const./Deconst.	144767,21	2368549,43
De-producción	23055,71	491324,36

Tabla 7.13. Total GWP – CED del Modelo 3.  
Fuente: Elaboración propia mediante Excel.

Resultados **Cumulative Energy Demand (MJ)**



Gráfica 7.6. Resultados CED por fases.  
Fuente: Elaboración propia mediante Excel.

#### 7.4. Interpretación de los resultados

Una vez obtenidos los valores correspondientes a cada fase de las dos categorías de impacto analizadas, GWP y CED, se considera necesario realizar una comparación entre los resultados obtenidos para cada uno de los modelos, con el objetivo de averiguar cuál es el ejemplo que menos impacto produce y poder sacar conclusiones a partir de dichos resultados.

Para poder realizar la comparación entre los 3 modelos seleccionados, en primer lugar será necesario expresar los resultados de ACV obtenidos, en función de la superficie construida correspondiente a cada modelo. Para ello, los resultados **GWP** se expresarán en **kg Co2-eq/m2** y los resultados obtenidos de la categoría **CED**, se expresarán en **MJ/m2**.

De esta forma, los resultados de impacto de cada modelo en cada una de las fases intervinientes en el análisis serían los siguientes:

MODELO 1		
	Total GWP (kg Co2-eq)	Total CED (MJ)
Producción	2624,89	614292,76
Constr./Deconst.	7135,78	115919,71
De-producción	560,94	9714,6
Superficie (m2)	197,1	
	GWP (kg Co2-eq/m2)	CED (MJ/m2)
Producción	13,3176	3116,6553
Constr./Deconst.	36,2039	588,1264
De-producción	2,8460	49,2877
<b>Total</b>	<b>52,3674</b>	<b>3754,0694</b>

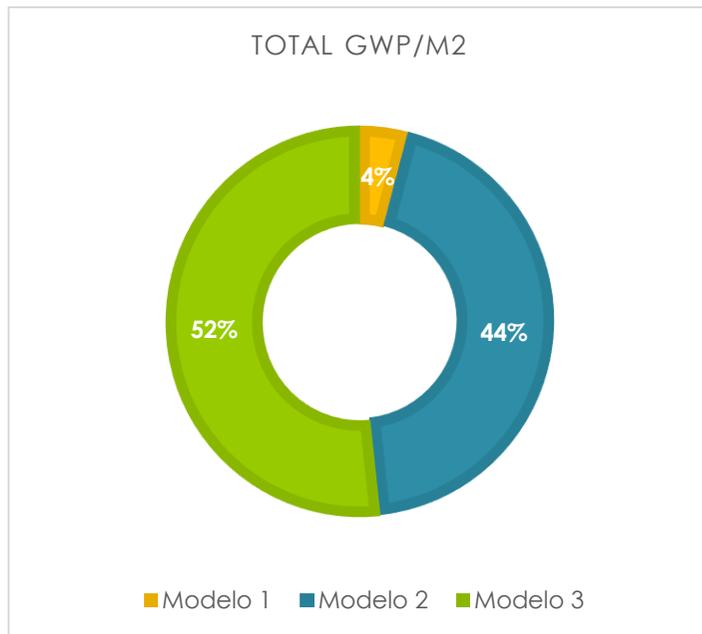
MODELO 2		
	Total GWP (kg Co2-eq)	Total CED (MJ)
Producción	388252,93	4955751,51
Constr./Deconst.	118568,86	1932694,65
De-producción	18532,64	397319,59
Superficie (m2)	920,77	
	GWP (kg Co2-eq/m2)	CED (MJ/m2)
Producción	421,6611	5382,1818
Constr./Deconst.	128,7714	2098,9983
De-producción	20,1273	431,5080
<b>Total</b>	<b>570,5599</b>	<b>7912,6880</b>

MODELO 3		
	Total GWP (kg Co2-eq)	Total CED (MJ)
Producción	515563,82	11564895,10
Constr./Deconst.	144767,21	2368549,43
De-producción	23055,71	491324,36
Superficie (m2)	1024,55	
	GWP (kg Co2-eq/m2)	CED (MJ/m2)
Producción	503,2100	11287,7801
Constr./Deconst.	141,2983	2311,7949
De-producción	22,5033	479,5514
<b>Total</b>	<b>667,0116</b>	<b>14079,1263</b>

Tabla 7.14. Resultados por fase y totales GWP y CED para cada modelo.  
Fuente: Elaboración propia mediante Excel.

En las tablas anteriores se reflejan los resultados por metro cuadrado desglosados por categoría de impacto y por fases de ciclo de vida para cada modelo objeto de este estudio. Con los resultados anteriores, se obtienen las siguientes gráficas de GWP y CED donde se agrupan los tres modelos y se representan de forma conjunta los resultados totales. Además, cada fase se representa mediante un color con el objetivo de identificar qué modelo produce un mayor o un menor impacto en cada una de las fases del Análisis de Ciclo de Vida; además de identificar qué modelo presenta un mayor impacto en el ciclo de vida completo.

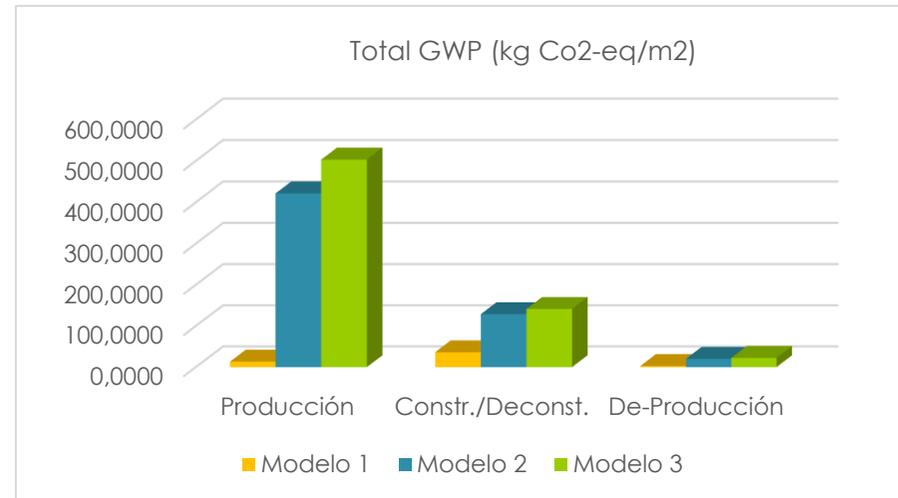
#### 7.4.1. Resultados GWP



Gráfica 7.7. Total GWP (kg Co2-eq/m2).  
Fuente: Elaboración propia.

La diferencia entre los modelos, con respecto al GWP/m2 construidos, es visiblemente notoria. El impacto que ejerce el modelo 1, casa comunal Muisca, es de un 4%. La vivienda está construida íntegramente de madera, y está diseñada teniendo en cuenta las estrategias de adaptación al medio y al ambiente climático. También este modelo constituye el modelo más ligero de entre todos los analizados y el de menor tiempo de montaje y desmontaje.

Los modelos 2 y 3, producen un 44% y un 52%, respectivamente, siendo ambos muy similares dado que se construyeron con materiales más pesados y que producen mayor impacto ambiental. Además coinciden con los modelos que presentan un mayor peso teniendo en cuenta la superficie.



Gráfica 7.8. Comparativa GWP (kg Co2-eq/m2) de los modelos por fases.  
Fuente: Elaboración propia.

### **Fase de Producción**

En la primera fase de ACV, es el modelo 3 el que produce un mayor impacto. El hecho de que tanto el modelo 3 produzcan un mayor impacto GWP en la fase de producción con respecto al modelo 1 y 2, se debe a la cantidad excesiva de material empleado para su construcción, principalmente muros de ladrillo.

El modelo 2, formado al igual que el modelo 3, por muros de adobe, ladrillo y teja cerámica, el siguiente modelo en generar mayor impacto en la fase de producción.

Por tanto, se observa que una vivienda construida con una gran cantidad de material cerámico genera un gran impacto GWP en la fase de producción, y que estos dos modelos generan más impacto que el modelo 1, construido con materiales tradicionales.

### **Fase de Construcción/Deconstrucción**

En la fase de construcción – de-construcción, será también el modelo 3 el que más impacto GWP produce; siendo, al igual que en la fase anterior; prácticamente igual al impacto producido por el modelo 2. Este hecho se debe a que ambos modelos tienen, con gran diferencia, mayor peso que el modelo 1, por tanto, cuanto más peso tenga un modelo, mayor impacto en la fase de construcción/deconstrucción produce.

El modelo que presenta un menor impacto en esta fase es el modelo 1, debido que el material predominante en su elaboración es la madera. Además, es un modelo con un peso muy ligero.

### **Fase de De-producción**

Con respecto a la última fase de de-producción, se obtienen unos resultados similares para los modelos 1, 2 y 3, aunque son los modelos 2 y 3 los que producen un mayor impacto en la última fase de de-producción.

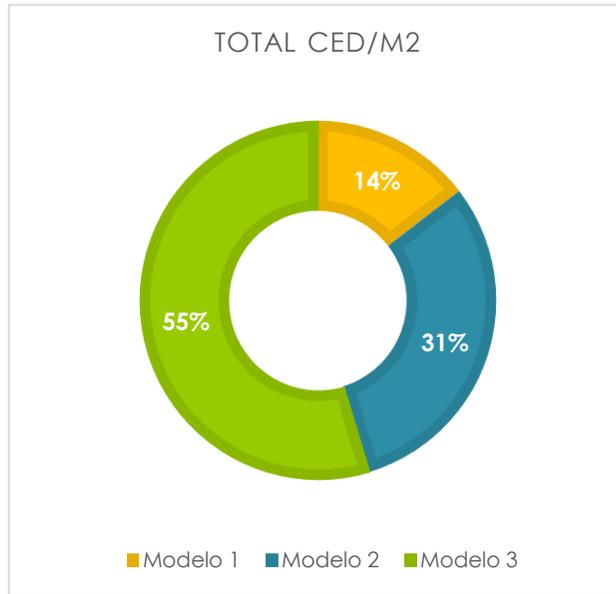
Será el modelo 1 el que produce un menor impacto en esta fase de de-producción, algo lógico ya que todos sus materiales son fácilmente reciclables.

De los resultados anteriores, se podría deducir que con el paso de los años y los avances en los procesos industriales para la transformación de materiales, las construcciones de viviendas generan cada vez un mayor impacto GWP.

El modelo perteneciente a la corriente topológica de la colonización, que pretendía ser una mejor arquitectura para el país, resulta ser el modelo que mayor impacto GWP produce. En cambio, la vivienda correspondiente al Periodo Prehispánico, modelo que fue prácticamente destruido por los colonos, genera un menor impacto debido a sus materiales tradicionales, que apenas sufren procesos de producción y transformación.

Finalmente, este modelo perteneciente a la arquitectura indígena, con materiales ligeros, de rápido montaje y con un diseño específico para el medio en el que se encuentra, es el modelo que produce el menor impacto, con bastante diferencia con respecto a los demás modelos.

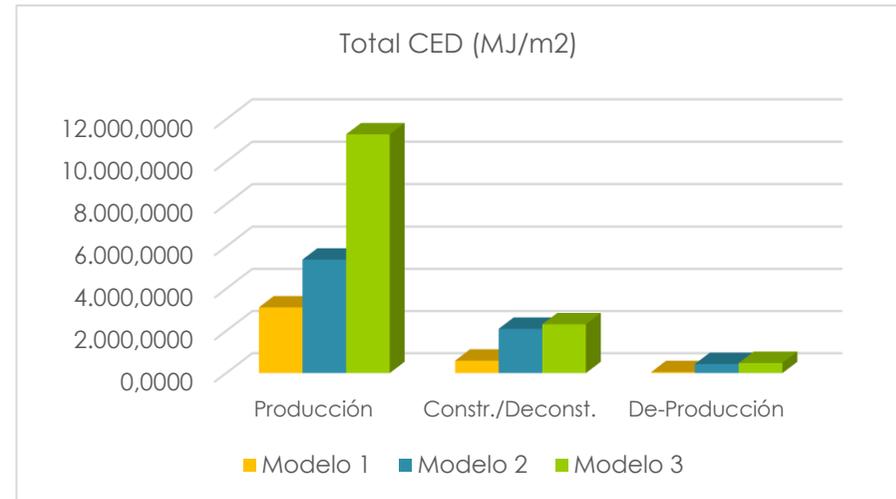
### 7.4.2. Resultados CED



Gráfica 7.9. Total CED (MJ/m2).  
Fuente: Elaboración propia.

En este caso, la diferencia entre los modelos con respecto al CED/m2 construido, los resultados obtenidos reflejan que el modelo que produce un mayor impacto, y por tanto consume más energía, en la categoría CED, es el modelo 3, con un 55% de energía consumida, igual que ocurría en la categoría de impacto GWP, descrita anteriormente. El modelo 2, que consume un 31% de energía, queda muy similar al modelo 3.

Por otro lado, el modelo que produce un menor impacto en la categoría de impacto CED, es el modelo 1, igual que ocurría en la categoría GWP, con un 14%.



Gráfica 7.10. Comparativa CED (MJ/m2) de los modelos por fases.  
Fuente: Elaboración propia.

Una vez más, se puede ver que el modelo realizado con mayor cantidad de materiales reciclables obtiene mejores resultados en todas las etapas.

#### **Fase de Producción**

Con respecto a la fase de producción, se observa que el modelo que más impacto produce en la categoría CED, es el modelo 3. En esta fase, sería el ladrillo el material predominante; el cual genera un mayor impacto debido a los procesos industriales a los que es sometido.

El modelo que menor impacto ambiental genera en esta fase es el modelo 1, con un valor muy inferior al resto de modelos.

### **Fase de Construcción/Deconstrucción**

En la segunda fase de ACV, el modelo que genera mayor impacto en la categoría CED es el modelo 3, debido a que es el modelo que tiene un mayor peso; seguido por el modelo 2; cuyo peso es muy similar al modelo 3.

El modelo que menor impacto produce en esta fase, es el modelo 1 debido, al igual que ocurría en la categoría de impacto anterior (GWP), a su ligereza.

### **Fase de De-producción**

Por último, los modelos que producen un mayor impacto en esta fase son los modelos 2 y 3, quedando prácticamente igualados.

El modelo que produce un menor impacto en esta fase, es el modelo 1.

Una vez analizados los resultados obtenidos mediante el cálculo de ACV para cada uno de los modelos, se observa que el desarrollo de la industria ha provocado que la construcción de viviendas genere cada vez un mayor impacto en el consumo de energía acumulada. En el modelo 3, perteneciente al Periodo Colonial y que era el modelo tipo de vivienda que se pretendía instalar en el país, constituye el modelo que produce un mayor CED. Ocurre lo mismo con el modelo 2.

Por el contrario, el primer modelo construido, usando las técnicas y estrategias indígenas, resulta ser el modelo que produce menor impacto en la categoría CED, con mucha diferencia respecto a los demás modelos presentados, y constituye, por tanto, el modelo que presenta la mejor adaptación al clima de entre todos los modelos analizados.

## 8. CONCLUSIONES

Como ya se trató en el estado de la cuestión, han sido muchas las culturas que han dejado huella en territorio colombiano. En concreto, y como objeto de este estudio, su arquitectura adaptada al lugar de residencia genera un grado de adaptación al medio óptimo para las condiciones climática donde se encuentra ubicado el país.

Nos encontramos por tanto, con que la vivienda indígena, tan sencilla de arquitectura como de materiales, es la vivienda perfecta para habitar en Colombia ya que es la que menor impacto ambiental genera.

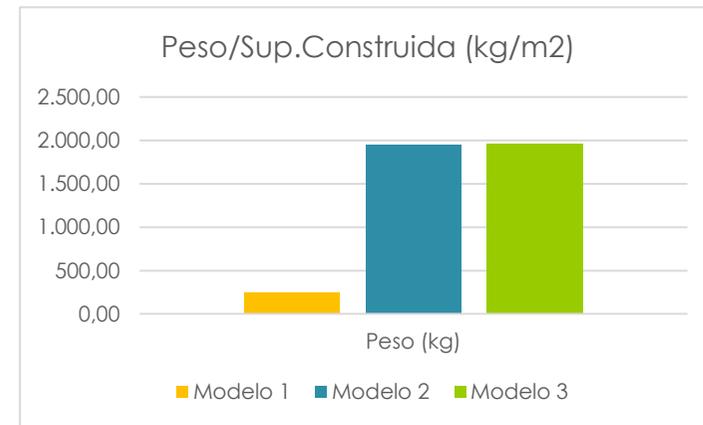
Durante la época de la colonización, los nuevos habitantes implantaron su forma de vida, sus costumbres y sus viviendas; dando paso a una arquitectura pesada, con materiales que generan gran cantidad de impacto medioambiental.

Con el estudio de Análisis de Ciclo de Vida realizado en este trabajo, hemos comprobado lo que ya suponíamos. Las viviendas indígenas, que son las de menor peso propio; además de tener mejor grado de adaptación al medio, son las que menor impacto ambiental producen.

Por el contrario, las viviendas del periodo colonial, con un peso propio muy elevado debido a los materiales con los que se construyen (ladrillo, tejas y baldosas cerámicas, cristal), intentan adaptarse al medio con el paso de los años, generando un impacto medioambiental muy elevado con respecto a las viviendas de la etapa indígena.

Observando la gráfica de la comparativa de peso/superficie construida, vemos la gran diferencia de peso entre el Modelo 1 –

Casa Comunal Muisca (Periodo Indígena) en comparación con los Modelos 2 y 3, ambos del Periodo Colonial.

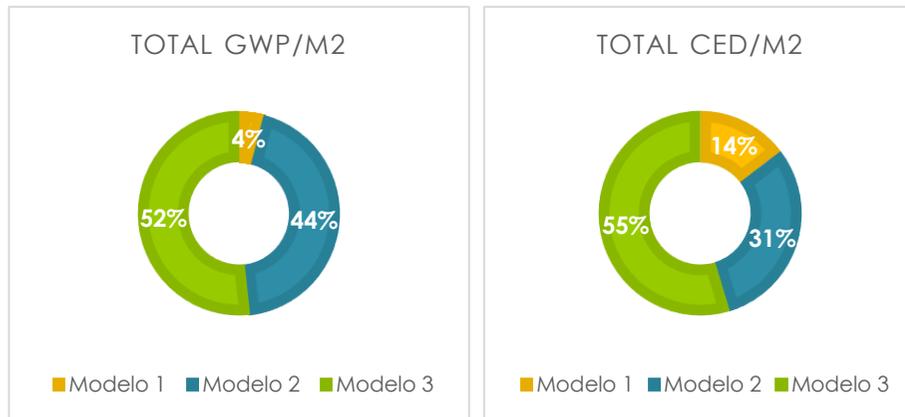


Gráfica 8.1. Comparación Peso/Sup.Construida.  
Fuente: Elaboración propia.

En relación al trabajo realizado por el ACV y las herramientas BIM, hemos podido comprobar la gran utilidad que tiene en el sector de la construcción y la ventaja que supone a la hora de realizar proyectos, pues nos permite saber en tiempo real cuánto impacto estamos provocando en el medioambiente dependiendo de los materiales que usemos. Esto, junto a la importancia actual del impacto al medioambiente, nos lleva a una vía efectiva para cumplir con los requisitos cada vez más exigentes que imponen las normativas.

Tras el estudio realizado a los tres modelos y tal y como hemos observado en los resultados del ACV, los resultados nos indican que, utilizándose elementos comunes como la madera y la tierra, como elementos principales en los edificios, obtenemos gráficas que

reflejan el bajo impacto que se provoca durante todas las fases del citado análisis.



Gráfica 8.2. Comparación valores de GWP/m2 y CED/m2.  
Fuente: Elaboración propia.

Las gráficas de las dos categorías de impacto estudiadas, nos muestran, como citamos anteriormente, que de los modelos estudiados, es el modelo 1 (indígena), el que genera menor impacto y consume menos energía y recursos.

En referencia al **objetivo general**, se ha puesto de manifiesto el grado de adaptación al contexto elegido de cada uno de los modelos estudiados. Una vez establecidos los parámetros de diseño más adecuados para la construcción de viviendas en Colombia, de acuerdo a sus características ambientales, se ha demostrado que las estrategias de construcción indígena son las que mejor se adaptan al ambiente climatológico del país; y que además son las que menor impacto producen.

Por el contrario, los modelos 2 y 3, ambos importados de Europa y construidos tras la colonización del país, no se adaptan a ninguno

de los parámetros de diseño descritos, ya que su construcción no se adecúa a las características del país.

A pesar de que desde la colonización de Colombia se ha rechazado la arquitectura indígena y se han intentado eliminar los vestigios que poblaban el país, finalmente, ha resultado ser este tipo de vivienda la que mejor se adapta al entorno climático y geográfico de Colombia. Por tanto, queda alcanzado el **primer objetivo específico** que se perseguía con este trabajo.

Con respecto al **segundo objetivo específico**, descrito al inicio del presente trabajo, se ha puesto de manifiesto que los modelos que cuentan con un peor diseño, y por tanto, con una menor adaptación al ambiente, cuentan con un mayor peso propio repercutido por su superficie construida y, como consecuencia, generan un mayor impacto en las fases de producción, construcción/deconstrucción y de-producción.

En cuanto al **tercer objetivo específico**, éste también se ha alcanzado satisfactoriamente tras la realización del trabajo. La información obtenida a través del Análisis de Ciclo de Vida se ha añadido a la base de datos de la línea de investigación en la que se engloba el trabajo, con la finalidad de servir como base para futuros estudios.

Para finalizar, se evidencia que el modelo más ligero, que es el modelo diseñado con técnicas y estrategias de la arquitectura indígena, coincide con el que tiene un diseño más acorde con las características ambientales de Colombia, citadas en el apartado 4.1.1, y con el que produce un menor impacto en las categorías analizadas en el ACV.

## **9. FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN**

Como futuras líneas de investigación, se podrían considerar las siguientes:

- Continuar integrando modelos BIM con el Análisis de Ciclo de Vida, con el objetivo de obtener un intercambio de datos que se produzca de forma automática y eficaz.
- Incluir la fase de vida útil en el cálculo de las categorías de impacto, para así lograr unos resultados del ciclo de vida completo de los modelos.
- Persistir en la búsqueda de modelos con el fin de seguir añadiendo datos a la línea de investigación para comparar resultados, con el fin de encontrar modelos que produzcan un menor impacto.

## 10. BIBLIOGRAFÍA

- AGUSTIN, José. "Fundaciones coloniales y republicanas en Colombia: normas, trazado y ritos fundacionales". Revista Credencial Historia Ed. 141. Bogotá. 2001.
- ALMANSA MORENO, José Manuel. "Arquitectura doméstica en el Nuevo Reino de Granada". Universidad Pablo de Olavide, Sevilla, España. 2007.
- ANGULO GUERRA, Francisco. "Tipologías Arquitectónicas Coloniales y Republicanas". Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Bogotá. 2008.
- ARANGO, Silvia; NIÑO, Carlos; RAMIREZ, Jorge; SALDARRIAGA, Alberto. "Bogotá y la Sabana. Guía de Arquitectura y Paisaje". Bogotá: Universidad Nacional de Colombia; Sevilla, Junta de Andalucía. 2012.
- ARANGO, Silvia. "Historia extensa de la arquitectura en Colombia". Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. 1989.
- ARANGO Bueno, Teresa. "Precolombia. Introducción al estudio del indígena colombiano". Ed. Sucesores de Rivadeneyra S. A. 1954
- BARRIOS, Renny. "Arquitectura Indígena" (Blog) [en línea]. Venezuela. 2008. Disponible en: <http://churuatasyagrupo.blogspot.com.es/>
- BÁRZANA, Noemí; CABRERA, Mónica; CRUZ, Minerva; GONZÁLEZ, M<sup>a</sup> Teresa; LABRADA, Flora; SOTO, Milene; LÓPEZ, Omar; NACER, Salvador. "La Casa Colonial Santiaguera". Instituto Cubano Del Libro. Editorial Oriente. Santiago de Cuba. 1995.
- BEDOYA AGUIRRE, Parmenio Antonio. "Transformaciones y Características de la Vivienda Vernácula en el Barrio Aranjuez de Medellín a partir de las formas de habitar de sus moradores desde principios del siglo XX". Tesis para MAGISTER EN HÁBITAT.
- CORRADINE, Alberto; MORA De Corradine, Helga. "Historia de la Arquitectura Colombiana. Volumen Siglo XIX". Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. 1989.
- DUQUE Gómez, Luis. "San Agustín". Delroisse. 1982.
- FAJARDO, Julio José. "San Agustín: una cultura alucinada". Barcelona, España, Plaza & Janés. 1977.
- FONSECA MARTINEZ, Lorenzo, SALDARRIAGA ROA, Alberto. "La Arquitectura de la Vivienda Rural en Colombia. Vol. I". Bogotá. Colciencias. 1980.
- FONSECA MARTINEZ, Lorenzo, SALDARRIAGA ROA, Alberto. "La Arquitectura de la Vivienda Rural en Colombia. Vol. II". Cali. Litocenco. 1984.
- FONSECA MARTINEZ, Lorenzo, SALDARRIAGA ROA, Alberto. "Arquitectura Popular en Colombia". Bogotá: Altamir ediciones, 1992.
- FONSECA MARTINEZ, Lorenzo, SALDARRIAGA ROA, Alberto. "Aspectos de la arquitectura contemporánea en Colombia". Medellín, Editorial Colina. 1977
- GIL Tovar, F., ARBELÁEZ Camacho, C. "El arte colonial en Colombia" Ed. Sol y Luna. Bogotá. 1968.

- GONZALES, Aníbal. "Historia Universal" Culturas Precolombinas. www.historiacultural.com
- GONZALEZ, Bryan; CANALES, Diana; SAUSA, David; TEJADA, Maite. "Arquitectura Vernácula de los países del CAN". Universidad Federal de Integración Latinoamericana UNILA. Foz de Iguazú. 2014.
- GUTIERREZ, Ramón; SANCHEZ, Carlos; MARTIN D., José María. "Andalucía en América: El legado de ultramar". Editorial Lunwerg. Barcelona. 2007.
- GUTIERREZ, Ramón. "Arquitectura y Urbanismo en Iberoamérica". Ediciones Cátedra, S.A. 3ª Edición. 1997.
- "Historia del Arte Colombiano". Ed. Salvat Editores S.A. 1977.
- JARAMILLO Uribe, Jaime. Manual de historia de Colombia "Colombia Indígena". Tomo I. 3ª Edición. Ed. Procultura S.A. Instituto Colombiano de Cultura.
- JUNTA DE ANDALUCIA. "Arquitectura doméstica tradicional en Andalucía" Jornadas Europeas de Patrimonio 2002. Sevilla. 2002.
- KAHN, Lloyd. "Cobijo". Ediciones AKAL. 1993.
- KUBLER, George. "Arte y arquitectura en la América precolonial" 2ª Edición. Manuales Arte Cátedra. 1999.
- MORÉ, Gustavo Luis; PRIETO VICIOSO, Esteban; PERÉZ MONTÁS, Eugenio; DELMONTE, José Enrique. "Historias para la construcción de la arquitectura dominicana (1492 – 2008)". Santo Domingo. Grupo León Jimenes. 2008.
- NOGUERA DE E., Patricia. "Arquitectura medieval: fundamentos sociales, políticos, económicos y filosóficos". Universidad Nacional seccional Manizales. Colombia. 1984
- NÚÑEZ Zorrilla, M., "Arquitectura vernácula y colonial dominicana". Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona, 2011.
- RANGEL, Francisca. "Últimos vestigios de la vivienda indígena en Lagunillas Municipio Sucre". Mérida, Venezuela. 2011.
- REICHEL-DOLMATOFF, Gerardo. "Arqueología de Colombia". Instituto Colombiano de Cultura Hispánica.
- REVISTA ESCALA S.A. "Arquitectura Latinoamericana" [en línea]. Bogotá, Colombia. 2011. Disponible en: <http://revistaescala.com/>
- RODRIGUEZ SANCHEZ, Luz Alda. "Transformación de la vivienda indígena. Proyectos de desarrollo e influencias externas. Bitácora 19". Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. 2011.
- RUDOFISKY, Bernard. "Arquitectura sin Arquitectos. Breve introducción a la arquitectura sin genealogía". Editorial Universitaria de Buenos Aires. 2ª Edición. 1976.
- SALDARRIAGA Roa, Alberto; ISAZA Londoño, Juan Luis. "Monumentos nacionales de Colombia. La huella, la memoria, la historia". El Áncora Editores. Bogotá. 1988.
- SALDARRIAGA Roa, Alberto; CHÁVEZ MENDOZA, Álvaro; PELÁEZ, Gonzalo; PINEDA CAMACHO, Roberto. "Pasados presentes. La vivienda en Colombia". 1ª Edición. Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá. 2009.

- SÁNCHEZ GAMA, Clara Eugenia. "La arquitectura de tierra en Colombia, procesos y culturas constructivas". Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. 2007.
- SCHÁVELZON, Daniel. "Vivienda y vida cotidiana en el período colonial: una visión arqueológica. Instituto de Arte Americano e Investigaciones Estéticas". Buenos Aires, Argentina. 1994.
- SENA, Sección de Publicaciones. El bahareque en la región del Caribe módulos 1 al 9, Dirección General, Bogotá, 1990.
- TÉLLEZ, Germán; MOURE, Ernesto. "Arquitectura doméstica en Cartagena de Indias". Universidad de los Andes. CNT Escala. 1983.
- TÉLLEZ, Germán et al., "Casa campesina. Arquitectura vernácula de Colombia", Bogotá, Villegas, 1993.
- TELLEZ, Germán. "Casa Colonial. Arquitectura Doméstica Neogranadina". Villegas Editores. Bogotá. 1995.
- TELLEZ, Germán. "Casa de Hacienda. Arquitectura en el Campo Colombiano". Villegas Editores. 2ª Edición. Bogotá. 2006.
- TÉLLEZ, Germán. "Historia del arte colombiano". Ed. Salvat. Tomo VI. 1983
- TORRES Zarate, Gerardo. "La arquitectura de la vivienda vernácula". Plaza y Valdés Editores. 1ª Edición. México. 2009.
- UGARTE, J., "Guía de Arquitectura bioclimática. Construir en países cálidos". Instituto de Arquitectura Tropical, San José, Costa Rica, 2009.
- UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOS ANDES. "La Arquitectura en Colombia". Ediciones ESCALA LTDA. 1ª Edición. Bogotá. 1985.
- VELÁSQUEZ BARRERO, Luz Stella. "Cultura Arquitectónica del Bahareque en Colombia". II Jornadas Low Tech. Escola de Edificació Universidad Politècnica de Catalunya. 2011.
- VIÑUALES, Graciela María. "Arquitectura de Tierra en Iberoamérica. HABITERRA. Red Temática XIV. A. PROTERRA. Proyecto XIV. 6". Impresiones Sudamérica, Buenos Aires, Argentina. 1994.
- VIÑUALES, Graciela María. "Arquitectura vernácula iberoamericana". Red Avi, 2013. Sevilla.