

## ARQUITECTURA CONTEMPORANEA CON TIERRA, ESTUDIO PARA UNA EVALUACION SOSTENIBLE.



Lucia Esperanza Garzón Castañeda  
Tecnotierra, Ave Cll 24 No 82-51 Bogota COLOMBIA,  
tel. 57 3102450630,  
e-mail: luciagarzon@yahoo.com ,  
bioarquitecturatierra@gmail.com.

**Tema 4:** Arquitectura de tierra en el contexto del desarrollo sostenible

**Palabras-clave:** Indicadores de arquitectura sostenible, cubiertas con tierra y bio-construcción

### Ponencia

#### Resumen extendido:

En este siglo ante los cambios climáticos, la problemática energética y el futuro planetario, se hace necesario crear mayor conciencia sobre el impacto del sector de la construcción en el medio ambiente y comenzar un análisis profundo sobre el aporte que como arquitectos, ingenieros y constructores, así como consejeros de clientes y consumidores de materiales de construcción, aportemos en la disminución y afectación del entorno, sin causar mayor deterioro ambiental.

Según datos mundiales en la enciclopedia WINIPEDIA (1) en el tema de consumo y recursos energéticos a nivel mundial) se referencian los siguientes datos:

***“Los usos industriales (agricultura, minería, manufacturas, y construcción) consumen alrededor del 37% del total de los 15 TW de energía. El transporte comercial y personal consume el 20%; la calefacción, la iluminación y el uso de electrodomésticos emplea el 11%; y los usos comerciales (iluminación, calefacción y climatización de edificios comerciales, así como el suministro de agua y saneamientos) alrededor del 5% del total.....***

***La arquitectura sustentable, también denominada arquitectura sostenible, arquitectura verde, eco-arquitectura y arquitectura ambientalmente consciente, es un modo de concebir el diseño arquitectónico de manera sostenible, buscando aprovechar los recursos naturales de tal modo que minimicen el impacto ambiental de los edificios sobre el medio ambiente y sus habitantes“.***

Los conceptos de ARQUITECTURA SOSTENIBLE merecen ser revaluados en la práctica, para ello es urgente tomar seriamente indicadores de lo que eso implica en estos tiempos. La arquitectura de por sí, una actividad compleja y múltiple, que involucra muchos actores, recursos naturales y humanos, ahora incluye, el concepto de sostenibilidad integral, en un concepto holístico, que se puede prestar para diversos niveles de comprensión.

Según dice en Green Bulding (2):

***“La construcción consume la sexta parte del agua del mundo, como consumidores de madera se gasta el 25%, y una tercera parte del flujo de materiales y energía.....***

***La construcción sostenible, es una estructura que es diseñada, construida, operada o reutilizada de forma ecológica y eficiente respecto a los recursos. Son también llamadas construcciones verdes y están diseñadas para ajustarse a ciertos objetivos tales como proteger la salud de los ocupantes, mejorar la productividad del empleado, usar la energía, agua y otros recursos con más eficiencia y reduciendo el impacto general sobre el medio ambiente.”***

Aunque en Colombia recién empieza a consolidarse el CONSEJO DE CONSTRUCCION SOSTENIBLE y se están homologando algunas normas de certificación ambiental, son pocos los profesionales que ya tienen la conciencia y la formación para actuar en cualquier intervención constructiva con este nuevo paradigma. La práctica profesional exige ingresar a la filosofía de la arquitectura sostenible, e intentar involucrar la mayor cantidad de variables para disminuir el

riesgo planetario; y, de este modo, construir la esperanza de que la humanidad pueda vivir en equidad, y con seguridad, mejorando, las condiciones de confort para todos, sin depredar los recursos limitados, pero generosos que brinda el planeta.

Explorar y realizar proyectos alternativos con materiales no convencionales y construir obras arquitectónicas o proyectos demostrativos con otra visión profesional, amplía las posibilidades constructivas en el mercado, y, articula procesos pedagógicos de transferencia tecnológica, igualmente, integra la academia y motiva a profesionales, estudiantes y docentes en la investigación. Con estas nuevas perspectivas de difusión, tener credibilidad y confianza en el uso con, posibilidades de otros materiales, es otro de los objetivos del presente documento.

Como premisa, el primer paso es cambiar los paradigmas, desarrollar y colectivizar tecnologías amigables con el medio ambiente, así como realizar y difundir investigaciones diversas que han demostrado que mediante otros procedimientos se puede intervenir ecológicamente el ambiente construido.

### **PRINCIPIOS, INDICADORES Y METODO DE EVALUACION ANALITICA**

La sostenibilidad ambiental de la construcción exige tener en cuenta muchas determinantes difíciles de medir, y es así como esta experiencia en obra, esta permitiendo realizar la construcción y acercamiento de algunos indicadores, de esta forma empezar, a construir un método de evaluación. Por ello se recurre a marcos teóricos como son las normas en liderazgo y eficiencia energética LEED y otras pautas realizadas por organismos promotores de una nueva arquitectura ecológica como lo propone Green Bulding de los Estados Unidos.

### **PRINCIPIOS DE LA CONSTRUCCION ECOLOGICA**

Existen principios que rigen una visión sobre la construcción sostenible que va mas allá del simple marketing de moda. Se inicia desde una concepción simple que es el CONSUMO, y por ello parte de las necesidades que tiene el ser humano, la familia y la sociedad para satisfacer sus índices de confort pero pensando en la capacidad de carga del planeta o lo que se ha llamado HUELLA ECOLOGICA o HUELLA DE CARBONO.

Aquí se enumeran siete puntos clave para responder a la construcción ecológica:

- Valorar las necesidades.
- Proyectar la obra con las condiciones de clima y cultura local.
- Ahorrar energía y agua.
- Pensar en las fuentes de energías renovables
- Construir con cualidad y durabilidad.
- Evitar riesgos para la salud.
- Usar materiales de materias primas generadas localmente y reciclables ...

### **Potenciales indicadores**

- 1- Análisis del Ciclo de vida de los materiales e impacto por contaminación que esa producción causa, flujos de recursos materiales y del recurso humano.
- 2- Consumo y economía energética de los materiales, producción de insumos
- 3- Costos económicos como valor de mercado

En el caso puntual de este artículo deseo hacer énfasis en la importancia y mecanismos al realizar la transferencia tecnológica. Esta es una variable que incide en el posicionamiento de innovaciones y que impacta el concepto de desarrollo que venimos implementando en nuestros países. Por la experiencia de este proyecto demostrativo, se han detectado diversas barreras y problemáticas para la apropiación y aprendizaje.



Figura 1 - Cuadro sintético sobre el ciclo de vida de los materiales  
(diseño: Lucia E. Garzón-2008)

## 2-CONSUMO Y ECONOMIA ENERGETICA DE LOS MATERIALES

Con miras a otro objetivo al realizar el proyecto demostrativo, y aminorar el impacto energético de la construcción se aplicaron algunas estrategias como las siguientes:

### Emplazamiento y diseño

- Se diseñó el proyecto con la **orientación natural** aprovechando las zonas de asoleación potenciando la **energía solar pasiva** que va a incidir en el rendimiento energético de la habitabilidad de esta construcción.
- **La forma, la materialidad** y la orientación de la construcción, el diseño solar pasivo y el uso de **iluminación natural**, hacen parte de las premisas del ahorro energético a medir con indicadores de consumo en el tiempo y uso, y que en la etapa de habitabilidad aportaran a la **calidad ambiental y de confort**, junto con el al ahorro energético.
- El **diseño arquitectónico** del proyecto se realizó potenciando el suministro de iluminación natural. Los estudios muestran que influye positivamente en la productividad y bienestar.
- En los planos de instalaciones eléctricas se incluyeron **sistemas de iluminación de alta eficiencia** con controles avanzados. Incluye sensores de movimiento ligados a controles de voltaje. La iluminación es dirigida para reducir los niveles de iluminación general desde el techo.
- Por las condiciones climáticas y ambientales del lugar no es muy necesario crear y usar sistemas de calefacción, sin embargo se incluyo el sistema de **chimeneas para calefacción**, adaptados a la proporción de los espacios y con **sistemas eficientes energéticamente**, que van armonizados con un conjunto de eficiente **aislamiento térmico de la construcción** (muros de tierra con alta absorción térmica - 30 cm. de envoltura que funcionan por convección térmica con ocho horas). En los acabados se eligieron al máximo **colores claros** para materiales de techado y acabado de paredes; así al instalar aislamientos de alta gradación R para techos y paredes.

### **Eficiencia energética**

- Dentro del planteamiento de equipamiento de equipos y electrodomésticos se recomendó minimizar las cargas eléctricas de iluminados. Adquiriendo equipos de bajo consumo energético y alta eficiencia.
- Para el sistema de calentamiento de aguas se considero las fuentes limpias de energía, tales como panel de energía solar y se esta estudiando la posibilidad de celdas fotovoltaicas y transformadoras en combustible que están ahora disponibles en nuevos productos y aplicaciones. Las fuentes de energía renovable son un gran símbolo para nuevas tecnologías en el futuro.
- El diseño fue asistido por computador como herramienta muy útil para optimizar el diseño de sistemas eléctricos y mecánicos.

### **Eficiencia de los materiales**

Según la enciclopedia Wikipedia en el tema de Materiales para edificios sustentables dice:

*Los materiales adecuados para su uso en edificios sustentables deben poseer características tales como bajo contenido energético, baja emisión de gases de efecto invernadero como CO<sub>2</sub> - NO<sub>x</sub> - SO<sub>x</sub> - material particulado, ser reciclados, contener el mayor porcentaje de materiales de reutilización, entre otros. En el caso de maderas evitar las provenientes de bosques nativos y utilizar las maderas de cultivos como el pino, el eucaliptus entre otras especies. Entre los materiales usados en la construcción que más energía propia poseen se encuentran el aluminio primario (215 MJ/kg), el aluminio comercial con 30% reciclado (160 MJ/kg), el neopreno (120 MJ/kg), las pinturas y barnices sintéticos (100 MJ/kg), el poliestireno sea expandido o extruido (100 MJ/kg) y el cobre primario (90 MJ/kg), junto a los poliuretanos, los polipropilenos y el policloruro de vinilo PVC.(1)*

### **Elección de materiales del proyecto**

Desde la filosofía inicial como proyecto “sostenible”, se eligieron materiales locales y materiales y productos de construcción ecológicos. Algunos de ellos son: la piedra, la madera explotada dentro de cadenas sostenibles, la tierra del propio predio (que es el 70% del material a usar en la obra transformado en bloques de tierra cruda, en paredes monolíticas y en panetes o revestimientos), igualmente las bambusas o cañas locales, las pinturas o tintes, extraídos de colores naturales de tierra, los ladrillos cocidos y pisos cerámicos, algunos retales de mármoles que son reciclados de las grandes producciones, el uso de la cal usada como cementante, impermeabilizante y para acabados.

La experiencia en Colombia del Bahareque encementado, al permitir normativamente el uso del bahareque desde hace una década en la construcción, especialmente avalando la respuesta a la sismo resistencia, ha permitido visualizar el valor y potencial de un sistema vernacular que puede evolucionar hacia procesos semi-industrializados como es el bahareque prefabricado. Este sistema se ha desarrollado en Perú y con muchas obras de arquitectura ya habitadas y funcionando.



**Fotografía 1-** Prototipo de vivienda de bahareque prefabricado con piedra, madera y tierra (fotografía de Lucia E. Garzón).

Los criterios para seleccionar los materiales son de diverso orden, a saber, variables como las energéticas, ecológicas, estéticas y sociales. El concepto de la **racionalización de la energía** incluye variables como son la procedencia del material, el tipo de transporte, la distancia y la adquisición de los recursos locales que evitan el consumo de combustibles fósiles y por esta razón los materiales provienen de 200 km. de distancia.

Otra forma de evaluar el costo energético es en el consumo de **materiales re-usados y reciclados**, que no tienen ninguna o **pocas emisiones gaseosas perjudiciales** (caso de la producción de BTC y de muros de Tapia pisada o bahareque, que demuestran una baja emisión), ninguna o **poca toxicidad** (se evito usar productos químicos contaminantes, caso de la inmunización de la madera), materiales de **cosecha sostenible** (caso de la madera y de la caña) , **alta reciclabilidad** (la tierra es uno de los mas apropiados en este aspecto), **durabilidad, longevidad y producción local.**

- Teniendo en cuenta estas variables, el proyecto se planeo usando el material local: la tierra cuyo uso se aplico en la elaboración de algunas técnicas. Estas son: como BTC- Bloques de tierra cemento y cal, Tapias pisadas y en la cobertura una técnica Mexicana denominada: “adobito recostado”, y otro prototipo de vivienda con el bahareque prefabricado, que adicionalmente se construye con madera y caña local (un tipo de bambusa conocido como caña brava) y una cubierta semi-plana, vernácula e impermeable usada en otros países de America Latina con aislación térmica con una capa de carbón vegetal y tierra arcillosa.

Tales recursos promueven la conservación y eficiencia de los recursos naturales locales.

Usando productos reciclados también se promueve crear un mercado de nuevos productos reciclados, que al estar desviados de los vertederos especializados, entran en la cadena ecológica y así están empezando a realizarse con un manejo Integral de supuestos desechos.

- Se aplico y utilizo sistemas estandarizados y coordinación modular en el bahareque prefabricado y el modulo del Bloque de tierra comprimido –BTC, establecido como BSC según la Norma ICONTEC 5324 para Bloque de suelo cemento: este material desde su inicio proporciona, junto con los paneles de bahareque prefabricado, un planeamiento dimensional, al realizar los elementos pre dimensionados y con baja perdida de material.
- El estandarizar las medidas, racionalizar los procesos y producir localmente insumos, permiten otra estrategia técnica articulada a la ecología social, al impulsar el reparto de bienes, aplicando materiales y procesos eficientes que generan empleo y mano de obra local y permiten un desarrollo tecnológico local.



Fotografía 2- **Producción de Bloques de suelo cal y cemento, extraídos del suelo local (fotografía Lucia E. Garzón).**

## **Eficiencia del agua**

Cuando se evalúan los recursos materiales y la economía energética es necesario integrar conceptos e integrar los valores de otros **elementos** planetarios, como el **agua**, un recurso vital e insustituible, que hasta ahora no ha sido producido accesiblemente de forma artificial. En estos tiempos es imprescindible tenerlo en cuenta desde la filosofía de uso y consumo, hasta el diseño en la construcción. La cosecha de las aguas lluvias, el aprovechamiento de las aguas servidas, y la adquisición y uso de artefactos sanitarios economizadores, hacen parte de la integridad de la arquitectura sostenible.

- Para el diseño sanitario, se consultó un sistema de tuberías dobles , separando las aguas, reciclando las aguas grises para los sanitarios y con un tratamiento biológico del sistema de dichas aguas grises: las aguas negras serán tratadas con sistemas naturales y no afectaran las fuentes hídricas de la zona. Con las cubiertas y a través de canales recuperan las aguas lluvias que son almacenadas con otras aguas no potables para irrigación.
- Para minimizar el desperdicio de agua, se usan sanitarios de baja descarga, duchas de bajo flujo y otros dispositivos de ahorro.
- Usar sistemas de recirculación para distribución central de agua caliente.
- Se instalaron sistemas de calentamiento de agua solar y la localización es en punto local para eficiencia energética.
- Se recomendó usar contadores separados para irrigación y para la construcción. Usar micro-irrigación con riego por goteo en jardines (que excluye rociadores y esparsores de alta presión) para suplir de agua a zonas distintas a prados y usar controladores tecnificados de irrigación y mangueras y cabezales de apagado automático.

## **3- COSTOS ECONOMICOS**

**En el sistema de Mercado de la construcción (que se va tornando monopolico del las empresas cementeras, ladrilleras y de los aceros), hay poca industrialización y prefabricación de sistemas constructivos y aun la forma de realizar las obras es artesanal, especialmente en nuestros países. El tema de lo económico es una de las variables que mas incide en la elección y consumo, siendo un aspecto primordial en la toma de decisiones sobre la elección de los materiales de construcción. Por lo tanto para cambiar los paradigmas y ampliar el mercado, se exige mucho conocimiento para entrar a competir con los productos convencionales y se debe ser abordar este tema de forma integral.**

*“Una construcción verde puede costar más inicialmente, pero significa ahorros mediante bajos costos operacionales durante la vida de la misma. El modelo de construcción verde aplica un análisis de costos sobre el ciclo de vida proyectado para determinar los gastos apropiados preliminares. Este método analítico calcula los costos sobre la vida útil de la inversión.”*

*Algunos beneficios, como el mejoramiento de la salud, la comodidad; la productividad, disminución de la contaminación y de vertederos de basura no son facilmente cuantificables. Por lo tanto, no estan adecuadamente incluidos en el análisis de costos. Por ello separar una pequeña porción del presupuesto de la obra para cubrir gastos diferenciales asociados con la construcción verde menos tangible, beneficia o cubre el costo de la investigación y análisis de la opción de construcción verde.*

***Incluso, con un presupuesto apretado se pueden incorporar muchas medidas de construcción verde con un mínimo o ningún aumento sobre el costo inicial y pueden traer enormes ahorros.” (2)***

## **OTROS COSTOS**

### **Salud y seguridad de los ocupantes**

***..Estudios recientes revelan que construcciones de buena calidad ambiental general pueden reducir la tasa de enfermedades respiratorias, alergias, asma y mejorar el desempeño de los empleados. Los beneficios potenciales financieros de mejorar el ambiente interno excede los costos por un factor de 8 y 14.***

***Elija materiales de construcción y productos e acabado interior con ninguna o baja emisión para mejorar la calidad del aire. Muchos materiales de construcción y productos de limpieza o mantenimiento emiten gases tóxicos tales como componentes volátiles orgánicos (VOC) y formaldehidos. Estos gases son perjudiciales en la salud y productividad de los ocupantes.” (2)***

## BIOARQUITETURA, SALUD Y MATERIALES



**Fotografía 3** -Vivienda de BTC construida hace 20 años con cubiertas y muros de y tierra cruda, Villa de leyva Colombia, (Diseno: Angel ,Garzon, Salamanca)

Para el proyecto se eligió la TIERRA cruda. Es un material vivo y natural, que por sus propiedades, origen y proceso de elaboración, permiten la porosidad, y esta característica a su vez la respiración y transpiración. La tierra es de los materiales más naturales y sanos. Su aplicación en la obra se realiza en todas las envolturas o pieles, desde los muros (en bloques de tierra prensados- BTC, en rellenos, revestimientos para las técnicas mixtas como el bahareque prefabricado y en tapias pisadas, además de los acabados de toda la obra), hasta los techos. También las cubiertas se proyectaron con tierra cruda, en la técnica mexicana que se construye con pequeños bloques usados de forma autoportante y que generan a partir del arco: bóvedas de diferente tipo y cúpulas; adicionalmente otra experimentación en esta obra está en unas cubiertas semiplanas, con una pequeña capa de tierra.

Proveer ventilación adecuada y un sistema de filtro de ductos super eficientes.

Evita la contaminación microbiana interna mediante la selección de materiales resistentes al crecimiento de microbios; drenaje efectivo del techo y jardines de alrededores, instalar adecuada ventilación en baños; drenar adecuadamente el aire en los espacios y diseñar otros sistemas para controlar la humedad.

### **Operación y mantenimiento de la construcción**

Las medidas de construcción verde no pueden alcanzar sus metas a menos que funcionen como se planearon. Para el uso del material TIERRA, desde el diseño y para todas las envolturas, deben de planearse y racionalizarse las instalaciones, los BTC o bloques de tierra comprimida realizados con la CINVA RAM, traen piezas especiales que permiten pasar tuberías de forma vertical y horizontal, sin realizar rupturas o regatas. El diseño de las zonas húmedas de las casas fue proyectado para funcionar como muros sanitarios y la forma de realizar las instalaciones se programa desde un inicio del proyecto.

Inspección de construcciones con estas técnicas, implica probar y ajustar los sistemas mecánicos, eléctricos y de plomería. También incluye instruir al personal de mantenimiento.

Con el tiempo, el rendimiento de la construcción se puede evaluar con la medida de los ajustes, y con mejoras. El mantenimiento asegura que una construcción siga desempeñándose como se proyectó.

La tierra como cualquier material exige cuidados y mantenimientos con cierta frecuencia, por ello las revisiones periódicas en el cuidado de las pinturas, la impermeabilización y la calidad de los acabados, debe ser una constante.

### **EL RETO DE NUEVAS CUBIERTAS**

A partir de la experiencia en la red Proterra, de conocer investigaciones y experiencias como la realizadas en Colombia en el curso intersemestral “Un techo pa’todos”, realizado con la Universidad Gran Colombia (2009), en el que se construyó a escala real cuatro prototipos de coberturas, muy factibles de usar en el mercado de la construcción, surgió la inquietud de realizar

un proyecto demostrativo donde todas las coberturas fueran con los parametros de sostenibilidad y respondieran a las necesidades locales, sociales, ambientales y económicas del proyecto. Es así como se planea desde el inicio del diseño de la obra esta premisa de investigación para conocer las reales posibilidades cuantitativas y cualitativas de algunas técnicas en una obra concreta como esta.

El respaldo de las investigaciones del CYTED -Programa de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo, con su amplio bagaje en los proyectos donde se analizan las cubiertas y que pueden ser consultadas en documentos como :

XIV.A HABITERRA,  
XIV.3 TECHOS,  
XIV.5 CON TECHO - Programa 10x10,  
XIV.6 PROTERRA,  
XIV.8 CASA PARTES,

Algunos argumentos han evidenciado que la cubierta o techo de una construcción puede incidir dentro del presupuesto de una vivienda en América latina, entre un 25% y un 30 % del costo del valor total de la inversión de una obra. Esto implica estructura, cobertura o envoltura e impermeabilización: por lo tanto no es despreciable esta inversión y por ello es importante investigar coberturas de forma sostenible que permitan responder funcionalmente a las exigencias ambientales, que específicamente en los países tropicales, tiene mayores requerimientos si se desea responder bioclimáticamente, con variables como temperaturas, lluvias y seguridad (entre ellas la sísmica y de cargas como los vientos y/o huracanes). Por esto se exige responder si son regiones frías o ardientes, proporcionar control térmico para cada lugar y adicionalmente es necesario buscar tecnologías que disminuyan costos y brinden soluciones para las comunidades más desfavorecidas.

En el proyecto demostrativo, esta fue una variable para el diseño y fue otro tema como reto a abordar todo con el objeto de realizar un seguimiento como alternativas de estudio para cubiertas.

El mercado de la construcción desconoce y tiene muchas restricciones en relación a materiales sostenibles. Los techos de forma tradicional, que popularmente son más usados en el país son las placas de concreto, las tejas de barro, las láminas de zinc o aluminio, las tejas microvibradas o de fibra cemento, que responden a una cultura pero son deficientes desde el punto de vista ecológico, funcional, de confort térmico y de habitabilidad, además del alto costo energético que ocasionan, son sistemas que responden inadecuadamente en la diversidad de condiciones ambientales, pero por razones del mercado y de las limitadas alternativas, se han implementado. Tal es el caso de el asbesto cemento, que durante muchas décadas, se usó de forma masiva y sin conocimiento de las afectaciones humanas, hoy es material prohibido, por los impactos en la salud (asbesto: cancerígeno) y en el ambiente. En algunos países fueron obligados a ser reemplazadas. Ahora se requiere buscar nuevas soluciones, pero aún están siendo estudiadas en aspectos de la sostenibilidad, explorando alternativas de componentes livianos, autoportantes, con materiales no convencionales y con recursos locales. Por esta razón además este tema merece más estudio por ser un elemento funcional complejo en nuestros países, con climas variables, temperaturas, radiaciones solares, pluviosidad, sismicidad, y multiculturas, deben responder también al confort y a la problemática social de la autoconstrucción, facilitándose la accesibilidad y que ofrezca nuevas alternativas tanto en lo económico como en la seguridad.

El proyecto se planea con dos técnicas constructivas alternativas para cubiertas y para ello se propone un estudio que analice y sistematice en estas obras arquitectónicas construidas con techos mixtos con tierra.

Las técnicas elegidas implican una transferencia tecnológica desde materiales escritos, documentos extraído de la arquitectura vernacular, hasta la sabiduría de bovederos y de profesionales, generando un trabajo de equipo y de adaptación a las condiciones socio-culturales, físico ambientales y específicamente locales.

Para emprender este proyecto, se invitó a compartir la experiencia constructiva como una alianza de miembros de la red PROTERRA, y fue así como el Arquitecto Ramon Aguirre de Mexico, que viene desarrollando en su práctica profesional un tipo de cubiertas mexicanas, fue invitado durante el proceso constructivo de este proyecto para participar de forma permanente y directa como

tecnico, con el cargo de arquitecto residente. El esta encargado de realizar dicha transferencia tecnologica. Un emprendimiento como este significo aunar esfuerzos, sensibilizar al cliente para innovar, realizar multiples inversiones extraordinarias de la obra, todo con el fin de aplicar la tecnica con un profesional y un hacedor idoneo, y como resultado se tiene que adquirir experiencia, realizar un proyecto de capacitacion y de transferencia con el personal de obra y la presencia de un "bovedero" profesional, para de esta forma proyectar esta experiencia donde la obra misma, es el espacio de aprendizaje para que el personal de obra, con profesionales y proyectistas que puedan apropiarse de la tecnicas.

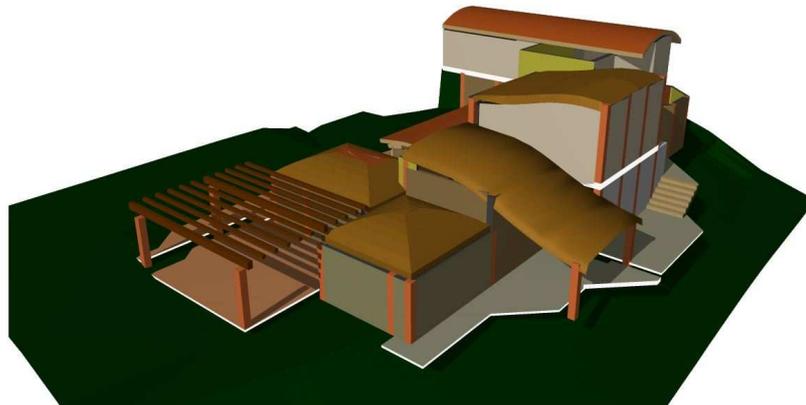
### **Determinantes ambientales para las cubiertas del proyecto**

El proyecto está localizado en la cordillera oriental de los Andes de Colombia, sector rural, en el Municipio de Subachoque, Departamento de Cundinamarca, altura sobre 2.900 m.s.n.m. Pluviosidad promedio 2000 mm por año. Temperaturas promedio entre 10 y 20 grados centigrados, oscilando entre dia y noche una media de 10 grados, que en algunos periodos del año puede bajar hasta cerca de los 0 grados centigrados.

El proyecto al estar localizado en una zona tropical, de "paramo", la afectacion de la energia solar sobre la cubierta es alta. Por ello regular las temperaturas externas que afectan de forma directa la bioclimatica y el confort termico del interior de las viviendas es uno de las hipotesis para un tratamiento ambiental y energetico.

Las formas curvas, abovedadas y organicas, permiten una mayor absorcion durante el dia y en la noche por el tipo de material a usar TIERRA CRUDA en una capa de 9 cms y un recubrimiento tipo cascarn de concreto con malla metalida de 3 a 4 cms. formando una cubierta semi liviana de 12 a 15 cms de grueso

El proyecto fue planeado para 510 m<sup>2</sup> de cubiertas, distribuidos en la construcción de las dos casas, las cuales estan diseñadas con sistemas constructivos con tierra, con bahareque prefabricado : uno tipo Quincha del Perú, con un diseno sencillo, en una altura de un piso, simbolizando lo que puede representar un prototipo de una vivienda social de un sector popular. El otro que corresponde a la casa principal, es una vivienda de dos pisos con sotano, en estandares de acabados mas altos que se concibe con la envoltura en las pareces de Bloque de suelo prensado o BSC.



**Figura 2-** Vivienda de BTC con cubiertas de bóvedas mexicanas en tierra cruda.

Las técnicas de cubiertas elegidas, son potenciales sistemas constructivos innovadores que podrían adaptarse, evolucionar y convertirse en tecnologías, aptas y acordes a nuestra realidad. Los prototipos realizados, fueron elegidos por que la tierra es uno de los materiales importantes para su elaboración y permite realizar las coberturas valores agregados y con las siguientes ventajas:

1. CUBIERTAS MAS LIVIANAS
2. REGULADORAS DE LA HUMEDAD AMBIENTAL
3. ALMACENADORAS DE CALOR Y AISLANTES
4. AHORRADORAS DE ENERGIA, DISMINUYEN LA CONTAMINACION AMBIENTAL
5. SON REUTILIZABLES EN SU CICLO DE VIDA

6. ECONOMIZAN OTROS MATERIALES DE CONSTRUCCION Y MUY BAJOS COSTOS DE TRANSPORTE
7. SON TECNOLOGIAS BLANDAS Y POR ELLO SON APROPIADAS PARA LA AUTOCONSTRUCCION
8. ABSORVEN EL ELECTROMAGNETISMO Y NO SON CONTAMINANTES, NO EMITEN GASES TOXICOS O EXPELEN COMPONENTES VOLATILES.
9. ESTETICAMENTE BELLAS Y LAS FORMAS GEOMETRICAS, GENERAN AL INTERIOR SENSACIONES AGRADABLES, CON SENTIDO ORGANICO (CURVILINEAS).
10. PUEDEN SER HASTA 25% MAS ECONOMICAS EN COSTOS DE DINERO POR DISMINUIR HIERROS Y CONCRETOS EN ESTRUCTURA.

Estos dos proyectos como experiencias demostrativas en el transcurso el tiempo permitiran evaluar y hacer un seguimiento sistemático en costos económicos y energéticos. Al finalizar el proyecto se realizará el calculo del costo por metro cuadrado de energia consumida y el costo economico, para tener mayores indicadores de lo que implican estos sistemas constructivos. A partir de la experiencia constructiva, se espera realizar una aplicación como sistema de evaluación para la arquitectura sostenible, con indicadores mesurables, que permiten llevar a una calificación del impacto ambiental comparativo con los sistemas convencionales de construcción.



Figura 3- Vivienda de 72 m2 con técnica de bahareque prefabricado por paneles de madera y cubierta con material no convencional

A cada capítulo de la obra se le esta haciendo un seguimiento detallado de los rendimientos, los costos economicos, los detalles constructivos, y en especial se inicio el estudio del costo energético, para al finalizar la construccion, el proximo año, ingresar los datos a una matriz, que permita bajo los marcos legales de las nuevas normas de eficiencia energética de la construcción, evaluar el sistema constructivo y calificarlo (como la norma LEED). Por ello, como la obra esta en una etapa inicial y se estan detallando en un estudio pormenorizado y muy preciso, los resultados aun estan por obtenerse y en este articulo se expresa la filosofia, principios para en un corto plazo calificar el proyecto en la vision sostenible : social, ambiental y económicamente.

El proyecto que esta aun en realización (Agosto 2010 a Junio 2011) no permite tener resultados especificos con cifras y un análisis integral. Se viene realizando el estudio desde lo estético, económico, pedagógico y técnico, por estar en proceso de construccion, se espera al finalizar la obra, obtener los datos y parámetros preparados para evaluar e implementar los indicadores y poder calificar qué niveles de aporte tiene esta experiencia en una Arquitectura sostenible.

La experiencia de proyectar bajo principios de diseño sostenible, innovacion tecnologica, materialidad, economía energetica y de recursos en dinero en esta nueva obra con características similares a las de otro proyecto realizado hace veinte años atrás de construccion, permitirá realizar un analisis comparativo actualizado a las nuevos retos planetarios. El primer proyecto fue diseñado y construido en el año 1990 en Villa de Leyva Colombia. Es una vivienda en uso que se encuentra en excelente calidad estructural, estetica y tecnica, la nueva obra similar en criterios, diseño y materialidad, demostrara el potencial de la TIERRA, del uso de cubiertas con materiales no convencionales, amplia el espectro de posibilidades en techos y comprobará la mejor calidad ambiental.



**Bibliografía:**

AIS Asociación Colombiana de Ingeniería sísmica y Fondo para la reconstrucción y desarrollo social del eje cafetero – FOREC “*Manual de Construcción sismorresistente en Bahareque encementado*”. COLOMBIA

Garzón, L.E. (2008) *Un barrio eco sostenible- Diseño Modular de construcción mixta con tierra*, Terra Brasil 2008. Sao Luis de Maranhao- Brasil. Cd-Room.

Garzón, L.E. (2009) “*Un techo pa’todos, Formando profesionales con una conciencia planetaria*”, SIIDS- Seminario Internacional de Investigación del Diseño Sustentable- Diseñar para Reducir, Re-usar y Reciclar, Universidad Autónoma de Tamaulipas, Tampico, MÉXICO. Memorias Cd-Room.

ICONTEC – Instituto Colombiano de Normas Técnicas (2005). NTC 5324. *Bloques de suelo cemento para muros y divisiones. Definiciones, Especificaciones. Métodos de ensayo. Condiciones de Entrega*. Bogota- COLOMBIA, 39.

ININVI- Instituto Nacional de Normalización de Vivienda (1987) / QUINCHA PREFABRICADA, Sistema constructivo no convencional No 106-95-MTC/15 VC 21 Marzo 1995.

Lorenzo, Pedro (2005). *Un techo para vivir- Tecnologías para viviendas de producción social en América Latina*. CYTED y Ediciones Universidad politécnica de Cataluña / UPC- Barcelona / ESPAÑA.

**Fuentes electrónicas:**

(1) [Www.es.wikipedia.org/wiki/Sector\\_el%C3%A9ctrico\\_en\\_Colombia](http://www.es.wikipedia.org/wiki/Sector_el%C3%A9ctrico_en_Colombia)

(2) <http://www.calrecycle.ca.gov/greenbuilding/basics.htm>, [www.sustainable.doe.gov](http://www.sustainable.doe.gov), Departamento de energía de los Estados unidos, guías de Construcción Verde básica.

**Currículum:** Lucía Esperanza Garzón, Arquitecta (U Piloto /Colombia), representante Red Iberoamericana Proterra. Diseña, construye, investiga y transfiere tecnologías con materiales no convencionales. Gestiona y coordina pedagógicamente diversos programas de formación: U. Gran Colombia, Escuela Colombiana de Ingeniería, U. Javeriana; promotora de diplomados y seminarios internacionales sobre tecnologías sostenibles como CONSTRUTTIERRA 2006; Un techo pa’todos-2009. Conferencista y tallerista en EEUU, España, Portugal, Mexico, Costa Rica, El Salvador, Panama, Venezuela, Colombia, Chile, Brasil, Peru, Uruguay entre otros.