



TESIS DOCTORAL

**PROTOTIPO DE VIVIENDA SOCIAL MODULAR
EMERGENTE, CON ADOBE ESTABILIZADO, PARA
EL CASO DE ERUPCIÓN DEL VOLCÁN COTOPAXI**

MYRIAM ALEXANDRA TORRES PAUCAR

Departamento de Expresión Gráfica

2017



TESIS DOCTORAL

PROTOTIPO DE VIVIENDA SOCIAL MODULAR EMERGENTE, CON ADOBE ESTABILIZADO, PARA EL CASO DE ERUPCIÓN DEL VOLCÁN COTOPAXI

MYRIAM ALEXANDRA TORRES PAUCAR

Departamento de Expresión Gráfica

Conformidad de los directores:

Dr. José Luis Canito Lobo

Dr. Antonio Manuel Reyes

2017

AGRADECIMIENTOS

*Primero Agradezco a **Dios** por permitirme terminar este trabajo, por la salud, la vida que me brinda y por tener una hermosa familia.*

*Gracias a **mis hijos** Emily y Lennel, por su amor, por su paciencia, por sus largas noches de espera para que pueda pasar un momento con ellos, son y seguirán siendo el motor de mi vida.*

*Gracias a **mi madre**, por sus consejos llenos de cariño, por estar incondicionalmente siempre conmigo, es la que me llena de motivación para avanzar, con perseverancia y firmeza.*

*Gracias a **mi compañero de vida** Rodrigo, que ha estado presente en todo momento y me ha apoyado sin pedir nada, siempre confiando en mí e impulsándome a seguir adelante.*

*Gracias a **mis hermanas** Nataly, Teresa y Carolina, mis ángeles guardianes y mi soporte en momentos de tristeza y de alegría.*

*Gracias a **mis amigas**, por ser mis cómplices, mis colaboradoras, y que me han impulsado a emprender muchos proyectos y sobre todo mis consejeras.*

*Un especial agradecimiento a **mis tutores** José Luis y Antonio, ya que a pesar de la distancia me han apoyado y orientado en este largo trabajo hasta culminarlo.*

*Y a **todas las personas** y Entidades que directa o indirectamente han colaborado para la realización de este trabajo.*

DEDICATORIA

A mi padre.

Que desde niña me enseñaste el valor de los seres humanos, inculcándome siempre el camino del bien, del amor y de los valores. Supiste guiarme por los senderos del libre pensamiento, del gusto por la investigación, y sobre todo me educaste para ayudar a nuestros hermanos desde cualquier ámbito, sea éste político, académico, científico y demás.

Siempre me llenaste de orgullo y fuiste mi ejemplo a seguir y hoy que estás en el cielo sigues siendo el pilar de mi vida.

Con todo mi amor te dedico mi esfuerzo en esta investigación.

TABLA DE CONTENIDO

CAPITULO I	1
INTRODUCCIÓN	1
1.1 Justificación	7
1.2.- Delimitación y alcance del proyecto	8
1.3.- Objetivos	9
1.3.1 Objetivo General	9
1.3.2 Objetivos Específicos.....	10
CAPITULO II	11
MARCO TEÓRICO	11
2.1 El Volcán Cotopaxi y su riesgo eruptivo	11
2.1.1 Historial de erupciones del Cotopaxi.....	15
2.1.2 Erupción del Cotopaxi correspondiente al año 2015	16
2.2 La vivienda Social	22
2.2.1 La vivienda social en general.....	22
2.2.2 La vivienda social en el Ecuador	23
2.2.3 La vivienda social en Cotopaxi.....	27
2.2.3.1 ¿Qué son los GAD?	28
2.2.3.2 Planes de vivienda social en Cotopaxi.....	29
2.2.3.2.1 Proyectos Cochapamba y San Francisco de Mulaló 2.....	30
2.2.3.2.2 Proyectos Pastocalle 3 y Vicente León.....	31
2.2.3.2.3 Proyectos Wiñari Wasi y Collas Patoas 2	32

2.3 Sistemas Constructivos	32
2.3.1 Tipos de sistemas constructivos	33
2.3.1.1 Sistema constructivo tradicional	33
2.3.3.1.1 Sistema de construcción tradicional artesanal.....	34
2.3.3.1.2 Sistema de construcción tradicional artesanal evolucionado...	34
2.3.1.2 Construcción con paneles estructurales	35
2.3.1.3 Sistema constructivo de madera.....	36
2.3.1.3.1 Sistema Finger Joint.....	37
2.3.1.3.2 Sistema de paneles soportantes	38
2.3.1.3.3 Sistema desmontable	40
2.3.1.3.4 Sistema prefabricado o transportable	41
2.3.1.3.5 Sistema de tableros	42
2.3.1.3.6 Sistema americano o canadiense.....	43
2.3.1.4 Sistema de módulos prefabricados	45
2.4 Sistemas constructivos de la sierra ecuatoriana	47
2.4.1 Paja.....	48
2.4.2 Bahareque	48
2.4.3 Pared de chamba	49
2.4.4 Pared de mano	50
2.4.5 Tapial	50
2.4.6 Adobe	51
2.4.6.1 Principales ventajas del adobe	53
2.4.6.2 Desventajas del adobe	53
2.4.7. Piedra pómez.....	55
2.5. El adobe como alternativa idónea para la construcción actual	59
2.5.1 Adobe no estabilizado.....	59

2.5.2 Adobe semi estabilizado	60
2.5.3 Adobe estabilizado.....	60
2.5.4 El Adobe para construcciones antisísmicas.....	60
2.5.5 El adobe como alternativa para vivienda social	61
2.5.5.1 Caso Viviendas de interés social en el área Metropolitana de Tampico, en México.	62
2.5.5.2 Caso ADB Concreto en Honduras.....	62
2.6 Viviendas de emergencia	64
2.6.1 Casa FENIX.....	64
2.6.2 Casa Renai: una digna propuesta para afectados por desastres naturales	67
2.6.3 VED: vivienda de emergencia definitiva.....	68
2.7. Arquitectura Modular	69
2.7.1 El Modulor.....	69
2.7.2. Estructura de la arquitectura modular	71
2.7.2.1 Ejemplo vivienda modular 1 dormitorio.....	72
2.7.2.2 Ejemplo vivienda modular 2 dormitorios	73
2.7.2.3 Ejemplo vivienda modular 3 dormitorios	75
CAPITULO III	77
METODOLOGÍA	77
3.1. Definición del Problema	77
3.2 Métodos y técnicas	78
3.2.1 Entrevistas a profesionales del área	79
3.2.1.1 Resultados de las entrevistas.....	79
3.3. Datos de partida	81
3.3.1 Planes de Vivienda de emergencia en Ecuador	81

3.3.2 Cifras vivienda Cotopaxi	82
3.3.4 Materiales y sistemas constructivos investigados como opciones para el presente prototipo de vivienda emergente	84
3.3.5 Ventajas del prototipo sobre otras alternativas de vivienda emergente o social	84
CAPITULO IV.....	86
PROPUESTA.....	86
4.1. Nombre del Proyecto	86
4.2. Localización.....	86
4.3 Estrategias tomadas en cuenta para el diseño de la vivienda	88
4.4 Tipos de Viviendas.....	90
4.4.1 Distribución Viviendas TIPO A1, B1 y C1	90
4.4.2 Distribución Viviendas TIPO A2, B2 y C2	90
4.4.3 Distribución Viviendas TIPO A3, B3 y C3	91
4.5 Planos arquitectónicos por tipo de casa y su modularidad.....	92
4.5.1 Casas tipo A	92
4.5.2 Casas TIPO B.....	107
4.5. Especificaciones Técnicas y detalles constructivos	136
4.6 Presupuesto por Vivienda básica.....	143
CAPITULO V.....	147
Conclusiones	147
Recomendaciones	149
Futuras líneas de investigación.....	150
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	151

TABLA DE CONTENIDO DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Residencias destruidas por el terremoto en Manta 2016	2
Ilustración 2 Albergues Temporales Manta Terremoto 2016.....	3
Ilustración 3 Sector de riesgo de la Ciudad de Latacunga, al Fondo el Volcan Cotopaxi	5
Ilustración 4 Amenaza volcánica Cantón Latacunga.....	8
Ilustración 5 La Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos declaró la alerta blanca en el volcán Cotopaxi. Foto : Glenda Giacometti / El Comercio	12
Ilustración 6 Tomas del Pucará del Salitre, construcciones Incas de piedra en Cotopaxi	14
Ilustración 7 Erupción volcánica del Cotopaxi	18
Ilustración 8 Estudio científico sobre las potenciales zonas de inundación por LAHARES en el volcán Cotopaxi	18
Ilustración 9 Inclinómetro instalado en el Volcán Cotopaxi	19
Ilustración 10 Emisión continua con carga moderada a alta de ceniza dirigida al occidente, octubre 2015	20
Ilustración 11 Actividad superficial en el Cotopaxi en el Cotopaxi hasta el 22/01/2017. Los valores negativos corresponden a días en que no hubo observaciones por el mal clima	21
Ilustración 12 Número diario de eventos volcánicos en el Cotopaxi hasta el 23/01/2017	21
Ilustración 13 Casas de interés social en Caupicho, Quito.....	25
Ilustración 14 Viviendas proporcionadas por el MIDUVI, en donde el diseño y utilización de materiales es el mismo en todas las regiones del país.....	26
Ilustración 15 Presupuesto codificado y ejecutado MIDUVI Cotopaxi 2015.....	30

Ilustración 16 Vivienda tipo, MIDUVI Cotopaxi. Casa modelo Proyecto San Francisco de Mulaló 2	31
Ilustración 17 Casa modelo Proyecto Pastocalle 1.	32
Ilustración 18 Cómo están conformados los paneles estructurales?.....	36
Ilustración 19 Sistema continuo de construcción en madera	39
Ilustración 20 Sistema constructivo de plataforma de madera	40
Ilustración 21 Ejemplo de caseta construida con sistema desmontable.....	41
Ilustración 22 Casas prefabricadas de madera	42
Ilustración 23 Sistema constructivo con tableros contralaminados	43
Ilustración 24 Construcción con sistema americano	44
Ilustración 25 Sistema de módulos prefabricados	46
Ilustración 26 Vivienda de paja, sierra ecuatoriana	48
Ilustración 27 Casa de bahareque, Loja, Ecuador.....	49
Ilustración 28 Construcción de pared de mano, Ecuador	50
Ilustración 29 Construcción de casas de tapial, Cotopaxi, Ecuador	51
Ilustración 30 Adobe de barro, Cotopaxi, Ecuador	52
Ilustración 31 Comparación Tecnologías Constructivas.....	54
Ilustración 32 Opciones tecnología constructiva tradicional	55
Ilustración 33 Piedra Pómez en estado natural	56
Ilustración 34 Casa de los Marqueses de Miraflores, con bóvedas talladas en piedra pómez, Latacunga, Ecuador.....	56
Ilustración 35 Modelo PNUD de Construcción antisísmica con adobe.....	61
Ilustración 36 ADB Concreto en Honduras.....	63
Ilustración 37 Casa tipo, Proyecto Casa Fénix, Chile.....	65
Ilustración 38 Casa Renai	67

Ilustración 39 Vivienda de emergencia definitiva, Chile	68
Ilustración 40 Gráfico del Modulo.....	70
Ilustración 41 Vivienda modular de 1 dormitorio, Empresa HOME3.....	72
Ilustración 42 Plano Vivienda modular 1 dormitorio HOME3.....	73
Ilustración 43 Vivienda modular 2 dormitorios, Empresa HOME3.....	74
Ilustración 44 Plano vivienda modular 2 dormitorios, Empresa HOME3	75
Ilustración 45 Plano vivienda modular 3 dormitorios, Empresa HOME3	75
Ilustración 46 Plano vivienda modular 3 dormitorios, Empresa HOME3	76
Ilustración 47 Habitantes de Cotopaxi según Censo 2010	82
Ilustración 48 Déficit de vivienda Cotopaxi Censo 2010.....	83
Ilustración 49 Escenario de afectación por flujos Piroclásticos	86
Ilustración 50 Zonas de expansión ciudad de Latacunga.....	87
Ilustración 51 Vivienda de adobe, construcción de cimientos	137
Ilustración 52 Vivienda de adobe, con reforzamiento de caña	140
Ilustración 53 Vivienda de adobe, con contrafuertes.....	140
Ilustración 54 Vivienda de adobe, soleras superiores	141

Resumen

Este trabajo presenta una alternativa de vivienda modular de emergencia, para solucionar el déficit habitacional que existiría en la ciudad de Latacunga-Ecuador, en el caso de una erupción del Volcán Cotopaxi, ubicado en la Cordillera de Los Andes, con una visión preventiva, que no existe en el país.

Se hace una revisión teórica de la situación del Cotopaxi, de la vivienda social en el Ecuador y sus características, así como los materiales y técnicas constructivas tradicionales. De igual manera se realiza una investigación de este tipo de viviendas y técnicas constructivas en otras partes del mundo. Con la información obtenida se logra identificar que las viviendas que solucionarían el problema planteado deben ser de construcción rápida, sencilla y con bajo costo (USD 5000 a USD 8000).

Adicionalmente se analizaron los materiales tradicionales más idóneos para dichas viviendas, resultando elegido el adobe estabilizado por sus excelentes características sísmo resistentes, buena resistencia a la humedad, lento desgaste, recubrimiento no indispensable y sobre todo, porque su técnica constructiva es de baja complejidad, lo cual permite que las viviendas puedan ser construidas por sus propios dueños, bajo supervisión moderada de un profesional.

Como parte final del trabajo se encuentra el detalle del prototipo de vivienda, el cual cumple con todas las características técnicas, estéticas, económicas y sociales necesarias, y está listo para su implementación, no sólo en Latacunga, sino en otros pueblos y ciudades andinas que también sufren riesgo de erupciones volcánicas.

Se espera que este proyecto estimule otras líneas de investigación orientadas a la prevención de los diferentes problemas sociales y comunitarios existentes en el mundo, y que los profesionales no sólo seamos reactivos sino proactivos.

Palabras claves en la búsqueda de la información: Vivienda emergente, vivienda social, modular, prevención, adobe estabilizado, innovación.

Summary

This work presents an alternative modular housing emergency to solve the housing deficit that would exist in the city of Latacunga-Ecuador, in the case of an eruption of the Cotopaxi Volcano, located in the Andean Mountains, with a preventive vision, which does not exist in the country.

A theoretical review of the situation of Cotopaxi, of social housing in Ecuador and its characteristics, as well as the traditional construction materials and techniques. In the same way an investigation of this type of houses and constructive techniques is realized in other parts of the world. With the information obtained it is possible to identify that the houses that would solve the problem raised must be of a quick, simple and low cost construction (USD 5000 to USD 8000).

Additionally, the most suitable traditional materials for these houses were analyzed, Being chosen the soil brick stabilized by its excellent earthquake resistant characteristics, good resistance to humidity, slow fatigue, not indispensable cover and above all, because its constructive technique is low complexity, Which allows the houses to be built by their owners, with a enough supervision of a professional.

As the final part of the work is present detail of the prototype housing, which complete all the technical characteristics, aesthetic, economic and social needs, and is ready for implementation, not only in the Latacunga, but in other town locate in Andean zone and cities that are also at risk of volcanic eruptions.

It is hoped that this project will stimulate other oriented research to the preventing of the different social and community problems that exist in the world, and professionals are not just reactive if not proactive.

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

Este trabajo presenta una alternativa de vivienda modular emergente para los potenciales damnificados por una erupción del Volcán Cotopaxi ubicado en los andes ecuatorianos. Por sus características, esta vivienda **emergente** está destinada a convertirse en una vivienda social **permanente** digna, cómoda, económica, segura y con la posibilidad de ir agregando hasta dos habitaciones adicionales (módulos) según las necesidades y capacidad de los dueños.

Además, se rescata en esta propuesta el uso de materiales tradicionales y una técnica constructiva sencilla que permite que los mismos propietarios, con la guía adecuada, sean quienes construyan la casa en un corto proceso que dura aproximadamente 45 días y que garantiza una vivienda de larga duración y con una distribución funcional así como estética.

La idea surge a raíz de las emisiones de lava y ceniza del Volcán Cotopaxi ocurridas en 2015 y luego se reafirma con las devastadoras consecuencias del terremoto que afectó a las provincias de la costa ecuatoriana en abril de 2016, cuando se evidenció la poca preparación que existe en el sector público y también en el sector privado para reaccionar ágilmente al déficit de viviendas que se presenta luego de un evento catastrófico.

En el evento citado en el párrafo anterior, “un terremoto de 7.8 grados de magnitud dejó en la costa ecuatoriana a más de 25.000 personas sin hogar,

muchas de las cuales tuvieron que desplazarse o ser desplazadas a otras ciudades, con las fuertes consecuencias sociales y económicas”(Redacción BBC Mundo, 2016).



Ilustración 1 Residencias destruidas por el terremoto en Manta 2016

Fuente: www.lahora.com.ec, 21-04-2016

Si hubiera existido algún programa de reconstrucción o de construcción de viviendas de emergencia previamente listo, aprobado y planificado, simplemente se lo hubiera puesto en marcha inmediatamente después del terremoto y hubieran sido menores las consecuencias sociales y económicas para la zona del desastre, disminuyéndose por ejemplo el grado de migración a las grandes ciudades.

Se pudo evidenciar en esa ocasión, que por falta de viviendas disponibles, los afectados debieron pasar en diferentes tipos de albergues temporales durante varios meses después del terremoto, con los consecuentes problemas sociales,

de salubridad y familiares que representó la convivencia multifamiliar, con baterías sanitarias y cocinas comunales, aptos para ser habitados durante cortos periodos de tiempo y no para largas temporadas.



Ilustración 2 Albergues Temporales Manta Terremoto 2016

Fuente: Diario El Telégrafo, 25-05-2016

Recién después de los 180 días posteriores a la tragedia de abril de 2016, se empezaron a entregar viviendas de emergencia a través del MIDUVI (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda) así como por parte de Fundación Hogar de Cristo y la organización juvenil latinoamericana Un techo para mi país. Las viviendas mencionadas eran de dos tipos: las primeras construidas con paneles prefabricados de hormigón y las segundas, de madera o caña guadúa hechas por voluntarios. En los dos casos, los techos eran livianos (Láminas de fibrocemento (eternit) o metálicos (zinc).

Justamente en el momento que se suscitó el terremoto mencionado, la idea de la

investigadora era realizar un estudio y promoción de las técnicas constructivas y materiales ancestrales del Ecuador, como parte de una concienciación para que la gente retomara esas prácticas y valore la tradición, sin embargo, las circunstancias del fuerte sismo demostraron que en vez de realizar una investigación netamente con fines académicos y culturales, era imperioso trabajar en una solución real para el problema de vivienda que se da después de una catástrofe.

Se decidió entonces investigar y analizar los materiales y técnicas constructivas tradicionales de cada región ecuatoriana, para crear un prototipo de vivienda social emergente de buena calidad y con poca complejidad constructiva para ponerla a consideración de Los Gobiernos Descentralizados Autónomos de todo el país, como una opción direccionada a las clases más desprotegidas.

De esta manera, se realizó un análisis de las zonas de riesgo existentes en el país, tomando en cuenta la cercanía a volcanes, incidencia de desastres naturales periódicos, vulnerabilidad sísmica, etc., y se eligió a la Provincia de Cotopaxi, y más específicamente a la ciudad de Latacunga como la más indicada para un proyecto de vivienda emergente, ya que según la investigación realizada y la actividad presentada en el volcán Cotopaxi en los últimos años, es inminente una próxima erupción de grandes proporciones. Dicha erupción provocaría gravísimos daños especialmente en Latacunga (Provincia de Cotopaxi) y el Valle de los Chillos (Provincia de Pichincha), afectando a aproximadamente 325. 000 personas.



Ilustración 3 Sector de riesgo de la Ciudad de Latacunga, al Fondo el Volcán Cotopaxi

Fuente: www.tripadvisor.es/201-03-2017

Es en este contexto que se inicia la elaboración del presente proyecto, como una medida preventiva para que los habitantes que pueden ser afectados por la eventual erupción del volcán Cotopaxi cuenten con una alternativa de vivienda de rápida construcción y materiales que estén a la mano, promoviendo además una vieja práctica ancestral latinoamericana denominada *minga*, que no es más que el trabajo comunitario.

La minga (*minka* en quechua) es una antigua tradición de trabajo comunitario o colectivo con fines de utilidad social. Ciertamente el significado de la minga se deriva del conocimiento que tenían los aborígenes de que realizando un trabajo compartido para el bien

común, se lo hace más rápido y mejor. La importancia de la minga radica en el valor actitudinal del evento, ya que ante la convocatoria de los líderes, la gran mayoría de la población acudía al llamado, se movilizaba y organizaba de tal manera, que el esfuerzo físico que la minga representaba, se convertía en una verdadera celebración de vida, de amor, en una auténtica fiesta.

(La minga en movimiento, 2008)

De lo que se trata, entonces, es de estar bien preparados para enfrentar una posible erupción del Cotopaxi disponiendo de un plan de vivienda de emergencia que permita la recuperación física, económica y social de las poblaciones afectadas. Muy poco de esto existe en la actualidad. (Mantilla, 2017)

Para realizar esta propuesta se recurrió a investigación bibliográfica, entrevistas con expertos en el ramo de la construcción, inspecciones a la ciudad de Latacunga, las zonas de riesgo y sitios seguros. Se investigaron y analizaron también los principales materiales utilizados en la zona así como las técnicas constructivas autóctonas. A ello se juntó el conocimiento y la técnica moderna existente, con el fin de lograr mejoras que repercutan en las propiedades antisísmicas y durabilidad de las viviendas.

1.1 Justificación

Desde el punto de vista social, este proyecto se justifica porque de ejecutarse masivamente, ayudará a mitigar de manera rápida (Máximo en 45 días) la necesidad de vivienda emergente que surja después de la erupción del Cotopaxi.

Desde el punto de vista económico, la construcción de este tipo de viviendas para los damnificados movilizará importantes volúmenes en la compra y venta de materiales de construcción, lo cual avivará el mercado en medio de la crisis que se viva después de una catástrofe.

Desde el punto de vista técnico, el prototipo presentado revaloriza los materiales y sistemas constructivos tradicionales, para que se adecúen a las necesidades actuales y potenciales existentes en la zona. La idea es que la puesta en marcha de este proyecto se convierta en un referente y programa piloto para el resto del país y del mundo.

Desde el punto de vista profesional, este trabajo se justifica plenamente para la autora, pues es obligatorio para todo ser humano proponer y contribuir con soluciones a las distintas problemáticas existentes en la sociedad, y qué mejor hacerlo utilizando el conocimiento y experiencia obtenidos, en el caso de la autora a través del desempeño profesional como arquitecta y docente, para ponerlos a trabajar en pro de precautelar la vida de otros seres humanos por medio de alternativas como en este caso, una vivienda técnicamente realizada y en una zona libre de riesgos, sin dejar de lado la revalorización cultural a través del uso de materiales tradicionales y prácticas constructivas ancestrales.

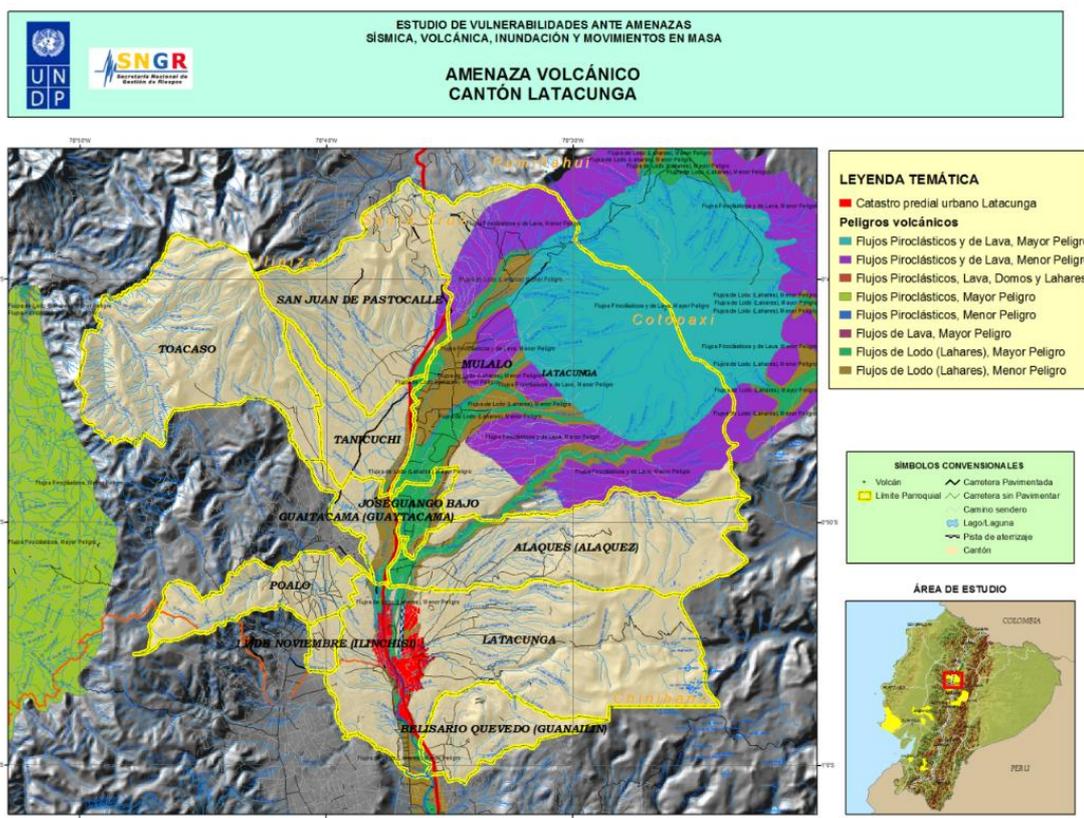


Ilustración 4 Amenaza volcánica Cantón Latacunga

Autor: Sistema Nacional de Gestión de Riesgos del Ecuador

1.2.- Delimitación y alcance del proyecto

El presente trabajo se enmarca en una solución de vivienda social modular, básica en primera instancia (fase de emergencia), pero con posibilidades de aumento progresivo (fase permanente), para los habitantes de la ciudad de Latacunga, a implementarse en una de las zonas libres de riesgo dadas a conocer por Gobierno Autónomo Descentralizado de dicho cantón:

Seguridad Ciudadana y de Gestión de Riesgos del GAD Municipal de Latacunga, han dado a conocer que las zonas seguras de la parte oriental están ubicadas en: el barrio La Cocha (cerca del Colegio Vicente León); en la Plaza de San Sebastián, parte de Gualundún; el polideportivo y la plaza de ropa del sector La Laguna. En el lado occidental las zonas seguras son: Loma Grande, Loma de Brazales, el Calvario de San Felipe, La Calera y Zumbalica. Estos sitios están ubicados en la zona alta. (Redacción Regional Centro El Telégrafo, 2015)

En este proyecto, se propone un tipo de vivienda básico, económico, con materiales tradicionales pero técnicas modernas que le dan características antisísmicas. Esta vivienda tiene una característica importante adicional: es modular progresiva, lo cual quiere decir que empieza teniendo un módulo básico, pero según las posibilidades y deseo de los dueños, puede seguir ampliándose por módulos, lo cual se explica e ilustra en los próximos capítulos.

1.3.- Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Crear un prototipo de vivienda social modular emergente, con adobe estabilizado para zonas libres de riesgo en caso de erupción volcánica en la ciudad de Latacunga, Provincia de Cotopaxi, Ecuador.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Exponer los antecedentes y justificación del proyecto, de tal forma que se evidencie la necesidad inmediata de planes y programas de vivienda para zonas en riesgo inminente.
- Establecer un marco teórico de las principales cuestiones del proyecto, en relación a la utilización y revalorización de los materiales y técnicas constructivas tradicionales de la zona de estudio.
- Crear un marco metodológico de la presente investigación y exponer los resultados, sobre el análisis de los diferentes materiales manejados en el sector, para la creación de vivienda social.
- Establecer una propuesta concreta basados en el análisis de las necesidades de la población, así como también de las potencialidades y defectos de las técnicas constructivas y materiales estudiados.
- Dar a conocer las conclusiones y recomendaciones del proyecto.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 El Volcán Cotopaxi y su riesgo eruptivo

Para comenzar a explorar los antecedentes teóricos de este proyecto, se dedica el primer apartado al Cotopaxi, volcán activo ubicado en la parte central de la cordillera de los Andes Ecuatorianos, visible por su gran altura, desde varias ciudades de la sierra y oriente ecuatorianos.

El volcán Cotopaxi (Latitud 0°38' Sur; Longitud 78°26' Oeste; 5 897 msnm) es un gran estratovolcán activo ubicado en la Cordillera Real de los Andes del Ecuador, a 60 km al sureste de Quito y a 45 km al norte de Latacunga (Figs. 1 y 2). Tiene una base de 16x19 km y un relieve que puede alcanzar entre 2 000 a 3 000 metros desde la base hasta la cima, mientras que las pendientes de sus flancos altos tienen hasta 30° de inclinación. (Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional, 2005)

Este coloso es el volcán activo más alto del mundo. La anchura de su cráter de este a oeste se calcula en unos 500 metros y de norte a sur unos 700 metros. Limitan con este volcán otras elevaciones más pequeñas: al noreste está el Sincholagua, el Rumiñahui al oeste y el Quilindaña al sureste. (Viajando, 2016)

El Cotopaxi está cubierto por un casquete glaciar que alimenta tres sistemas fluviales importantes: R. Pita (Norte), R. Cutuchi (Sur) y R. Tambo y Tamboyacu (Este). Este volcán, bello y majestuoso, es denominado como “el mirador de los

Andes” y se considera el segundo destino de aventura más visitado del Ecuador. Desde la cumbre, cuando las condiciones climáticas lo permiten, se pueden admirar casi todas las otras elevaciones del país, así como las ciudades y pequeños pueblos aledaños.

Por el gran interés y afluencia de escaladores profesionales y turistas en general, constantemente se realizan tours y expediciones guiadas al volcán y al Parque natural (protegido desde 1975) que está en sus faldas y que lleva su mismo nombre, el cual cuenta con numerosos lagos y picos de montaña.



Ilustración 5 La Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos declaró la alerta blanca en el volcán Cotopaxi.
Foto : Glenda Giacometti / El Comercio

Finalmente, vale la pena señalar que en estos territorios se encuentran hasta hoy algunas construcciones y ruinas precolombinas de piedra y adobe que han resistido el paso del tiempo y nos permiten conocer antiguas costumbres y técnicas constructivas de los pobladores de esa región. (Cotopaxi Tours, 2017).

Estas construcciones se denominan pucarás que en quichua significa “fortalezas”.

El principal pucará existente en este sector es el Pucará del Salitre, ubicado al norte del Volcán Cotopaxi, sobre una elevación aislada entre el río Pita al este y la quebrada Pucará al oeste.

El Pucará del Salitre presenta un conjunto residencial principal de tres habitaciones pequeñas y una grande, rodeadas por dos muros rectangulares de un metro de altura cada uno. Hacia el lado este se presentan dos conjuntos de pequeñas construcciones cilíndricas destruidas, posiblemente recintos habitacionales. El Pucará se eleva 15 metros sobre el cauce de la quebrada Pucará y tiene un control visual excelente del cauce del Pita en su inicio en la región de Mudadero, la cual a su vez es el ingreso a Valle Vicioso, zona donde se levanta hacia el sur este el cerro Quilindaña (4919 msnm). (Viajando Ecuador Colombia, 2017)



Ilustración 6 Tomas del Pucará del Salitre, construcciones Incas de piedra en Cotopaxi

Fuente: www.ecostravel.com/ 2017

2.1.1 Historial de erupciones del Cotopaxi

En el período histórico (desde 1532) el volcán Cotopaxi ha presentado al menos cinco ciclos eruptivos principales (1532-1534, 1742-1744, 1766-1768, 1853-1854 y 1877-1880). Dentro de éstos se reconocen al menos 13 erupciones mayores (Hall y Mothes, 2008).

Los fenómenos volcánicos asociados a estos fueron: caída de ceniza, pómez y escoria, coladas de lava, flujos piroclásticos y lahares. Estos fenómenos afectaron las zonas pobladas aledañas, causando pérdidas humanas, importantes daños en infraestructuras y generando crisis económicas regionales (Sodiro, 1877; Barriga, 2015).

Numerosos testimonios existen de las erupciones anteriores del Cotopaxi, y todas ellos concuerdan con que hubo fuertes ruidos, temblores fuertes, el cielo se oscureció y corrieron lahares de lodo y piroclastos por los cauces de los ríos cercanos, tal como se describe en esta anécdota publicada y citada en el periódico El Comercio:

A las diez de la mañana, un ruido espantoso llamó la atención de los moradores de Latacunga y del valle de Chillo, el volcán se hallaba oscuro y la proyección de ceniza y fuego era visible. Por la parte Norte del volcán; en el valle de Chillo se observó el desprendimiento de una masa enorme de agua, alta como una torre y ancha como un mar, que se desprendía en forma de avalancha líquida de la base del volcán, levantando sobre la superficie de sus aguas a manera de un corcho, las casas, fábricas, hombres, animales, árboles y sembrados que se hallaban a su

paso. Todo esto se verifica en momentos dados, cuando ya la oscuridad de las tinieblas invadió todo el horizonte, y no se pudo ver más que las chispas inflamadas del cráter, y el ruido profundo y aterrador de las aguas, que huían presurosas por las pendientes del cauce. (Periódico "8 de septiembre", 1877)

El volcán Cotopaxi es monitoreado desde 1976, y en esta actividad se concentra una parte importante de los recursos disponibles para todo el monitoreo de volcanes del país, por el riesgo que presenta y la afectación que sufrirían miles de personas si se llega a dar una erupción a gran escala. Hasta el momento, la robusta base de datos del IG-EPN permitió definir un nivel de base de la actividad del volcán (Ruiz et al., 1998) y con ello el IG tiene la capacidad de identificar anomalías en el comportamiento del coloso, como las reportadas en: 2001-2002 (Molina et al., 2008; Hickey et al., 2015), 2005, 2009 y más recientemente en el 2015.

2.1.2 Erupción del Cotopaxi correspondiente al año 2015

Desde mediados de abril de 2015 se observó un incremento de la actividad sísmica del volcán. A partir de mayo esa actividad estuvo acompañada de un incremento en las emisiones de dióxido de azufre (SO₂) registrado en la red de monitorización (Informe Especial N°2, publicado el 2 de junio de 2015).

Gracias al reporte de varios andinistas y personal del Parque Nacional Cotopaxi (PNC), se reconoció también un incremento en el olor a azufre sobre los 5700

metros sobre el nivel del mar. Todos estos cambios mostraban una anomalía persistente en el Volcán.

El 11 de junio de 2015, en Informe Especial N°3, el IG-EPN destaca un incremento de la actividad interna, con la aparición de tremor (vibración del conducto), y externa del volcán. En base a los datos del monitoreo se concluye que lo más probable es que la actividad siga incrementándose, pudiendo incluso producir EXPLOSIONES FREÁTICAS en el cráter.

El 14 de Agosto del 2015, después de 4 meses de señales premonitorias, el IG-EPN reporta la ocurrencia de dos explosiones pequeñas (Informe Especial N°5, publicado a las 06h38), la primera a las 04h02 y la segunda a las 04h07. Estas explosiones fueron escuchadas por andinistas que ascendían al volcán.

La ocurrencia de explosiones de este tipo fueron señaladas en los Informes Especiales N°3 y N°4. Debido a esta actividad se produjo una caída moderada a pequeña de ceniza en los sectores de Jambelí, Machachi, Pedregal, Boliche, Alóag, Tambillo y Amaguaña. Más tarde, a las 10h25 otra emisión de ceniza (entre 6 y 8 km snc), visible desde distintos sitios, dieron lugar a caídas de ceniza hacia el NW y SW del Cotopaxi.

Otros eventos explosivos, de menor magnitud a los anteriores ocurrieron a las 13h45 y a las 14h29. Estas emisiones fueron reportadas por la población ya que fueron claramente visibles (Informe Especial N°6). El estudio de la distribución de la caída de ceniza del 14 de agosto permitió calificar la erupción de “pequeña” con un índice de explosividad 1 y una magnitud de 1.2 (Bernard et al., sometido a

Bulletin of Volcanology).



Ilustración 7 erupción volcánica del Cotopaxi

Fuente: El comercio 9 de octubre del 2015

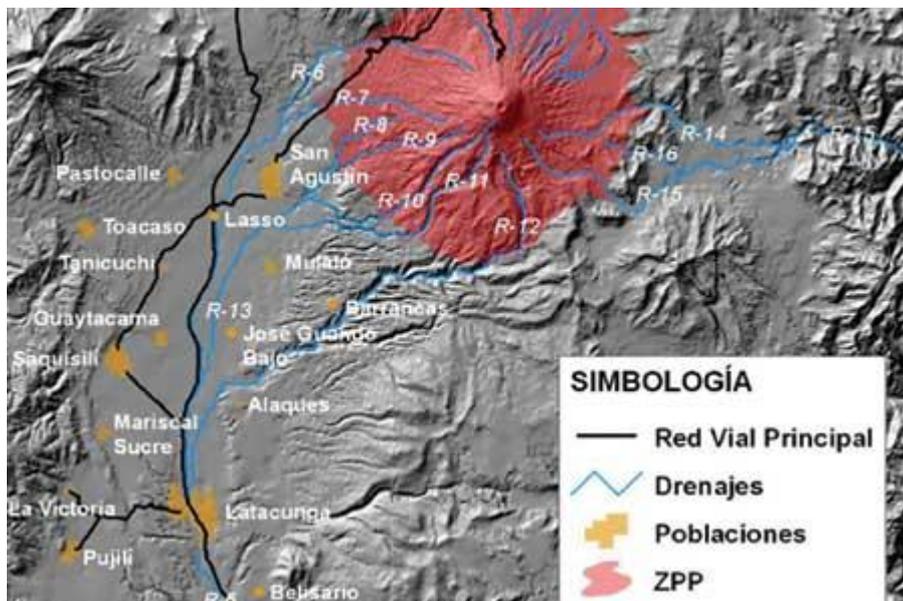


Ilustración 8 Estudio científico sobre las potenciales zonas de inundación por LAHARES en el volcán Cotopaxi

Fuente: Ecuadoruniversitario.com

Para el monitoreo oficial del Volcán Cotopaxi hasta el momento se cuenta con 58 instrumentos de alta tecnología, siendo este el volcán mejor monitorizado del Ecuador. El principal instrumento es un inclinómetro, “instrumento muy sensible a los movimientos generados por presiones internas en un volcán. Generalmente se mueve en el sentido positivo al responder al empuje de magma en el sector donde se ubique” (IGEPN, 2015).

Los datos de este aparato están siendo enviados de manera permanente por transmisor radial al IGEPN, con una frecuencia de 5 minutos, lo que brinda información oportuna sobre la actividad volcánica y da un margen de tiempo importante en casos de aumento de la actividad volcánica.



Ilustración 9 Inclinómetro instalado en el Volcán Cotopaxi

Fuente: Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional



Ilustración 10 Emisión continua con carga moderada a alta de ceniza dirigida al occidente, octubre 2015

Fuente: Julien Bernard

Como se aprecia en las imágenes, el volcán sigue con emisiones constantes de ceniza, factor que mantiene a las autoridades y a la población en general alerta en todo momento. En los siguientes cuadros se ve el incremento del número diario de eventos volcánicos, menores.

Desde las primeras emisiones de ceniza, se han acrecentado los esfuerzos por el Gobierno Central y Gobierno Provincial, para implementar planes de contingencia a la población en caso de una erupción.

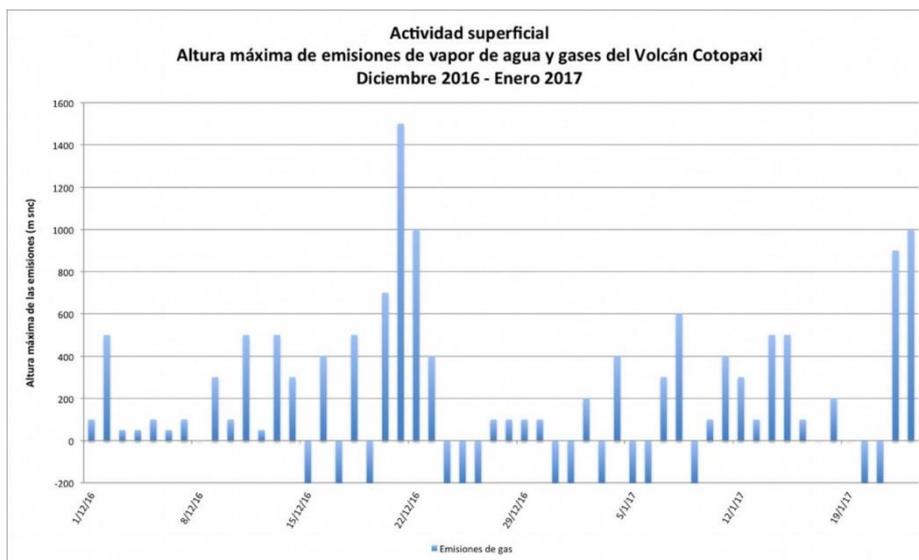


Ilustración 11 Actividad superficial en el Cotopaxi hasta el 22/01/2017. Los valores negativos corresponden a días en que no hubo observaciones por el mal clima

Fuente: F. Vásquez, IGEPN

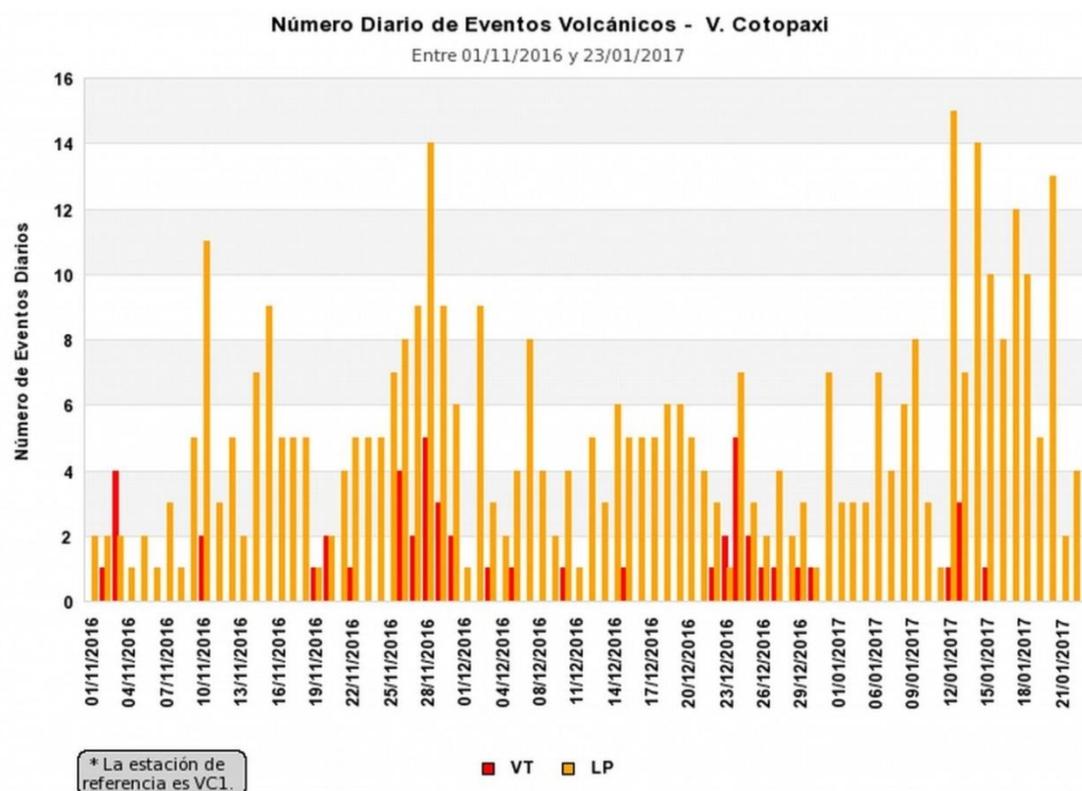


Ilustración 12 Número diario de eventos volcánicos en el Cotopaxi hasta el 23/01/2017

Fuente: Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional

2.2 La vivienda Social

2.2.1 La vivienda social en general

En su sentido general, vivienda social es “un espacio cerrado y con techo donde los seres humanos habitan... Social, por su parte, es aquello vinculado a la sociedad (una comunidad de personas que comparten una cultura e intereses y que interactúan entre sí). (Definicion.de, 2017)

Por otra parte, en la práctica, se entiende como viviendas sociales a aquellas soluciones habitacionales de bajo costo que son construidas o facilitadas por el Estado u organismos sin fines de lucro, con el fin de dotar de residencias temporales o definitivas a personas de bajos recursos, ya sea para que las alquilen o bien que las compren con créditos a largo plazo. Estos programas comúnmente son financiados por programas especiales del Banco Interamericano de Desarrollo y se asignan a proyectos de países en vías de desarrollo.

Hay que tomar en cuenta que para la construcción de vivienda social no sólo es necesario preocuparse de la residencia como tal, sino del entorno donde es construida. Debe para eso pensarse en la ubicación del proyecto, en la seguridad, en los accesos, en el entorno natural y sobretodo, la dotación de servicios básicos de calidad.

Es necesario por tanto encarar la construcción de viviendas sociales teniendo un concepto amplio de lo que es la vivienda. Las promotoras de vivienda

social tienen que tener claro que esta no es únicamente la casa o el piso individual, sino que también debe de englobar actuaciones que incluyan el área dónde se encuentran ubicadas las viviendas sociales. Es necesario por tanto dotar al entorno de las viviendas sociales de equipamientos e infraestructuras que hagan la zona lo suficientemente habitable como para que los moradores puedan tener la suficiente calidad de vida. (Arqhys, 2010)

La vivienda social conlleva entonces, un completo plan de construcción de viviendas y de infraestructura de apoyo que permita el buen vivir de las personas, a través de condiciones dignas aún con bajos costos.

2.2.2 La vivienda social en el Ecuador

El último censo realizado en 2010 en el Ecuador, arrojó importantes cifras sobre la realidad de la vivienda en el país, dejando ver que la tarea del gobierno y el sector privado en ese tema, aún no está cumplida.

Pese a que en los últimos años hay un crecimiento exponencial de oferta de vivienda así como líneas de crédito públicas y privadas para este rubro, los planes de vivienda social se siguen enfocando en la clase media de la población, dejando de lado un importante segmento, que es el que menos recursos tiene:

El déficit habitacional en Ecuador según el Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI) era de 692.216 para el 2010, lo que representa una reducción

del 9%, respecto a la medición realizada en el 2006, cuando la cifra fue de 756.806 viviendas; por otra parte, el déficit de viviendas nuevas en el 2006 era de 23,3% y en 2010 fue de 19,3%, mientras que el hacinamiento, pasó de 18,9% a 13,8%, en el quinquenio, de acuerdo con la misma fuente. Este último es uno de los menores de la región. Lamentablemente, a pesar de su relevancia, estas estadísticas no logran referir explícitamente la informalidad y sus ramificaciones para el debate sobre acceso a vivienda. Aunque el déficit habitacional se ha reducido, sigue siendo alto y según el MIDUVI, el 80% del mismo corresponde a familias de bajos ingresos. (APIVE, 2013)

El Banco Ecuatoriano de la Vivienda (BEV) en conjunto con empresas y mutualistas públicas, financian buena parte de los proyectos de vivienda de corte social y se encargan también de crear y vender los proyectos por ejemplo, en el año 2016, el BEV entregó más de 2500 nuevas viviendas de carácter social a nivel nacional y se espera el mismo número en los próximos años.

La fórmula para el financiamiento es muy beneficiosa para los adquirentes, tanto que incluso se señala que es más barato comprar una de estas viviendas que pagar un arriendo, lo cual resulta muy atractivo:

“Hoy en el Ecuador, como ningún otro país de la región, el pago de la cuota de una vivienda social es incluso más económico del pago del alquiler (...) Este año y el que viene serán los años de la vivienda para el pueblo ecuatoriano”, señaló emocionada la titular del Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (Miduvi), María de los Ángeles Duarte, durante la entrega de 972 casas de interés

social en el suroriente de Quito. (ANDES Agencia Pública de Noticias del Ecuador y Sudamérica, 2016)

Por lo general, las viviendas de interés social de los planes gubernamentales llevan un modelo estándar, son torres de departamentos de uno o dos dormitorios, de 36 a 60 metros, sin posibilidad para ampliaciones.

Vienen en dos versiones según la necesidad del comprador: una con acabados y otra sin acabados. El tipo de construcción es prefabricado.



Ilustración 13 Casas de interés social en Caupicho, Quito.

Fuente: www.andes.info.ec/ 15-04-2016

Algo que se debe resaltar es que actualmente varios programas de vivienda gubernamentales en Ecuador, consideran soluciones integrales en las que hay locales comerciales, centros educativos, iglesias, soluciones de transporte, áreas verdes y más comodidades, a diferencia de las antiguas soluciones que no

consideraban estas otras características importantes para un plan de vivienda masivo.

Pero así como hay ventajas importantes en algunos programas de vivienda, hay problemas y falencias en otros, cuyos prototipos uniformes e impersonales son inadecuados para las 4 regiones del país, irrespetando la cultura, la identidad, el medio ambiente, las tradiciones solidarias de autoconstrucción; con resultados carentes de innovación tecnológica, crecimiento progresivo y sostenibilidad, tal cual se muestra en la siguiente ilustración.



Ilustración 14 Viviendas proporcionadas por el MIDUVI, en donde el diseño y utilización de materiales es el mismo en todas las regiones del país

Fuente: MIDUVI

Por lo tanto se hace imprescindible la utilización de materiales nobles locales, pero con procesos de elaboración y aplicación sencillos y adecuados a las

tradiciones tecnológicas constructivas de cada localidad, y que además respondan a una planificación a largo plazo, pensando en las necesidades de las familias no sólo en la actualidad sino en el futuro.

Lamentablemente las viviendas de tipo social como las de la última ilustración, no han considerado temas climáticos, seguridad, y menos estética en su construcción. Este tipo de viviendas son mayoría en las poblaciones más apartadas del país, no así en las grandes ciudades donde los programas de vivienda social muestran mayor calidad.

2.2.3 La vivienda social en Cotopaxi

En Cotopaxi, así como en el resto del Ecuador, los planes de vivienda social se realizan en su mayoría por parte del gobierno nacional a través del Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda en coordinación con los Gobiernos Autónomos Descentralizados (GAD), mismos que están más cercanos a las necesidades específicas de las regiones, provincias y ciudades. Muy pocos son los proyectos de vivienda social masivos promovidos o financiados por el sector privado, que prefiere realizar viviendas que dejen una mayor rentabilidad con menor número de unidades.

Los programas de vivienda social en el Ecuador se desarrollan como parte de dos grandes programas gubernamentales de vivienda: el Programa Nacional de Desarrollo Urbano y el Programa Nacional de Vivienda Social, los cuales son

financiados con créditos del Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y una contrapartida de recursos propios del estado. Por ejemplo, en el periodo del 2012 al 2016, se desarrolló la primera fase del Programa Nacional de Vivienda Social, el cual fue financiado de la siguiente manera: “ un costo de US\$ 104 millones, de los cuales US\$ 100 millones son con crédito de préstamo del Banco Interamericano de Desarrollo – BID, con recursos del Capital Ordinario, y US\$4 millones de contrapartida del Gobierno Nacional a través del MIDUVI” (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2012)

2.2.3.1 ¿Qué son los GAD?

En la presidencia del Economista Rafael Correa, se creó la denominación de GAD para las gobernaciones, prefecturas y municipios, delimitándose su ámbito de acción, obligaciones y derechos frente a la ciudadanía y al gobierno central. Por lo general, son estos entes a través de los cuales se movilizan los recursos económicos del Estado hacia las distintas circunscripciones territoriales, ya sea urbana o rural.

La Constitución de la República del Ecuador, en su artículo 242 menciona que el Estado se organiza territorialmente en regiones, provincias, cantones y parroquias rurales. Adicionalmente, el artículo 238 destaca que constituyen gobiernos autónomos descentralizados (GAD) las juntas parroquiales rurales, los concejos municipales, los concejos metropolitanos, los consejos

provinciales y los consejos regionales. (Guía OSC, 2013)

En el caso de la construcción de viviendas, los GAD provinciales (Prefecturas) se ocupan de los sectores rurales, mientras que los GAD cantonales (Municipios) se ocupan de los sectores urbanos.

2.2.3.2 Planes de vivienda social en Cotopaxi

En los últimos años se han desarrollado pocos proyectos de vivienda social en la provincia, caracterizados por ser viviendas cuyos costos van de USD 6000 a USD 8000, pero que a largo plazo, terminarán costando a los beneficiarios alrededor de USD 15000, con cuotas promedio de 150 dólares mensuales.

El presupuesto aproximado anual destinado por el gobierno al desarrollo de la vivienda en Cotopaxi, es de USD 1'000.000. Por ejemplo en 2015, éstas son las cifras dadas a conocer a través del portal de rendición de cuentas del GAD provincial de Cotopaxi, sobre el rubro vivienda:

**Presupuesto codificado y ejecutado
MIDUVI Cotopaxi - 2015**

GRUPO DE GASTO	PRESUPUESTO CODIFICADO (USD)	PRESUPUESTO EJECUTADO (USD)	EJECUCIÓN %
Inversión en Vivienda	1.139.151,57	1.118.536,73	99%
Gasto Corriente	234.412,70	228.542,69	97%
TOTAL	1.373.564,27	1.347.079,42	98%

Ilustración 15 Presupuesto codificado y ejecutado MIDUVI Cotopaxi 2015

Fuente: MIDUVI Cotopaxi, 2015

Este presupuesto fue destinado a 153 familias de los cantones Latacunga, La Maná, Saquisilí y Pangua, por lo que se ve un promedio por vivienda de USD 8800.

A continuación se mencionan los principales proyectos de vivienda social en desarrollo en Cotopaxi, de las cuales según el monto planificado de inversión total por proyecto versus el número de viviendas se calcula un promedio de inversión por vivienda de USD 6500 aproximadamente.

2.2.3.2.1 Proyectos Cochapamba y San Francisco de Mulaló 2

Serán 71 viviendas en las parroquias Cochapamba y Mulaló, de donde justamente toman el nombre los proyectos. Los beneficiarios accederán a estas viviendas a

través del bono de vivienda rural que ofrece el gobierno.

La inversión que realizará el MIDUVI será de USD 461.500.

Las viviendas tendrán 40 metros cuadrados, estructura de hormigón armado con cubierta de fibrocemento, dos habitaciones, sala, comedor, cocina y un baño completo. El proyecto será entregado a finales de 2017.



Ilustración 16 Vivienda tipo, MIDUVI Cotopaxi. Casa modelo Proyecto San Francisco de Mulaló 2

Fuente: MIDUVI Cotopaxi, 2017

2.2.3.2.2 Proyectos Pastocalle 3 y Vicente León

Estos proyectos se ejecutan en la ciudad de Latacunga.

En total son 65 viviendas con una inversión total del MIDUVI de USD 422.500 dólares.



Ilustración 17 Casa modelo Proyecto Pastocalle 1.

Fuente: <http://gobnacioncotopaxi.gob.ec>, 2014

2.2.3.2.3 Proyectos Wiñari Wasi y Collas Patoas 2

La nueva etapa de estos dos proyectos se ejecutan en el sector de Pujilí y constarán de 53 viviendas en total. Se calcula una inversión de USD 344.500. Como en los demás proyectos del MIDUVI, el promedio de inversión por casa es de aproximadamente USD 6500 dólares.

2.3 Sistemas Constructivos

Un sistema constructivo está constituido por todas aquellas técnicas, actividades y materiales que se usan para realizar una determinada edificación, con un fin

específico.

Sistema constructivo es un conjunto de elementos, materiales, técnicas, herramientas, procedimientos y equipos, que son característicos para un tipo de edificación en particular, Un ejemplo claro, de elemento, es el denominado "ladrillo". Esta pieza permite levantar muros, hacer pisos y techos. Además, tiene la facultad de crear numerosas formas, con la misma pieza, como: bóvedas, arcos, etc. (Tapia, 2012)

2.3.1 Tipos de sistemas constructivos

Existe diversidad de sistemas constructivos, algunos de ellos muy innovadores pero poco usuales, ya sea porque utilizan métodos y materiales exóticos o escasos, sin embargo los principales sistemas constructivos, por su uso común son:

- Construcción tradicional
- Construcción con paneles estructurales
- Sistema constructivo de madera
- Sistema constructivo de módulos prefabricados

2.3.1.1 Sistema constructivo tradicional

Es el que impera en la actualidad, siendo el más difundido pero también el más

antiguo. Basa su éxito en la solidez y durabilidad al estar constituido por paredes de ladrillos, hormigón, piedras o bloques, cuenta con paredes alisadas, instalaciones eléctricas y sanitarias, uno o más pisos, losas, etc. Este sistema tiene dos versiones: el sistema constructivo tradicional artesanal y el sistema constructivo tradicional evolucionado.

2.3.3.1.1 Sistema de construcción tradicional artesanal

Es el que se realiza según las viejas usanzas de los pueblos antiguos, con materiales del lugar y poco elaborados, más bien rústicos, mano de obra poco calificada, herramientas manuales y sencillas de fácil uso, tal como se aprecia en la siguiente ilustración en que un equipo de amigos deciden construir un muro usando técnicas tradicionales artesanales, sin equipamientos especiales y con materiales a la mano.

2.3.3.1.2 Sistema de construcción tradicional artesanal evolucionado

Utiliza la tecnología y la ciencia para mejorar los elementos (materiales y herramientas) del sistema constructivo tradicional. Cuenta ya con mano de obra especializada y materiales que pueden ser tradicionales como base, pero mejorados y no siempre cercanos a las construcciones. Este es el sistema imperante al momento, como se ve en la siguiente ilustración, los constructores usan equipo y tecnología especial para su trabajo.

2.3.1.2 Construcción con paneles estructurales

Este sistema es una solución constructiva rápida, sencilla y resistente, además económica, que consiste en la utilización de paneles de altísima resistencia, los cuales están conformados por dos caras de malla de acero electrosoldada rellena por una placa de poliestireno expandido de alta densidad. Estas caras se juntan a través de alambre tensores galvanizados que van electrosoldados a las mallas y traspasan la placa de poliestireno. Los alambres tensores cumplen las funciones de transferir las cargas hacia las caras exteriores, obteniendo así una estructura tridimensional, que permite una alta resistencia y gran rigidez.

Ventajas de este sistema (Robles, 2013):

- 100% sismorresistente.
- Disminución en tiempos de construcción.
- Aumento en rendimiento del personal.
- Versatilidad y sencillez de ensamblaje.
- Disminución de los costos de obra.
- Menos desperdicios
- Facilidad de transporte material liviano, peso promedio 6 kg/m².
- Rapidez en el habilitado de las instalaciones.
- Posibilidad de revisión de las instalaciones, antes de frisar para verificar una posible avería.
- Adaptabilidad a los sistemas constructivos tradicionales para ampliaciones

y remodelaciones.

- El sistema cuenta con innumerables ensayos que avalan sus bondades técnicas.

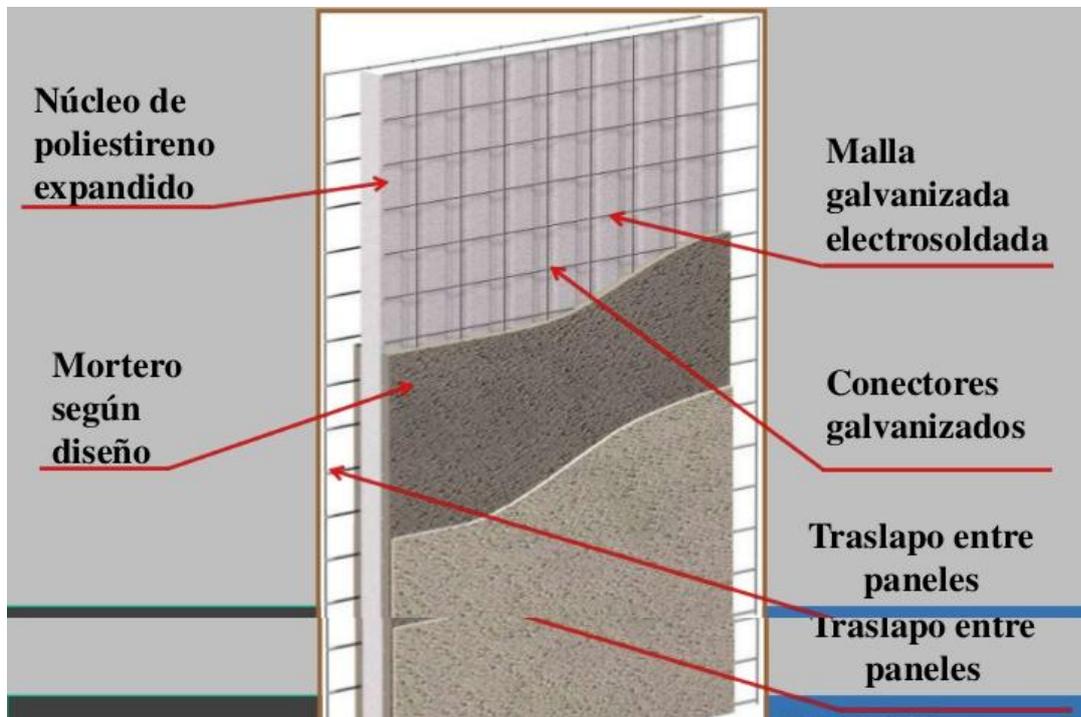


Ilustración 18 Cómo están conformados los paneles estructurales?

Fuente: www.es.slideshare.net/SebastianGalarza/multiples-ventajas-para-sus-proyectos-tansel

2.3.1.3 Sistema constructivo de madera

El uso de la madera como base de la construcción viene desde tiempos inmemoriales, pues es uno de los materiales más sencillos de adquirir y utilizar.

Actualmente se sigue usando la madera, a través de los siguientes sistemas constructivos:

- Sistema finger joint
- Sistema de paneles soportantes
- Sistema desmontable
- Sistema prefabricado o transportable
- Sistema de tableros
- Sistema americano o canadiense

2.3.1.3.1 Sistema Finger Joint

Es el sistema en el que se unen varios tipos de madera sólida para así construir tableros. La traducción del nombre de este sistema es “unión de dedos” y se puede describir de la siguiente manera:

El ensamble tipo finger joint es el método de unión longitudinal de dos piezas de madera maciza o de materia derivada de la madera, reconocido como el método más estable. Se aplica para producir piezas de madera muy largas o para tronzar nudos feos o fisuras que merman la estabilidad.

Los ensambles tipo finger joint permiten unir piezas de madera cortas para obtener una pieza de madera larga que básicamente puede tener una longitud interminable. Se trata de un ensamble realizado en dirección longitudinal con elevadas fuerzas iniciales (autobloqueo), que posteriormente siempre se pega. Gracias al paso continuo entre ambas piezas unidas, cuenta con una alta resistencia a la flexión. Estas propiedades hacen que estas uniones sean

superiores a las uniones de acero y madera u otras de madera y madera. Bajo condiciones óptimas en la producción y el aseguramiento de la calidad, las piezas de ensamble tipo finger joint pueden alcanzar una capacidad de carga de la pieza casi equivalente a la de piezas sin ningún tipo de unión. (Weinig, sf)

2.3.1.3.2 Sistema de paneles soportantes

Este sistema tiene dos versiones, una que poco a poco está quedando relegada y la otra que es la preferida en muchos países del mundo por sus grandes ventajas.

Estas versiones son:

- Sistema continuo
- Sistema de plataforma

Sistema continuo

El sistema continuo considera fijar toda la estructura de plataforma del primer piso y del entepiso a los tabiques estructurales. Todo va conectado entre sí, lo malo es que no permite manejar un estándar y requiere piezas de muy largos tamaños. Este sistema está siendo desechado.

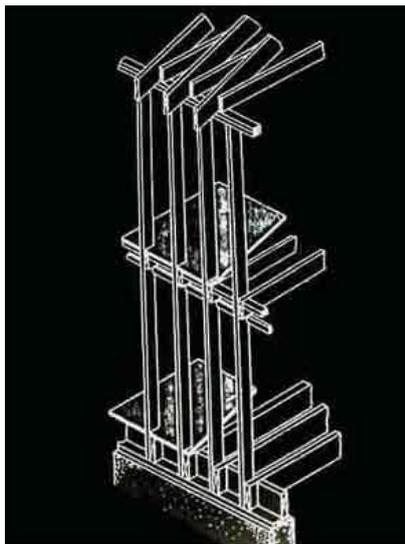


Ilustración 19 Sistema continuo de construcción en madera

Fuente: <http://apuntesingenierocivil.blogspot.com>

Sistema de plataforma

Es el sistema más utilizado en la construcción de viviendas con estructura de madera, sobre todo en Estados Unidos y Europa.

La plataforma de madera está conformada por piezas horizontales independientes de los tabiques, apoyados sobre la solera de amarre de ellos, la que además servirá como una barrera cortafuego a nivel de piso y cielo para la plataforma. El entramado horizontal de la plataforma está dispuesto de tal manera que coincide, en general, con la modulación de los pie derecho de los tabiques, conformando una estructura interrelacionada. Por otra parte, requiere de un elemento estructural que funcione como una placa arriostrante, en reemplazo del tradicional entablado, conocido como “Sistema Americano”. (Mezano, 2015)

Este sistema se caracteriza por ser rápido y económico, además es muy fácil de trabajar con herramientas comunes, al utilizar tableros de excelentes características y alta durabilidad.

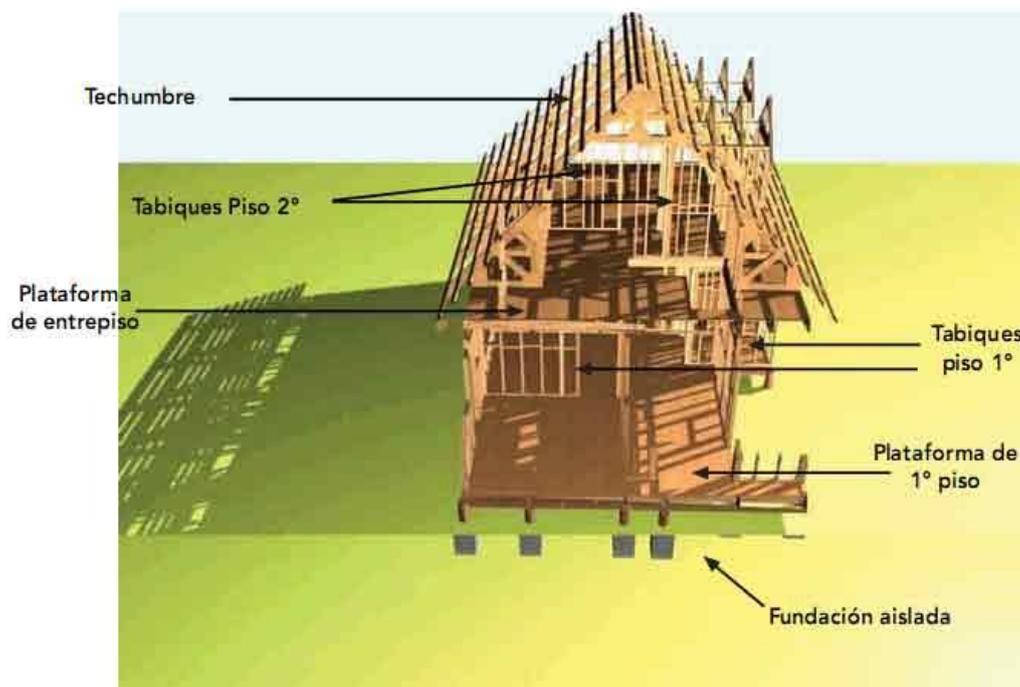


Ilustración 20 Sistema constructivo de plataforma de madera

Fuente: www.es.slideshare.net/Nonnal/construccion-en-madera-clase-n10

2.3.1.3.3 Sistema desmontable

Usado principalmente para realizar casetas provisionales, destinadas para guardar cosas o como solución muy temporal, pocas veces para habitar de manera definitiva, lo cual dependerá de los materiales que se usen, mismos que una vez terminado el uso de la estructura, se reutilizan. Las estructuras

construidas con este por lo general tienen bajo costo pero también baja calidad.



Ilustración 21 Ejemplo de caseta construida con sistema desmontable

Fuente: <http://www.catalogodisenio.com/2014/02/17/vivood-sistema-de-alojamiento-modular-desmontable/>

2.3.1.3.4 Sistema prefabricado o transportable

Este sistema consiste en módulos prefabricados de madera, muy útiles, funcionales y acogedores, los cuales tienen todo lo necesario para ser habitados con comodidad durante periodos cortos, o como casas vacacionales. Sus principales ventajas son precio y rapidez para obtenerlas, basta sólo con mirar el catálogo, pedir las y esperar que lleguen al terreno elegido.



Ilustración 22 Casas prefabricadas de madera

Fuente: www.tucasamodular.com/casas-de-madera-de-segunda-mano-mitad-de-precio/

2.3.1.3.5 Sistema de tableros

El desarrollo de esta tecnología comenzó en los años 70 como extensión de la tecnología del contrachapado, considerándose en la actualidad como la tecnología constructiva del futuro. En primera instancia se la usaba para construcciones temporales, pero a medida que avanza el tiempo y mejora la tecnología, el material se está adoptando en una amplia variedad de construcciones.

La base de este sistema son los paneles contralaminados, los cuales “trabajan de forma similar a como lo haría una losa prefabricada de hormigón, con la diferencia de su ligereza y la facilidad de trabajar con ellos”. (González, 2011)

Las principales características de los paneles contralaminados son:

Homogeneidad del material

Comportamiento ortótropo

Presenta dimensiones estables

Puede ser fabricado en las dimensiones requeridas, siendo el factor limitante el transporte



Ilustración 23 Sistema constructivo con tableros contralaminados

Fuente: www.egoin-andalucia.com/sistema-constructivo-clt/

2.3.1.3.6 Sistema americano o canadiense

Este sistema constructivo es uno de los más populares y tiene características técnicas muy importantes como un excelente desempeño térmico y aislamiento sonoro. Su construcción es rápida, sencilla y hay total versatilidad en los diseños que se quiere lograr.

Las construcciones hechas con el sistema americano están compuestas

por muros con estructura ligera de madera unidos entre sí para formar las fachadas de la vivienda. Dichos muros están formados por aislamiento de lana de madera o lana de roca y forrada por ambos lados con tablero de O.S.B., barrera de vapor y rastreles que permiten la ventilación de la cámara de aire. El acabado exterior de las fachadas puede ser de diferentes materiales como: Canexel, fibrocemento, ladrillo cara vista, piedra o mortero mono capa. El acabado interior de los muros se realiza con placas de yeso y pintura o combinado con piedra, gres, madera etc., siempre según el gusto personal de cada cliente. (Madereco, 2016)



Ilustración 24 Construcción con sistema americano

Fuente: www.arquitexs.com/casa-de-madera-sistema-constructivo/

2.3.1.4 Sistema de módulos prefabricados

Este sistema constructivo es uno de los más efectivos a la hora de crear viviendas o edificaciones de manera rápida y a un bajo costo.

La construcción modular es un moderno sistema de edificación, basado en el ensamblaje de unidades modulares prefabricadas permitiendo crear desde pequeños espacios arquitectónicos hasta grandes edificios para múltiples usos y aplicaciones. La utilidad de la construcción modular es muy amplia, pudiendo dar respuesta a requerimientos de habitabilidad y uso de todo tipo. (RAMSA Edificaciones, 2017)

La principal característica de la construcción modular es que está hecha de manera prefabricada, respondiendo a un proceso productivo sistematizado de más de la tercera parte de los elementos de la construcción que permite controlar costos, calidad en origen, seguridad, y una amplia disminución de los residuos y de la contaminación acústica.

Las principales ventajas de este sistema constructivo son:

Rapidez.- Se reduce hasta tres veces el tiempo de construcción en comparación con una construcción tradicional.

Ahorro financiero para los clientes.- Estos no tienen que financiar largos periodos de construcción.

Calidad.- Todos los materiales son fabricados según altos estándares, mucho

más que la construcción tradicional.

Personalizable.- Los clientes solicitan lo que necesitan de acuerdo a su espacio y presupuesto.

Ampliable.- El sistema permite ir incorporando otros módulos posteriormente.

Movilidad.- El tipo de construcción en la mayoría de casos puede desmontarse y trasladarse sin mayor impacto o daño.

Amigable con el Medio Ambiente.- Al realizarse la mayor parte del proceso constructivo en fábrica, se disminuye la contaminación acústica, visual y los residuos o materiales que son expuestos durante largas temporadas en las construcciones tradicionales.



Ilustración 25 Sistema de módulos prefabricados

Fuente: www.revistavivienda.com.ar/actualidad/noticias/modulos-para-el-inau

2.4 Sistemas constructivos de la sierra ecuatoriana

En las construcciones rurales de la serranía ecuatoriana se nota claramente la armonía entre las viviendas y el entorno físico, siendo los materiales utilizados en las edificaciones, aquéllos que están a la mano de acuerdo al piso ecológico existente. “Los materiales utilizados son locales y compatibles entre sí” (Cevallos, s.f.)

En la sierra ecuatoriana los sistemas constructivos han evolucionado de acuerdo a la influencia cultural de los pueblos inmigrantes y nativos que han habitado esos territorios desde tiempos ancestrales, pudiendo mencionarse los siguientes como los más importantes:

- Sistema constructivo con Paja
- Sistema constructivo de Bahareque
- Sistema constructivo de Pared de chamba
- Sistema constructivo de Pared de mano
- Sistema constructivo de Tapial
- Sistema constructivo de Piedra Pómez
- Sistema constructivo de Adobe

2.4.1 Paja



Ilustración 26 Vivienda de paja, sierra ecuatoriana

Fuente: Diario El Telégrafo/ 28-01-2017

Las viviendas de paja tienen un esqueleto básico a manera de malla y en forma de pirámide. Esta estructura es de ramas de chaguarquero, y se va rellorando con paja seca. La duración de este tipo de construcciones va de acuerdo a la calidad de la paja que se haya utilizado (más larga, más seca, etc). Sólo se pueden ver este tipo de construcciones en las zonas más alejadas del páramo andino.

2.4.2 Bahareque

Es un sistema constructivo que utiliza cañas tejidas y barro. Las columnas y vigas son de madera, lo que le da a la vivienda una gran elasticidad y la hacen

sismoresistente. Este tipo de construcciones se ven ya solamente en sectores rurales, ya que no son tomadas en cuenta por la mayoría de regulaciones municipales de las ciudades.



Ilustración 27 Casa de bahareque, Loja, Ecuador

Fuente: Diario La Hora /05-10-2015

2.4.3 Pared de chamba

Las casas hechas de pared de chamba son construidas de manera similar a las casa de paja, sólo que se construye en lugares donde no se dispone de paja sino sólo de pasto. Lo interesante de este sistema constructivo es que se arrancan retazos de pasto (chambas) de aproximadamente 50 cm x 40 cm y se las pone en las paredes de la vivienda sin sacudir, lo que permite que las raíces del pasto

sigan vivas por un tiempo y se entrelacen en las paredes formando una estructura más sólida.

2.4.4 Pared de mano



Ilustración 28 Construcción de pared de mano, Ecuador

Fuente: The Cob Builders Handbook, 1997

2.4.5 Tapial

Es uno de los sistemas constructivos más utilizados alrededor del mundo y consiste en la compactación de material proveniente de suelos arenosos, a través de grandes moldes de madera. Las construcciones de tapial se hacen a manera de cajas, las cuales luego se rompen para crear paredes o ventanas. Por su gran espesor (aprox. 50 cm), gran peso y estructura, tiene una excelente resistencia a los sismos.



Ilustración 29 Construcción de casas de tapial, Cotopaxi, Ecuador

Fuente: <http://repositorio.educacionsuperior.gob.ec/bitstream/28000/1086/1/T-SENESCYT-0252.pdf>

2.4.6 Adobe

El adobe es el material más utilizado en las construcciones antiguas de la serranía ecuatoriana. Es un material barato y fácil de fabricar ya que está hecho con arcilla (lodo o fango), arena y paja, que son materiales abundantes y de bajo precio en cualquier lugar del mundo.



Ilustración 30 Adobe de barro, Cotopaxi, Ecuador

Fuente: www.visitaecuador.com

El adobe es una masa de barro, frecuentemente mezclada con paja, moldeada con forma de prisma, de tamaño variable y secada al aire para posteriormente formar muros de fábrica. La mezcla de barro necesita un gran contenido de arcilla que permita su manipulación. Si bien no hay un porcentaje exacto para cada componente, se distribuye aproximadamente de la siguiente manera: 14% de arcilla, 22% de limo, 62% de arena y 2% de grava. Debido a la abundante agua utilizada durante la fase de amasado, se añade a la mezcla un porcentaje de fibras naturales, generalmente paja, para disminuir la retracción y evitar por tanto la aparición de fisuras. Una vez obtenida la masa se deja “dormir” 2 días. A continuación se añaden los aditivos necesarios (como la paja para evitar la retracción) y una vez mezclado todo se introduce en las adoberas para darle forma. (Gonzalo, 2012)

Las medidas comunes de un bloque de adobe son de 33x16x8 cm y dos personas pueden construir más de mil adobes en un solo día, con la sola ayuda de un molde de madera (adobera) para producirlos. (Bindack, sf)

2.4.6.1 Principales ventajas del adobe

- Precio.
- Permite realizar formas suaves y redondeadas.
- Permite un bajo consumo energético por sus cualidades aislantes.
- Resulta fácil de modificar en futuras reformas de muros y muy versátil para las instalaciones de tuberías y red eléctrica.
- No deja entrar los ruidos externos.
- Se puede mejorar sus características y desempeño mezclándolo con otros materiales.

2.4.6.2 Desventajas del adobe

- Inadecuado para la construcción en vertical, así como para zonas muy húmedas (lluvia o ambiental) o con movimientos sísmicos frecuentes.
- No es adecuado para viviendas en zonas de alta densidad constructiva por el espesor de sus muros.

Las tecnologías tradicionales mejoradas tienen como base fundamental lo construido por nuestros antepasados, sirviendo de ejemplo en la edificación, para la actualidad y el futuro ya que tienen como principal elemento el aprovechamiento de los materiales existentes en el entorno, alentando el avance científico, la innovación y la transferencia tecnológica.

Las viviendas antiguas existentes en el país están muy poco conservadas, siendo para muchos sinónimos de pobreza, pero con una adecuada intervención tecnológica y puesta en valor se las puede utilizar para el mismo fin o para nuevos usos urbanos y rurales. Por ello es importante conocer las ventajas que brindan las tecnologías tradicionales mejoradas (bahareque, quincha, paja toquilla, adobe), versus las convencionales.

TECNOLOGIA CONSTRUCTIVA =	MATERIALES +	HERRAMIENTAS EQUIPOS MAQUINARIAS +	MANO DE OBRA +	VARIABLES	
				COSTO	SOSTENIBILIDAD
CONVENCIONALES	<ul style="list-style-type: none"> •Industrializados •Importados •Muy poco locales 	Más sofisticados con mayor consumo energía y generación CO2	<ul style="list-style-type: none"> •Especializada •Mínima Local 	Mayor	Mínima
TRADICIONALES MEJORADAS Innovación y Transferencia Tecnológica	<ul style="list-style-type: none"> • Locales •Mínimos importados y/o industrializados 	Sencillos y domésticos	<ul style="list-style-type: none"> •Local •Mínima especializada 	Menor	Máxima

Ilustración 31 Comparación Tecnologías Constructivas

Fuente: Revista Construir.

TECNOLOGÍA	CARACTERÍSTICAS
<p>BAHAREQUE TRADICIONAL [1]</p> 	<p>Se trata de una doble pared rellena con tierra.</p> <p>Está conformado por un sistema de pilares, vigas y un entramado de caña que consolida o articula el sistema de pilares.</p>
<p>QUINCHA</p> 	<p>Consiste en un entramado de caña o bambú recubierto con una mezcla de estiércol, tierra y paja.</p> <p>Material antisísmico debido a la elasticidad del entramado de caña.</p>
<p>PAJA TOQUILLA</p> 	<p>Los tejados de paja se construyen artesanalmente realizando una cubierta con vegetación seca como paja, colocándola en capas.</p> <p>Posee estabilidad buena, resistencia sísmica muy buena, resistencia a la lluvia, idoneidad climática.</p>
<p>ADOBE</p> 	<p>Se fabrica con tierra con un alto porcentaje de arcilla, mediante un molde, y se deja secar al sol.</p> <p>Para evitar que se agriete al secar se añaden a la masa paja, heno seco o estiércol.</p>

Ilustración 32 Opciones tecnología constructiva tradicional

Fuente: MIDUVI

2.4.7. Piedra pómez

La Piedra Pómez, llamada también “Pumita” es una roca volcánica espumosa, que se utilizaba a menudo también como abrasivo, y se encuentra frecuentemente en excavaciones arqueológicas en el Mar Mediterráneo.

Debido a que no hay volcanes en todas partes, se originó una intensa actividad comercial en relación con este producto.

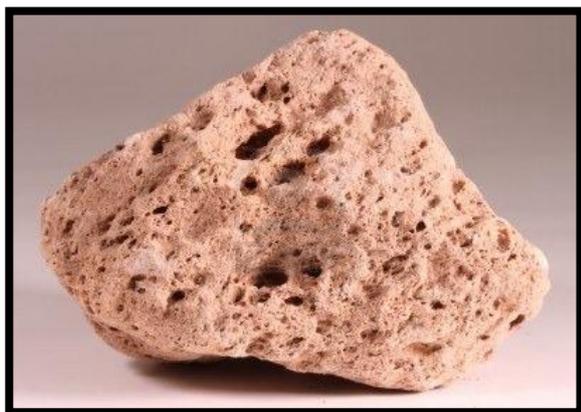


Ilustración 33 Piedra Pómez en estado natural

Fuente: Educanet

Es una roca ígnea volcánica vítrea, con baja densidad (flota en el agua) y muy porosa, de color blanco o gris, encontrada principalmente en la península itálica. Cuando se refiere a la piedra pómez en lo que respecta a sus posibles aplicaciones industriales, también puede ser conocida como puzolana.



Ilustración 34 Casa de los Marqueses de Miraflores, con bóvedas talladas en piedra pómez, Latacunga, Ecuador.

Fuente: www.ruta0.com/latacunga/qc30637-casa-de-los-marqueses-de-miraflores.htm

La lava proyectada al aire sufre una gran descompresión en su formación. Como consecuencia de la misma se produce una desgasificación quedando espacios vacíos separados por delgadas paredes de vidrio volcánico.

Es una roca efusiva joven que contiene feldespato potásico, cuarzo y plagioclasa; pasta de grano fino a vítreo en las que cristales de biotita forman fenocristales.

La lava que produce la piedra pómez incluye a los minerales feldespato, cuarzo, biotita y hornablenda. La piedra pómez está hecha con los siguientes óxidos: 70 a 77 % de sílice, 11 a 14 % de alúmina, 3 a 5 % de óxido de potasio, 3 a 5 % de soda, 1 a 3% de óxido ferroso, 1 a 2% de óxido férrico, 0,5 a 1% de magnesia, menos de 0,38% de titina y 0,03% de agua.

Debido a su origen volcánico, tiene una porosidad que le permite absorber y retener el agua.

Es ligera y presenta condiciones particulares, para el filtrado de productos de elaboración industrial.

La piedra pómez es bastante dúctil y suave puede lograr ser tallada, torneada y grabada con gran facilidad.

Su color blanco le da una gran vistosidad.

Útil para la decoración.

Baja densidad por lo que puede flotar sobre las aguas.

La piedra pómez es resistente al frío, al fuego y a la intemperie y libre de sales

solubles en agua.

Las formas de esta piedra son variadas predominando las alargadas y las angulosas.

Es de dureza media, debido a su alta friabilidad el poder abrasivo es muy bajo, produciendo un efecto muy suave sobre la superficie trabajada.

Usos de la piedra pómez en la construcción

- La fabricación de morteros u hormigones de áridos ligeros, para mejorar las condiciones térmicas y acústicas.
- Por su alta dureza se utiliza frecuentemente como abrasivo en los tratamientos superficiales de las rocas.
- Puede funcionar como agregado ligero en la elaboración de bloques de concreto, disminuyendo el peso del prefabricado en un 30% cambiando el agregado de piedra de canto rodado o triturado por piedra pómez.
- También puede ser usado para fachadas, Limpieza de superficies delicadas en construcción civil y monumental tales como estucos, es grafiados, bajorrelieves, y deforma general, todas aquellas superficies en las que sea deseable una aplicación suave, etc.

2.5. El adobe como alternativa idónea para la construcción actual

El barro como material de construcción ha perdido credibilidad pues en ocasiones se lo vincula con desconocimiento, con falta de técnica, y se lo ve muchas veces como el material de construcción de los pobres. Sin embargo, existen grandes ventajas de la utilización de este material, que aún sigue siendo utilizado mayoritariamente en los sectores rurales de Latinoamérica, porque está disponible a pie de obra de manera abundante, es fácil de obtener y manipular. Una sola persona puede fabricar manualmente hasta 300 adobes diarios, lo cual significa una gran productividad y costos de fabricación bajos.

Hay que recordar que el comportamiento del adobe responde al tipo de suelo de donde proviene, y si el temor es su poca resistencia a los movimientos telúricos y a la humedad, pues ya existen hoy por hoy varias técnicas y fórmulas de fabricación que mejoran el rendimiento y durabilidad de este material.

2.5.1 Adobe no estabilizado

Es aquél adobe que se produce totalmente de manera manual y no pasa por el horno, razón por la cual es un 40% más barato que los ladrillos de arcilla. Una desventaja de este tipo de adobes es su falta de estabilidad como materia, pues su endurecimiento no es de carácter permanente como lo es el del ladrillo cocido. Su resistencia varía según la cantidad de agua utilizada en la mezcla.

2.5.2 Adobe semi estabilizado

Es aquél adobe en el que se ha incorporado de un 3% a un 5% de agente estabilizador o agente impermeabilizante (emulsión asfáltica). Cuando no se usa emulsión asfáltica se tiene el mismo resultado utilizando un 5% a 10% de cemento Portland. Este material se considera como un ladrillo resistente a la humedad.

2.5.3 Adobe estabilizado

El adobe estabilizado debe limitar la proporción de agua que asimila, al 4% de su peso total. Este adobe incorpora del 6% al 12% de emulsión asfáltica y no necesita ninguna protección adicional por lo cual se lo puede dejar expuesto sin frisado.

2.5.4 El Adobe para construcciones antisísmicas

Sí es posible el uso de adobe estabilizado para construcciones antisísmicas, de hecho, se usan ya en otros países como Perú, Chile y México.

La característica antisísmica del adobe proviene del agente estabilizador que se le agrega así como del entramado de varilla o bambú (son los más frecuentes) que

se le atraviesa vertical y horizontalmente. A continuación un modelo de construcción antisísmico con adobe estabilizado y bambú.

CONSTRUCCIÓN ANTISÍSMICA CON ADOBE ESTABILIZADO Y BAMBÚ

PERÚ
FRANCIA

18.11.87

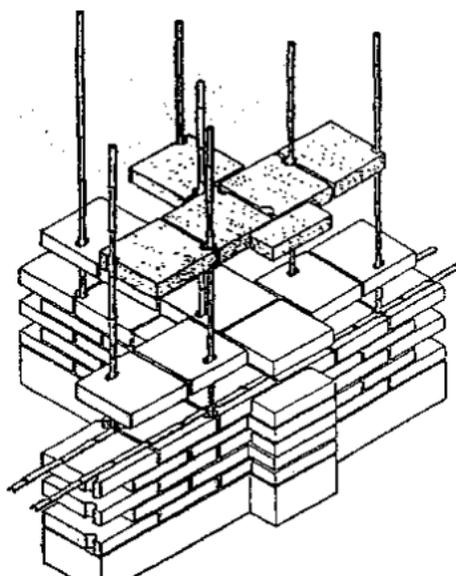


Ilustración 35 Modelo PNUD de Construcción antisísmica con adobe

Fuente: Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, s.f.

2.5.5 El adobe como alternativa para vivienda social

El adobe por su bajo precio, es la mejor alternativa para la construcción de vivienda social, aun cuando se puede pensar que se encarece su precio al estabilizarlo a través de la adición de cemento o emulsión asfáltica, sigue siendo mucho más económico que otros sistemas constructivos, por esa razón se utilizan ya para proyectos de vivienda social en varios países del mundo, se citan dos ejemplos.

2.5.5.1 Caso Viviendas de interés social en el área Metropolitana de Tampico, en México.

Para la construcción de estas viviendas populares se utilizó adobe estabilizado o también denominado adobe tecnificado compuesto por arcilla, arena, cemento portland al 6% y fibra de coco al 1, demostrándose un gran desempeño del material en resistencia y bajo costo:

El ladrillo de adobe utilizado actualmente es el denominado tecnificado, esto significa que se fabrica por medios mecánicos y se le ha adicionado algún estabilizador, como lo es el cemento portland tipo 1, según norma NüM-C-1-1980, al 6%, para mejorar las características originales de los ladrillos. Sin embargo, por las condiciones climáticas de la zona, se propone además la inclusión de una fibra vegetal que, en este caso, es la de coco, fruto que abunda en la región y cuyo costo es bajo, como elemento reforzador del ladrillo. (Roux, 2002)

2.5.5.2 Caso ADB Concreto en Honduras

En Honduras se fabrica un adobe estabilizado denominado ADB concreto el cual utiliza cemento como agente estabilizador, en una proporción de 1:10. Este

sistema ha dado excelentes resultados, obteniendo elementos de construcción sumamente resistentes de hasta 100 kg/cm² y una impermeabilidad del 2% al 5%.

En este caso, al final de las obras el sistema constructivo ha sido al menos de 25% a 30% más económico que los sistemas constructivos tradicionales, permitiendo ampliar los alcances en proyectos de vivienda para abatir el déficit tanto en el medio rural como urbano. (Ecomobilia, 2007)



Ilustración 36 ADB Concreto en Honduras

Fuente: <http://adobloques.blogspot.com>

2.6 Viviendas de emergencia

Son viviendas construidas o armadas en períodos cortos de tiempo y responden a una necesidad emergente generalmente después de alguna catástrofe o situación imprevista que deja sin hogar a un grupo humano.

A continuación, se mencionan tres ejemplos interesantes en cuanto a viviendas de emergencia, que aunque son de materiales y sistemas constructivos diferentes, vale tomar en cuenta para el análisis y valoración del presente proyecto.

2.6.1 Casa FENIX

(Casa For Emergency post-Natural Impact eXtreme) es un proyecto de casa prefabricada solar cuya finalidad principal es dar refugio a personas afectadas por catástrofes naturales. Pero también es una vivienda que destaca por su modularidad y flexibilidad, ya que se puede actualizar y ampliar para configurar como hogar permanente para una familia.



Ilustración 37 Casa tipo, Proyecto Casa Fénix, Chile

Fuente: www.casafenix.cl

Este proyecto fue presentado en el SD2014 (Solar Decathlon Europa 2014) por estudiantes y profesores de la Universidad Técnica Federico Santa María de Valparaíso (Chile), y por otros del Instituto Universitario de Tecnología de la Universidad de La Rochelle (Francia). El Equipo FENIX finalizó la competición en un 6º lugar, consiguiendo un segundo premio en el concurso de “Sostenibilidad”, y terceros premios en los de “Ingeniería y Construcción”, “Balance Energético”, y “Comunicación y Concienciación Social”.

Esta vivienda está fabricada con estructura de madera, y aislada con lana de roca (resistente al fuego), siendo muy adecuada para cualquier climatología. Se inicia con el módulo de emergencia (SM), que tiene una superficie de 11m² y se utiliza como dormitorio para dar cobijo a los afectados por la catástrofe. Más tarde puede ampliarse con el módulo mecánico (MM), que contiene los servicios y el núcleo técnico de la casa, es el que incluye el cuarto de baño y la cocina.

Si el periodo de reconstrucción en la zona se prolonga, entonces pueden añadirse tantos módulos vivideros (LM) como la familia necesitare. También existe el módulo Sun Space (SS), que es el encargado de regular el clima interior, es un espacio que crece cada vez que se añaden más módulos a la vivienda. Una casa Fenix con cada uno de estos módulos alcanza un tamaño de 64m², pudiéndose convertir en un hogar definitivo.

Precisamente es en éste aspecto donde dudamos de la validez de este proyecto. No hay más que echarle un vistazo a las fotos del interior para darse uno cuenta que en esta vivienda se respira por los cuatro costados lo de “*soy una casa provisional*”, donde la parte mejor terminada y digna es el cuarto de baño, el resto son espacios muy poco confortables. Es verdad que también es un error muy común cuando se trata de diseñar viviendas de emergencia, que parecen estar orientadas para ganado, y no para personas, pero eso no debe servir como justificación, sobre todo si además pretende servir como casa permanente. De Japón vimos en su día dos estupendos ejemplos de casa de emergencia que no cometían este error: una casa móvil diseñada por Atelier Tekuto, y otra que utilizaba contenedores.

2.6.2 Casa Renai: una digna propuesta para afectados por desastres naturales



Ilustración 38 Casa Renai

Fuente: www.blog.is-arquitectura.es/2014/08/09/renai-house-casa-prefabricada-de-emergencias/

A pesar del devastador terremoto que asoló parte de Japón en el 2011, las personas afectadas de la Región de Tohoku (zona del epicentro) tienen muy claro que quieren seguir viviendo allí, pero el reto ahora es proporcionarles un hogar seguro, garantizarles una especie de renacimiento sostenible. La palabra ‘renai’ significa renacimiento, y resulta un nombre muy apropiado para la **Renai House**, ya que está pensada para servir de refugio tras uno de estos desastres.

Detrás del diseño de esta vivienda prefabricada hay un equipo de estudiantes de

la Universidad de Chiba, que presentaron su prototipo en el pasado Solar Decathlon Europa 2014 (SD2014), consiguiendo quedar en el puesto 11 en la clasificación final, a pesar de haber recibido un segundo premio en las pruebas de “Ingeniería” y “Balance Energético”, y quedar terceros en la de “Arquitectura”. Lamentablemente, consiguió pésimos resultados en las de “Eficiencia Energética” y “Sostenibilidad”, porque nos habría gustado que hubieran quedado al menos en un top5.

2.6.3 VED: vivienda de emergencia definitiva



Ilustración 39 Vivienda de emergencia definitiva, Chile

Fuente: <http://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-263754/vivienda-de-emergencia-definitiva-ved-john-saffery-gubbins>

Es un prototipo para casa de emergencia exhibido en Providencia (Santiago, Chile). Se trata de una casa prefabricada construida en taller en menos de dos meses, y montada en el sitio en tan solo día y medio. En Latinoamérica, decir *mediagua* es sinónimo de vivienda de emergencia, un término que tiene sus raíces en organizaciones no gubernamentales como la Fundación Vivienda. Este proyecto es en realidad un trabajo de investigación, que parte de la idea de que tradicionalmente este tipo de construcciones se acaban utilizando durante un tiempo mayor para el que fueron diseñadas.

El modelo VED se caracteriza por tener una cubierta muy personal en forma de “V”, y una estructura realizada con perfiles y **paneles de madera**, de tal forma que es una unidad ampliable y fácilmente desmontable. Se ha utilizado como módulo el panel estructural de madera OSB, que tiene una longitud de 2,44m.

La casa ocupa un rectángulo de 2,44 x 8,54 metros, y en su interior hay espacio para una sala con una pequeña cocina, un cuarto de baño, y un altillo arriba accesible mediante una escalera de madera. Es lo típico que solemos encontrar en una vivienda diminuta.

2.7. Arquitectura Modular

2.7.1 El Modulor

Para adentrarnos en el estudio de la arquitectura modular, debemos obligadamente recurrir a la creación de Le Corbousier: el Modulor, del cual se

habla extensamente en los dos libros de este autor: Modulo I y Modulo II. El Modulo no es más que un sistema de medidas mayor a los que se usan normalmente (Métrico-decimal y Pies-pulgadas). Este sistema se basa en calcularlo todo de acuerdo a la medida de un hombre de 1,83 metros de estatura, que parado y con los brazos en alto llegaría hasta los 2,26 metros de altura.

Este sistema tiene entre sus principales objetivos la normalización, la prefabricación y la industrialización y es “antropométrico, matemático y armónico” (Franco, s.f.). El Modulo persigue una relación matemática entre las medidas del hombre y la naturaleza, dando como resultado espacios de acuerdo a una modulación humana.

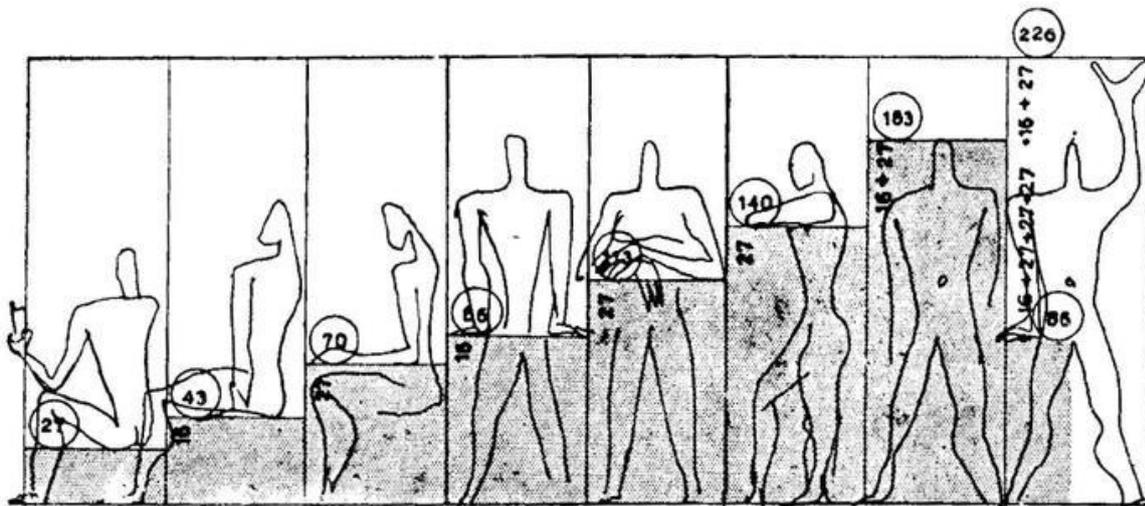


Ilustración 40 Gráfico del Modulo

Fuente: <http://bzarquitectura.com/arquitectura-modular>

Autor: Le Corbusier

2.7.2. Estructura de la arquitectura modular

La arquitectura modular en esencia se refiere a la utilización de elementos estandarizados, que se pueden conectar o unir para formar una unidad. En este tipo de estructura lo ideal es que se reemplacen o aumenten componentes (módulos) sin que se afecte la estructura principal. Lo más interesante de este sistema es que cada módulo que se añade, debe poder encajar sin problema, sin necesidad de hacer mayores arreglos en la edificación, sin embargo esto conlleva también un grado de complejidad, ya que los módulos deben ser multifuncionales y responder a un estricto estándar de forma y tamaño. La arquitectura modular es lo contrario de la arquitectura integrada en donde no se pueden definir con claridad las divisiones entre los distintos componentes. La arquitectura modular avanzada permite la realización de una variedad de configuraciones, y es por lo general, prefabricada, de fácil transportación, armado sencillo y rápido.

A continuación se muestra la oferta de vivienda modular de la empresa (HOME 3, 2017)

2.7.2.1 Ejemplo vivienda modular 1 dormitorio



Ilustración 41 Vivienda modular de 1 dormitorio, Empresa HOME3

Fuente: HOME3, España.

Características:

- Casa prefabricada de 74,90 metros cuadrados de construcción.
- 1 Dormitorio - 1 Baño - 1 Porche – sala – comedor- cocina
- Acabados de materiales nobles: pizarra, piedra, puertas de roble, suelos de madera

Plano:

MODELO 1DP

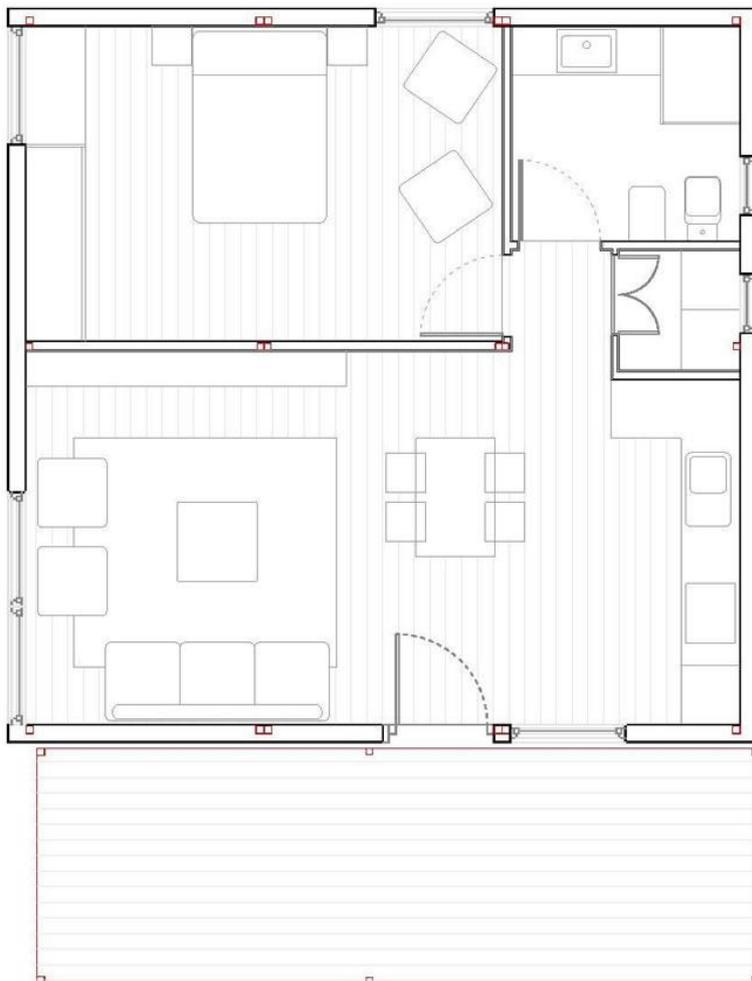


Ilustración 42 Plano Vivienda modular 1 dormitorio HOME3

Fuente: Home3, España

2.7.2.2 Ejemplo vivienda modular 2 dormitorios



Ilustración 43 Vivienda modular 2 dormitorios, Empresa HOME3

Fuente: Home3, España

Características:

- Casa prefabricada de 76,32 metros cuadrados de construcción + porche de 15,88 metros cuadrados.
- 2 Dormitorio2 - 2 Baños - 1 Porche – sala – comedor- cocina
- Acabados de materiales nobles: pizarra, piedra, puertas de roble, suelos de madera

Plano:

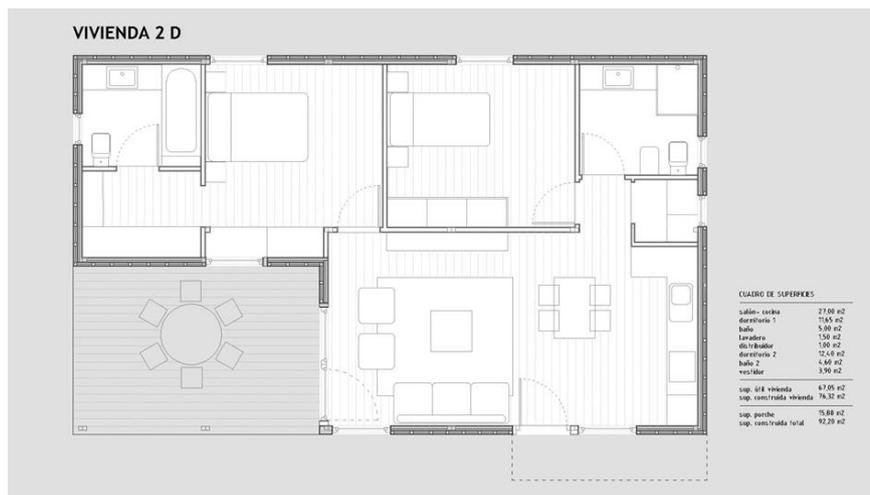


Ilustración 44 Plano vivienda modular 2 dormitorios, Empresa HOME3

Fuente: Home3, España

2.7.2.3 Ejemplo vivienda modular 3 dormitorios



Ilustración 45 Plano vivienda modular 3 dormitorios, Empresa HOME3

Fuente: Home3, España

Características:

- Casa prefabricada de 110 metros cuadrados de construcción
- 3 Dormitorio2 - 2 Baños - 1 Porche – sala – comedor- cocina
- Acabados de materiales nobles: pizarra, piedra, puertas de roble, suelos de madera

Plano:

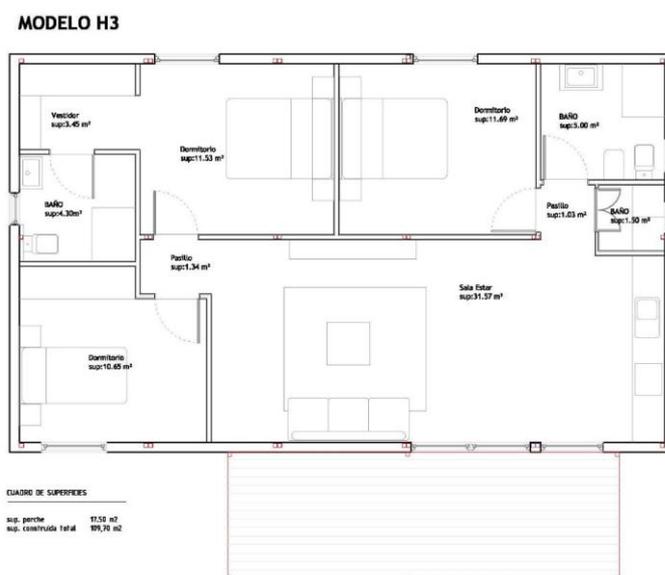


Ilustración 46 Plano vivienda modular 3 dormitorios, Empresa HOME3

Fuente: Home3, España

CAPITULO III

METODOLOGÍA

3.1. Definición del Problema

Si bien es cierto que en Ecuador el MIDUVI a través de los Gobiernos Autónomos Descentralizados, construye miles de viviendas sociales cada año, existen ciertas falencias como por ejemplo:

- Tecnología constructiva ajena al sitio de la construcción, pasando por alto las técnicas y materiales tradicionales de la zona.
- Casas minúsculas sin espacio para hacer mejoras o,
- Casas con patios y volados propicios para ampliaciones sin técnica y que resultan peligrosas y antiestéticas para el conjunto y/o para la propia vivienda.
- Casas de materiales no aptos para el clima en donde son construidas
- Casas construidas en terrenos donados o cedidos por entes públicos o privados, sin tomar en cuenta si están o no en zonas de riesgo.

Mientras en lugares como Europa se considera, (en Almería por ejemplo), viviendas de tipo social a casas entre 80 y 90 metros cuadrados, de dos plantas y tres habitaciones, y no se deja espacios libres ni volados para no dar lugar al crecimiento descontrolado y el daño de la estética del conjunto, en Latinoamérica en cambio la idea de vivienda social es por lo general construir casas

prefabricadas, con materiales de muy baja calidad y de un promedio de 50 metros cuadrados, una sola planta, sin acabados y con una sola habitación: viviendas que en vez de formar parte del paisaje de manera positiva, rompen la estética y armonía del entorno.

El contar con tan poco espacio habitable en las casas de los programas de vivienda social, hace que los dueños busquen extenderse hacia los lados o hacia arriba, de forma desordenada y antiestética, y lo peor peligrosa, por lo que es necesaria una solución que permita que de contar con recursos suficientes, los dueños puedan construir más habitaciones en zonas previstas para ello y de manera estética así como técnica.

3.2 Métodos y técnicas

Para la realización del presente trabajo se realizó un análisis cualitativo así como cuantitativo. De la misma manera, los métodos utilizados fueron el deductivo, yendo de la información general a realizar conclusiones particulares, así como el inductivo, partiendo de hallazgos y conocimientos particulares para poder formular conclusiones generales.

Para la investigación de las diferentes variables se utilizó como herramientas la observación directa, la investigación documental, el trabajo en el campo y la realización de entrevistas a expertos en el tema, cuyos resultados se presentan a

continuación y que brindaron importantes criterios que fueron tomados en cuenta por la autora para ampliar su análisis.

3.2.1 Entrevistas a profesionales del área

Se realizaron entrevistas a profesionales, arquitectos e ingenieros que trabajan en el ramo de la construcción, con el fin de que aporten su experiencia y conocimientos en el tema, y tomar en cuenta sus criterios al realizar la propuesta. A continuación se dan a conocer dichas entrevistas, por pedido de los entrevistados no se publican sus nombres, pero sí los datos de su perfil.

Los entrevistados son 12 arquitectos e ingenieros civiles, hombres y mujeres, actualmente laborando en universidades o constructoras del Ecuador, entre 27 y 69 años.

3.2.1.1 Resultados de las entrevistas

ENTREVISTAS A PROFESIONALES EN EL ÁREA

Pregunta 1. Considera usted importante contar con una alternativa de vivienda social antisísmica y en un lugar seguro de Latacunga, bajo riesgo de una erupción del volcán Cotopaxi? Explique por qué.

Todos los entrevistados respondieron que sí.

Porque:

- Se salvarían muchas vidas
- Sería un proyecto pionero que debería ser replicado por otras ciudades en riesgo
- Al momento las personas siguen construyendo en lugares de riesgo en Latacunga
- Aunque muchas personas no crean que existirá una erupción, el riesgo es real y permanente.
- Por lo general los más afectados en casos de catástrofes son los más pobres, es por eso que es muy bueno que se les proteja y prevenga que sufran daños a través de un programa de vivienda en un lugar libre de riesgo y en construcciones seguras.

Pregunta 2. Conoce usted algún caso similar? Comente.

Se citaron los casos de Chile y Japón.

Se comentó el cambio de normas constructivas en ambos países y la necesidad de que se haga lo mismo en Ecuador.

Pregunta 3. Qué opina acerca de la utilización de materiales tradicionales para

dichas viviendas? Cuáles recomienda y por qué?

Se recomiendan materiales tradicionales como caña guadúa, piedra pómez, bahareque y adobe, pero se señala que hay que hacer modificaciones a las técnicas constructivas ancestrales y a la composición de los materiales para que las viviendas indicadas cumplan con los requerimientos necesarios.

Pregunta 4. Una vivienda social qué características debería tener?

Las respuestas fueron:

- Económica
- De calidad
- Terminada al 100%
- Ubicada en un entorno amigable
- Segura
- Funcional
- Digna
- Debe contar con todos los servicios
- Debe tener acceso a transporte

3.3. Datos de partida

3.3.1 Planes de Vivienda de emergencia en Ecuador

Al momento no existe ningún otro Plan de Vivienda de Emergencia en Ecuador, pese a los riesgos volcánicos que tienen varias ciudades, incluso la capital, Quito. El proyecto presentado sería pionero en su área.

3.3.2 Cifras vivienda Cotopaxi

Según el último censo de 2010, Cotopaxi tiene 409.205 habitantes, de los cuales casi la cuarta parte de ellos no tienen vivienda propia. De esta población, más de 100.000 personas estarían en riesgo de quedarse sin vivienda al erupcionar el Cotopaxi, ya que se encuentran en zonas de riesgo.

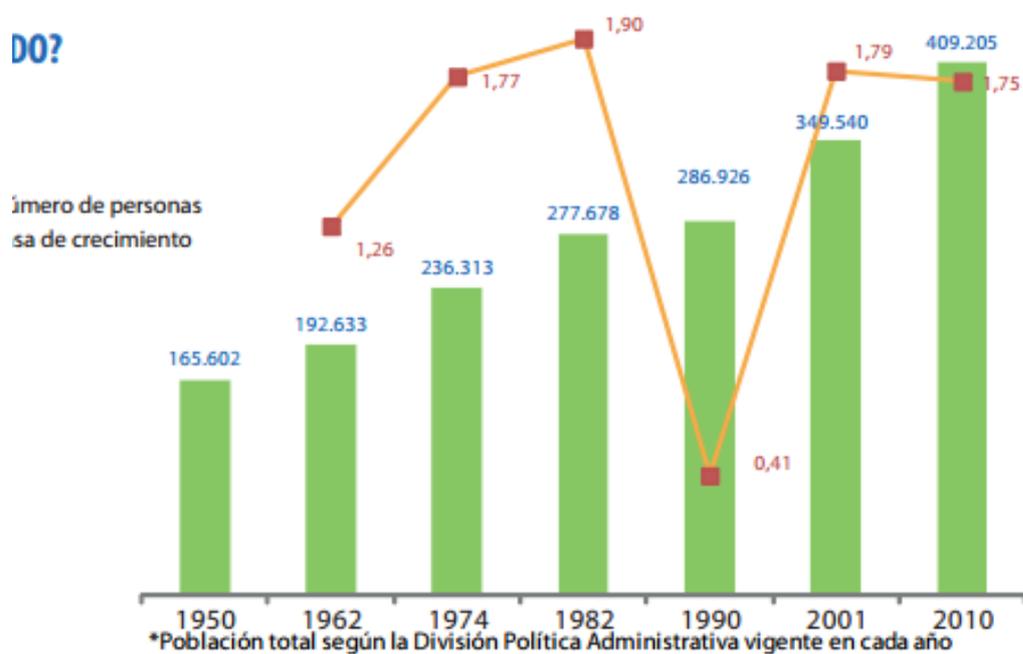


Ilustración 47 Habitantes de Cotopaxi según Censo 2010

Fuente: INEC

Tabla 5. Déficit habitacional

Déficit habitacional cuantitativo					
Cotopaxi (25,31)					
05D01	05D02	05D03	05D04	05D05	05D06
15,4	17,2	36,8	40,3	50,2	24,2

Ilustración 48 Déficit de vivienda Cotopaxi Censo 2010

Fuente: INEC

3.3.3 Viviendas de interés social en Cotopaxi

Los precios de las viviendas de interés social van desde los 6000 hasta los 8500 dólares.

Estas viviendas son prefabricadas, con techos ligeros, constan en su mayoría de una sola habitación y no tienen acabados, mismos que están a cargo de los dueños.

Estas casas van generalmente desde los 34 a los 50 metros cuadrados de construcción.

Para la construcción de estas viviendas no se ha tomado en cuenta las zonas seguras, es más, algunos de los programas de vivienda social se encuentran cercanos a las zonas de riesgo por erupción del Volcán Cotopaxi.

3.3.4 Materiales y sistemas constructivos investigados como opciones para el presente prototipo de vivienda emergente

Fueron investigados varios sistemas constructivos, pero se eligió el adobe por ser el que la materia prima más fácilmente se obtiene y que se puede fabricar sin maquinaria especial por parte de los mismos dueños de las casas. Además, adicionado con cemento y utilizando en la construcción un entramado metálico, se logra resistencia antisísmica.

La piedra pómez fue una opción interesante también, pero se la desechó porque se evidenció la poca materia prima existente y la lejanía de las canteras para obtenerla.

3.3.5 Ventajas del prototipo sobre otras alternativas de vivienda emergente o social

- Es mucho más rápido y económico que otros sistemas constructivos de su mismo tipo (construcción tradicional).
- Es modular progresivo, es decir puede ampliarse.
- Respeto el entorno, ya que es de un material afín a la zona
- Es una vivienda funcional, con una distribución eficiente del espacio
- Es una vivienda digna, que tiene todo lo necesario para una adecuada

habitabilidad.

- Es antisísmico
- Puede ser fabricado sin maquinaria especializada y en poco tiempo.
- Para su fabricación se requiere una cuadrilla de 8 personas que no tienen que ser especialistas y que pueden realizar los trabajos bajo una guía o instrucciones moderadas.

CAPITULO IV

PROPUESTA

4.1. Nombre del Proyecto

Prototipo de vivienda social modular progresiva, con adobe estabilizado, para la Ciudad de Latacunga, Provincia de Cotopaxi, Ecuador.

4.2. Localización

Ciudad de Latacunga, Cantón Latacunga, Provincia de Cotopaxi, Ecuador.

La ciudad se encuentra ubicada en la Sierra Central del país, en las estribaciones de la cordillera de los Andes, en la provincia de Cotopaxi, a una altitud de 2.850 m.s.n.m, compuesta por 64 barrios, muchos de los cuales serán afectados por una inminente erupción del volcán Cotopaxi.



Ilustración 49 Escenario de afectación por flujos Piroclásticos

Fuente. Departamento de Gestión de Riesgos GAML

Posee una temperatura promedio de 12° Centígrados, es decir tiene un clima templado a frío húmedo, con periodos lluviosos la mayor parte del año.

Luego del estudio previo sobre las amenazas del volcán Cotopaxi y las zonas de afectación se determina que, específicamente el proyecto debería ser implantado en alguna de las siguientes zonas seguras del Cantón Latacunga, tomando en cuenta en primer lugar las Zonas de Expansión de la ciudad, ya que en el PDyOT (Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial) del Municipio, se han realizado los estudios pertinentes a Riesgos en los que se determinan que estas zonas son menos vulnerables a este tipo de desastres Naturales.

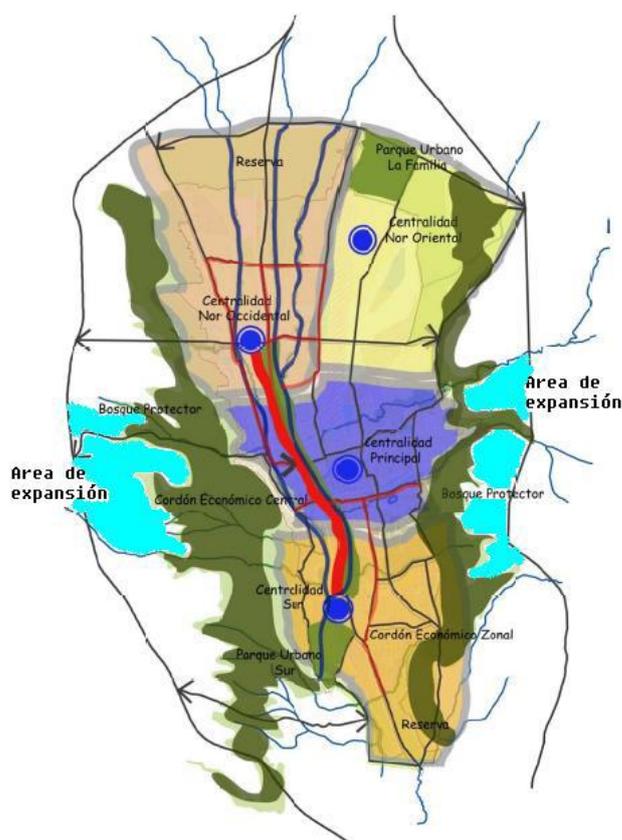


Ilustración 50 Zonas de expansión ciudad de Latacunga

Fuente. Departamento de Planificación GAML

Adicional a estas Zonas se adiciona los siguientes barrios:

- Barrio La Cocha (cerca del Colegio Vicente León)
- Sector Gualundún
- Sector La Laguna.
- Sector Loma Grande
- Barrio Loma de Brazales
- Barrio El Calvario de San Felipe
- Sector La Calera
- Sector Zumbalica.
- Áreas de Expansión (PDOT)

4.3 Estrategias tomadas en cuenta para el diseño de la vivienda

Luego de considerar la inseguridad de la población de Latacunga ante un evento natural como la erupción volcánica. Se ha tomado en cuenta para este tema la vulnerabilidad de las viviendas.

- La idea principal es, que los pobladores posean una casa segura con techo ligero, construida de una forma totalmente nueva, con materiales de mampostería y cubierta que ofrezcan aislamiento térmico y acústico, de tal forma que por el clima frío del sector no se convierta en una refrigeradora.
- Por otro lado, la idea también es rescatar las tradiciones de la población y sus técnicas constructivas ancestrales con los materiales tradicionales que

se usaron durante años, y que sean ido perdiendo, en este rescate se ha revalorizado el adobe como materia prima principal para la construcción de las nuevas viviendas. De manera que en ese rescate, la gente vuelva a construir sus viviendas, en respuesta a sus necesidades, sus ocupaciones y sobre todo que tengan relación con sus modelos culturales locales.

- Cuando se decide implementar el adobe para la construcción de estas nuevas viviendas, también se plantea la necesidad de mejorar al material y al proceso constructivo, por lo que este adobe será estabilizado y toda el envolvente de la vivienda será sismoresistente, con la ayuda de barras de acero, convirtiéndose así en una vivienda segura no sólo para los eventos volcánicos sino también para otro tipo de sucesos.
- Así también se ha propuesto una vivienda en evolución o progresiva, de tal forma que en un principio posea una estructura muy pequeña, con un solo dormitorio que utilizará toda la familia y luego de un tiempo o esta se pueda agrandar, es decir se puede aumentar dos dormitorios extras y se convierta en una vivienda permanente.
- Por último esta vivienda debe responder en forma eficiente, luego de la catástrofe, es decir debe asegurar su pronta construcción y sobre todo debe ser económica (vivienda social). Partiendo de esta idea, se propone una modulación a la vivienda, en la que el módulo base será 40cm x 40cm que son las medidas de dos adobes juntos, este módulo se utilizará para la construcción, partiendo de una malla, en donde todas las medidas de la

vivienda y sus componentes partan de módulos o macro módulos.

4.4 Tipos de Viviendas

Las viviendas propuestas son de tres tipos, con distribuciones diferentes, pero siguiendo un mismo estándar de vivienda básica de un dormitorio que puede ir aumentando a dos o tres dormitorios.

4.4.1 Distribución Viviendas TIPO A1, B1 y C1

Metros cuadrados de construcción: 60,56m²

- Cocina
- Sala-comedor
- Un dormitorio
- Un baño completo
- Área de lavado y patio posterior
- Patio lateral
- Patio frontal

4.4.2 Distribución Viviendas TIPO A2, B2 y C2

Metros cuadrados de construcción: 75,75m²

- Cocina
- Sala-comedor
- Dos dormitorios
- Un baño completo
- Área de lavado y patio posterior
- Patio frontal

4.4.3 Distribución Viviendas TIPO A3, B3 y C3

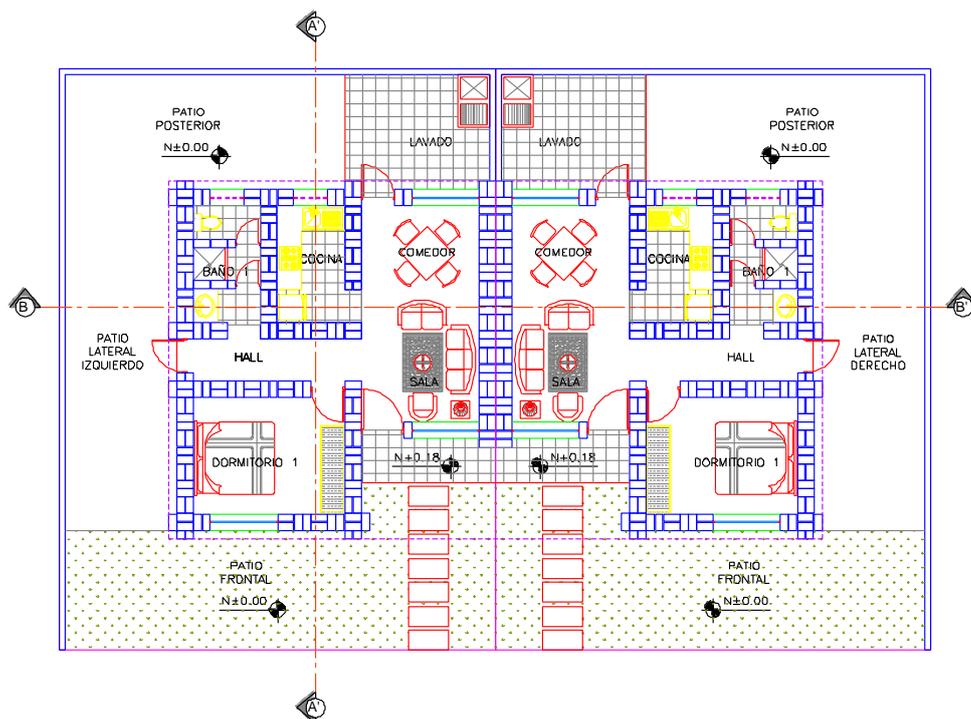
Metros cuadrados de construcción: 85,56m²

- Cocina
- Sala-comedor
- Tres dormitorios
- Un baño completo
- Área de lavado y patio posterior
- Patio frontal

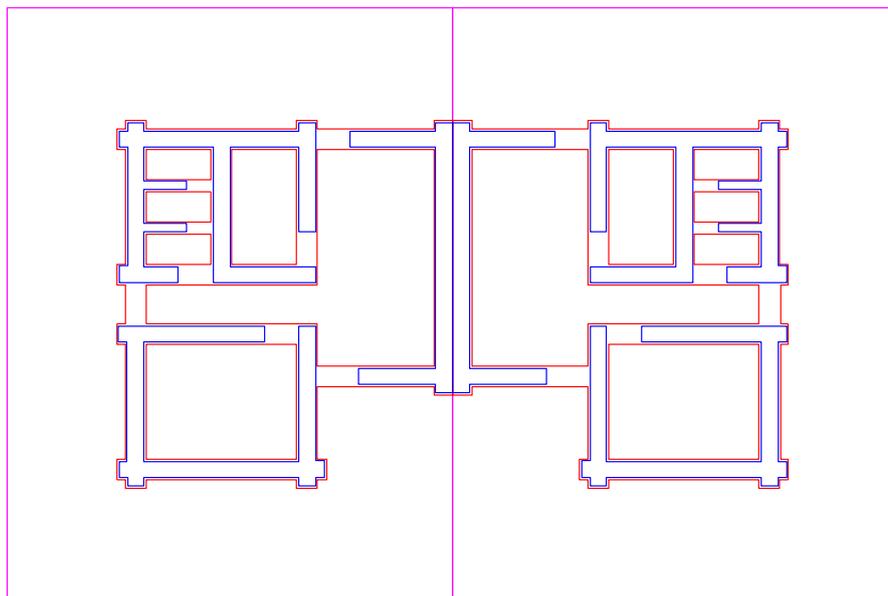
4.5 Planos arquitectónicos por tipo de casa y su modularidad

4.5.1 Casas tipo A

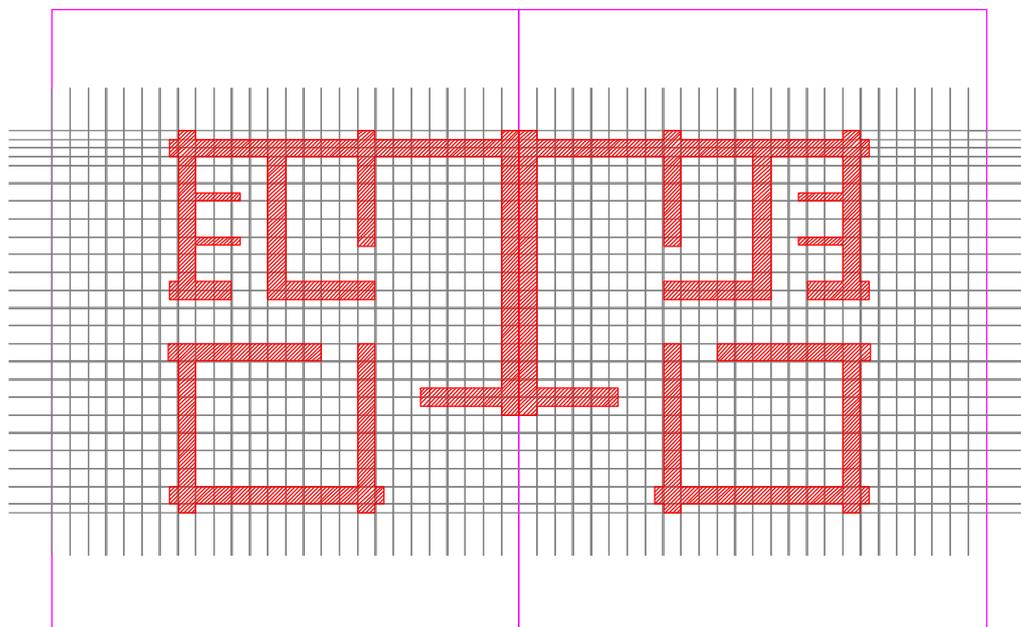
CASA TIPO A 1



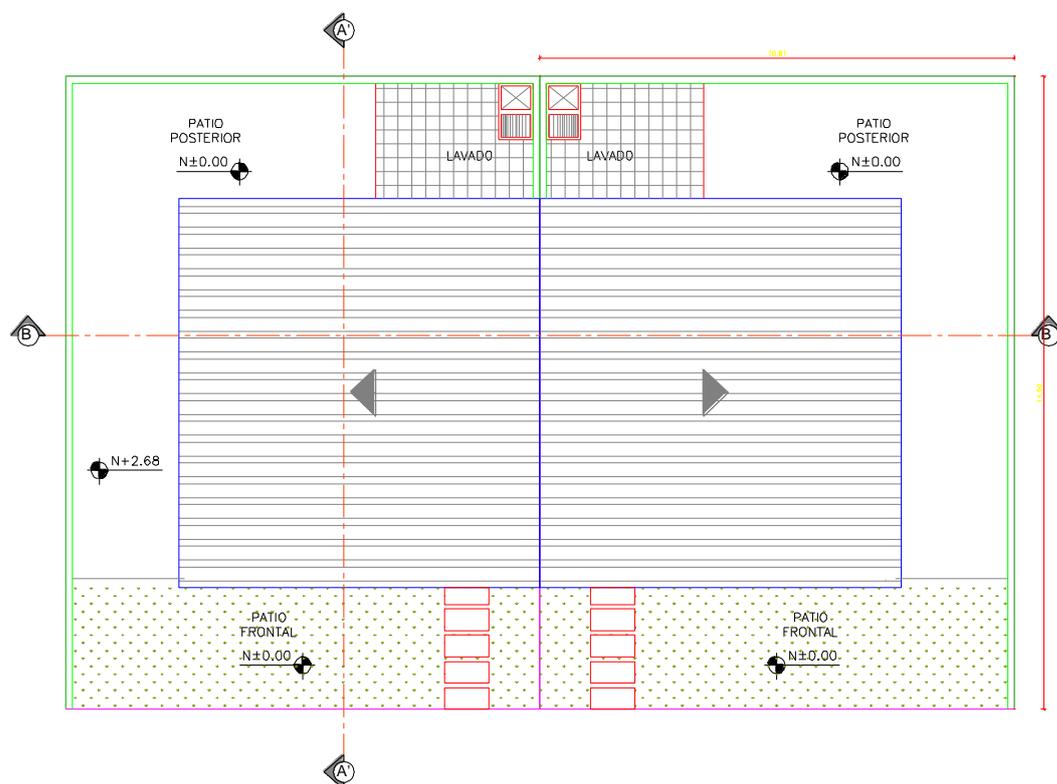
Planta Arquitectónica



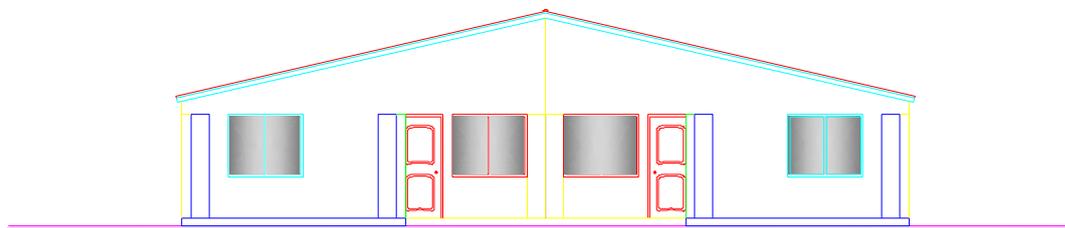
Planta de cimentación



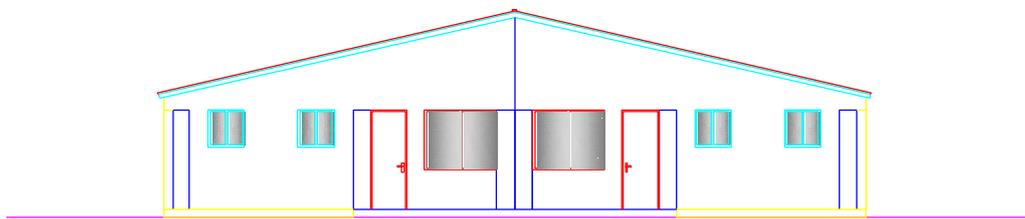
Planta Malla



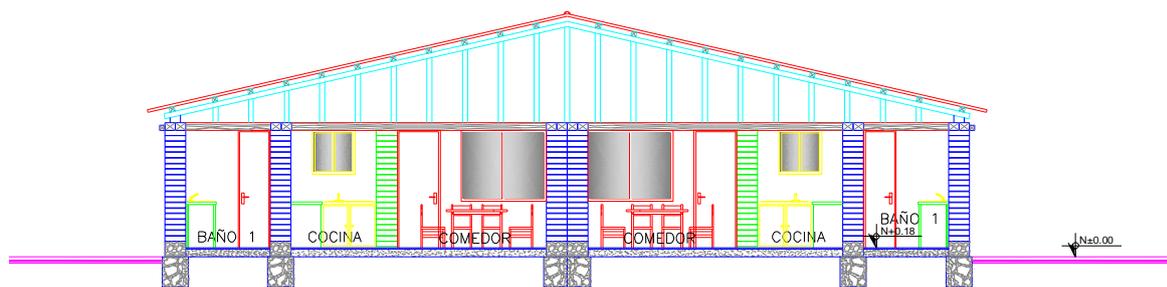
Implantación



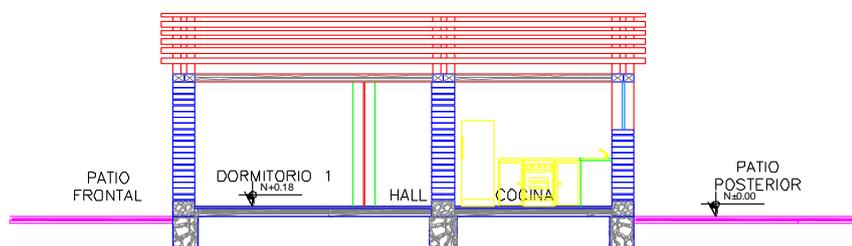
Fachada Frontal



Fachada Posterior

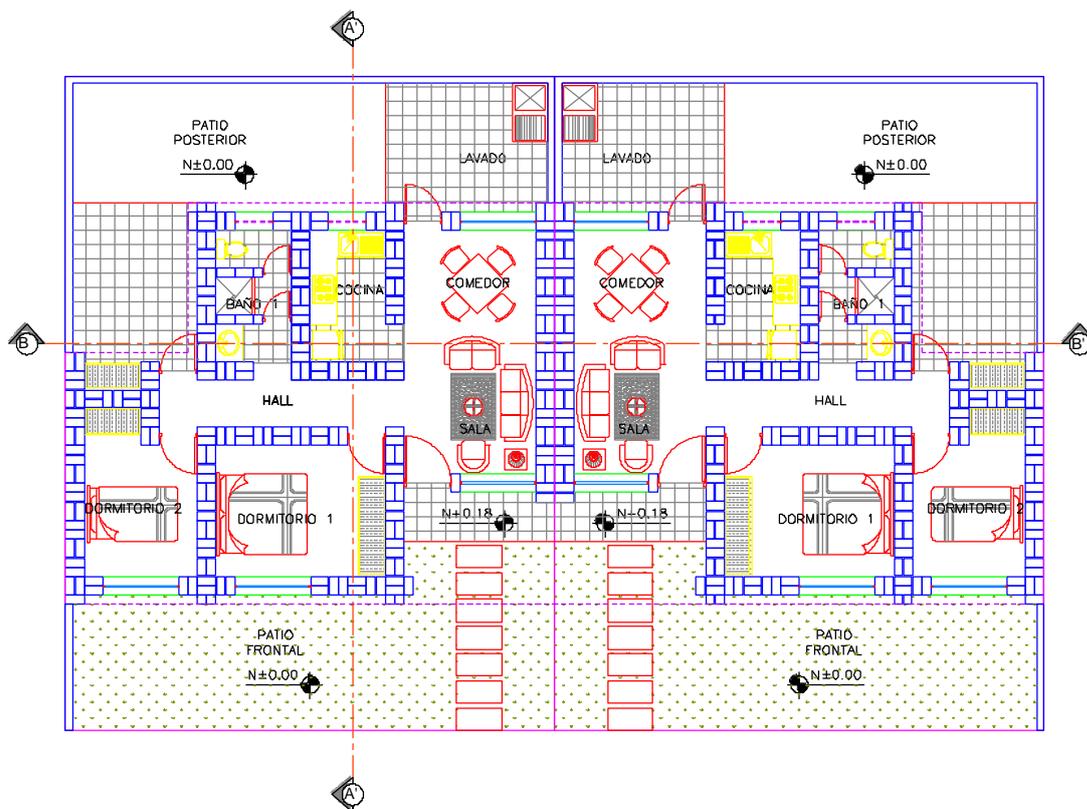


Corte B-B'

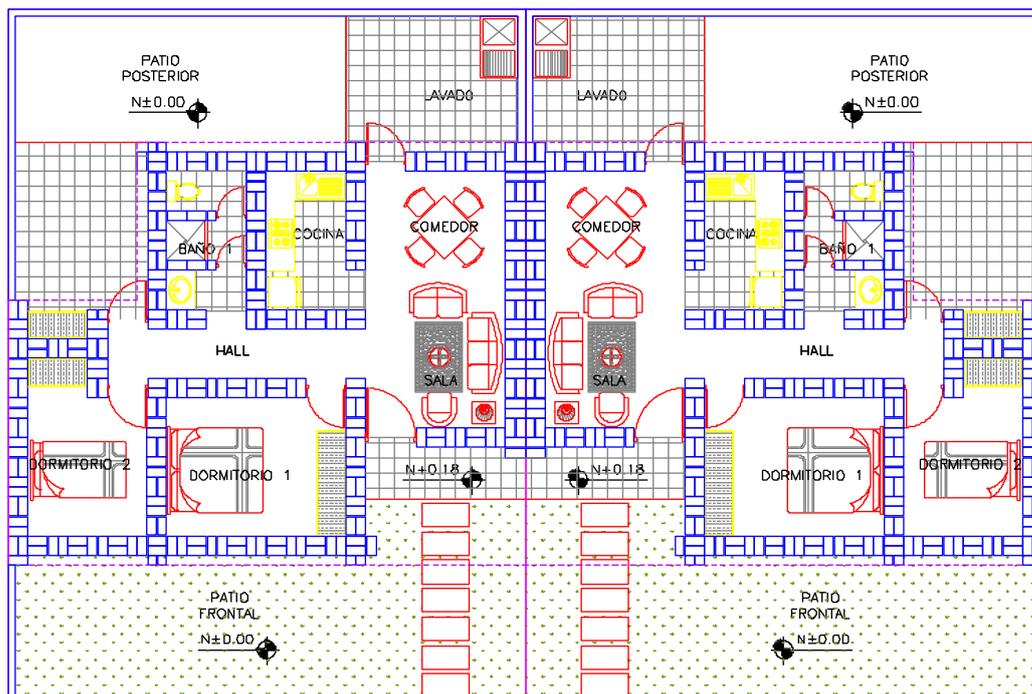


Corte A-A'

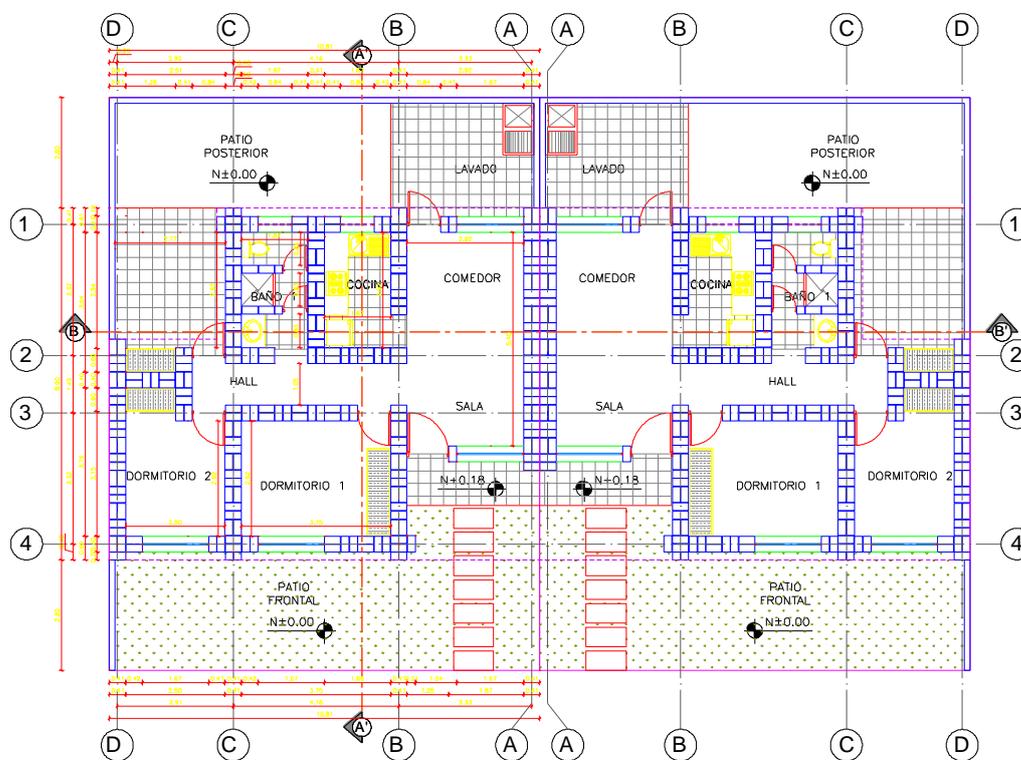
CASA TIPO A 2



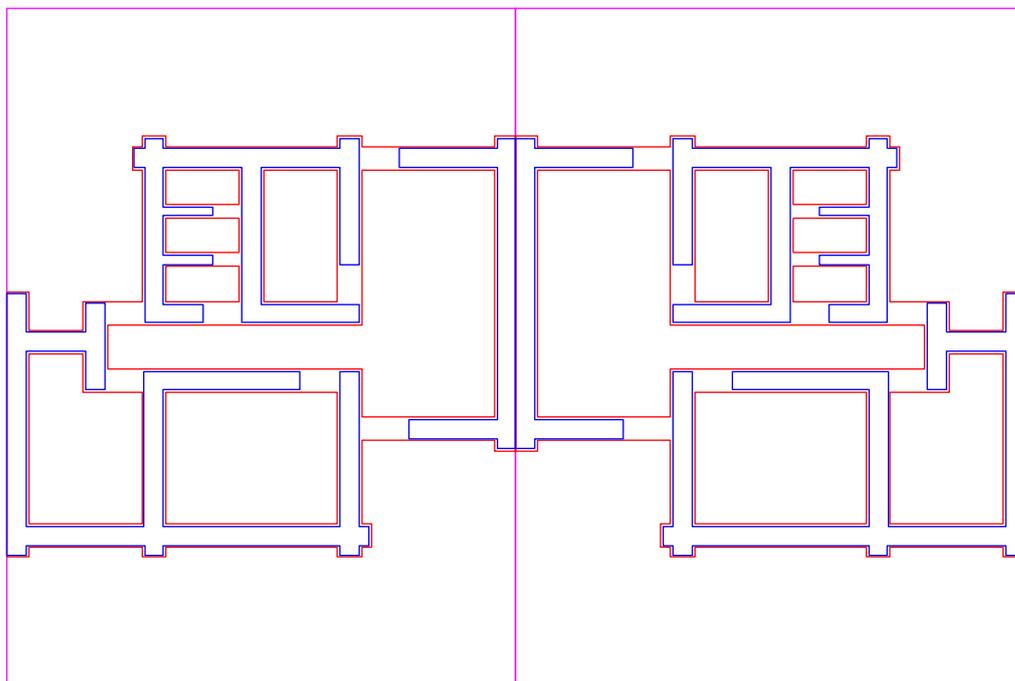
Planta Arquitectónica



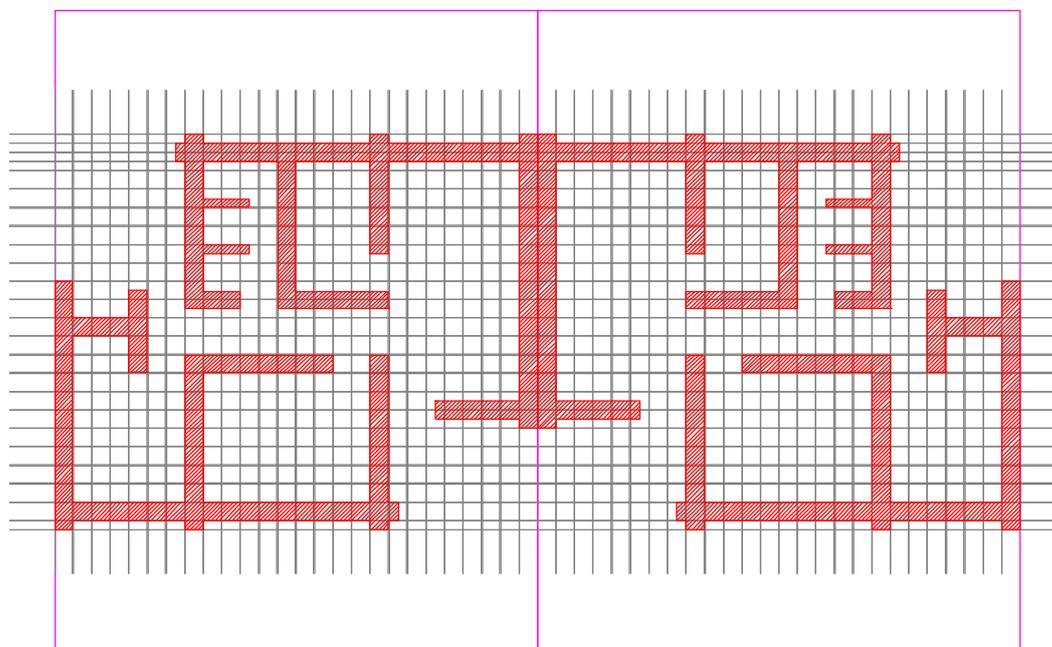
Planta primera hilada



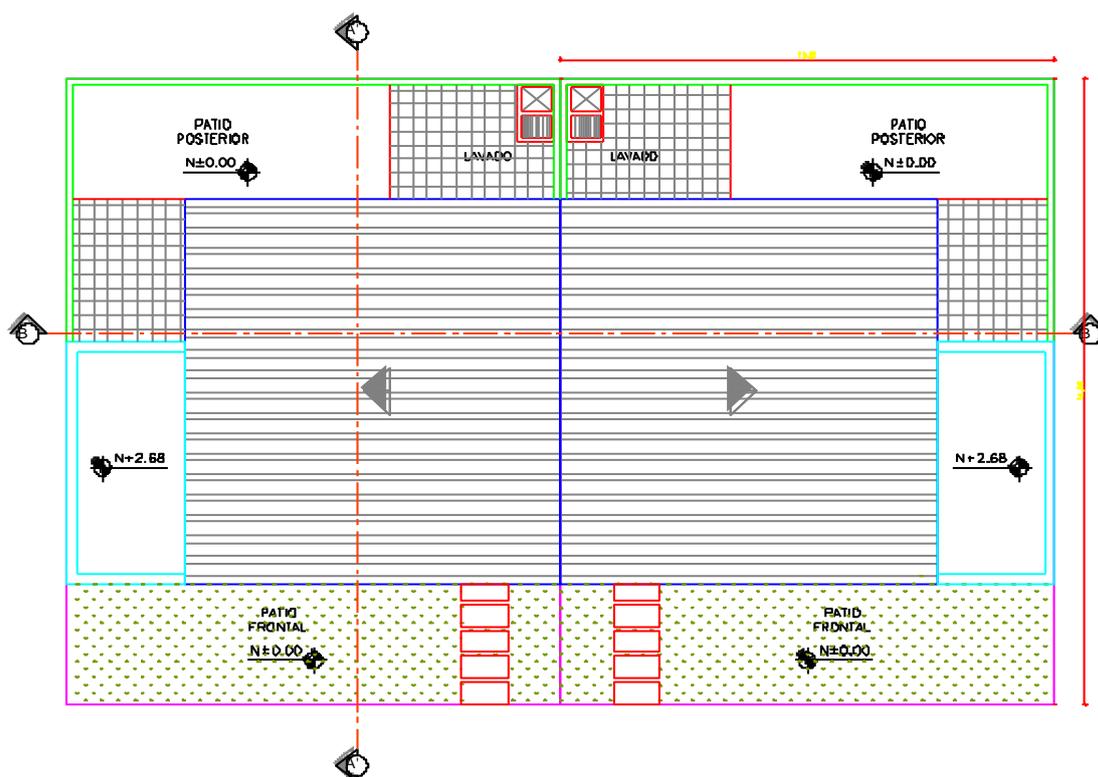
Planta Constructiva



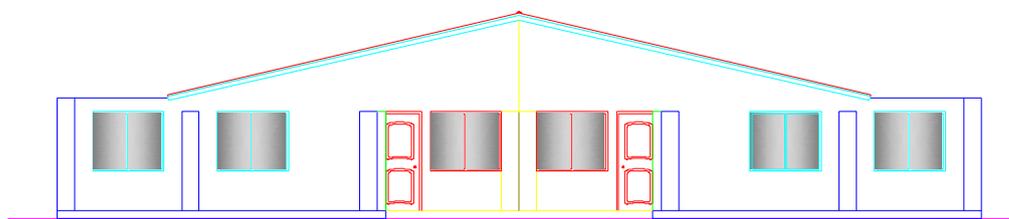
Planta de cimentación



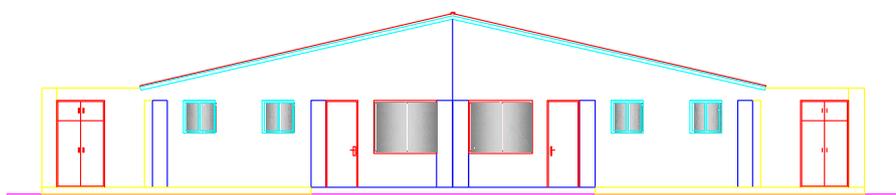
Planta Malla



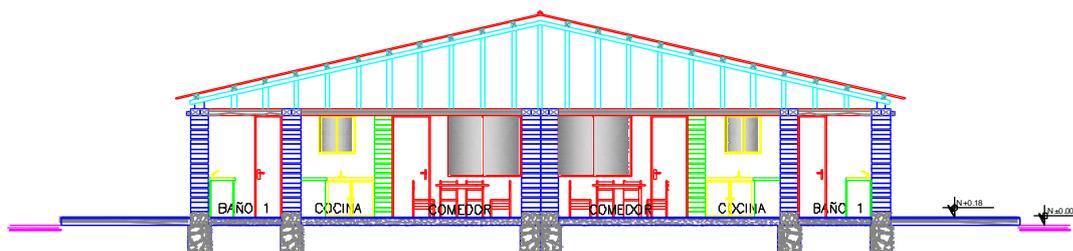
Implantación



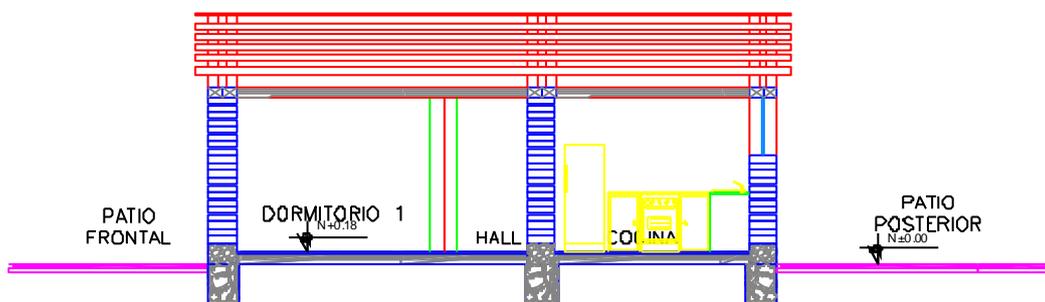
Fachada Frontal



Fachada Posterior

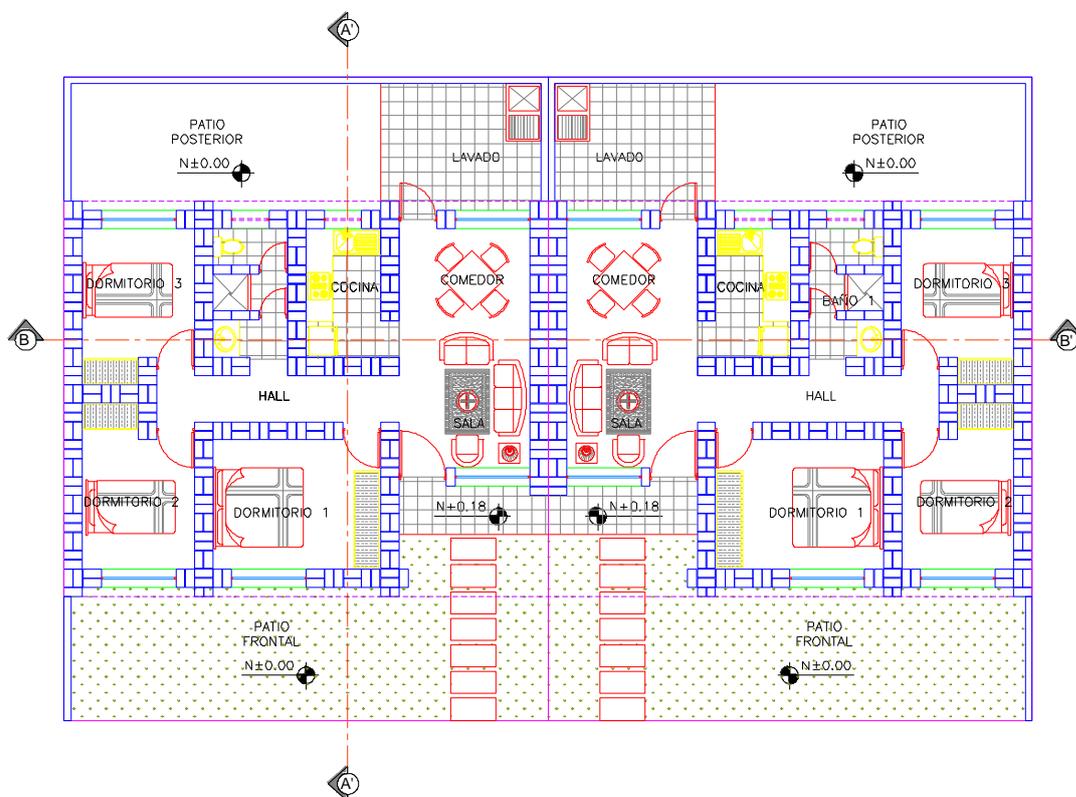


Corte B-B'

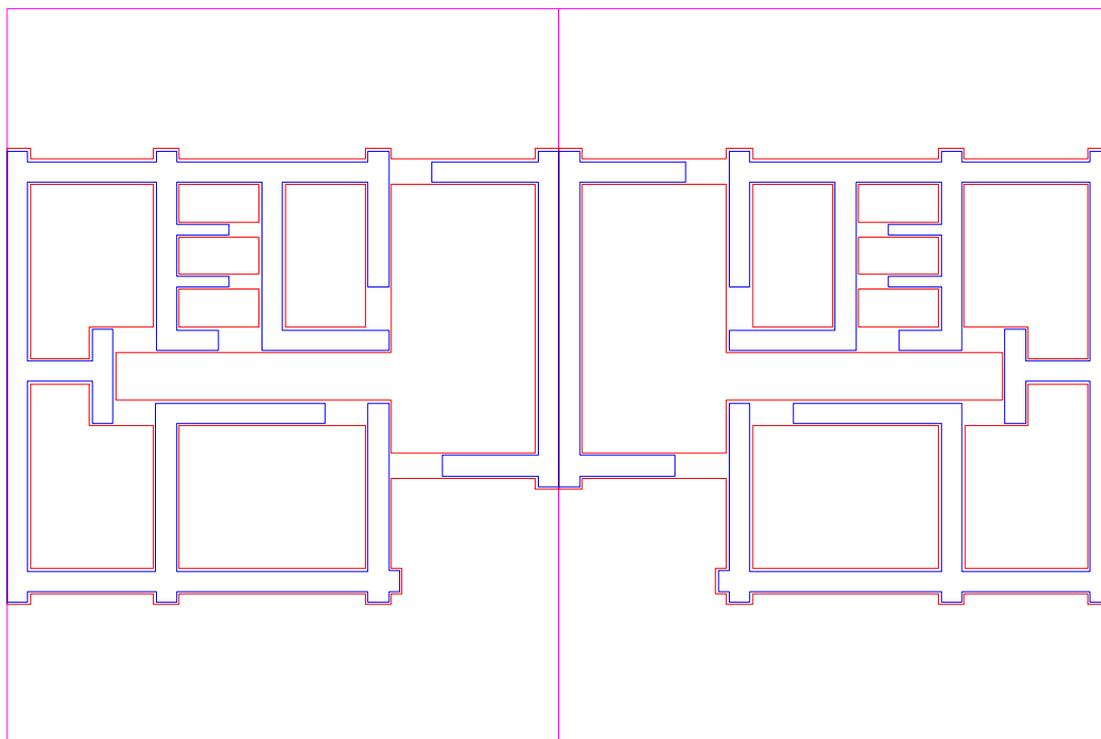


Corte A-A'

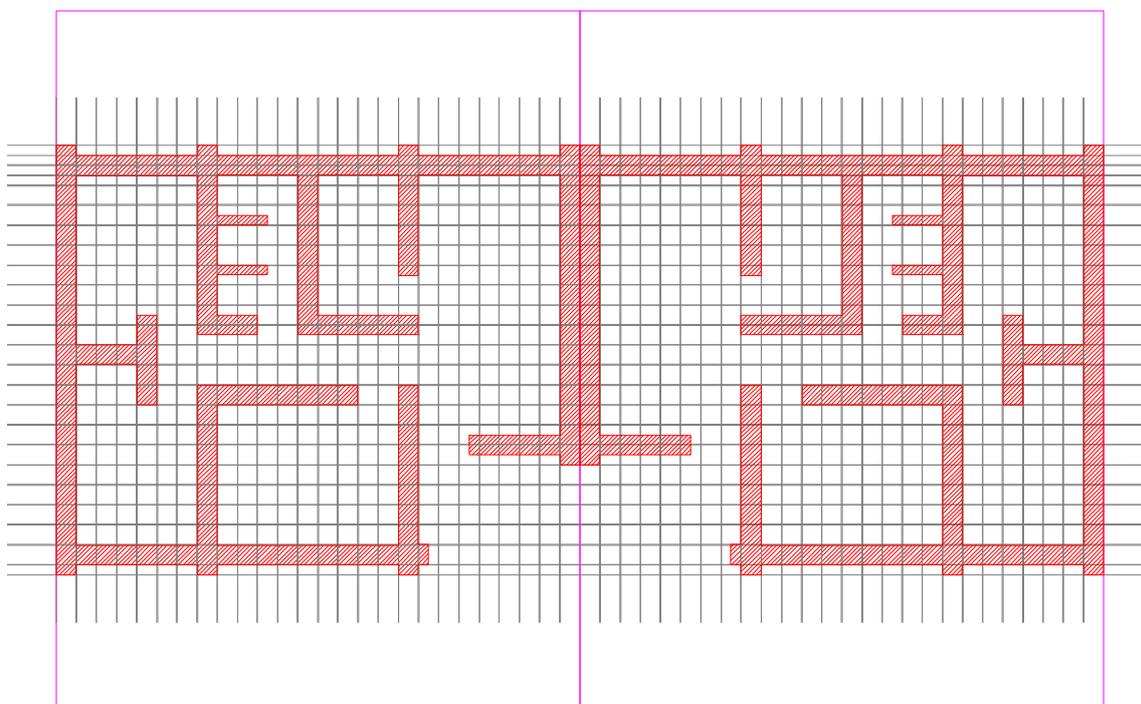
CASA TIPO A 3



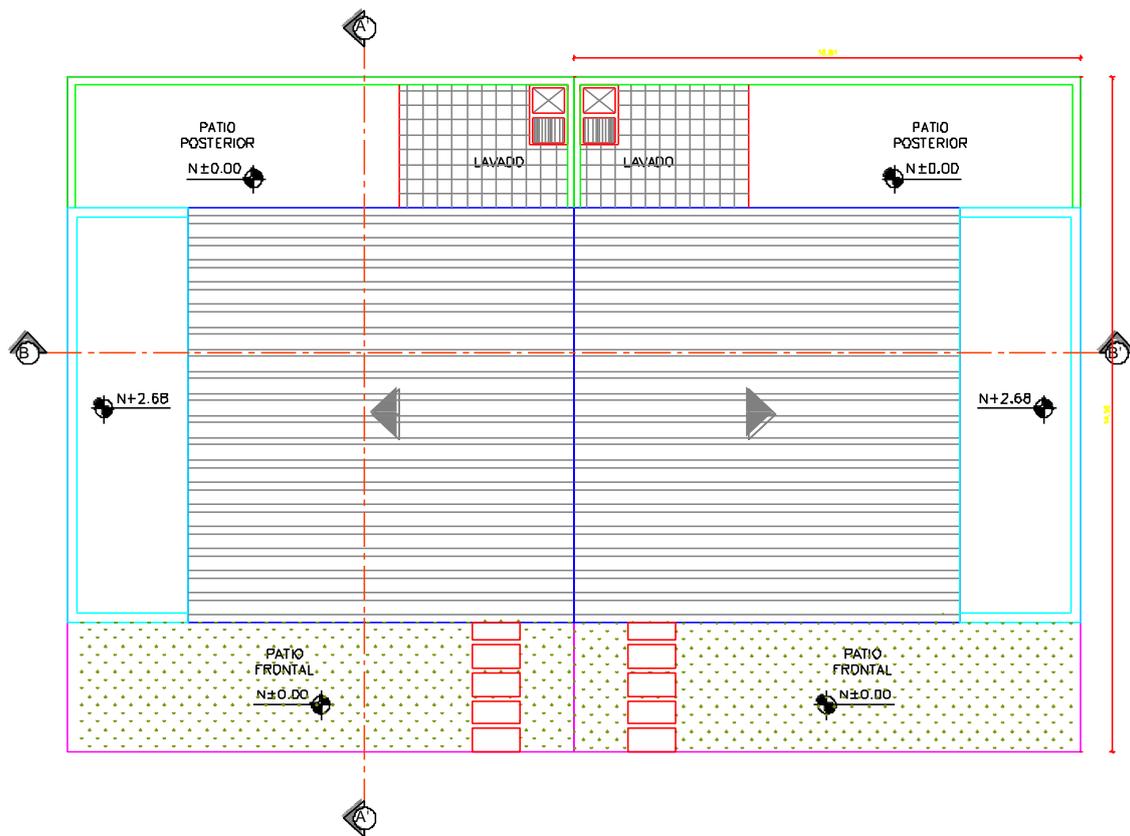
Planta Arquitectónica



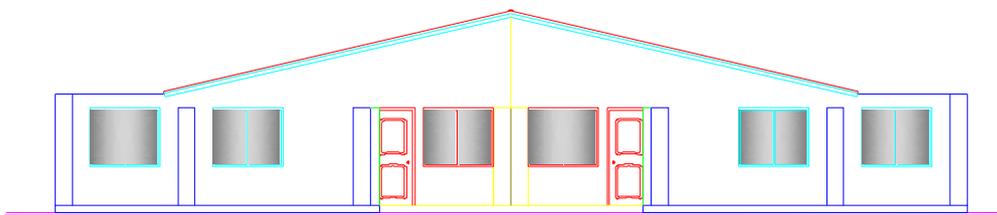
Planta de cimentación



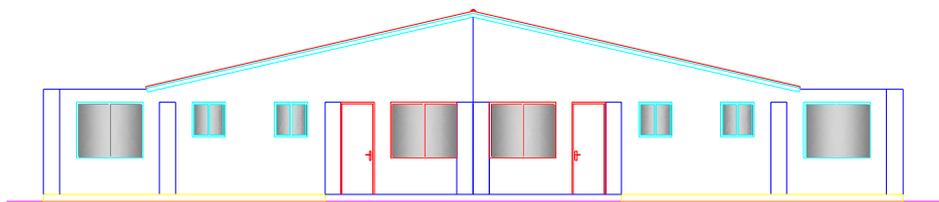
Planta Malla



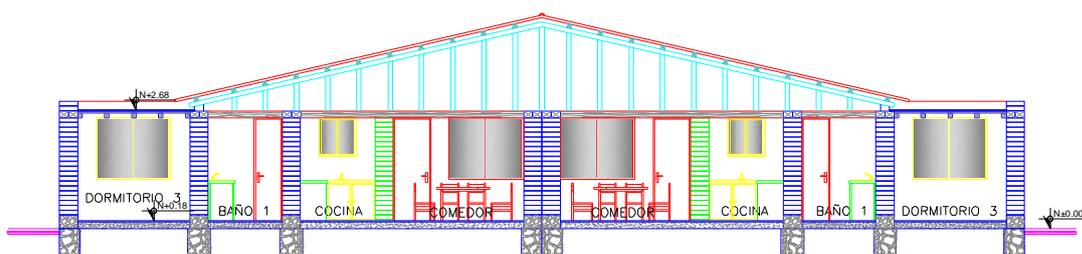
Implantación



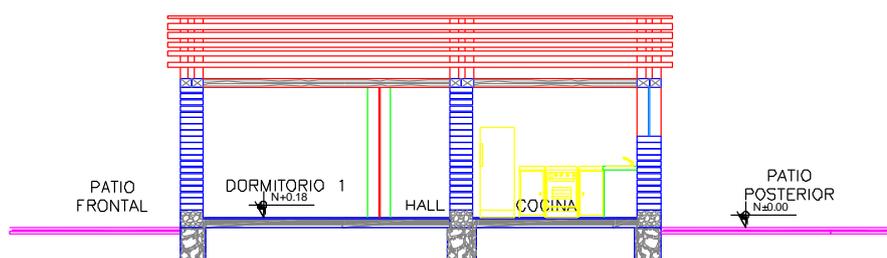
Fachada Frontal



Fachada Posterior



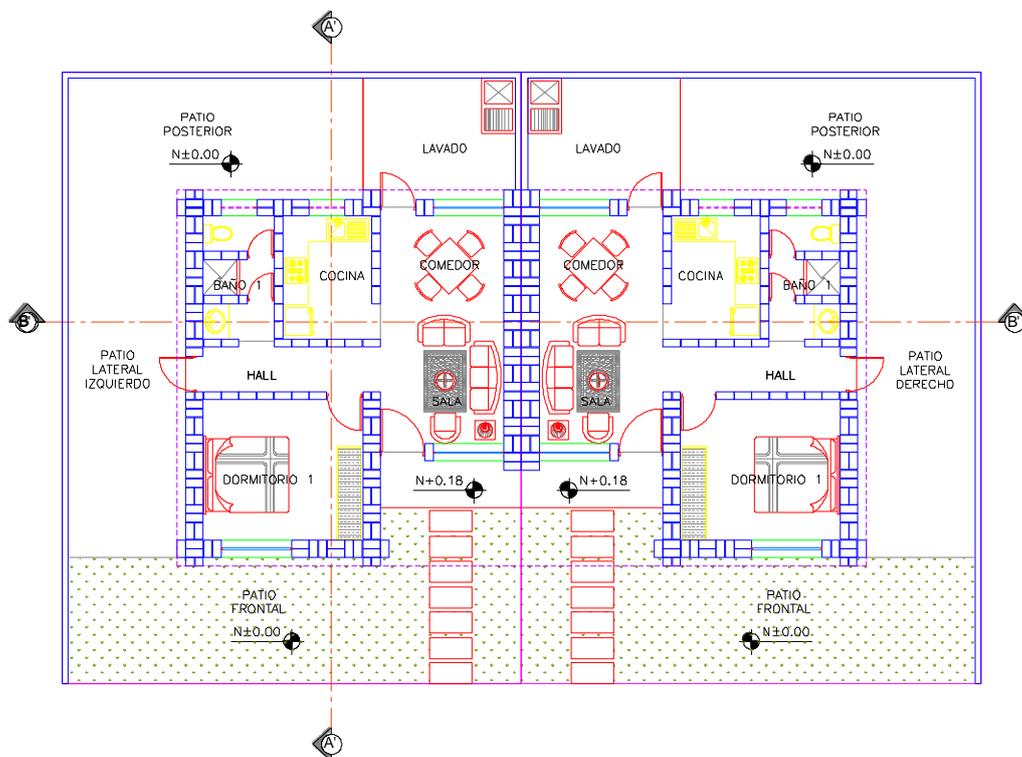
Corte B-B'



Corte A-A'

4.5.2 Casas TIPO B

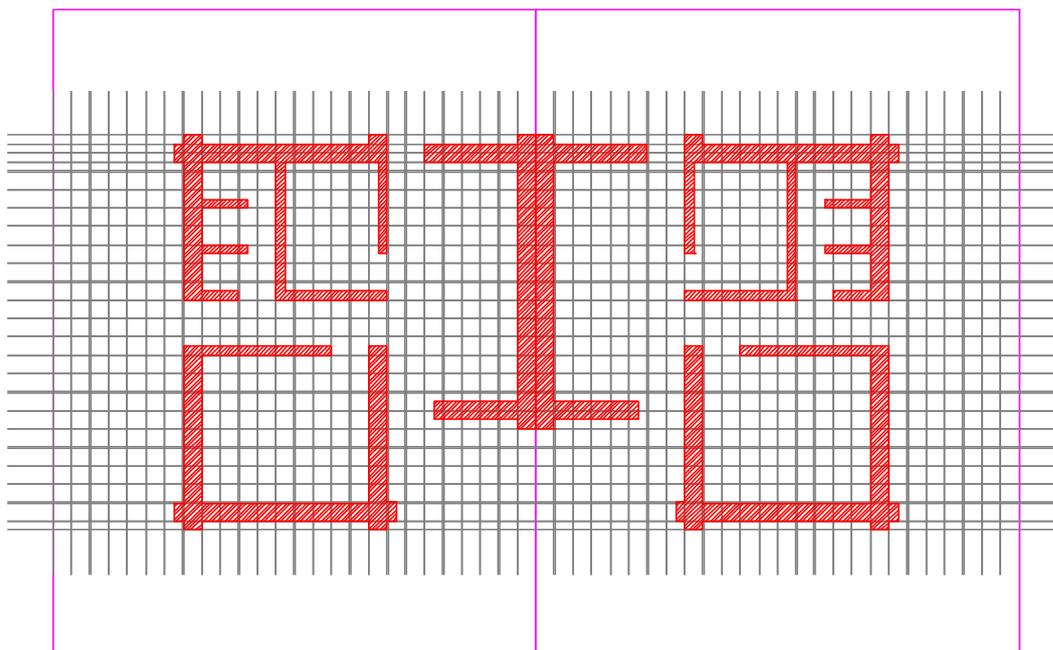
CASA TIPO B1



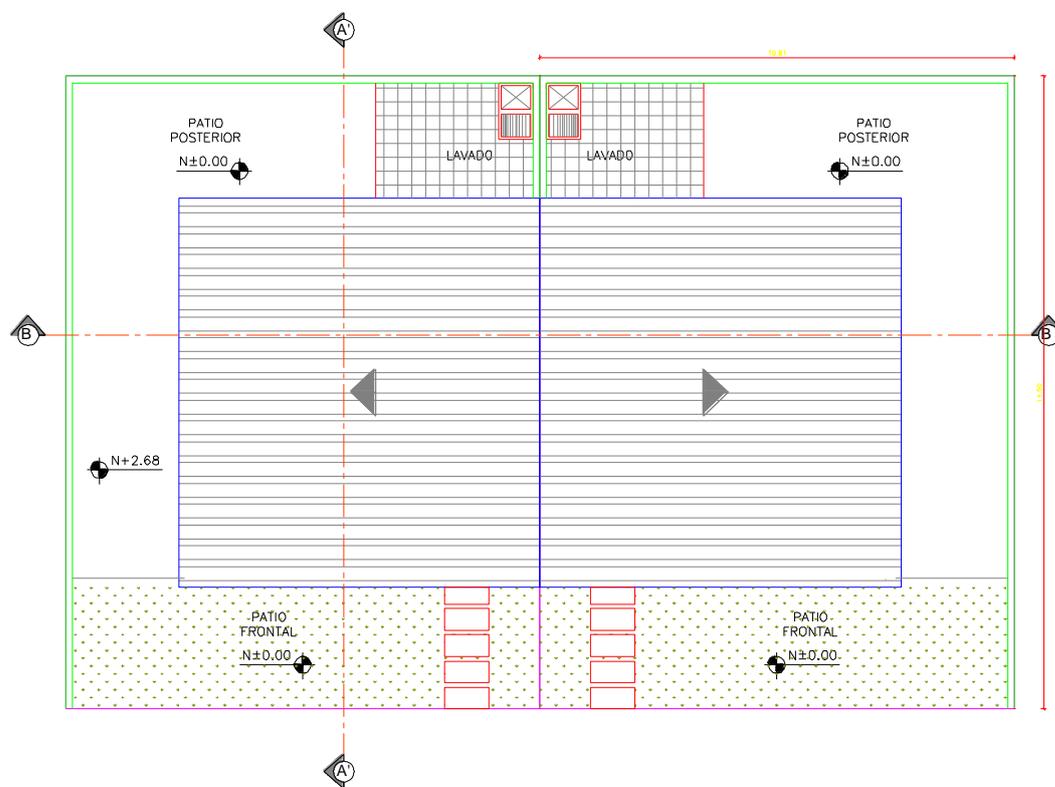
Planta Arquitectónica

Planta primera hilada

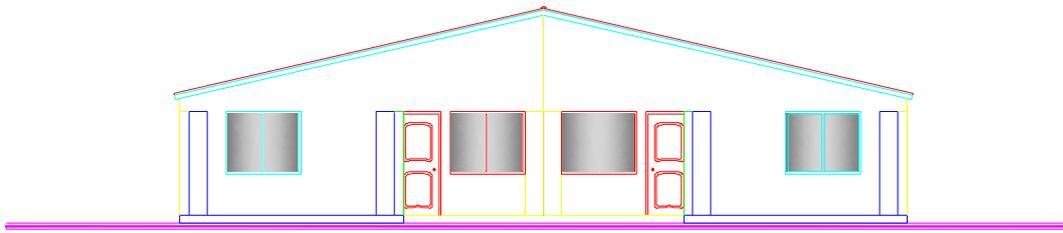
Planta de cimentación



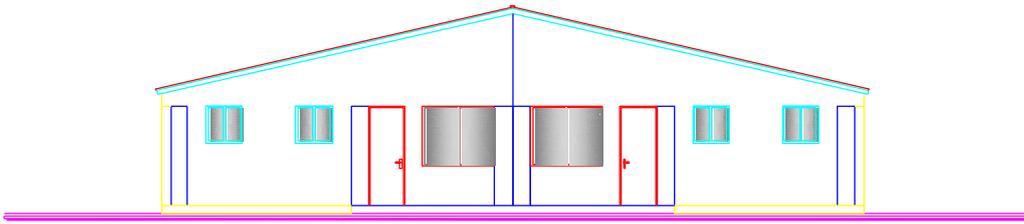
Planta Malla



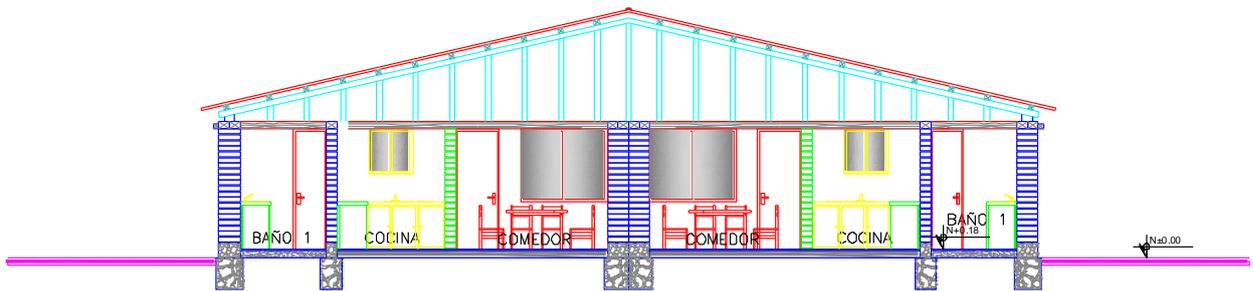
Implantación



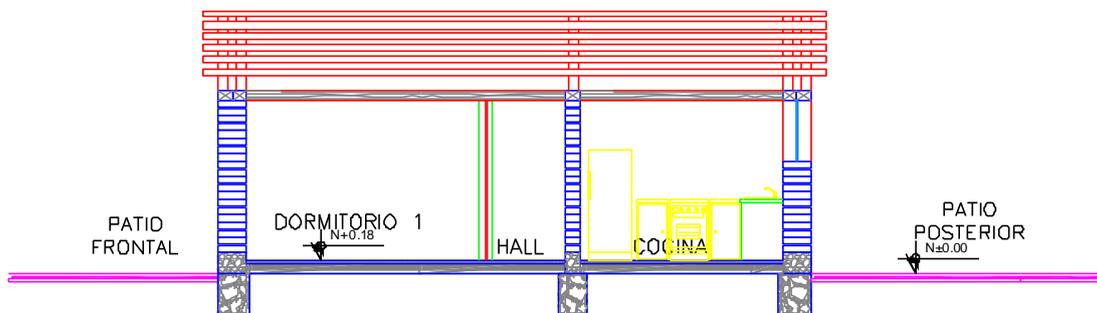
Fachada Frontal



Fachada Posterior

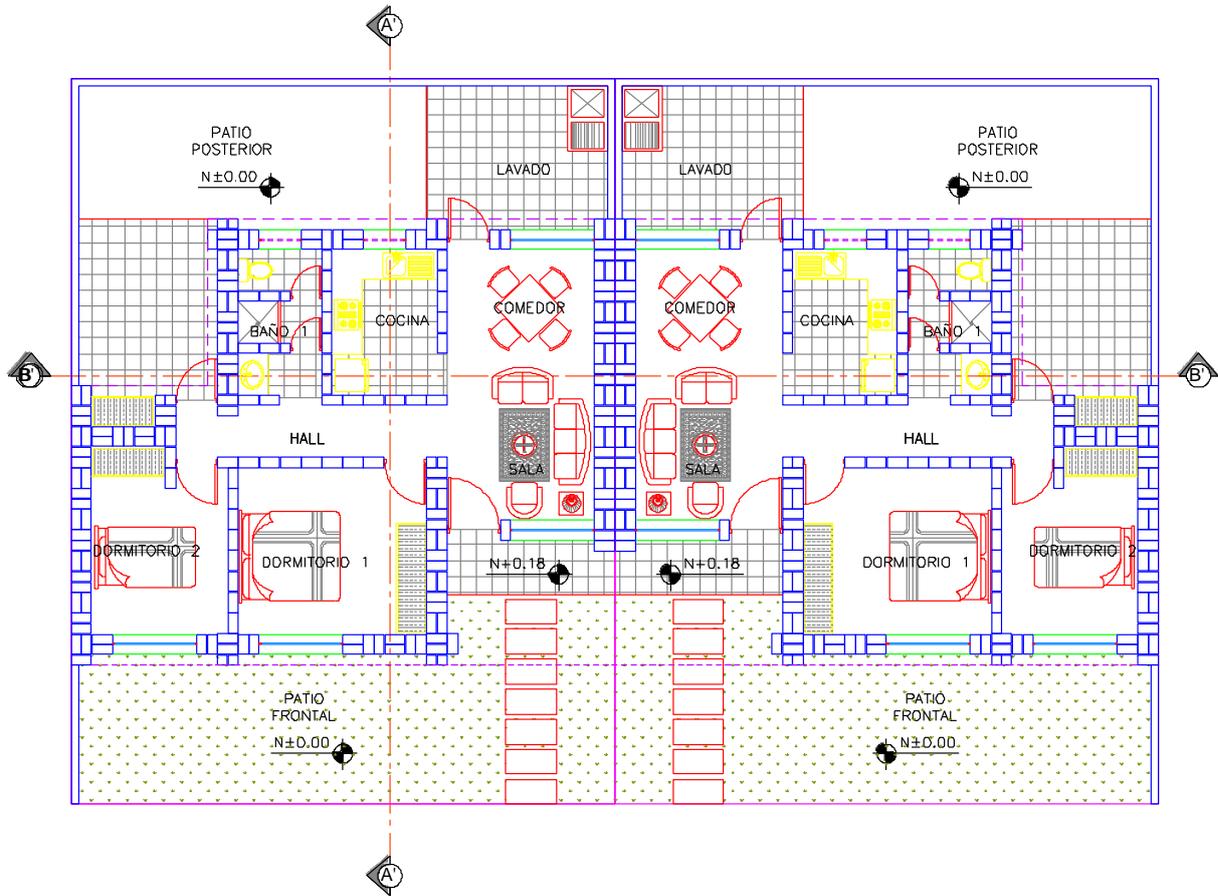


Corte B-B'

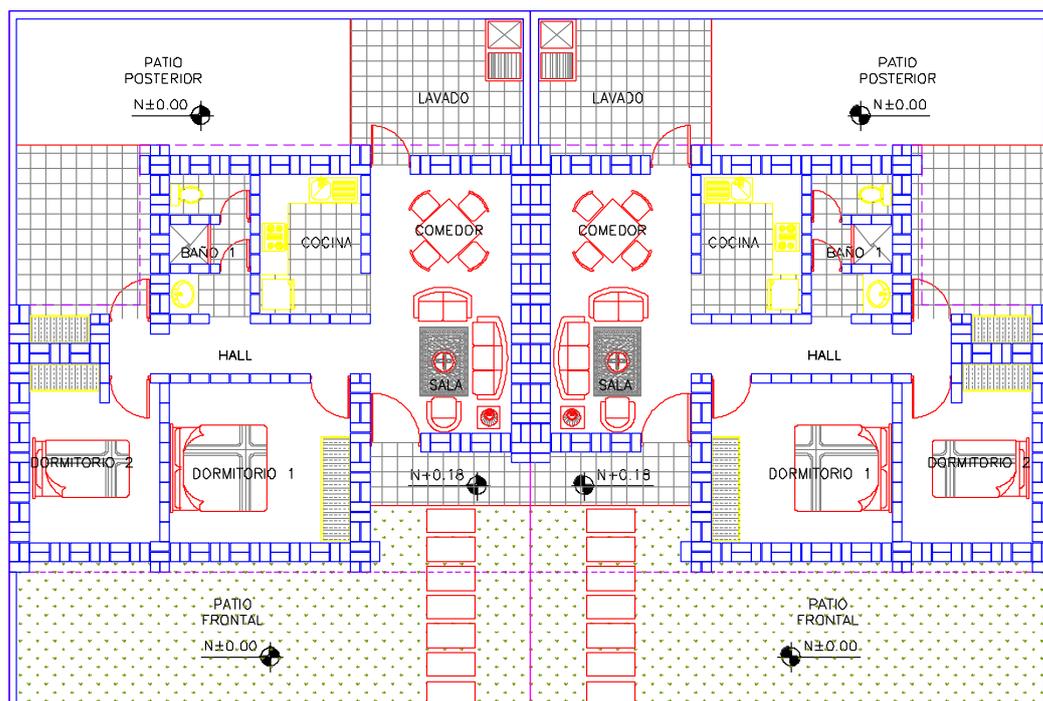


Corte A-A'

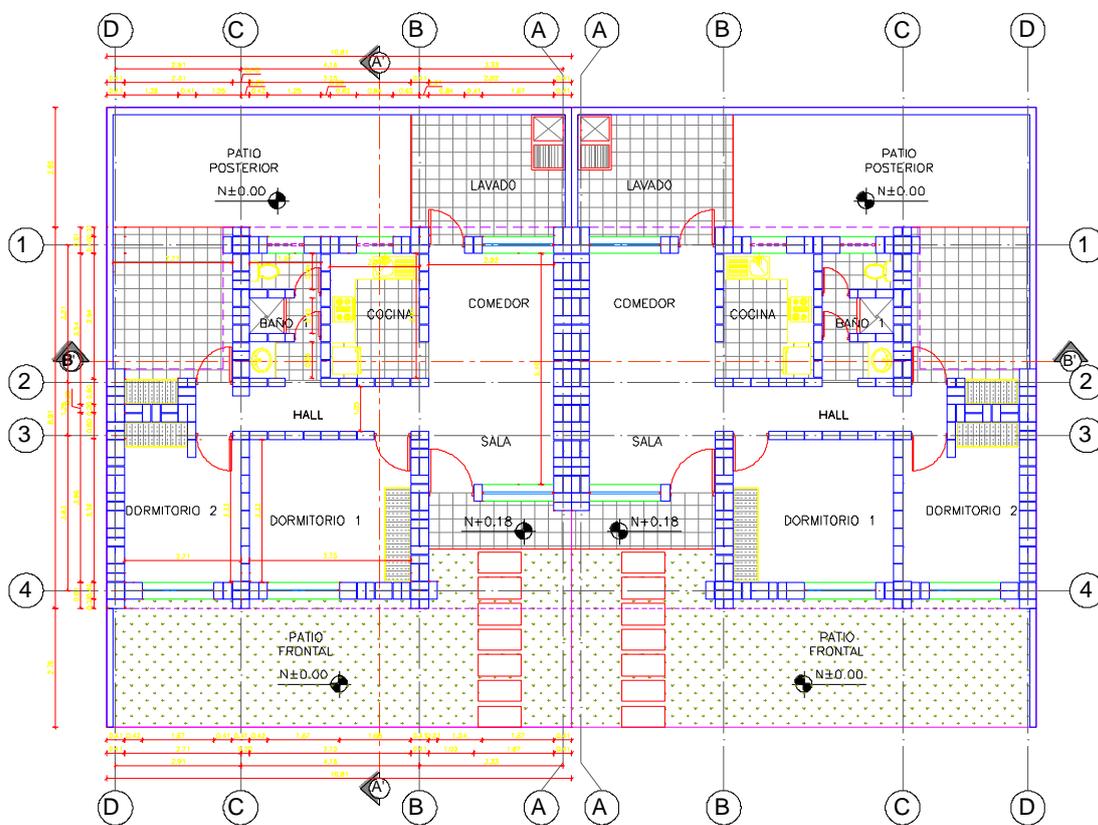
CASA TIPO B2



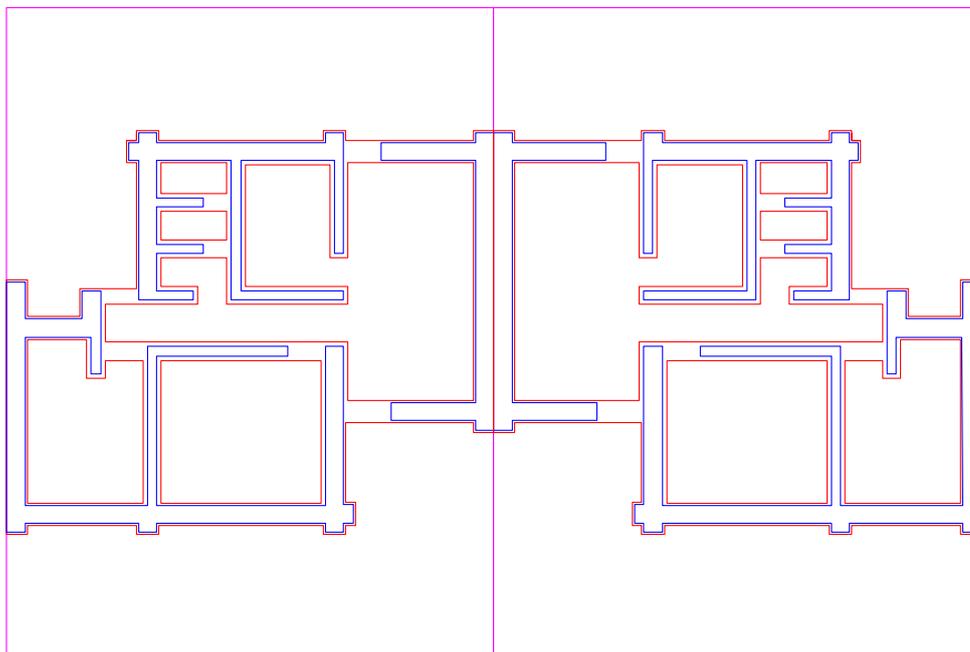
Planta Arquitectónica



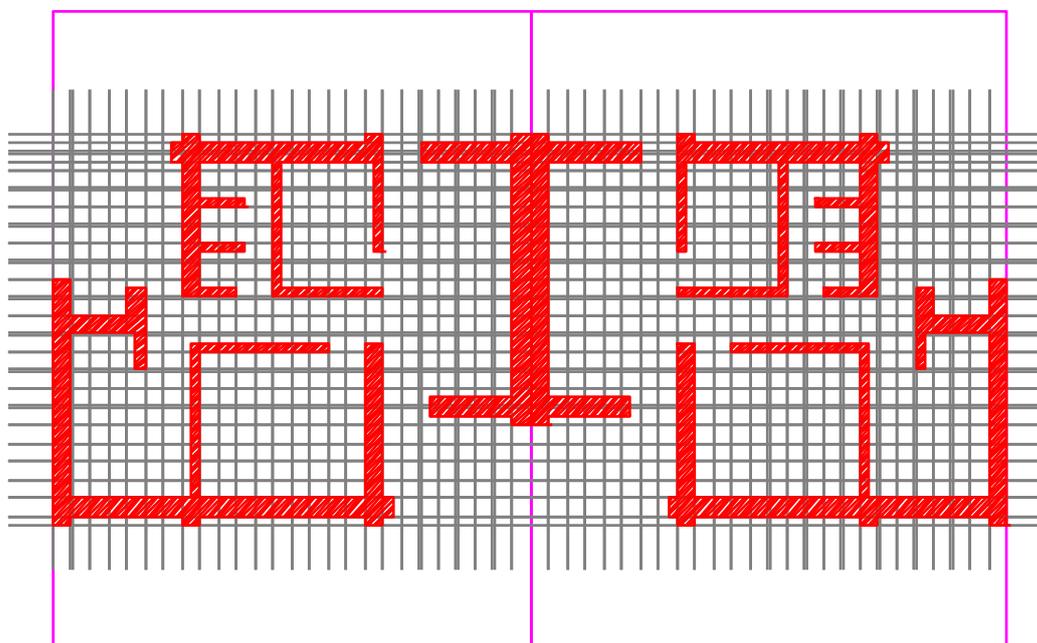
Planta primera hilada



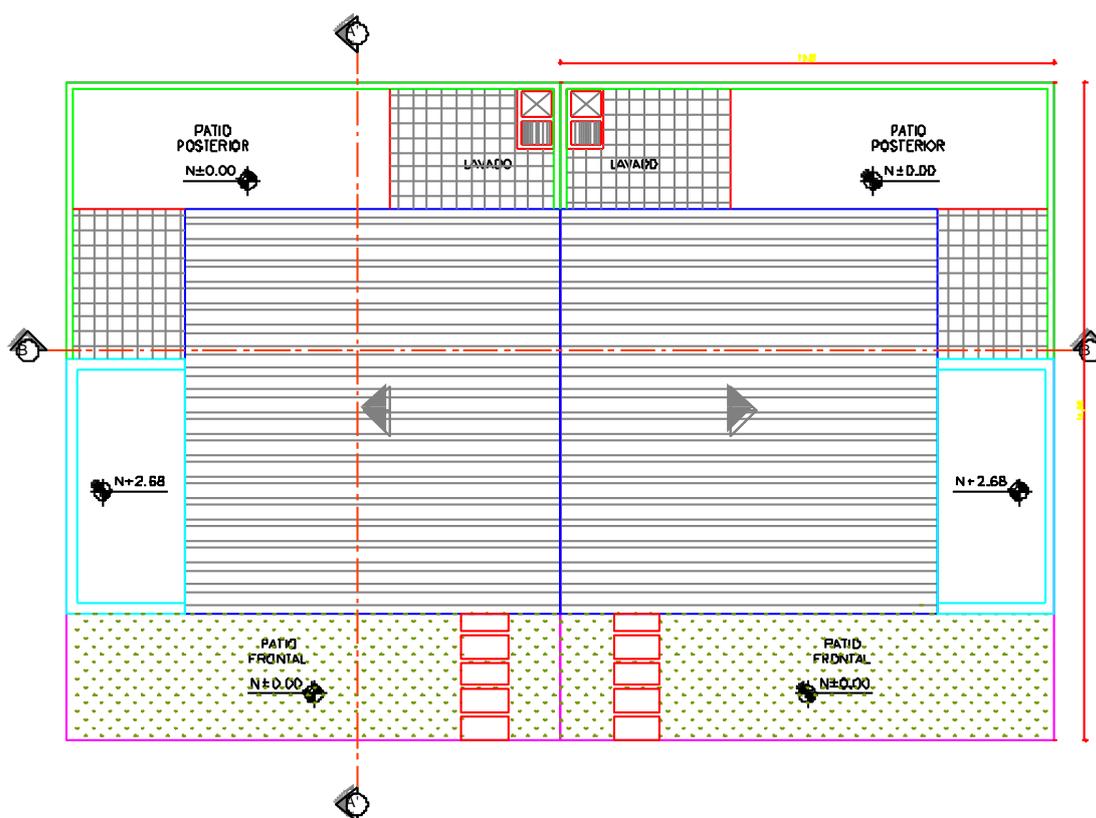
Planta Constructiva



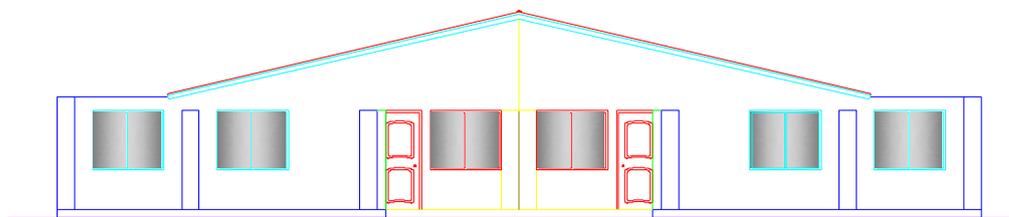
Planta de cimentación



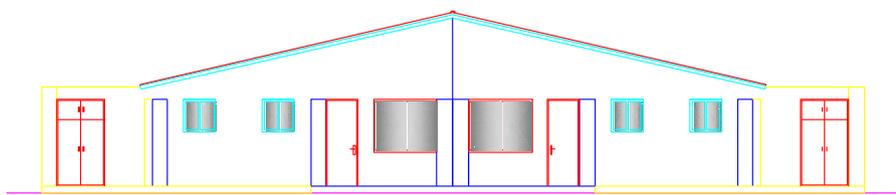
Planta Malla



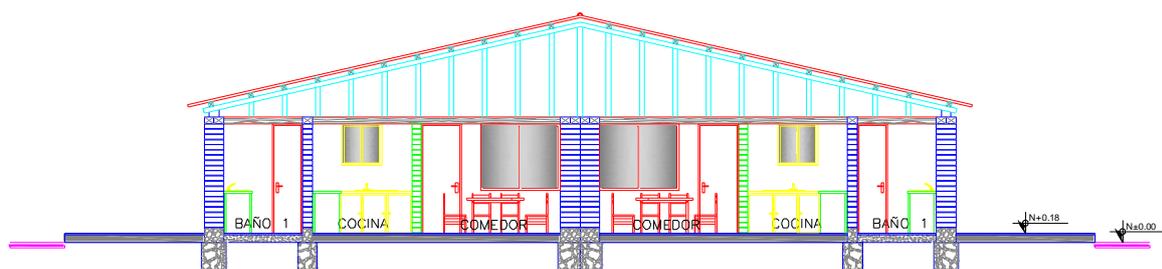
Implantación



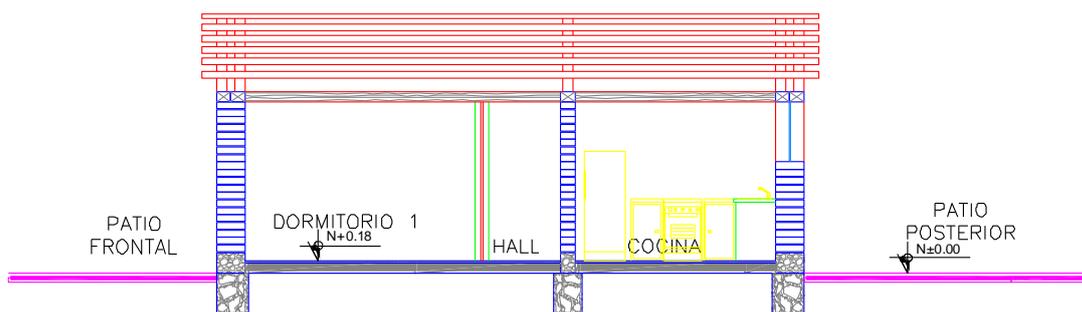
Fachada Frontal



Fachada Posterior

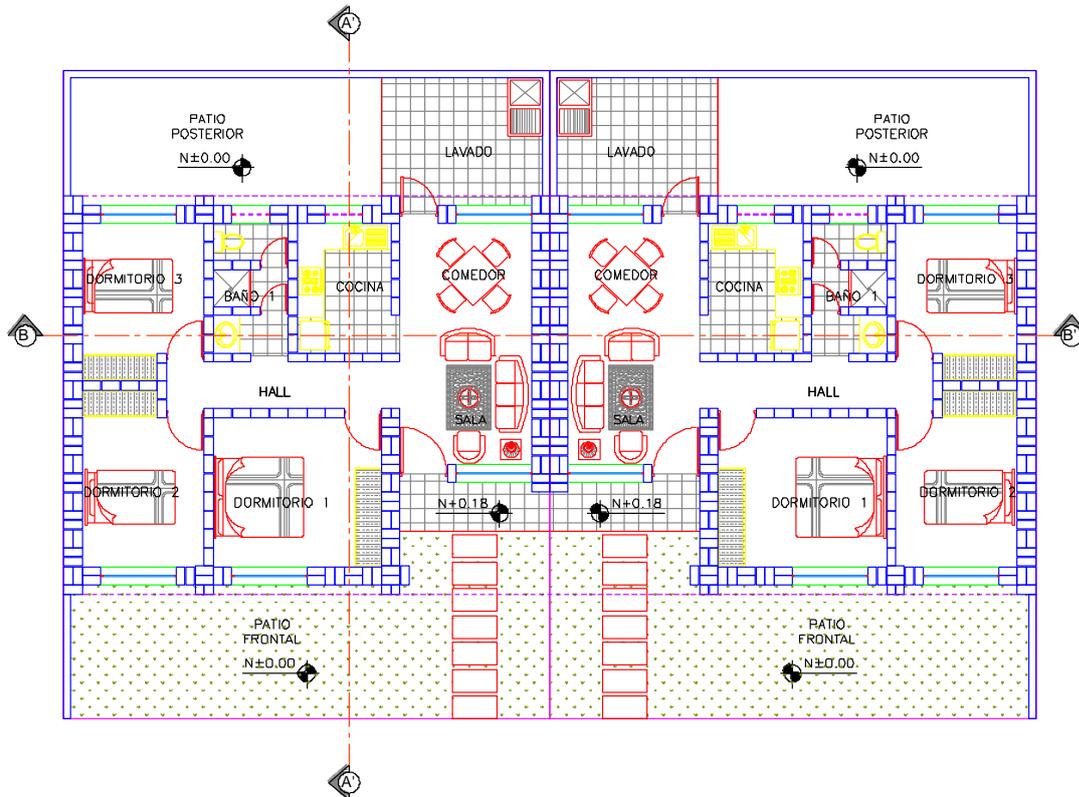


Corte B-B'

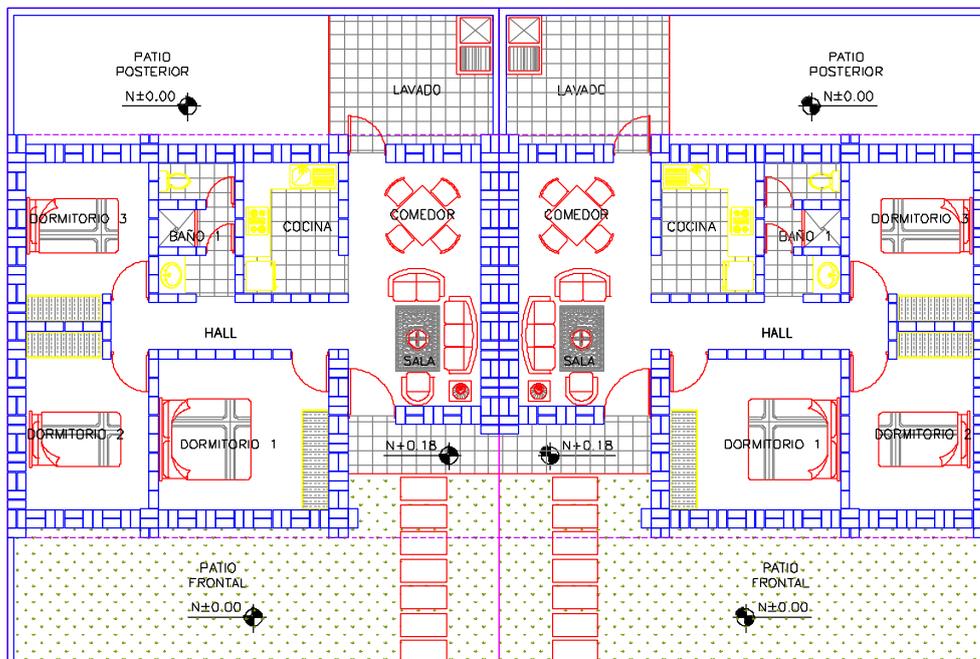


Corte A-A'

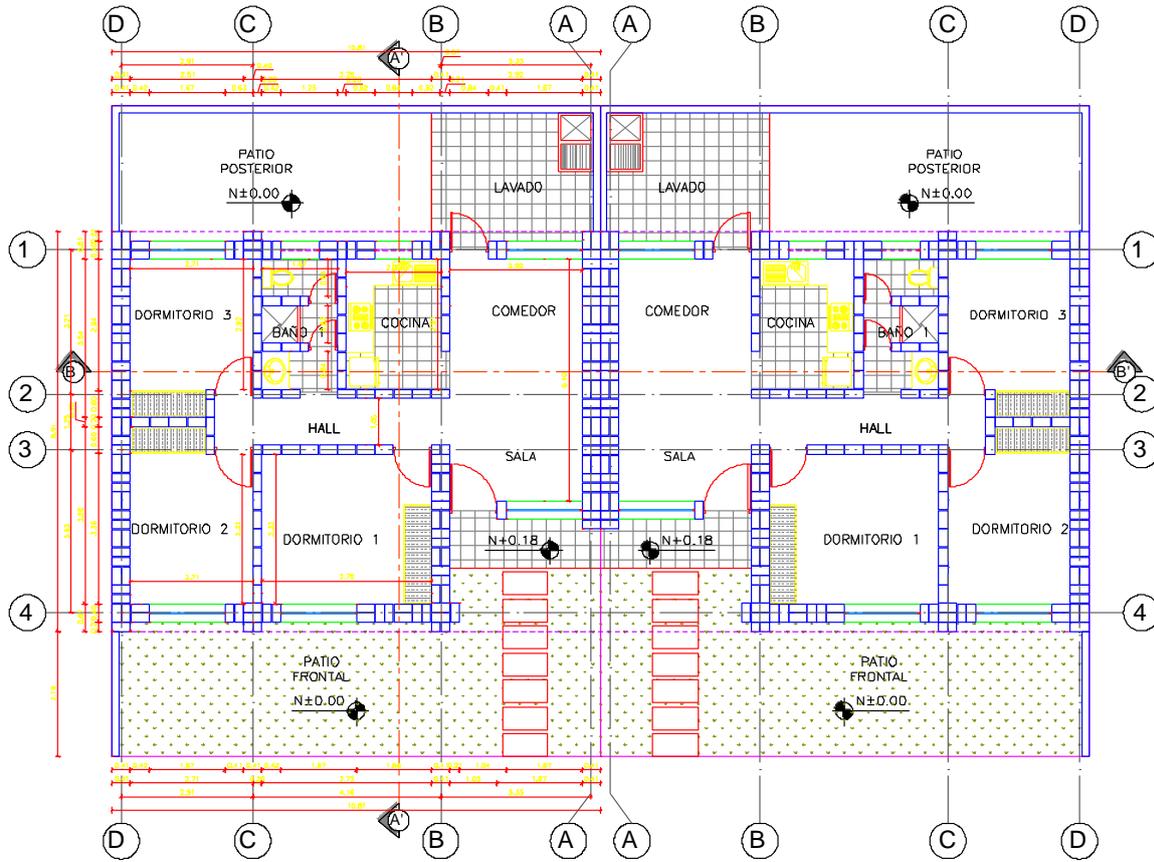
CASA TIPO B3



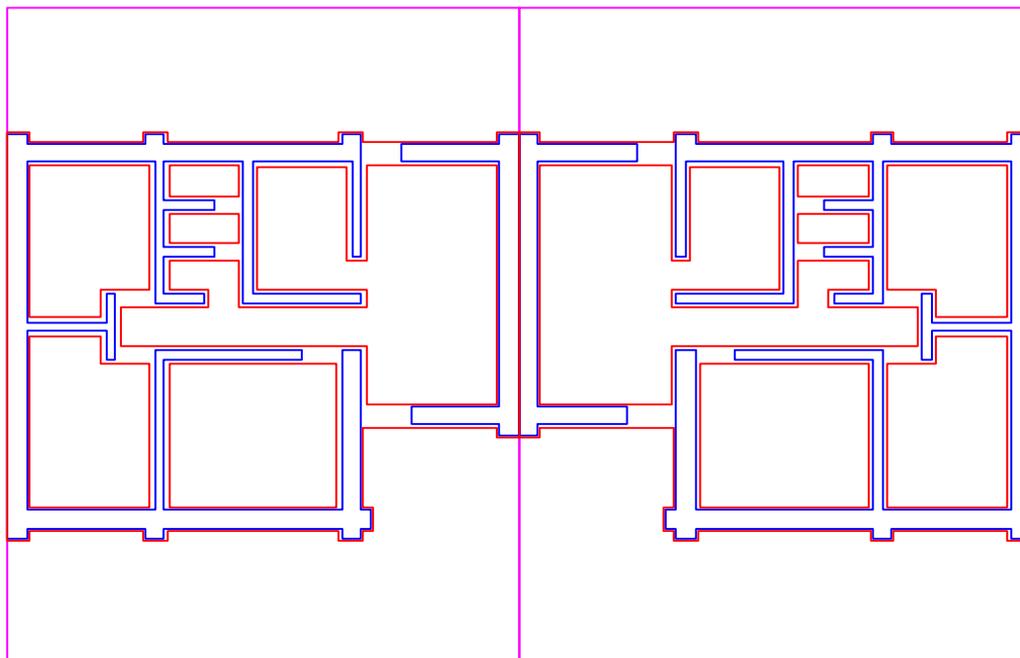
Planta Arquitectónica



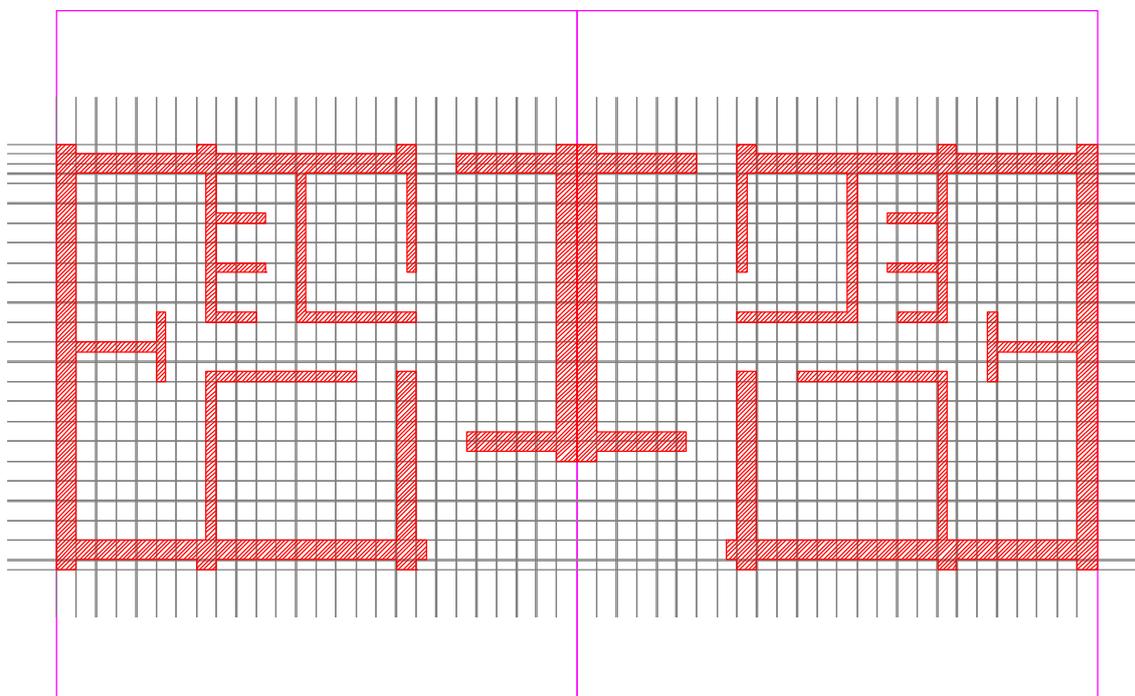
Planta primera hilada



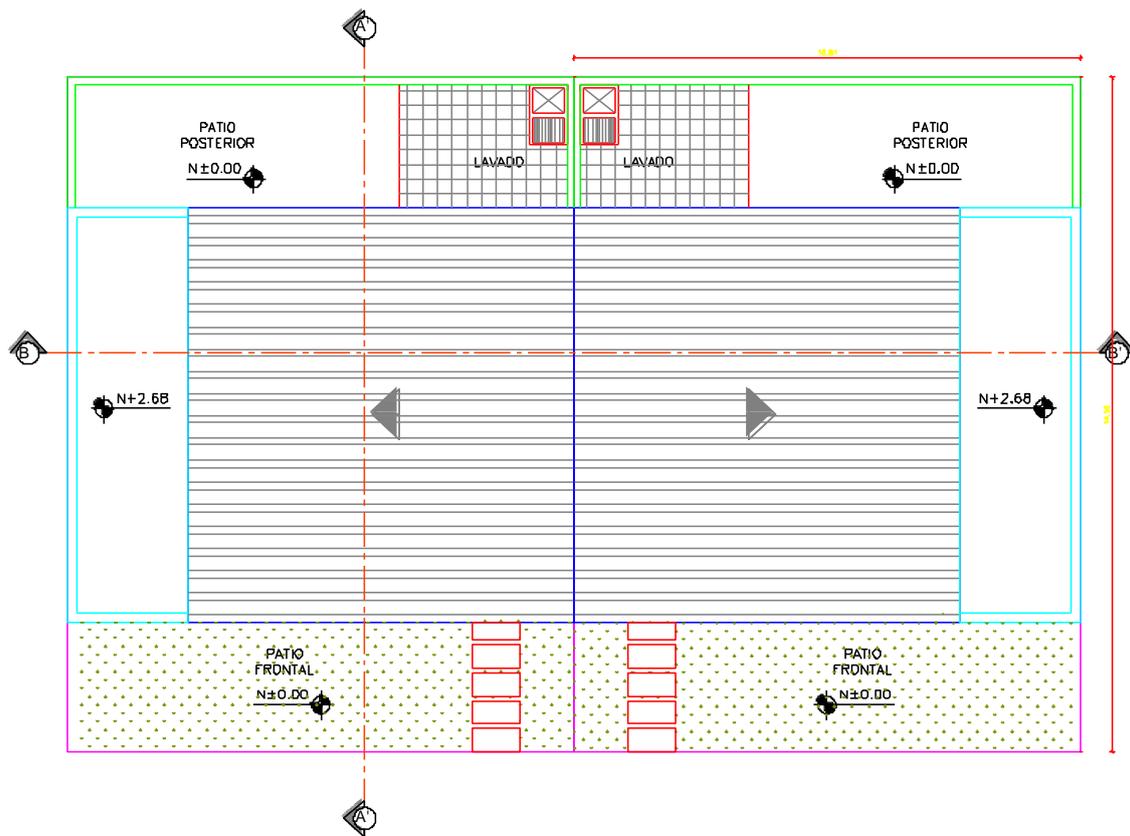
Planta Constructiva



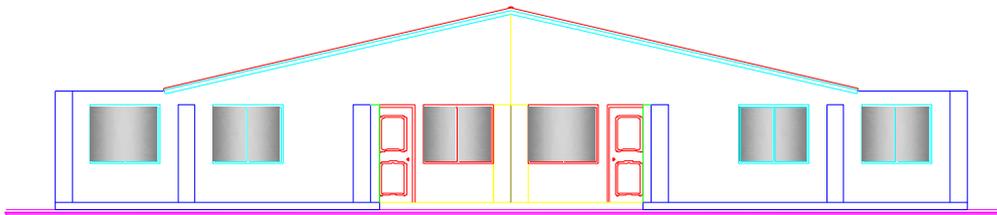
Planta de cimentación



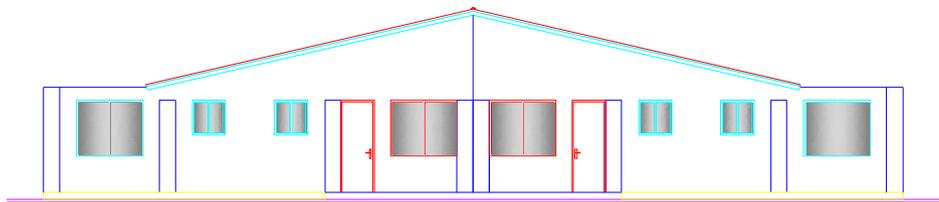
Planta Malla



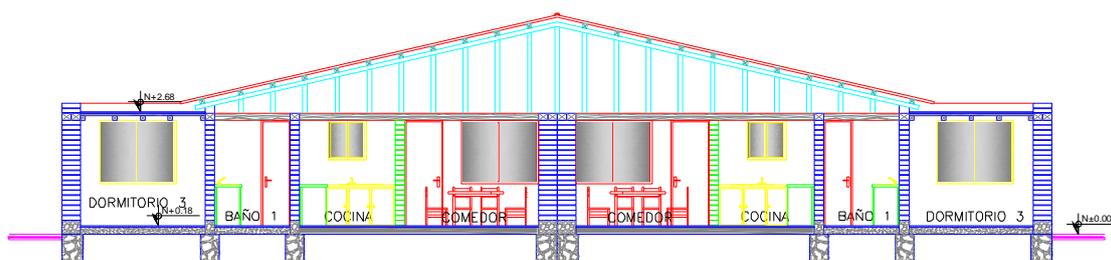
Implantación



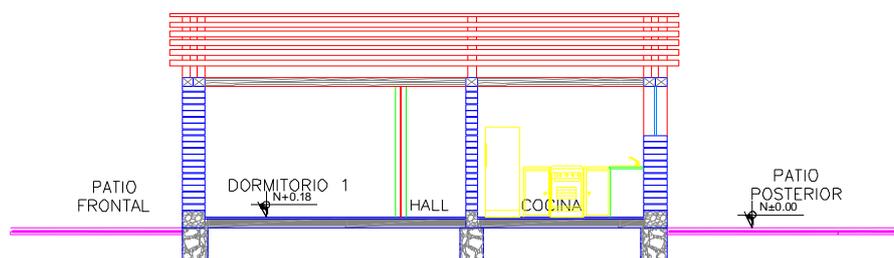
Fachada Frontal



Fachada Posterior



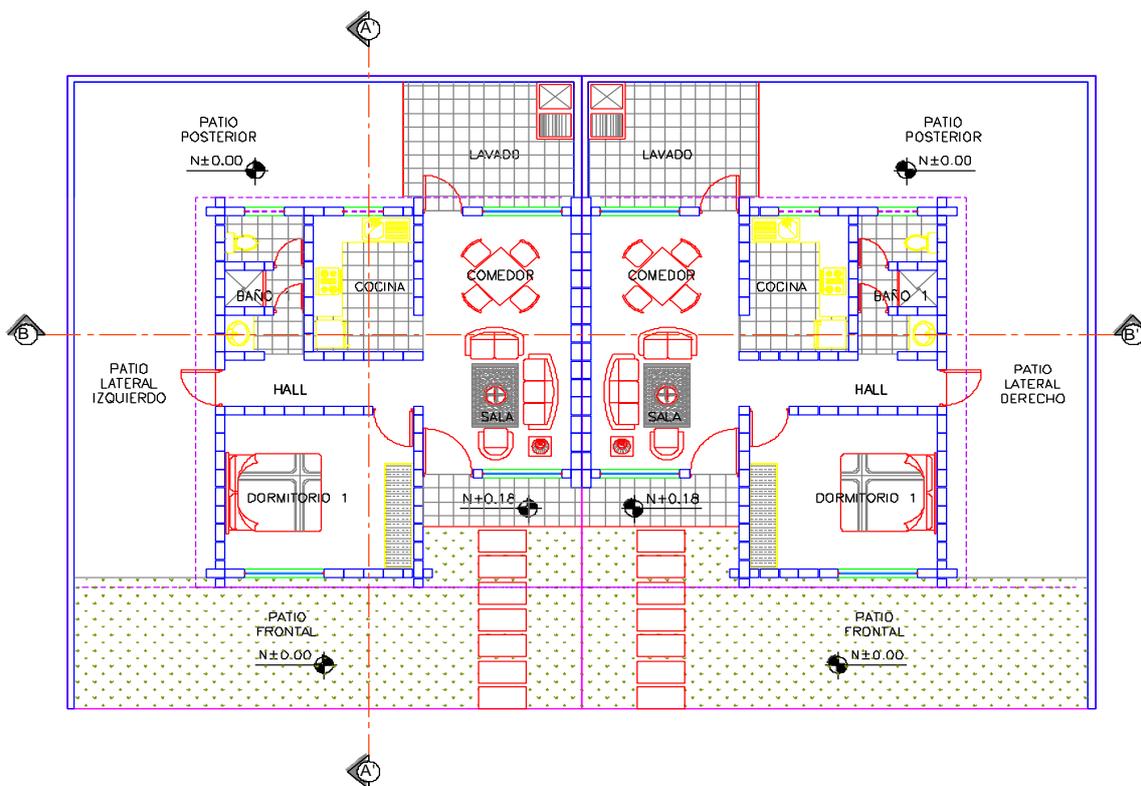
Corte B-B'



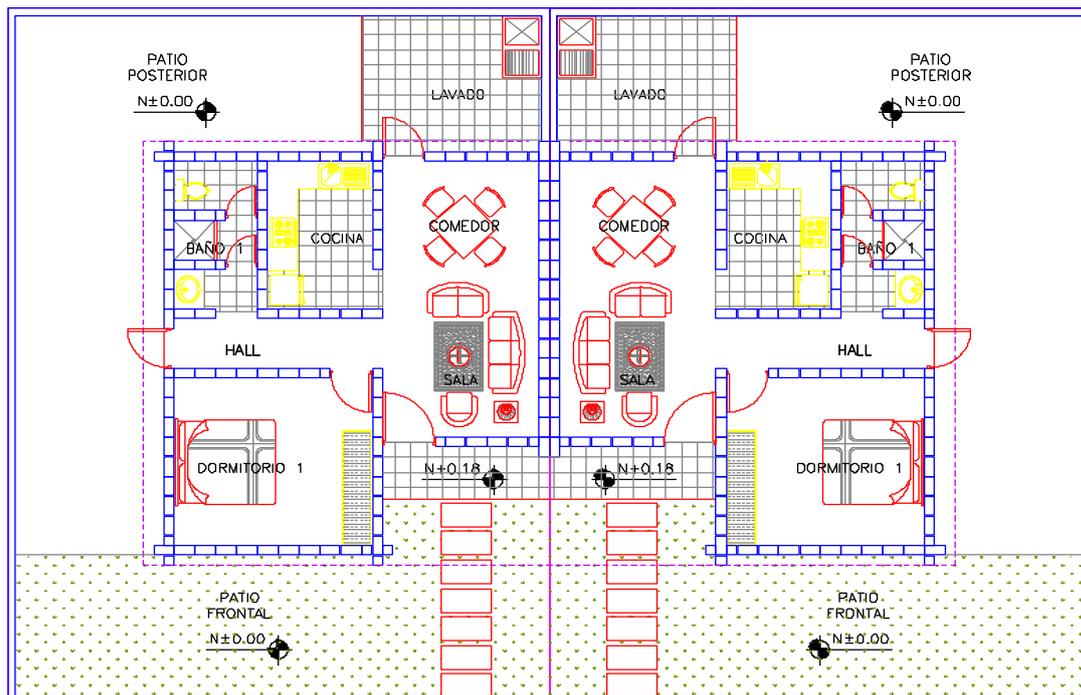
Corte A-A'

4.4.3 CASA TIPO C

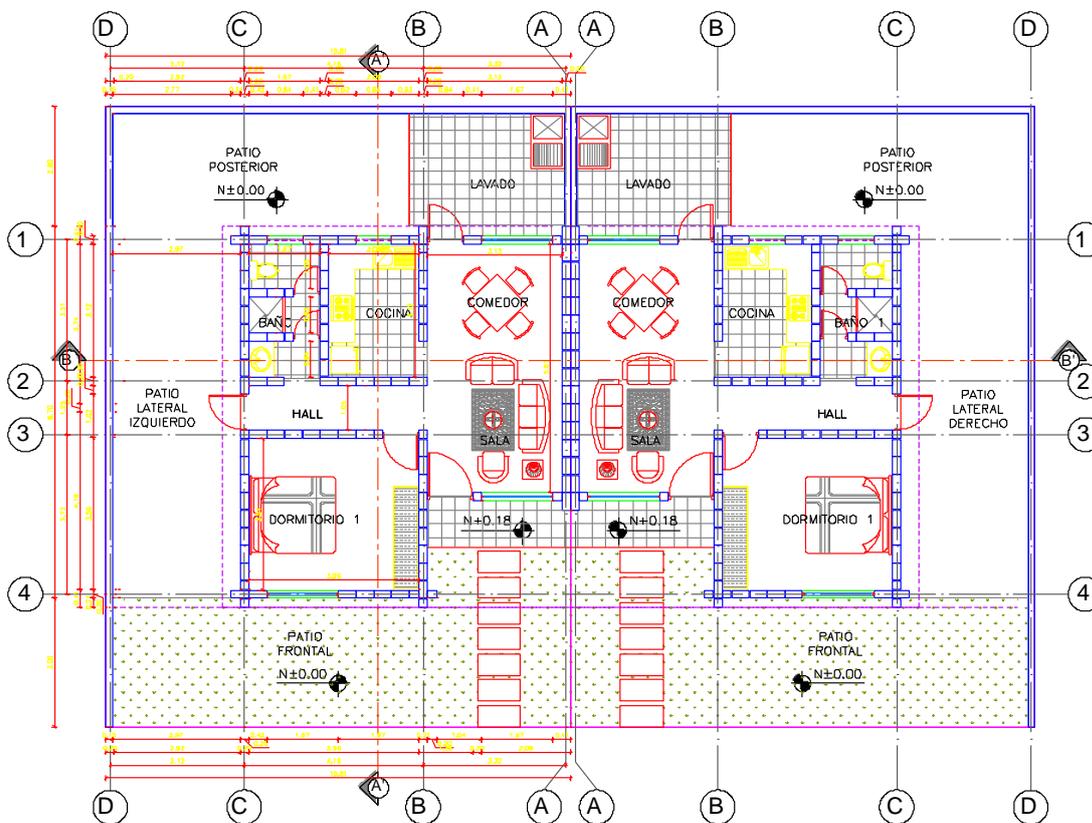
CASA TIPO C1



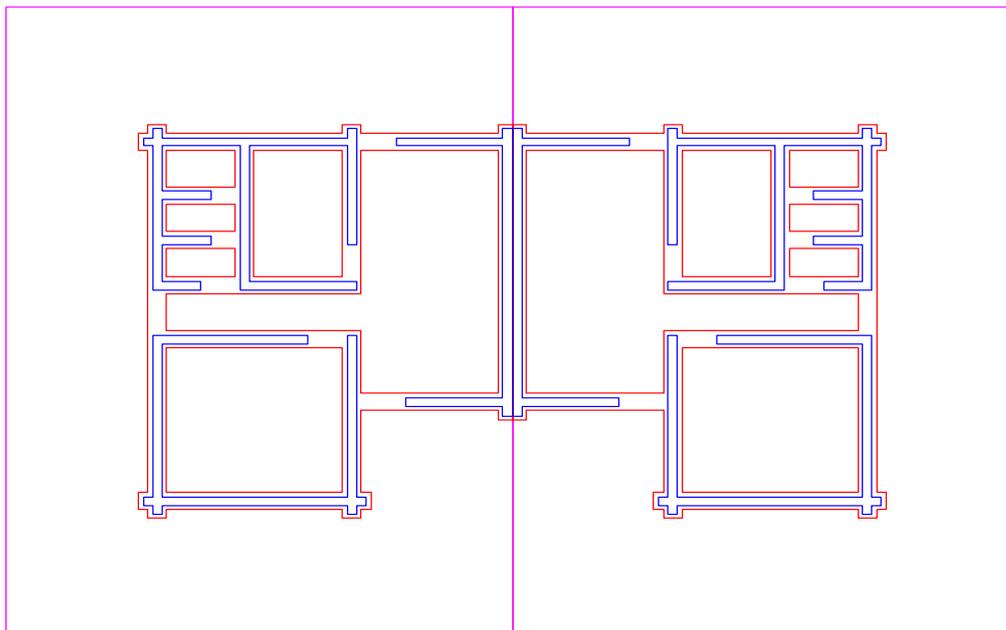
Planta Arquitectónica



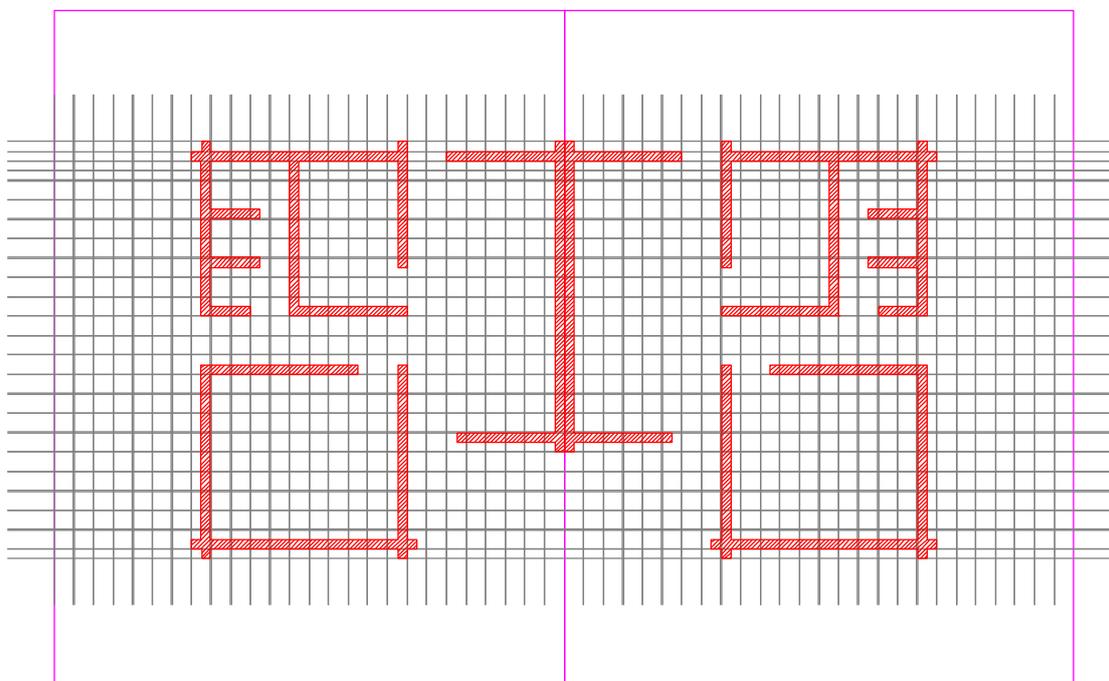
Planta primera hilada



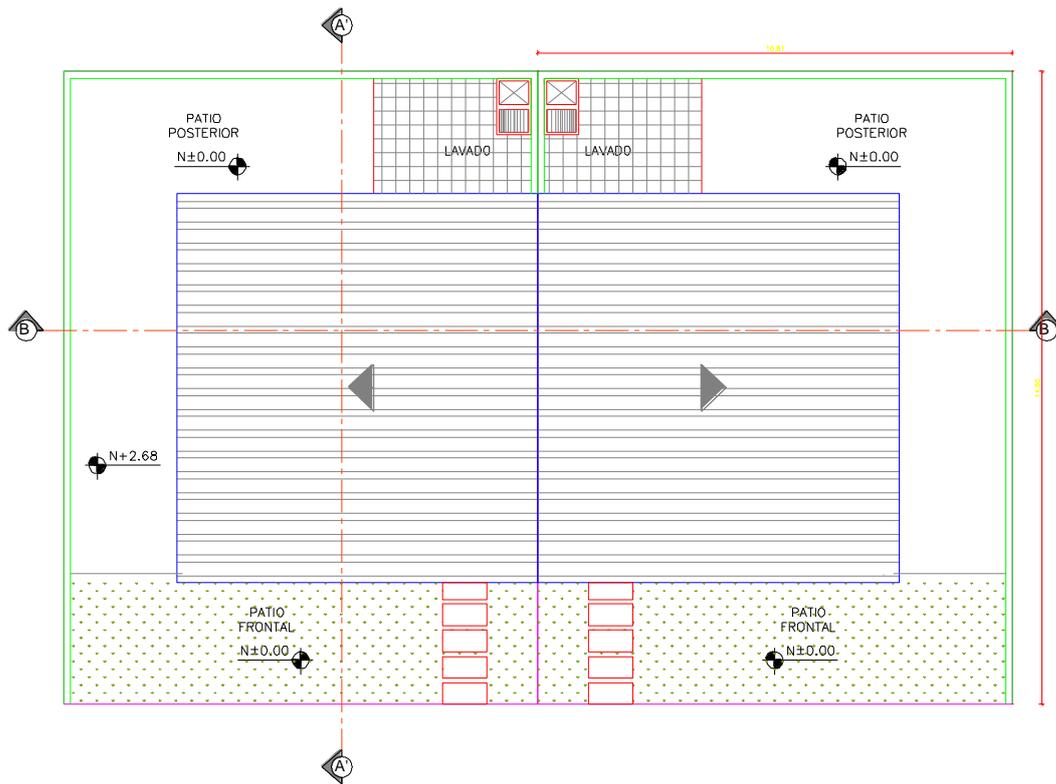
Planta Constructiva



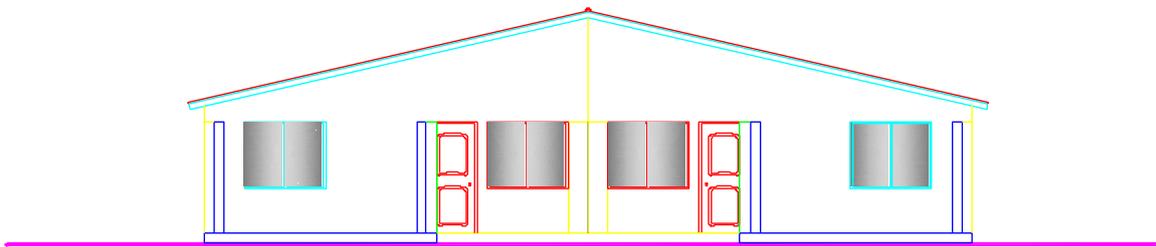
Planta de cimentación



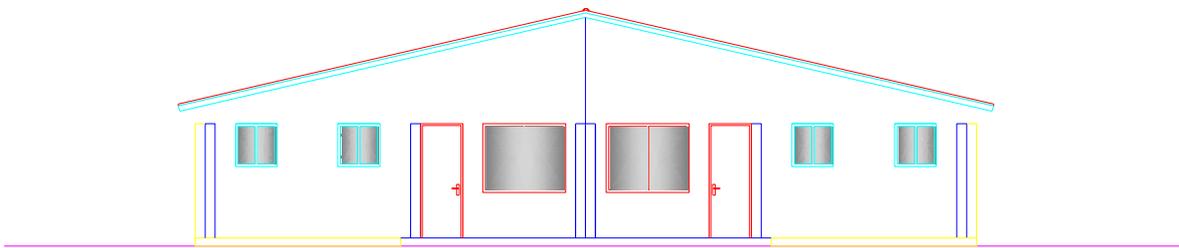
Planta Malla



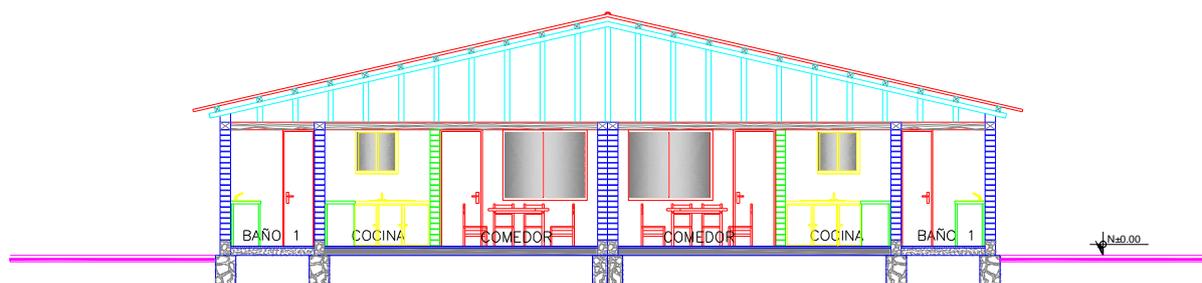
Implantación



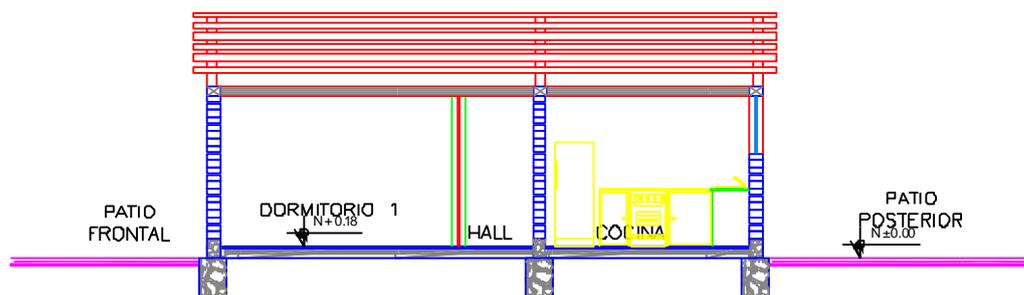
Fachada Frontal



Fachada Posterior

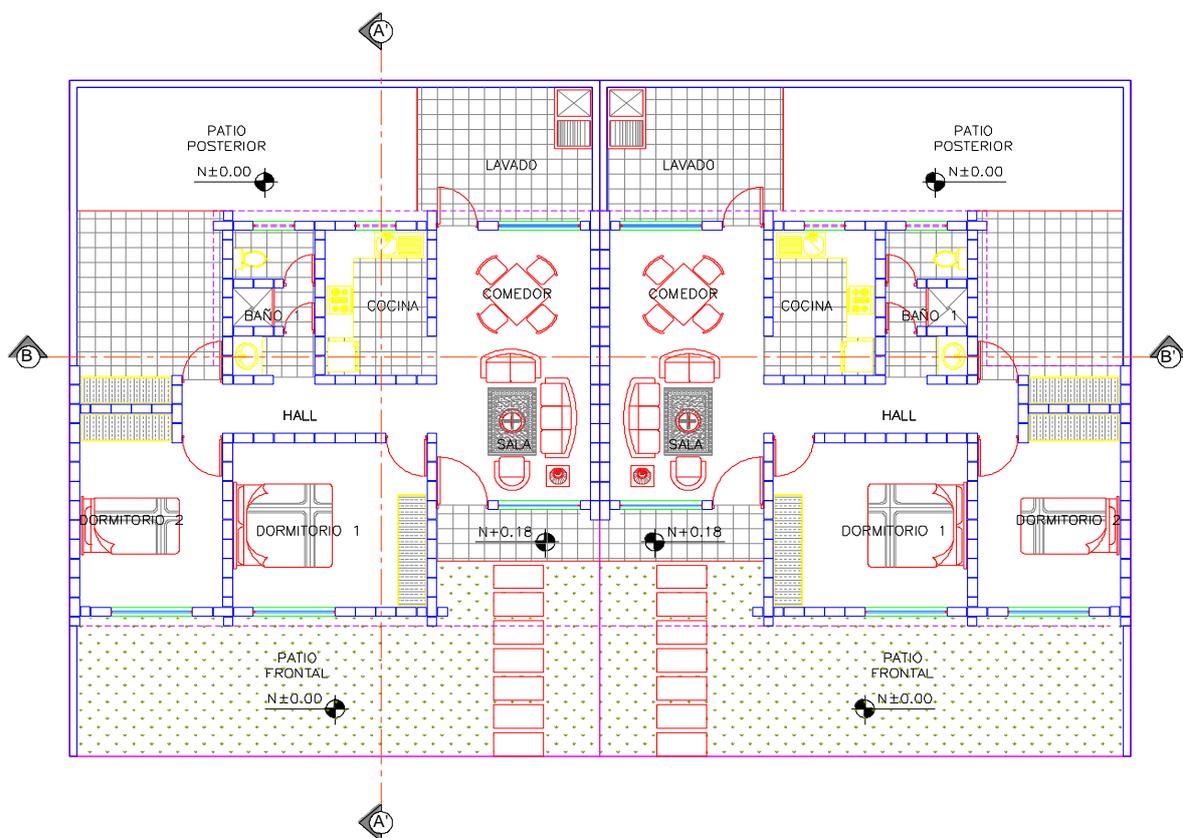


Corte B-B'

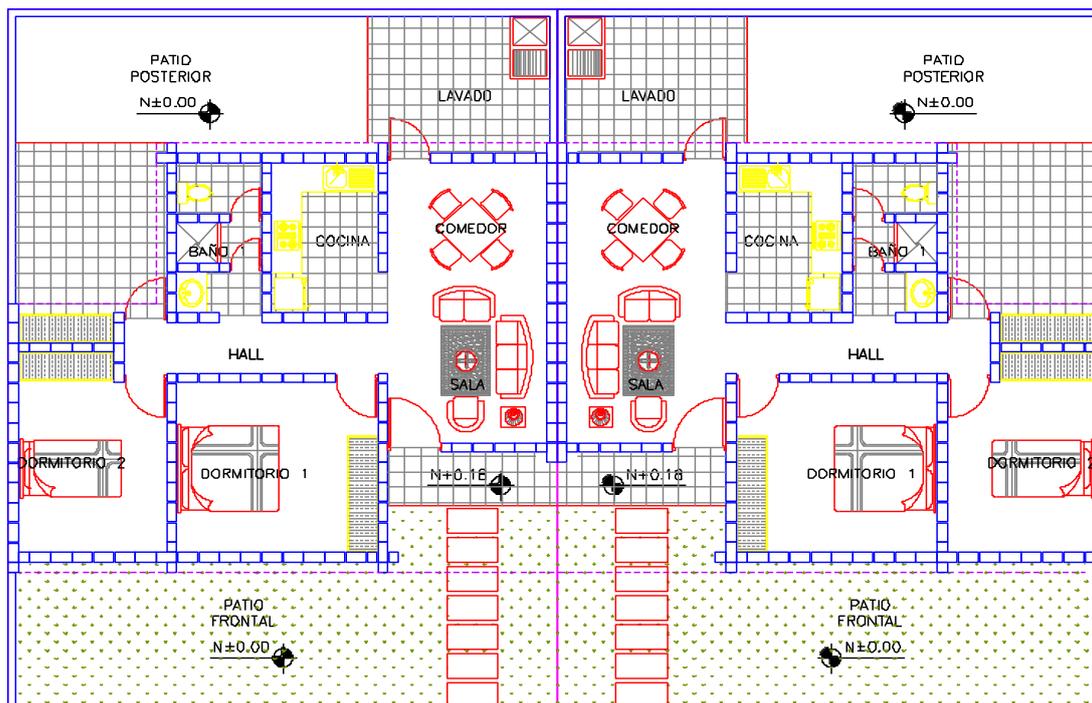


Corte A-A'

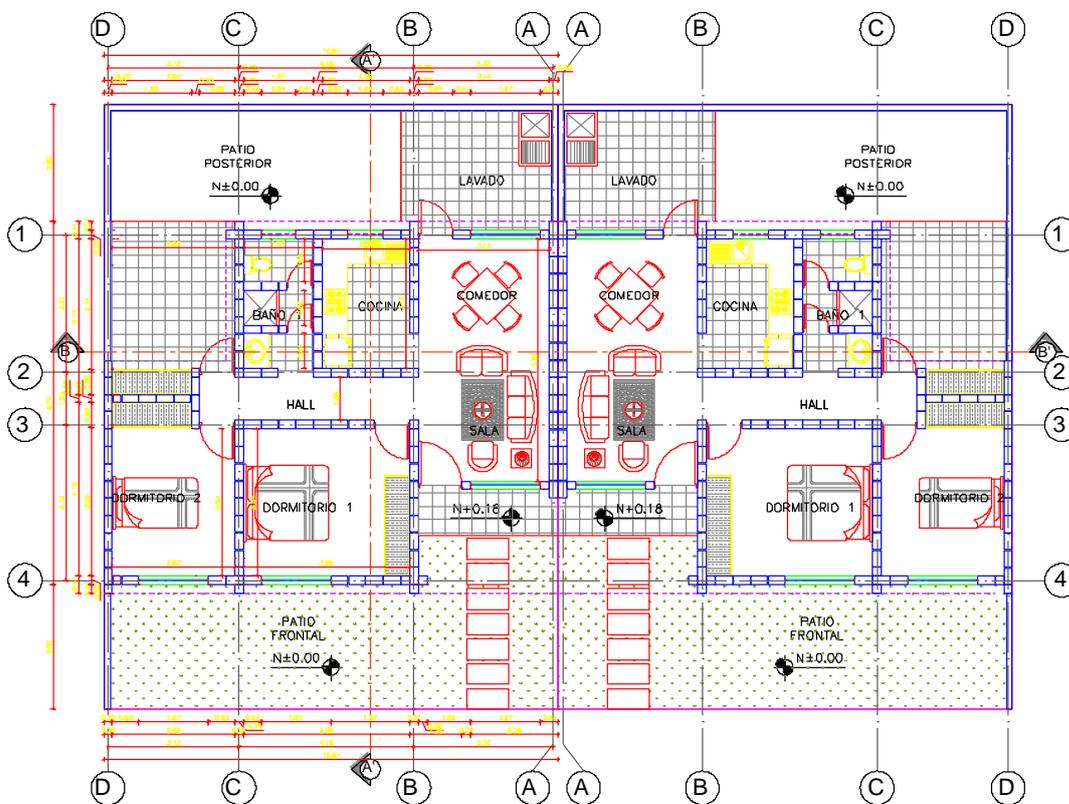
CASA TIPO C2



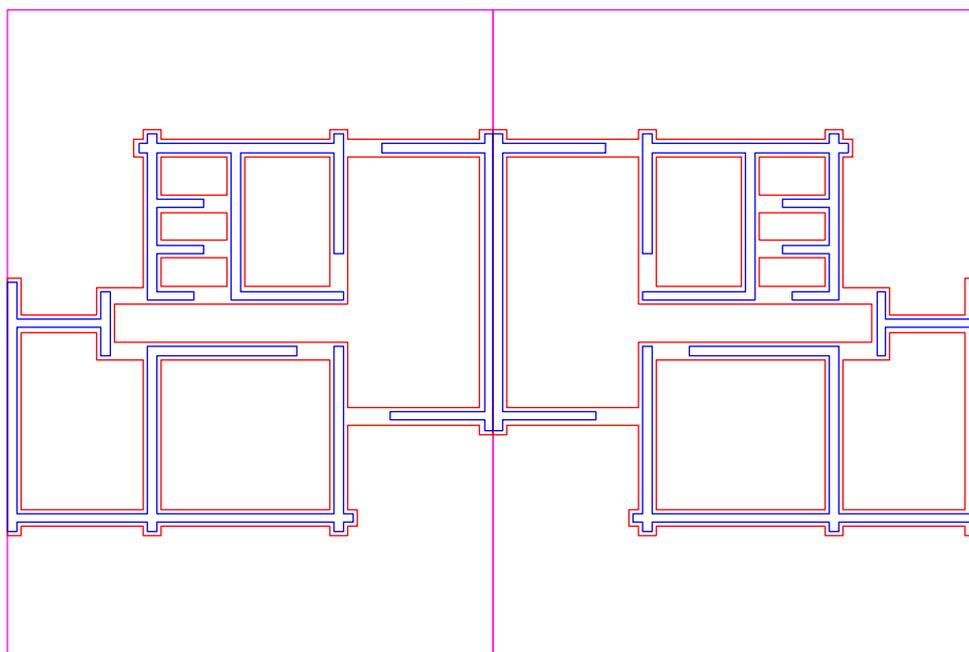
Planta Arquitectónica



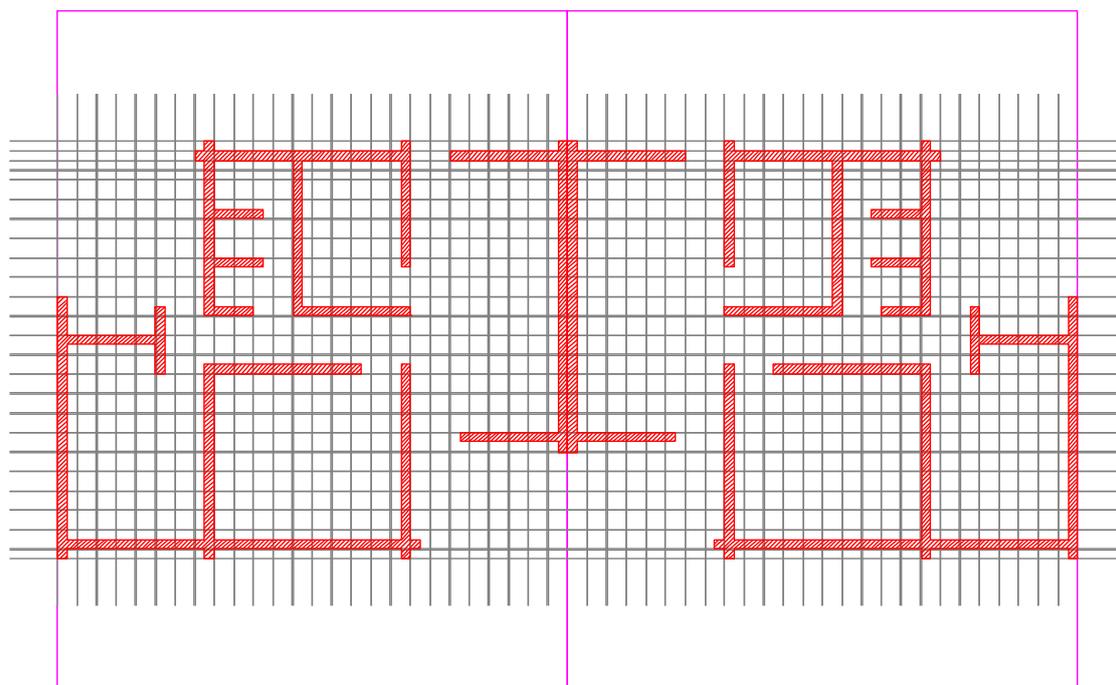
Planta primera hilada



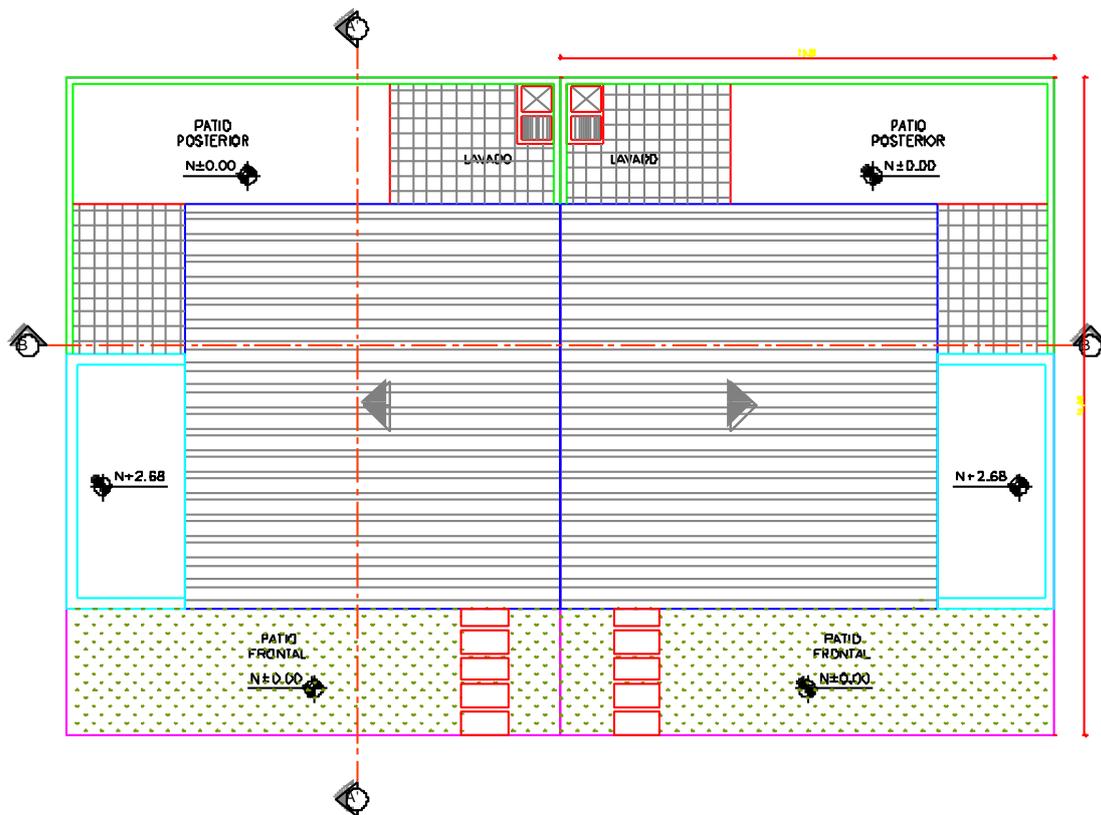
Planta Constructiva



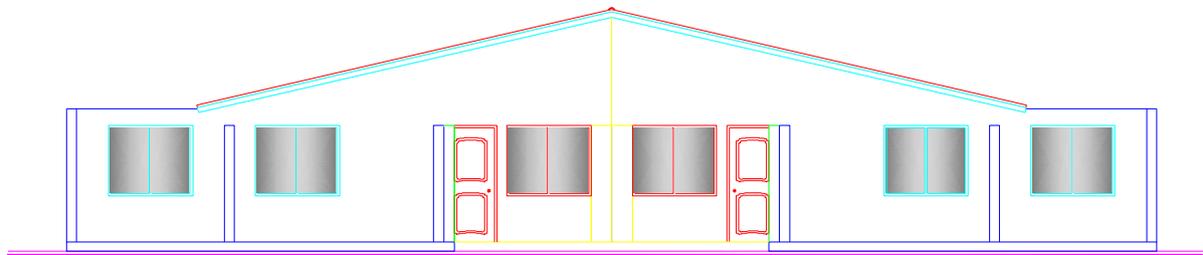
Planta de cimentación



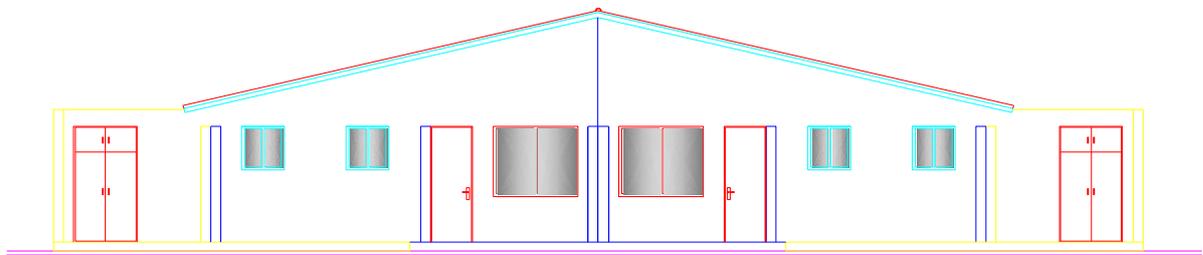
Planta Malla



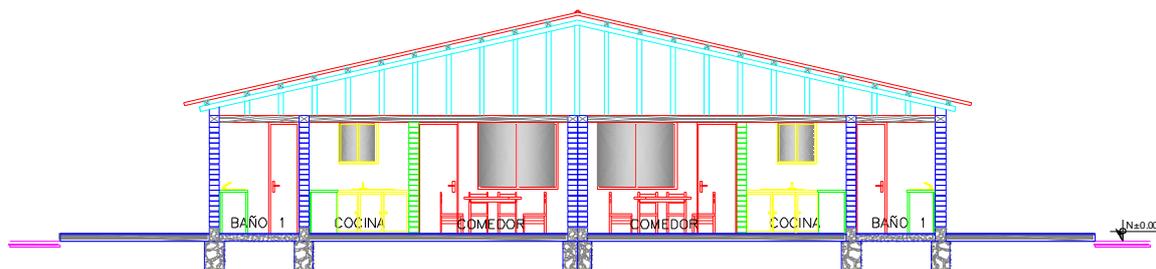
Implantación



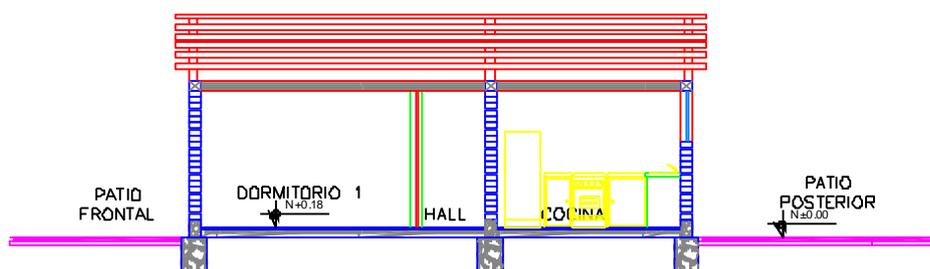
Fachada Frontal



Fachada Posterior

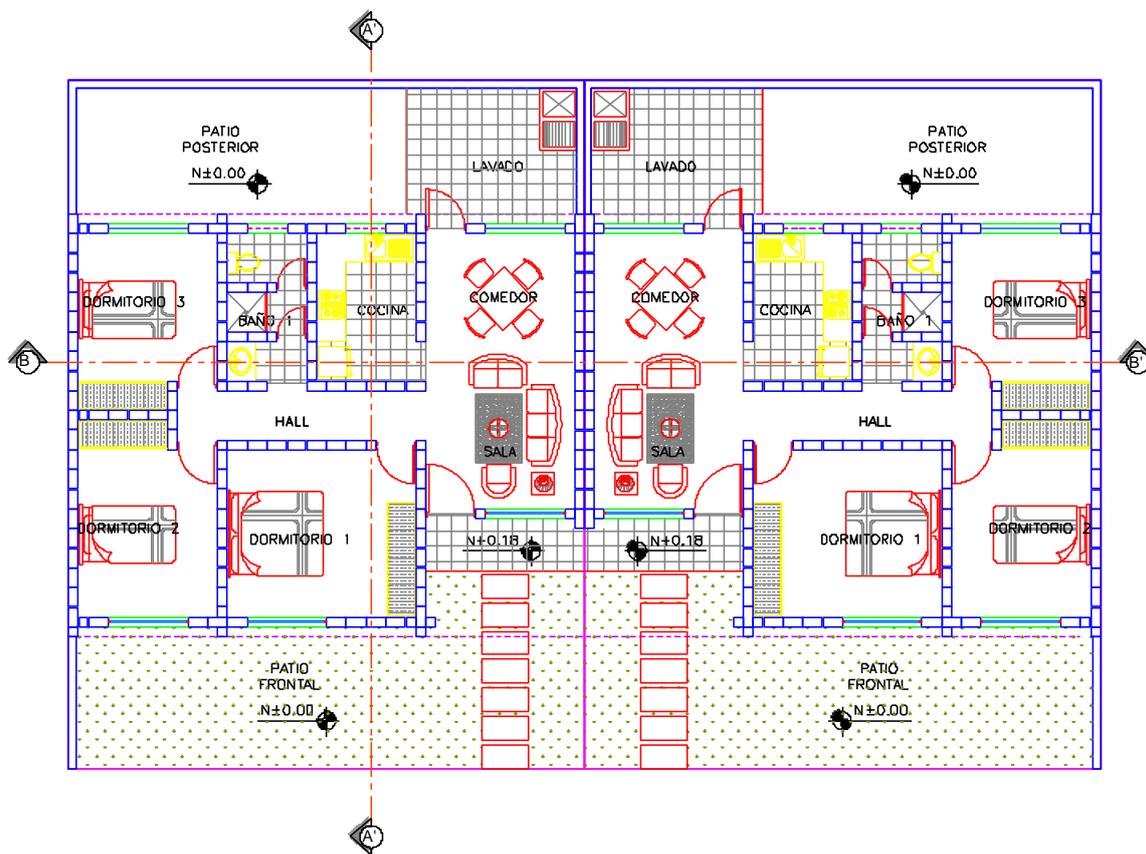


Corte B-B'

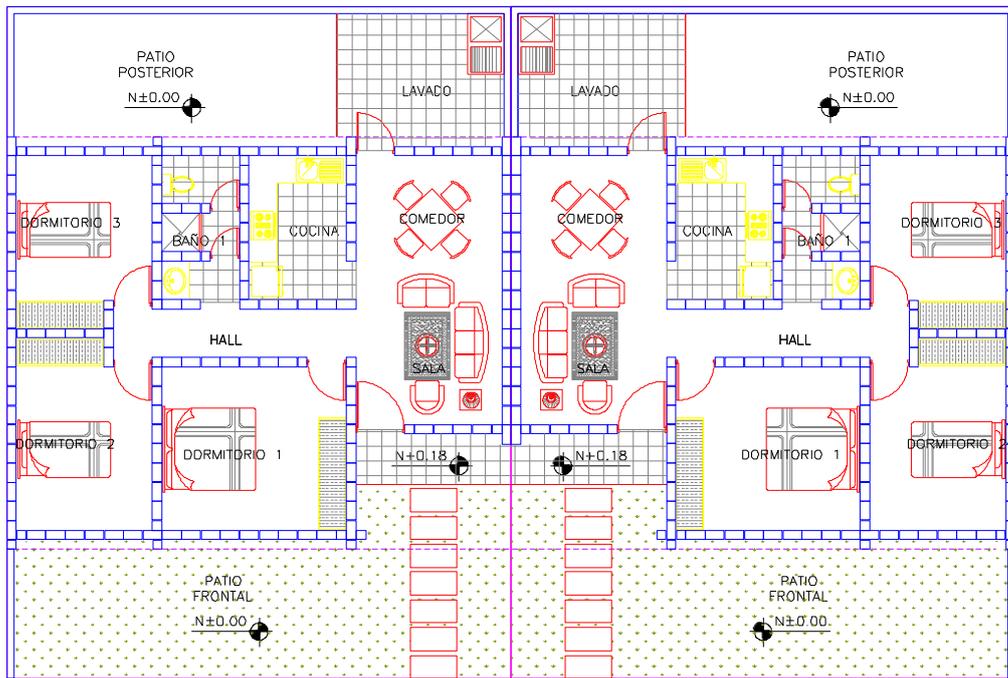


Corte A-A'

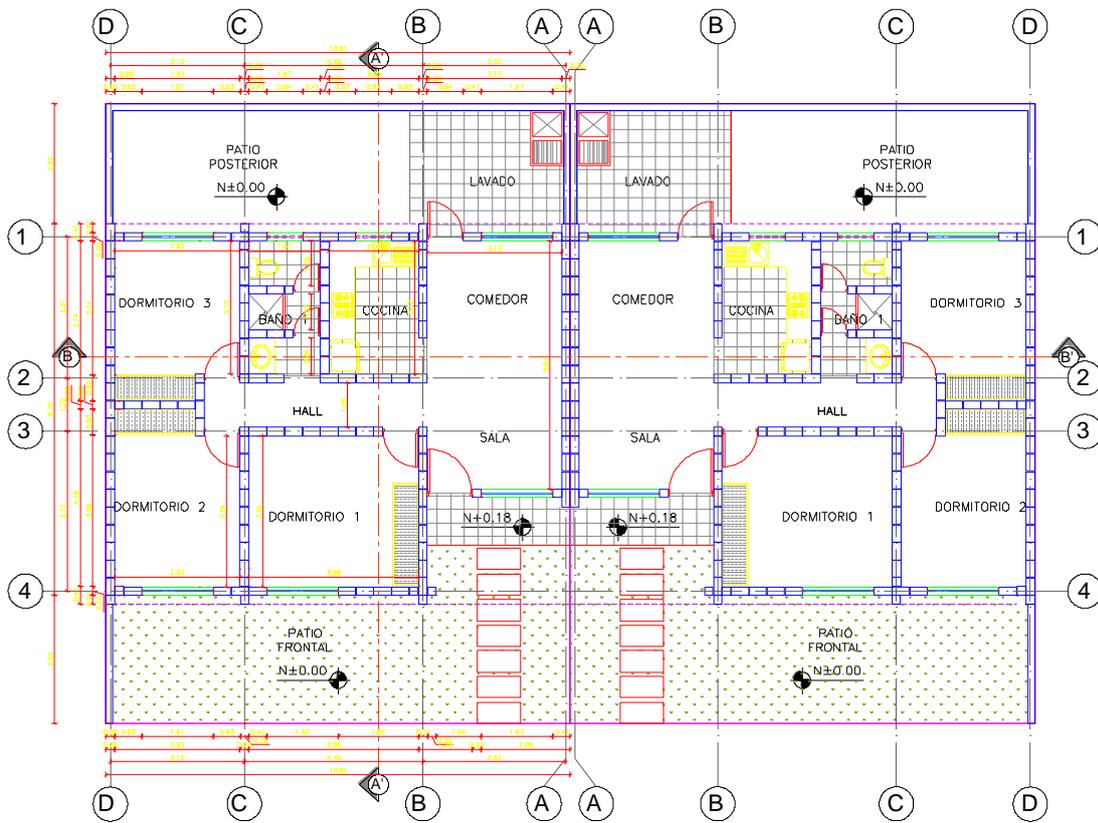
CASA TIPO C3



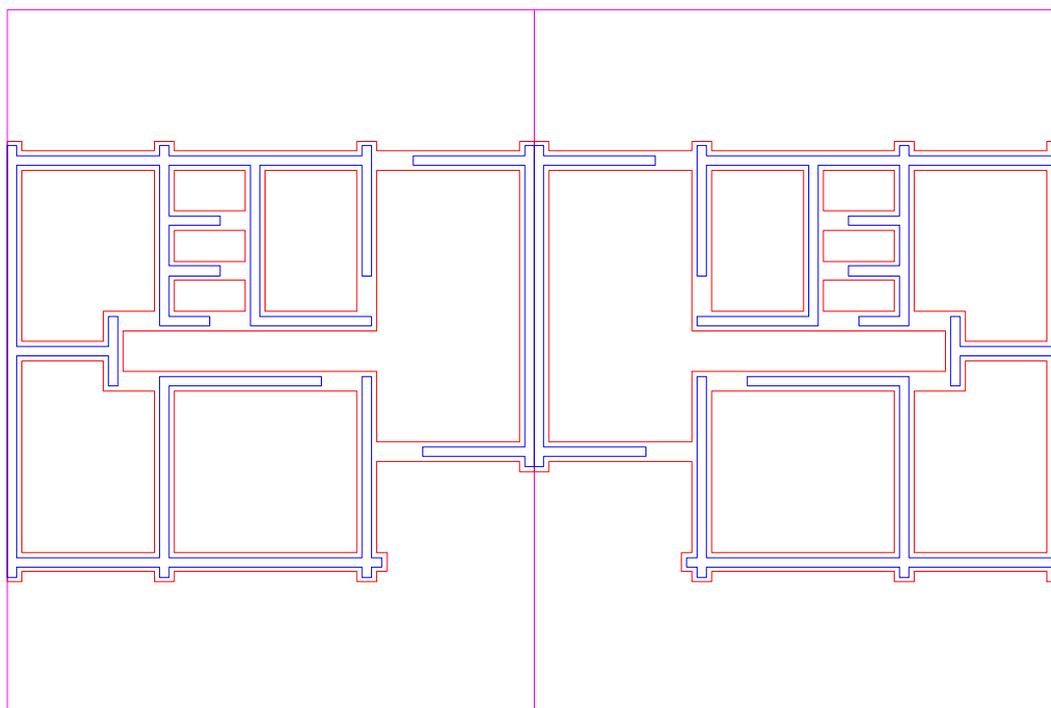
Planta Arquitectónica



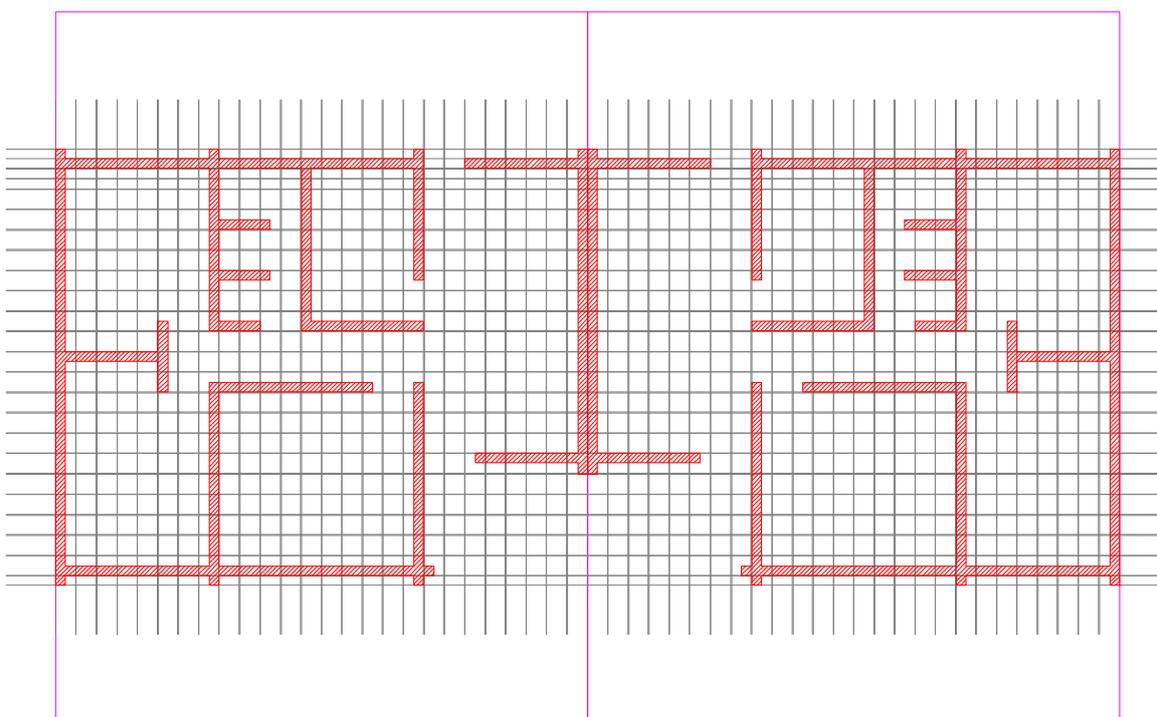
Planta primera hilada



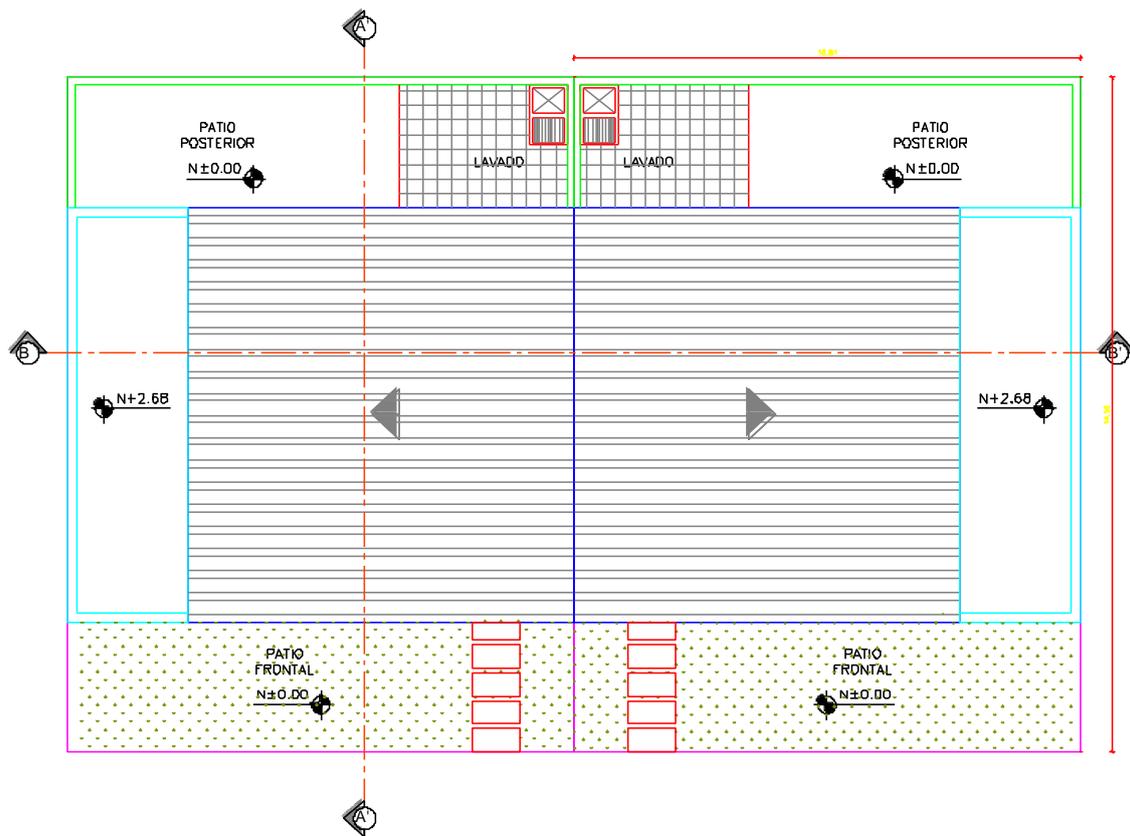
Planta Constructiva



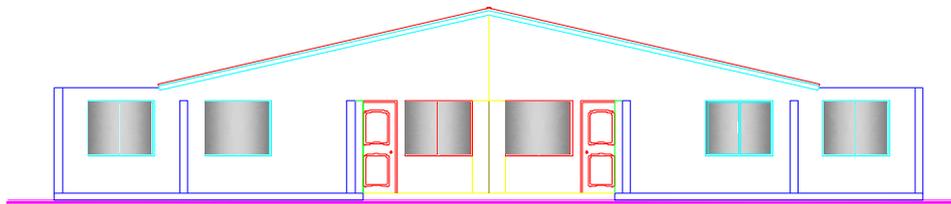
Planta de cimentación



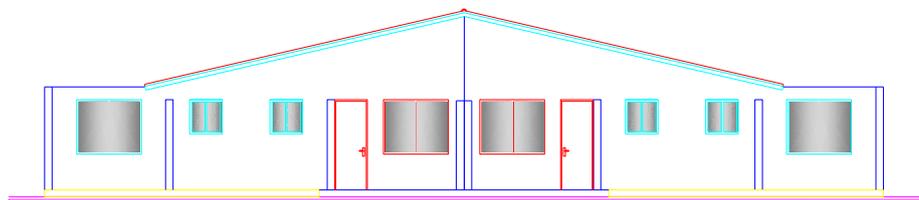
Planta Malla



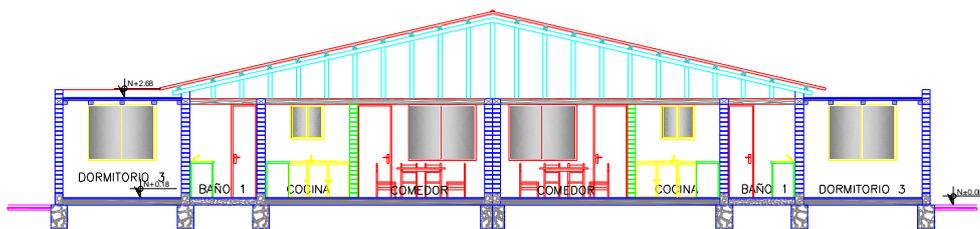
Implantación



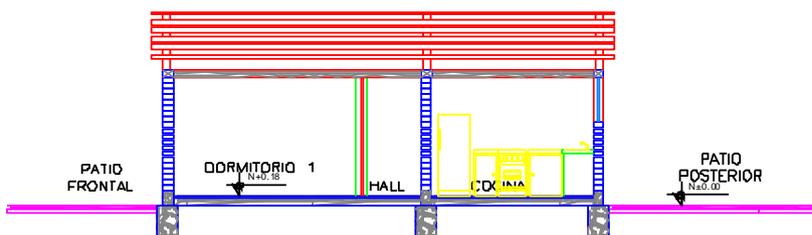
Fachada Frontal



Fachada Posterior



Corte B-B'



Corte A-A'

4.5. Especificaciones Técnicas y detalles constructivos

Cimentación

Profundidad mínima 60 cm

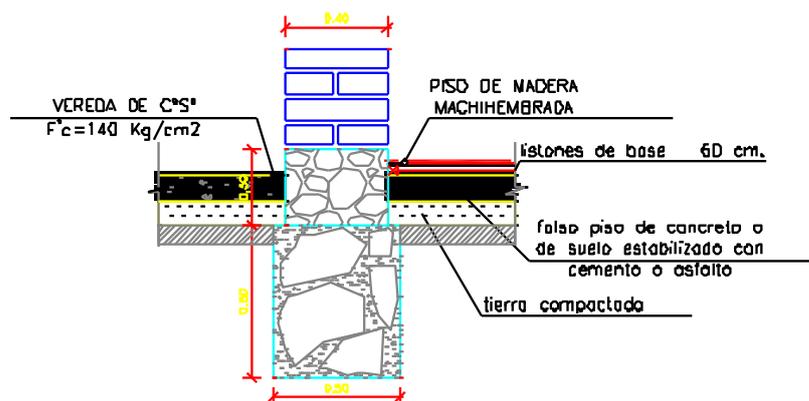
Ancho mínimo 40 cm

hormigón ciclópeo (60% piedra molòn y 40% de hormigón simple)

Sobrecimiento

Hormigón ciclópeo (60% piedra bola y 40% de hormigón simple)

Altura máxima 20cm sobre el nivel natural del terreno



Detalle 1 y 2 de corte de cimiento ciclópeo

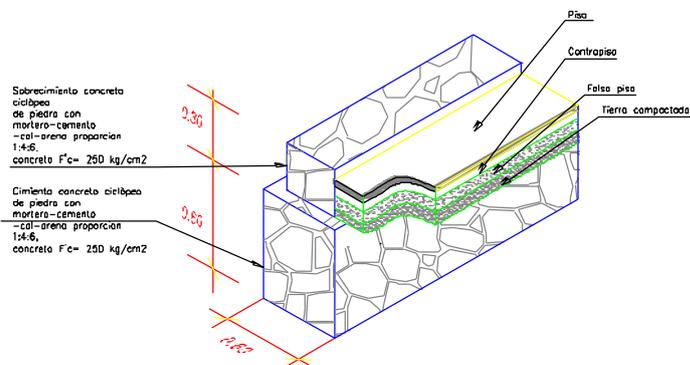




Ilustración 51 Vivienda de adobe, construcción de cimientos

Fuente: Documento de Adobe antisísmico Norma E-80

Mampostería

Todas las mamposterías de la vivienda propuesta serán construidas con base en adobe estabilizado, el material que ayuda a lograr la estabilización del bloque de barro es una porción adicional de cemento, que aparte de conseguir mayor compactación en el bloque, es un material que es compatible con el acero y ayuda a evitar su corrosión, por lo que se mezclará el material según la siguiente fórmula:

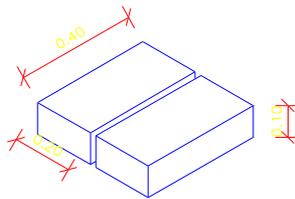
Dosificación por volumen: 1:2:10

En donde 1 es el cemento, 2 de arena, 10 de tierra arcillosa y más agua según se va realizando la mezcla.

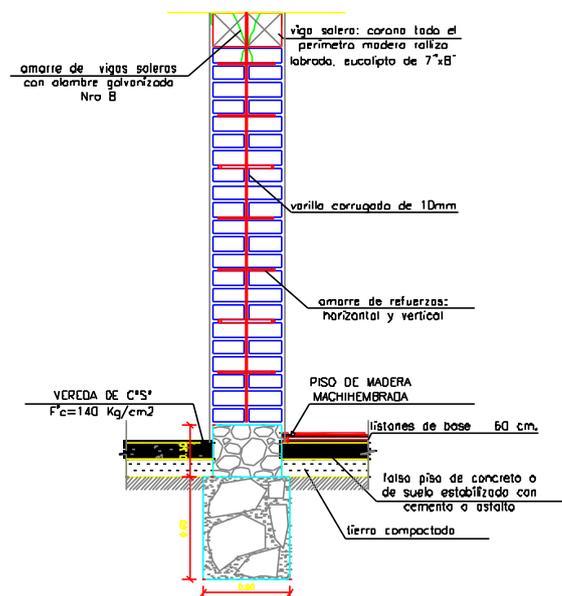
Las medidas de adobe que se proponen para el diseño modular son de 10 de alto por 20 de ancho y 40cm de largo y en paredes exteriores se utilizará dos adobes juntos.

DETALLE 3

(Módulo de construcción)



DETALLE 4 Corte de mampostería



Estructura

En relación a la parte de reforzamiento estructural, se plantea la colocación de varillas de 1/2 o en su defecto cañas o carrizos con medidas similares que irán en sentido vertical, cada dos módulos de 40x40, así como cada tres hileras de adobes se colocaran dos varillas o cañas en sentido horizontal, en todo el contorno de los muros y sobre todo reforzando las esquinas.

DETALLE 5 Colocación de varillas o cañas

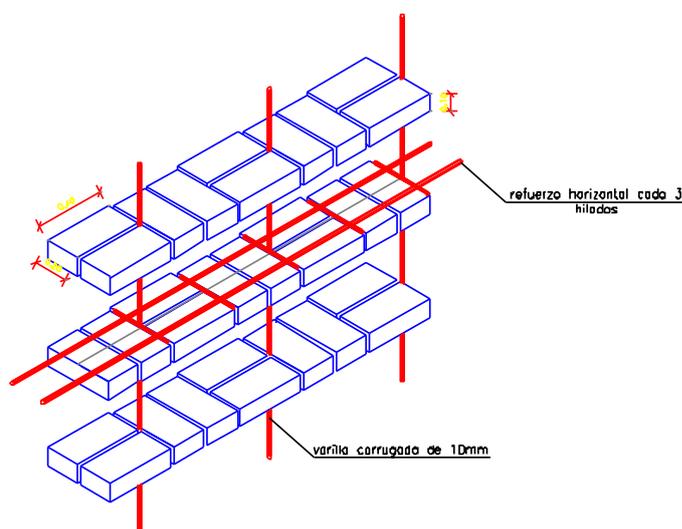




Ilustración 52 Vivienda de adobe, con reforzamiento de caña

Fuente: Documento de Adobe antisísmico Norma E-80

El refuerzo estructural también está presente en las esquinas y en los encuentros de pared, con arriostramientos verticales como contrafuertes y arriostramientos horizontales como las vigas soleras y las varillas sobre las hileras, todo esto tomado de la norma de construcción de adobe antisísmico N-80.

Las varillas de acero también se las puede reemplazar con caña, material natural que se encuentra en muchas zonas del Ecuador.

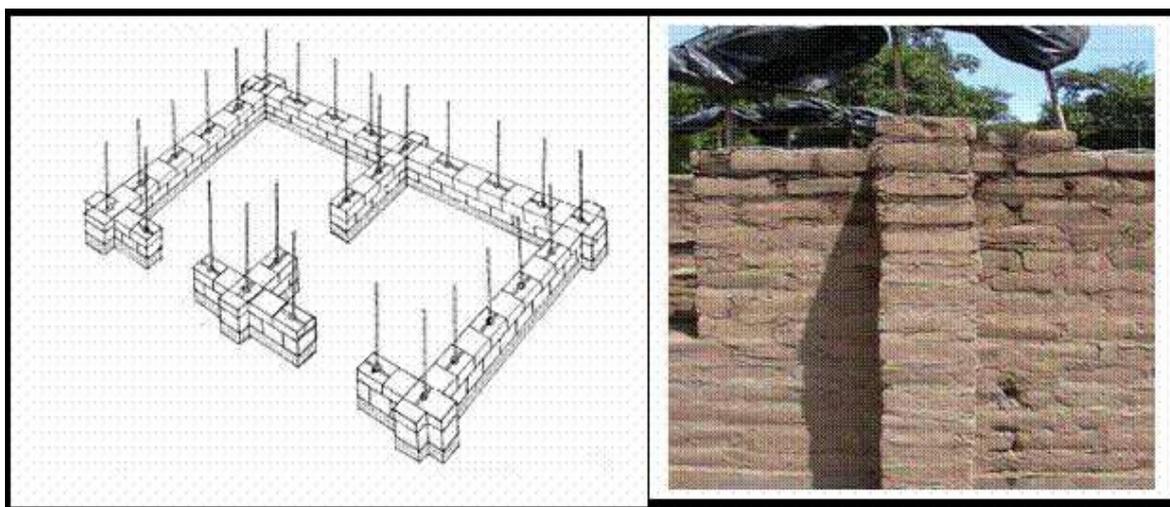


Ilustración 53 Vivienda de adobe, con contrafuertes

Fuente: Documento de Adobe antisísmico Norma E-80

Cubierta

En la parte superior irá una viga solera de madera o de hormigón para amarrar todos los muros y las cubiertas serán con estructura de madera o de cañas con planchas de fibrocemento (eternit), para aligerar el peso.

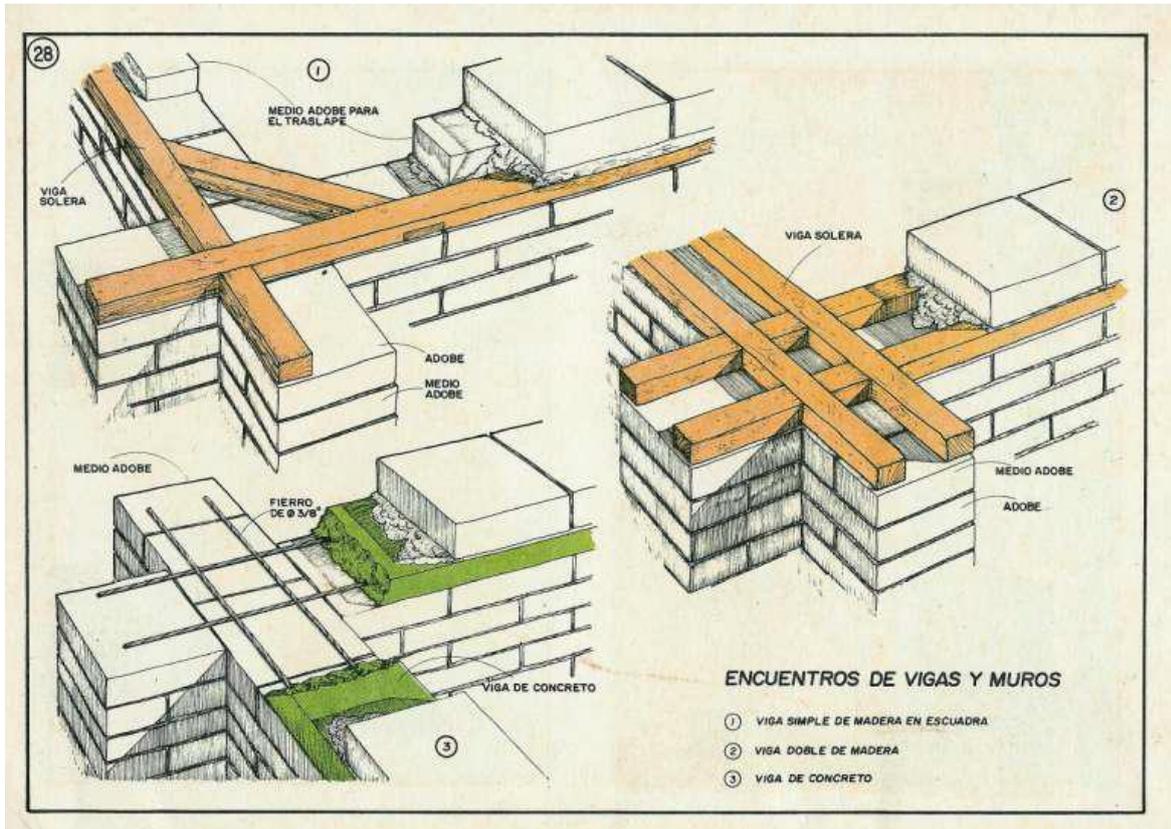
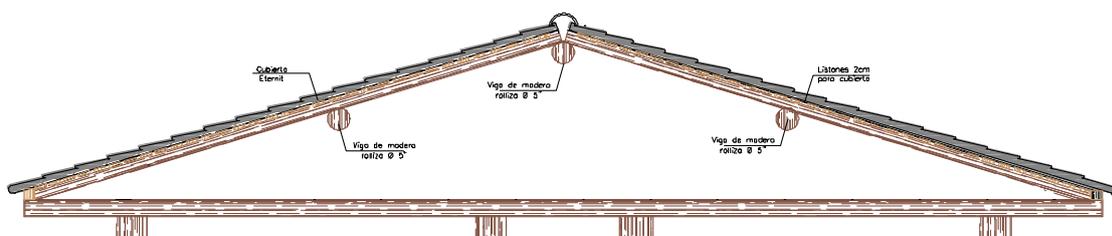
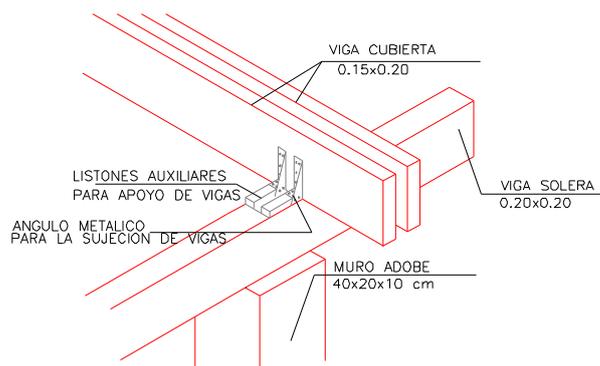


Ilustración 54 Vivienda de adobe, soleras superiores

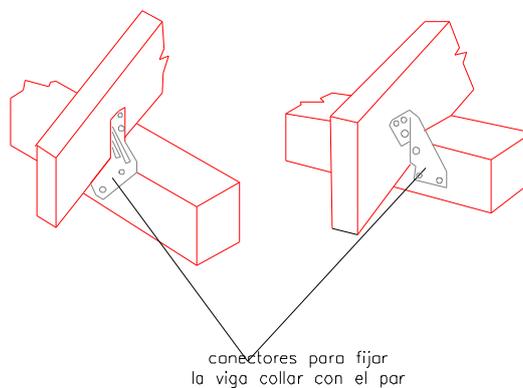
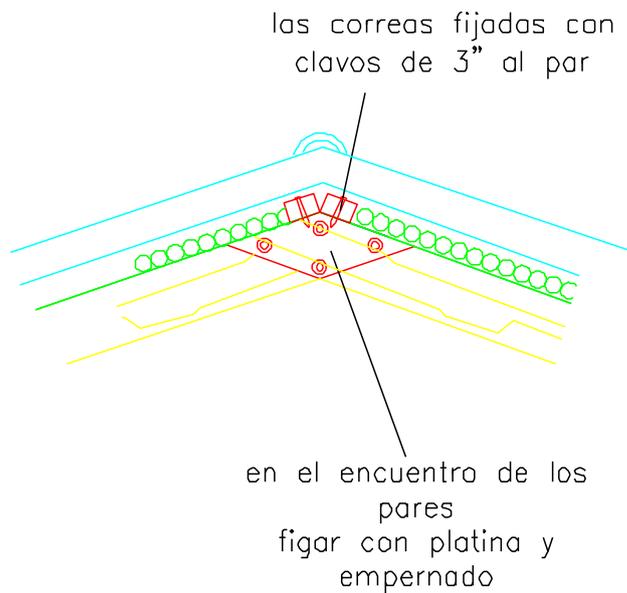
Fuente: Documento de Adobe antisísmico Norma E-80

DETALLE 6 corte de cubierta





DETALLE 6, 7 y 8 Unión de elementos de madera en cubierta



4.6 Presupuesto por Vivienda básica

Todas las casas TIPO A1, B1 Y C1 tiene el mismo valor, los otros tipos aumentan su valor en un 15% por cada dormitorio adicional.

**PROYECTO DE VIVIENDA SOCIAL PROGRESIVA
PRESUPUESTO REFERENCIAL DE OBRA
CASA TIPO B1**

CÓDIGO	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	TOTAL
1	TRABAJOS PRELIMINARES GENERALES				
1.1	REPLANTEO Y NIVELACION	M2	60,15	0,46	27,67
1.2	LIMPIEZA DEL TERRENO	M2	156,00	0,00	0,00
2	EXCAVACIONES				
2.1	CIMIENTO	M3	15,50	0,00	0,00
2.2	DESALOJO DE TIERRA	REUTILIZ A			0,00
3	CIMENTACION				
3.1	CIMIENTOS DE HORMIGÓN CICLÓPEO	M3	15,50	49,83	772,37
4	ALBAÑILERIA				
4.1	CONTRAPISO DE BARRO EN VIVENDAS	M2	44,62	2,96	132,08

4.2	MAMPOSTERIA DE ADOBE ESTABILIZADO DE CARGA E=20 CM	M2	32,53	3,04	98,89
4.3	MAMPOSTERIA DE ADOBE ESTABILIZADO DE CARGA E=40 CM	M2	87,09	6,08	529,51
4.4	ARRIOSTRAMIENTO VERTICAL Y HORIZONTAL (VARILLAS 12MM)	QQ	19,11	40,00	764,40
4.5	DINTELES	SIRVE ESTRUCTURA DE CUBIERTA			0,00
4.6	PISO ENCEMENTADO EN BAÑOS	M2	4,51	7,15	32,25
5	PUERTAS DE MADERA Y CERRADURAS				
5.1	CERRADURA LLAVE-BOTÓN	U	2,00	25,21	50,42
5.2	CERRADURA LLAVE-LLAVE	U	1,00	30,34	30,34
5.3	CERROJO LLAVE-LLAVE	U	1,00	38,06	38,06
5.4	PUERTA DE MADERA TAMBORADA 0.70x2.10	U	1,00	80,00	80,00
5.5	PUERTA DE MADERA TAMBORADA 0.80x2.10	U	1,00	80,00	80,00
5.6	PUERTA PANELADA , 0.90 M	U	1,00	130,00	130,00
6	MUEBLES DE MADERA				
6.1	MUEBLE BAJO MESON DE COCINA	M	3,10	98,88	306,53

7	ALUMINIO Y VIDRIO				
7.1	VENTANERÍA PARA EXTERIOR	M2	8,48	55,00	466,40
8	APARATOS SANITARIOS				
8.1	DUCHAS	U	1,00	55,00	55,00
8.2	FREGADERO DE UN POZO CON FALDÓN	U	1,00	60,00	60,00
8.3	INODORO DE TANQUE AS-03	U	1,00	75,00	75,00
8.4	LAVAMANOS EMPOTRABLE AS-01	U	1,00	58,51	58,51
9	CUBIERTA				
9.1	PLANCHAS DE ETERNIT (INCLUYE ESTRUCTURA DE MADERA)	M2	75,60	20,35	1.538,46
10	OBRAS EXTERIORES.				
10.1	DESALOJO DE ESCOMBROS	M3	5,00	0,00	0,00
10.2	ACERAS	M2	3,30	13,92	45,94
11	INSTALACIONESHIDROSANITARIAS Y ELÈCTRICAS				
11.1	HIDRAULICAS	GL	1,00	200,00	200,00
11.2	SANITARIAS	GL	1,00	220,00	220,00
11.3	ELECTRICAS (SOBREPUESTAS)	GL	1,00	500,00	500,00
			TOTAL:		6.291,81

PRECIOS NO INCLUYEN IMPUESTOS
NI COSTOS INDIRECTOS

Como se ve, el precio de cada vivienda, se ajusta perfectamente al precio de mercado de las viviendas ofertadas por el Gobierno Nacional (Promedio de USD 6500). Esta información consta en el capítulo II de este trabajo.

Tomando en cuenta que en esta propuesta una casa TIPO A3, B3 o C3, de tres dormitorios, costaría alrededor de USD 8100, se considera que esta opción es idónea para los habitantes de la ciudad de Latacunga y para todas las ciudades de la serranía ecuatoriana, representando no sólo una alternativa segura, cómoda, estética y digna, sino sobre todo económica, ya que otros tipo de casas de tres dormitorios, tienen un precio que va más allá de los USD 10.000 y corresponden ya al tipo de vivienda popular y no a la vivienda social, que está caracterizada por un metraje de hasta 50 m² de construcción y un solo dormitorio, como se puede constatar en todos los planes de vivienda social del gobierno nacional.

CAPITULO V

CONCLUSIONES

Conclusiones

Vivienda Social

La vivienda social en Ecuador es una vivienda de baja calidad constructiva y estética. No existe un ente estatal o privado que se preocupe de controlar, promover o mejorar esta calidad. Esto repercute de manera obvia en el bienestar de los beneficiarios de este tipo de proyectos.

Los Programas de vivienda social se preocupan por el número de viviendas construidas, más no de las características de las mismas, por lo cual a veces las soluciones habitacionales se tornan en problemas sociales, al fomentar el hacinamiento de la gente en pequeñas e incómodas viviendas.

Prevención

Los profesionales que trabajan en el ámbito de la construcción en ocasiones se olvidan de su papel como investigadores y creadores de soluciones, y sólo se dedican muchas veces a seguir tendencias y corrientes que tal vez funcionan en las grandes urbes, pero que no funcionan igual en las ciudades pequeñas como Latacunga, en donde la prioridad es la seguridad, dado el peligro latente de una erupción volcánica.

Materiales tradicionales

Se ha dejado de lado el adobe y otros materiales tradicionales, y se los ha reemplazado por algunos materiales más elaborados y cuya utilización también requiere de una capacitación técnica especial, tal es el caso de las casas prefabricadas, que necesitan personal y equipos especiales. Mientras tanto, se está dejando en el olvido sistemas constructivos y materiales ancestrales que, con la preparación y uso correcto, pueden llegar a ser más efectivos, estéticos y económicos.

El adobe es un material de gran calidad, y existe la posibilidad de mezclarlo con varios compuestos que lo mejoran y lo especializan para varios usos. En este caso se lo mezcló con cemento, y aun así se conservó un buen margen de ahorro frente a otros materiales de construcción como los bloques de cemento o los módulos prefabricados.

Financiamiento

El financiamiento de estas viviendas puede ser a través del BIESS (Banco del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social) o alguna de las cooperativas o mutualistas existentes. Otra alternativa es la creación de una cooperativa de vivienda que financie de manera directa el proyecto a través del aporte de los socios.

La solución de vivienda planteada en este trabajo, cumple con todos los requerimientos necesarios para ser adoptada como estándar para las viviendas de tipo social de la sierra ecuatoriana, por lo que se presentará formalmente esta

opción al GAD Latacunga con el fin de poner a disposición de la ciudadanía este proyecto y si se aceptara, se podría hacer de manera masiva y recibir el apoyo del BID a través de una de las líneas de crédito existentes.

Recomendaciones

Presentar este tipo de proyectos a los gobiernos de los países, con el fin de que exista prevención y no sólo solución a problemas y catástrofes que se den.

Todo profesional está llamado a contribuir con proyectos que aporten a la sociedad en su línea de trabajo y ámbito de acción. No es cuestión de simplemente pasar por el mundo, sino de dejar un legado positivo, de eso se trata este proyecto.

La acción rápida de los organismos de control, significa actuar sobre proyectos ya realizados, no empezar a crear proyectos en el momento luego de la catástrofe, Los proyectos deben estar listos de antemano y se recomienda tomar en cuenta estos puntos que definió Ian Davis en su libro arquitectura de Emergencia:

- Una Legislación de Emergencia que refiera particularmente el Uso y ocupación de tierras luego de una catástrofe.
- Trazos de ciudades nuevas y ampliadas, que tengan en cuenta nuevos sistemas de construcción y reglamentación.
- Un plan decisivo respecto a los papeles que desempeñarán los actores sociales, porque toda catástrofe es un preámbulo de un gran drama cuya acción no comenzará, hasta que cada actor tenga su papel asignado.

Futuras líneas de investigación

Este trabajo de investigación se desarrolló en varios ámbitos, los que podrían ser base para próximas investigaciones.

En el Campo de los materiales tradicionales y su revalorización, hay varios temas como:

La pérdida paulatina de las tradiciones constructivas, por una aculturación masiva y las grandes migraciones a las ciudades.

El comportamiento de los materiales de tierra con frente a otros materiales de construcción, como el hormigón y acero.

Auto construcción asistida con técnicas ancestrales mejoradas y sostenibles, en programas de vivienda social rurales y urbanas.

La pérdida del patrimonio cultural mundial en catástrofes naturales y su repercusión en la identidad de los pueblos.

En el tema de las catástrofes, se podría empezar por los catalizadores de las medidas de prevención en diferentes regiones y con varios tipos de desastres Naturales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDES Agencia Pública de Noticias del Ecuador y Sudamérica. (20 de 02 de 2016). Recuperado el 13 de 04 de 2017, de <http://www.andes.info.ec/es/noticias/gobierno-ecuador-impulsa-programa-vivienda-social-beneficia-mas-pobres-pais.html>

APIVE. (09 de 2013). *APIVE.org*. Recuperado el 2017, de <http://www.apive.org/medios/Lineamientos%20APIVE>

Arqhys. (2010). *Urbanismo.com*. (Arghys, Editor) Recuperado el 2017, de <http://www.urbanismo.com/viviendas-sociales/>

Bindack. (sf). *Bindack.com*. Recuperado el 2017, de <http://www.bindack.com/2012/06/ventajas-y-desventajas-de-la.html>

Cevallos, I. P. (s.f.). *repositorio.educacionsuperior.gob.ec*. Recuperado el 18 de 04 de 2017, de <http://repositorio.educacionsuperior.gob.ec/bitstream/28000/1086/1/T-SENESCYT-0252.pdf>

Cotopaxi Tours. (2017). Obtenido de <https://www.cotopaxitours.com/ecuador/>

Definicion.de. (2017). *Definicion.de*. Recuperado el 2017, de <http://definicion.de/vivienda-social/>

Ecomobilia. (2007). *www.adobloques.blogspot.com*. Recuperado el 2017, de www.adobloques.blogspot.com

Facultad de Ciencias Forestales y de la Conservación de la naturaleza. (05 de 06

de 2014). *Universidad de Chile*. Recuperado el 2017, de <http://www.forestal.uchile.cl/noticias/101878/viviendas-de-emergencia-debemos-superar-la-improvisacion>

Franco, M. (s.f.). <http://ruc.udc.es>. Recuperado el 18 de 04 de 2017, de http://ruc.udc.es/dspace/bitstream/handle/2183/5278/ETSA_20-6.pdf;jsessionid=AF495C18EA7B3D13B95AFBE79E41A5FE?sequence=1

González, B. (11 de 11 de 2011). *Proholz*. Recuperado el 10 de 04 de 2017, de http://www.proholz.es/fileadmin/proholz.es/media/download/01_bgr.pdf

Gonzalo, V. (2012). *Arquitectura Comprometida*. Recuperado el 14 de 04 de 2017, de <http://arquitecturacomprometida.blogspot.com/2012/03/sistemas-constructivos-el-adobe.html>

Guía OSC. (07 de 06 de 2013). *Guía OSC*. Recuperado el 18 de 04 de 2017, de <http://guiaosc.org/cuales-son-las-competencias-de-los-gobiernos-autonomos-descentralizados/>

HOME 3. (s.f. de 2017). *HOME3*. Recuperado el 2017, de <http://www.viviendas-modulares.es/casas-prefabricadas/un-dormitorio/casa-modular-h1>

IGEPN. (09 de 2015). *Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional*. Recuperado el 2017, de <http://www.igepn.edu.ec/interactuamos-con-usted/1177-instalacion-de-instrumentos-para-monitoreo-del-volcan-cotopaxi>

Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional. (2005). <http://www.igepn.edu.ec>. Recuperado el 2017, de <http://www.igepn.edu.ec/publicaciones-para-la-comunidad/39-los-peligros->

volcanicos-asociados-con-el-cotopaxi/file

La minga en movimiento. (03 de 10 de 2008). *Lamingaenmovimiento.wordpress.com*. Recuperado el 18 de 04 de 2017, de <https://lamingaenmovimiento.wordpress.com/la-minga/>

Madereco. (2016). *Madereco*. Recuperado el 13 de 04 de 2017, de <http://madereco.es/sistema-constructivo-americano.html>

Mantilla, S. (2017). *El Comercio*. Recuperado el 2017, de <http://www.elcomercio.com/opinion/columna-sebastianmantilla-cotopaxi-sismos-opinion.html>

Mezano, M. (31 de 08 de 2015). *Universidad Gestalt de Diseño*. Obtenido de <https://prezi.com/tzmrm7gez4ae/sistema-de-plataforma/>

Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. (2012). <http://www.habitatyvivienda.gob.ec/>. Recuperado el 18 de 04 de 2017, de <http://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/04/PROYECTO-PROGRAMA-NACIONAL-DE-VIVIENDA-SOCIAL-9nov-1.pdf>

Periódico "8 de septiembre". (14 de 07 de 1877). *www.elcomercio.com*. Recuperado el 04 de 2017, de <http://especiales.elcomercio.com/planeta-ideas/ideas/23-agosto-2015/anecdotas-erupcion-volcan-cotopaxi-1877>

RAMSA Edificaciones. (2017). *RAMSA Edificaciones*. Recuperado el 2017, de http://www.ramsaedificaciones.com/PDF/modulos_prefabricados.pdf

Redacción BBC Mundo. (20 de 04 de 2016). *BBC MUNDO*. Recuperado el 08 de 04 de 2017, de http://www.bbc.com/mundo/noticias/2016/04/160416_ecuador_terremoto_magnitud_colombia_peru_bm

Redacción Regional Centro El Telégrafo. (2015). *El Telégrafo*. Recuperado el 2017, de <http://www.letelegrafo.com.ec/noticias/regional-centro/1/9-zonas-seguras-para-refugio-en-caso-de-erupcion>

Redacción Revista Vistazo. (2015). *Revista Vistazo*. Recuperado el 2017, de <http://vistazo.com/seccion/pa%C3%ADs/volc%C3%A1n-cotopaxi-podr%C3%ADa-afectar-unas-325000-personas>

Robles, L. G. (2013). *Es.escribd.com*. Recuperado el 13 de 04 de 2017, de <https://es.scribd.com/doc/138198384/Sistemas-Constructivos-Prefabricados>

Roux, R. (17 de 04 de 2002). *informesdelaconstruccion.revistas.csic.es*. Recuperado el 18 de 04 de 2017, de <http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es/index.php/informesdelaconstruccion/article/viewFile/627/709>

Tapia, Y. (2012). *Sistemas constructivos*. Recuperado el 2017, de <http://sistemaconstructivo.blogspot.com/>

Viajandox. (2016). *Viajandox Ecuador Colombia*. Recuperado el 2017, de <http://www.ec.viajandox.com/latacunga/volcan-cotopaxi-A359>

Viajandox Ecuador Colombia. (2017). *Viajandox*. Recuperado el 2017, de

<http://www.viajandox.com/cotopaxi/pucara-salitre-latacunga.htm>

Weinig. (sf). Recuperado el 2017, de <https://www.weinig.com/es/maderamaciza/procesos-de-mecanizado/ensamble-tipo-finger-joint.html>