

**ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA PARA
LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS DE DOS PLANTAS, EN
GUADUA, EN LA CIUDAD DE GIRARDOT**

**WILLIAM RAMIREZ CASANOVA
OSCAR DANIEL SARMIENTO CABALLERO**

**CORPORACIÓN UNIVERSITARIA MINUTO DE DIOS
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA CIVIL
GIRARDOT
2007**

**ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA PARA
LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS DE DOS PLANTAS, EN
GUADUA, EN LA CIUDAD DE GIRARDOT**

**WILLIAM RAMIEZ CASANOVA
OSCAR DANIEL SARMIENTO CABALLERO**

Trabajo realizado para optar al Título de Ingeniero Civil

**CORPORACIÓN UNIVERSITARIA MINUTO DE DIOS
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA CIVIL
GIRARDOT
2007**

Nota de aceptación

Presidente del Jurado

Jurado

Jurado

Jurado

Girardot, 25 de agosto de 2008

AGRADECIMIENTOS

Al Ingeniero Ramón Sepúlveda, Coordinador de la Facultad de Ingeniería Civil de la Corporación Universitaria Minuto de Dios, sede Girardot, por sus asesorías en el área estructura e hidráulica.

Al ingeniero Edwin Quiñónez en el área estructural de la guadua.

Al Ingeniero Juvenal López, asesor en la elaboración del proyecto.

CONTENIDO

	Pág.
1. TÍTULO	17
2. GUADUA	18
2.1 DESCRIPCIÓN	18
2.2 PROPIEDADES FÍSICAS DE LA GUADÚA	19
2.3 RECOMENDACIONES PARA EL USO Y PRESERVACION DE LA GUADUA	21
3. MODELO DE VIVIENDA PARA CASA TIPO DE DOS PLANTAS, EN SISTEMA CONSTRUCTIVO BASADO EN GUADUA	24
3.1 DESCRIPCIÓN	24
3.2 LOSA ENTRE PISO	26
3.3 PLANTA DE CUBIERTA	28
3.4 PLANTA DE CIMENTACIÓN	30
4. DETERMINACIÓN DE LA VIABILIDAD TÉCNICA DEL SISTEMA CONSTRUCTIVO EN GUADUA PARA LA VIVIENDA TIPO PROPUESTA, ATENDIENDO A NORMAS DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN UNIVERSALMENTE ACEPTADAS	32
4.1 CALCULO HIDRAHULICO DE CASA UNFAMILIAR DE DOS PLANTAS	32
4.2 ANÁLISIS ESTRUCTURAL.	33
5. DETERMINAR LOS COSTOS ASOCIADOS AL SISTEMA CONSTRUCTIVO EN GUADUA PROPUESTO, BAJO EL CONTEXTO LOCAL.	57

5.1 PRESUPUESTO DE CONSTRUCCION PARA VIVIENDAS UNIFAMILIARES DE DOS PLANTAS. SISTEMA DE CONSTRUCCION " EN GUADUA "	57
6. MODELO DE VIVIENDA PARA CASA TIPO DE DOS PLANTAS, EN SISTEMA CONSTRUCTIVO BASADO MUROS CONFINADOS	59
6.1 DESCRIPCIÓN	59
6.2 PRESUPUESTO DE CONSTRUCCION PARA VIVIENDAS UNIFAMILIARES DE DOS PLANTAS. SISTEMA DE CONSTRUCCION "MUROS CONFINADOS"	61
7. COMPARAR EN TÉRMINOS DE COSTOS Y TÉCNICA DE CONSTRUCCIÓN, LA ALTERNATIVA DE VIVIENDA EN GUADUA, VERSUS OTROS SISTEMAS CONSTRUCTIVOS CONVENCIONALES “MUROS CONFINADOS”	63
7.1 DISPONIBILIDAD DE LA GUADUA EN GIRARDOT	64
7.2 DISPONIBILIDAD DE MANO DE OBRA	64
7.3 VENTAJAS DEL USO DE LA GUADUA EN LA CONSTRUCCIÓN	65
7.4 DESVENTAJAS DEL USO DE LA GUADUA EN LA CONSTRUCCIÓN	65
8. CONCLUSIONES	67

LISTA DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Recomendación las dimensiones mínimas, cantidades de refuerzo y calidad del acero y del hormigón:	30
Cuadro 2. Resultados fuerza horizontal equivalente	46
Cuadro 3. Elemento comp. (Kg.) tensión (Kg.) Elemento comp. (Kg.) tensión (Kg.)	47

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Guadua	18
Figura 2. Bosque de guadua	21
Figura 3. Planta primer piso y segundo piso	24
Figura 4. Planta segundo piso	25
Figura 5. Planta entrepiso	27
Figura 6. Cortes y detalles	27
Figura 7. Detalle apoyo páneces vigas de entrepiso	28
Figura 7. Estructura de cubierta	29
Figura 8. Planta de cimentación	31
Figura 9. Elementos verticales eje 3	53
Figura 10. Elementos verticales eje 1	53
Figura 11. Elementos verticales eje A	54
Figura 12. Elementos verticales eje B	54
Figura 13. Elementos verticales eje C	55
Figura 14. Planta primer piso	59
Figura 15. Planta segundo piso	60

LISTA DE GRÁFICAS

	Pág.
Gráfica 1. Porcentaje y diferencia de los dos sistemas	63

LISTA DE ANEXOS

Pág.

Anexo A

APU de los dos sistemas

Archivo Excel

Anexo B

Planos generales del proyecto, con sus debidos detalles

Archivo Auto Cad

GLOSARIO

Casas de guadua, algunas de ellas no se especifican en los capítulos anteriores pero fueron incluidas como una especie de guía para el estudio de obras relacionadas con el tema, un gran A continuación se presenta un glosario de las palabras mas utilizadas en la construcción de porcentaje de estas palabras fue extraído de la tesis de Angulo, Bravo y Durango (ver bibliografía).

ABROQUELADO: de figura de broquel.

ADOBE: ladrillo grande, elaborado a mano y secado al sol.

ALAMUD: cerrojo cuadrado y plano para cerrar puertas desde el interior.

ALDABA: llamador que se pone a las puertas. Barra con que se aseguran los postigos o puertas.

ALDABILLA: aldaba pequeña en forma de gancho con la que se cierran los postigos.

ALERO: parte inferior del tejado que sobresale a la pared.

AMARRADIJO: nudo mal hecho.

ARGAMASA: mortero preparado con cal, arena y agua empleado en obras de albañilería.

ARREQUIVE: adornos, atavíos.

ASTILLA: fragmento, raja de una madera.

ATAIRE: moldura sobre puertas y ventanas.

BAHAREQUE: técnica constructiva donde la pared es hecha con marcos de madera y guadua o uno de los dos materiales, unidas con esterilla de guadua (en algunas ocasiones), recubierto posteriormente con malla y recubriéndola con pañete de mortero o barro conformado este su acabado final.

BALAUSTRADA: serie de balaustres colocados entre los barandales.

BALAUSTRE: columnita para formar las barandillas.

BALCON: ventana grande con barandilla saliente.

BANQUEO: desmonte de un terreno.

BROQUEL: defensa o amparo.

CALADO: labor que se hace sacando hilos y también taladrando cualquier material.

CALICANTO O MAMPOSTERIA: obra hecha en piedra y argamasa.

CAÑA BRAVA O CHUSQUE: especie de aguadilla, perteneciente a la familia del bambú, con un diámetro de aproximadamente 2.5cm y alcanzando longitudes de hasta 6m.

CARRERA: solera superior de los muros, construida en madera o guadua.

CELOSIA: enrejado de listoncitos de madera o metal, para puertas y ventanas.

COLUMNA: elemento de madera o guadua, de orientación vertical cuyo objetivo principal es el de resistir las cargas de compresión.

CORREA: elemento horizontal de la estructura de cubierta, encargado de recibir las piezas que componen la cubierta.

CUADRO: nombre dado también a la columna.

CUARTON: madero que resulta de serrar longitudinalmente en cruz, una pieza entera.

CUMBRERA: caballete del tejado, es el punto de intersección entre las dos aguas del techo.

CHAMBRANA: adorno o moldura de madera u otro material que se pone alrededor de puertas y ventanas.

DIAFRAGMA: elemento estructural que distribuye las fuerzas inerciales laterales a los elementos verticales del sistema de resistencia sísmica.

DIAGONAL: también llamado riostra, en las casas de bahareque consiste en la guadua o madero que une los párales o pie derechos adyacente entre si, transmitiendo y repartiendo las cargas entre las soleras de piso y techo.

DINTEL: marco superior de ventanas o puertas, ubicado entre estas y el cielo raso.

DURMIENTE: madero colocado horizontalmente y sobre el cual se apoyan otro verticales u horizontales.

EMBUTIDO: introducir barro dentro de las paredes.

ENLATADO: conjunto dispuesto de guadua y esterillas antes de pañetar.

ENVIGADO: conjunto de vigas o elementos horizontales que conforman la estructura de entrepiso o de cubierta de una casa.

ESTERILLA: estera que se forma por incisiones longitudinales en la guadua, utilizada preferencialmente en la conformación de las paredes.

ESTANTILLOS: parales o pie derechos de madera resistente, utilizados para dar firmeza a las construcciones en guadua.

FALLEBA: varilla acodillada y giratoria entre anillos con que se cierran las puertas y ventanas.

GOZNES: combinación de dos piezas metálicas, la una con un tubo en el cual encaja la espiga que tiene la otra y que sirve para asegurar puertas y ventanas.

GUARDALUZ: pieza de madera que tiene como fin tapar los empalmes, no dejar pasar la luz y dar un acabado estético a las puertas, ventanas y cielorasos.

JAMBAS: marco lateral con que se rodean las puertas.

LISTON: pedazo de cuartón estrecho utilizado como refuerzo y entramado de techo.

MURO: elemento estructural vertical que soporta y transmite a la cimentación las cargas provenientes del entrepiso y cubierta.

PAÑETE: llamado también enlucido, repello o revoque, capa exterior que se aplica a los muros, está hecha con mortero.

PESTILLO: pasador o cerrojo para cerrar la puertas desde adentro.

PIE DE AMIGO: elemento oblicuo que transfiere cargas a los verticales, columnas.

PIE DERECHO: elemento vertical, de madera o guadua, que hace parte de la estructura de un muro.

POSTIGO: puerta o ventana pequeña abierta dentro de otra de mayor tamaño.

RENGLON: pieza de madera de doble cara que sirve para sobreponer el nivel.

REY: pieza principal de la estructura de techo de algunas casas de bahareque, esta ubicado en el centro recibiendo las cargas de la

cumbrera, encargado de dar la pendiente a la cubierta, también recibe el nombre de pendolon.

ROLLIZA: estado cilíndrico natural original de los tallos de guadua y madera.

SOLERA: madero horizontal que sirve de base a la estructura de un muro e integra las cargas de los pie derechos.

TAPIA: técnica constructiva en la que se utiliza la tierra para fabricar paredes, amasándola y apisonándola con agua dentro de un molde o formaleta.

TASAJERA: elemento que mantiene el techo con una inclinación adecuada.

VANO: espacio abierto en un muro.

VARILLON: pieza de guadua, vara larga y delgada empleada para elaborar el entramado de techo, llamado también limatón.

VIGUETA: elemento estructural horizontal secundario de un entramado de piso, el cual trabaja principalmente a flexión.

VOLUTA: adorno en forma de caracol o espiral que se coloca alrededor de puertas y ventanas.

ZAGUAN: vestíbulo, portal.

ZOCALO: base, cuerpo inferior de una edificación.

ZUNCHO: abrazadera de hierro u otro material resistente con que se refuerzan los empalmes de los elementos de guadua en las viviendas de bahareque.

INTRODUCCIÓN

El hombre desde sus inicios, siempre ha buscado la forma de estar protegido por medio de refugios naturales o artificiales; en muchas ocasiones debido a los movimientos telúricos ocasionados por la dinámica tectónica de la corteza terrestre, estos refugios dejan de serlo para convertirse en trampas mortales; por esto la ingeniería estructural ha buscado la forma de realizar construcciones seguras, económicas y funcionales.

En Girardot se han visto muy poco, casas tipo, construidas en bareque cuyo componente principal es la guadua. Se ha comprobado con los movimientos de origen sísmicos presentados en las últimas décadas, que algunas viviendas construidas con este material “guadua”. Presentan un comportamiento superior al de otros sistemas constructivos como los son la mampostería. esto de acuerdo a la investigación de Rafael Alberti Santamaria Moya Universidad Nacional De Colombia Facultad De Minas Sede Medellín Facultad De Ingeniería Y Arquitectura.

También determinación de la viabilidad técnica y económica del sistema de construcción basado en Guadua para viviendas de dos plantas, en Girardot y la región.

Proponer un modelo de vivienda para casa tipo de dos plantas, en sistema constructivo basado en guadua.

Determinar la viabilidad técnica del sistema constructivo en guadua para la vivienda tipo propuesta, atendiendo a normas de diseño y construcción universalmente aceptadas.

Determinar los costos asociados al sistema constructivo en guadua propuesto, bajo el contexto local.

Comparar en términos de costos y técnica de construcción, la alternativa de vivienda en guadua, versus otros sistemas constructivos convencionales.

1. TÍTULO

Estudio de factibilidad técnica y económica para la construcción de viviendas de dos plantas, en guadua, en la ciudad de Girardot

2. GUADUA

En el mundo existen alrededor de 98 géneros y 1035 especies de bambú, las cuales se encuentran diseminadas en todos los continentes excepto en Europa; en Latinoamérica entre los mas destacados por su resistencia y características físicas y mecánicas esta el conocido en nuestro medio por le nombre vulgar de "guadua", que ha sido clasificado con el nombre científico de *Bambusa Guadua* (*guadua angustifolia*), encontrándose en Colombia, Ecuador y Perú.

2.1 DESCRIPCIÓN

Figura 1. Guadua



La guadua posee una altura que oscila entre 8 y 30m, un diámetro que oscila entre 8 y 15cm, internudos relativamente cortos y un espesor de 2cm aproximadamente; Su tallo es leñoso anhidrido ahuecado; además su diámetro y espesor disminuyen con la altura, aumentando también su separación entre nudos.

Comúnmente la guadua se divide en tres partes:

❖ Basa: es la parte inferior de la guadua, presenta mayor diámetro y espesor de pared, nudos más próximos; este tramo posee gran capacidad de carga empleándose en elementos estructurales como vigas y columnas.

❖ Sobrebasa: parte intermedia de la guadua, presenta disminución en su diámetro y mayor separación entre nudos, es utilizada para construir armaduras de techo, soleras etc.

❖ Varillón: es el tercio superior, empleado en cubiertas para acomodar las tejas de barro y en techos de paja.

2.2 PROPIEDADES FÍSICAS DE LA GUADÚA

Se transcribe algunos datos tomados de las obras de algunos investigadores.

Investigaciones de Julius Joseph Antonius Janssen. En la obra "Bamboo in building structures", del año 1981, el autor realiza una serie de ensayos sobre la especie bambusa blumeana de procedencia Filipina, con características similares a la guadua angustifolia, el investigador calculó unos coeficientes los cuales son multiplicados por el peso específico del material para hallar la resistencia del mismo, en nuestro caso la guadua posee un $G=630 \text{ kg/m}^3$.

Resistencia a la tracción última. La especie investigada posee una resistencia máxima a la tracción de 300 Mpa en estado seco y una resistencia mínima de 200Mpa en estado verde.

Resistencia a la compresión última. Se obtuvo la relación $0.094 \cdot G=59.22 \text{ Mpa}$ para bambú en estado seco y $0.075 \cdot G = 47.3 \text{ Mpa}$ para bambú en estado verde.

Resistencia a la flexión última. Para Bambú en estado seco se obtuvo la relación $0.14 \cdot G=88.2 \text{ Mpa}$ y para bambú en estado verde igual a $0.11 \cdot G=69.3 \text{ Mpa}$.

Resistencia a cortante última. Una vez realizados los ensayos sobre una gran cantidad de probetas de bambú con contenidos de humedad de 4, 9 y 12% se obtuvo la relación igual a $0.021 \cdot G = 13.23 \text{ Mpa}$.

Investigaciones de Oscar Hidalgo López. En la obra "Bambú su cultivo y aplicaciones en la fabricación de papel, construcción, arquitectura, ingeniería y artesanías", del año 1973, tenemos:

Resistencia a la tracción. La guadua en la zona de entrenado posee una resistencia a la tracción máxima de 325 Mpa y una resistencia mínima de 183 Mpa, a su vez en la zona del nudo una resistencia a la tracción máxima de 348 Mpa y una resistencia mínima de 127Mpa; En la zona del entrenado se tienen unos promedios máximos de resistencia de 264Mpa y en la de los nudos de 229 Mpa.

El modulo de elasticidad máxima a la tracción es de 31640 Mpa y el mínimo de 14062Mpa.

(El termino tracción es empleado en algunas regiones del país en vez de tensión).

Resistencia a la compresión. La resistencia máxima a la compresión es de 86 Mpa y la mínima de 56 Mpa, además un módulo de elasticidad a la compresión máximo de 19900 Mpa y mínimo de 15187 Mpa.

Resistencia a la flexión. La resistencia máxima a la flexión es de 276 Mpa y la mínima de 76 Mpa, además de un módulo de elasticidad a la flexión máximo de 22000 Mpa y mínimo de 10547 Mpa.

Resistencia de las fibras de la capa externa e interna de la pared del tallo. En la capa exterior se tiene una resistencia a la flexión de 253 Mpa y una resistencia a la tracción de 309 a 330 Mpa y en la capa interior una resistencia a la flexión de 95 Mpa y una resistencia a la tracción de 148 a 162 Mpa.

Otras investigaciones. Investigaciones realizadas a nivel regional por estudiantes de ingeniería civil de la universidad del Quindío, destacándose los siguientes trabajos:

Resistencia de maderas usadas en el Quindío para la construcción de vivienda. Tesis de grado realizada en 1986, se realizaron ensayos de laboratorio donde se determinaron las tensiones de trabajo para compresión paralela (7.17MPa) y flexión estática (2.93MPa), módulo de elasticidad (7699MPa).

Puentes en do mayor. Tesis de grado realizada en 1991, se realizaron ensayos de laboratorio a dos especies de guadua como son cebolla y macana, las tensiones últimas; también se determinaron la densidad verde (890kg/m³ para macana y 880kg/m³ para cebolla), densidad básica (670kg/m³ para macana y 580kg/m³ para cebolla), densidad seca al aire (1220kg/m³ para cebolla y 1260kg/m³ para macana) y módulo de elasticidad (mínimo 2500MPa y máximo 3000MPa).

2.3 RECOMENDACIONES PARA EL USO Y PRESERVACION DE LA GUADUA

Para evitar el deterioro progresivo de la guadua con el transcurrir del tiempo, se deben tener en cuenta cuidados y tratamientos importantes durante el proceso preliminar a su utilización en la construcción.

Figura 2. Bosque de guadua



Edad de corte. La guadua adquiere su máxima resistencia entre los primeros 3 y 6 años de vida, el bambú a esta edad se denomina sazonado. El corte debe hacerse aproximadamente entre 15 y 30 cm sobre el nivel del suelo por encima del nudo, además se recomienda realizarlo en invierno puesto que los insectos se encuentran en hibernación. Para esta operación se den utilizar machetes o sierras limpios, el uso de hachas no es recomendable.

Curado de la guadua. Una vez cortadas las guaduas deben ser curadas para reducir los posibles ataques de insectos xilófagos. Existen varios tratamientos de curado como son en la planta, por inmersión y por calentamiento; el primero de ellos consiste en dejar los tallos recostados verticalmente junto a la mata sin remover ramas ni hojas, evitando el contacto con el suelo por medio de piedras o cualquier otro tipo de soporte de 4 a 8 semanas; el de la inmersión como su nombre lo indica propone sumergir los tallos en agua durante por lo menos 4 semanas; el otro método, por calentamiento, consiste en someter la guadua al fuego directo, debe rotarse y evitar el quemado del elemento esta operación es benéfica puesto que elimina insectos alojados en su interior y también sirve para enderezar tallos torcidos.

Secado. Las plantas en su estado natural transportan su alimento por medio de la savia; dicha humedad es abundante en las guaduas, por lo cual debe ser sometida a secado hasta obtener una humedad entre el 10 y 15%, el secado se realiza para mejorar las propiedades mecánicas del material ya que la resistencia aumenta al reducir la humedad; además, cuando la guadua alcanza su estado seco se contrae ocasionando fallas en la construcción; otra razón importante radica en que algunos organismos encargados de manchar y pudrir los elementos no se alojan en la guadua si la humedad es menor al 15%.

La Guadua en ocasiones presenta defectos durante el secado, atribuible, al mal estado del elemento a secar o a la contracción que sufre el material al perder humedad, como: agrietamientos en la superficie, rajaduras, colapso, deformaciones, y cambio de color. Existen diversos métodos de secado entre ellos: al aire, en estufa y a fuego abierto.

Secado al aire. Este método consiste en apilar las guaduas en capas paralelas o perpendiculares aisladas entre si por medio de separadores, los tallos se almacenan bajo cubiertas protegidos de la intemperie pero expuestos a una atmósfera secante. La velocidad de secado es inversamente proporcional a la humedad del ambiente y a la cantidad de barreras naturales o artificiales alrededor del recinto que impiden el paso del viento a través de él.

Secado en estufa. Se realiza utilizando estufas provistas de cámaras de metal o de hormigón y ladrillo; en este método el control de humedad, de temperatura y velocidad del aire en contacto, pueden ser controladas. Este secado es más rápido que el descrito anteriormente

pero más costoso; es recomendable cuando se hace el secado de un gran volumen de guaduas.

Secado a fuego abierto. Esta técnica consiste en someter a los tallos a una llama constante de una altura aproximada de 15cm, ya sea alimentada por carbón o madera seca, elevándose las guaduas 50 cm sobre el suelo o en su defecto hacer una zanja de la misma altura; se recomienda girar el bambú para calentarlo uniformemente y que haya sido secado al aire hasta que su contenido de humedad sea del 50%.

3. MODELO DE VIVIENDA PARA CASA TIPO DE DOS PLANTAS, EN SISTEMA CONSTRUCTIVO BASADO EN GUADUA

3.1 DESCRIPCIÓN

Se diseñará una vivienda unifamiliar de dos pisos con altura libre entre pisos de 2.40m, una área total construida de 35.5008 m², sobre un lote de 46.02m² (5.16x8.92m); estas áreas se deben, a una forma simple y regular sin asimetrías exageradas, las cuales conllevan a concentraciones de fuerzas no deseadas en algunos sectores, debido a movimientos de torsión por su falta de regularidad.

Figura 3. Planta primer piso y segundo piso

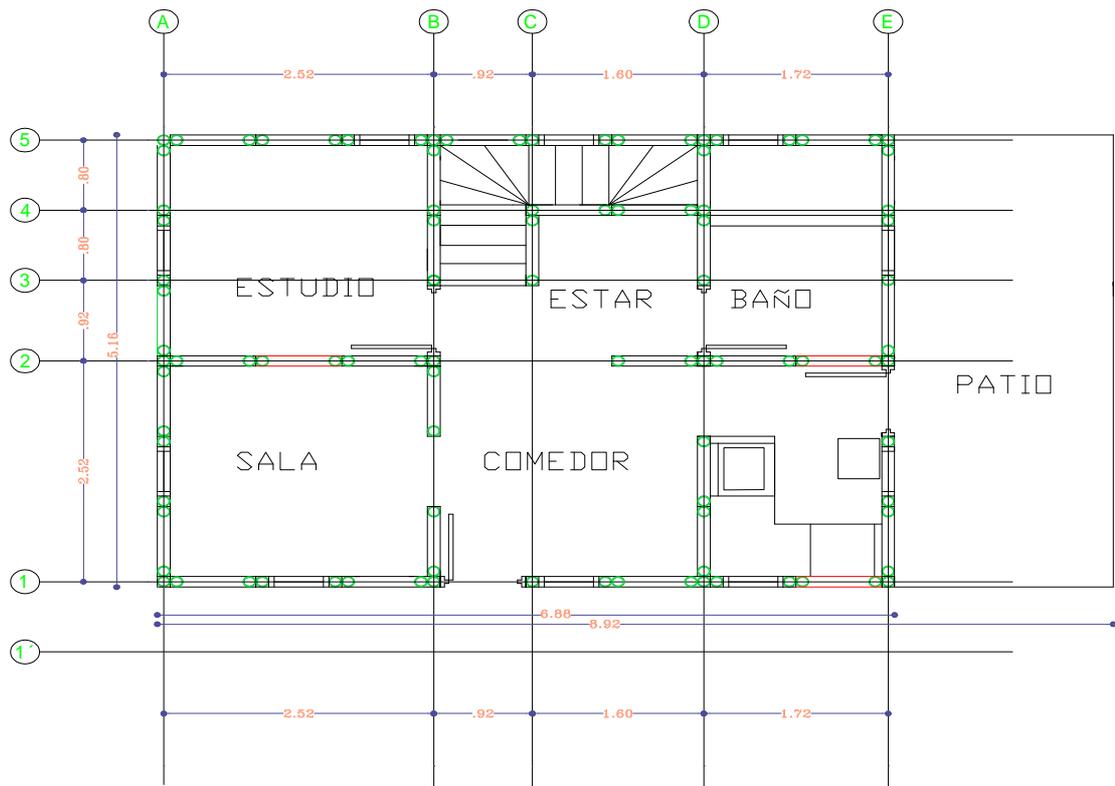
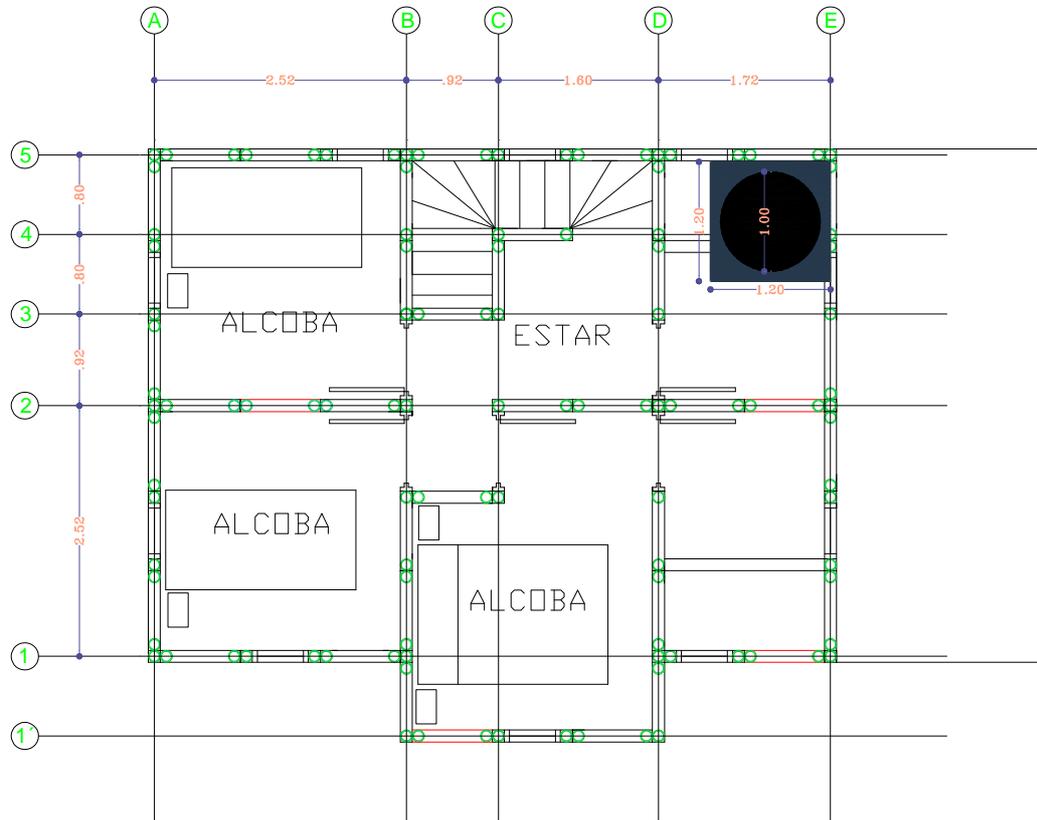


Figura 4. Planta segundo piso



Se analizarán uno a uno los puntos relacionados, también se realizará un análisis estructural de la vivienda en conjunto, para evaluar su comportamiento ante las diferentes cargas: Gravitacionales y sísmicas, y hallar las tensiones en los diferentes elementos que la componen. Se debe tener en cuenta que el buen comportamiento de una estructura depende de su geometría, es decir, las viviendas deben presentar Además los elementos que la componen deben tener una buena continuidad con rigideces y dimensiones constantes, evitando al máximo cambios bruscos en ellas. Otro aspecto importante es la utilización de materiales adecuados para garantizar una buena resistencia de estos ante sollicitaciones, en especial de tipo sísmico.

3.2 LOSA ENTRE PISO

Se construirá una losa compuesta por vigas soleras de madera y viguetas de guadua, se muestra en planta la distribución de los elementos del entrepiso empleados.

La losa de entrepiso debe comportarse como un diafragma en su propio plano y ofrecer así un buen comportamiento de la estructura para una correcta utilización de todos los muros estructurales, para tal efecto debe proveerse el adecuado amarre de los elementos que la componen, debe considerarse también la correcta distribución de esta para soportar las cargas verticales (muerta y viva) .

Los entrepisos están compuestos por un conjunto de viguetas de madera o guadua, separadas entre si máximo 40cm; en el caso de la guadua se deben usar mínimo dos superpuestas verticalmente y aseguradas por medio de un zuncho metálico; encargadas de soportar directamente las cargas del entrepiso, como son: acabados (esterilla, mortero y refuerzo) y las cargas vivas; las viguetas descansan sobre las vigas soleras que a su vez se apoyan sobre las carreras superiores de los muros estructurales del primer piso; para el caso de las soleras se recomienda construirlas en madera densa, ya que cuando son elaboradas en guadua se corre el riesgo de sufrir aplastamientos; se nota corte del entrepiso con viguetas de guadua.

En ningún caso la losa de entrepiso debe realizarse en hormigón reforzado, puesto que presenta una masa considerable y dificulta su conexión con los muros estructurales que la soportan.

Los acabados a emplear en la losa de entrepiso deben ser livianos para evitar la adición de demasiada masa a la placa, representando una disminución de la fuerza sísmica sobre la estructura; particularmente se recomienda aplicar una capa de colorante (mineral) como capa final; es conveniente no emplear baldosa de cemento ni de cerámica.

Figura 5. Planta entrepiso

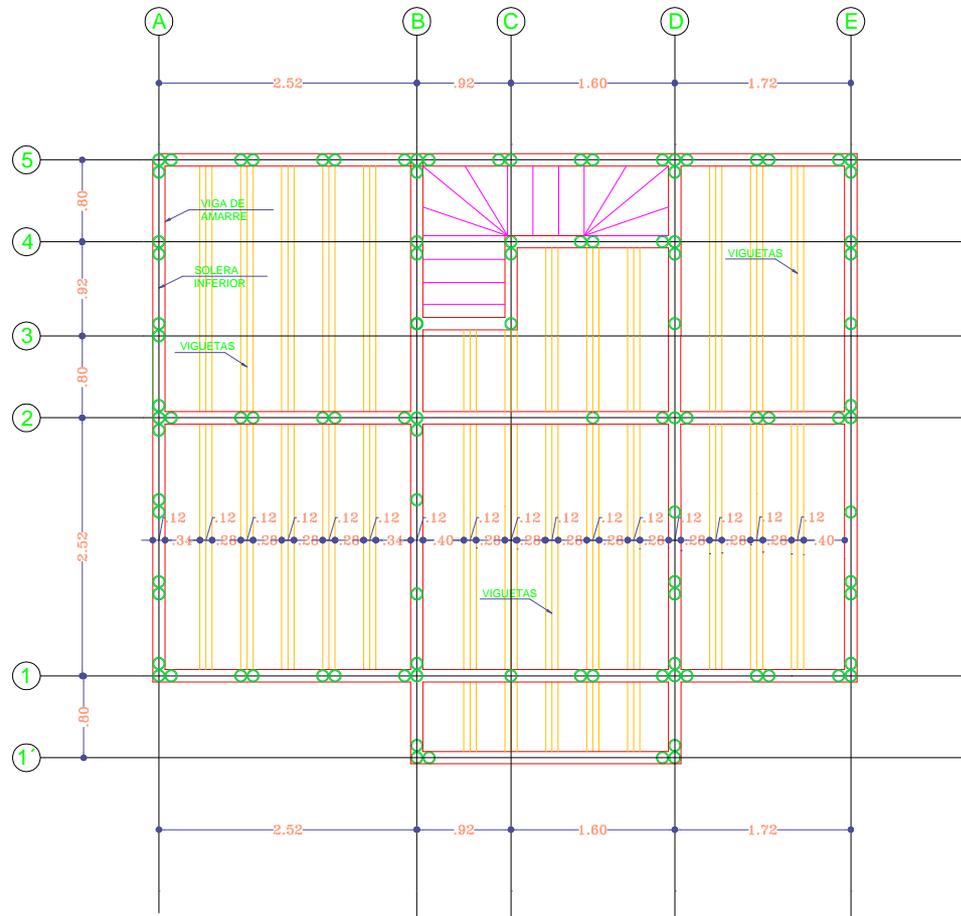


Figura 6. Cortes y detalles

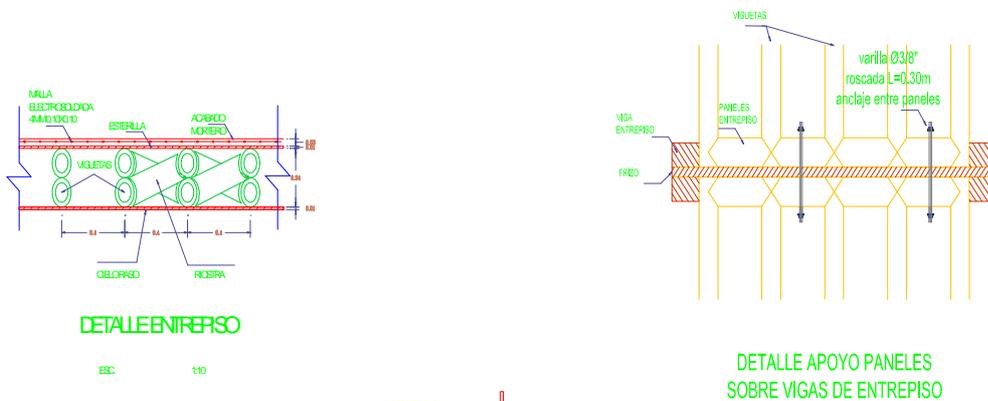
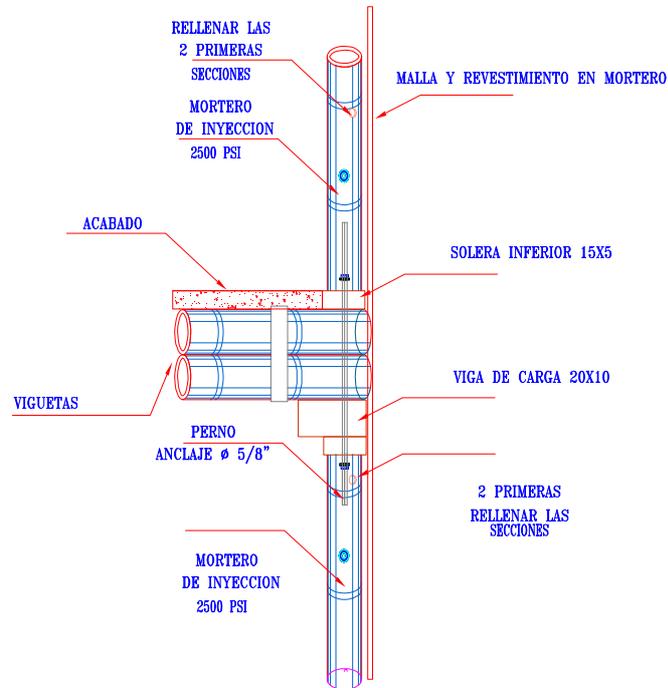


Figura 7. Detalle apoyo p neles vigas de entrepiso



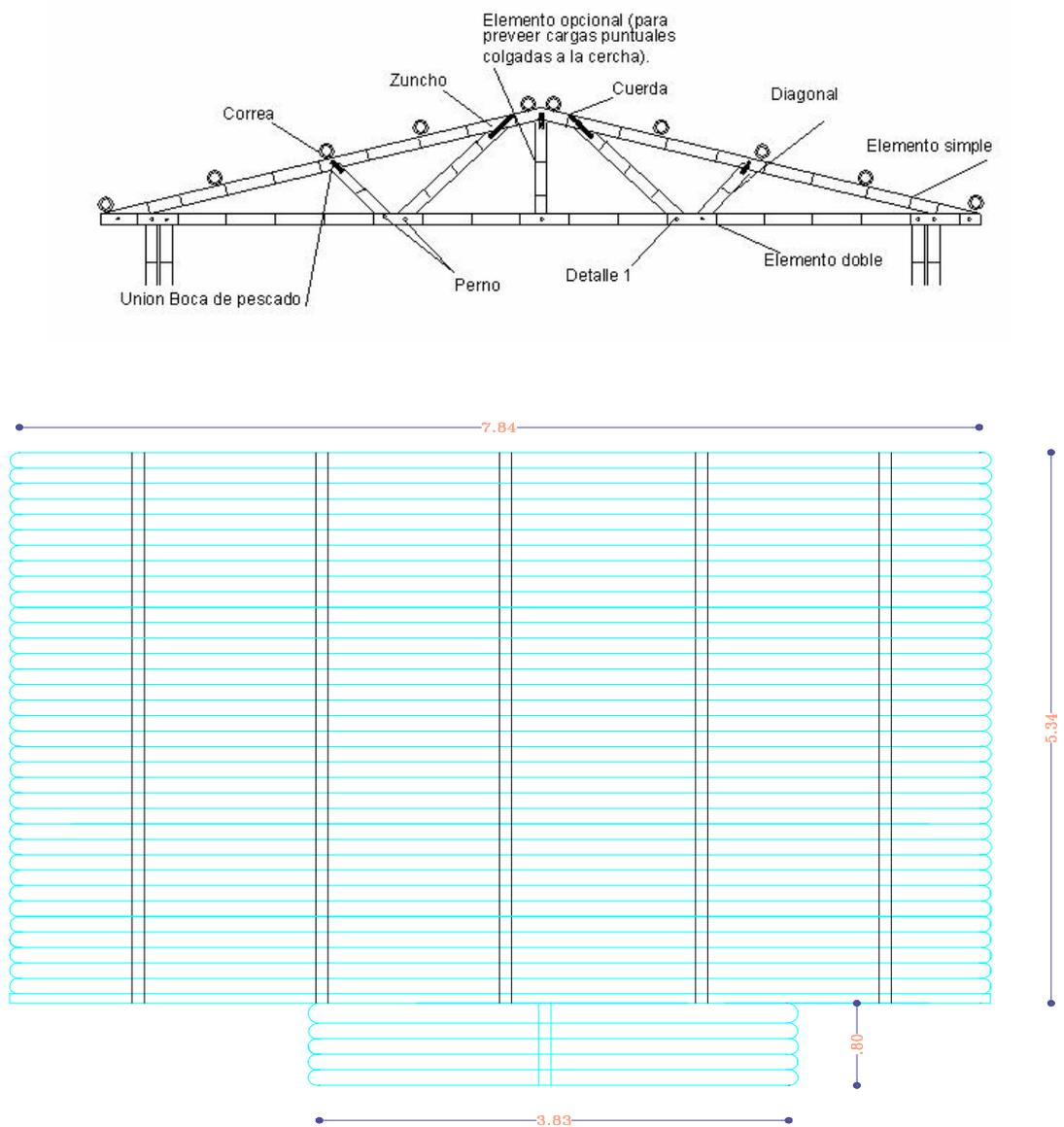
3.3 PLANTA DE CUBIERTA

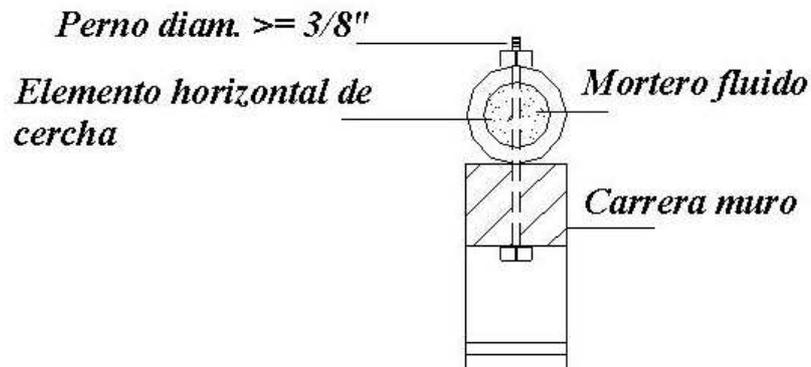
La estructura de cubierta debe conformar un conjunto uniforme que garantice la estabilidad ante cargas laterales y un correcto soporte y distribución de cargas verticales; las cubiertas más empleadas en nuestro medio son las de cuatro y dos aguas, estas últimas son más útiles en el área urbana puesto que los lotes son más limitados, dejando las de cuatro aguas a las casas campestres.

Para este tipo de viviendas se recomienda no emplear tejas de barro, las cuales son demasiado pesadas y producen fuerzas mayores que las de tipo liviano al ser aceleradas por el efecto de las ondas sísmicas, en su defecto se deben emplear tejas de asbesto cemento o similares, con la ventaja de encontrarse en diversos tamaños, colores y texturas, además de la utilización de menos material puesto que permite ampliar las luces entre correas.

Los principales elementos que constituyen una estructura de cubierta son las cerchas y correas; en muchos casos las casas de paneles guadua presentan una longitud de muros considerable los cuales sirven de apoyo a la estructura de cubierta, conformando estos a su vez las cuchillas que darán la pendiente a la cubierta, cuando esto sucede su fabricación se hace de acuerdo a los elementos constituidos de las cuchillas.

Figura 7. Estructura de cubierta





3.4 PLANTA DE CIMENTACIÓN

Para viviendas de bahareque se recomienda emplear cimentaciones de hormigón reforzado apoyadas sobre el terreno natural firme o sobre una sustitución de suelo compactada; dicha cimentación debe conformar un diafragma de anillos cerrados los cuales deben asegurar la correcta distribución de cargas al suelo evitando asentamientos diferenciales.

Del "Manual de construcción sismo resistente de viviendas de uno y dos pisos de bahareque en cementado" se extrajo la siguiente tabla, en donde se recomiendan las dimensiones mínimas, cantidades de refuerzo y calidad del acero y del hormigón:

Cuadro 1. Recomendación las dimensiones mínimas, cantidades de refuerzo y calidad del acero y del hormigón:

	Un piso (mm)	Dos pisos (mm)	Calidad
Ancho	300	300	Fc=17.25 MPa
Alto	300	300	Fc=17.25 MPa
Acero longitudinal	4 N°3	4 N° 4	Fy=325 MPa
Estribos	N° 2 a 200	N° 2 a 200	Fy=325 MPa
Bastones verticales	N°	N°4*	Fy=325 MPa

Los bastones deben colocarse en los extremos de cada muro, en las intersecciones con otros muros, y en lugares intermedios, a distancias no mayores de 35 veces el espesor efectivo del muro o 4m, lo que sea menor, anclados a la viga de cimentación con una profundidad no inferior a la mitad de su altura. Si entre la cimentación hay una sobre

cimentación de mampostería o concreto, los bastones deben estar embebidos en esta, por lo menos con una longitud de 300mm.

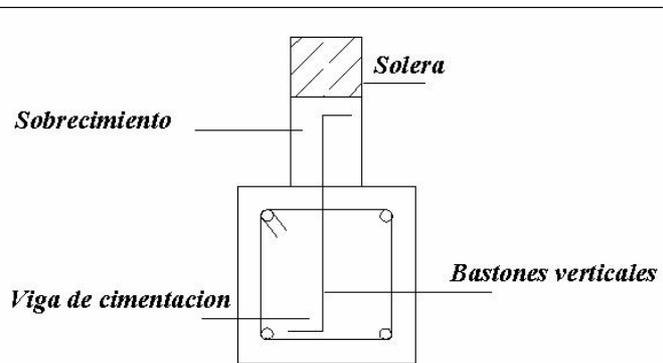
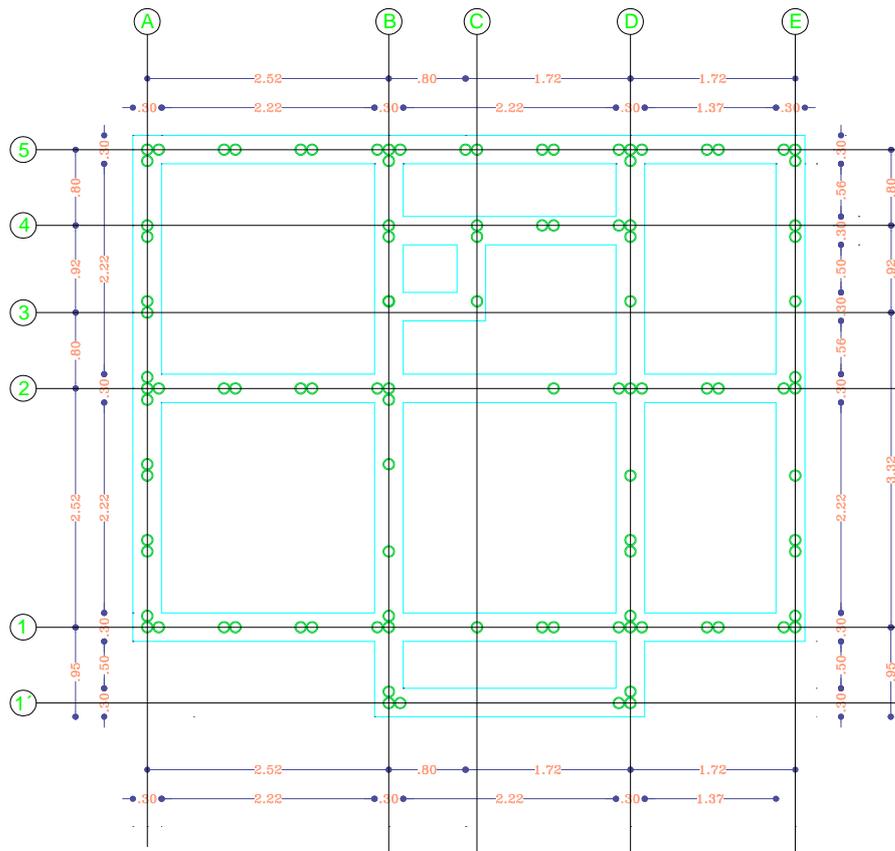


Figura 8. Planta de cimentación



4. DETERMINACIÓN DE LA VIABILIDAD TÉCNICA DEL SISTEMA CONSTRUCTIVO EN GUADUA PARA LA VIVIENDA TIPO PROPUESTA, ATENDIENDO A NORMAS DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN UNIVERSALMENTE ACEPTADAS

4.1 CALCULO HIDRAHULICO DE CASA UNFAMILIAR DE DOS PLANTAS

1 Evaluar cantidad de habitantes

Se construye una casa unifamiliar de dos plantas para cuatro personas, la casa consto de una cocina, dos baños y un patio de ropas

2 Se asigna dotación

230 lit/hab*día = dotación asignada por el acueducto de la región

Determina mínimo volumen de reserva

3 de agua

4 hab * 230 lit / hab * día = 920 lit / día

Volumen de diseño = .092 m³

Volumen de diseño = 1m³

4 Calculo de la acometida

Presión en la red de acueducto **PDR**: 15 m.c.a

L: longitud tubería entre la acometida y el flotador del tk: 5.17 m

J: pérdida máxima admisible

$$J: PDR = \frac{15}{5.17 * 1.5} = \frac{15}{77.55} = 0.193 \text{ m / m}$$

$$Q: \text{volumen} = \frac{1000}{8h * 3600\text{seg}} = 0.0347 \text{ lit / seg}$$

1h

Hazen William por pérdida de fricción:

pvc = 150 **abestocemento** = 140
hierro = 100 **cobre** = 140

J : ($Q / 280 * C * \text{Diámetro } 2.63$) 1.85

J: ($0.0347 / 280 * 150 * \text{diámetro } 2.63$) 1.85

Hallamos el diámetro

Diámetro: ($0.0347 / 280 * 150 * J 0.54$) 0,38

Diámetro : ($0.0347 / 280 * 150 * 0.193 0.54$) 0,38

Diámetro: 0.0068 m * (1 pul / 0.0254 m)

Diámetro: 0.267 pul no es comercial = 3/4"

Entonces tomamos 1 pul

5 Cálculo de la presión residual

Pr flotador = PDR - Hf - H estática - Otras pérdidas

H estática y otras pérdidas se igualan acero

Hf = J * L total { longitud tubo + longitud accesorios }

Pr flotador = 15 - 0.013608 J : ($Q / 280 * C * \text{Diámetro } 2.63$) 1.85

Pr flotador = 14.9863 m.c.a J: ($0.0347 / 280 * 150 * 1" 2.63$) 1.85

J: 0.000324 mm

L total = 42

Hf: 0.000324 * 42

Hf: 0.013608

4.2 ANÁLISIS ESTRUCTURAL.

PROYECTO : VIVIENDA PROTOTIPO CONSTRUIDA CON PANELES EN GUADUA

EVALUACION DE CARGAS HORIZONTALES

Ciudad : GIRARDOT

Zona de Amenaza Sísmica : Intermedia (Apéndice A-3 NSR-98)
Aa = 0,2

Coefficiente de Sitio : Perfil de Suelo S-2 (A.2.4 NSR-98)
S = 1,2

Coefficiente de Importancia : Grupo I Estructuras de ocupación normal
I = 1 (A.2.5 NSR-98)

NIVEL	AREA (m ²)	MASA (kg)	ALTURA (m)
primero	35,24	16562,8	2,8
Cubierta	45	6300	5,5
Total	80,24	22862,8	

Período Fundamental Aproximado : (A.4.2.2 NSR-98)

$$T = Ct hn^{3/4} = 0,1795734 \text{ seg.}$$

$$Ct = \text{Otros tipos de sistemas de resistencia sísmica} = 0,05$$

$$hn = \text{altura desde la base al piso más alto del edificio (m)} = 5,5$$

Espectro de Diseño : (A.2.6 NSR-98)

$$Sa = 1.2 Aa S I$$

$$/ T = 1,603801$$

$$\text{Valor máximo (si } T < TC) \quad TC = 0.48 S = 0,576 \text{ seg}$$

$$Sa = 2.5 Aa I = 0,5$$

$$\text{Valor mínimo (si } T > TL) \quad TL = 2.40 S = 2,88 \text{ seg}$$

$$Sa = Aa I / 2 = 0,1$$

Sistema Estructural de Resistencia Sísmica : (A.3.2 NSR-98)
Paneles de cortante en madera (guadua)

Material Estructural Empleado : Madera y guadua

Capacidad de Disipación de Energía (A.3.5 NSR-98)
en el Rango Inelástico : DMO (Capacidad Moderada de Disipación de

Energía)

Coefficiente de capacidad de disipación de energía básico :

Valor de $R_0 = 4,5$ (Tabla A.3-3 NSR-98)

Configuración Estructural de la Edificación : (A.3.3 NSR-98)

Configuración en la altura $O_a = 1$

Configuración en planta : $O_p = 1$

Coefficiente de capacidad de disipación de energía para diseño :

Valor de $R = O_a O_p R_0 = 4,5$ (A.3.3.3 NSR-98)

Método de Análisis Sísmico : (A.3.4 NSR-98)

Método de la Fuerza Horizontal Equivalente

Fuerzas Sísmicas Horizontales Equivalentes (A.4.3 NSR-98)

Cortante Sísmico en la base :

$$\begin{aligned}
 VS = S_a g M &= 30,87 \text{ kN} = 3,087 \text{ Ton} \\
 S_a &= \text{Máxima aceleración horizontal de diseño} = 0,5 \\
 g &= \text{aceleración debida a la gravedad (m/s}^2\text{)} = 9,8 \\
 M &= \text{masa total de la edificación (kg)} = 6300
 \end{aligned}$$

Exponente según período fundamental de la edificación, como

$T = 0,179573 < 0.5$ seg. entonces $k = 1$

Nivel	m_x (kg)	H_{xk} (m)	$m_x h_{xk}$	C_{vx}	F_x (kN)	(Ton)	V_x (kN)	(Ton)
l	16562,8	2,8	46375,84	0,572359	17,6687	1,766871137	17,66871	1,76687
cub	6300	5,5	34650	0,427641	13,2013	1,320128863	13,20129	1,32013
SUMA	22862,8		81025,84		30,87	3,087		

Torsión accidental : (A.3.6.7.1 NSR-98)

Suponer que la masa del piso está desplazada del centro, una distancia igual al 5% de la dimensión de la edificación de ese piso :

Nivel	Lx	Ly	Tx		Ty	
	(m)	(m)	(kN·m)	(Ton·m)	(kN·m)	(Ton·m)
1	6,88	6	6,078037	0,6078	5,300613412	0,530061
cub	7,8	6,5	5,148503	0,51485	4,290418803	0,429042

Fuerzas Sísmicas Reducidas de Diseño :

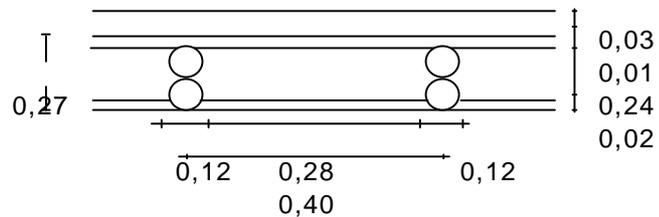
$$E = F_s / R$$

Nivel	Ex		Vx	
	(kN)	(Ton)	(kN)	(Ton)
1	3,9263803	0,392638	3,92638	0,39264
Cub	2,9336197	0,293362	2,93362	0,29336
SUMA	6,86	0,686	6,86	0,68600

PROYECTO : VIVIENDA PROTOTIPO CONSTRUIDA CON PANELES EN GUADUA

EVALUACION DE CARGAS

Entrepiso en guadua : Sección



CARGA MUERTA :

		kN/m ²	kgf/m ²
Entrepiso en madera	(B.3.3 NSR-98)	1,20	120
Mortero sobre entrepiso	(0,03m*2200kg/m ³)	0,66	66
Muros y divisiones internas	(B.3.4.3 NSR-98)	1,50	150
Carga muerta entrepiso		3,36	336

Peso Propio Estructura	Vigas entrepiso, de Cubierta y columnas	1,20	120
Peso teja colonial		0,14	14
TOTAL CARGA MUERTA		<u>4,70</u>	<u>470</u>
CARGAS VIVAS :			
Carga Viva : Cubierta	(B.4.2.1 NSR-98)	0,50	50
Carga Viva : Enterpiso	(B.4.2.1 NSR-98)	1,80	180
TOTAL SOBRECARGAS		<u>2,30</u>	<u>230</u>

NIVEL	CM (Sin peso propio)		CM (Con peso propio)		CV	
	kN/m ²	kgf/m ²	kN/m ²	kgf/m ²	kN/m ²	kgf/m ²
Cubierta	0,14	14	1,34	134	0,50	50
Primer piso	3,36	336	4,70	470	1,80	180

**COLUMNA SOMETIDA A COMPRESION AXIAL
CASA PROTOTIPO CONSTRUIDA CON PANELES EN GUADUA**

Base de Cálculo:

a) Madera del Grupo C. CONSIDERAR LA GUADUA EN ESTE GRUPO ESTABLECE IMPLICITAMENTE UN FACTOR DE SEGURIDAD

b) Carga concentrada = 6000 kg

c) Condiciones de apoyo:

$k = 1,5$
Longitud (l) = 2,5 m

Longitud efectiva:

$l_{ef} = k * l$

$$l_{ef} = 1,5 * 2,50 = 3,75 \quad \text{m}$$

2) Efectos máximos:

$$\text{Carga axial de compresión} = 6000 \quad \text{Kg}$$

3) Esfuerzos admisibles, módulo de elasticidad y C_k :

$$\begin{aligned} f_c &= 80 \quad \text{kg/cm}^2 \\ E_{min} &= 55000 \quad \text{kg/cm}^2 \\ C_k &= 18,42 \end{aligned}$$

4) Seleccionar escuadria:

$$\begin{aligned} \text{Sección} &= 12 * 22 \quad \text{cm} \\ b &= 22 \quad \text{cm} \\ h &= 12 \quad \text{cm} \\ A &= 264 \quad \text{cm}^2 \end{aligned}$$

5) Cálculo de esbeltez :

$$\lambda = \frac{l_{ef}}{d}$$

$$\lambda = 375 / 22 = 17,05$$

$\lambda < C_k$ \longrightarrow Es una columna larga

6) Carga admisible:

Para columnas largas se aplica :

$$N_{adm} = 0,329 \frac{E_{min} A}{\lambda^2}$$

$$N_{adm} = 0,329 * (55000 * 264 / 17,05) = 16442 \quad \text{Kg}$$

$$16442 \quad \text{kg} > 6000 \quad \text{Kg}$$

La sección es adecuada.

Diseño de vigas

1) Bases de Cálculo =

a) Madera Grupo B

b) Cargas:

Peso propio (Seccion de 9cm * 24 cm) = 21,6 Kg/m

Peso muerto:

Techo = 78 Kg / m²

Piso = 31 Kg / m²

Entramado = 70 Kg / m²

Sobrecargas :

Techo = 100 Kg / m²

Piso = 200 Kg / m²

c) Viga simplemente apoyada:

Luz viga = 2,6 m

Luz techo = 3 m

Esp. Viguetas= 0,5 m

2) Efectos máximos:

Cargas muertas:

Peso propio = 21,6 Kg/m

Techo = 78 kg/m² * 3 m = 234 Kg/m

Piso = 31 kg/m² * 0,5 m = 15,5 Kg/m

Entramado = 70 Kg/m

Total Cargas muertas (wd) = 341 Kg/m

Sobrecargas:

Techo = 100 kg/m² * 3 m = 300 Kg/m

Piso = 200 kg/m² * 0,5 m = 100 Kg/m

Total Sobrecarga (w1) = 400 Kg/m

CARGA TOTAL = wd + w1 = 741 Kg/m

Momento máximo :

$$M_{\max} = \frac{wL^2}{8}$$

Mmax = (741 * 2,62) / 8 = 626 Kg-m

Cortante maximo :

$$V_{\max} = \frac{wL}{2}$$

Vmax = (741 * 2,6) / 2 = 963,43 Kg

3) Esfuerzos admisibles y Módulos de elasticidad:

Emin	75000	Kg / cm ²
fm =	150	Kg / cm ²
fv =	12	Kg / cm ²
fc =	28	Kg / cm ²

4) Momento de Inercia:

$$I > \frac{5wL^3 K}{384E}$$

Wequivalente = 1,8 wd + w1 |

Weq = 1,8 * 341 + 400 = 1014 Kg/m

Para Carga total k = 250

I = (5*1014*2603*250) / (384*100*75000) = 7735 cm⁴

Para Sobrecarga k = 350

I = (5*400*2603*350) / (384*100*75000) = 4272 cm⁴

Innecesario (mayor de los dos) = 7735 cm⁴

5) Módulo de seccion Z

$$Z > \frac{M}{f_m}$$

Z = (626 * 100) / 150 = 417 cm³

6) Sección:

2 (9cm * 24cm)

Znecesario = 417 < Z 2(4 * 24) = 864 cm³
Inecesario = 7735 < I 2(4 * 24) = 10368 cm³

7) Verificación del esfuerzo cortante. Corte en sección critica

$$V_h = V_{max} - v_h$$

b = 0,04 m \longrightarrow 2 in
h = 0,24 m \longrightarrow 10 in

V_h = 963,3 - 741 * 0,24 = 786 Kg

Esfuerzo cortante =

$$\tau = \frac{1.5V_h}{bh}$$

$\tau (1,5 * 7,85) / (2 * 4 * 24) = 6,14 \text{ Kg / cm}^2$

6,14 < f_v = 12 Kg / cm²

8) Verificacion de la estabilidad lateral:

h/b = 10 / 2 = 5

Para h / b = 5 Comentario según pag. 8-7(tabla 8.6)

9) Longitud de apoyo:

$$a = \frac{R}{bf_c}$$

$$a = 963,3 / (2 * 4 * 28) = 4,3 \quad \text{cm}$$

Se dispone de 20 cm de apoyo.

La seccion que se debe utilizar es : **4cm * 24 cm**

Bases de Cálculo para Vigas de Carga

a) Madera Grupo C

b) Cargas:

$$\text{Peso propio (Seccion de } \varnothing 12 \text{ cm)} = 6,8 \quad \text{Kg/m}$$

Peso muerto:

Techo =	78	Kg / m ²
Piso =	31	Kg / m ²
Entramado =	70	Kg / m ²

Sobrecargas :

Techo =	100	Kg / m ²
Piso =	200	Kg / m ²

c) Viga simplemente apoyada:

Luz viga =	2,6	m
Luz techo =	2,8	m
Esp. Viguetas=	0,3	m

2) Efectos máximos:

Cargas muertas:

Peso propio =	6,8	Kg/m
Techo = 78 kg/m ² * 2,8 m =	218,4	Kg/m
Piso = 31 kg/m ² * 0,3 m =	9,3	Kg/m

Entramado =	70	Kg/m
Total Cargas muertas (wd) =	305	Kg/m
Sobrecargas:		
Techo = 100 kg/m ² * 2,8 m =	280	Kg/m
Piso = 200 kg/m ² * 0,3 m =	60	Kg/m
Total Sobrecarga (w1) =	340	Kg/m
CARGA TOTAL = wd + w1 =	645	Kg/m

Momento máximo :

$$M_{\max} = \frac{wL^2}{8}$$

$$M_{\max} = (645 * 2,60) / 8 = 545 \quad \text{Kg-m}$$

Cortante maximo :

$$V_{\max} = \frac{wL}{2}$$

$$V_{\max} = (645 * 2,60) / 2 = 837,85 \quad \text{Kg}$$

3) Esfuerzos admisibles y Módulos de elasticidad:

Emin	75000	Kg / cm ²
fm =	150	Kg / cm ²
fv =	12	Kg / cm ²
fc =	28	Kg / cm ²

4) Momento de Inercia:

$$I > \frac{5wL^3 K}{384E}$$

$$W_{\text{equivalente}} = 1,8 wd + w1$$

$$W_{\text{eq}} = 1,8 * 305 + 340 = 888 \quad \text{Kg/m}$$

Para Carga total k = 250

$$I = (5 \cdot 888 \cdot 2603 \cdot 250) / (384 \cdot 100 \cdot 75000) = 6775 \text{ cm}^4$$

Para Sobrecarga k = 350

$$I = (5 \cdot 340 \cdot 2603 \cdot 350) / (384 \cdot 100 \cdot 75000) = 3631 \text{ cm}^4$$

$$\text{Innecesario (mayor de los dos)} = 6775 \text{ cm}^4$$

5) Módulo de seccion Z

$$Z > \frac{M}{f_m}$$

$$Z = (545 \cdot 100) / 150 = 363 \text{ cm}^3$$

6) Sección:

$$2 (9\text{cm} \cdot 24\text{cm})$$

$$Z_{\text{necesario}} = 363 < Z_{2(4 \cdot 24)} = 864 \text{ cm}^3$$

$$I_{\text{necesario}} = 6775 < I_{2(4 \cdot 24)} = 10368 \text{ cm}^3$$

7) Verificación del esfuerzo cortante. Corte en sección critica

$$V_h = V_{\text{max}} - w_h$$

$$b = 0,04 \text{ m} \longrightarrow 2 \text{ in}$$

$$h = 0,24 \text{ m} \longrightarrow 10 \text{ in}$$

$$V_h = 837.85 - 645 \cdot 0,24 = 683 \text{ Kg}$$

Esfuerzo cortante =

$$\tau = \frac{1.5V_h}{bh}$$

$$\tau (1,5 \cdot 6,83) / (2 \cdot 4 \cdot 24) = 5,34 \text{ Kg / cm}^2$$

$$5,34 < f_v = 12 \text{ Kg / cm}^2$$

8) Verificación de la estabilidad lateral:

$$h/b = 10 / 2 = 5$$

Para $h/b = 5$ Comentario según pag. 8-7(tabla 8.6)

9) Longitud de apoyo:

$$a = \frac{R}{bf_c}$$

$$a = 837,85 / (2 * 4 * 28) = 3,7 \text{ cm}$$

Se dispone de 20 cm de apoyo.

La sección que se debe utilizar es : **4cm * 24 cm**

Conclusión del diseño estructural de la guadua. Se realizará el análisis de la estructura de la vivienda en estudio, por medio de un programa para computador, Sap-2000, teniendo en cuenta cada uno de los elementos que la componen, omitiendo el aporte del recubrimiento o revoque estando así del lado de la seguridad puesto que este aumenta la rigidez de la estructura.

Cargas

Carga Muerta. De las secciones 5.2 , 5.3 Y 5.4, tenemos:

- Muros segundo piso = $52.4\text{m}(\text{long. Muros}) * 262.80\text{kg/m} / 52.10\text{m}^2 = 64.31\text{kg/m}^2$
- Entrepiso = 109.85 kg/m^2
- Total carga muerta entrepiso = 374.16 kg/m^2
- Carga muerta cubierta: 27.47 kg/m^2

Carga Viva. De las secciones 5.2 y 5.3, tenemos:

- Carga viva entrepiso: 180.00 kg/m^2
- Carga viva cubierta: 35.00 kg/m^2 .

Fuerza sísmica. Nuestra vivienda esta localizada en una zona de riesgo sísmico medio, sobre un suelo de tipo S3. El cálculo de la fuerza sísmica se hizo por medio del método de la fuerza horizontal equivalente: Zona de riesgo sísmico alto: $A_a = 0.25$

Suelo S2, $S = 1.2$
Estructura uso tipo I, $I = 1.0$

Periodo fundamental de la estructura, $T = c_t \cdot h_n^{(3/4)}$, de boletín informativo No 56 de la A.I.S. $C_t = 0.25$, entonces $T = 0.25 \cdot 6^{(3/4)} = 0.958 \text{ s}$
 $T_0 = 0.3\text{s}$
 $T_c = 0.48 \cdot S = 0.72\text{s}$
 $T_L = 2.4 \cdot S = 3.6\text{s}$
 de donde $T_c < T < T_L$
 $S_a = 1.2 \cdot A_a \cdot S \cdot I / T = 0.47$
 Area placa entrepiso = 52 m^2
 Area de cubierta = 60 m^2
 Masa de la estructura = 2199.62
 Cortante = Masa * g * $S_a = 10131.47 \text{ kg}$
 $k = 0.75 + 0.5T = 1.229$, debido a que $0.5 < T < 2.5$

En la siguiente tabla se dan los resultados obtenidos para los niveles de la estructura

Cuadro 2. Resultados fuerza horizontal equivalente

Nivel	h(m)	Masa	Mh^k	Mh^k / \sum	$F_x(\text{kg})$
Cubierta	5.0	214.29	3662.45	0.115	1165.12
Piso 1	2.5	1985.34	28247.44	0.885	8966.35
\sum		2199.63	31909.89	1.000	10131.47

La totalidad de las fuerzas se aplicaron en el sentido transversal y un 30% en el longitudinal.

Resultados del análisis. En la tabla 5.2, se encuentran las fuerzas en los elementos enumerados en las figuras 5.19, 5.20, 5.21, 5.22, 5.23, 5.24, 5.25 y 5.26.

Cuadro 3. Elemento comp. (Kg.) tensión (Kg.) Elemento comp. (Kg.) tensión (Kg.)

Elemento	Comp. (Kg.)	Tensión (Kg.)	elemento	Comp. (Kg.)	Ten (Kg.)
1	884	1014	2	212	59
3	588	147	4	557	127
5	84	59	6	62	35
7	510	44	8	503	44
9	80	21	10	73	21
11	607	273	12	122	10
13	515	76	14	122	10
15	72	35	16	65	35
17	526	185	18	464	128
19	74	11	20	59	8
21	632	233	22	64	11
23	629	192	24	597	180
25	95	57	26	83	49
27	631	225	28	92	20
29	691	278	30	261	213
31	105	72	32	85	51
33	735	689	34	285	43
35	529	173	36	493	163
37	74	43	38	60	32
39	499	0	40	491	0
41	63	13	42	55	13
43	510	50	44	505	50
45	70	11	46	65	11
47	594	228	48	95	0
49	508	49	50	502	49
51	69	11	52	64	11
53	509	0	54	501	0
55	75	9	56	67	9
57	638	207	58	546	164
59	78	50	60	43	5
61	809	850	62	196	19
63	315	153	64	297	144
65	297	144	66	736	446
67	736	446	68	781	473
69	314	166	70	294	155
71	790	855	72	846	915

Elemento	Comp. (Kg.)	Tensión (Kg.)	elemento	Comp. (Kg.)	Ten (Kg.)
73	222	84	74	201	76
75	201	76	76	201	76
77	694	792	78	629	792
79	694	792	80	694	873
81	207	370	82	196	321
83	196	321	84	83	153
85	83	153	86	88	162
87	39	128	88	36	120
89	153	258	90	164	276
91	39	98	92	35	89
93	35	89	94	35	89
95	211	300	96	211	300
97	211	300	98	233	332
99	1028	568	100	258	17
101	1005	503	102	990	484
103	99	20	104	97	46
105	991	0	106	984	0
107	141	6	108	134	6
109	1091	114	110	128	0
111	858	50	112	851	50
113	47	39	114	57	50
115	55	30	116	92	50
117	289	0	118	257	0
119	2036	0	120	0	199
121	1880	356	122	31	109
123	1556	0	124	0	457
125	277	31	126	221	46
127	597	0	128	591	0
129	98	0	130	92	0
131	2019	0	132	102	0
133	1787	231	134	178	0
135	670	118	136	664	118
137	226	55	138	220	55
139	993	439	140	673	67
141	0	167	142	84	17
143	687	100	144	429	0
145	225	0	146	212	0
147	212	0	148	1722	577
149	1722	577	150	1872	613

Elemento	Comp. (Kg.)	Tensión (Kg.)	elemento	Comp. (Kg.)	Ten (Kg.)
151	2129	0	152	1591	0
153	1591	0	154	825	988
155	825	988	156	1104	1321
157	0	386	158	0	363
159	0	364	160	370	38
161	370	38	162	393	40
163	238	0	164	178	0
165	178	0	166	0	677
167	0	677	168	0	907
169	567	429	170	136	47
171	568	0	172	517	0
173	63	24	174	46	8
175	507	0	176	500	0
177	79	0	178	72	0
179	539	0	180	120	52
181	488	0	182	481	0
183	61	0	184	55	8
185	487	0	186	450	0
187	70	10	188	59	4
189	643	249	190	261	4
191	682	0	192	618	0
193	98	17	194	629	0
195	630	0	196	98	22
197	667	0	198	269	0
199	99	18	200	87	19
201	709	298	202	266	19
203	560	0	204	456	0
205	72	13	206	48	0
207	486	0	208	478	0
209	64	0	210	56	0
211	503	0	212	63	0
213	69	0	214	498	0
215	546	0	216	105	43
217	502	0	218	61	0
219	67	0	220	61	0
221	529	37	222	521	37
223	73	0	224	541	0
225	526	0	226	162	0
227	60	36	228	44	7

Elemento	Comp. (Kg.)	Tensión (Kg.)	elemento	Comp. (Kg.)	Ten (Kg.)
229	793	693	230	162	130
231	608	573	232	573	540
233	573	540	234	255	0
235	255	0	236	270	0
237	745	443	238	705	414
239	370	48	240	396	52
241	797	540	242	722	489
243	722	489	244	722	489
245	86	96	246	86	96
247	86	96	248	95	106
249	159	415	250	149	391
251	149	391	252	22	61
253	22	61	254	23	65
255	140	249	256	130	233
257	130	149	258	59	160
259	135	194	260	122	176
261	122	176	262	122	176
263	96	324	264	96	324
265	960	324	266	106	358
267	65	0	268	161	81
269	57	7	270	63	32
271	116	70	272	108	81
273	34	13	274	27	24
275	150	37	276	43	21
277	156	60	278	206	47
279	101	56	280	286	19
281	182	45	282	16	11
283	280	51	284	23	13
285	148	7	286	77	0
287	39	0	288	33	4
289	1236	1190	290	1125	1084
291	1125	1048	292	1123	1027
293	1051	837	294	1280	1027
295	1396	1096	296	186	166
297	169	151	298	169	151
299	197	0	300	184	101
301	309	95	302	330	101
303	213	64	304	151	46
305	59	23	306	74	25

Elemento	Comp. (Kg.)	Tensión (Kg.)	elemento	Comp. (Kg.)	Ten (Kg.)
307	82	39	308	74	46
309	26	02	310	17	19
311	12	5	312	6	14
313	9	14	314	3	23
315	20	28	316	15	39
317	23	0	318	19	6
319	393	0	320	102	0
321	738	98	322	79	6
323	126	47	324	124	47
325	59	12	326	55	12
327	17	21	328	11	30
329	18	15	330	11	24
331	79	56	332	70	57
333	23	19	334	15	26
335	209	62	336	151	49
337	55	0	338	75	26
339	1696	1487	340	1517	1330
341	1517	1330	342	1517	1330
343	1517	1330	344	1517	1330
345	1517	1330	346	1517	1330
347	1517	1330	348	1517	1330
349	198	191	350	117	171
351	177	171	352	117	171
353	177	171	354	202	193
355	205	193	356	202	193
357	202	193	358	266	216
359	1921	1693	360	1701	1514
361	1710	1514	362	1701	1514
363	1710	154	364	231	78
365	166	59	366	59	24
367	82	31	368	93	51
369	85	57	370	29	15
371	21	22	372	23	14
373	16	23	374	17	21
375	10	30	376	42	45
377	38	55	378	25	3
379	20	10	380	333	0
381	133	48	382	812	29
383	51	0	384	121	29

Elemento	Comp. (Kg.)	Tensión (Kg.)	elemento	Comp. (Kg.)	Ten (Kg.)
385	116	29	386	57	12
387	63	12	388	10	12
389	4	21	390	14	10
391	8	18	392	86	57
393	77	64	394	25	20
395	16	26	396	231	80
397	165	60	398	60	0
393	79	31	400	1726	1256
401	1726	1526	402	1726	1526
403	1726	1526	404	1930	1706
405	260	242	406	232	217
407	232	217	408	232	217
409	232	217	410	217	197
411	217	197	412	217	197
413	217	197	414	243	200
415	96	15	416	154	73
417	58	9	418	70	33
419	100	73	420	93	84
421	30	20	422	23	31
423	161	83	424	47	13
425	239	0	426	152	25
427	102	0	428	76	11
429	367	64	430	22	33
431	216	73	432	18	6
433	99	25	434	119	7
435	61	0	436	43	18
437	1397	1390	438	1272	1248
439	1278	1230	440	1590	1315
441	1487	1230	442	1187	909
443	1269	972	444	198	219
445	153	200	446	153	200
447	428	118	448	428	111
449	218	83	450	233	89

Figura 9. Elementos verticales eje 3

21	22
303	305
307	309
311	313
315	317
319	320
119	120
321	322
323	325
327	329
331	333
335	337
189	190

Figura 10. Elementos verticales eje 1

1	2
267	269
271	273
275	276
99	100
277	279
281	282
283	284
285	287
169	170

Figura 11. Elementos verticales eje A

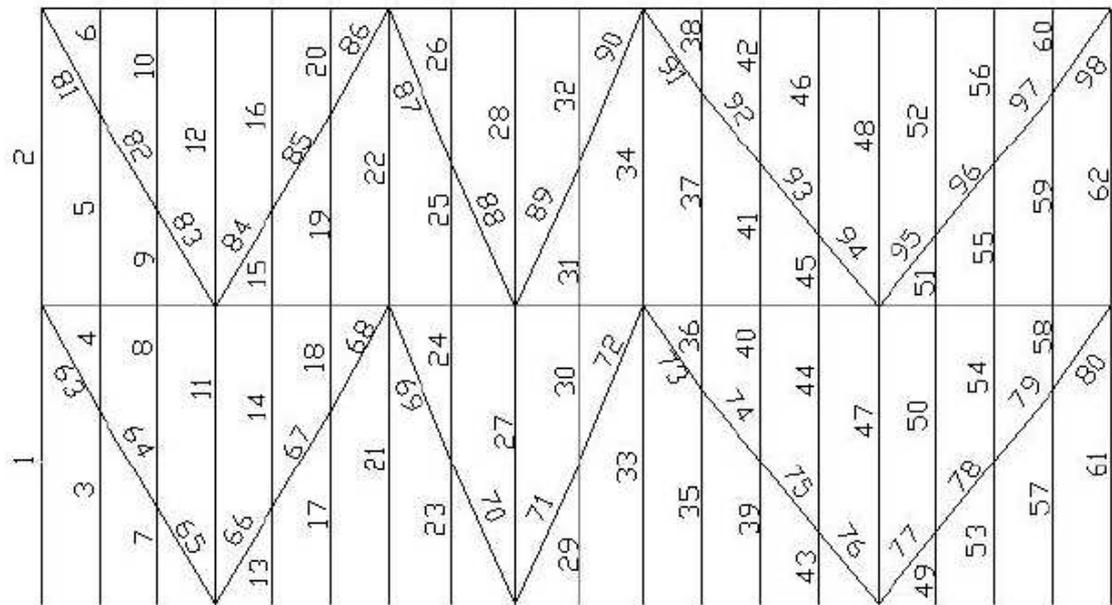


Figura 12. Elementos verticales eje B

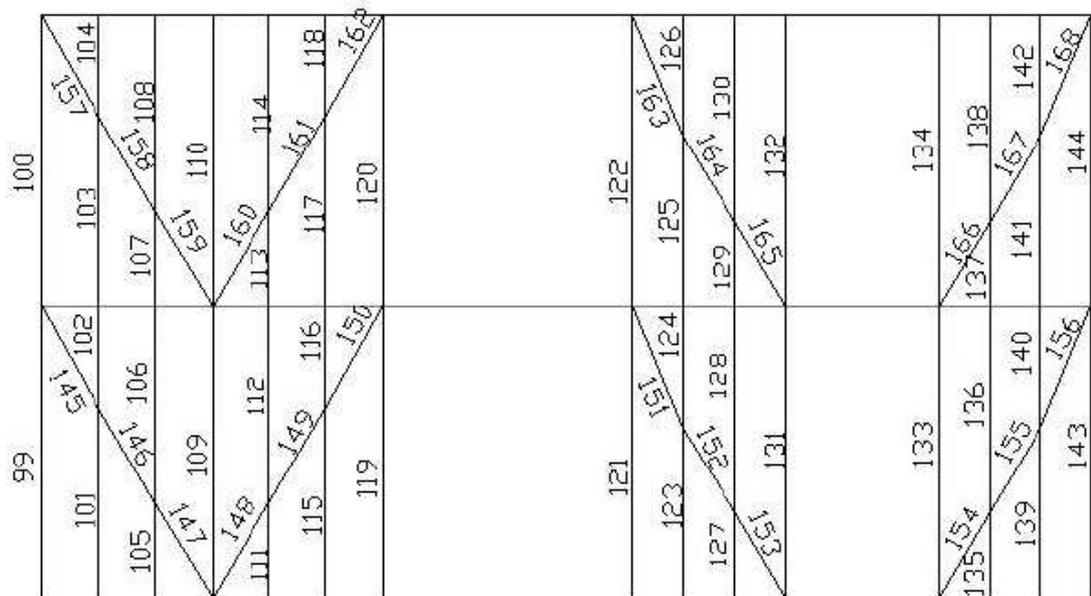
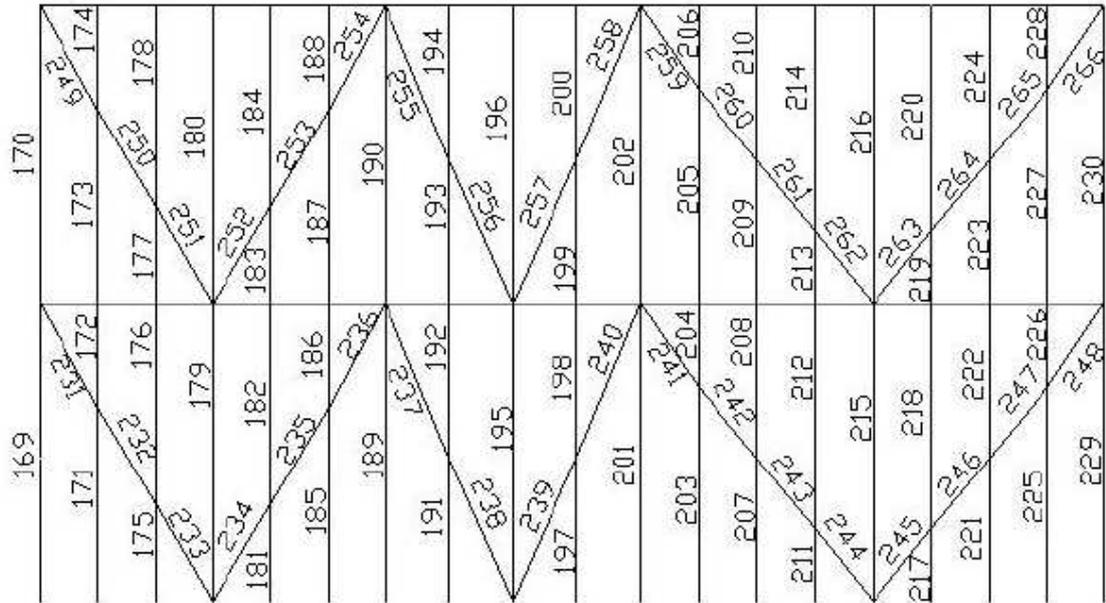


Figura 13. Elementos verticales eje C



Para el análisis se tuvo en cuenta que la unión entre los diferentes elementos verticales presenta articulaciones sin restricción a momento flector en los dos sentidos principales horizontales de la edificación (X e Y).

Las combinaciones de carga empleadas en el análisis, fueron según B.2.3.1 de NSR-98 las siguientes:

- 1.0D
- 1.0D + 1.0L
- 1.0D + 0.7E
- 1.0D + 1.0L + 0.7E

Chequeo de elementos

Chequeo deriva. Del análisis obtenemos que la deriva máxima relativa a nivel de diafragma en el sentido x (longitudinal) es de 0.50cm y en el sentido y (transversal) de 1.23cm, para una deriva total de 1.33cm, la cual representa el 0.55% de la altura de piso.

De igual forma la deriva máxima relativa a nivel de cubierta en el sentido x (longitudinal) es de 0.35cm y en el sentido y (transversal) de 0.60 cm, para una deriva total de 0.70cm, la cual representa el 0.30% de la altura de piso.

Chequeo de tensiones. De la tabla 5.2 se puede notar que la mayor fuerza de compresión se presenta en elemento 151 con un valor de 2129kg, analizando una guadua con un diámetro de 12cm, espesor de pared de 2cm; con una sección transversal bruta equivalente a

$$p \cdot (6^2 - 4^2) = 62.83 \text{cm}^2; \text{ entonces tenemos: } s_c = 2192.16 \text{kg} / 62.83 \text{cm}^2 = 34.89 \text{ kg/cm}^2$$
$$3.49 \text{Mpa} < 47.30 / (f.s.=5) = 9.46 \text{Mpa} \text{ (de tabla 3.4)}$$

De igual forma para la fuerza de tracción encontrada en el elemento 590 con un valor de 1706kg; teniendo en cuenta las mismas propiedades del elemento se tiene: $s_t = 1706 \text{kg} / 62.83 \text{cm}^2 = 27.15 \text{ kg/cm}^2$ $2.72 \text{Mpa} < 200 / (F.s.=5) = 40 \text{Mpa}$

Las tensiones a flexión no son chequeadas ya que estas son mínimas para los elementos debido a su sistema de conexión.

5. DETERMINAR LOS COSTOS ASOCIADOS AL SISTEMA CONSTRUCTIVO EN GUADUA PROPUESTO, BAJO EL CONTEXTO LOCAL.

5.1 PRESUPUESTO DE CONSTRUCCION PARA VIVIENDAS UNIFAMILIARES DE DOS PLANTAS. SISTEMA DE CONSTRUCCION " EN GUADUA "

Ítem	Actividad	UN	Cant	V / Unitario	Valor total actividad
1	Preliminares				
1.1	Descapote manual e: 10 cm	m2	35.5	2,161	76,715.50
1.2	Replanteo simple	m2	35.5	840	29,820
2	Cimentación				
2.1	Exca. Manual material comun e: 25 cm	m3	8.875	9,279	82,351.13
2.2	Retiro material de excavación	m3	57.68	9,350	539,308
2.3	Relleno recebo común compac. e: 30cm	m3	10.65	20,000	213,000.00
2.4	Concreto zapata	m3	5.1	328,726	1,676,502.60
2.5	Hierro de refuerzo zapata	kg	119	2,740	326,060
2.5.1	Alambre para amarre	kg	8.5	2,300	19,550
2.6	Placa concreto sobre piso e: 10cm	m2	35.5	25,050	889,275
2.7	Malla electrosoldada sobre piso	m2	35.5	15,718	557,989
2.8	Concreto viga de cimentación	M3	4.0	328,728	1,316,555.64
2.9	Hierro de refuerzo de viga de cimentación	kg	290	2,740	794600
3	Estructura				
3.1	Concreto columna pedestal	ml	32	16,110	515,520
3.2	Viga aerea en guadua	ml	43	18,944	688,000.00
3.3	Concreto soporte tanque elevado	un	1	104,500	104,500
3.4	Concreto escaleras	m3	2.5	328726	821815
3.5	Refuerzo de guadua	ml	32	5,000	144,000
4	Manposteria				
4.1	Estructura en paneles de guadua (2,50x1)E: 12cm	m2	124.04	49,137	5,581,800
4.2	Meson en concreto	un	1	128,550	128,550
5	Cubierta				
5.1	Emtramada en cercha guadua	ml	43	16,000	688,000
5.2	Cubierta en teja de A.C y accesorios	m2	44.93	22,100	992,953
5.3	Caballetes	ml	6.14	22300	136,922

Ítem	Actividad	UN	Cant	V / Unitario	Valor total actividad
6	Instalaciones hidraulicas				
6.1	Punto hidraulico "muro" con accesorios	pto	5	23,300	116,500
6.2	Lavadero prefabricado	un	1	120,400	120,400
6.3	Tanque de reserva de agua y accesorios	un	1	134,650	134,650
6.4	lavaplatos con griferia	un	1	74,700	74,700
7	Instalaciones sanitarias				
7.1	Punto sanitario de 2" y accesorios	pto	2	45,170	90,340
7.2	Punto sanitario de 3" y accesorios	pto	3	72,390	217,170
7.3	Punto sanitario de 4" y accesorios	pto	2	14,500	29,000
7.4	Caja de inspeccion de y tapa 60cm*60cm*50cm	un	1	95,200	95,200
7.5	Sanitario acuacer, y accesorios	un	2	227,600	455,200
7.6	lavamanos ceramica y accesorios	un	2	99,050	198,100
7.7	Juegos de insrustaciones	un	2	48,350	96,700
8	Instalaciones electricas				
8.1	Acometida parcial y accesorios	ml	42	22,000	924,000
8.2	Puntos electricos y accesorios	pto	21	36,000	756,000
9	Carpintería				
9.1	Puerta y marcos metalicos " 0,80 * 2 " incluye cerradura	un	9	210,000	1,890,000
9.2	Ventana metalica " 0,80 * 1 "	Un	7	76,960	538,720
	Total				21,304,466.87

Una vivienda unifamiliar de dos pisos en guadua de 83,63 M2, tiene un costo de \$21.304.466,87 (veintiún un millones trescientos cuatro mil cuatrocientos sesenta y seis pesos con 87/100 m/cte, el metro cuadrado para dicha vivienda sale a un precio de \$291.722.,121 M2.

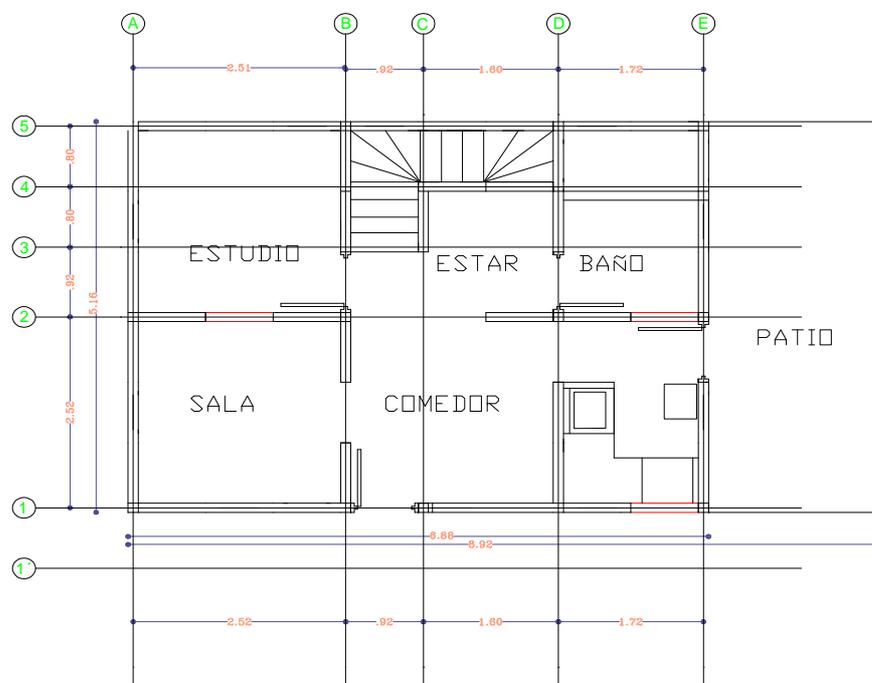
6. MODELO DE VIVIENDA PARA CASA TIPO DE DOS PLANTAS, EN SISTEMA CONSTRUCTIVO BASADO MUROS CONFINADOS

6.1 DESCRIPCIÓN

Se diseñará una vivienda unifamiliar de dos pisos con altura libre entre pisos de 2.40m, una área total construida de 35.5008 m², sobre un lote de 46.02m² (5.16x8.92m); se analizarán uno a uno los puntos relacionados, también se realizará un análisis estructural de la vivienda en conjunto, para evaluar su comportamiento ante las diferentes cargas: Gravitacionales y sísmicas, y hallar las tensiones en los diferentes elementos que la componen.

Se presentan los planos arquitectónicos de la vivienda a diseñar.

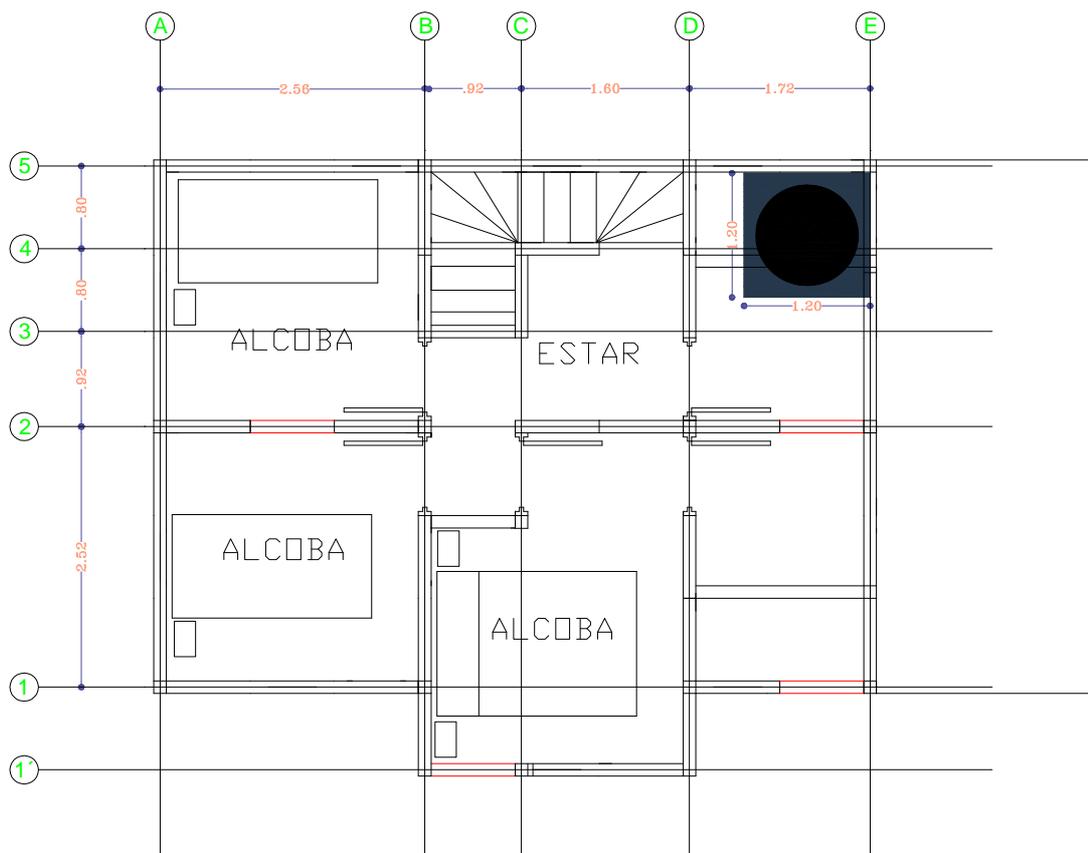
Figura 14. Planta primer piso



Se debe tener en cuenta que el buen comportamiento de una estructura depende de su geometría, es decir, las viviendas deben presentar una forma simple y regular sin asimetrías exageradas, las cuales conllevan a concentraciones de fuerzas no deseadas en algunos sectores, debido a movimientos de torsión por su falta de regularidad. Además los elementos que la componen deben presentar una buena continuidad con rigideces y dimensiones constantes, evitando al máximo cambios bruscos en ellas.

Otro aspecto importante es la utilización de materiales adecuados para garantizar una buena resistencia de estos ante sollicitaciones, en especial de tipo sísmico.

Figura 15. Planta segundo piso



6.2 PRESUPUESTO DE CONSTRUCCION PARA VIVIENDAS UNIFAMILIARES DE DOS PLANTAS. SISTEMA DE CONSTRUCCION "MUROS CONFINADOS"

ítem	Actividad	Uni	Cant	V / Unitario	Valor total actividad
1	Preliminares				
1.1	Descapote manual e: 10 cm	m2	35.5	2,161	76,715.50
1.2	Localizacion y replanteo	m2	35.5	2,386	84,703
2	Cimentacion				
2.1	Exca. Manual material comun e: 25 cm	m3	8.875	10,675	94,740.63
2.2	Retiro material de excavacion	m3	57.68	9,440	544,499
2.3	Relleno recebo comun compac. e: 30cm	m3	10.65	27,709	295,100.85
2.4	Concreto zapata	m3	5.1	328,735	1,676,548.50
2.5	Hierro de refuerzo zapata	Kg	119	2,740	326,060
2.5.1	Alambre para amarre	Kg	8.5	2,300	19,550
2.6	Placa concreto sobre piso e: 10cm	m2	71	45,000	3,195,000
2.7	Malla electrosoldada sobre piso	m2	35.5	15,718	557,989
2.8	Concreto viga de cimentacion	ml	44.83	16,110	722,211.30
2.9	Hierro de refuerzo de viga de cimentacion	kg	290	2,700	783,000
3	Estrcutura				
3.1	Concreto columna de confinamiento	ml	74.8	16,110	1,205,028
3.2	Viga aerea de concreto	ml	98.66	16,110	1,589,412.60
3.3	Concreto soporte tanque elevado	un	1	104,500	104,500
3.4	Concreto escaleras	m3	2.5	328,735	821,838
3.5	Refuerzo hierro de 1/4" y 3/8"	kg	235	2,700	634,500
4	Manposteria				
4.1	Mamposteria con bloque E: 12cm	m2	124.04	24,450	3,032,778
4.2	Meson en concreto	un	1	128,550	128,550
5	Cubierta				
5.1	Emtramada en cercha metalica	ml	26.7	18,300	488,610
5.2	Cubierta en teja de A.C y accesorios	m2	44.93	22,100	992,953
5.3	Caballetes	ml	6.14	22,300	136,922
6	Instalaciones hidraulicas				
6.1	punto hidraulico "muro" con accesorios	pto	5	20,900	104,500
6.2	Lavadero prefabricado	un	1	134,400	134,400
6.3	Tanque de reserva de agua y accesorios	un	1	134,650	134,650
6.4	lavaplatos con griferia	un	1	74,700	74,700
7	Instalaciones sanitarias				

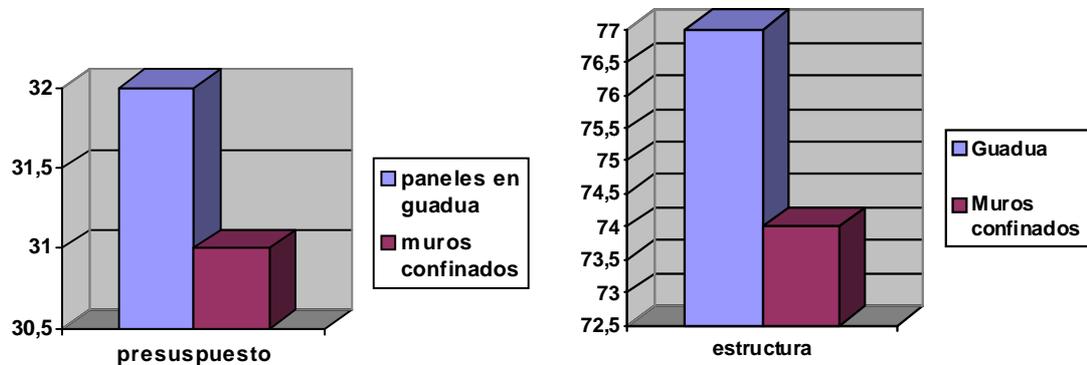
ítem	Actividad	Uni	Cant	V / Unitario	Valor total actividad
7.1	Punto sanitario de 2" y accesorios	pto	2	45,170	90,340
7.2	Punto sanitario de 3" y accesorios	pto	3	72,390	217,170
7.3	Punto sanitario de 4" y accesorios	pto	2	14,000	28,000
7.4	Caja de inspeccion de y tapa 60cm*60cm*50cm	un	1	95,000	95,000
7.5	Sanitario acuacer	un	2	227,600	455,200
7.6	lavamanos ceramica y accesorios	un	2	99,050	198,100
7.7	Juegos de insrustaciones	un	2	48,350	96,700
8	Instalaciones electricas				
8.1	Acometida parcial y accesorios	ml	42	22,000	924,000
8.2	Puntos electricos y accesorios	pto	21	36,000	756,000
9	carpinteria				
9.1	puerta y marcos metalicos " 0,80 * 2 " incluye cerradura	un	9	222,400	2,001,600
9.2	Ventana metalica " 0,80 * 1 "	un	7	76,960	538,720
	Total				23,360,289.08

7. COMPARAR EN TÉRMINOS DE COSTOS Y TÉCNICA DE CONSTRUCCIÓN, LA ALTERNATIVA DE VIVIENDA EN GUADUA, VERSUS OTROS SISTEMAS CONSTRUCTIVOS CONVENCIONALES “MUROS CONFINADOS”

De acuerdo con los análisis Estructurales y Presupuestales

De los dos sistemas constructivos mencionados en la investigación “sistema paneles en guadua” “sistema muros confinados”. Hemos llegado a la conclusión que es viable técnica y económicamente, implementar el sistema constructivo de “paneles en guadua” . en la ciudad de Girardot, como lo demuestra la siguiente grafica, donde se representa en porcentaje y diferencia entre estos sistemas constructivos.

Gráfica . Porcentaje y diferencia de los dos sistemas



De acuerdo a la grafica podemos observar que, hablando del costo el sistema en guadua es un 3 % mas barato que en mampostería. al sistema implementado en la parte presupuestal, y se puede construir una vivienda unifamiliar de dos plantas con estos acabados, es económica .

En la parte estructural también tenemos un porcentaje de; 5 a 7% de resistencia en la guadua puesto, que este material es mas resistente y

flexible y también por el análisis de los cálculos estructurales de los dos sistemas.

Dando con esta investigación poder implementar en la Girardot con mayor frecuencia, el uso de este sistema constructivo

7.1 DISPONIBILIDAD DE LA GUADUA EN GIRARDOT

En la carrera séptima con novena, esquina del puente Ospina Pérez. Se encuentra el único expendio de guadua de la ciudad de Girardot.

En el año 1950 se comienza a comercializar con guadua en la ciudad de Girardot, traída desde el departamento del Tolima, hasta los años de 1970 cuando se comienza a pedir los papeles reglamentarios de transportación de este material, después se comenzó a traer la guadua desde el departamento del Quindío, se transportaba por vía fluvial y vías terrestre.

Desde 1950, el señor Sebastián Benavides, uno de los primeros comerciantes de este material, comienza a vender la guadua para la producción de elementos artesanales, construcciones de casa.

La guadua en Girardot se vende en longitudes de 6 m a un precio de 7, 500, este valor incluye ya el curado de la guadua.

7.2 DISPONIBILIDAD DE MANO DE OBRA

La mano de obra para, construcción de casas en paneles de guadua en la ciudad de Girardot; es traída de la zona cafetera, puesto que la mano de obra existente en la ciudad de Girardot tiene poca experiencia en el manejo de este material.

Dado que la mano de obra necesaria para este sistema de construcción, no se consigue en la ciudad de Girardot y es traída de la zona cafetera, eleva el presupuesto de esta, pero de igual forma eleva la calidad y seguridad de este sistema.

7.3 VENTAJAS DEL USO DE LA GUADUA EN LA CONSTRUCCIÓN

Es un material de precio considerablemente bajo.

- ❖ Sus características físicas hacen de la guadua un material muy versátil para todo tipo de elementos estructurales.
- ❖ El peso de la guadua es muy bajo, debido a su sección, lo cual facilita su transporte y manipulación en obra.
- ❖ La resistencia a la flexión, gracias a la rigidez aportada por las paredes transversales existentes en los nudos de la guadua, le permiten soportar las sollicitaciones sísmicas frecuentes en esta parte del país.
- ❖ El acabado arquitectónico que brinda la superficie de la guadua es agradable y no requiere ser revestida con pinturas u otros materiales decorativo.

7.4 DESVENTAJAS DEL USO DE LA GUADUA EN LA CONSTRUCCIÓN

- ❖ La guadua es un material altamente combustible.
- ❖ La guadua tiende a pudrirse cuando se somete al contacto con el agua o el suelo.
- ❖ Puede ser atacado por insectos, después de ser cortado, lo que deteriora su integridad provocando su posterior perdida de rigidez.
- ❖ El diámetro de la guadua no es uniforme en toda su longitud, lo cual puede ser un inconveniente para construcciones donde se requieran medidas muy precisas.
- ❖ La guadua mal tratada puede llegar a perder su resistencia con el transcurso del tiempo.

❖ A diferencia de la madera, las uniones de los elementos estructurales en guadua presentan mayor dificultad, ya que no pueden ser hechas con puntillas.

8. CONCLUSIONES

Se debe considerar a la vivienda de guadua como una alternativa de sistema estructural, ya que se ha demostrado su buen comportamiento ante eventos de naturaleza sísmica por estar construido con materiales de bajo peso que producen fuerzas inerciales menores; otro factor importante radica en que el costo final de la vivienda de este tipo es relativamente menor comparado con el de la vivienda construida con otros materiales, como la mampostería.

La guadua es un material constructivo muy versátil, con excelentes propiedades físicas, bajo peso, fácil consecución en nuestro medio a precios favorables; todo esto hace de ella otro material estructural competente en la canasta de la construcción; desafortunadamente ha sido relegada dándosele un estigma de pobreza y subdesarrollo el cual debe ser rebatido.

Como en todas las construcciones los materiales empleados para realizar viviendas de guadua en cementado deben ser de buena calidad; es importante realizar pruebas a estos para comprobar dicha calidad; con respecto a la guadua en este campo se han realizado pocas investigaciones en nuestro medio razón por la cual se debe implementar una técnica adecuada.

BIBLIOGRAFÍA

ANGULO GRANOBLES , Jhon Albert, BRAVO CORTES, José Vicente y DURANGO GARCIA, Reina Colombia, "Evolución de la construcción en los municipios de Córdoba y Buenavista con énfasis en la vivienda tradicional, Armenia, 1998, trabajo de grado (Ingeniero Civil), Universidad del Quindío, Facultad de Ingeniería.

ARCE VILLALOBOS, Oscar Antonio, "Fundamentals of the design of Bamboo structures", Holanda , 1993, trabajo de grado doctorado, Universidad Eindhoven.

ASOCIACION COLOMBIANA DE INGENIERIA SISMICA A.I.S., Boletín técnico N° 56 "comportamiento sísmico de bahareque encementado de guadua y madera", Bogotá, 2001.

ASOCIACION COLOMBIANA DE INGENIERIA SISMICA A.I.S. y FONDO PARA LA

RECONSTRUCCION Y DESARROLLO SOCIAL DEL EJE CAFETERO F.O.R.E.C., "Manual de construcción sismoresistente de viviendas en bahareque encementado", Bogotá, 2001.

COOPERACION COLOMBO ALEMANA, GTZ, "Guia para autoconstrucción utilizando la guadua como elemento principal", Pereira, 1999.

CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL QUINDIO C.R.Q., "Vivienda en guadua... una alternativa versátil", Armenia, 1995.

D.L. Jayanetty y P.R. Follet, "Bamboo in construction", Reino Unido, 1998.

GARCIA MORENO, Henry y NOVOA GOMEZ, José Dario, "Resistencia y análisis de maderas usadas en el Quindío para la construcción de vivienda", Armenia, 1986, trabajo de grado (Ingeniero Civil), Universidad del Quindío, Facultad de Ingeniería.

GARCIA SANCHEZ, Olga Liliana y MARTINEZ C:, Dixon Emmanuel, "Puentes en do mayor" , Armenia, 1991, trabajo de grado (Ingeniero Civil), Universidad del Quindío, Facultad de Ingeniería.

HIDALGO LOPEZ, Oscar, "Manual de construcción con bambú", estudios técnicos colombianos, Bogotá, 1981.

HIDALGO LOPEZ, Oscar, "Nuevas técnicas de construcción con guadua", Manizales, 1978.

J.A Janssen, "Bamboo in Buildings structures", Holanda , 1981, trabajo de grado doctorado, Universidad Eindhoven.

JUNTA DEL ACUERDO DE CARTAGENA PADT-REFORT, "Manual de diseño para maderas del grupo andino", Lima – Perú, 1984.

Memorias, I congreso mundial de bambú/guadua, Pereira, 1992.

NSR-98, Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente, ley 400 de 1997, decreto033 de 1998.

ROBLEDO CASTILLO, Jorge Enrique, "Un siglo de bahareque en el antiguo Caldas", Bogotá, 1996.

SOCIEDAD COLOMBIANA DEL BAMBU, memorias "seminario guadua en la reconstrucción", Armenia, 2000.

VILLEGAS, Marcelo, "Bambusa Guadua", Manizales, 1989.