

**ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE UNA VIVIENDA PROTOTIPO
PREFABRICADA DE GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH**

DANIEL SEBASTIÁN PEÑARANDA PACHÓN



UNIVERSIDAD
La Gran Colombia

**UNIVERSIDAD LA GRAN COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
BOGOTÁ D.C.**

2015

**ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE UNA VIVIENDA PROTOTIPO
PREFABRICADA DE GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH**

DANIEL SEBASTIÁN PEÑARANDA PACHÓN

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA OPTAR AL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL**

**ASESOR DISCIPLINAR: MATEO GUTIÉRREZ GONZÁLEZ
ASESOR METODOLÓGICO: OLGA LUCIA VANEGAS ALFONSO**

**UNIVERSIDAD LA GRAN COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
BOGOTÁ D.C.**

2015

Nota de aceptación

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Bogotá, _____ / _____ / _____

**ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE UNA VIVIENDA PROTOTIPO
PREFABRICADA DE GUADUA ANGUSTIFOLIA KUNTH**

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

ESTRUCTURAS

SUB-LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

SEMILLERO DE ESTRUCTURAS – UNIVERSIDAD LA GRAN COLOMBIA

ASESOR DISCIPLINAR

MATEO GUTIÉRREZ GONZÁLEZ

ASESOR METODOLÓGICO

OLGA LUCIA VANEGAS ALFONSO

BOGOTÁ D.C. 2015

CONTENIDO

1. INTRODUCCION	¡Error! Marcador no definido.
2. DEFINICION DEL PROBLEMA.....	12
2.1. ANTECEDENTES.....	12
2.2. FORMULACION	¡Error! Marcador no definido.
2.3. DESCRIPCION.....	¡Error! Marcador no definido.
3. JUSTIFICACION	¡Error! Marcador no definido.
4. OBJETIVOS	20
4.1. OBJETIVO GENERAL.....	20
4.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	20
5. MARCO REFERENCIAL.....	21
5.1. MARCO TEORICO	21
5.2. MARCO CONCEPTUAL.....	42
5.2.1. PROPIEDADES BIOLÓGICAS.....	42
5.2.2. CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DE LA GUADUA.....	44
5.2.3. AGENTES BIOLÓGICOS QUE ATACAN A LA GUADUA.....	45
5.2.4. CONSERVACIÓN DE LA GUADUA	46
5.2.5. COMPORTAMIENTO DE LA GUADUA FRENTE AL FUEGO	47
5.2.6. AISLAMIENTO TÉRMICO Y ACÚSTICO	48
5.2.7. LA GUADUA Y LOS MOVIMIENTOS SÍSMICOS	49
5.2.8. VENTAJAS DE LA GUADUA EN COMPARACIÓN CON LA MADERA.....	49
5.2.9. DESVENTAJAS DE LA GUADUA EN COMPARACIÓN CON LA MADERA.....	50
5.3. MARCO GEOGRAFICO	50
5.4. MARCO LEGAL.....	53
6. DISEÑO METODOLOGICO	54
6.1. ENFOQUE METODOLOGICO	54
6.2. TIPO DE INVESTIGACION	54
6.3. FASES DE LA INVESTIGACION.....	54
6.4. INSTRUMENTOS Y TECNICAS.....	55

7.	ANALISIS Y RESULTADOS.....	57
8.	CONCLUISIONES.....	82
9.	BIBLIOGRAFIA	83
10.	ANEXO 1	84
10.1.	DISEÑO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES.....	84
10.1.1.	COLUMNAS PRINCIPALES 1 PISO.....	84
10.1.2.	COLUMNAS PRINCIPALES 2 PISO.....	86
10.1.3.	COLUMNAS SECUNDARIAS 2 PISO.....	88
10.1.4.	COLUMNAS SECUNDARIAS 1 PISO.....	93
10.1.5.	CORREAS	97
10.1.6.	DIAGONALES 1 PISO SENTIDO X	101
10.1.7.	DIAGONALES 1 PISO SENTIDO Y	105
10.1.8.	DIAGONALES 2 PISO SENTIDO X	109
10.1.9.	DIAGONALES 2 PISO SENTIDO Y	113
10.1.10.	MARCO DE VENTANA.....	117
10.1.11.	VIGAS CUBIERTA 2.25 SENTIDO Y.....	121
10.1.12.	VIGAS CUBIERTA 3.32 SENTIDO X.....	125
10.1.13.	VIGAS CUBIERTA 3.32 SENTIDO Y.....	129
10.1.14.	VIGAS ENTREPISO 2.25 SENTIDO Y	133
10.1.15.	VIGAS ENTREPISO 3.32 SENTIDO X.....	137
10.1.16.	VIGAS ENTREPISO 3.32 SENTIDO Y	141
10.1.17.	VIGAS SUELO 2.25 SENTIDO Y.....	145
10.1.18.	VIGAS SUELO 3.32 SENTIDO X.....	147
10.1.19.	VIGAS SUELO 3.32 SENTIDO Y.....	151
10.1.20.	VIGUETAS 3.32 (30 CM)	155
10.1.21.	CERCHA DIAGONAL GRANDE	157
10.1.22.	CERCHA DIAGONAL MEDIANA	161
10.1.23.	CERCHA DIAGONAL PEQUEÑA.....	165
10.1.24.	CERCHA COLUMNA 1	169
10.1.25.	CERCHA COLUMNA 2.....	171
10.1.26.	CERCHA COLUMNA 3.....	174

10.1.27.	CERCHA COLUMNA 4	176
10.1.28.	CERCHA COLUMNA 5	178
10.1.29.	CERCHA COLUMNA 6	180
10.1.30.	CERCHA COLUMNA 7	181
10.1.31.	CERCHA COLUMNA 8	182
10.1.32.	CERCHA 3 DIAGONALES.....	184
10.1.33.	CERCHA 3 COLUMNAS.....	188
10.1.34.	CERCHA 2 DIAGONALES.....	190
10.1.35.	CERCHA 2 COLUMNAS.....	195
10.1.36.	VIGAS CUBIERTA INCLINADAS	197
11.	ANEXO 2	202
11.1.	PLANOS ESTRUCTURALES.....	202

Ilustración 1: Ejemplo viga compuesta.....	31
Ilustración 2: Ejemplo ubicación de conector.....	35
Ilustración 3: Distribución mundial de la Guadua.....	51
Ilustración 4: Presencia nativa del bambú en Colombia.....	52
Ilustración 5: Arquitectura primer piso.....	58
Ilustración 6: Arquitectura segundo piso.....	59
Ilustración 7: Panel tipo 1.....	60
Ilustración 8: Panel tipo 2.....	61
Ilustración 9: Panel tipo 3.....	61
Ilustración 10: Panel tipo 4.....	62
Ilustración 11: Propiedades del material.....	63
Ilustración 12: Propiedades geométricas de la sección.....	63
Ilustración 13: Retrocesos en las esquinas.....	72
Ilustración 14: Geometría en altura.....	73
Ilustración 15: Casos de carga.....	75
Ilustración 16: Estructura 3D Programa.....	75
Ilustración 17: Vistas estructura Programa.....	76
Ilustración 18: Deriva en X primer piso.....	76
Ilustración 19: Deriva en X segundo piso.....	77
Ilustración 20: Deriva en Y primer piso.....	77
Ilustración 21: Deriva en Y segundo piso.....	78
Ilustración 22: Máxima deriva X.....	78
Ilustración 23: Máxima deriva Y.....	79

Tabla 1: Esfuerzos Admisibles.....	21
Tabla 2: Módulos de elasticidad.....	22
Tabla 3: Coeficientes de modificación por duración de la carga.....	23
Tabla 4: Coeficientes de modificación por temperatura.....	24
Tabla 5: Contenido de humedad y temperatura.....	25
Tabla 6: Coeficientes de modificación por contenido de humedad.....	26
Tabla 7: Deflexiones admisibles.....	29
Tabla 8: Coeficientes de modificación por cortante.....	30
Tabla 9: Cargas para cálculo de deflexiones.....	30
Tabla 10: Coeficiente estabilidad lateral de vigas.....	32
Tabla 11: Coeficiente de longitud efectiva.....	38
Tabla 12: Clasificación de columnas por esbeltez.....	39
Tabla 13: Normatividad de la guadua.....	53
Tabla 14: Fases de la investigación.....	55
Tabla 15: Fuerza contra desplazamiento panel tipo 1.....	64
Tabla 16: Fuerza contra desplazamiento panel tipo 2.....	65
Tabla 17: Fuerza contra desplazamiento panel tipo 3.....	66
Tabla 18: Fuerza contra desplazamiento todos los paneles.....	67
Tabla 19: Datos iniciales espectro de aceleración sísmica.....	70
Tabla 20: Resumen de diseño.....	81

Grafica 1: Rigidez panel tipo 1 64
Grafica 2: Rigidez panel tipo 2 65
Grafica 3: Rigidez panel tipo 3 66
Grafica 4: Rigidez todos los paneles..... 67
Grafica 5: Espectro de aceleración 71

1. INTRODUCCIÓN

La *Guadua angustifolia* Kunth es una de las especies forestales más características de Colombia. Perteneciente a la familia del bambú, ésta planta nativa usada en la construcción permite una reducción de costos, y gracias a sus excelentes propiedades físico-mecánicas, permite desarrollar estructuras sismo resistentes, que garantizan buenas propiedades de servicio, sin causar ninguna incomodidad o percepciones de inseguridad a los ocupantes o usuarios de la estructura.

Adicionalmente, la industrialización de la guadua, está ligada al concepto de sostenibilidad en la medida que dichos procesos pueden ser más sencillos, y con productos muy competitivos. El concepto actual de durabilidad se consigue a costa de un alto consumo de energía, una cantidad exagerada de materia prima y de ineficientes procesos de fabricación. Afortunadamente la guadua tiene fibras naturales muy fuertes que permiten desarrollar productos industrializados, tales como aglomerados, laminados, pisos, paneles, esteras, pulpa y papel, es decir, productos de alta calidad que se podrían ofrecer en el mercado nacional o internacional, compitiendo con el plástico, hierro y concreto.

Estas características demuestran que la *Guadua Angustifolia* Kunth posee propiedades estructurales sobresalientes, que no sólo superan a las de la mayoría de las maderas, sino que además pueden ser comparadas con las del acero y algunas fibras de alta tecnología, por lo cual se afirma que la especie absorbe gran cantidad de energía, admite grandes niveles de flexión y que, por lo tanto, es ideal para levantar construcciones sismo-resistentes.

Se procederá al desarrollo del diseño estructural de una vivienda unifamiliar modular, que se pueda realizar en cualquier lugar del territorio colombiano, que cumpla todas las características técnicas y funcionales que exige una estructura de este tipo, para su uso.

La realización de este diseño empleara todos los parámetros de la norma sismo-resistente Colombiana NSR-10, para garantizar su adecuada resistencia frente a las acciones sísmicas, ambientales, de uso y al peso de la propia estructura.

2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

2.1. ANTECEDENTES

Hasta el año de 2010 la guadua fue reconocida como material estructural en Colombia, siendo incluida en el nuevo Reglamento de Diseño Sismo Resistente NSR-10 en el Capítulo G.12, estableciendo los requisitos de diseño estructural para edificaciones que usan Guadua Angustifolia Kunth como material principal limitando su uso a estructuras de vivienda, comercio, industria y educación con altura máxima de dos pisos¹. Para la redacción de este capítulo se utilizó como material base el documento “Guías de diseño para estructuras en Guadua Angustifolia Kunth” producto del proyecto “Validación de la Guadua Angustifolia como material estructural para diseño, por el método de los esfuerzos admisibles”².

Diferentes universidades han realizado numerosas investigaciones con respecto a la guadua Angustifolia Kunth, entre ellas la Universidad La Gran Colombia donde se han presentado investigaciones que sirven como precedente para la elaboración del presente trabajo de grado.

La investigación denominada³ “Comportamiento estructural de una edificación construida con guadua Angustifolia Kunth diseñada con diferentes valores de esfuerzos admisibles propuestos en Colombia”, establece la comparación de los diferentes resultados de los valores de esfuerzos admisibles y módulos de elasticidad proporcionados por la norma sismo-resistente NSR-10, y los encontrados por investigaciones de la universidad Nacional de Colombia y La universidad de los Andes, donde se analizan las variaciones de estos parámetros en el diseño de una estructura, teniendo en cuenta la confiabilidad de esta para soportar las diferentes solicitaciones de funcionamiento y los posibles eventos sísmicos a los que puede estar sometida, concluye que al tomar como base los valores de la NSR-10, los valores proporcionados por la

¹ ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE INGENIERÍA SÍSMICA. Reglamento Colombiano de construcción sismo resistente. NSR-10. Bogotá D.C. 2010.

² CAORI TAKEUCHI, Patricia Luna, GRANADOS, Gustavo, LAMUS, Fabián, LOZANO, Jorge. Metodología de diseño de estructuras en Guadua Angustifolia como material estructural por el método de esfuerzos admisibles. En: Revista de educación en Ingeniería. Junio de 2011. N.11. PP. 66 – 75.

³ MUÑOZ RODRIGUEZ, Johan Camilo. Comportamiento estructural de una edificación construida con guadua Angustifolia Kunth diseñada con diferentes valores de esfuerzos admisibles propuestos en Colombia. Trabajo de grado Ingeniería Civil. Bogotá D.C.: Universidad la gran Colombia. Facultad de Ingeniería Civil. 2014.

Universidad de los andes castigan en menor proporción la estructura que los valores proporcionados por la Universidad Nacional de Colombia.

La investigación denominada⁴ “Diseño de una vivienda eco-amigable en el municipio de Guaduas Cundinamarca”, reconoce que la guadua es un material de grandes propiedades, ya que posee una gran versatilidad, ligereza, flexibilidad, resistencia, dureza, adaptabilidad climática, sismo-resistencia, fácil producción, fácil manejo, excelente calidez visual, y por consiguiente una buena sostenibilidad, concluyendo que la inclusión de este material en la construcción al ser un material bio-degradable, y de producción natural, reduce los impactos ambientales a niveles mínimos en comparación con los materiales constructivos tradicionales industriales como el concreto y el acero.

La investigación denominada⁵ “Comportamiento estructural de pórticos en guadua, arriostrados mediante diagonales en guadua”, desarrolla diferentes tipos de ensayos para caracterizar la guadua, en los cuales se utilizaron pórticos con diagonales y sin diagonales, pórticos tridimensionales con altura de dos niveles, con el fin de evaluar el comportamiento estructural de los pórticos ante cargas horizontales, concluyendo que las diagonales en los pórticos redujeron significativamente los desplazamientos horizontales, en comparación con el pórtico no arriostrado.

La investigación denominada⁶ “Calificación ante cargas dinámicas de una conexión entre columna y su cimentación”, estudio el comportamiento ante fuerzas horizontales de una conexión entre una guadua *Angustifolia* Kunth y un pedestal de concreto reforzado, utilizando para el anclaje pernos roscados longitudinales y transversales, mortero de relleno y zunchos elaborados con cintas metálicas, ensayando diferentes configuraciones, variando la combinación de los componentes estructurales, para evaluar la influencia que tenían las distintas sobrecargas sobre el conjunto estructural, encontrando que el mortero y los pernos longitudinales reducen la resistencia y la ductilidad de

⁴ NAVARRO CASTIBLANCO, Iván Sebastián y SAENS LANDINEZ, Tania Marcela. Diseño de una vivienda eco-amigable en el municipio de Guaduas Cundinamarca. Trabajo de grado en Ingeniería Civil. Bogotá D.C.: Universidad la gran Colombia. Facultad de Ingeniería Civil. 2014.

⁵ RIVERA ROJAS, John Fredy. Comportamiento estructural de pórticos en guadua, arriostrados mediante diagonales en Guadua. Trabajo de Maestría en Ingeniería Civil. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ingeniería. Departamento de Ingeniería Civil y Agrícola. 2008.

⁶ ANDRADE PARDO, Sofía. Calificación ante cargas dinámicas de una conexión entre columna y su cimentación. Trabajo de Maestría en Ingeniería Civil. Escuela Colombia de Ingeniería Julio Garavito. Facultad de ingeniería civil. 2013.

la conexión, generando que la falla de la conexión sea frágil, pero este comportamiento se puede corregir si en la unión se utilizan zunchos de confinamiento para aumentar la rigidez de la conexión.

La investigación denominada⁷ “Calificación de una conexión Viga-Columna, Resistente a momento en *Guadua Angustifolia Kunth*”, Se determinó el comportamiento de un tipo de conexión viga – columna, en *Guadua Angustifolia Kunth*, ante cargas monotónicas y cíclicas que podrían tener durante su vida de servicio, para ser utilizadas en un diseño estructural confiable, e integrarla en el desarrollo de prototipos de sistemas de construcción en bambú. Se ensayaron cuatro grupos de conexiones. En el primer grupo se utilizaron varillas roscadas como elemento de unión, a las uniones del segundo grupo se les adicionaron zunchos metálicos en los elementos individuales, los canutos en la zona de conexión del tercer tipo de conexión se rellenaron con trozos de madera en una matriz de poliuretano y, finalmente en las conexiones del cuarto grupo se utilizaron simultáneamente zunchos en los elementos y relleno en los canutos. Aunque en ninguno de los casos se presentó una diferencia considerable de la rigidez al giro de la conexión, se encontró que los zunchos fueron efectivos para evitar la propagación de fisuras de corte y que el relleno evito la falla local por aplastamiento de los canutos.

2.2. FORMULACIÓN

Después del sismo de 1999 en Armenia, el estudio del comportamiento estructural de los sistemas de *Guadua* en Colombia toma relevancia debido al buen comportamiento que estos sistemas originados en la sabiduría popular presentaron ante el evento sísmico. Estos estudios buscaban la tecnificación en la construcción de viviendas que utilizaran como material principal la *Guadua* y así brindar los requisitos mínimos para que estas tuvieran un grado de sismo-resistencia y evitar el posible colapso. Además si se tiene en cuenta que la *Guadua*, principal materia prima de estos sistemas, es un material económico y rentable, social y culturalmente aceptado en una amplia región del país, se tendría un material alternativo y no convencional, que con la identificación de sus limitaciones y un adecuado uso, permitiría su

⁷ LAMUZ BAEZ, Fabián Augusto. Calificación de una conexión Viga-Columna, Resistente a momento en *Guadua Angustifolia Kunth*. Trabajo de Maestría en Ingeniería Civil. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ingeniería. Departamento de Ingeniería Civil y Agrícola. 2008.

implementación en la fabricación de viviendas económicas, funcionales y seguras.

Existen cientos de construcciones que utilizan como material principal la guadua, desarrolladas antes de la inclusión de este material al reglamento sismo resistente como estructural⁸, pero como estas no se realizaron bajo los criterios establecidos por el reglamento, se generan grandes incertidumbres, ya que no se puede asegurar específicamente como están funcionando estas estructuras, ignorando en realidad que tan eficientes y seguras son.

Actualmente aunque la normatividad para construcciones en este material existe, y es de estricto uso, no se utiliza, produciendo diseños que no poseen ningún sustento de carácter teórico, ni normativo, atentando contra la seguridad de las personas que utilizan estas edificaciones. Adicional a esto se ha provocado un gran detrimento en el desarrollo del conocimiento científico, ya que no se ha podido generar avances realmente demostrables con respecto al desarrollo y al análisis de sistemas estructurales que tengan como material principal la guadua.

Partiendo de esas dificultades, se busca lograr un sistema de construcción en guadua rolliza que cumpla con los requisitos establecidos en la norma sismo-resistente, con respecto a parámetros de calidad, resistencia y seguridad, que incremente la aceptación y la confianza sobre este material.

Se plantea diseñar una serie de paneles prefabricados de guadua, que funciones como muros estructurales conformados por un sistema de pórticos espaciales arriostrados con diagonales que logren trabajar eficientemente en conjunto, conformando una arquitectura propuesta para un prototipo de vivienda unifamiliar, que logre un adecuado comportamiento frente a las acciones de uso, peso propio, ambientales y sísmicas.

De acuerdo a lo expuesto anteriormente se plantea la pregunta que fundamenta esta investigación.

¿Cuál es el comportamiento estructural de un prototipo de vivienda prefabricada construida en guadua “*Angustifolia Kunth*”?

⁸ ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE INGENIERÍA SÍSMICA. Reglamento Colombiano de construcción sismo resistente. NSR-10. Título G. Estructuras de madera y estructuras de Guadua. Bogotá D.C. 2010.

2.3. DESCRIPCIÓN

La Guadua como elemento estructural viene desempeñando un rol importante en el campo de la construcción de casas, kioscos, cerchas e incluso puentes peatonales, por ello recientemente se ha destacado un incremento en la utilización de esta por parte arquitectos e ingenieros, debido a su gran resistencia, durabilidad y poca huella ecológica que deja realizar construcciones en este material.

Se busca que la Guadua Angustifolia Kunth compita en proporciones más amplias con los materiales que son utilizados con mayor recurrencia en la construcción como el concreto, la mampostería y el acero estructural, generando una nueva tendencia que logre construcciones alternativas, que permitan estructuras económicas, funcionales, seguras y ambientalmente sostenibles, que son las necesidades que se manifiestan con mayor claridad en los países en vías de desarrollo⁹.

Cada material tiene propiedades mecánicas particulares y por ende una o varias formas particulares de estructurarse, en la caso de la guadua Angustifolia Kunth, es importante tomar en cuenta estas características particulares para concebir su estructuración, ya que no es como un material tradicional tipo madera o acero.

Si bien sabemos que la capacidad resistente de la guadua Angustifolia Kunth no es comparable a la de otros materiales tradicionalmente considerados como estructurales, es posible afirmar que la relación de peso con la capacidad mecánica si es comparable¹⁰, lo cual permite abrir posibilidades de aplicación en sistemas estructurales ligeros que requieren de menor masa y mediante el uso de la geometría, se puede lograr un trabajo eficiente, que cumpla con los principios de la mecánica, logrando diseñar estructuras resistentes por forma.

Adicionalmente es necesario evaluar la vulnerabilidad estructural, ya que esta se basa en el conocimiento anticipado del comportamiento que pueda tener

⁹ CAORI TAKEUCHI, Patricia Luna. Investigaciones sobre el comportamiento estructural de la Guadua desarrolladas por el grupo de investigación análisis, diseño y materiales GIES. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá D.C.

¹⁰ HERRERA MARTÍNEZ, Juan Carlos y CAORI TAKEUCHI, Patricia Luna. Comportamiento estructural de pórticos en Guadua Angustifolia, rigidizados mediante paneles prefabricados de bahareque encementado y artesanales laminados en guadua. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá D.C.

una estructura frente a ciertos estados límites de servicio, que puedan generar el posible colapso de la estructura, por consiguiente se requiere realizar un buen análisis estructural logrando que la estructura diseñada obtenga el desempeño más óptimo durante su periodo de servicio y de esta manera se disminuya la posibilidad de generar catástrofes donde se vean involucradas vidas humanas.

Consiguiendo realizar diseños elaborados técnicamente, que cumplan con todos los requisitos de seguridad existentes planteados por la normatividad, se adquiere más confianza en el uso de este material, ya que se pueden lograr sistemas más elaborados, que generen estructuras económicas, prácticas y seguras, con procesos constructivos sencillos, y así posteriormente ya con unas bases practicas más estables y unos buenos sustentos teóricos del material de acuerdo a su comportamiento en su periodo de funcionamiento, se puedan realizar estructuras arquitectónicamente más atractivas y estructuralmente más eficientes.

3. JUSTIFICACIÓN

La guadua es un tipo de bambú de uso ancestral en la construcción en Colombia, presenta mayor tradición en la región de Antioquia y Manizales, donde la construcción con guadua se llegó a convertir en el tipo de arquitectura rural, llegando a influir dicha arquitectura el resto del país.

Se trata del método constructivo más característico de Colombia, que tiene origen antes de la colonización. Posteriormente con la llegada de los españoles las características constructivas evolucionaron a la técnica del bahareque, la cual se caracteriza por la formación de muros mediante cañas de guadua y barro.

Con esta metodología de construcción, la guadua empezó a sustituir en la mayoría de construcciones a la madera, y adicional a esto se impulsó más su uso debido a su bajo costo, a su fácil producción y a su rápida construcción. El manejo de la guadua se ha mantenido en el tiempo y se vuelve a plantear su utilización en la actualidad gracias a su buen comportamiento frente a las acciones sísmicas, en comparación a los muros realizados en piedra, ladrillo o cemento, ya que estos al ser más rígidos y pesados, hace que estos sistemas sean menos favorables o resistentes hacia estas acciones, que son frecuentes en la mayoría de las regiones de Colombia.

Uno de los sistemas apropiados para desarrollar construcciones que tengan como material principal la Guadua, es el sistema de pórticos, ya que es el resultado de proporcionar una unión entre un elemento de viga y un elemento de columna¹¹, siendo este capaz de tomar fuerzas verticales y horizontales. Como sistema estructural de resistencia sísmica, presenta una serie de ventajas ante los sistemas de muros, ya que no requiere una estricta continuidad vertical, regularidad en planta y altura por lo cual es arquitectónicamente más atractivo por permitir una mayor facilidad en la distribución en los espacios.

Las fuerzas que se presentan en las estructuras debido a las aceleraciones del sismo están directamente relacionadas con el peso de la edificación, por lo tanto a mayor peso mayores fuerzas de inercia, lo que permite a la guadua

¹¹ HERRERA MARTÍNEZ, Juan Carlos y CAORI TAKEUCHI, Patricia Luna. Comportamiento estructural de pórticos en Guadua *Angustifolia*, rigidizados mediante paneles prefabricados de bahareque encementado y artesanales laminados en guadua. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá D.C.

aun cuando se presenten movimientos sísmicos muy intensos presentar buenas características de absorción y disipación de energía que le permiten mostrar un comportamiento dúctil frente a solicitaciones de flexión¹², absorbiendo y amortiguando sin fallar. Esta propiedad es muy ventajosa para asegurar el menor daño a los ocupantes de una edificación en estas circunstancias.

Actualmente la utilización de la guadua en Colombia, se caracteriza por una construcción comprometida con el tema ambiental y los recursos naturales renovables, y adicional a esto la industria actual de la construcción requiere nuevas estrategias y opciones que le permiten atender de manera rápida, económica, segura y ambientalmente sostenible las demandas de infraestructura que tiene el país, por esto la guadua es un recurso que se tiene que aprovechar y por ende hay que impulsar su utilización demostrando su buen comportamiento antes y después de las respectivas etapas de servicio.

La guadua, como la mayoría de especies del bambú es un material con propiedades mecánicas bastante eficientes¹³, en comparación con los materiales convencionales, además por tratarse de un recurso renovable y de rápido crecimiento no genera un impacto negativo sobre el medio ambiente de las regiones donde crece. Sin embargo su uso como material de construcción se encuentra relegado a la aplicación en la construcción artesanal, sobre todo cerca de las zonas donde se produce.

Este fenómeno se presenta, por la ausencia de textos, la falta de conocimiento y utilización de las normas y porque, en general el diseño estructural en materiales alternativos como la guadua no forma parte de ninguna asignatura de los programas de Ingeniería Civil que se imparten en el país, por lo cual esta investigación servirá como guía para los futuros ingenieros quienes busquen realizar proyectos con materiales renovables donde el diseño y la construcción con materiales alternativos, todavía presentan dudas y falencias desde el punto de vista técnico, ya que no existen muchos puntos de referencia en Colombia acerca del Diseño y construcción en materiales como la Guadua.

¹² GONZÁLEZ, Eugenia, OSORIO, Jairo, GARCÍA, Eduard. Resistencia a la flexión de la guadua *Angustifolia Kunth* a escala natural. Universidad Nacional de Colombia. Medellín.

¹³ GONZÁLEZ SALCEDO, Luis Octavio. Elementos para la caracterización mecánica de la Guadua *Angustifolia Kunth*. Universidad Nacional de Colombia. Palmira.

4. OBJETIVOS

Se procederá al desarrollo del diseño de una estructura modular prefabricada. La estructura tendrá un tipo de uso de ocupación normal, específicamente una vivienda unifamiliar, la cual tiene que ser de fácil construcción y bajo costo ya que puede estar orientada para ser utilizada en proyectos de ayuda al desarrollo urbanístico de comunidades subdesarrolladas.

Las principales características que ha de cumplir la estructura modular son:

- Superficie aproximada del terreno 98 m² (7 m x 14 m).
- Paneles prefabricados que se integren dentro de la arquitectura propuesta.
- Cubierta a un agua en guadua.
- Material principal estructural Guadua (*Angustifolia Kunth*).
- Método de construcción rápido y fácil de realizar.

Debido a que la mayoría del territorio de Colombia presenta altas acciones sísmicas se realizará un diseño modular que cumpla las condicionantes de una estructura sismo resistente.

4.1. OBJETIVO GENERAL

- Analizar el comportamiento estructural de un prototipo de vivienda prefabricada construida en Guadua *Angustifolia Kunth*.

4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar los tipos de paneles más apropiados para el diseño estructural.
- Realizar la modelación y diseño de los elementos estructurales.
- Elaborar los correspondientes planos estructurales de la vivienda unifamiliar.

5. MARCO REFERENCIAL

5.1. MARCO TEÓRICO

G.12.7 — MÉTODO DE DISEÑO ESTRUCTURAL¹⁴

G.12.7.1 — Todos los elementos deben ser diseñados por el método de los esfuerzos admisibles como se define el Título B del presente Reglamento.

G.12.7.2 — Todas las uniones de la estructura se consideran articuladas y no habrá transmisión de momentos entre los diferentes elementos que conformen una unión, salvo si uno de los elementos es continuo, en este caso habrá transmisión solo en el elemento continuo.

G.12.7.3 — ESFUERZOS ADMISIBLES Y MÓDULOS DE ELASTICIDAD — Toda guadua que cumpla con los requisitos de calidad establecidos en los numerales G.12.3.1 y G.12.3.2, debe utilizar para efectos de cálculo los valores de esfuerzos admisibles y módulos de elasticidad consignados en las tablas G.12.7-1 y G.12.7-2 respectivamente, y que fueron obtenidos según lo estipulado en G.12.7.4 del presente Capítulo.

TABLA G.12.7-1			
Esfuerzos admisible con una humedad de 0,12			
Esfuerzo	Designación	Valor	Unidades
Flexión	Fb	15	MPa
Tracción	Ft	18	MPa
Compresión paralela	Fc	14	MPa
Compresión Perpendicular	Fp	1,4	MPa
Corte	Fv	1,2	MPa

Tabla 1: Esfuerzos Admisibles

TABLA G.12.7-2				
Módulo de elasticidad				
Tipo	Designación	Valor	Unidades	Uso
Promedio	E0,5	9500	MPa	Análisis estructural
Percentil 5	E0,05	7500	MPa	Calculo de deflexiones
Mínimo	Emin	4000	MPa	Coeficiente de estabilidad

¹⁴ ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE INGENIERÍA SÍSMICA. Reglamento Colombiano de construcción sismo resistente. NSR-10. Título G. Estructuras de madera y estructuras de Guadua. Bogotá D.C. 2010.

Tabla 2: Módulos de elasticidad

Para el análisis de elementos estructurales se debe utilizar E0.5, como módulo de elasticidad del material. El Emin se debe utilizar para calcular los coeficientes de estabilidad de vigas (CL) y de Columnas (CP). El E0.05 se debe utilizar para calcular las deflexiones cuando las condiciones de servicio sean críticas o requieran un nivel de seguridad superior al promedio. En todo caso, la escogencia del módulo de elasticidad indicado dependerá del criterio del ingeniero calculista.

G.12.7.5 — COEFICIENTES DE MODIFICACIÓN — Con base en los valores de esfuerzos admisibles de la tabla G.12.7-1 y los módulos de elasticidad de la tabla G.12.7-2, afectados por los coeficientes de modificación a que haya lugar por razón del tamaño, nudos, grietas, contenido de humedad, duración de carga, esbeltez y cualquier otra condición modificatoria, se determinan las solicitaciones admisibles de todo miembro estructural, según las prescripciones de los numerales siguientes, con los esfuerzos admisibles modificados de acuerdo con la formula general:

$$F_i = F_i C_D C_m C_t C_L C_F C_r C_p C_c$$

i = tiene el mismo significado que en el numeral anterior

CD = coeficiente de modificación por duración de carga

Cm = coeficiente de modificación por contenido de humedad

Ct = coeficiente de modificación por temperatura

CL = coeficiente de modificación por estabilidad lateral de vigas

CF = coeficiente de modificación por forma

Cr = coeficiente de modificación por redistribución de cargas, acción conjunta

Cp = coeficiente de modificación por estabilidad de columnas

Cc = coeficiente de modificación por cortante

Fi = esfuerzo admisible en la solicitación i

Fi ' = esfuerzo admisible modificado para la solicitación i

Los coeficientes de modificación de aplicación general se indican en los numerales siguientes; los que dependen de la clase de solicitación se estipulan en las secciones del Capítulo G.12 correspondientes.

G.12.7.6 — POR DURACIÓN DE LA CARGA (CD) — Se considera que la duración normal de una carga son 10 años, cuando un elemento estructural está sometido a duraciones de carga diferentes, se debe multiplicar los valores de la tabla G12.7-1 por los valores de la tabla G.12.7-4

TABLA G.12.7-4						
Coeficientes de modificación por duración de carga						
Duración de la carga	Flexión	Tracción	Compresión paralela	Compresión perpendicular	Corte	Carga de diseño
Permanente (Muerta)	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	Muerta
Diez años (Viva)	1	1	1	0,9	1	Viva
Dos meses (Construcción)	1,15	1,15	1,15	0,9	1,15	Construcción
7 días (Construcción)	1,25	1,25	1,25	0,9	1,25	Construcción
Diez minutos (Viento/Sismo)	1,6	1,6	1,6	0,9	1,6	Viento y sismo
Impacto (Impacto)	2	2	2	0,9	2	Impacto

Tabla 3: Coeficientes de modificación por duración de la carga

Los incrementos anteriores no son acumulables. Cuando hay combinación de cargas, el dimensionamiento de los elementos debe hacerse para la condición más desfavorable.

G.12.7.7 — POR CONTENIDO DE HUMEDAD (Cm) — La guadua al igual que la madera pierde resistencia y rigidez, a medida que aumenta su contenido de humedad. Los valores de esfuerzos admisibles y módulos de elasticidad reportados en las tablas G.12.7-1 y G.12.7-2 fueron calculados para un contenido de humedad de la guadua de CH=12%. Si las condiciones medioambientales en el sitio de construcción hacen variar el contenido de humedad de la guadua por encima del 12%, se deben ajustar los valores de las tablas G.12.7-1 y G.12.7-2, multiplicándolos por los valores de la tabla G.12.7-5

TABLA G.12.7-6					
Coeficientes de modificación por temperatura					
Esfuerzo	Designación	Condición	$T \leq 37^{\circ}\text{C}$	$37^{\circ}\text{C} \leq T \leq 52^{\circ}\text{C}$	$52^{\circ}\text{C} \leq T \leq 65^{\circ}\text{C}$
Flexión	Fb	Húmedo	1	0,6	0,4
Flexión	Fb	Seco	1	0,85	0,6
Tracción	Ft	Húmedo	1	0,85	0,8
Tracción	Ft	Seco	1	0,9	0,8
Compresión paralela	Fc	Húmedo	1	0,65	0,4
Compresión paralela	Fc	Seco	1	0,8	0,6
Compresión perpendicular	Fp	Húmedo	1	0,8	0,5
Compresión perpendicular	Fp	Seco	1	0,9	0,7
Corte	Fv	Húmedo	1	0,65	0,4
Corte	Fv	Seco	1	0,8	0,6
Módulo de elasticidad	E	Húmedo	1	0,8	0,8
Módulo de elasticidad	E	Seco	1	0,9	0,8

Tabla 4: Coeficientes de modificación por temperatura

La guadua una vez ha sido cosechada tiende a secarse hasta alcanzar un contenido de humedad de equilibrio con el sitio en donde se encuentra. Si el secado es mecánico y se logra bajar el contenido de humedad de la guadua por debajo del 12%, esta podrá ganar humedad si el sitio final de la edificación tiene una humedad relativa del ambiente muy alta acompañada de una temperatura baja.

En la tabla G-D.1 del apéndice G-D del presente Título se muestran los contenidos de humedad de equilibrio para algunas de las principales ciudades de Colombia.

TABLA G-D-1			
Equilibrio de contenido de humedad y temperatura			
Ciudad	HR%	T°C	Humedad
Armenia	77	22	0,15
Barranquilla	76	28	0,14
Bogotá	80	11	0,16
Bucaramanga	75	22	0,14
Buenaventura	87	28	0,185
Cali	75	24	0,12
Cartagena	79	28	0,15
Cúcuta	66	27	0,16
Ibagué	80	21	0,16
Manizales	78	18	0,13
Medellín	69	21	0,12
Montería	82	27	0,16
Neiva	67	26	0,16
Pasto	79	17	0,16
Pereira	75	22	0,14
Popayán	79	18	0,16
Quibdó	87	28	0,185
Sincelejo	77	28	0,15
Tunja	80	13	0,16
Turbo	85	27	0,175
Valledupar	70	28	0,13
Villavicencio	75	25	0,14

Tabla 5: Contenido de humedad y temperatura

G.12.7.8 — POR TEMPERATURA () Ct — Cuando los elementos estructurales de guadua estén sometidos a altas temperaturas, los valores de esfuerzos admisibles y módulos de elasticidad de las tablas G.12.7-1 y G.12.7-2 respectivamente, deben ser multiplicados por los valores de la tabla G.12.7-6, para la condición de temperatura a la cual estén expuestos.

TABLA G.12.7-5									
Coeficientes de modificación por contenido de humedad									
Humedad	Designación	0,12	0,13	0,14	0,15	0,16	0,17	0,18	0,19
Flexión	Fb	1	0,96	0,91	0,87	0,83	0,79	0,74	0,7
Tracción	Ft	1	0,97	0,94	0,91	0,89	0,86	0,83	0,8
Compresión paralela	Fc	1	0,96	0,91	0,87	0,83	0,76	0,74	0,7
Compresión perpendicular	Fp	1	0,97	0,94	0,91	0,89	0,86	0,83	0,8
Corte	Fv	1	0,97	0,94	0,91	0,89	0,86	0,83	0,8
Módulo de elasticidad promedio	E0,5	1	0,99	0,97	0,96	0,94	0,93	0,91	0,9
Módulo de elasticidad percentil 5	E0,05	1	0,99	0,97	0,96	0,94	0,93	0,91	0,9
Módulo de elasticidad mínimo	Emin	1	0,99	0,97	0,96	0,94	0,93	0,91	0,9

Tabla 6: Coeficientes de modificación por contenido de humedad

G.12.7.9 — POR ACCIÓN CONJUNTA () Cr — Los esfuerzos admisibles podrán incrementarse en un 10% cuando exista una acción de conjunto garantizada de cuatro o más elementos de igual rigidez, como en el caso de viguetas y pies derechos en entramados () C 1.1 $r =$, siempre y cuando la separación entre elementos no sea superior a 0.6 m

G.12.8 — DISEÑO DE ELEMENTO SOMETIDOS A FLEXIÓN

G.12.8.1 — El diseño de elementos a flexión en guadua rolliza seguirá los mismos procedimientos básicos usados en el diseño de vigas de otros materiales estructurales. Debido a que la guadua angustifolia kunth presenta una relación MOR MOE muy alta, lo que la convierte en un material muy flexible, el análisis a flexión estará regido por el control de las deflexiones admisibles, salvo en algunas excepciones, no obstante, siempre se debe comprobar la resistencia a la flexión, corte y aplastamiento.

G.12.8.2 — En el diseño de miembros o elementos de guadua sometidos a flexión se deben verificar los siguientes efectos y en ningún caso pueden sobrepasar los esfuerzos admisibles modificados para cada solicitación.

(a) Deflexiones

(b) Flexión, incluyendo estabilidad lateral en vigas compuestas.

(c) Cortante paralelo a la fibra.

(d) Aplastamiento (compresión perpendicular a la fibra)

G.12.8.3 — Se debe garantizar que los apoyos de un elemento de guadua rolliza sometido a flexión no fallen por aplastamiento (compresión perpendicular), en la medida de lo posible estos deben terminar en nudos, si esto no ocurre o los nudos no proveen la suficiente resistencia, se deben rellenar los entrenudos (cañutos) de los apoyos con mortero de cemento.

G.12.8.4 — Cuando exista una carga concentrada sobre un elemento, ésta debe estar aplicada sobre un nudo; en todo caso se deben tomar las medidas necesarias para evitar una falla por corte paralelo a la fibra, y/o aplastamiento en el punto de aplicación. En estos casos se recomienda rellenar los entrenudos adyacentes a la carga con mortero de cemento.

G.12.8.5 — Cuando en la construcción de vigas se utiliza más de un culmo (vigas de sección compuesta), estos deben estar unidos entre sí con pernos o varilla roscada y cintas metálicas (zunchos), que garanticen el trabajo en conjunto. Estos conectores deben diseñarse para resistir las fuerzas que se generan en la unión.

G.12.8.6 — PERFORACIONES — Debe evitarse practicar perforaciones en las vigas; de requerirse, deben encontrarse consignadas en los planos y cumplir con las siguientes limitaciones:

G.12.8.6.1 — No son permitidas perforaciones a la altura del eje neutro en secciones donde se tengan cargas puntuales o cerca de los apoyos.

G.12.8.6.2 — En casos diferentes al anterior, las perforaciones deben localizarse a la altura del eje neutro y en ningún caso serán permitidas en la zona de tensión de los elementos.

G.12.8.6.3 — El tamaño máximo de la perforación será de 3.81 mm.

G.12.8.6.4 — En los apoyos y los puntos de aplicación de cargas puntuales se permiten las perforaciones, siempre y cuando estas sean para poder rellenar los entrenudos con mortero de cemento.

G.12.8.7 — ÁREA NETA — El área de la sección transversal constituida por un (1) solo culmo será calculada con la siguiente ecuación:

$$A = \frac{\pi}{4} (D_e^2 - (D_e - 2t)^2)$$

Donde:

A = área neta de la sección transversal de guadua, mm²

De = diámetro exterior de la guadua, mm

t = espesor de la pared de la guadua, mm

En el proceso de construcción de la estructura se deben respetar los parámetros de diseño en especial los referentes al diámetro exterior y el espesor mínimo de pared, los elementos utilizado en obra debe tener mínimo las mismas medidas del diseño en su parte superior (parte más estrecha de la guadua)

G.12.8.8 — LUZ DE DISEÑO — La luz de diseño considerada para vigas con apoyo simple, o en voladizo, será la luz libre entre caras de soporte más la mitad de la longitud del apoyo en cada extremo. En el caso de vigas continuas la luz de diseño considerada será la distancia centro a centro de apoyos.

G.12.8.9 — DEFLEXIONES

G.12.8.9.1 — La guadua angustifolia kunth presenta una relación MOR MOE muy alta, lo que obliga a que el diseño de elementos a flexión este regido por las deflexiones admisibles. En este subcapítulo se establecen los requisitos y limitaciones de las deflexiones admisibles, obtención de la sección requerida y deflexiones inmediatas y diferidas.

G.12.8.9.2 — Las deflexiones en elementos de guadua se deben calcular de acuerdo a las formulas de la teoría elástica tradicional, se debe considerar la deflexión producida por la flexión y si el caso de análisis lo amerita se debe realizar una corrección del módulo de elasticidad E0.5 ' por cortante (G).

G.12.8.9.3 — Para el cálculo de la deflexión en vigas simplemente apoyadas se utilizaran las formulas de la tabla G.12.8-1

Fórmulas para el cálculo de deflexiones

Carga puntual en el centro de la luz

$$\Delta = \frac{PL^3}{48EI}$$

Carga distribuida

$$\Delta = \frac{5wL^4}{384EI}$$

Para otras condiciones de carga se deben utilizar las formulas de la teoría de la elasticidad. En las formulas de la tabla G.12.8-1, K corresponde a un factor tabulado de deflexión el cual se puede obtener en la tabla G.12.8-2

G.12.8.9.4 — Las deflexiones admisibles estarán limitadas a los valores de la tabla G.12.8-2

Tabla G.12.8-1 Deflexiones admisibles (mm)	
Condición de servicio	Cargas totales
Cubiertas/Elementos de techo	
Cielo rasos de pañete o yeso	L/240
Otros cielo rasos	L/180
Sin cielo raso	L/180
Techos planos	L/300
Techos industriales	L/200
Entrepisos	
Elementos de entrapiso	L/240
Entrepisos rígidos	L/300

Tabla 7: Deflexiones admisibles

G.12.8.9.5 — Las deflexiones de vigas, viguetas, entablados, pies derechos, se calcularán con el módulo de elasticidad promedio E0.5, no obstante, si las condiciones de servicio son severas o el nivel de seguridad requerido es muy alto, se podrá utilizar el módulo de elasticidad del percentil 0.05, E0.05, o el módulo de elasticidad mínimo, Emin, en todo caso la escogencia del módulo dependerá del criterio del ingeniero diseñador estructural.

G.12.8.9.6 — EFECTO DEL CORTANTE — Para los elementos con relación de $e/L/De \leq 15$, se debe realizar una corrección por cortante (Cc), en la tabla

G.12.8-3 se relacionan los valores de C_c para el módulo de elasticidad promedio $E_{0.5}$.

TABLA G.12.8-3	
Coeficientes de modificación por efecto del cortante	
L/De \leq 15	
L/De	Cc
5	0,7
7	0,75
9	0,81
11	0,86
13	0,91
15	0,93
15,01	1

Tabla 8: Coeficientes de modificación por cortante

G.12.8.9.7 — CARGAS PARA CÁLCULO DE SECCIÓN Y DEFLEXIONES — Para efecto de calcular la sección transversal mínima requerida y solo para ese caso, se debe igualar la deflexión calculada con las cargas de la tabla G.12.8-4, con la deflexión admisible de la tabla G.12.8-2 y determinar el momento de inercia I requerido. Igualmente en la tabla G.12.8-4 se presentan las combinaciones de carga para el cálculo de las deflexiones inmediatas y diferidas a 30 años

Tabla G.12.8-4		
Cargas w para cálculo de sección y deflexiones		
Condición	Clima constante	Clima variable
	CH $<$ 19% t $<$ 37C	CH $>$ 19% t $>$ 37C
Calculo de sección (w)	2D+L	2D+L
Deflexiones inmediatas ($w-i$)	D+L	D+L
Deflexiones diferidas ($w-f$)	2.8D+1.3L	3.8D+L

Tabla 9: Cargas para cálculo de deflexiones

G.12.8.10 — FLEXIÓN

G.12.8.10.1 — Los esfuerzos máximos de tensión y compresión producidos por flexión serán calculados para la sección de máximo momento. Estos

esfuerzos no deben exceder al máximo esfuerzo admisible por flexión F_b de la tabla G.12.7-1, establecida para los culmos de guadua rolliza, modificado por los coeficientes de duración de carga y redistribución de carga, según el caso.

G.12.8.10.2 — Los coeficientes de modificación particulares para flexión son los que se indican a continuación.

G.12.8.10.3 — ESTABILIDAD LATERAL Y COEFICIENTE DE MODIFICACIÓN (CL) — En vigas o viguetas conformadas por una sola guadua el coeficiente modificación será $CL = 1$. Cuando una viga está conformada por dos o más guaduas (viga de sección compuesta), se debe verificar si esta requiere o no de soporte lateral en la zona comprimida. El coeficiente de modificación por estabilidad lateral (CL), tiene en cuenta la reducción de la capacidad de carga de un elemento sometido a flexión por causa de la inestabilidad lateral o pandeo, que sucede cuando la zona a compresión de una viga se comporta como una columna.

G.12.8.10.4 — Cuando una viga de sección compuesta esta soportada en toda la longitud de la zona a compresión y además está restringida en los apoyos a la rotación el coeficiente de modificación por estabilidad lateral será $CL = 1$.

G.12.8.10.5 — En el caso de vigas de sección compuesta (dos o más guaduas), cuya relación alto (d) ancho (b) sea mayor que 1 ($d/b > 1$), deben incluirse soportes laterales para prevenir el pandeo o la rotación

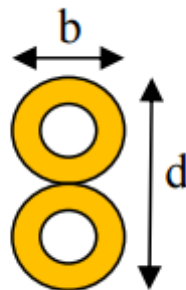


Ilustración 1: Ejemplo viga compuesta

G.12.8.10.6 — ESTABILIDAD LATERAL DE VIGAS COMPUESTAS — Para vigas de sección compuesta por dos o más guaduas se debe reducir el esfuerzo admisible a flexión (F_b), por el valor de CL de la tabla G.12.8-5

TABLA G.12.8-5	
Estabilidad lateral viga compuesta	
d/b	Cl
1	1
2	0,98
3	0,95
4	0,91
5	0,87

Tabla 10: Coeficiente estabilidad lateral de vigas

G.12.8.10.7 — ESTABILIDAD LATERAL — En vigas compuestas por más de una guadua y cuya altura sea mayor que su ancho debe investigarse la necesidad de proveer soporte lateral a la zona comprimida del elemento, según las siguientes recomendaciones:

- (a) Si $db \leq 2$ = no se requerirá soporte lateral
- (b) Si $db \leq 3$ = se debe restringir el desplazamiento lateral de los apoyos.
- (c) Si $db \leq 4$ = se debe restringir el desplazamiento lateral de los apoyos y del borde en compresión mediante correas o viguetas.
- (d) Si $db \leq 5$ = se debe restringir el desplazamiento lateral de los apoyos y proveer soporte continuo del borde en compresión mediante un entablado.

G.12.8.10.8 — MOMENTO RESISTENTE — El esfuerzo a flexión actuante (f_b) sobre cualquier sección de guadua rolliza, no debe exceder el valor del esfuerzo a flexión admisible (F'_b) modificado por los coeficientes correspondientes, de acuerdo a la formula G.12.8-4

$$f_b = \frac{M}{S} \leq F'_b$$

En donde:

f = esfuerzo a flexión actuante, en MPa

M = momento actuante sobre el elemento en N. mm

F'_b = esfuerzo admisible modificado, en MPa

S = módulo de sección en mm³

El módulo de sección S, para una guadua se expresa con la siguiente ecuación:

$$S = \frac{\pi(D_e^4 - (D_e - 2t)^4)}{32D_e}$$

En donde:

S = módulo de sección en mm³

De = diámetro promedio exterior del culmo en mm

t = espesor promedio de la pared del culmo en mm

G.12.8.10.9 — Para verificar la resistencia a la flexión de secciones compuestas de 2 o más culmos de guadua, se debe calcular el módulo de sección para cada condición particular. En la tabla G.12.8-6 se presentan algunos módulos de sección para secciones compuestas.

Módulos de sección para algunas vigas compuestas Tabla G.12.8-6

Dos culmos uno encima de otro

$$S = \frac{5\pi D_e^4 - \pi(D_e - 2t)^4}{32D_e}$$

Tres culmos uno encima de otro

$$S = \frac{3\pi D_e^4 - 3\pi(D_e - 2t)^4 + 64\pi D_e^4}{96D_e}$$

G.12.8.10.10 — Cuando se empleen varios culmos para conformar un elemento a flexión, la inercia del conjunto se calcula como la suma las inercias individuales de cada uno de los culmos ($I = \sum I_i$). Si el constructor garantiza un trabajo en conjunto la inercia podrá ser calculada con el teorema de los ejes paralelos:

$$I = \sum I_i + (A_i d_i^2)$$

Donde:

I = inercia de la sección compuesta, en mm⁴

A_i = área para el i-esimo culmo, en mm²

D_i = distancia entre el centroide del conjunto de culmos y el centroide del i -ésimo culmo, en mm

I = la inercia individual de cada culmo referida a su propio centroide, en mm^4 .

G.12.8.11.1 — Los esfuerzos máximos de corte serán calculados a una distancia del apoyo igual a la altura (h) del elemento. Para vigas conformadas por una sola guadua dicha altura será igual al diámetro exterior (D_e) de la misma, exceptuando en voladizos donde el esfuerzo máximo de corte será calculado en la cara del apoyo. Para vigas conformadas por 2 la altura (h) corresponde a la altura real del elemento. El máximo esfuerzo cortante debe ser determinado teniendo en cuenta la distribución no uniforme de los esfuerzos en la sección y debe ser inferior al máximo esfuerzo admisible para corte paralelo a las fibras $F'v$ establecido para los culmos de guadua rolliza tabla G.12.7-1, modificado por los coeficientes a que haya lugar.

G.12.8.11.2 — Esfuerzo cortante paralelo a las fibras – El esfuerzo cortante paralelo a las fibras actuante (f_v) sobre cualquier sección de guadua rolliza, no debe exceder el valor del esfuerzo cortante paralelo a las fibras admisible ($F'v$), modificado por los coeficientes correspondientes, de acuerdo a la formula G.12-8-9.

$$f_v = \frac{2V}{3A} \left(\frac{3D_e^2 - 4D_e t + 4t^2}{D_e^2 - 2D_e t + 2t^2} \right) \leq F'v$$

Donde:

f = esfuerzo cortante paralelo a las fibras actuante, en MPa

A = área de la sección transversal del elemento de guadua rolliza, en mm^2

D_e = diámetro externo promedio de la sección de guadua rolliza, en mm t = espesor promedio de la sección de guadua rolliza, en mm

F_v' = esfuerzo admisible para corte paralelo a las fibras, modificado por los coeficientes a que haya lugar, en MPa

v = fuerza cortante en la sección considerada, en N

G.12.8.11.3 — DISTRIBUCIÓN DE CONECTORES EN VIGAS DE SECCIÓN COMPUESTA — Cuando se construyen vigas con dos o más culmos de guadua se debe garantizar su estabilidad por medio de conectores transversales de acero, que garanticen el trabajo en conjunto. El máximo espaciamiento de los conectores no puede exceder el menor valor de 3 veces

el alto de la viga ($3h$), un cuarto de la luz ($1/4$) o el resultado de la formula G.12.8-10

$$j = \frac{7l}{v}$$

Donde:

j = espaciamiento entre conectores de vigas compuestas en mm

A = luz de la viga en mm

V = máximo cortante en la viga en kN

G.12.8.11.4 — Todos los cañutos por los que atraviese un conector en vigas de sección compuesta, deben estar rellenos de mortero de cemento véase la figura G.12.8-2. El primer conector se debe ubicar a una distancia igual a 50mm, medidos desde la cara del apoyo.

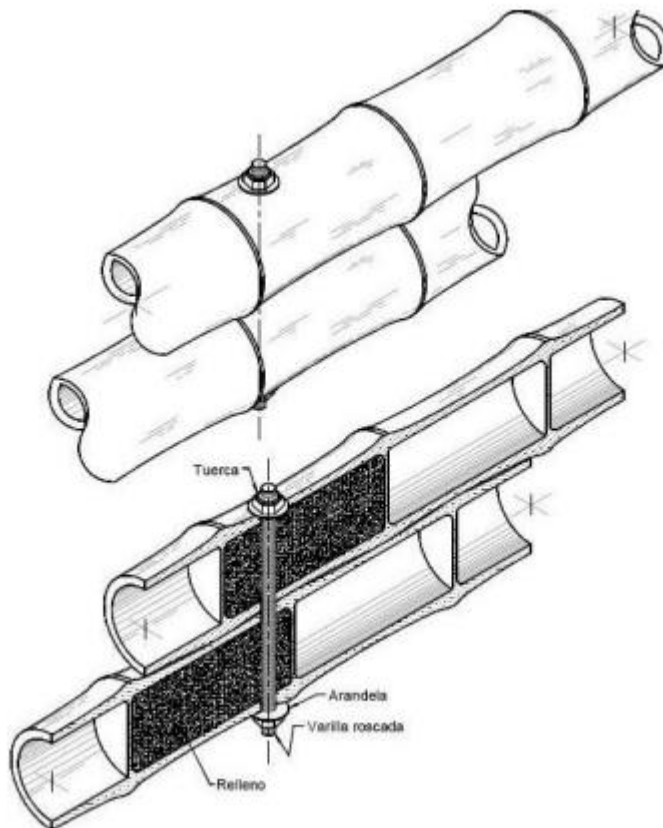


Ilustración 2: Ejemplo ubicación de conector

G.12.8.12 — APLASTAMIENTO

G.12.8.12.1 — Los esfuerzos de compresión perpendicular a las fibras (f_p), deben verificarse especialmente en los apoyos y lugares en los que haya cargas concentradas en áreas pequeñas. El esfuerzo de compresión perpendicular a las fibras actuante no debe exceder al esfuerzo admisible de compresión perpendicular modificado por los coeficientes a que haya lugar.

G.12.8.12.2 — El esfuerzo a compresión perpendicular a la fibra actuante se calcula con la formula G.12.8-11

$$f_p = \frac{3RD_e}{2t^2l} \leq F'p$$

En donde:

$F'p$ = esfuerzo admisible en compresión perpendicular a la fibra, modificado por los coeficientes a que haya lugar, en MPa

F_p = esfuerzo actuante en compresión perpendicular a la fibra, en MPa

D_e = diámetro externo promedio de la sección de guadua rolliza, en mm

t = espesor promedio de la sección de guadua rolliza, en mm

l = longitud de apoyo, en mm

R = Fuerza aplicada en el sentido perpendicular a las fibras, en N

G.12.8.12.3 — Todos los cañutos que estén sometidos a esfuerzos de compresión perpendicular a la fibra, deben estar rellenos de mortero de cemento, en el caso en que esto no se cumpla el valor del esfuerzo admisible F_p ' se debe reducir a la 4 parte ($F'p/4$).

G.12.9 — DISEÑO DE ELEMENTOS SOLICITADOS POR FUERZA AXIAL

G.12.9.1 — GENERAL — Los elementos que serán diseñados por fuerza axial son aquellos solicitados en la misma dirección que el eje longitudinal que pasa por el centroide de su sección transversal.

G.12.9.1.1 — Elementos solicitados a tensión axial — El esfuerzo de tensión axial actuante (f_t) para cualquier sección de guadua rolliza, no debe exceder el valor del esfuerzo admisible a tensión axial ($F't$) modificado por los coeficientes de modificación correspondientes, de acuerdo a la formula G.12.9-1

$$f_t = \frac{T}{A_n} \leq F't$$

En donde:

f = esfuerzo a tensión actuante, en MPa

T = fuerza de tensión axial aplicada, en N

$F't$ = esfuerzo de tensión admisible, modificado por los coeficientes a que haya lugar, en MPa

A_n = área neta del elemento, en mm²

G.12.9.1.2 — Todos los elementos que están solicitados por tensión axial y momento flector deben ser diseñados de acuerdo con lo estipulado en G.12.10.

G.12.9.1.3 — Tensión perpendicular a la fibra — En lo posible se deben evitar los diseños, en los cuales los elementos estructurales de guadua angustifolia estén sometidos a esfuerzos de tensión perpendicular a la fibra debido a su baja resistencia en esta sollicitación, no obstante, si se presentan estos esfuerzos se debe garantizar la resistencia del elemento proporcionando refuerzo en la zona comprometida, a través de zunchos metálicos o platinas.

G.12.9.2 — ELEMENTOS SOLICITADOS A COMPRESIÓN AXIAL

G.12.9.2.1 — Longitud efectiva — La longitud efectiva es la longitud teórica de una columna equivalente con articulaciones en sus extremos. La longitud efectiva de una columna puede calcularse con la formula G.12.9-2

$$l_e = l_u K$$

Donde:

l_u = longitud no soportada lateralmente del elemento, en mm

k = coeficiente de longitud efectiva, según las restricciones en los apoyos tabla G.12.9-1

l_e = longitud efectiva, en mm

Tabla G. 12.9-1	
Coeficiente de longitud efectiva	
Condición de los apoyos	K
Ambos extremos articulados (Ambos extremos del elemento deben estar restringidos al desplazamiento perpendicular a su eje longitudinal)	1
Un extremo con restricción a la rotación y al desplazamiento y el otro libre	2

Tabla 11: Coeficiente de longitud efectiva

G.12.9.2.2 — Esbeltez — En columnas constituidas por un culmo de guadua, la medida de esbeltez está dada por la formula G.12-9-3

$$\lambda = \frac{le}{r}$$

En donde:

λ = relación esbeltez del elemento

le = longitud efectiva del elemento, en mm

r = radio de giro de la sección, en mm

G.12.9.2.3 — El radio de giro de la sección constituido por un (1) solo culmo será calculado con la siguiente ecuación:

$$r = \frac{\sqrt{(D_e^2 + (D_e - 2t)^2)}}{4}$$

En donde:

D_e = diámetro externo promedio de la sección de guadua rolliza, en mm

t = espesor promedio de la sección de guadua rolliza, en mm

r = radio de giro de la sección

G.12.9.2.5 — Cuando se empleen varios culmos para conformar un elemento a compresión, la inercia del conjunto se calcula como la suma las inercias individuales de cada uno de los culmos ($I = \sum I_i$). Si el constructor garantiza un trabajo en conjunto la inercia podrá ser calculada con las siguientes expresiones:

(a) Para elementos en compresión tipo celosía, la inercia será calculada como ($I = \sum A_i d_i^2$), siendo A_i el área para el i -ésimo culmo y d_i la distancia entre el centroide del conjunto de culmos y el centroide del i -ésimo culmo.

(b) Para elementos en compresión unidos en toda su longitud, la inercia será calculada como ($I = \sum I_i + (A_i d_i^2)$), siendo I_i la inercia individual de cada culmo referida a su propio centroide.

G.12.9.2.6 — Clasificación de columnas — Según su relación de esbeltez, las columnas de guadua rolliza se clasifican en cortas, intermedias o largas.

Tabla G.12.9-2	
Clasificación de Columnas por esbeltez	
Columna	Esbeltez
Corta	$\lambda < 30$
Intermedia	$30 < \lambda < C_k$
Larga	$C_k < \lambda < 150$

Tabla 12: Clasificación de columnas por esbeltez

La esbeltez C_k es el límite entre las columnas intermedias y las columnas largas y está dado por la siguiente formula.

$$C_k = 2.565 \sqrt{\frac{E_{0.05}}{F'_c}}$$

F'_c = esfuerzo admisible en compresión paralela a las fibras, modificado, en MPa
 $E_{0.05}$ = módulo de elasticidad percentil 5, en MPa

Bajo ninguna circunstancia es aceptable trabajar con elementos de columna que tengan esbeltez mayor de 150.

G.12.9.2.7 — Esfuerzos máximos

G.12.9.2.7.1 — Columnas cortas ($\lambda < 30$) — El esfuerzo máximo de compresión paralela a la fibra actuante (f_c) sobre cualquier sección de guadua rolliza en columnas cortas, no debe exceder el valor del esfuerzo de compresión paralela a las fibras admisibles (F'_c) modificado por los factores correspondientes, de acuerdo a la ecuación G.12.9-7

$$f_c = \frac{N}{A_n} \leq F'_c$$

Donde:

f = esfuerzo de compresión paralela a la fibra actuante, en MPa

N = fuerza de compresión paralela a la fibra actuante, en N

An = área neta de la sección transversal, en mm²

F'c = esfuerzo de compresión paralela al fibra admisible, modificado, en MPa

G.12.9.2.7.2 — Columnas intermedias ($30 < \lambda < Ck$) — El esfuerzo máximo de compresión paralela a la fibra actuante (fc) sobre cualquier sección de guadua rolliza en columnas intermedias, no debe exceder el valor del esfuerzo de compresión paralela a las fibras admisibles () Fc ' modificado por los factores correspondientes, de acuerdo a la ecuación G.12.9-8

$$f_c = \frac{N}{A_n} \left(1 - \frac{2}{5} \left(\frac{\lambda}{Ck} \right)^3 \right) \leq F'_c$$

Donde:

f = esfuerzo de compresión paralela a la fibra actuante, en MPa

N = fuerza de compresión paralela a la fibra actuante, en N

An = área neta de la sección transversal, en mm²

Fc ' = esfuerzo de compresión paralela al fibra admisible, modificado, en MPa

λ = esbeltez, formula G.12.9-3

Ck = esbeltez que marca el límite entre columnas intermedias y largas, formula G.12.9-6

G.12.9.2.7.3 — Columnas largas ($Ck < \lambda < 150$) — El esfuerzo máximo de compresión paralela a la fibra actuante (fc) sobre cualquier sección de guadua rolliza en columnas largas, no debe exceder el valor del esfuerzo de compresión paralela a las fibras admisibles (F'c) modificado por los factores correspondientes, de acuerdo a la ecuación G.12.9-9

$$f_c = 3.3 \frac{E0.05}{\lambda^2} \leq F'_c$$

Donde:

f = esfuerzo de compresión paralela a la fibra actuante, en MPa

F'c' = esfuerzo de compresión paralela al fibra admisible, modificado, en MPa

λ = esbeltez, formula G.12.9-3

E0.05 = módulo de elasticidad del percentil 5, en MPa

No se permiten columnas con esbeltez superior a 150

G.12.9.2.8 — Todos los elementos que además de estar solicitados por compresión axial se encuentran solicitados por momento flector deben ser diseñados de acuerdo a lo estipulados en G.12.10

G.12.10 — DISEÑO DE ELEMENTOS SOLICITADOS POR FLEXIÓN Y CARGA AXIAL

G.12.10.1 — ELEMENTOS SOLICITADOS A FLEXIÓN CON TENSIÓN AXIAL — Los elementos de la estructura que se encuentren sometidos simultáneamente a fuerzas de tensión axial y flexión deben ser diseñados para cumplir la siguiente ecuación:

$$\frac{ft}{F't} + \frac{fb}{F'b} \leq 1$$

Donde:

f = esfuerzo a tensión actuante, en MPa

F't = esfuerzo de tensión admisible, modificado por los coeficientes a que haya lugar, en MPa

Fb = esfuerzo a flexión actuante, en MPa

F'b = esfuerzo a flexión admisible modificado, en MPa

G.12.10.2 — ELEMENTOS SOLICITADOS A FLEXO-COMPRESIÓN — Los elementos de la estructura que se encuentren sometidos simultáneamente a fuerzas de compresión y flexión deben ser diseñados para cumplir la siguiente ecuación:

$$\frac{fc}{F'c} + \frac{Kmf b}{F'b} \leq 1$$

Donde:

f = esfuerzo de compresión paralela a la fibra actuante, en MPa

F'c = esfuerzo de compresión paralela a la fibra admisible, modificado, en MPa

fb = esfuerzo a flexión actuante, en MPa

F'b = esfuerzo a flexión admisible modificado, en MPa

Km = coeficiente de magnificación de momentos, calculado con la formula G.12.10-3:

$$Km = 1 - 1.5\left(\frac{1}{\frac{Na}{Ncr}}\right)$$

Donde:

Km = coeficiente de magnificación de momentos

Na = carga de compresión actuante, en N

Ncr = carga critica de Euler, calculada con la formula G.12.10-4

$$Ncr = \frac{\pi^2 E_{0.05} I}{le^2}$$

Donde:

Ncr = carga critica de Euler, en N

E0.05 = módulo de elasticidad del percentil 5, en MPa

I = momento de inercia de la sección, en mm⁴ e

A = longitud efectiva del elemento, en mm

5.2. MARCO CONCEPTUAL

5.2.1. PROPIEDADES BIOLÓGICAS

La *Guadua angustifolia* Kunth o Guadua, como se conoce en Colombia, es una variedad de bambú originario de la zona del ecuador, en concreto de las zonas de Colombia, Venezuela y Ecuador. Son zonas de clima Tropical y templado donde forman colonias dominantes conocidas como “guadales” concentradas principalmente en la región andina, entre los 0 y 2000 msnm.

Se observa principalmente a la orilla de ríos y quebradas, en el piedemonte de la cordillera, en los bosques montañosos medios y bajos, y en los valles interandinos. En Colombia los guadales se desarrollan de forma óptima en la región central de los Andes, entre los 500 y 1500 m con temperaturas entre 17° y 26° grados Celsius, precipitaciones de 1200 a 2500 mm/año, humedad relativa del 80 al 90% y suelos aluviales ricos en cenizas volcánicas, con fertilidad moderada y buen drenaje.

Taxonómicamente el bambú pertenece a la familia de las Gramíneas, a la subfamilia de las Bambusoidea, que a su vez se divide en dos grupos, las herbáceas y las leñosas.¹⁵ La guadua se encuentra en el grupo de los bambús leñosos perteneciendo a una de las tres sub-tribus endémicas de América, la sub-tribu Guadina y al género Guadua. Las guaduas conocidas como “cebolla”, “macana”, “cotuda” o “castilla” son eco-tipos o formas que responden a condiciones climáticas y edáficas específicas.

Los bambús leñosos se caracterizan por tener rizomas fuertes bien desarrollados, culmos (tallos o cañas) lignificados, brotes nuevos protegidos por hojas caulinares y complejos sistemas de ramificación.

La guadua crece a una velocidad de 13 cm por día. Dentro de los primeros seis meses llega a su altura final de hasta unos 20 a 30 metros con un diámetro medio de 18 cm.

La fotosíntesis en el culmo y en las hojas decrece con el incremento de la edad de la planta. Comienza su desarrollo leñoso dentro de los 6 a 8 años hasta que las fibras conductivas son bloqueadas, proceso importante para la utilización de la Guadua como material de construcción.

Los culmos de bambú son huecos y tienen sección circular. Con el incremento en altura de la caña disminuyen el diámetro y el espesor de las paredes, pero aumenta las propiedades mecánicas.

La guadua presenta diversos servicios ambientales los cuales son:

La conservación del suelo, gracias a su rápido crecimiento, el desarrollo de una red de rizomas en la capa que abarca entre los 20 y 50 cm primeros de la superficie del suelo así como la disposición que presenta la Guadua de ocupar suelos de áreas alterados, hace que la guadua sea un buen recurso para la conservación de suelos inestables. A su vez sirve como protección del suelo frente a la acción solar gracias a la sombra que produce y por la deposición de hojarasca. Por este motivo se ha utilizado para recuperar tierras degradadas debido a la deforestación y a las prácticas agrícolas ineficientes¹⁶.

¹⁵ VILLEGAS Marcelo, Bambusa Guadua, colección La cultura del café, Villegas Editores, Abril de 1996. PP.27

¹⁶ Ibid.PP.35

La biodiversidad, ya que los guaduales son ecosistemas que guardan diversa flora, mamíferos, aves, reptiles asociada a ella.

La captación de CO₂, gracias al uso de la guadua para material de construcción de viviendas o en el desarrollo de muebles y artesanía hace que este bambú sea una planta fijadora de CO₂.

La regulación del caudal hídrico, en época de mayor caudal en los ríos, la guadua almacena en sus rizomas agua que en épocas de menos caudal devuelve al ecosistema¹⁷.

5.2.2. CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DE LA GUADUA¹⁸

Las características mecánicas dependen de varios factores como son el tipo de suelo, el clima, la edad, incluso dentro del mismo culmo depende de la parte del culmo en estudio. A lo que hay que añadir que no existe una relación entre el diámetro del culmo y el espesor.

Con respecto al comportamiento mecánico cabe destacar que la guadua trabaja muy bien a flexo-compresión y a tracción. El problema reside en cómo sujetar eficientemente la pieza de guadua. Por otro lado trabaja mal a flexión y con respecto al aplastamiento perpendicular a su longitud. Por este motivo las estructuras de guadua deben calcularse como barras articuladas en los nudos.

La guadua es un material poroso de origen vegetal que presenta fibras dispuestas axialmente. Es un material anisótropo ya que sus propiedades físicas y mecánicas varían según el sentido considerado. También presenta cambios en sus dimensiones debido a la expansión térmica y cambio de volumen a causa de la humedad.

La pared de la guadua está formada en un 50% por celulosa y hasta un 30% de lignina. La alta resistencia en sentido longitudinal de la pared de la guadua se debe a que las fibras están dispuestas en dirección paralela, a excepción de en los nudos, donde las fibras se cruzan en todos los sentidos.

¹⁷ Ibid.PP.38

¹⁸ FORERO MARÍN Germán y SOUZA WEIC Hermán, La guadua un sistema innovador para la construcción de vivienda en Anapoima - Cundinamarca, Universidad de la Salle, especialización en gerencia de proyectos de ingeniería. Bogotá, D.C. 2007.

Por estas similitudes, entre la madera y la guadua, anteriormente se utilizaron los mismos métodos de comprobación de las estructuras utilizados en la madera para la determinación de la resistencia de las construcciones con guadua.

Este método consistía en aplicar el Manual de diseño para maderas del grupo andino considerando a la guadua dentro del grupo de maderas con módulo de elasticidad más próximo (Grupo C). Más adelante se ha demostrado mediante distintas investigaciones que a la guadua no se le puede aplicar las mismas características que a la madera y que si fuera así se estaría infravalorando sus propiedades.

En la actualidad, desde el 26 de Marzo de 2010, está en vigor la Normativa Colombiana sismo resistente NSR-10 siendo el primer documento en el que de manera oficial aparecen unos valores homologados de resistencia físico-mecánica de la Guadua. Se consigue así, por fin, unos valores a los que hacer referencia en el cálculo de estructuras de guadua.

5.2.3. AGENTES BIOLÓGICOS QUE ATACAN A LA GUADUA¹⁹

Al igual que la madera, la guadua es atacada por agentes biológicos que destruyen o afectan su calidad y resistencia.

Los hongos son los causantes de los mayores deterioros provocando pudrición, debilitamiento e inutilización de la guadua en periodos menores de 2 o 3 años. El ataque se produce cuando la guadua está en contacto con el agua, con humedades relativas del aire superior al 60 % y con temperaturas mayores de 12° C.

La presencia del almidón y los azúcares en la planta constituyen el factor más importante de susceptibilidad de la Guadua al ataque de los insectos.

Sin embargo, dependiendo de las condiciones climáticas, es un vegetal de gran resistencia a las termitas. Son insectos del género Isóptera que se encuentran en comunidades. Se alimentan de madera, perforando túneles que debilitan el material seriamente. Atacan tallos maduros y guaduas colocadas

¹⁹ VILLEGAS Marcelo, Bambusa Guadua, colección La cultura del café, Villegas Editores, Abril de 1996. PP.31

en construcciones bajo condiciones adversas de humedad y altas temperaturas.

Si los tallos una vez cortados mantienen una alta humedad son susceptibles a ser atacados por coleópteros diminutos denominados “gorgojos barrenadores” o coquitos.

Pero la especie que puede producir un mayor daño económico y por lo tanto contra el que hay que tener mayor cuidado es el *Dinoderus minutus*. Ataca tanto a la planta en pie, como apeada y en esterilla. Construye grandes galerías en su pared debilitándolo.

De acuerdo a lo expuesto anteriormente las pudriciones más comunes son:

Pudrición blanda, causada por hongos destructores de celulosa. La pudrición es superficial y degrada la madera hasta adquirir una consistencia grasosa de color oscuro.

Pudrición blanca, los hongos destruyen la lignina y carbohidratos dejando un material residual semejante a un esqueleto de madera sin coloración.

Pudrición parda, produce la descomposición de la celulosa sin afectar a la lignina. La parte atacada se contrae, formando hendiduras perpendiculares u oblicuas.

Todos estos agentes han sido estudiados más en las maderas que en la Guadua.

5.2.4. CONSERVACIÓN DE LA GUADUA ²⁰

El método más utilizado para inmunización de la guadua es el tratamiento de inmersión. Es el método más económico, práctico, sencillo y efectivo porque puede atenderse mayor número de tallos al mismo tiempo.

El método consiste en la inmersión de las cañas, una vez hayan sido secadas a la sombra, en un tanque impermeabilizado que contiene una solución acuosa con el elemento inmunizante.

Para que los tallos se saturen con el líquido antiséptico se ha de perforar los tabiques con la finalidad de que la solución pueda llenar todas las oquedades

²⁰ Ibid.PP.42

de los entrenudos y para que, a través del tejido blando del interior de los entrenudos, penetre en el sistema vascular, saturando el resto de las paredes. Al perforar los diafragmas se podría pensar que se reduce la capacidad de carga de la caña, pero en estudios realizados en ensayos de tracción se aprecia una disminución de resistencia entorno al 2%, que supone una reducción poco significativa en comparación con los beneficios aportados por esta técnica de preservación.

Frente al ataque de insectos xilófagos y para prevenir la aparición de hongos en las cañas lo más común es sumergir las cañas durante 8 días en una solución de bórax y ácido bórico en relación 1:1 y con una concentración entre el 4% y el 6%. Este tipo de tratamiento por inmersión presenta la ventaja de no estar constituida por un elemento tóxico, sino una que es una sal, lo que supone un producto natural y totalmente inocuo a esas concentraciones.

Posee, como ventaja añadida, que este tratamiento añade características ignífugas a la guadua gracias al bórax.

Para el mantenimiento de la guadua en el tiempo y, en mayor medida si está situada en el exterior, se ha de proteger de la acción del sol que puede llegar a “desescamarla”.

Independientemente de la protección frente al sol, la guadua se ha de mantener nutrida, en buen estado y con un aspecto saludable. Para ello se utilizan aceites naturales. Lo más importante que se debe tener en cuenta es que deje el poro abierto (al contrario de barnices o pinturas sintéticas), que ofrezca una alta protección contra rayos UV siendo hidrófugo, y que se mantenga elástico para facilitar en lo posible el mantenimiento.

Puede ocurrir que aparezcan algunas grietas longitudinales que no suponen ningún problema estructural ya que afectan a las propiedades del bambú. Si fuera necesario tapar estas grietas, por estética o cualquier otro motivo, se pueden utilizar las mismas masillas utilizadas para la madera. Se debe tener en cuenta que deben de ser flexibles debido a que es habitual que las aberturas oscilen de tamaño debido a la humedad.

5.2.5. COMPORTAMIENTO DE LA GUADUA FRENTE AL FUEGO

La guadua es considerada como inflamable pero poco combustible basándose en las altas concentraciones de ácido salicílico de la corteza y la alta densidad.

La susceptibilidad a la ignición depende particularmente de la posición del componente. Los componentes horizontales son menos susceptibles que los diagonales o verticales.

En una caña de Guadua situada en una posición horizontal, las llamas se esparcen anularmente hacia el nudo próximo. Entonces el fuego se apaga porque la llama no puede pasar fácilmente de un nudo a otro en un material poco combustible.

Si el segmento intermedio (entre nudos) revienta, mostrando roturas longitudinales y transversales, la combustión es más rápida. Además las rajaduras transversales disminuyen significativamente la capacidad de soportar las cargas.

La combustión de segmentos en posición diagonal se produce en forma ascendente hasta el final. Las llamas se extienden en forma de anillos desde la zona de corte.

En posición vertical todos los especímenes arden continuamente desde el punto de ignición hasta el final, siendo el mismo comportamiento que en posición diagonal.

Los componentes estructurales en posición horizontal son más resistentes al fuego que las posiciones verticales o en posición inclinada. La relativa lentitud de ignición y expansión de la llama en el bambú ofrece ventajas dado que el tiempo en caso de evacuación por incendio se incrementa notablemente. En relación con la normativa y comportamiento al fuego de materiales y componentes constructivos, la guadua puede ser clasificada como combustible y particularmente como material constructivo retardante.

5.2.6. AISLAMIENTO TÉRMICO Y ACÚSTICO

Por su anatomía de tabiques y entrenudos con aire en su interior, y en general por su naturaleza porosa, la guadua resulta un material aislante térmico excelente.

La cámara de aire propia de los entrenudos de la guadua contribuye al aislamiento. Para un área rural urbana de débil o regular intensidad sonora puede ser resuelto con los materiales comunes empleados en la edificación. Si el nivel sonoro externo fuera mayor, puede reforzarse el aislamiento con el uso de materiales absorbentes.

5.2.7. LA GUADUA Y LOS MOVIMIENTOS SÍSMICOS

Las fuerzas que se presentan en las estructuras debido a las aceleraciones del sismo están directamente relacionadas con el peso de la edificación, por lo tanto a mayor peso mayores fuerzas de inercia.

La constitución anatómica tubular y fibrosa del bambú le permite absorber energía de deformación que redundo en una mayor flexibilidad, retardando las fallas o roturas y permitiendo un comportamiento más dúctil.

Aun cuando se presenten movimientos sísmicos muy intensos las características de absorción y disipación de energía le permiten mostrar ese comportamiento dúctil, absorbiendo y amortiguando sin fallar, efectos mayores a los previstos. Esta propiedad es muy ventajosa para asegurar el menor daño a los ocupantes de una edificación en estas circunstancias.

5.2.8. VENTAJAS DE LA GUADUA EN COMPARACIÓN CON LA MADERA

Las ventajas que presenta la Guadua comparada con un árbol son las de un rápido crecimiento y una mayor productividad.

Una planta de Guadua lista para su utilización necesita una media de entre 5 o 6 años para su desarrollo. Una vez establecida, si es bien gestionada, puede ser productiva durante mucho tiempo, ya que los culmos o tallos que se extraen suponen un tipo de poda para la planta.

Normalmente el ciclo de crecimiento de un bambú constituye una tercera parte del ciclo de un árbol de rápido crecimiento, y su productividad por hectárea es dos veces la del árbol.

Los bambúes emergen del suelo con su diámetro establecido, sin presentar incrementos del diámetro con el tiempo como ocurre con los árboles.

Con respecto a las propiedades estructurales, la Guadua presenta una alta relación resistencia /peso que supera a la mayoría de las maderas. La capacidad para absorber energía y admitir una mayor flexión hace que dentro de los distintos tipos de bambú, el del género de la Guadua sea un material idóneo para construcciones sismo-resistentes.

Con respecto a la rotura también se encuentra diferencia entre la rotura que se produce en una madera convencional y la que se origina en la Guadua. Frente a la rotura de forma continua que se produce en una pieza de madera, la guadua no presenta una rotura a lo largo de toda la caña debido a los nudos y diafragmas que originan discontinuidad en la transmisión de las cargas.

5.2.9. DESVENTAJAS DE LA GUADUA EN COMPARACIÓN CON LA MADERA

La resistencia a tracción perpendicular a la fibra es muy pequeña. Esto es debido a que la guadua está formada por fibras longitudinales fuertes, pero a diferencia de la madera no tiene fibras radiales que unan las fibras longitudinales, las cuales están simplemente pegadas por pectinas, en una matriz de lignina relativamente débil y blanda.

La resistencia a compresión perpendicular a las fibras (aplastamiento) es muy baja en columnas cortas. Al aplicar carga a un cilindro hueco corto éste se deforma y, debido a la poca resistencia a tracción perpendicular a las fibras, se abre. Cuando el elemento trabaja a compresión perpendicular a las fibras, el comportamiento mejora si se le da un confinamiento que limita de alguna manera la deformación lateral.

La resistencia al cortante paralelo a las fibras también es baja, no alcanzando ni siquiera la décima parte de la resistencia a tracción en dirección paralela a las fibras.

5.3. MARCO GEOGRAFICO

En el mundo existen cerca de 1600 especies de (“Bambú”), y el 64% son nativos del suroeste de Asia, 33% crece en Latinoamérica, y el resto en África y Oceanía. En Norteamérica existen únicamente tres especies nativas, comparadas con las 440 de Latinoamérica, se encuentran en la mayor parte de las regiones tropicales del mundo y en algunas zonas templadas, con excepción de Europa, en los trópicos de cáncer y capricornio y desde el nivel del mar hasta el límite de las nieves; en América tropical se reconocen 41 géneros, y aproximadamente de 440 a 460 especies, los géneros más representativos en Colombia.

La guadua constituye el género de bambú nativo más importante de América latina tropical, es endémica de América con aproximadamente 30 especies

distribuidas desde México hasta Argentina, las cuales se pueden encontrar en un rango de altitud que va desde el nivel del mar hasta los 2200 m.s.n.m.

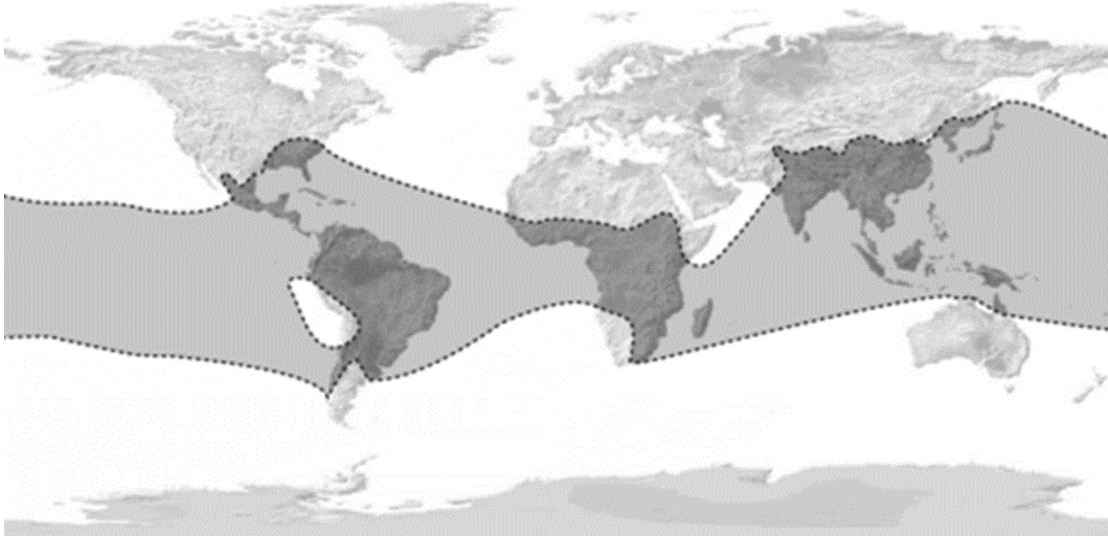


Ilustración 3: Distribución mundial de la Guadua

En Colombia la guadua ha tenido una tradición histórica, cultural, económica y de conservación medioambiental en toda la región cafetera que se ha ido extendiendo por todo el territorio. Actualmente se calcula un área de guaduales de más de 54.000 hectáreas, de las cuales más del 60 % son naturales y el resto cultivadas; solo la zona cafetera aporta más del 50%.

La Guadua (“*Angustifolia Kunth*”) se desarrolla naturalmente en Colombia, Ecuador y Venezuela en grupos dominantes llamados Guaduales, generalmente estos grupos se localizan al lado de ríos y quebradas, en el pie de monte de la cordillera. En Colombia la Guadua se encuentra distribuida a lo largo de la cordillera central y la zona céntrica del país, en los departamentos de Antioquia, Cauca, Caldas, Cundinamarca, Huila, Quindío, Risaralda, Tolima y Valle del Cauca, actualmente se calculan que existen entre 50000 y 60000 Ha de Guadua de las cuales el 95% son naturales y el restante es cultivada, también se cree que en los departamentos de Putumayo, Caquetá y Nariño se pueden encontrar importantes zonas de Guadua pero de las cuales no se tiene un registro adecuado.



Ilustración 4: Presencia nativa del bambú en Colombia

Punto rojo: Departamentos con presencia nativa y de cultivos de Guadua conocidos y censados.

Punto negro: Departamentos con presencia nativa que no tienen un registro adecuado.

En la región del eje cafetero es donde más predomina este tipo de cultivo en el país, gran parte de su expansión de la Guadua en esta zona se debe a la época de la colonización antioqueña donde fue pieza fundamental en el proceso poblacional en esta zona de nuestro país, de hecho en el siglo pasado en la zona cafetera colombiana se construyeron cerca de 100 poblaciones completas con bareque²¹, esto refleja el buen comportamiento de la Guadua como material estructural en la construcción colombiana.

²¹ BASTIDAS, Lucy y FLORES, Edgar. Documento 'Uso del Bambú en Viviendas para estratos medios. El Bambú como material estructural en losa de entrepiso'. Publicado en las Memorias

5.4. MARCO LEGAL

Para la Guadua en Colombia a partir del 11 de septiembre de 2002 se inició la consolidación del Comité Colombiano para la Normalización del Bambú-Guadua, ya en Enero de 2003 queda consolidado ante el ICONTEC, su objetivo principal es la normalización de la regularización del uso de la Guadua en general; Adicional a esto todo lo referido a la norma para el diseño de estructuras en Guadua se encuentra en la Norma Sismo Resistente.

NTC 5300	Cosecha y Pos-cosecha de los culmos de Guadua Angustifolia Kunth
NTC 5301	Secado e inmunizado de los culmos de Guadua Angustifolia Kunth
NTC 5405	Propagación vegetativa de Guadua Angustifolia Kunth
NTC 5407	Uniones para estructuras construidas en Guadua Angustifolia Kunth
NTC 5525	Uniones para estructuras construidas en Guadua Angustifolia Kunth
NSR – 10: Capitulo G - 12	Estructuras de guadua: Parámetros de diseño sismo resistente para construcciones realizadas en guadua Angustifolia Kunth

Tabla 13: Normatividad de la guadua

6. DISEÑO METODOLOGICO

6.1. ENFOQUE METODOLOGICO

Esta investigación tiene un enfoque cuantitativo, dado que busca elaborar el diseño estructural de una vivienda prototipo modular. El estudio se enfocará en el diseño de una serie de paneles estructurales que se puedan incorporar en una arquitectura propuesta que cumpla con los parámetros establecidos por la NSR-10 para que pueda ser reproducida en cualquier lugar del territorio colombiano, para lo cual se llevara a cabo una estructura lógica y ordenada que permita la toma de decisiones y oriente adecuadamente los resultados a las necesidades planteadas inicialmente.

6.2. TIPO DE INVESTIGACION

La investigación es de tipo cuasi experimental debido a que se eligieron variables como el lugar controlando así varios aspectos de diseño como la humedad de la zona, la altitud, los tipos de vientos existentes, así mismo se eligió la tipología y el material de los paneles prefabricados que van a conformar la arquitectura para desarrollar el diseño. Adicional a esto se controlando las variables dependientes del material como son el módulo de elasticidad, relación de Poisson, coeficiente de deformación térmica, entre otros, que son necesarios para la conclusión de la investigación.

6.3. FASES DE LA INVESTIGACION

Fase 1	Identificación del tipo que se utilizara para el diseño del sistema estructural de guadua <i>Angustifolia Kunth</i> , mediante la recopilación de información existente acerca de diferentes distribuciones espaciales que logren un diseño adecuado que se complemente con el desarrollo posterior del diseño estructural.
Fase 2	Planteamiento de los diferentes tipos de paneles prefabricados de acuerdo a la tipología de la arquitectura propuesta, que cumpla con todas las necesidades espaciales propuestas, mediante diferentes distribuciones de elementos estructurales internos que se acomoden a las distintas necesidades espaciales, garantizando continuidad estructural.

Fase 3	Modelación de la estructura planteada, para hallar de manera sistemática y objetiva solicitaciones frente a las distintas cargas a las que es sometida la estructura. Determinado todas las respuestas a las solicitaciones que la estructura pueda tener en su etapa de servicio. Adicionalmente, se tendrá que elaborar las distintas hojas de cálculo para diseño estructural en guadua de acuerdo a la NSR-10, debido a que los programas actuales no tienen implementada la guadua como un material tradicional que se utilice en la construcción.
Fase 4	Diseño de elementos estructurales que garantiza la obtención de las secciones mínimas requeridas por las cargas de diseño para que la estructura cumpla todos los parámetros de seguridad exigidos.
Fase 5	Elaboración de Planos Estructurales finales, de acuerdo al diseño final de los elementos, que representen de manera clara todas las características físicas y detalles para una fácil reproducción en la realidad, con sus respectivas memorias de cálculo que sustenten las decisiones tomadas a lo largo de la investigación.

Tabla 14: Fases de la investigación

6.4. INSTRUMENTOS Y TECNICAS

Los instrumentos y técnicas utilizadas en este trabajo serán programas especializados como SAP2000 el cual permite hacer el cálculo de estructuras por elementos finitos, para análisis estático y dinámico lineal y no lineal, este programa permite analizar cualquier tipo de estructura desde las tradicionales estructuras regulares hasta complejas estructuras cuya regularidad es muy poca, o edificaciones de gran altura, incluso en este programa se pueden hacer diseño de puentes.

La técnica para el manejo de este programa es de carácter interactivo donde el usuario da las características y pautas al programa para que este realice los cálculos matemáticos que en ocasiones pueden llegar a ser complejos.

El otro programa que se utilizara a lo largo de este trabajo de grado es Excel, cuya plataforma permite una mayor interacción de usuario programa, es bien conocido las facilidades que tiene este programa para realizar cálculos sencillos y complejos, elaboración de graficas que para el presente trabajo serán de gran ayuda en la resolución de problemas.

Para la elaboración de los planos, se utilizara el programa AutoCAD, del grupo de programas AUTODESK.

Además de estos programas se utilizaran instrumentos muy valiosos como son los libros, mediante los cuales se utilizaran técnicas de investigación para encontrar y seleccionar información acertada que contribuya a la construcción de presente trabajo de investigación.

7. ANALISIS Y RESULTADOS

El primer desafío que se enfrentó cuando se inició esta investigación, fue encontrar una arquitectura, ya que no se tenía el acompañamiento de un profesional idóneo en esta área, aunque es válido aclarar que se intentó lograr un acercamiento con varias personas para que se realizara una buena propuesta, los esfuerzos fueron desechados, ya que es complicado que haya un compromiso con investigaciones de carácter netamente académicas, razón por la cual se decidió desarrollar una propuesta propia de la arquitectura, pensando no tanto en características de paisajismo, si no en la incursión de esta con los posibles tipos de paneles que se fuesen a desarrollar en la siguiente etapa de la investigación.

Para iniciar con el desarrollo de la arquitectura, el procedimiento a seguir fue buscar arquitecturas ya propuesta para el desarrollo de casas unifamiliares, y así iniciar a desarrollar la propia con unas bases más estables, es necesario aclara que esta investigación previa sobre la arquitectura fue exclusivamente de carácter informativo, razón por la cual no se hace referencia a ningún material en específico para el desarrollo de esta.

Posterior a esto se logró realizar contacto con un constructor de guadua, por medio del asesor disciplinar de esta investigación, el cual mostro gran interés en esta, y por tal motivo se logró entablar una relación académica, en donde el constructor aporoto su conocimiento adquirido con el trasegar del tiempo de acuerdo a los diferentes tipos de estructuras que él ya había realizado, utilizando como material principal la guadua *Angustifolia kunth*.

La nueva relación que se entablo con este constructor de guadua tradicional, trajo ventajas palpables a la investigación, ya que de acuerdo a lo que ya se ha venido trabajando en guadua, se obtuvo más información para tener un criterio más amplio en el desarrollo de la arquitectura para el proyecto y así comenzar el proceso de caracterización inicial para la investigación, donde se definió el tipo de uso definitivo para la estructura y el tipo de espacio donde se realizara la propuesta.

De esto se establece que el área de desarrollo para realizar la vivienda es de siete metros de frente por catorce metros de fondo, ya que en primera medida es un área de terreno aceptable para realizar el diseño de una casa de dos plantas con espacios cómodos, además esta área de terreno es fácilmente encontrada en cualquier región del país.

Como esta investigación indirectamente tiene otra finalidad, que es impulsar la guadua angustifolia kunth como material estructural alternativo, y adicional a esto, pensando en la incursión de la guadua a la ciudad, se decide realizar la arquitectura de la vivienda pensando más en un diseño urbano que rural, que fácilmente de acuerdo a sus características se pueda emplear aun en lugares donde existan construcciones previas y en otros materiales.

De acuerdo a lo descrito anteriormente, a continuación se muestra la arquitectura final desarrollada para la vivienda unifamiliar:

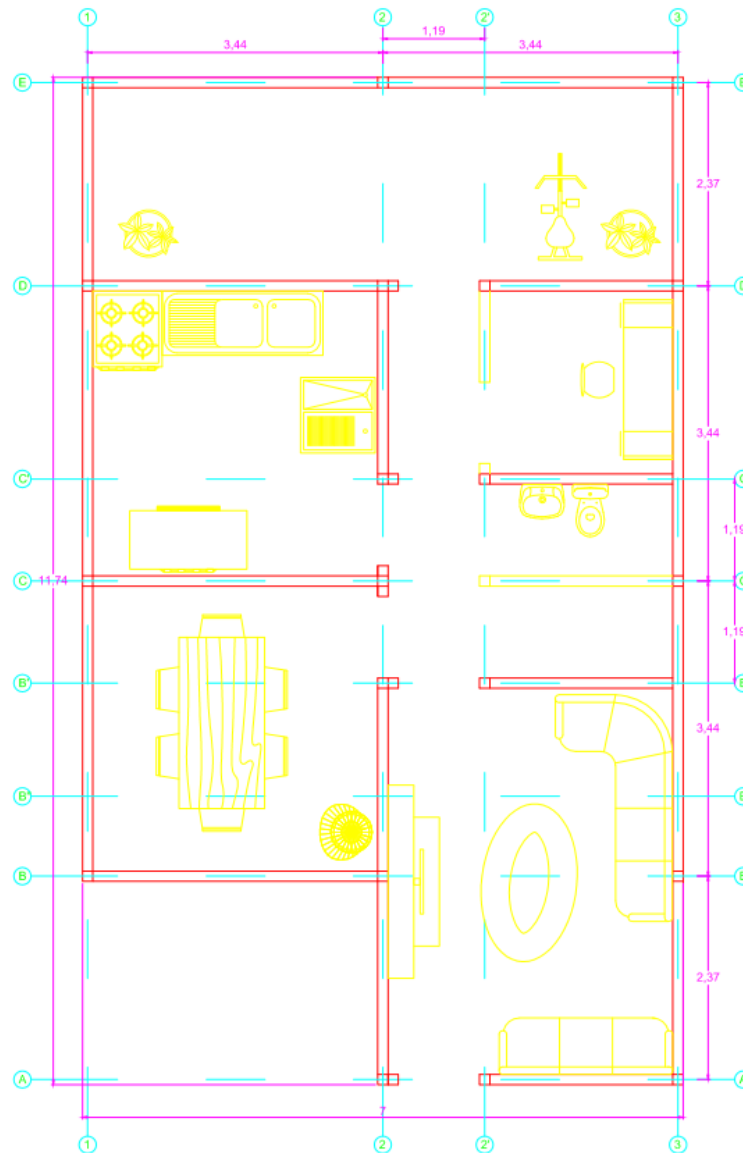


Ilustración 5: Arquitectura primer piso

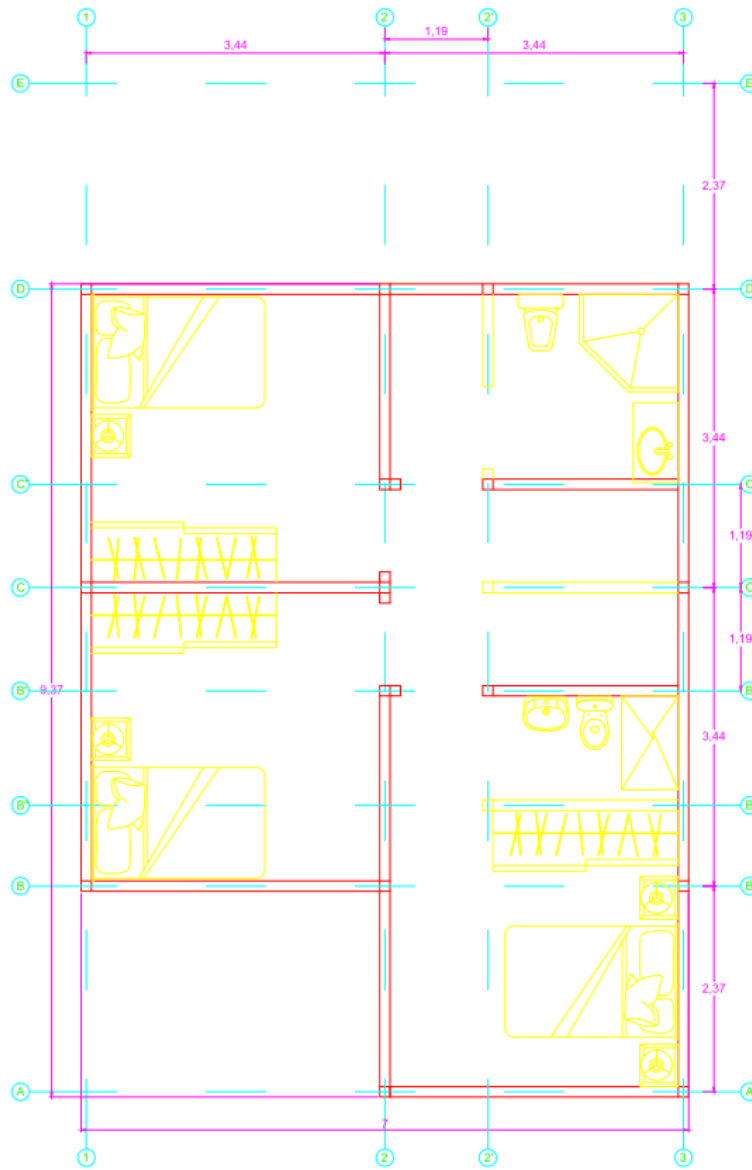


Ilustración 6: Arquitectura segundo piso

Es válido pensar que esta arquitectura al ser evaluada por un profesional del área, puede tener algunos errores, pero desde el punto de vista estructural, que es el éxito de la misma, está muy bien lograda porque presenta continuidad en las dos plantas con respecto a los miembros estructurales y adicional a esto, está pensada específicamente en el desarrollo e implementación a la misma de los paneles que se plantearán en la siguiente etapa de la investigación, para lograr un buen trabajo en conjunto.

Ya con una arquitectura definida, se inicia el proceso de desarrollo de los paneles, estos van a ser realizados con medidas estándar, que son características de la arquitectura.

La medida para desarrollar los paneles es de 3,32 metros de ancho por 2,5 m de alto, aclarando que esta medida es exclusiva para los paneles principales que en este caso, para que se cumpla las necesidades de la arquitectura, son tres tipos de panel, que son el panel tipo 1, que posee características de muro, el panel tipo 2, que posee características de puerta y el panel tipo 3, que posee características de ventana.

Adicional a los paneles ya mencionados se desarrolló otro panel adicional, denominado panel tipo 4, que posee características de muro complemento, es ideal para los lugares donde los paneles principales por sus características de tamaño no pueden ser utilizados. Este panel tiene medidas de 2,25 metros de ancho por 2,5 metros de altura.

Otra característica importante en la que se pensó para el desarrollo de estos paneles fue que no solo los elementos principales tuvieran continuidad estructural, sino que también los secundarios, por lo cual cómo se va a evidenciar a continuación en las imágenes de los paneles, es que la distancia entre ejes siempre va a ser la misma, con se busca es que todas las cargas que van a ser impuestas en la estructura tengan un recorrido limpio, en primera medida hasta las columnas principales, y posteriormente hacia la cimentación.

Panel tipo 1: Muro

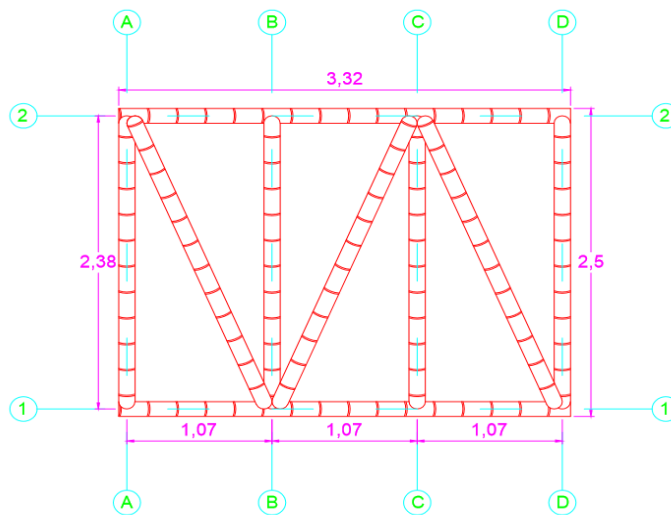


Ilustración 7: Panel tipo 1

Panel tipo 2: Puerta

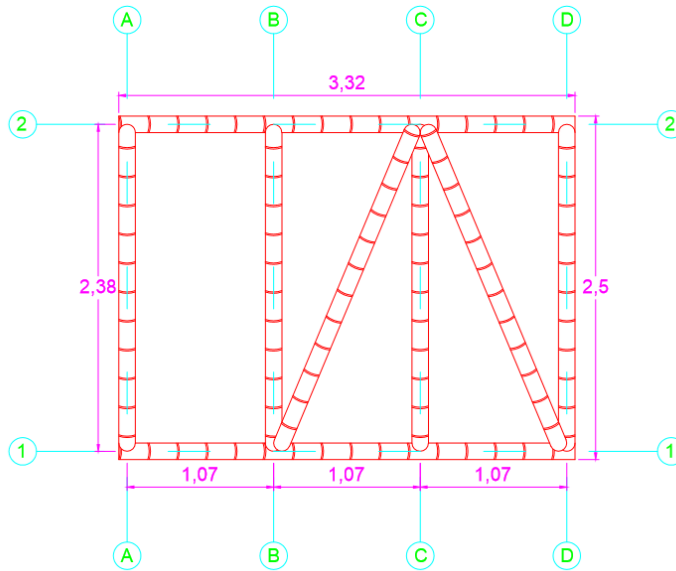


Ilustración 8: Panel tipo 2

Panel tipo 3: Ventana

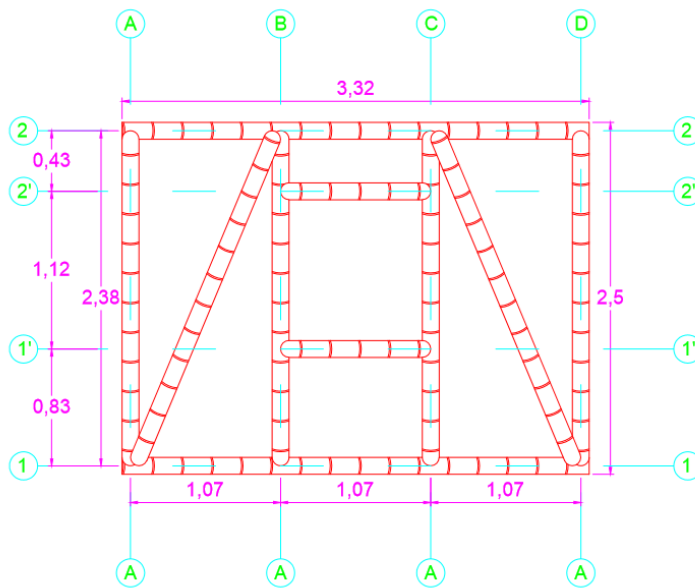


Ilustración 9: Panel tipo 3

Panel tipo 4: Complemento

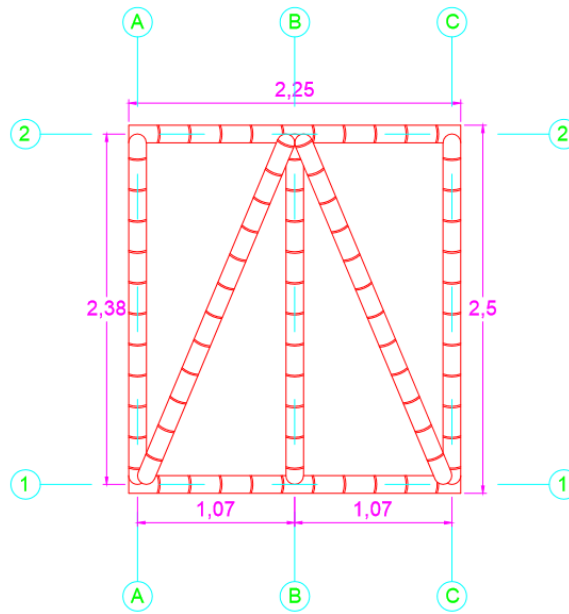


Ilustración 10: Panel tipo 4

Luego de haber definido las características de los diferentes paneles que se van a utilizar, se puede iniciar la etapa de modelación, la cual se desarrolló en dos etapas, la primera el análisis de los paneles individuales y la segunda, la modelación de la estructura completa.

Para la modelación, es necesario definir las características del material, para esto se tomaron los valores de la norma para definir las propiedades físico-mecánicas.

Además el programa exige la creación de una sección para la modelación, para lo cual se define una sección mínima para la guadua con características de diámetro externo de 120 milímetros y espesor de pared de 15 milímetros.

La guadua se modela como material isotrópico, ya que la norma solo brinda parámetros físico-mecánicos para una dirección, y no para las tres direcciones que posee un material ortotropico.

A continuación se muestra los cuadros de dialogo que arroja el programa para el ingreso de los parámetros mencionados.

Material Property Data

General Data

Material Name and Display Color: GAK ■

Material Type: Other

Material Notes:

Weight and Mass

Weight per Unit Volume: 7,848

Mass per Unit Volume: 0,8003

Units: KN, m, C

Isotropic Property Data

Modulus of Elasticity, E: 9500000,

Poisson's Ratio, U: 0,3

Coefficient of Thermal Expansion, A: 1,170E-05

Shear Modulus, G: 3653846,

Switch To Advanced Property Display

Ilustración 11: Propiedades del material

Pipe Section

Section Name: CULMO GAK

Section Notes:

Properties:

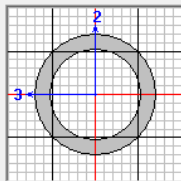
Property Modifiers:

Material: + GAK

Dimensions

Outside diameter (t3): 0,12

Wall thickness (tw): 0,015



Display Color: ■

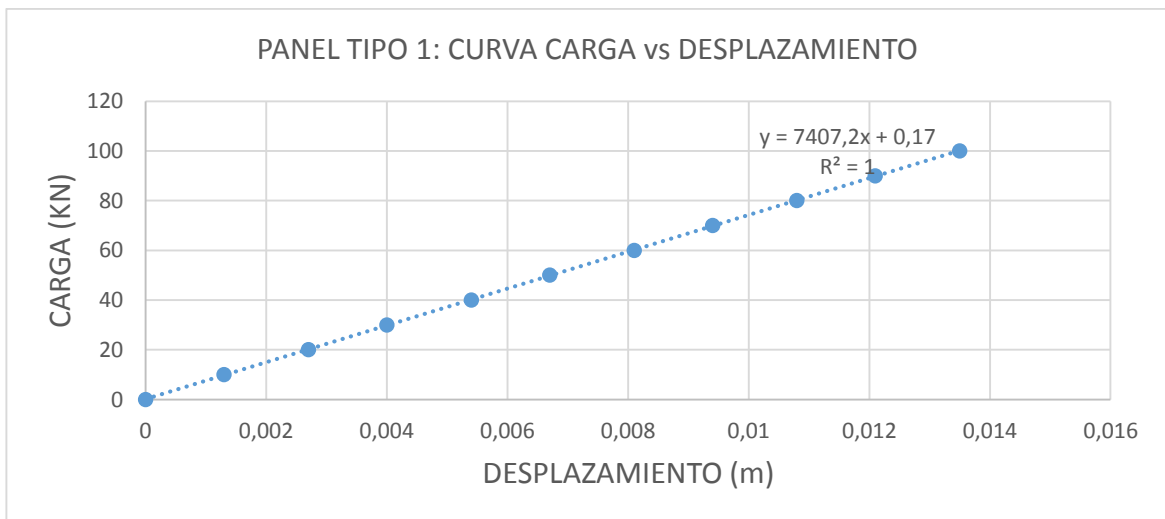
Ilustración 12: Propiedades geométricas de la sección

En esta primera etapa de la modelación, lo que se buscó encontrar fue si los paneles son estables por sí mismos, observando los diferentes desplazamientos que tiene al ser solicitados por una fuerza horizontal puntual aplicada en un nodo superior, también se busca identificar la rigidez de cada panel, y observar cómo se afecta esta con respecto a la utilización o no de las diagonales interiores de cada panel de acuerdo a las características de cada uno en especial.

Panel tipo 1: Muro

PANEL TIPO 1	
FUERZA	DESPLAZAMIENTO
KN	m
0	0
10	0,0013
20	0,0027
30	0,004
40	0,0054
50	0,0067
60	0,0081
70	0,0094
80	0,0108
90	0,0121
100	0,0135

Tabla 15: Fuerza contra desplazamiento panel tipo 1

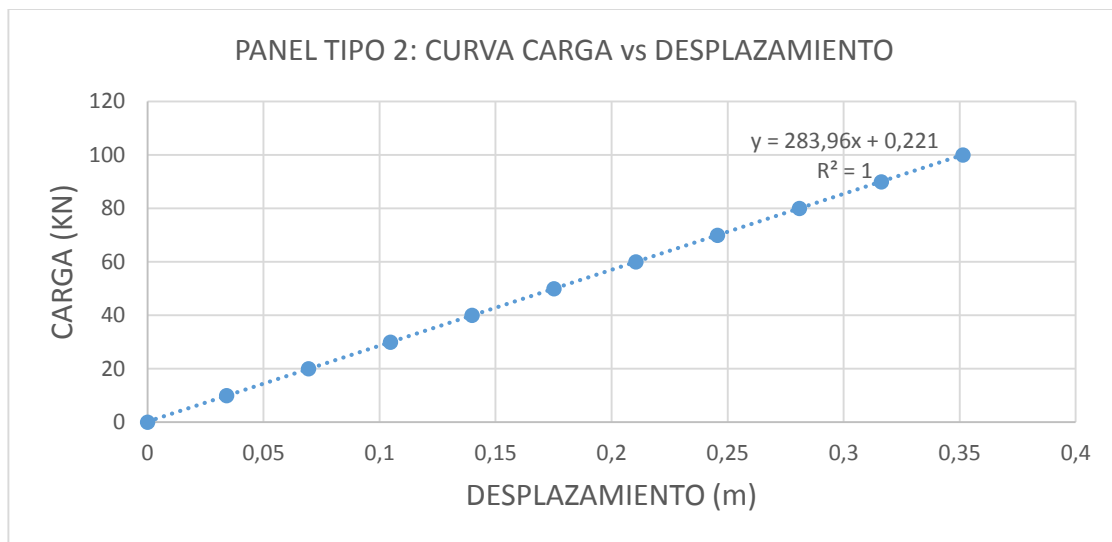


Grafica 1: Rigidez panel tipo 1

Panel tipo 2: Puerta

PANEL TIPO 2	
FUERZA	DESPLAZAMIENTO
KN	m
0	0
10	0,0341
20	0,0694
30	0,1047
40	0,1399
50	0,1752
60	0,2105
70	0,2457
80	0,281
90	0,3163
100	0,3515

Tabla 16: Fuerza contra desplazamiento panel tipo 2

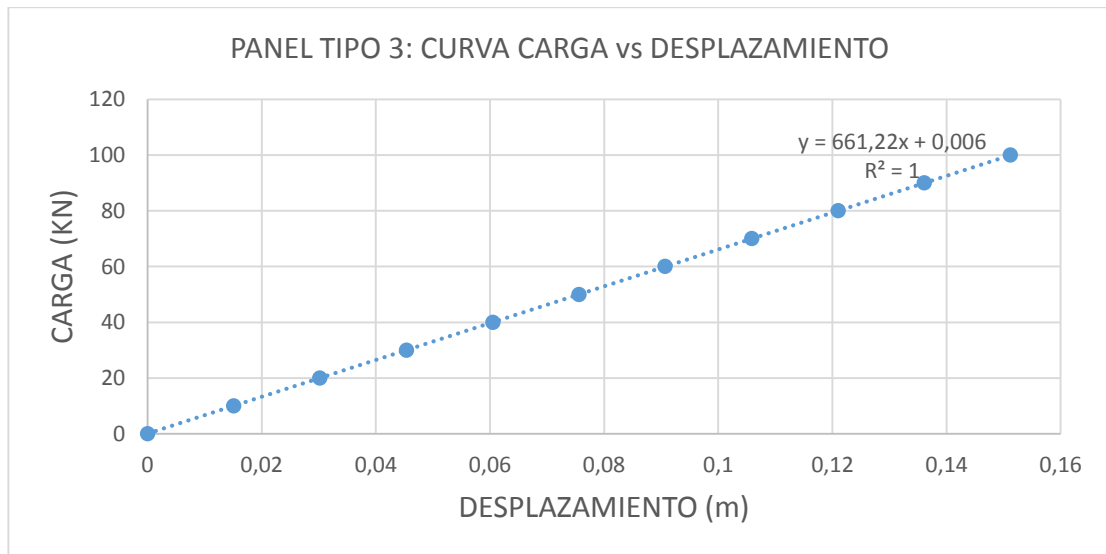


Grafica 2: Rigidez panel tipo 2

Panel tipo 3: Ventana

PANEL TIPO 3	
FUERZA	DESPLAZAMIENTO
KN	m
0	0
10	0,0151
20	0,0302
30	0,0454
40	0,0605
50	0,0756
60	0,0907
70	0,1059
80	0,121
90	0,1361
100	0,1512

Tabla 17: Fuerza contra desplazamiento panel tipo 3

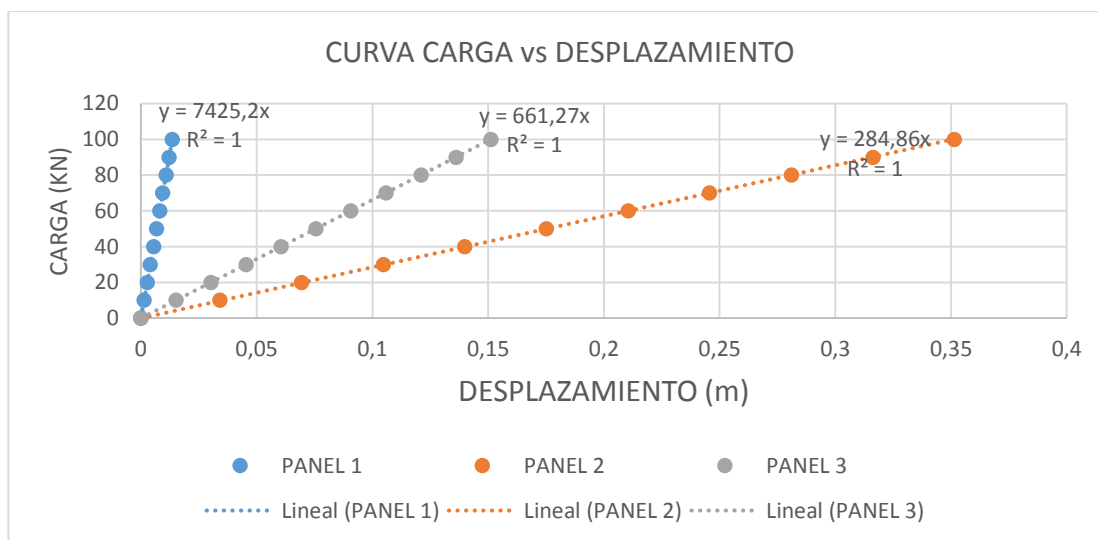


Grafica 3: Rigidez panel tipo 3

El panel tipo 4 Complemento, no entro en este análisis, ya que para poder realizar una adecuada comparación de rigideces, es necesario que todos los paneles posean la misma tipología, y como se observa los paneles principales la tienen, y lo que se busca como ya se menciona es encontrar como varia el comportamiento de los mismos, con las diferentes distribuciones interiores de las diagonales.

	PANEL TIPO 1	PANEL TIPO 2	PANEL TIPO 3
FUERZA	DESPLAZAMIENTO	DESPLAZAMIENTO	DESPLAZAMIENTO
KN	m	m	m
0	0	0	0
10	0,0013	0,0341	0,0151
20	0,0027	0,0694	0,0302
30	0,004	0,1047	0,0454
40	0,0054	0,1399	0,0605
50	0,0067	0,1752	0,0756
60	0,0081	0,2105	0,0907
70	0,0094	0,2457	0,1059
80	0,0108	0,281	0,121
90	0,0121	0,3163	0,1361
100	0,0135	0,3515	0,1512

Tabla 18: Fuerza contra desplazamiento todos los paneles



Grafica 4: Rigidez todos los paneles

De acuerdo a los resultados, el panel tipo 1 es el que tiene mayor rigidez, con un valor de 7425,2 KN/m, seguido del panel tipo 3 con un valor de 661,3 KN/m y por último el panel tipo dos con un valor de 284,9 KN/m, lo que demuestra en primera medida que de acuerdo a como se configure las diagonales internas del panel, así mismo va hacer su capacidad de resistencia frente a las acciones horizontales, además de acuerdo a los desplazamientos máximos de cada panel se puede inferir que todos son estables ya que en primera

medida se soportan ellos mismos y adicional a esto son capaces de disipar de una manera eficiente las cargas horizontales.

Para la segunda parte de la modelación es necesario realizar el avalúo de cargas correspondiente que contemple todas las acciones que vayan a intervenir en la estructura.

Las cargas muertas y vivas corresponden a las denominadas cargas gravitacionales (debidas a la acción de la gravedad sobre los diferentes elementos que componen la estructura, es decir el peso de estos elementos, y se incluye aquellos elementos que se mueven en la estructura).

Las cargas muertas corresponden al peso de los elementos fijos de la estructura y el peso de la estructura. Está relacionado con los materiales con los cuales están construidos estos elementos.

Las cargas vivas corresponden al peso de los elementos que no son fijos en la estructuras, y se relacionan de acuerdo con el uso de la misma.

Todas las cargas gravitacionales están relacionadas en la norma sismo-resistente²².

Avaluó de cargas

Entrepiso

Muerta

Material	Espesor		Carga						
Piso laminado de Espuma	8	mm	0,01	KN/m2/mm	0,08	KN/m2			
polietileno	20	mm	0,001	KN/m2/mm	0,02	KN/m2			
Frescasa	90	mm	5E-04	KN/m2/mm	0,045	KN/m2			
Triplex	4	mm	0,01	KN/m2/mm	0,04	KN/m2			
Durmiente de madera	20	mm	0,15	KN/m2/20mm	0,15	KN/m2			
Esterilla de guadua	10	mm			7,85	KN/m3	0,001	0,0079	KN/m2
Vigueta de guadua	-	mm			7,85	KN/m3	0,033	0,258	KN/m2
Cielo rasó	-		0,15	KN/m2				0,15	KN/m2
Total					0,75	KN/m2			

Cubierta

Muerta

Teja arquitectónica				(721 x 6000 – 30 (0.3 mm) (12,61 Kg))	0,03	KN/m2
---------------------	--	--	--	---------------------------------------	------	-------

²² ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE INGENIERÍA SÍSMICA. Reglamento Colombiano de construcción sismo resistente. NSR-10. Título B. Cargas. Bogotá D.C. 2010.

Cielo raso	0,15	KN/m2	0,15	KN/m2
			Total	0,18 KN/m2
Entrepiso				
Viva				
Uso residencial	1,8	KN/m2	1,8	KN/m2
			Total	1,8 KN/m2
Cubierta				
Viva				
cubierta inclinada	0,5	KN/m2	0,5	KN/m2
			Total	0,5 KN/m2

Adicional a estas cargas, se tuvo en cuenta una para los acabados del muro de 0,10 KN/m2, que se multiplica por la correspondiente altura del muro, y se incorpora al modelo como una carga distribuida.

Para este diseño, no se realizó análisis por cargas de viento, ya que la estructura propuesta es cerrada, por tal razón no es necesario calcular estas cargas, y por ende se pueden despreciar.

Ya con todas las cargas listas es necesario establecer el espectro de aceleración sísmica para el correspondiente análisis dinámico de la estructura.

Como el desarrollo constructivo de esta edificación no tiene un sitio específico donde realizarse, es necesario escoger alguno para realizar el análisis estructural, partiendo de esto se escogió una zona aleatoria donde existan cultivos de la misma para este fin.

Se eligió Armenia para realizar el espectro de aceleración sísmica.

Ciudad	Armenia
Zona de amenaza sísmica	Alta
Aa	0,25
Av	0,25
Grupo de uso	I
I	1
Tipo de perfil	C
Fa	1,15
Fv	1,55
T	4
T0	0,134782609

TC	0,646956522
TL	3,72
Sa (1)	0,71875
Sa (2)	0,11625
Sa (3)	0,1081125

Tabla 19: Datos iniciales espectro de aceleración sísmica

Donde:

A_a = coeficiente que representa la aceleración horizontal pico efectiva, para diseño.

A_v = coeficiente que representa la velocidad horizontal pico efectiva, para diseño.

F_a = coeficiente de amplificación que afecta la aceleración en la zona de períodos cortos, debida a los efectos de sitio, adimensional.

F_v = coeficiente de amplificación que afecta la aceleración en la zona de períodos intermedios, debida a los efectos de sitio, adimensional.

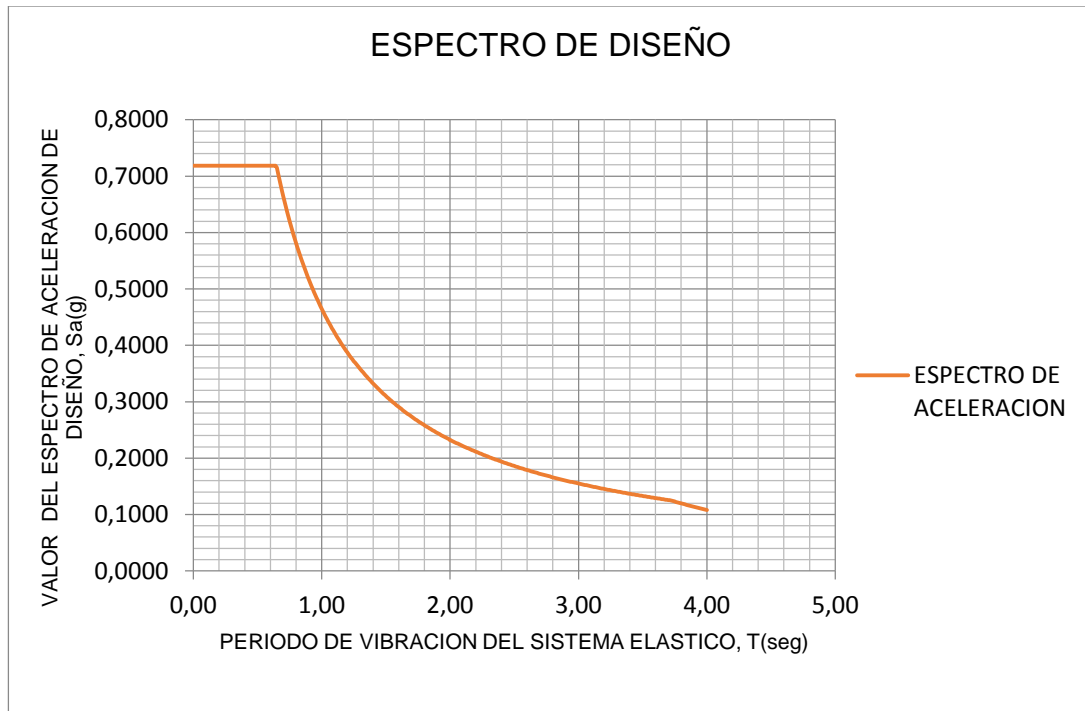
T_L = período de vibración, en segundos, correspondiente al inicio de la zona de desplazamiento aproximadamente constante del espectro de diseño, para períodos largos.

T = período de vibración del sistema elástico, en segundos.

T_C = período de vibración, en segundos, correspondiente a la transición entre la zona de aceleración constante del espectro de diseño, para períodos cortos, y la parte descendiente del mismo.

S_a = valor del espectro de aceleraciones de diseño para un período de vibración dado. Máxima aceleración horizontal de diseño, expresada como una fracción de la aceleración de la gravedad, para un sistema de un grado de libertad con un período de vibración T .

T0 = período de vibración al cual inicia la zona de aceleraciones constantes del espectro de aceleraciones, en s.



Grafica 5: Espectro de aceleración

Los valores de este espectro de aceleración se exportan y se ingresan al modelo para realizar el correspondiente análisis modal.

Para la realización de un diseño sismo resistente²³, hay que cumplir ciertos requisitos generales de diseño para que este se realice bajo parámetros que ya están normalizados, dentro de estos parámetros se encuentra el coeficiente de capacidad de disipación de energía, que es definido de acuerdo al sistema y material estructural que se utilice.

Se tiene que calcular el coeficiente de reducción del sismo de acuerdo a las características del proyecto. Se utilizara un sistema estructural de muros de carga, los cuales son resistentes tanto a fuerzas horizontales o sísmicas y a cargas verticales; Por lo tanto, ya que la norma no hace una referencia

²³ ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE INGENIERÍA SÍSMICA. Reglamento Colombiano de construcción sismo resistente. NSR-10. Título A. Requisitos generales de diseño y construcción. Bogotá D.C. 2010.

específica para un tipo propio en guadua, se utilizara uno de los sistemas propios para la madera.

En la categoría correspondiente a muros estructurales se encuentra el tipo de sistema estructural compuesto por pórticos de madera con diagonales, que es el que se va a utilizar para la modelación, para la cual se define un valor inicial del coeficiente de disipación de energía.

$$R_0 = 2,0$$

Este valor se puede ver afectado de acuerdo a las distintas irregularidades que se pueden presentar en la estructura.

Cuando una estructura se clasifique como irregular, el valor del coeficiente de capacidad de disipación de energía R_0 que se utilice en el diseño sísmico de la edificación, debe reducirse multiplicándolo por θ_p , debido a irregularidades en planta, por θ_a debido a irregularidades en altura, y por θ_r debido a ausencia de redundancia.

$$R = \theta_a \theta_p \theta_r R_0$$

En la configuración en planta para este proyecto se presenta retrocesos en las esquinas, razón por la cual se requiere realizar el chequeo correspondiente para saber si es necesario afectar el coeficiente de disipación.

Tipo 2P — Retrocesos en las esquinas — $\phi_p = 0.9$

$$A > 0.15B \text{ y } C > 0.15D$$

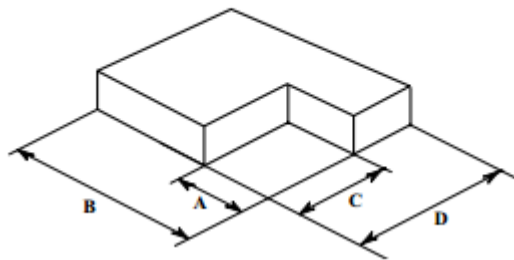


Ilustración 13: Retrocesos en las esquinas

$$D = 7 \text{ m}$$

$$C = 3,44 \text{ m}$$

$$B = 11,74 \text{ m}$$

$$A = 2,37 \text{ m}$$

$$A > 0,15 \times B$$

$$2,37 > 0,15 \times 11,74$$

$$2,37 > 1,761 \text{ Cumple}$$

$$C > 0,15 \times D$$

$$3,44 > 0,15 \times 7$$

$$3,44 > 1,05 \text{ Cumple}$$

$$\theta_a = 0,9$$

La estructura cumple los requisitos para que este afectada por irregularidades en planta, produciendo un factor de reducción de 0,9.

De acuerdo a la distribución planteada para la edificación, se ve reflejada irregularidad con respecto a la geometría planteada en altura, por lo cual se realiza la corrección correspondiente para este caso en particular.

Tipo 3A — Geométrica — $\phi_a = 0.9$

$$a > 1.30 b$$

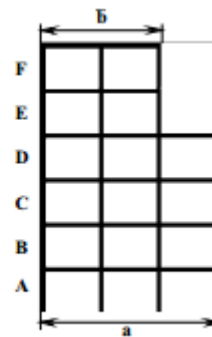


Ilustración 14: Geometría en altura

$$a = 11,69 \text{ m}$$

$$b = 9,345 \text{ m}$$

$$a > 1,3 \times b$$

$$11,69 > 1,3 \times 9,345$$

$$11,69 > 12,1485 \text{ "NO CUMPLE"}$$

$$\theta_p = 1$$

No se cumple con los requisitos para que R_0 , se vea afectado por irregularidades en altura, por lo cual el factor de reducción es igual a la unidad.

Como la edificación presento casos donde se presentaban irregularidades estructurales, los cuales fueron desarrollados en la parte anterior, ahora es necesario realizar la corrección del coeficiente de disipación por medio de los factores encontrados.

$$R = \theta_a \theta_p \theta_r R_0$$

$$R = 0,9 \times 1,0 \times 2,0$$

$$R = 1,8$$

El valor del coeficiente de disipación de energía que se va a utilizar para la modelación de la edificación es de 1,8; este valor ya tiene incluido todas las posibles irregularidades que se presentan en la estructura y que afectan el valor inicial de R_0 .

Ya con los parámetros iniciales del modelo listos es necesario definir los casos de cargas que van a intervenir en la estructura.

Para este diseño se utilizan las combinaciones básicas²⁴, ya que el diseño de guadua se realiza por el método de los esfuerzos admisibles.

²⁴ ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE INGENIERÍA SÍSMICA. Reglamento Colombiano de construcción sismo resistente. NSR-10. Título B. Cargas. Bogotá D.C. 2010.

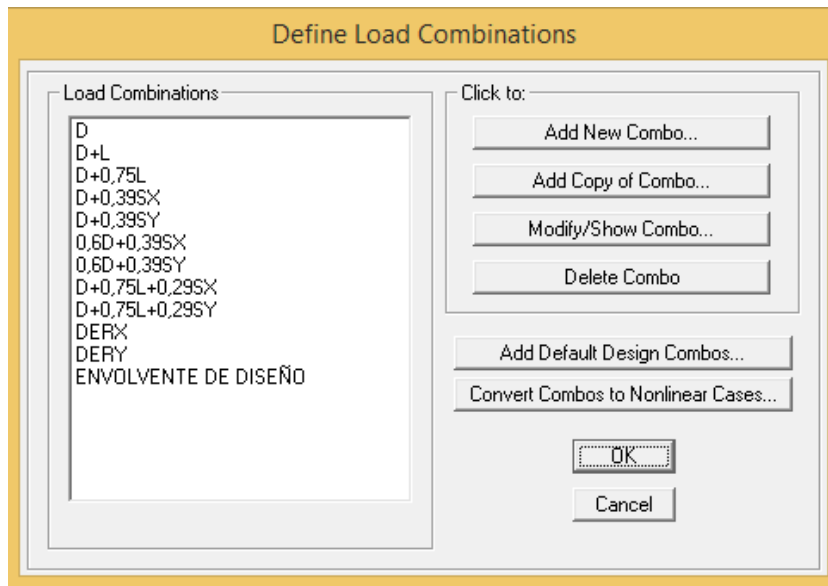


Ilustración 15: Casos de carga

Ya con todos los parámetros de diseño listos, se procede a montar la estructura y las correspondientes cargas.

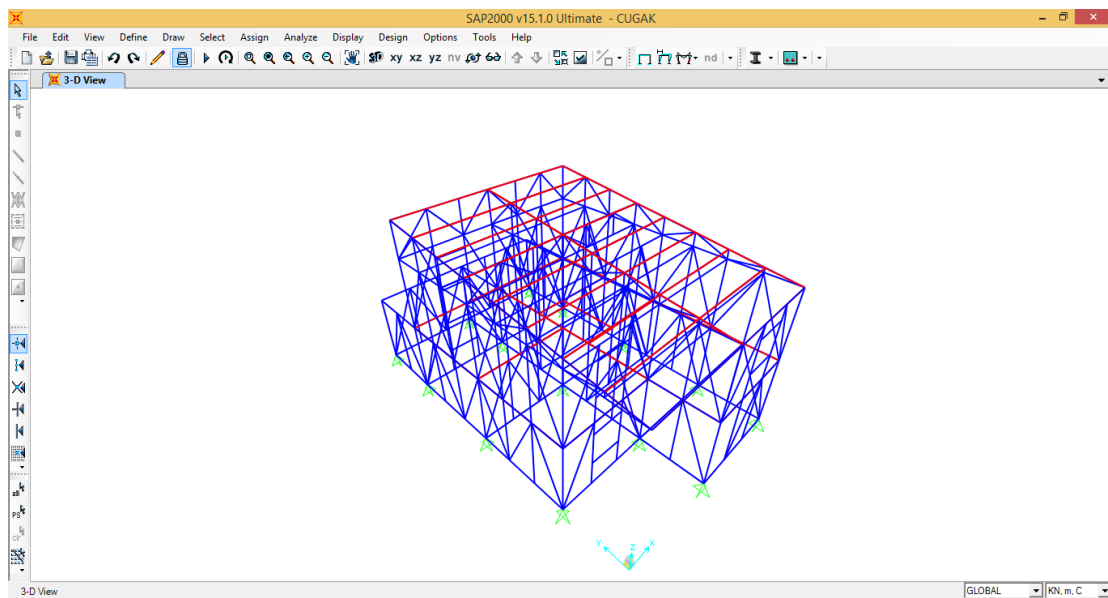


Ilustración 16: Estructura 3D Programa

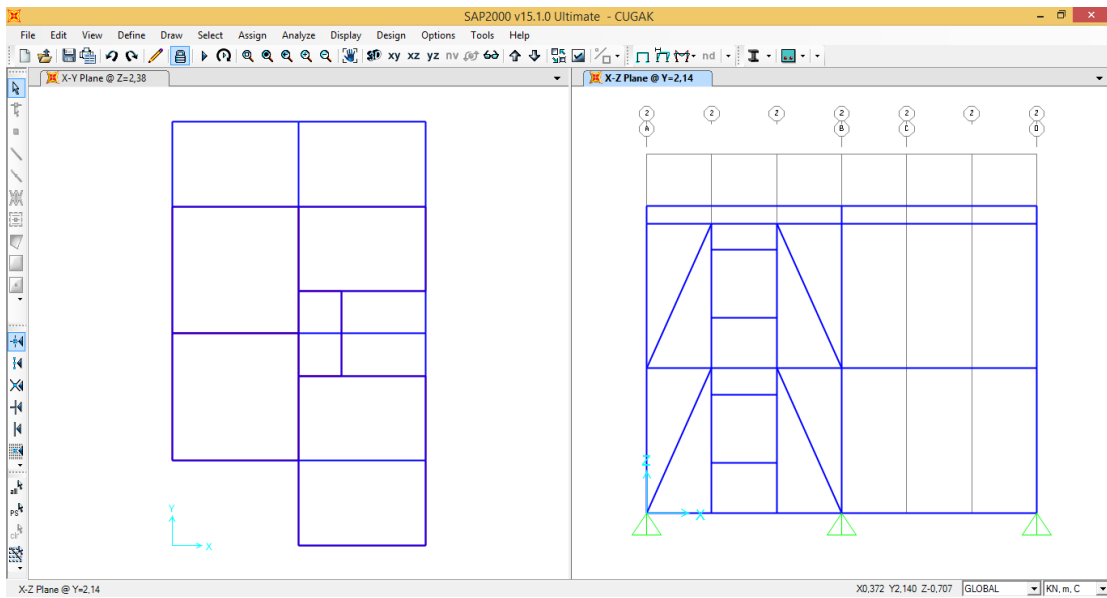


Ilustración 17: Vistas estructura Programa

Luego de corroborar todo el modelo con todas las características dispuestas, lo primero que hay que realizar es la revisión de derivas, que no puede ser mayor al 1% de la altura de piso. Para esta revisión de derivas se realizó una combinación adicional que consta de 100% del sismo en una dirección más el 30% del sismo en otra dirección.

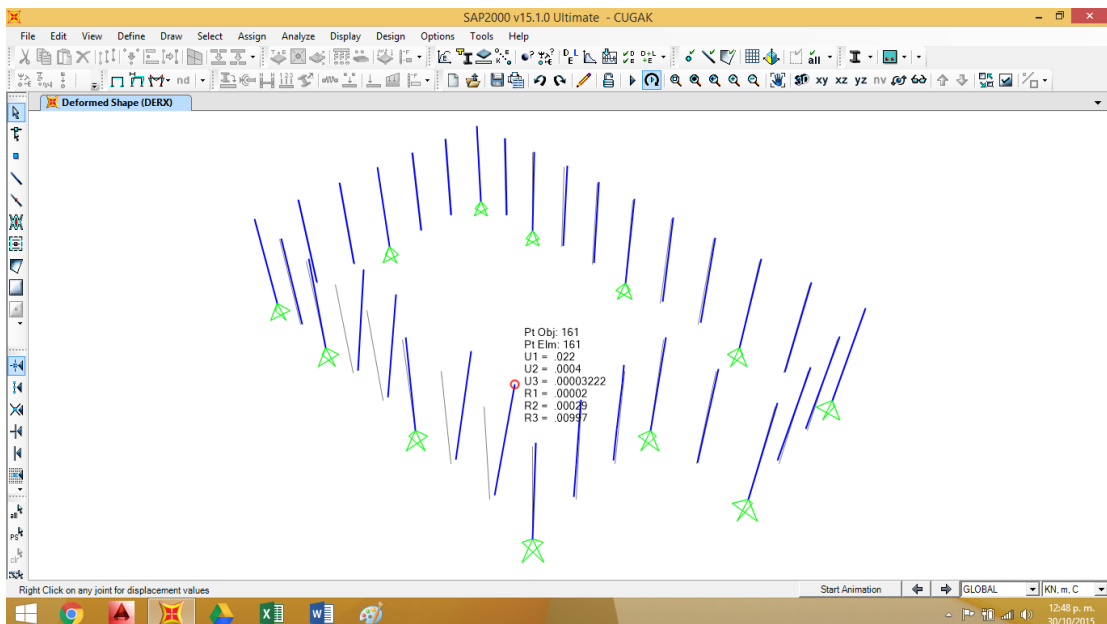


Ilustración 18: Deriva en X primer piso

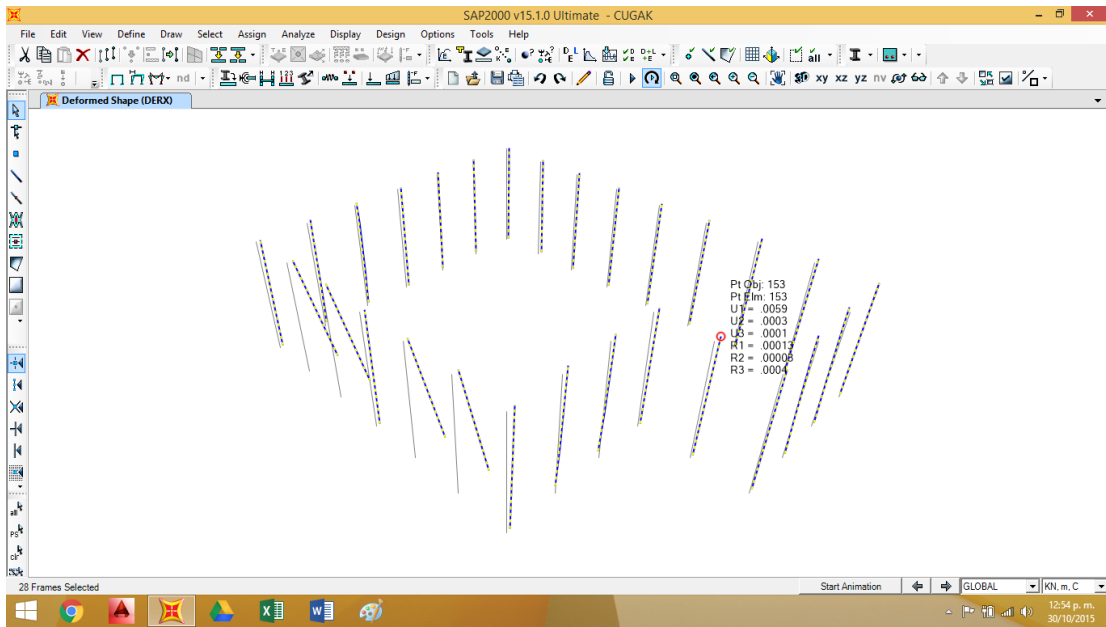


Ilustración 19: Deriva en X segundo piso

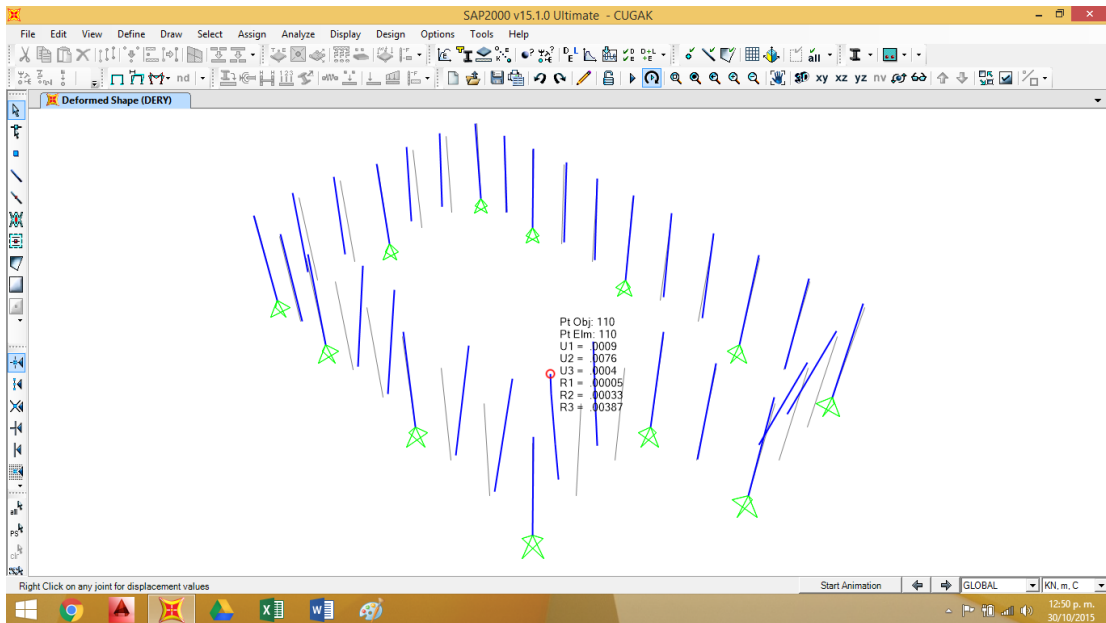


Ilustración 20: Deriva en Y primer piso

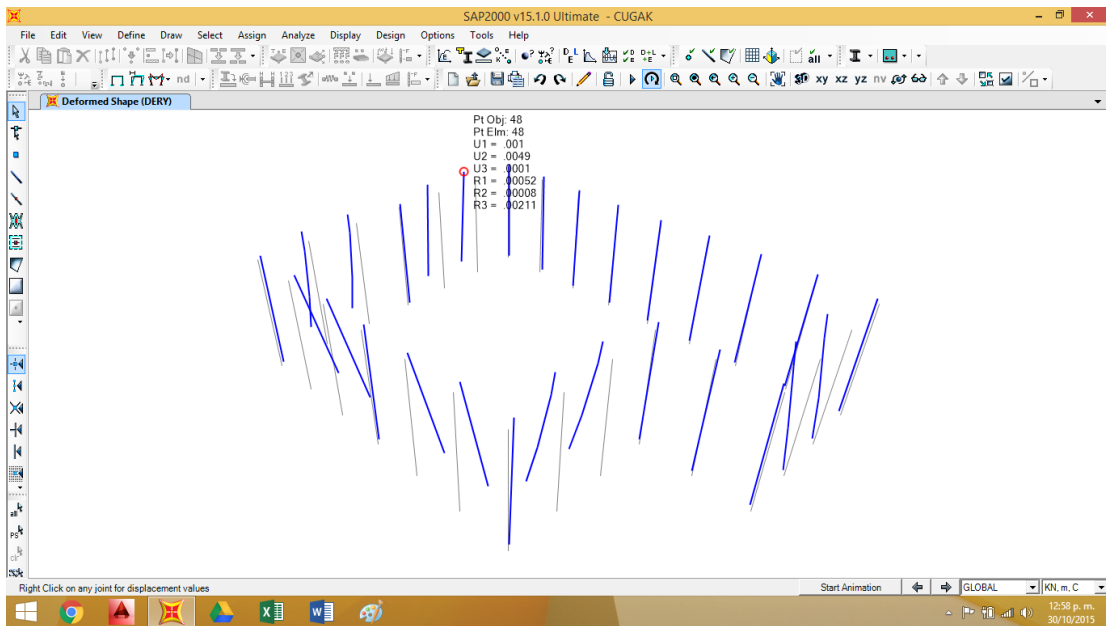


Ilustración 21: Deriva en Y segundo piso

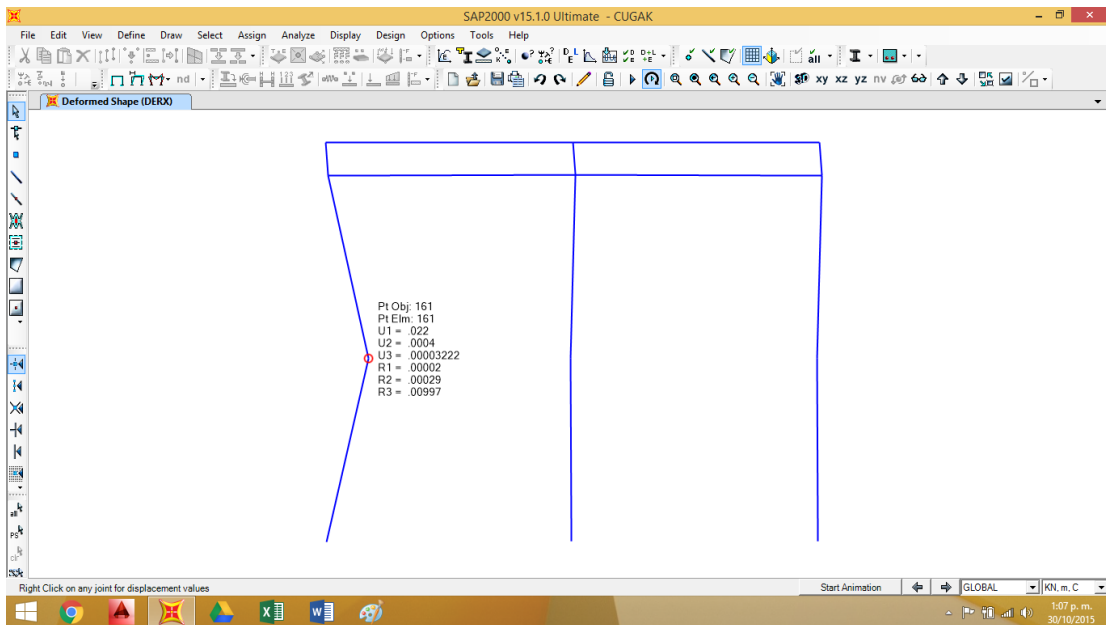


Ilustración 22: Máxima deriva X

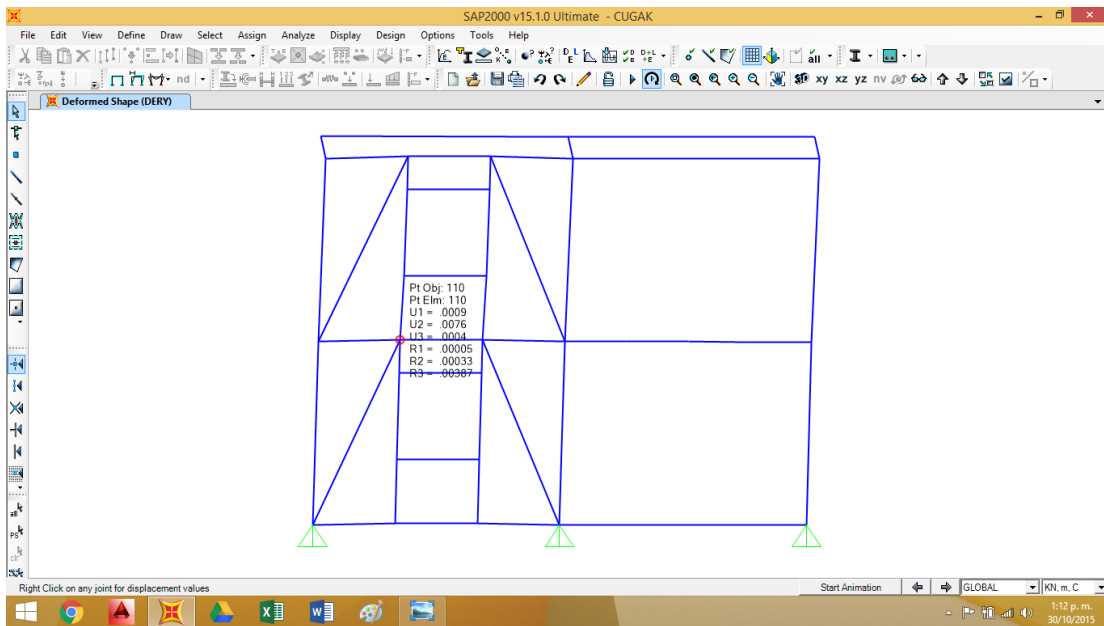


Ilustración 23: Máxima deriva Y

Respecto a las características de la edificación, la altura de piso es de 2,5 metros, por lo cual la deriva máxima permitida para el diseño es de 2,5 centímetros. De acuerdo a la combinación desarrollada para la revisión de derivas ya mencionada, la máxima deriva en sentido X, es de 2,2 centímetros y la máxima deriva en sentido Y, es de 7,6 milímetros; Al ser los valores de derivas menores al 1% de la altura de piso, en este caso 2,5 centímetros, se dice que la edificación cumple este primer chequeo.

Es importante aclarar que toda la estructura se modelo articulada, es decir que ninguna unión es resistente a momento.

Para la etapa de diseño, es necesario identificar grupos de elementos que tengan las mismas características, ya que es innecesario diseñar elemento por elemento. Al tener grupos e identificar las cargas más críticas, se diseña un solo elemento que las cumpla a cabalidad y con esto se asegura que todos los elementos de las mismas características las van a cumplir.

Como no se está realizando un análisis solo ante cargas verticales, si no por el contrario se están utilizando cargas verticales y horizontales simultáneamente, ocurre que algunos elementos necesiten dos diseños, ya que en estructuras articuladas en ocasiones la carga de sismo puede superar la carga de compresión de los elementos, lo que produce que el mismo elemento según sea la etapa de carga presente solicitaciones distintas, ya

sean de compresión o de tensión, razón por la cual se tiene que garantizar que los elementos cumplan para cualquier condición a la que sean expuesta.

Según sea el caso, algunos elementos tendrán los dos diseños mencionados, cabe aclarar que si se quiere mirar el diseño de los elementos en detalle es necesario dirigirse al anexo 1, en el cual se presenta de manera detallada las cargas, las características geométricas y físico-mecánicas, y en general todos los parámetros utilizados para el diseño.

A continuación se presentara un resumen del diseño, donde se relacionaran en primera parte los elementos a diseñar, luego una comparación de las características mínimas con las que se cumple este, contra las características propuestas inicialmente.

ELEMENTO DISEÑADO	SECCION MINIMA SEGÚN DISEÑO ESTRUCTURAL	SECCION PROPUESTA INICIAL	CHEQUE O	DIAMETRO EXTERNO (mm)	ESPESOR DE PARED (mm)
COLUMNAS PRINCIPALES 1 PISO	1 CULMO	3 CULMO	CUMPLE	120	15
COLUMNAS PRINCIPALES 2 PISO	1 CULMO	3 CULMO	CUMPLE	120	15
COLUMNAS SECUNDARIAS 2 PISO	1 CULMO	1 CULMO	CUMPLE	120	15
COLUMNAS SECUNDARIAS 1 PISO	1 CULMO	1 CULMO	CUMPLE	120	15
CORREAS	1 CULMO	1 CULMO	CUMPLE	130	15
DIAGONALES 1 PISO SENTIDO X	1 CULMO	1 CULMO	CUMPLE	120	15
DIAGONALES 1 PISO SENTIDO Y	1 CULMO	1 CULMO	CUMPLE	120	15
DIAGONALES 2 PISO SENTIDO X	1 CULMO	1 CULMO	CUMPLE	120	15
DIAGONALES 2 PISO SENTIDO Y	1 CULMO	1 CULMO	CUMPLE	120	15
FUERZAS MARCO DE VENTANA	1 CULMO	1 CULMO	CUMPLE	120	15
VIGAS CUBIERTA 2.25 SENTIDO Y	1 CULMO	1 CULMO	CUMPLE	120	15
VIGAS CUBIERTA 3.32 SENTIDO X	1 CULMO	1 CULMO	CUMPLE	120	15
VIGAS ENTREPISO 3.32 SENTIDO Y	2 CULMO	1 CULMO	REVISAR	120	15
VIGAS ENTREPISO 2.25 SENTIDO Y	2 CULMO	1 CULMO	REVISAR	120	15
VIGAS ENTREPISO 3.32 SENTIDO X	1 CULMO	1 CULMO	CUMPLE	120	15
VIGAS ENTREPISO 3.32 SENTIDO Y	1 CULMO	1 CULMO	CUMPLE	120	15
VIGAS SUELO 2.25 SENTIDO Y	1 CULMO	1 CULMO	CUMPLE	120	15
VIGAS SUELO 3.32 SENTIDO X	1 CULMO	1 CULMO	CUMPLE	120	15
VIGAS SUELO 3.32 SENTIDO Y	1 CULMO	1 CULMO	CUMPLE	120	15
VIGUETAS 3.32 (30 CM)	1 CULMO	1 CULMO	CUMPLE	140	15
CERCHA DIAGONAL GRANDE	1 CULMO	1 CULMO	CUMPLE	120	15
CERCHA DIAGONAL MEDIANA	1 CULMO	1 CULMO	CUMPLE	120	15
CERCHA DIAGONAL PEQUEÑA	1 CULMO	1 CULMO	CUMPLE	120	15
CERCHA COLUMNA 1	1 CULMO	1 CULMO	CUMPLE	120	15
CERCHA COLUMNA 2	1 CULMO	1 CULMO	CUMPLE	120	15
CERCHA COLUMNA 3	1 CULMO	1 CULMO	CUMPLE	120	15
CERCHA COLUMNA 4	1 CULMO	1 CULMO	CUMPLE	120	15
CERCHA COLUMNA 5	1 CULMO	1 CULMO	CUMPLE	120	15
CERCHA COLUMNA 6	1 CULMO	1 CULMO	CUMPLE	120	15
CERCHA COLUMNA 7	1 CULMO	1 CULMO	CUMPLE	120	15
CERCHA COLUMNA 8	1 CULMO	1 CULMO	CUMPLE	120	15

CERCHA 3 DIAGONALES	1	CULMO	1	CULMO	CUMPLE	120	15
CERCHA 3 COLUMNAS	1	CULMO	1	CULMO	CUMPLE	120	15
CERCHA 2 DIAGONALES	1	CULMO	1	CULMO	CUMPLE	120	15
CERCHA 2 COLUMNAS	1	CULMO	1	CULMO	CUMPLE	120	15
VIGAS CUBIERTA INCLINADAS	1	CULMO	1	CULMO	CUMPLE	120	15

Tabla 20: Resumen de diseño

En el resumen del diseño estructural se puede notar que la gran mayoría de elementos cumplen con la sección propuesta inicialmente. Hay cuatro casos que no cumplen con las condiciones iniciales que son, las vigas de entrepiso 3,32 sentido Y y las vigas entrepiso 2,25 sentido Y, ya que en estos dos elementos la sollicitación que predomina es el cortante, por esta razón es necesario que estos elementos estén constituidos por dos culmos de guadua; para el caso de las correas y las viguetas 3,32 (30 cm), el diseño no cumple con las condiciones iniciales por cuestión de deflexiones, por esta razón se aumenta el diámetro de estos elementos a 130 milímetros y 140 milímetros respectivamente.

Es importante resaltar que con las condiciones que propone la NSR-10, para el diseño de guadua en la revisión de la condición de aplastamiento, la estructura no cumple, se considera que se debe replantear esta revisión, ya que no se ve reflejado la incidencia del concreto presente en la unión.

8. CONCLUSIONES

Debido a que la Guadua es un material liviano y junto con ello se colocaron materiales livianos en la cubierta el peso total de la estructura no es muy grande, esta es una ventaja con respecto a otros materiales de construcción los cuales son pesados, el poco peso de la estructura hace que esta se comporte de una mejor manera en el momento de posibles eventos sísmicos.

Se pudo observar que el diseño estructural de una vivienda en guadua, puede llegar a comprometer de manera significativa el diseño arquitectónico si este no contempla las diagonales necesarias para la rigidizar la estructura de forma que cumpla con los parámetros básicos de resistencia contemplados en la NSR-10.

Se demuestra que la geometría es un papel importante en la conformación de estructuras de guadua, ya que esta ofrece sistemas de construcción resistentes por forma, mas no por peso como en otros materiales.

La continuidad y unidad entre los elementos no estructurales así como los muros divisorios, y los elementos estructurales como vigas y columnas es necesaria para un óptimo desarrollo del Diseño de una casa con sistema estructural en guadua.

A pesar de que la guadua fue incluida hace muy poco a la NSR-10 en el capítulo G-12, cabe destacar que es necesario hacerle a este una actualización de datos debido a que los que se encuentran allí, no son suficientes para la modelación de un material ortotropico como lo es la guadua (“*Angustifolia Kunth*”), hace falta mayor especificación en cuanto a cómo realizar la presentación de planos y memorias de cálculo para este tipo de estructuras y sus conexiones.

Se recomienda realizar un trabajo de investigación profundo donde se puedan refutar los datos de la norma NSR-10 y llenar los vacíos que esta presenta en cuanto a las propiedades mecánicas de la Guadua “*Angustifolia kunth*”.

9. BIBLIOGRAFIA

ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE INGENIERÍA SÍSMICA. Reglamento Colombiano de construcción sismo resistente. NSR-10. Bogotá D.C. 2010.

ANDRADE PARDO, Sofía. Calificación ante cargas dinámicas de una conexión entre columna y su cimentación. Trabajo de Maestría en Ingeniería Civil. Escuela Colombia de Ingeniería Julio Garavito. Facultad de ingeniería civil. 2013.

CAORI TAKEUCHI, Patricia Luna. Investigaciones sobre el comportamiento estructural de la Guadua desarrolladas por el grupo de investigación análisis, diseño y materiales GIES. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá D.C.

CAORI TAKEUCHI, Patricia Luna, GRANADOS, Gustavo, LAMUZ, Fabián, LOZANO, Jorge. Metodología de diseño de estructuras en Guadua Angustifolia como material estructural por el método de esfuerzos admisibles. En: Revista de educación en Ingeniería. Junio de 2011. N.11.

FORERO MARÍN Germán y SOUZA WEIC Hermán, La guadua un sistema innovador para la construcción de vivienda en Anapoima - Cundinamarca, Universidad de la Salle, especialización en gerencia de proyectos de ingeniería. Bogotá, D.C. 2007.

GONZÁLEZ, Eugenia, OSORIO, Jairo, GARCÍA, Eduard. Resistencia a la flexión de la guadua Angustifolia Kunth a escala natural. Universidad Nacional de Colombia. Medellín.

GONZÁLEZ SALCEDO, Luis Octavio. Elementos para la caracterización mecánica de la Guadua Angustifolia Kunth. Universidad Nacional de Colombia. Palmira.

HERRERA MARTÍNEZ, Juan Carlos y CAORI TAKEUCHI, Patricia Luna. Comportamiento estructural de pórticos en Guadua Angustifolia, rigidizados mediante paneles prefabricados de bahareque encementado y artesanales laminados en guadua. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá D.C.

LAMUZ BÁEZ, Fabián Augusto. Calificación de una conexión Viga-Columna, Resistente a momento en Guadua Angustifolia Kunth. Trabajo de Maestría en Ingeniería Civil. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ingeniería. Departamento de Ingeniería Civil y Agrícola. 2008.

MUÑOZ RODRÍGUEZ, Johan Camilo. Comportamiento estructural de una edificación construida con guadua Angustifolia Kunth diseñada con diferentes

valores de esfuerzos admisibles propuestos en Colombia. Trabajo de grado Ingeniería Civil. Bogotá D.C.: Universidad la gran Colombia. Facultad de Ingeniería Civil. 2014.

NAVARRO CASTIBLANCO, Iván Sebastián y SÁENZ LANDINEZ, Tania Marcela. Diseño de una vivienda eco-amigable en el municipio de Guaduas Cundinamarca. Trabajo de grado en Ingeniería Civil. Bogotá D.C.: Universidad la gran Colombia. Facultad de Ingeniería Civil. 2014.

RIVERA ROJAS, John Fredy. Comportamiento estructural de pórticos en guadua, arriostrados mediante diagonales en Guadua. Trabajo de Maestría en Ingeniería Civil. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ingeniería. Departamento de Ingeniería Civil y Agrícola. 2008.

10. ANEXO 1

10.1. DISEÑO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES

10.1.1. COLUMNAS PRINCIPALES 1 PISO

SOLICITACIONES

	P	V2	V3	T	M2	M3
	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
Max	0,569	0	0	0,0753	0	0
Min	-15,128	0	0	-0,076	0	0

TRACCION AXIAL

Fuerza axial actuante	T	0,569	KN
Datos iniciales			
Tipo de sollicitación	Tracción	Ft	18 MPa
Duración de la carga		Permanente (Muerta)	
Sitio de construcción		Armenia	
Humedad de construcción	CH	0,15	
Temperatura de construcción	T	22	°C
Luz de diseño	L	2,5	m
Características sección transversal			
Diámetro exterior	De	0,12	m
Espesor de pared	t	0,015	m
Área neta (1 Culmo)	A	0,004948	m ²
Correlación	L/De	20,83333	
Inercia (1 Culmo)	I	0,0000070	m ⁴
Coefficientes de modificación			
Duración de carga	CD	0,9	
Contenido de humedad	CM	0,91	
Temperatura	CT	1	
Estabilidad lateral de vigas	CL	1	
Forma	CF	1	
Redistribución de cargas	CR	1	
Estabilidad de columnas	CP	1	
Cortante	CC	1	
Características de la sección			
Longitud del apoyo	l	0,12	m
Numero de guadas	n	1	
Altura de la viga	d	0,12	m
Área total	At	0,004948	m ²
Correlación	De/d	1	
Centroide de la viga	y	0,06	m
Inercia total	IT	0,0000070	m ⁴
Módulo de sección	S	0,0001160	m ³
Módulo de elasticidad	Promedio	E0,5	9500 MPa
Diseño a axial			
Esfuerzo de corte modificado	F'b	14,7	MPa
Esfuerzo de corte actuante	Fb	0,11	MPa
Relación de esfuerzo		0,78	%

COMPRESION AXIAL

Fuerza axial actuante	C	15,128	KN
Datos iniciales			
Tipo de solicitación	Compresión paralela	Fc	14 MPa
Duración de la carga	Permanente (Muerta)		
Sitio de construcción	Armenia		
Humedad de construcción	CH	0,15	
Temperatura de construcción	T	22	°C
Luz de diseño	L	2,5	m
Características sección transversal			
Diámetro exterior	De	0,12	m
Espesor de pared	t	0,015	m
Área neta (1 Culmo)	A	0,004948	m ²
Correlación	L/De	20,83333	
Inercia (1 Culmo)	I	0,0000070	m ⁴
Coefficientes de modificación			
Duración de carga	CD	0,9	
Contenido de humedad	CM	0,87	
Temperatura	CT	1	
Estabilidad lateral de vigas	CL	1	
Forma	CF	1	
Redistribución de cargas	CR	1	
Estabilidad de columnas	CP	1	
Cortante	CC	1	
Características de la sección			
Longitud del apoyo	l	0,12	m
Numero de guaduas	n	1	
Altura de la viga	d	0,12	m
Área total	At	0,004948	m ²
Correlación	De/d	1	
Centroide de la viga	y	0,06	m
Inercia total	IT	0,0000070	m ⁴
Módulo de sección	S	0,0001160	m ³
Módulo de elasticidad	Percentil 5	E0,05	7500 MPa
Diseño axial			
Coefficiente de longitud efectiva	k	1	
Longitud no soportada lateralmente	lu	2,5	
Longitud efectiva	le	2,5	
Radio de giro	r	0,0375	m
Esbeltez	λ	66,66667	Intermedia
Límite de esbeltez intermedia	ck	67	
Esfuerzo de compresión paralela modificado	F'c	11,0	MPa
Esfuerzo de compresión paralela actuante		5,03	MPa
Relación de esfuerzos		45,91	%

10.1.2. COLUMNAS PRINCIPALES 2 PISO

SOLICITACIONES

	P	V2	V3	T	M2	M3
	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
Max	1,592	0	0	0,0045	0	0
Min	-4,628	0	0	-0,0043	0	0

TRACCION AXIAL

Fuerza axial actuante	T	1,592	KN
Datos iniciales			
Tipo de solicitación	Tracción	Ft	18 MPa
Duración de la carga		Permanente (Muerta)	
Sitio de construcción		Armenia	
Humedad de construcción	CH	0,15	
Temperatura de construcción	T	22	°C
Luz de diseño	L	2,5	m
Características sección transversal			
Diámetro exterior	De	0,12	m
Espesor de pared	t	0,015	m
Área neta (1 Culmo)	A	0,004948	m ²
Correlación	L/De	20,83333	
Inercia (1 Culmo)	I	0,0000070	m ⁴
Coefficientes de modificación			
Duración de carga	CD	0,9	
Contenido de humedad	CM	0,91	
Temperatura	CT	1	
Estabilidad lateral de vigas	CL	1	
Forma	CF	1	
Redistribución de cargas	CR	1	
Estabilidad de columnas	CP	1	
Cortante	CC	1	
Características de la sección			
Longitud del apoyo	l	0,12	m
Numero de guadas	n	1	
Altura de la viga	d	0,12	m
Área total	At	0,004948	m ²
Correlación	De/d	1	
Centroide de la viga	y	0,06	m
Inercia total	IT	0,0000070	m ⁴
Módulo de sección	S	0,0001160	m ³
Módulo de elasticidad	Promedio	E0,5	9500 MPa
Diseño a axial			
Esfuerzo de corte modificado	F'b	14,7	MPa
Esfuerzo de corte actuante	Fb	0,32	MPa
Relación de esfuerzo		2,18	%
			Cumple

COMPRESION AXIAL

Fuerza axial actuante	C	4,628	KN
Datos iniciales			
Tipo de solicitación	Compresión paralela	Fc	14 MPa
Duración de la carga	Permanente (Muerta)		
Sitio de construcción	Armenia		
Humedad de construcción	CH	0,15	
Temperatura de construcción	T	22	°C
Luz de diseño	L	2,5	m
Características sección transversal			
Diámetro exterior	De	0,12	m
Espesor de pared	t	0,015	m
Área neta (1 Culmo)	A	0,004948	m ²
Correlación	L/De	20,83333	
Inercia (1 Culmo)	I	0,0000070	m ⁴
Coefficientes de modificación			
Duración de carga	CD	0,9	
Contenido de humedad	CM	0,87	
Temperatura	CT	1	
Estabilidad lateral de vigas	CL	1	
Forma	CF	1	
Redistribución de cargas	CR	1	
Estabilidad de columnas	CP	1	
Cortante	CC	1	
Características de la sección			
Longitud del apoyo	l	0,12	m
Numero de guaduas	n	1	
Altura de la viga	d	0,12	m
Área total	At	0,004948	m ²
Correlación	De/d	1	
Centroide de la viga	y	0,06	m
Inercia total	IT	0,0000070	m ⁴
Módulo de sección	S	0,0001160	m ³
Módulo de elasticidad	Percentil 5	E0,05	7500 MPa
Diseño axial			
Coefficiente de longitud efectiva	k	1	
Longitud no soportada lateralmente	lu	2,5	
Longitud efectiva	le	2,5	
Radio de giro	r	0,0375	m
Esbeltez	λ	66,66667	Intermedia
Límite de esbeltez intermedia	ck	67	
Esfuerzo de compresión paralela modificado	F'c	11,0	MPa
Esfuerzo de compresión paralela actuante		1,54	MPa
Relación de esfuerzos		14,04	%

10.1.3. COLUMNAS SECUNDARIAS 2 PISO SOLICITACIONES

	P	V2	V3	T	M2	M3
	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
Max	2,93	0,026	0,029	0,0846	0,0156	0,0147
Min	-3,876	-0,027	-0,029	-0,0855	-0,0156	-0,0148

MOMENTO FLECTOR

Momento flector actuante	M	0,0156	KN.m
Datos iniciales			
Tipo de solicitación	Flexión	Fb	15 MPa
Duración de la carga		Permanente (Muerta)	
Sitio de construcción		Armenia	
Humedad de construcción	CH	0,15	
Temperatura de construcción	T	22	°C
Luz de diseño	L	2,5	m
Características sección transversal			
Diámetro exterior	De	0,12	m
Espesor de pared	t	0,015	m
Área neta (1 Culmo)	A	0,004948	m ²
Correlación	L/De	20,83333	
Inercia (1 Culmo)	I	0,0000070	m ⁴
Coefficientes de modificación			
Duración de carga	CD	0,9	
Contenido de humedad	CM	0,87	
Temperatura	CT	1	
Estabilidad lateral de vigas	CL	1	
Forma	CF	1	
Redistribución de cargas	CR	1	
Estabilidad de columnas	CP	1	
Cortante	CC	1	
Características de la sección			
Longitud del apoyo	l	0,12	m
Numero de guaduas	n	1	
Altura de la viga	d	0,12	m
Área total	At	0,004948	m ²
Correlación	De/d	1	
Centroide de la viga	y	0,06	m
Inercia total	IT	0,0000070	m ⁴
Módulo de sección	S	0,0001160	m ³
Módulo de elasticidad	E0,5	9500	MPa
Diseño a flexión			
Esfuerzo de flexión modificado	F'b	11,7	MPa
Esfuerzo de flexión actuante	Fb	0,13	MPa
Relación de esfuerzo		1,15	%

CORTANTE

Fuerza cortante actuante	V	0,029	KN	
Datos iniciales				
Tipo de solicitación	Corte	Fv	1,2	MPa
Duración de la carga	Permanente (Muerta)			
Sitio de construcción	Armenia			
Humedad de construcción	CH	0,15		
Temperatura de construcción	T	22		°C
Luz de diseño	L	2,5		m
Características sección transversal				
Diámetro exterior	De	0,12		m
Espesor de pared	t	0,015		m
Área neta (1 Culmo)	A	0,004948		m ²
Correlación	L/De	20,83333		
Inercia (1 Culmo)	I	0,0000070		m ⁴
Coefficientes de modificación				
Duración de carga	CD	0,9		
Contenido de humedad	CM	0,91		
Temperatura	CT	1		
Estabilidad lateral de vigas	CL	1		
Forma	CF	1		
Redistribución de cargas	CR	1		
Estabilidad de columnas	CP	1		
Cortante	CC	1		
Características de la sección				
Longitud del apoyo	l	0,12		m
Numero de guadas	n	1		
Altura de la viga	d	0,12		m
Área total	At	0,004948		m ²
Correlación	De/d	1		
Centroide de la viga	y	0,06		m
Inercia total	IT	0,0000070		m ⁴
Módulo de sección	S	0,0001160		m ³
Módulo de elasticidad	Promedio	E0,5	9500	MPa
Diseño a flexión				
Esfuerzo de corte modificado	F'b	1,0		MPa
Esfuerzo de corte actuante	Fb	0,01		MPa
Relación de esfuerzo		1,30		%

TRACCION AXIAL

Fuerza axial actuante	T	2,93	KN
Datos iniciales			
Tipo de solicitación	Tracción	Ft	18 MPa
Duración de la carga	Permanente (Muerta)		
Sitio de construcción	Armenia		
Humedad de construcción	CH	0,15	

Temperatura de construcción	T	22	°C	
Luz de diseño	L	2,5	m	
Características sección transversal				
Diámetro exterior	De	0,12	m	
Espesor de pared	t	0,015	m	
Área neta (1 Culmo)	A	0,004948	m ²	
Correlación	L/De	20,83333		
Inercia (1 Culmo)	I	0,0000070	m ⁴	
Coefficientes de modificación				
Duración de carga	CD	0,9		
Contenido de humedad	CM	0,91		
Temperatura	CT	1		
Estabilidad lateral de vigas	CL	1		
Forma	CF	1		
Redistribución de cargas	CR	1		
Estabilidad de columnas	CP	1		
Cortante	CC	1		
Características de la sección				
Longitud del apoyo	l	0,12	m	
Numero de guaduas	n	1		
Altura de la viga	d	0,12	m	
Área total	At	0,004948	m ²	
Correlación	De/d	1		
Centroide de la viga	y	0,06	m	
Inercia total	IT	0,0000070	m ⁴	
Módulo de sección	S	0,0001160	m ³	
Módulo de elasticidad	E	Promedio 9500	MPa	
Diseño a axial				
Esfuerzo de corte modificado	F'b	14,7	MPa	
Esfuerzo de corte actuante	Fb	0,59	MPa	Cumple
Relación de esfuerzo		4,02	%	

FLEXO-TENSION

Momento	Relación de esfuerzo	1,14532796	%	
Tensión	Relación de esfuerzo	4,01680531	%	
Trabajo a solicitaciones combinadas		5,16213327	%	Cumple

COMPRESION AXIAL

Fuerza axial actuante	C	3,876	KN	
Datos iniciales				
Tipo de sollicitación	Compresión paralela	Fc	14	MPa
Duración de la carga	Permanente (Muerta)			
Sitio de construcción	Armenia			
Humedad de construcción	CH	0,15		
Temperatura de construcción	T	22	°C	

Luz de diseño		L	2,5	m	
Características sección transversal					
Diámetro exterior		De	0,12	m	
Espesor de pared		t	0,015	m	
Área neta (1 Culmo)		A	0,004948	m ²	
Correlación		L/De	20,83333		
Inercia (1 Culmo)		I	0,0000070	m ⁴	
Coeficientes de modificación					
Duración de carga		CD	0,9		
Contenido de humedad		CM	0,87		
Temperatura		CT	1		
Estabilidad lateral de vigas		CL	1		
Forma		CF	1		
Redistribución de cargas		CR	1		
Estabilidad de columnas		CP	1		
Cortante		CC	1		
Características de la sección					
Longitud del apoyo		l	0,12	m	
Numero de guadas		n	1		
Altura de la viga		d	0,12	m	
Área total		At	0,004948	m ²	
Correlación		De/d	1		
Centroide de la viga		y	0,06	m	
Inercia total		IT	0,0000070	m ⁴	
Módulo de sección		S	0,0001160	m ³	
Módulo de elasticidad	Percentil 5	E0,05	7500	MPa	
Diseño axial					
Coefficiente de longitud efectiva		k	1		
Longitud no soportada lateralmente		lu	2,5		
Longitud efectiva		le	2,5		
Radio de giro		r	0,0375	m	
Esbeltez		λ	66,66667		Intermedia
Límite de esbeltez intermedia		ck	67		
Esfuerzo de compresión paralela modificado		F'c	11,0	MPa	
Esfuerzo de compresión paralela actuante			1,29	MPa	
Relación de esfuerzos			11,76	%	Cumple
		Na	0,003876		
		Ncr	0,082409		
		Km	1,075906		

FLEXO-COMPRESION

Momento	Relación de esfuerzo		1,14532796	%
Compresión	Relación de esfuerzo		11,7617044	%
	Km	1,07590587		
Trabajo a solicitaciones combinadas			13,7998147	%

Cumple

10.1.4. COLUMNAS SECUNDARIAS 1 PISO

SOLICITACIONES

	P	V2	V3	T	M2	M3
	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
Max	3,376	0,013	0,023	0,0788	0,0128	0,0065
Min	-3,539	-0,013	-0,023	-0,0789	-0,0128	-0,0064

MOMENTO FLECTOR

Momento flector actuante	M	0,0128	KN.m
Datos iniciales			
Tipo de solicitación	Flexión	Fb	15 MPa
Duración de la carga	Permanente (Muerta)		
Sitio de construcción	Armenia		
Humedad de construcción	CH	0,15	
Temperatura de construcción	T	22	°C
Luz de diseño	L	2,5	m
Características sección transversal			
Diámetro exterior	De	0,12	m
Espesor de pared	t	0,015	m
Área neta (1 Culmo)	A	0,004948	m ²
Correlación	L/De	20,83333	
Inercia (1 Culmo)	I	0,0000070	m ⁴
Coefficientes de modificación			
Duración de carga	CD	0,9	
Contenido de humedad	CM	0,87	
Temperatura	CT	1	
Estabilidad lateral de vigas	CL	1	
Forma	CF	1	
Redistribución de cargas	CR	1	
Estabilidad de columnas	CP	1	
Cortante	CC	1	
Características de la sección			
Longitud del apoyo	l	0,12	m
Numero de guadas	n	1	
Altura de la viga	d	0,12	m
Área total	At	0,004948	m ²
Correlación	De/d	1	
Centroide de la viga	y	0,06	m
Inercia total	IT	0,0000070	m ⁴
Módulo de sección	S	0,0001160	m ³
Módulo de elasticidad	E0,5	9500	MPa
Diseño a flexión			
Esfuerzo de flexión modificado	F'b	11,7	MPa
Esfuerzo de flexión actuante	Fb	0,11	MPa
			Cumple

Relación de esfuerzo 0,94 %

CORTANTE

Fuerza cortante actuante	V	0,023	KN			
Datos iniciales						
Tipo de sollicitación	Corte	Fv	1,2	MPa		
Duración de la carga	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">Permanente (Muerta)</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Armenia</td> </tr> </table>				Permanente (Muerta)	Armenia
Permanente (Muerta)						
Armenia						
Sitio de construcción						
Humedad de construcción	CH	0,15				
Temperatura de construcción	T	22		°C		
Luz de diseño	L	2,5		m		
Características sección transversal						
Diámetro exterior	De	0,12		m		
Espesor de pared	t	0,015		m		
Área neta (1 Culmo)	A	0,004948		m ²		
Correlación	L/De	20,83333				
Inercia (1 Culmo)	I	0,0000070		m ⁴		
Coeficientes de modificación						
Duración de carga	CD	0,9				
Contenido de humedad	CM	0,91				
Temperatura	CT	1				
Estabilidad lateral de vigas	CL	1				
Forma	CF	1				
Redistribución de cargas	CR	1				
Estabilidad de columnas	CP	1				
Cortante	CC	1				
Características de la sección						
Longitud del apoyo	l	0,12		m		
Numero de guaduas	n	1				
Altura de la viga	d	0,12		m		
Área total	At	0,004948		m ²		
Correlación	De/d	1				
Centroide de la viga	y	0,06		m		
Inercia total	IT	0,0000070		m ⁴		
Módulo de sección	S	0,0001160		m ³		
Módulo de elasticidad	Promedio	E0,5	9500	MPa		
Diseño a flexión						
Esfuerzo de corte modificado	F'b	1,0		MPa		
Esfuerzo de corte actuante	Fb	0,01		MPa		
Relación de esfuerzo		1,03		%		

Cumple

TRACCION AXIAL

Fuerza axial actuante	T	3,376	KN
Datos iniciales			
Tipo de sollicitación	Tracción	Ft	18 MPa

Duración de la carga	Permanente (Muerta)			
Sitio de construcción	Armenia			
Humedad de construcción	CH	0,15		
Temperatura de construcción	T	22	°C	
Luz de diseño	L	2,5	m	
Características sección transversal				
Diámetro exterior	De	0,12	m	
Espesor de pared	t	0,015	m	
Área neta (1 Culmo)	A	0,004948	m ²	
Correlación	L/De	20,83333		
Inercia (1 Culmo)	I	0,0000070	m ⁴	
Coefficientes de modificación				
Duración de carga	CD	0,9		
Contenido de humedad	CM	0,91		
Temperatura	CT	1		
Estabilidad lateral de vigas	CL	1		
Forma	CF	1		
Redistribución de cargas	CR	1		
Estabilidad de columnas	CP	1		
Cortante	CC	1		
Características de la sección				
Longitud del apoyo	l	0,12	m	
Numero de guaduas	n	1		
Altura de la viga	d	0,12	m	
Área total	At	0,004948	m ²	
Correlación	De/d	1		
Centroide de la viga	y	0,06	m	
Inercia total	IT	0,0000070	m ⁴	
Módulo de sección	S	0,0001160	m ³	
Módulo de elasticidad	Promedio	E0,5	9500	MPa
Diseño a axial				
Esfuerzo de corte modificado	F'b	14,7	MPa	
Esfuerzo de corte actuante	Fb	0,68	MPa	Cumple
Relación de esfuerzo		4,63	%	

FLEXO-TENSION

Momento	Relación de esfuerzo	0,93975627	%	
Tensión	Relación de esfuerzo	4,62823711	%	
Trabajo a solicitaciones combinadas		5,56799338	%	Cumple

COMPRESION AXIAL

Fuerza axial actuante		C	3,539	KN
Datos iniciales				
Tipo de sollicitación	Compresión paralela	Fc	14	MPa
Duración de la carga	Permanente (Muerta)			

Sitio de construcción	Armenia		
Humedad de construcción	CH	0,15	
Temperatura de construcción	T	22	°C
Luz de diseño	L	2,5	m
Características sección transversal			
Diámetro exterior	De	0,12	m
Espesor de pared	t	0,015	m
Área neta (1 Culmo)	A	0,004948	m ²
Correlación	L/De	20,83333	
Inercia (1 Culmo)	I	0,0000070	m ⁴
Coefficientes de modificación			
Duración de carga	CD	0,9	
Contenido de humedad	CM	0,87	
Temperatura	CT	1	
Estabilidad lateral de vigas	CL	1	
Forma	CF	1	
Redistribución de cargas	CR	1	
Estabilidad de columnas	CP	1	
Cortante	CC	1	
Características de la sección			
Longitud del apoyo	l	0,12	m
Numero de guadas	n	1	
Altura de la viga	d	0,12	m
Área total	At	0,004948	m ²
Correlación	De/d	1	
Centroide de la viga	y	0,06	m
Inercia total	IT	0,0000070	m ⁴
Módulo de sección	S	0,0001160	m ³
Módulo de elasticidad	Percentil 5	E0,05	7500 MPa
Diseño axial			
Coeficiente de longitud efectiva	k	1	
Longitud no soportada lateralmente	lu	2,5	
Longitud efectiva	le	2,5	
Radio de giro	r	0,0375	m
Esbeltez	λ	66,66667	Intermedia
Límite de esbeltez intermedia	ck	67	
Esfuerzo de compresión paralela modificado	F'c	11,0	MPa
Esfuerzo de compresión paralela actuante		1,18	MPa
Relación de esfuerzos		10,74	% Cumple
	Na	0,003539	
	Ncr	0,082409	
	Km	1,068852	

FLEXO COMPRESION

Momento	Relación de esfuerzo	0,93975627	%
Compresión	Relación de esfuerzo	10,7390794	%
	Km	1,06885181	
Trabajo a solicitaciones combinadas		12,4182407	% Cumple

10.1.5. CORREAS

SOLICITACIONES

	P	V2	V3	T	M2	M3
	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
Max	1,564	1,24	0,167	0,0104	0,1788	0,9751
Min	-0,846	-1,24	-0,167	-0,0105	-0,179	-0,1077

MOMENTO FLECTOR

Momento flector actuante	M	0,9751	KN.m
Datos iniciales			
Tipo de solicitación	Flexión	Fb	15 MPa
Duración de la carga	Permanente (Muerta)		
Sitio de construcción	Armenia		
Humedad de construcción	CH	0,15	
Temperatura de construcción	T	22	°C
Luz de diseño	L	3,32	m
Características sección transversal			
Diámetro exterior	De	0,13	m
Espesor de pared	t	0,015	m
Área neta (1 Culmo)	A	0,005419	m ²
Correlación	L/De	25,53846	
Inercia (1 Culmo)	I	0,0000091	m ⁴
Coefficientes de modificación			
Duración de carga	CD	0,9	
Contenido de humedad	CM	0,87	
Temperatura	CT	1	
Estabilidad lateral de vigas	CL	1	
Forma	CF	1	
Redistribución de cargas	CR	1	
Estabilidad de columnas	CP	1	
Cortante	CC	1	
Características de la sección			
Longitud del apoyo	l	0,12	m
Numero de guadas	n	1	
Altura de la viga	d	0,13	m
Área total	At	0,005419	m ²
Correlación	De/d	1	
Centroide de la viga	y	0,065	m
Inercia total	IT	0,0000091	m ⁴
Módulo de sección	S	0,0001402	m ³
Módulo de elasticidad	E0,5	9500	MPa
Diseño a flexión			
Esfuerzo de flexión modificado	F'b	11,7	MPa

Esfuerzo de flexión actuante	Fb	6,96	MPa	Cumple
Relación de esfuerzo		59,23	%	

CORTANTE

Fuerza cortante actuante	V	1,24	KN	
Datos iniciales				
Tipo de sollicitación	Corte	Fv	1,2	MPa
Duración de la carga	Permanente (Muerta)			
Sitio de construcción	Armenia			
Humedad de construcción	CH	0,15		
Temperatura de construcción	T	22	°C	
Luz de diseño	L	3,32	m	
Características sección transversal				
Diámetro exterior	De	0,13	m	
Espesor de pared	t	0,015	m	
Área neta (1 Culmo)	A	0,005419	m ²	
Correlación	L/De	25,53846		
Inercia (1 Culmo)	I	0,0000091	m ⁴	
Coefficientes de modificación				
Duración de carga	CD	0,9		
Contenido de humedad	CM	0,91		
Temperatura	CT	1		
Estabilidad lateral de vigas	CL	1		
Forma	CF	1		
Redistribución de cargas	CR	1		
Estabilidad de columnas	CP	1		
Cortante	CC	1		
Características de la sección				
Longitud del apoyo	l	0,12	m	
Numero de guadas	n	1		
Altura de la viga	d	0,13	m	
Área total	At	0,005419	m ²	
Correlación	De/d	1		
Centroide de la viga	y	0,065	m	
Inercia total	IT	0,0000091	m ⁴	
Módulo de sección	S	0,0001402	m ³	
Módulo de elasticidad	Promedio	E0,5	9500	MPa
Diseño a flexión				
Esfuerzo de corte modificado	F'b	1,0	MPa	
Esfuerzo de corte actuante	Fb	0,50	MPa	Cumple
Relación de esfuerzo		50,54	%	

TRACCION AXIAL

Fuerza axial actuante	T	1,564	KN	
------------------------------	---	-------	----	--

Datos iniciales

Tipo de sollicitación	Tracción	Ft	18	MPa
Duración de la carga	Permanente (Muerta)			
Sitio de construcción	Armenia			
Humedad de construcción	CH	0,15		
Temperatura de construcción	T	22		°C
Luz de diseño	L	3,32		m

Características sección transversal

Diámetro exterior	De	0,13		m
Espesor de pared	t	0,015		m
Área neta (1 Culmo)	A	0,005419		m ²
Correlación	L/De	25,53846		
Inercia (1 Culmo)	I	0,0000091		m ⁴

Coefficientes de modificación

Duración de carga	CD	0,9
Contenido de humedad	CM	0,91
Temperatura	CT	1
Estabilidad lateral de vigas	CL	1
Forma	CF	1
Redistribución de cargas	CR	1
Estabilidad de columnas	CP	1
Cortante	CC	1

Características de la sección

Longitud del apoyo	l	0,12		m
Numero de guadas	n	1		
Altura de la viga	d	0,13		m
Área total	At	0,005419		m ²
Correlación	De/d	1		
Centroide de la viga	y	0,065		m
Inercia total	IT	0,0000091		m ⁴
Módulo de sección	S	0,0001402		m ³
Módulo de elasticidad	Promedio		E0,5	9500 MPa

Diseño a axial

Esfuerzo de corte modificado	F'b	14,7	MPa	
Esfuerzo de corte actuante	Fb	0,29	MPa	Cumple
Relación de esfuerzo		1,96	%	

FLEXO-TENSION

Momento	Relación de esfuerzo	59,2295213	%	
Tensión	Relación de esfuerzo	1,95767849	%	
Trabajo a sollicitaciones combinadas		61,1871998	%	Cumple

COMPRESION AXIAL

Fuerza axial actuante	C	0,846	KN
------------------------------	---	-------	----

Datos iniciales

Tipo de solicitación	Compresión paralela	Fc	14	MPa
Duración de la carga	Permanente (Muerta)			
Sitio de construcción	Armenia			
Humedad de construcción	CH	0,15		
Temperatura de construcción	T	22	°C	
Luz de diseño	L	3,32	m	

Características sección transversal

Diámetro exterior	De	0,13	m
Espesor de pared	t	0,015	m
Área neta (1 Culmo)	A	0,005419	m ²
Correlación	L/De	25,53846	
Inercia (1 Culmo)	I	0,0000091	m ⁴

Coefficientes de modificación

Duración de carga	CD	0,9
Contenido de humedad	CM	0,87
Temperatura	CT	1
Estabilidad lateral de vigas	CL	1
Forma	CF	1
Redistribución de cargas	CR	1
Estabilidad de columnas	CP	1
Cortante	CC	1

Características de la sección

Longitud del apoyo	l	0,12	m
Numero de guaduas	n	1	
Altura de la viga	d	0,13	m
Área total	At	0,005419	m ²
Correlación	De/d	1	
Centroide de la viga	y	0,065	m
Inercia total	IT	0,0000091	m ⁴
Módulo de sección	S	0,0001402	m ³
Módulo de elasticidad	E0,05	7500	MPa

Diseño axial

Coefficiente de longitud efectiva	k	1	
Longitud no soportada lateralmente	lu	3,32	
Longitud efectiva	le	3,32	
Radio de giro	r	0,041003	m
Esbeltez	λ	80,96959	Larga
Límite de esbeltez intermedia	ck	67	
Esfuerzo de compresión paralela modificado	F'c	11,0	MPa
Esfuerzo de compresión paralela actuante		3,78	MPa
Relación de esfuerzos		34,44	% Cumple
	Na	0,000846	
	Ncr	0,061187	
	Km	1,021179	

FLEXO-COMPRESION

Momento	Relación de esfuerzo	59,2295213	%
Compresión	Relación de esfuerzos	34,4382866	%
	Km	1,0211791	
Trabajo a solicitaciones combinadas		94,3971796	%

Cumple

10.1.6. DIAGONALES 1 PISO SENTIDO X

SOLICITACIONES

	P	V2	V3	T	M2	M3
	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
Max	7,294	0,021	0	0,0696	0	0,0136
Min	-11,351	-0,021	0	-0,0707	0	-1,214E-17

MOMENTO FLECTOR

Momento flector actuante	M	0,0136	KN.m		
Datos iniciales					
Tipo de solicitación	Flexión	Fb	15 MPa		
Duración de la carga	<table border="1"> <tr> <td>Permanente (Muerta)</td> </tr> <tr> <td>Armenia</td> </tr> </table>			Permanente (Muerta)	Armenia
Permanente (Muerta)					
Armenia					
Sitio de construcción					
Humedad de construcción	CH	0,15			
Temperatura de construcción	T	22	°C		
Luz de diseño	L	2,61	m		
Características sección transversal					
Diámetro exterior	De	0,12	m		
Espesor de pared	t	0,015	m		
Área neta (1 Culmo)	A	0,004948	m ²		
Correlación	L/De	21,75			
Inercia (1 Culmo)	I	0,0000070	m ⁴		
Coefficientes de modificación					
Duración de carga	CD	0,9			
Contenido de humedad	CM	0,87			
Temperatura	CT	1			
Estabilidad lateral de vigas	CL	1			
Forma	CF	1			
Redistribución de cargas	CR	1			
Estabilidad de columnas	CP	1			
Cortante	CC	1			
Características de la sección					
Longitud del apoyo	l	0,12	m		
Numero de guaduas	n	1			

Altura de la viga	d	0,12	m
Área total	At	0,004948	m ²
Correlación	De/d	1	
Centroide de la viga	y	0,06	m
Inercia total	IT	0,0000070	m ⁴
Módulo de sección	S	0,0001160	m ³
Módulo de elasticidad	Promedio	E0,5	9500 MPa
Diseño a flexión			
Esfuerzo de flexión modificado	F'b	11,7	MPa
Esfuerzo de flexión actuante	Fb	0,12	MPa
Relación de esfuerzo		1,00	%

Cumple

CORTANTE

Fuerza cortante actuante	V	0,021	KN
Datos iniciales			
Tipo de solicitación	Corte	Fv	1,2 MPa
Duración de la carga	Permanente (Muerta)		
Sitio de construcción	Armenia		
Humedad de construcción	CH	0,15	
Temperatura de construcción	T	22	°C
Luz de diseño	L	2,61	m
Características sección transversal			
Diámetro exterior	De	0,12	m
Espesor de pared	t	0,015	m
Área neta (1 Culmo)	A	0,004948	m ²
Correlación	L/De	21,75	
Inercia (1 Culmo)	I	0,0000070	m ⁴
Coefficientes de modificación			
Duración de carga	CD	0,9	
Contenido de humedad	CM	0,91	
Temperatura	CT	1	
Estabilidad lateral de vigas	CL	1	
Forma	CF	1	
Redistribución de cargas	CR	1	
Estabilidad de columnas	CP	1	
Cortante	CC	1	
Características de la sección			
Longitud del apoyo	l	0,12	m
Numero de guadas	n	1	
Altura de la viga	d	0,12	m
Área total	At	0,004948	m ²
Correlación	De/d	1	
Centroide de la viga	y	0,06	m
Inercia total	IT	0,0000070	m ⁴
Módulo de sección	S	0,0001160	m ³
Módulo de elasticidad	Promedio	E0,5	9500 MPa
Diseño a flexión			

Esfuerzo de corte modificado	F'b	1,0	MPa	
Esfuerzo de corte actuante	Fb	0,01	MPa	Cumple
Relación de esfuerzo		0,94	%	

TRACCION AXIAL

Fuerza axial actuante	T	7,294	KN	
Datos iniciales				
Tipo de sollicitación	Tracción	Ft	18	MPa
Duración de la carga		Permanente (Muerta)		
Sitio de construcción		Armenia		
Humedad de construcción	CH	0,15		
Temperatura de construcción	T	22	°C	
Luz de diseño	L	2,61	m	
Características sección transversal				
Diámetro exterior	De	0,12	m	
Espesor de pared	t	0,015	m	
Área neta (1 Culmo)	A	0,004948	m ²	
Correlación	L/De	21,75		
Inercia (1 Culmo)	I	0,0000070	m ⁴	
Coeficientes de modificación				
Duración de carga	CD	0,9		
Contenido de humedad	CM	0,91		
Temperatura	CT	1		
Estabilidad lateral de vigas	CL	1		
Forma	CF	1		
Redistribución de cargas	CR	1		
Estabilidad de columnas	CP	1		
Cortante	CC	1		
Características de la sección				
Longitud del apoyo	l	0,12	m	
Numero de guaduas	n	1		
Altura de la viga	d	0,12	m	
Área total	At	0,004948	m ²	
Correlación	De/d	1		
Centroide de la viga	y	0,06	m	
Inercia total	IT	0,0000070	m ⁴	
Módulo de sección	S	0,0001160	m ³	
Módulo de elasticidad	E0,5	9500	MPa	Promedio
Diseño a axial				
Esfuerzo de corte modificado	F'b	14,7	MPa	
Esfuerzo de corte actuante	Fb	1,47	MPa	Cumple
Relación de esfuerzo		10,00	%	

FLEXO-TENSION

Momento	Relación de esfuerzo	0,99849104	%
---------	----------------------	------------	---

Tensión	Relación de esfuerzo	9,99951466 %	
Trabajo a solicitaciones combinadas		10,9980057 %	Cumple

COMPRESION AXIAL

Fuerza axial actuante	C	11,351	KN	
Datos iniciales				
Tipo de sollicitación	Compresión paralela	Fc	14	MPa
Duración de la carga		Permanente (Muerta)		
Sitio de construcción		Armenia		
Humedad de construcción	CH	0,15		
Temperatura de construcción	T	22	°C	
Luz de diseño	L	2,61	m	
Características sección transversal				
Diámetro exterior	De	0,12	m	
Espesor de pared	t	0,015	m	
Área neta (1 Culmo)	A	0,004948	m ²	
Correlación	L/De	21,75		
Inercia (1 Culmo)	I	0,0000070	m ⁴	
Coeficientes de modificación				
Duración de carga	CD	0,9		
Contenido de humedad	CM	0,87		
Temperatura	CT	1		
Estabilidad lateral de vigas	CL	1		
Forma	CF	1		
Redistribución de cargas	CR	1		
Estabilidad de columnas	CP	1		
Cortante	CC	1		
Características de la sección				
Longitud del apoyo	l	0,12	m	
Numero de guaduas	n	1		
Altura de la viga	d	0,12	m	
Área total	At	0,004948	m ²	
Correlación	De/d	1		
Centroide de la viga	y	0,06	m	
Inercia total	IT	0,0000070	m ⁴	
Módulo de sección	S	0,0001160	m ³	
Módulo de elasticidad	E0,05	7500	MPa	Percentil 5
Diseño axial				
Coeficiente de longitud efectiva	k	1		
Longitud no soportada lateralmente	lu	2,61		
Longitud efectiva	le	2,61		
Radio de giro	r	0,0375	m	
Esbeltez	λ	69,6		Larga
Límite de esbeltez intermedia	ck	67		
Esfuerzo de compresión paralela modificado	F'c	11,0	MPa	
Esfuerzo de compresión paralela actuante		5,11	MPa	
Relación de esfuerzos		46,61	%	Cumple

Na 0,011351
 Ncr 0,075609
 Km 1,290642

FLEXO COMPRESION

Momento Relación de esfuerzo 0,99849104 %
 Compresión Relación de esfuerzos 46,6086932 %
 Km 1,29064186
 Trabajo a solicitaciones combinadas 61,1536217 %

Cumple

10.1.7. DIAGONALES 1 PISO SENTIDO Y

SOLICITACIONES

	P	V2	V3	T	M2	M3
	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
Max	3,42	0,021	0	0,0652	0	0,0136
Min	-14,573	-0,021	0	-0,0654	0	-1,908E-17

MOMENTO FLECTOR

Momento flector actuante M 0,0136 KN.m
 Datos iniciales
 Tipo de solicitación Flexión Fb 15 MPa
 Duración de la carga Permanente (Muerta)
 Sitio de construcción Armenia
 Humedad de construcción CH 0,15
 Temperatura de construcción T 22 °C
 Luz de diseño L 2,61 m
 Características sección transversal
 Diámetro exterior De 0,12 m
 Espesor de pared t 0,015 m
 Área neta (1 Culmo) A 0,004948 m²
 Correlación L/De 21,75
 Inercia (1 Culmo) I 0,0000070 m⁴
 Coeficientes de modificación
 Duración de carga CD 0,9
 Contenido de humedad CM 0,87
 Temperatura CT 1
 Estabilidad lateral de vigas CL 1
 Forma CF 1
 Redistribución de cargas CR 1
 Estabilidad de columnas CP 1
 Cortante CC 1
 Características de la sección
 Longitud del apoyo l 0,12 m

Numero de guadas	n	1	
Altura de la viga	d	0,12	m
Área total	At	0,004948	m ²
Correlación	De/d	1	
Centroide de la viga	y	0,06	m
Inercia total	IT	0,0000070	m ⁴
Módulo de sección	S	0,0001160	m ³
Módulo de elasticidad	Promedio E0,5	9500	MPa
Diseño a flexión			
Esfuerzo de flexión modificado	F'b	11,7	MPa
Esfuerzo de flexión actuante	Fb	0,12	MPa
Relación de esfuerzo		1,00	%

Cumple

CORTANTE

Fuerza cortante actuante	V	0,021	KN
Datos iniciales			
Tipo de sollicitación	Corte Fv	1,2	MPa
Duración de la carga	Permanente (Muerta)		
Sitio de construcción	Armenia		
Humedad de construcción	CH	0,15	
Temperatura de construcción	T	22	°C
Luz de diseño	L	2,61	m
Características sección transversal			
Diámetro exterior	De	0,12	m
Espesor de pared	t	0,015	m
Área neta (1 Culmo)	A	0,004948	m ²
Correlación	L/De	21,75	
Inercia (1 Culmo)	I	0,0000070	m ⁴
Coefficientes de modificación			
Duración de carga	CD	0,9	
Contenido de humedad	CM	0,91	
Temperatura	CT	1	
Estabilidad lateral de vigas	CL	1	
Forma	CF	1	
Redistribución de cargas	CR	1	
Estabilidad de columnas	CP	1	
Cortante	CC	1	
Características de la sección			
Longitud del apoyo	l	0,12	m
Numero de guadas	n	1	
Altura de la viga	d	0,12	m
Área total	At	0,004948	m ²
Correlación	De/d	1	
Centroide de la viga	y	0,06	m
Inercia total	IT	0,0000070	m ⁴
Módulo de sección	S	0,0001160	m ³
Módulo de elasticidad	Promedio E0,5	9500	MPa

Diseño a flexión

Esfuerzo de corte modificado
Esfuerzo de corte actuante
Relación de esfuerzo

F'b	1,0	MPa	
Fb	0,01	MPa	Cumple
	0,94	%	

TENSION AXIAL

Fuerza axial actuante

T 3,42 KN

Datos iniciales

Tipo de sollicitación

Tracción

Ft 18 MPa

Duración de la carga

Permanente (Muerta)

Sitio de construcción

Armenia

Humedad de construcción

CH 0,15

Temperatura de construcción

T 22 °C

Luz de diseño

L 2,61 m

Características sección transversal

Diámetro exterior

De 0,12 m

Espesor de pared

t 0,015 m

Área neta (1 Culmo)

A 0,004948 m²

Correlación

L/De 21,75

Inercia (1 Culmo)

I 0,0000070 m⁴

Coefficientes de modificación

Duración de carga

CD 0,9

Contenido de humedad

CM 0,91

Temperatura

CT 1

Estabilidad lateral de vigas

CL 1

Forma

CF 1

Redistribución de cargas

CR 1

Estabilidad de columnas

CP 1

Cortante

CC 1

Características de la sección

Longitud del apoyo

l 0,12 m

Numero de guadas

n 1

Altura de la viga

d 0,12 m

Área total

At 0,004948 m²

Correlación

De/d 1

Centroide de la viga

y 0,06 m

Inercia total

IT 0,0000070 m⁴

Módulo de sección

S 0,0001160 m³

Módulo de elasticidad

Promedio E0,5 9500 MPa

Diseño a axial

Esfuerzo de corte modificado

F'b 14,7 MPa

Esfuerzo de corte actuante

Fb 0,69 MPa Cumple

Relación de esfuerzo

4,69 %

FLEXO-TENSION

Momento	Relación de esfuerzo	0,99849104 %
Tensión	Relación de esfuerzo	4,68855774 %
Trabajo a solicitaciones combinadas		5,68704877 %

Cumple

COMPRESION AXIAL

Fuerza axial actuante	C	14,573	KN
Datos iniciales			
Tipo de solicitación	Compresión paralela	Fc	14 MPa
Duración de la carga		Permanente (Muerta)	
Sitio de construcción		Armenia	
Humedad de construcción	CH	0,15	
Temperatura de construcción	T	22	°C
Luz de diseño	L	2,61	m
Características sección transversal			
Diámetro exterior	De	0,12	m
Espesor de pared	t	0,015	m
Área neta (1 Culmo)	A	0,004948	m ²
Correlación	L/De	21,75	
Inercia (1 Culmo)	I	0,0000070	m ⁴
Coefficientes de modificación			
Duración de carga	CD	0,9	
Contenido de humedad	CM	0,87	
Temperatura	CT	1	
Estabilidad lateral de vigas	CL	1	
Forma	CF	1	
Redistribución de cargas	CR	1	
Estabilidad de columnas	CP	1	
Cortante	CC	1	
Características de la sección			
Longitud del apoyo	l	0,12	m
Numero de guaduas	n	1	
Altura de la viga	d	0,12	m
Área total	At	0,004948	m ²
Correlación	De/d	1	
Centroide de la viga	y	0,06	m
Inercia total	IT	0,0000070	m ⁴
Módulo de sección	S	0,0001160	m ³
Módulo de elasticidad	E0,05	7500	MPa
Diseño axial			
Coefficiente de longitud efectiva	k	1	
Longitud no soportada lateralmente	lu	2,61	
Longitud efectiva	le	2,61	
Radio de giro	r	0,0375	m
Esbeltez	λ	69,6	
Límite de esbeltez intermedia	ck	67	
Esfuerzo de compresión paralela modificado	F'c	11,0	MPa
Esfuerzo de compresión paralela actuante		5,11	MPa

Relación de esfuerzos	46,61	%	Cumple
	Na	0,014573	
	Ncr	0,075609	
	Km	1,406693	

FLEXO-COMPRESION

Momento	Relación de esfuerzo	0,99849104	%	
Compresión	Relación de esfuerzos	46,6086932	%	
	Km	1,40669286		
Trabajo a solicitaciones combinadas		66,5626069	%	Cumple

10.1.8. DIAGONALES 2 PISO SENTIDO X

SOLICITACIONES

	P	V2	V3	T	M2	M3
	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
Max	3,067	0,021	0	0,0271	0	0,0136
Min	-3,504	-0,021	0	-0,0269	0	-1,214E-17

MOMENTO FLECTOR

Momento flector actuante	M	0,0136	KN.m
Datos iniciales			
Tipo de solicitación	Flexión	Fb	15 MPa
Duración de la carga	Permanente (Muerta)		
Sitio de construcción	Armenia		
Humedad de construcción	CH	0,15	
Temperatura de construcción	T	22	°C
Luz de diseño	L	2,61	m
Características sección transversal			
Diámetro exterior	De	0,12	m
Espesor de pared	t	0,015	m
Área neta (1 Culmo)	A	0,004948	m ²
Correlación	L/De	21,75	
Inercia (1 Culmo)	I	0,0000070	m ⁴
Coeficientes de modificación			
Duración de carga	CD	0,9	
Contenido de humedad	CM	0,87	
Temperatura	CT	1	
Estabilidad lateral de vigas	CL	1	
Forma	CF	1	
Redistribución de cargas	CR	1	
Estabilidad de columnas	CP	1	
Cortante	CC	1	

Características de la sección

Longitud del apoyo	l	0,12	m	
Numero de guaduas	n	1		
Altura de la viga	d	0,12	m	
Área total	At	0,004948	m ²	
Correlación	De/d	1		
Centroide de la viga	y	0,06	m	
Inercia total	IT	0,0000070	m ⁴	
Módulo de sección	S	0,0001160	m ³	
Módulo de elasticidad	Promedio E0,5	9500	MPa	
Diseño a flexión				
Esfuerzo de flexión modificado	F'b	11,7	MPa	
Esfuerzo de flexión actuante	Fb	0,12	MPa	Cumple
Relación de esfuerzo		1,00	%	

CORTANTE

Fuerza cortante actuante	V	0,021	KN	
Datos iniciales				
Tipo de solicitación	Corte Fv	1,2	MPa	
Duración de la carga	Permanente (Muerta)			
Sitio de construcción	Armenia			
Humedad de construcción	CH	0,15		
Temperatura de construcción	T	22	°C	
Luz de diseño	L	2,61	m	
Características sección transversal				
Diámetro exterior	De	0,12	m	
Espesor de pared	t	0,015	m	
Área neta (1 Culmo)	A	0,004948	m ²	
Correlación	L/De	21,75		
Inercia (1 Culmo)	I	0,0000070	m ⁴	
Coefficientes de modificación				
Duración de carga	CD	0,9		
Contenido de humedad	CM	0,91		
Temperatura	CT	1		
Estabilidad lateral de vigas	CL	1		
Forma	CF	1		
Redistribución de cargas	CR	1		
Estabilidad de columnas	CP	1		
Cortante	CC	1		
Características de la sección				
Longitud del apoyo	l	0,12	m	
Numero de guaduas	n	1		
Altura de la viga	d	0,12	m	
Área total	At	0,004948	m ²	
Correlación	De/d	1		
Centroide de la viga	y	0,06	m	
Inercia total	IT	0,0000070	m ⁴	

Módulo de sección	S	0,0001160	m ³
Módulo de elasticidad	Promedio	E0,5 9500	MPa
Diseño a flexión			
Esfuerzo de corte modificado	F'b	1,0	MPa
Esfuerzo de corte actuante	Fb	0,01	MPa
Relación de esfuerzo		0,94	%

TRACCION AXIAL

Fuerza axial actuante	T	3,067	KN
Datos iniciales			
Tipo de sollicitación	Tracción	Ft	18 MPa
Duración de la carga	Permanente (Muerta)		
Sitio de construcción	Armenia		
Humedad de construcción	CH	0,15	
Temperatura de construcción	T	22	°C
Luz de diseño	L	2,61	m
Características sección transversal			
Diámetro exterior	De	0,12	m
Espesor de pared	t	0,015	m
Área neta (1 Culmo)	A	0,004948	m ²
Correlación	L/De	21,75	
Inercia (1 Culmo)	I	0,0000070	m ⁴
Coefficientes de modificación			
Duración de carga	CD	0,9	
Contenido de humedad	CM	0,91	
Temperatura	CT	1	
Estabilidad lateral de vigas	CL	1	
Forma	CF	1	
Redistribución de cargas	CR	1	
Estabilidad de columnas	CP	1	
Cortante	CC	1	
Características de la sección			
Longitud del apoyo	l	0,12	m
Numero de guadas	n	1	
Altura de la viga	d	0,12	m
Área total	At	0,004948	m ²
Correlación	De/d	1	
Centroide de la viga	y	0,06	m
Inercia total	IT	0,0000070	m ⁴
Módulo de sección	S	0,0001160	m ³
Módulo de elasticidad	Promedio	E0,5 9500	MPa
Diseño a axial			
Esfuerzo de corte modificado	F'b	14,7	MPa
Esfuerzo de corte actuante	Fb	0,62	MPa
Relación de esfuerzo		4,20	%

FLEXO-TENSION

Momento	Relación de esfuerzo	0,99849104 %
Tensión	Relación de esfuerzo	4,20462181 %
Trabajo a solicitaciones combinadas		5,20311284 %

Cumple

COMPRESION AXIAL

Fuerza axial actuante	C	3,504	KN
Datos iniciales			
Tipo de solicitación	Compresión paralela	Fc	14 MPa
Duración de la carga	Permanente (Muerta)		
Sitio de construcción	Armenia		
Humedad de construcción	CH	0,15	
Temperatura de construcción	T	22	°C
Luz de diseño	L	2,61	m
Características sección transversal			
Diámetro exterior	De	0,12	m
Espesor de pared	t	0,015	m
Área neta (1 Culmo)	A	0,004948	m ²
Correlación	L/De	21,75	
Inercia (1 Culmo)	I	0,0000070	m ⁴
Coefficientes de modificación			
Duración de carga	CD	0,9	
Contenido de humedad	CM	0,87	
Temperatura	CT	1	
Estabilidad lateral de vigas	CL	1	
Forma	CF	1	
Redistribución de cargas	CR	1	
Estabilidad de columnas	CP	1	
Cortante	CC	1	
Características de la sección			
Longitud del apoyo	l	0,12	m
Numero de guadas	n	1	
Altura de la viga	d	0,12	m
Área total	At	0,004948	m ²
Correlación	De/d	1	
Centroide de la viga	y	0,06	m
Inercia total	IT	0,0000070	m ⁴
Módulo de sección	S	0,0001160	m ³
Módulo de elasticidad	Percentil 5	E0,05	7500 MPa
Diseño axial			
Coefficiente de longitud efectiva	k	1	
Longitud no soportada lateralmente	lu	2,61	
Longitud efectiva	le	2,61	
Radio de giro	r	0,0375	m
Esbeltez	λ	69,6	
Límite de esbeltez intermedia	ck	67	

Larga

Esfuerzo de compresión paralela modificado	F'c	11,0	MPa
Esfuerzo de compresión paralela actuante		5,11	MPa
Relación de esfuerzos		46,61	% Cumple
	Na	0,003504	
	Ncr	0,075609	
	Km	1,074709	

FLEXO-COMPRESION

Momento	Relación de esfuerzo	0,99849104	%
Compresión	Relación de esfuerzos	46,6086932	%
	Km	1,07470907	
Trabajo a solicitaciones combinadas		51,0892762	% Cumple

10.1.9. DIAGONALES 2 PISO SENTIDO Y

SOLICITACIONES

	P	V2	V3	T	M2	M3
	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
Max	4,225	0,021	0	0,0696	0	0,0136
Min	-5,672	-0,021	0	-0,0707	0	-1,214E-17

MOMENTO FLECTOR

Momento flector actuante	M	0,0136	KN.m		
Datos iniciales					
Tipo de solicitación	Flexión	Fb	15 MPa		
Duración de la carga	<table border="1"> <tr> <td>Permanente (Muerta)</td> </tr> <tr> <td>Armenia</td> </tr> </table>			Permanente (Muerta)	Armenia
Permanente (Muerta)					
Armenia					
Sitio de construcción					
Humedad de construcción	CH	0,15			
Temperatura de construcción	T	22	°C		
Luz de diseño	L	2,61	m		
Características sección transversal					
Diámetro exterior	De	0,12	m		
Espesor de pared	t	0,015	m		
Área neta (1 Culmo)	A	0,004948	m ²		
Correlación	L/De	21,75			
Inercia (1 Culmo)	I	0,0000070	m ⁴		
Coefficientes de modificación					
Duración de carga	CD	0,9			
Contenido de humedad	CM	0,87			
Temperatura	CT	1			
Estabilidad lateral de vigas	CL	1			
Forma	CF	1			
Redistribución de cargas	CR	1			

Estabilidad de columnas	CP	1	
Cortante	CC	1	
Características de la sección			
Longitud del apoyo	l	0,12	m
Numero de guaduas	n	1	
Altura de la viga	d	0,12	m
Área total	At	0,004948	m ²
Correlación	De/d	1	
Centroide de la viga	y	0,06	m
Inercia total	IT	0,0000070	m ⁴
Módulo de sección	S	0,0001160	m ³
Módulo de elasticidad	Promedio E0,5	9500	MPa
Diseño a flexión			
Esfuerzo de flexión modificado	F'b	11,7	MPa
Esfuerzo de flexión actuante	Fb	0,12	MPa
Relación de esfuerzo		1,00	%

Cumple

CORTANTE

Fuerza cortante actuante	V	0,021	KN
Datos iniciales			
Tipo de solicitación	Corte Fv	1,2	MPa
Duración de la carga	Permanente (Muerta)		
Sitio de construcción	Armenia		
Humedad de construcción	CH	0,15	
Temperatura de construcción	T	22	°C
Luz de diseño	L	2,61	m
Características sección transversal			
Diámetro exterior	De	0,12	m
Espesor de pared	t	0,015	m
Área neta (1 Culmo)	A	0,004948	m ²
Correlación	L/De	21,75	
Inercia (1 Culmo)	I	0,0000070	m ⁴
Coefficientes de modificación			
Duración de carga	CD	0,9	
Contenido de humedad	CM	0,91	
Temperatura	CT	1	
Estabilidad lateral de vigas	CL	1	
Forma	CF	1	
Redistribución de cargas	CR	1	
Estabilidad de columnas	CP	1	
Cortante	CC	1	
Características de la sección			
Longitud del apoyo	l	0,12	m
Numero de guaduas	n	1	
Altura de la viga	d	0,12	m
Área total	At	0,004948	m ²
Correlación	De/d	1	

Centroide de la viga	y	0,06	m	
Inercia total	IT	0,0000070	m ⁴	
Módulo de sección	S	0,0001160	m ³	
Módulo de elasticidad	Promedio	E0,5	9500	MPa
Diseño a flexión				
Esfuerzo de corte modificado	F'b	1,0	MPa	
Esfuerzo de corte actuante	Fb	0,01	MPa	Cumple
Relación de esfuerzo		0,94	%	

TRACCION AXIAL

Fuerza axial actuante	T	4,223	KN	
Datos iniciales				
Tipo de sollicitación	Tracción	Ft	18	MPa
Duración de la carga	Permanente (Muerta)			
Sitio de construcción	Armenia			
Humedad de construcción	CH	0,15		
Temperatura de construcción	T	22	°C	
Luz de diseño	L	2,61	m	
Características sección transversal				
Diámetro exterior	De	0,12	m	
Espesor de pared	t	0,015	m	
Área neta (1 Culmo)	A	0,004948	m ²	
Correlación	L/De	21,75		
Inercia (1 Culmo)	I	0,0000070	m ⁴	
Coefficientes de modificación				
Duración de carga	CD	0,9		
Contenido de humedad	CM	0,91		
Temperatura	CT	1		
Estabilidad lateral de vigas	CL	1		
Forma	CF	1		
Redistribución de cargas	CR	1		
Estabilidad de columnas	CP	1		
Cortante	CC	1		
Características de la sección				
Longitud del apoyo	l	0,12	m	
Numero de guaduas	n	1		
Altura de la viga	d	0,12	m	
Área total	At	0,004948	m ²	
Correlación	De/d	1		
Centroide de la viga	y	0,06	m	
Inercia total	IT	0,0000070	m ⁴	
Módulo de sección	S	0,0001160	m ³	
Módulo de elasticidad	Promedio	E0,5	9500	MPa
Diseño a axial				
Esfuerzo de corte modificado	F'b	14,7	MPa	
Esfuerzo de corte actuante	Fb	0,85	MPa	Cumple
Relación de esfuerzo		5,79	%	

FLEXO-TENSION

Momento	Relación de esfuerzo	0,99849104	%
Tensión	Relación de esfuerzo	5,78940916	%
Trabajo a solicitaciones combinadas		6,7879002	%

Cumple

COMPRESION AXIAL

Fuerza axial actuante	C	5,672	KN
Datos iniciales			
Tipo de solicitación	Compresión paralela	Fc	14 MPa
Duración de la carga	Permanente (Muerta)		
Sitio de construcción	Armenia		
Humedad de construcción	CH	0,15	
Temperatura de construcción	T	22	°C
Luz de diseño	L	2,61	m
Características sección transversal			
Diámetro exterior	De	0,12	m
Espesor de pared	t	0,015	m
Área neta (1 Culmo)	A	0,004948	m ²
Correlación	L/De	21,75	
Inercia (1 Culmo)	I	0,0000070	m ⁴
Coefficientes de modificación			
Duración de carga	CD	0,9	
Contenido de humedad	CM	0,87	
Temperatura	CT	1	
Estabilidad lateral de vigas	CL	1	
Forma	CF	1	
Redistribución de cargas	CR	1	
Estabilidad de columnas	CP	1	
Cortante	CC	1	
Características de la sección			
Longitud del apoyo	l	0,12	m
Numero de guadas	n	1	
Altura de la viga	d	0,12	m
Área total	At	0,004948	m ²
Correlación	De/d	1	
Centroide de la viga	y	0,06	m
Inercia total	IT	0,0000070	m ⁴
Módulo de sección	S	0,0001160	m ³
Módulo de elasticidad	Percentil 5	E0,05	7500 MPa
Diseño axial			
Coefficiente de longitud efectiva	k	1	
Longitud no soportada lateralmente	lu	2,61	
Longitud efectiva	le	2,61	
Radio de giro	r	0,0375	m

Esbeltez	λ	69,6	Larga
Límite de esbeltez intermedia	ck	67	
Esfuerzo de compresión paralela modificado	F'c	11,0	MPa
Esfuerzo de compresión paralela actuante		5,11	MPa
Relación de esfuerzos		46,61	% Cumple
	Na	0,005672	
	Ncr	0,075609	
	Km	1,126794	

FLEXO-COMPRESION

Momento	Relación de esfuerzo	0,99849104	%
Compresión	Relación de esfuerzos	46,6086932	%
	Km	1,12679411	
Trabajo a solicitaciones combinadas		53,5168921	% Cumple

10.1.10. MARCO DE VENTANA

SOLICITACIONES

	P	V2	V3	T	M2	M3
	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
Max	0,013	0,021	0	0,000869	0	0,0049
Min	-0,013	-0,021	0	-0,0012	0	0

MOMENTO FLECTOR

Momento flector actuante	M	0,0049	KN.m		
Datos iniciales					
Tipo de solicitación	Flexión	Fb	15 MPa		
Duración de la carga	<table border="1"> <tr><td>Permanente (Muerta)</td></tr> <tr><td>Armenia</td></tr> </table>			Permanente (Muerta)	Armenia
Permanente (Muerta)					
Armenia					
Sitio de construcción					
Humedad de construcción	CH	0,15			
Temperatura de construcción	T	22	°C		
Luz de diseño	L	1,07	m		
Características sección transversal					
Diámetro exterior	De	0,12	m		
Espesor de pared	t	0,015	m		
Área neta (1 Culmo)	A	0,004948	m ²		
Correlación	L/De	8,916667			
Inercia (1 Culmo)	I	0,0000070	m ⁴		
Coeficientes de modificación					
Duración de carga	CD	0,9			
Contenido de humedad	CM	0,87			
Temperatura	CT	1			
Estabilidad lateral de vigas	CL	1			

Forma	CF	1	
Redistribución de cargas	CR	1	
Estabilidad de columnas	CP	1	
Cortante	CC	0,75	
Características de la sección			
Longitud del apoyo	l	0,12	m
Numero de guadas	n	1	
Altura de la viga	d	0,12	m
Área total	At	0,004948	m ²
Correlación	De/d	1	
Centroide de la viga	y	0,06	m
Inercia total	IT	0,0000070	m ⁴
Módulo de sección	S	0,0001160	m ³
Módulo de elasticidad	E0,5	9500	MPa
Diseño a flexión			
Esfuerzo de flexión modificado	F'b	8,8	MPa
Esfuerzo de flexión actuante	Fb	0,04	MPa
Relación de esfuerzo		0,48	%

Cumple

CORTANTE

Fuerza cortante actuante	V	0,021	KN
Datos iniciales			
Tipo de solicitación	Corte	Fv	1,2 MPa
Duración de la carga	Permanente (Muerta)		
Sitio de construcción	Armenia		
Humedad de construcción	CH	0,15	
Temperatura de construcción	T	22	°C
Luz de diseño	L	1,07	m
Características sección transversal			
Diámetro exterior	De	0,12	m
Espesor de pared	t	0,015	m
Área neta (1 Culmo)	A	0,004948	m ²
Correlación	L/De	8,916667	
Inercia (1 Culmo)	I	0,0000070	m ⁴
Coefficientes de modificación			
Duración de carga	CD	0,9	
Contenido de humedad	CM	0,91	
Temperatura	CT	1	
Estabilidad lateral de vigas	CL	1	
Forma	CF	1	
Redistribución de cargas	CR	1	
Estabilidad de columnas	CP	1	
Cortante	CC	0,75	
Características de la sección			
Longitud del apoyo	l	0,12	m
Numero de guadas	n	1	

Altura de la viga	d	0,12	m
Área total	At	0,004948	m ²
Correlación	De/d	1	
Centroide de la viga	y	0,06	m
Inercia total	IT	0,0000070	m ⁴
Módulo de sección	S	0,0001160	m ³
Módulo de elasticidad	Promedio	E0,5	9500 MPa
Diseño a flexión			
Esfuerzo de corte modificado	F'b	0,7	MPa
Esfuerzo de corte actuante	Fb	0,01	MPa
Relación de esfuerzo		1,26	%

Cumple

TRACCION AXIAL

Fuerza axial actuante	T	0,013	KN
Datos iniciales			
Tipo de sollicitación	Tracción	Ft	18 MPa
Duración de la carga	Permanente (Muerta)		
Sitio de construcción	Armenia		
Humedad de construcción	CH	0,15	
Temperatura de construcción	T	22	°C
Luz de diseño	L	1,07	m
Características sección transversal			
Diámetro exterior	De	0,12	m
Espesor de pared	t	0,015	m
Área neta (1 Culmo)	A	0,004948	m ²
Correlación	L/De	8,916667	
Inercia (1 Culmo)	I	0,0000070	m ⁴
Coefficientes de modificación			
Duración de carga	CD	0,9	
Contenido de humedad	CM	0,91	
Temperatura	CT	1	
Estabilidad lateral de vigas	CL	1	
Forma	CF	1	
Redistribución de cargas	CR	1	
Estabilidad de columnas	CP	1	
Cortante	CC	0,75	
Características de la sección			
Longitud del apoyo	l	0,12	m
Numero de guaduas	n	1	
Altura de la viga	d	0,12	m
Área total	At	0,004948	m ²
Correlación	De/d	1	
Centroide de la viga	y	0,06	m
Inercia total	IT	0,0000070	m ⁴
Módulo de sección	S	0,0001160	m ³
Módulo de elasticidad	Promedio	E0,5	9500 MPa
Diseño a axial			
Esfuerzo de corte modificado	F'b	11,1	MPa

Esfuerzo de corte actuante	Fb	0,00	MPa	Cumple
Relación de esfuerzo		0,02	%	

FLEXO-TENSION

Momento	Relación de esfuerzo	0,47966726	%	
Tensión	Relación de esfuerzo	0,02376267	%	
Trabajo a solicitaciones combinadas		0,50342993	%	Cumple

COMPRESION AXIAL

Fuerza axial actuante	C	0,013	KN
Datos iniciales			
Tipo de solicitación	Compresión paralela	Fc	14 MPa
Duración de la carga		Permanente (Muerta)	
Sitio de construcción		Armenia	
Humedad de construcción	CH	0,15	
Temperatura de construcción	T	22	°C
Luz de diseño	L	1,07	m
Características sección transversal			
Diámetro exterior	De	0,12	m
Espesor de pared	t	0,015	m
Área neta (1 Culmo)	A	0,004948	m ²
Correlación	L/De	8,916667	
Inercia (1 Culmo)	I	0,0000070	m ⁴
Coefficientes de modificación			
Duración de carga	CD	0,9	
Contenido de humedad	CM	0,87	
Temperatura	CT	1	
Estabilidad lateral de vigas	CL	1	
Forma	CF	1	
Redistribución de cargas	CR	1	
Estabilidad de columnas	CP	1	
Cortante	CC	0,75	
Características de la sección			
Longitud del apoyo	l	0,12	m
Numero de gualdas	n	1	
Altura de la viga	d	0,12	m
Área total	At	0,004948	m ²
Correlación	De/d	1	
Centroide de la viga	y	0,06	m
Inercia total	IT	0,0000070	m ⁴
Módulo de sección	S	0,0001160	m ³
Módulo de elasticidad	Percentil 5	E0,05	7500 MPa
Diseño axial			
Coefficiente de longitud efectiva	k	1	
Longitud no soportada lateralmente	lu	1,07	

Longitud efectiva	le	1,07	
Radio de giro	r	0,0375	m
Esbeltez	λ	28,53333	Corta
Límite de esbeltez intermedia	ck	77	
Esfuerzo de compresión paralela modificado	F'c	8,2	MPa
Esfuerzo de compresión paralela actuante		0,00	MPa
Relación de esfuerzos		0,03	% Cumple
	Na	0,000013	
	Ncr	0,449869	
	Km	1,000043	

FLEXO-COMPRESION

Momento	Relación de esfuerzo	0,47966726	%	
Compresión	Relación de esfuerzos	0,0319567	%	
	Km	1,00004335		
Trabajo a solicitaciones combinadas		0,51162534	%	Cumple

10.1.11. VIGAS CUBIERTA 2.25 SENTIDO Y

SOLICITACIONES

	P	V2	V3	T	M2	M3
	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
Max	1,57	0,095	0,1	0,0037	0,114	0,0108
Min	-0,381	-0,095	-0,107	-0,0021	-0,1068	-0,022

MOMENTO FLECTOR

Momento flector actuante	M	0,114	KN.m		
Datos iniciales					
Tipo de solicitación	Flexión	Fb	15 MPa		
Duración de la carga	<table border="1"> <tr> <td>Permanente (Muerta)</td> </tr> <tr> <td>Armenia</td> </tr> </table>			Permanente (Muerta)	Armenia
Permanente (Muerta)					
Armenia					
Sitio de construcción					
Humedad de construcción	CH	0,15			
Temperatura de construcción	T	22	°C		
Luz de diseño	L	2,25	m		
Características sección transversal					
Diámetro exterior	De	0,12	m		
Espesor de pared	t	0,015	m		
Área neta (1 Culmo)	A	0,004948	m ²		
Correlación	L/De	18,75			
Inercia (1 Culmo)	I	0,0000070	m ⁴		
Coeficientes de modificación					
Duración de carga	CD	0,9			
Contenido de humedad	CM	0,87			

Temperatura		CT	1	
Estabilidad lateral de vigas		CL	1	
Forma		CF	1	
Redistribución de cargas		CR	1	
Estabilidad de columnas		CP	1	
Cortante		CC	1	
Características de la sección				
Longitud del apoyo		l	0,12	m
Numero de guaduas		n	1	
Altura de la viga		d	0,12	m
Área total		At	0,004948	m ²
Correlación		De/d	1	
Centroide de la viga		y	0,06	m
Inercia total		IT	0,0000070	m ⁴
Módulo de sección		S	0,0001160	m ³
Módulo de elasticidad	Promedio	E0,5	9500	MPa
Diseño a flexión				
Esfuerzo de flexión modificado		F'b	11,7	MPa
Esfuerzo de flexión actuante		Fb	0,98	MPa
Relación de esfuerzo			8,37	%

Cumple

CORTANTE

Fuerza cortante actuante		V	0,107	KN
Datos iniciales				
Tipo de solicitación	Corte	Fv	1,2	MPa
Duración de la carga	Permanente (Muerta)			
Sitio de construcción	Armenia			
Humedad de construcción		CH	0,15	
Temperatura de construcción		T	22	°C
Luz de diseño		L	2,25	m
Características sección transversal				
Diámetro exterior		De	0,12	m
Espesor de pared		t	0,015	m
Área neta (1 Culmo)		A	0,004948	m ²
Correlación		L/De	18,75	
Inercia (1 Culmo)		I	0,0000070	m ⁴
Coefficientes de modificación				
Duración de carga		CD	0,9	
Contenido de humedad		CM	0,91	
Temperatura		CT	1	
Estabilidad lateral de vigas		CL	1	
Forma		CF	1	
Redistribución de cargas		CR	1	
Estabilidad de columnas		CP	1	
Cortante		CC	1	
Características de la sección				

Longitud del apoyo	l	0,12	m
Numero de guaduas	n	1	
Altura de la viga	d	0,12	m
Área total	At	0,004948	m ²
Correlación	De/d	1	
Centroide de la viga	y	0,06	m
Inercia total	IT	0,0000070	m ⁴
Módulo de sección	S	0,0001160	m ³
Módulo de elasticidad	Promedio E0,5	9500	MPa
Diseño a flexión			
Esfuerzo de corte modificado	F'b	1,0	MPa
Esfuerzo de corte actuante	Fb	0,05	MPa
Relación de esfuerzo		4,81	%

Cumple

TRACCION AXIAL

Fuerza axial actuante	T	1,57	KN
Datos iniciales			
Tipo de sollicitación	Tracción Ft	18	MPa
Duración de la carga	Permanente (Muerta)		
Sitio de construcción	Armenia		
Humedad de construcción	CH	0,15	
Temperatura de construcción	T	22	°C
Luz de diseño	L	2,25	m
Características sección transversal			
Diámetro exterior	De	0,12	m
Espesor de pared	t	0,015	m
Área neta (1 Culmo)	A	0,004948	m ²
Correlación	L/De	18,75	
Inercia (1 Culmo)	I	0,0000070	m ⁴
Coefficientes de modificación			
Duración de carga	CD	0,9	
Contenido de humedad	CM	0,91	
Temperatura	CT	1	
Estabilidad lateral de vigas	CL	1	
Forma	CF	1	
Redistribución de cargas	CR	1	
Estabilidad de columnas	CP	1	
Cortante	CC	1	
Características de la sección			
Longitud del apoyo	l	0,12	m
Numero de guaduas	n	1	
Altura de la viga	d	0,12	m
Área total	At	0,004948	m ²
Correlación	De/d	1	
Centroide de la viga	y	0,06	m
Inercia total	IT	0,0000070	m ⁴
Módulo de sección	S	0,0001160	m ³
Módulo de elasticidad	Promedio E0,5	9500	MPa

Diseño a axial

Esfuerzo de corte modificado	F'b	14,7	MPa
Esfuerzo de corte actuante	Fb	0,32	MPa
Relación de esfuerzo		2,15	%

Cumple

FLEXO-COMPRESION

Momento	Relación de esfuerzo	8,36970429	%
Tensión	Relación de esfuerzo	2,1523496	%
Trabajo a solicitaciones combinadas		10,5220539	%

Cumple

COMPRESION AXIAL

Fuerza axial actuante	C	0,381	KN
Datos iniciales			
Tipo de solicitación	Compresión paralela	Fc	14 MPa
Duración de la carga	Permanente (Muerta)		
Sitio de construcción	Armenia		
Humedad de construcción	CH	0,15	
Temperatura de construcción	T	22	°C
Luz de diseño	L	2,25	m
Características sección transversal			
Diámetro exterior	De	0,12	m
Espesor de pared	t	0,015	m
Área neta (1 Culmo)	A	0,004948	m ²
Correlación	L/De	18,75	
Inercia (1 Culmo)	I	0,0000070	m ⁴
Coefficientes de modificación			
Duración de carga	CD	0,9	
Contenido de humedad	CM	0,87	
Temperatura	CT	1	
Estabilidad lateral de vigas	CL	1	
Forma	CF	1	
Redistribución de cargas	CR	1	
Estabilidad de columnas	CP	1	
Cortante	CC	1	
Características de la sección			
Longitud del apoyo	l	0,12	m
Numero de guauas	n	1	
Altura de la viga	d	0,12	m
Área total	At	0,004948	m ²
Correlación	De/d	1	
Centroide de la viga	y	0,06	m
Inercia total	IT	0,0000070	m ⁴
Módulo de sección	S	0,0001160	m ³
Módulo de elasticidad	Percentil 5	E0,05	7500 MPa
Diseño axial			

Coeficiente de longitud efectiva	k	1	
Longitud no soportada lateralmente	lu	1,07	
Longitud efectiva	le	1,07	
Radio de giro	r	0,0375	m
Esbeltez	λ	28,53333	Corta
Límite de esbeltez intermedia	ck	67	
Esfuerzo de compresión paralela modificado	F'c	11,0	MPa
Esfuerzo de compresión paralela actuante		0,08	MPa
Relación de esfuerzos		0,70	% Cumple
	Na	0,000381	
	Ncr	0,449869	
	Km	1,001272	

FLEXO-COMPRESION

Momento	Relación de esfuerzo	8,36970429	%	
Compresión	Relación de esfuerzos	0,70243274	%	
	Km	1,00127198		
Trabajo a solicitaciones combinadas		9,07303052	%	Cumple

10.1.12. VIGAS CUBIERTA 3.32 SENTIDO X

SOLICITACIONES

	P	V2	V3	T	M2	M3
	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
Max	1,811	0,275	0,143	0,0131	0,1533	0,143
Min	-1,839	-0,31	-0,143	-0,0131	-0,1533	-0,1678

MOMENTO FLECTOR

Momento flector actuante	M	0,1678	KN.m
Datos iniciales			
Tipo de solicitación	Flexión	Fb	15 MPa
Duración de la carga	Permanente (Muerta)		
Sitio de construcción	Armenia		
Humedad de construcción	CH	0,15	
Temperatura de construcción	T	22	°C
Luz de diseño	L	3,32	m
Características sección transversal			
Diámetro exterior	De	0,12	m
Espesor de pared	t	0,015	m
Área neta (1 Culmo)	A	0,004948	m ²
Correlación	L/De	27,66667	
Inercia (1 Culmo)	I	0,0000070	m ⁴
Coeficientes de modificación			

Duración de carga	CD	0,9	
Contenido de humedad	CM	0,87	
Temperatura	CT	1	
Estabilidad lateral de vigas	CL	1	
Forma	CF	1	
Redistribución de cargas	CR	1	
Estabilidad de columnas	CP	1	
Cortante	CC	1	
Características de la sección			
Longitud del apoyo	l	0,12	m
Numero de guaduas	n	1	
Altura de la viga	d	0,12	m
Área total	At	0,004948	m ²
Correlación	De/d	1	
Centroide de la viga	y	0,06	m
Inercia total	IT	0,0000070	m ⁴
Módulo de sección	S	0,0001160	m ³
Módulo de elasticidad	E0,5	9500	MPa
Diseño a flexión			
Esfuerzo de flexión modificado	F'b	11,7	MPa
Esfuerzo de flexión actuante	Fb	1,45	MPa
Relación de esfuerzo		12,32	%

Promedio

Cumple

CORTANTE

Fuerza cortante actuante	V	0,31	KN
Datos iniciales			
Tipo de sollicitación	Corte	Fv	1,2 MPa
Duración de la carga	Permanente (Muerta)		
Sitio de construcción	Armenia		
Humedad de construcción	CH	0,15	
Temperatura de construcción	T	22	°C
Luz de diseño	L	3,32	m
Características sección transversal			
Diámetro exterior	De	0,12	m
Espesor de pared	t	0,015	m
Área neta (1 Culmo)	A	0,004948	m ²
Correlación	L/De	27,66667	
Inercia (1 Culmo)	I	0,0000070	m ⁴
Coefficientes de modificación			
Duración de carga	CD	0,9	
Contenido de humedad	CM	0,91	
Temperatura	CT	1	
Estabilidad lateral de vigas	CL	1	
Forma	CF	1	
Redistribución de cargas	CR	1	
Estabilidad de columnas	CP	1	

Cortante	CC	1	
Características de la sección			
Longitud del apoyo	l	0,12	m
Numero de guaduas	n	1	
Altura de la viga	d	0,12	m
Área total	At	0,004948	m ²
Correlación	De/d	1	
Centroide de la viga	y	0,06	m
Inercia total	IT	0,0000070	m ⁴
Módulo de sección	S	0,0001160	m ³
Módulo de elasticidad	Promedio E0,5	9500	MPa
Diseño a flexión			
Esfuerzo de corte modificado	F'b	1,0	MPa
Esfuerzo de corte actuante	Fb	0,14	MPa
Relación de esfuerzo		13,94	%

TRACCION AXIAL

Fuerza axial actuante	T	1,811	KN
Datos iniciales			
Tipo de sollicitación	Tracción	Ft	18 MPa
Duración de la carga	Permanente (Muerta)		
Sitio de construcción	Armenia		
Humedad de construcción	CH	0,15	
Temperatura de construcción	T	22	°C
Luz de diseño	L	3,32	m
Características sección transversal			
Diámetro exterior	De	0,12	m
Espesor de pared	t	0,015	m
Área neta (1 Culmo)	A	0,004948	m ²
Correlación	L/De	27,66667	
Inercia (1 Culmo)	I	0,0000070	m ⁴
Coefficientes de modificación			
Duración de carga	CD	0,9	
Contenido de humedad	CM	0,91	
Temperatura	CT	1	
Estabilidad lateral de vigas	CL	1	
Forma	CF	1	
Redistribución de cargas	CR	1	
Estabilidad de columnas	CP	1	
Cortante	CC	1	
Características de la sección			
Longitud del apoyo	l	0,12	m
Numero de guaduas	n	1	
Altura de la viga	d	0,12	m
Área total	At	0,004948	m ²
Correlación	De/d	1	
Centroide de la viga	y	0,06	m

Inercia total	IT	0,0000070	m4
Módulo de sección	S	0,0001160	m3
Módulo de elasticidad	Promedio	E0,5 9500	MPa
Diseño a axial			
Esfuerzo de corte modificado	F'b	14,7	MPa
Esfuerzo de corte actuante	Fb	0,37	MPa
Relación de esfuerzo		2,48	%

FLEXO-TENSION

Momento	Relación de esfuerzo	12,3196174	%
Tensión	Relación de esfuerzo	2,48274212	%
Trabajo a solicitaciones combinadas		14,8023595	%

Cumple

COMPRESION AXIAL

Fuerza axial actuante	C	1,839	KN
Datos iniciales			
Tipo de solicitación	Compresión paralela	Fc	14 MPa
Duración de la carga	Permanente (Muerta)		
Sitio de construcción	Armenia		
Humedad de construcción	CH	0,15	
Temperatura de construcción	T	22	°C
Luz de diseño	L	3,32	m
Características sección transversal			
Diámetro exterior	De	0,12	m
Espesor de pared	t	0,015	m
Área neta (1 Culmo)	A	0,004948	m2
Correlación	L/De	27,66667	
Inercia (1 Culmo)	I	0,0000070	m4
Coefficientes de modificación			
Duración de carga	CD	0,9	
Contenido de humedad	CM	0,87	
Temperatura	CT	1	
Estabilidad lateral de vigas	CL	1	
Forma	CF	1	
Redistribución de cargas	CR	1	
Estabilidad de columnas	CP	1	
Cortante	CC	1	
Características de la sección			
Longitud del apoyo	l	0,12	m
Numero de guaduas	n	1	
Altura de la viga	d	0,12	m
Área total	At	0,004948	m2
Correlación	De/d	1	
Centroide de la viga	y	0,06	m
Inercia total	IT	0,0000070	m4

Módulo de sección	S	0,0001160	m ³
Módulo de elasticidad	Percentil 5	E0,05 7500	MPa
Diseño axial			
Coefficiente de longitud efectiva	k	1	
Longitud no soportada lateralmente	lu	1,07	
Longitud efectiva	le	1,07	
Radio de giro	r	0,0375	m
Esbeltez	λ	28,53333	Corta
Límite de esbeltez intermedia	ck	67	
Esfuerzo de compresión paralela modificado	F'c	11,0	MPa
Esfuerzo de compresión paralela actuante		0,37	MPa
Relación de esfuerzos		3,39	% Cumple
	Na	0,001839	
	Ncr	0,449869	
	Km	1,00617	

FLEXO-COMPRESION

Momento	Relación de esfuerzo	12,3196174	%
Compresión	Relación de esfuerzos	3,39048245	%
	Km	1,00616961	
Trabajo a solicitaciones combinadas		15,7310178	% Cumple

10.1.13. VIGAS CUBIERTA 3.32 SENTIDO Y

SOLICITACIONES

	P	V2	V3	T	M2	M3
	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
Max	2,907	0,105	0,123	0,0264	0,1474	0,018
Min	-2,373	-0,105	-0,157	-0,0255	-0,0587	-0,0331

MOMENTO FLECTOR

Momento flector actuante	M	0,1474	KN.m
Datos iniciales			
Tipo de sollicitación	Flexión	Fb	15 MPa
Duración de la carga		Permanente (Muerta)	
Sitio de construcción		Armenia	
Humedad de construcción	CH	0,15	
Temperatura de construcción	T	22	°C
Luz de diseño	L	3,32	m
Características sección transversal			
Diámetro exterior	De	0,12	m
Espesor de pared	t	0,015	m
Área neta (1 Culmo)	A	0,004948	m ²

Correlación	L/De	27,66667	
Inercia (1 Culmo)	I	0,0000070	m4
Coeficientes de modificación			
Duración de carga	CD	0,9	
Contenido de humedad	CM	0,87	
Temperatura	CT	1	
Estabilidad lateral de vigas	CL	1	
Forma	CF	1	
Redistribución de cargas	CR	1	
Estabilidad de columnas	CP	1	
Cortante	CC	1	
Características de la sección			
Longitud del apoyo	l	0,12	m
Numero de guaduas	n	1	
Altura de la viga	d	0,12	m
Área total	At	0,004948	m2
Correlación	De/d	1	
Centroide de la viga	y	0,06	m
Inercia total	IT	0,0000070	m4
Módulo de sección	S	0,0001160	m3
Módulo de elasticidad	Promedio E0,5	9500	MPa
Diseño a flexión			
Esfuerzo de flexión modificado	F'b	11,7	MPa
Esfuerzo de flexión actuante	Fb	1,27	MPa
Relación de esfuerzo		10,82	%

Cumple

CORTANTE

Fuerza cortante actuante	V	0,157	KN
Datos iniciales			
Tipo de sollicitación	Corte Fv	1,2	MPa
Duración de la carga	Permanente (Muerta)		
Sitio de construcción	Armenia		
Humedad de construcción	CH	0,15	
Temperatura de construcción	T	22	°C
Luz de diseño	L	3,32	m
Características sección transversal			
Diámetro exterior	De	0,12	m
Espesor de pared	t	0,015	m
Área neta (1 Culmo)	A	0,004948	m2
Correlación	L/De	27,66667	
Inercia (1 Culmo)	I	0,0000070	m4
Coeficientes de modificación			
Duración de carga	CD	0,9	
Contenido de humedad	CM	0,91	
Temperatura	CT	1	
Estabilidad lateral de vigas	CL	1	

Forma	CF	1	
Redistribución de cargas	CR	1	
Estabilidad de columnas	CP	1	
Cortante	CC	1	
Características de la sección			
Longitud del apoyo	l	0,12	m
Numero de guadas	n	1	
Altura de la viga	d	0,12	m
Área total	At	0,004948	m ²
Correlación	De/d	1	
Centroide de la viga	y	0,06	m
Inercia total	IT	0,0000070	m ⁴
Módulo de sección	S	0,0001160	m ³
Módulo de elasticidad	E	Promedio	9500 MPa
Diseño a flexión			
Esfuerzo de corte modificado	F'b	1,0	MPa
Esfuerzo de corte actuante	Fb	0,07	MPa
Relación de esfuerzo		7,06	%

Cumple

TRACCION AXIAL

Fuerza axial actuante	T	2,907	KN
Datos iniciales			
Tipo de solicitación	Tracción	Ft	18 MPa
Duración de la carga	Permanente (Muerta)		
Sitio de construcción	Armenia		
Humedad de construcción	CH	0,15	
Temperatura de construcción	T	22	°C
Luz de diseño	L	3,32	m
Características sección transversal			
Diámetro exterior	De	0,12	m
Espesor de pared	t	0,015	m
Área neta (1 Culmo)	A	0,004948	m ²
Correlación	L/De	27,66667	
Inercia (1 Culmo)	I	0,0000070	m ⁴
Coefficientes de modificación			
Duración de carga	CD	0,9	
Contenido de humedad	CM	0,91	
Temperatura	CT	1	
Estabilidad lateral de vigas	CL	1	
Forma	CF	1	
Redistribución de cargas	CR	1	
Estabilidad de columnas	CP	1	
Cortante	CC	1	
Características de la sección			
Longitud del apoyo	l	0,12	m
Numero de guadas	n	1	
Altura de la viga	d	0,12	m

Área total	At	0,004948	m ²
Correlación	De/d	1	
Centroide de la viga	y	0,06	m
Inercia total	IT	0,0000070	m ⁴
Módulo de sección	S	0,0001160	m ³
Módulo de elasticidad	E0,5	9500	MPa
Diseño a axial			
Esfuerzo de corte modificado	F'b	14,7	MPa
Esfuerzo de corte actuante	Fb	0,59	MPa
Relación de esfuerzo		3,99	%

FLEXO-TENSION

Momento	Relación de esfuerzo	10,8218808	%
Tensión	Relación de esfuerzo	3,98527408	%
Trabajo a solicitaciones combinadas		14,8071549	%

COMPRESIO AXIAL

Fuerza axial actuante	C	2,373	KN
Datos iniciales			
Tipo de sollicitación	Compresión paralela	Fc	14 MPa
Duración de la carga	Permanente (Muerta)		
Sitio de construcción	Armenia		
Humedad de construcción	CH	0,15	
Temperatura de construcción	T	22	°C
Luz de diseño	L	3,32	m
Características sección transversal			
Diámetro exterior	De	0,12	m
Espesor de pared	t	0,015	m
Área neta (1 Culmo)	A	0,004948	m ²
Correlación	L/De	27,66667	
Inercia (1 Culmo)	I	0,0000070	m ⁴
Coefficientes de modificación			
Duración de carga	CD	0,9	
Contenido de humedad	CM	0,87	
Temperatura	CT	1	
Estabilidad lateral de vigas	CL	1	
Forma	CF	1	
Redistribución de cargas	CR	1	
Estabilidad de columnas	CP	1	
Cortante	CC	1	
Características de la sección			
Longitud del apoyo	l	0,12	m
Numero de guaduas	n	1	
Altura de la viga	d	0,12	m
Área total	At	0,004948	m ²

Correlación		De/d	1	
Centroide de la viga		y	0,06	m
Inercia total		IT	0,0000070	m ⁴
Módulo de sección		S	0,0001160	m ³
Módulo de elasticidad	Percentil 5	E _{0,05}	7500	MPa
Diseño axial				
Coefficiente de longitud efectiva		k	1	
Longitud no soportada lateralmente		l _u	1,07	
Longitud efectiva		l _e	1,07	
Radio de giro		r	0,0375	m
Esbeltez		λ	28,53333	Corta
Límite de esbeltez intermedia		ck	67	
Esfuerzo de compresión paralela modificado		F _c	11,0	MPa
Esfuerzo de compresión paralela actuante			0,48	MPa
Relación de esfuerzos			4,37	% Cumple
		Na	0,002373	
		Ncr	0,449869	
		Km	1,007975	

FLEXO-COMPRESION

Momento	Relación de esfuerzo	10,8218808	%
Compresión	Relación de esfuerzos	4,37499448	%
	Km	1,0079754	
Trabajo a solicitaciones combinadas		15,2317676	% Cumple

10.1.14. VIGAS ENTREPISO 2.25 SENTIDO Y

SOLICITACIONES

	P	V2	V3	T	M2	M3
	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
Max	1,23	2,924	0,024	0,0054	0,026	0,3494
Min	-1,256	-2,923	-0,024	-0,0074	-0,0252	-0,6295

MOMENTO FLECTOR

Momento flector actuante		M	0,6295	KN.m
Datos iniciales				
Tipo de sollicitación	Flexión	F _b	15	MPa
Duración de la carga	Permanente (Muerta)			
Sitio de construcción	Armenia			
Humedad de construcción		CH	0,15	
Temperatura de construcción		T	22	°C
Luz de diseño		L	2,25	m

Características sección transversal

Diámetro exterior	De	0,12	m
Espesor de pared	t	0,015	m
Área neta (1 Culmo)	A	0,004948	m ²
Correlación	L/De	18,75	
Inercia (1 Culmo)	I	0,0000070	m ⁴

Coefficientes de modificación

Duración de carga	CD	0,9
Contenido de humedad	CM	0,87
Temperatura	CT	1
Estabilidad lateral de vigas	CL	0,98
Forma	CF	1
Redistribución de cargas	CR	1
Estabilidad de columnas	CP	1
Cortante	CC	1

Características de la sección

Longitud del apoyo	l	0,12	m
Numero de guadas	n	2	
Altura de la viga	d	0,24	m
Área total	At	0,009896	m ²
Correlación	De/d	2	
Centroide de la viga	y	0,12	m
Inercia total	IT	0,0000953	m ⁴
Módulo de sección	S	0,0007946	m ³
Módulo de elasticidad	Promedio E0,5	9500	MPa

Diseño a flexión

Esfuerzo de flexión modificado	F'b	11,5	MPa
Esfuerzo de flexión actuante	Fb	0,79	MPa
Relación de esfuerzo		6,88	%

Cumple

CORTANTE

Fuerza cortante actuante

V	2,924	KN
---	-------	----

Datos iniciales

Tipo de sollicitación	Corte	Fv	1,2	MPa
Duración de la carga	Permanente (Muerta)			
Sitio de construcción	Armenia			
Humedad de construcción	CH	0,15		
Temperatura de construcción	T	22	°C	
Luz de diseño	L	2,25	m	

Características sección transversal

Diámetro exterior	De	0,12	m
Espesor de pared	t	0,015	m
Área neta (1 Culmo)	A	0,004948	m ²
Correlación	L/De	18,75	
Inercia (1 Culmo)	I	0,0000070	m ⁴

Coeficientes de modificación

Duración de carga	CD	0,9
Contenido de humedad	CM	0,91
Temperatura	CT	1
Estabilidad lateral de vigas	CL	0,98
Forma	CF	1
Redistribución de cargas	CR	1
Estabilidad de columnas	CP	1
Cortante	CC	1

Características de la sección

Longitud del apoyo	l	0,12	m
Numero de guaduas	n	2	
Altura de la viga	d	0,24	m
Área total	At	0,009896	m ²
Correlación	De/d	2	
Centroide de la viga	y	0,12	m
Inercia total	IT	0,0000953	m ⁴
Módulo de sección	S	0,0007946	m ³
Módulo de elasticidad	E _{0,5}	Promedio 9500	MPa

Diseño a flexión

Esfuerzo de corte modificado	F' _b	1,0	MPa
Esfuerzo de corte actuante	F _b	0,30	MPa
Relación de esfuerzo		31,51	%

Cumple

TRACCION AXIAL

Fuerza axial actuante

T 1,23 KN

Datos iniciales

Tipo de sollicitación	Tracción	F _t	18	MPa
Duración de la carga	Permanente (Muerta)			
Sitio de construcción	Armenia			
Humedad de construcción	CH	0,15		
Temperatura de construcción	T	22		°C
Luz de diseño	L	2,25		m

Características sección

transversal

Diámetro exterior	De	0,12	m
Espesor de pared	t	0,015	m
Área neta (1 Culmo)	A	0,004948	m ²
Correlación	L/De	18,75	
Inercia (1 Culmo)	I	0,0000070	m ⁴

Coeficientes de modificación

Duración de carga	CD	0,9
Contenido de humedad	CM	0,91
Temperatura	CT	1
Estabilidad lateral de vigas	CL	0,98
Forma	CF	1
Redistribución de cargas	CR	1

Estabilidad de columnas	CP	1
Cortante	CC	1

Características de la sección

Longitud del apoyo	l	0,12	m
Numero de guadas	n	2	
Altura de la viga	d	0,24	m
Área total	At	0,009896	m ²
Correlación	De/d	2	
Centroide de la viga	y	0,12	m
Inercia total	IT	0,0000953	m ⁴
Módulo de sección	S	0,0007946	m ³
Módulo de elasticidad	Promedio	E0,5	9500 MPa

Diseño a axial

Esfuerzo de corte modificado	F'b	14,4	MPa
Esfuerzo de corte actuante	Fb	0,12	MPa
Relación de esfuerzo		0,86	%

Cumple

FLEXO-TENSION

Momento	Relación de esfuerzo	6,88325387	%
Tensión	Relación de esfuerzo	0,86032432	%
Trabajo a solicitaciones combinadas		7,74357819	%

Cumple

COMPRESION AXIAL

Fuerza axial actuante	C	1,256	KN
Datos iniciales			
Tipo de solicitación	Compresión paralela	Fc	14 MPa
Duración de la carga	Permanente (Muerta)		
Sitio de construcción	Armenia		
Humedad de construcción	CH	0,15	
Temperatura de construcción	T	22	°C
Luz de diseño	L	2,25	m
Características sección transversal			
Diámetro exterior	De	0,12	m
Espesor de pared	t	0,015	m
Área neta (1 Culmo)	A	0,004948	m ²
Correlación	L/De	18,75	
Inercia (1 Culmo)	I	0,0000070	m ⁴
Coefficientes de modificación			
Duración de carga	CD	0,9	
Contenido de humedad	CM	0,87	
Temperatura	CT	1	
Estabilidad lateral de vigas	CL	0,98	
Forma	CF	1	
Redistribución de cargas	CR	1	
Estabilidad de columnas	CP	1	

Cortante		CC	1	
Características de la sección				
Longitud del apoyo		l	0,12	m
Numero de guaduas		n	2	
Altura de la viga		d	0,24	m
Área total		At	0,009896	m ²
Correlación		De/d	2	
Centroide de la viga		y	0,12	m
Inercia total		IT	0,0000953	m ⁴
Módulo de sección		S	0,0007946	m ³
Módulo de elasticidad	Percentil 5	E0,05	7500	MPa
Diseño axial				
Coefficiente de longitud efectiva		k	1	
Longitud no soportada lateralmente		lu	1,07	
Longitud efectiva		le	1,07	
Radio de giro		r	0,098157	m
Esbeltez		λ	10,90089	Corta
Límite de esbeltez intermedia		ck	68	
Esfuerzo de compresión paralela modificado		F'c	10,7	MPa
Esfuerzo de compresión paralela actuante			0,13	MPa
Relación de esfuerzos			1,18	% Cumple
		Na	0,001256	
		Ncr	6,164496	
		Km	1,000306	

FLEXO- COMPRESION

Momento	Relación de esfuerzo	6,88325387	%	
Compresión	Relación de esfuerzos	1,18144454	%	
	Km	1,00030571		
Trabajo a solicitaciones combinadas		8,06505959	%	Cumple

10.1.15. VIGAS ENTREPISO 3.32 SENTIDO X

SOLICITACIONES

	P	V2	V3	T	M2	M3
	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
Max	4,238	0,655	0,221	0,0215	0,2277	0,2252
Min	-3,214	-0,631	-0,223	-0,0616	-0,2271	-0,188

MOMENTO FLECTOR

Momento flector actuante		M	0,2277	KN.m
Datos iniciales				
Tipo de solicitación	Flexión	Fb	15	MPa
Duración de la carga	Permanente (Muerta)			

Sitio de construcción	Armenia			
Humedad de construcción	CH	0,15		
Temperatura de construcción	T	22	°C	
Luz de diseño	L	3,32	m	
Características sección transversal				
Diámetro exterior	De	0,12	m	
Espesor de pared	t	0,015	m	
Área neta (1 Culmo)	A	0,004948	m ²	
Correlación	L/De	27,66667		
Inercia (1 Culmo)	I	0,0000070	m ⁴	
Coefficientes de modificación				
Duración de carga	CD	0,9		
Contenido de humedad	CM	0,87		
Temperatura	CT	1		
Estabilidad lateral de vigas	CL	1		
Forma	CF	1		
Redistribución de cargas	CR	1		
Estabilidad de columnas	CP	1		
Cortante	CC	1		
Características de la sección				
Longitud del apoyo	l	0,12	m	
Numero de guadas	n	1		
Altura de la viga	d	0,12	m	
Área total	At	0,004948	m ²	
Correlación	De/d	1		
Centroide de la viga	y	0,06	m	
Inercia total	IT	0,0000070	m ⁴	
Módulo de sección	S	0,0001160	m ³	
Módulo de elasticidad	Promedio	E0,5	9500	MPa
Diseño a flexión				
Esfuerzo de flexión modificado	F'b	11,7	MPa	
Esfuerzo de flexión actuante	Fb	1,96	MPa	Cumple
Relación de esfuerzo		16,72	%	

CORTANTE

Fuerza cortante actuante	V	0,655	KN	
Datos iniciales				
Tipo de solicitación	Corte	Fv	1,2	MPa
Duración de la carga	Permanente (Muerta)			
Sitio de construcción	Armenia			
Humedad de construcción	CH	0,15		
Temperatura de construcción	T	22	°C	
Luz de diseño	L	3,32	m	
Características sección transversal				
Diámetro exterior	De	0,12	m	
Espesor de pared	t	0,015	m	
Área neta (1 Culmo)	A	0,004948	m ²	

Correlación	L/De	27,66667	
Inercia (1 Culmo)	I	0,0000070	m4
Coeficientes de modificación			
Duración de carga	CD	0,9	
Contenido de humedad	CM	0,91	
Temperatura	CT	1	
Estabilidad lateral de vigas	CL	1	
Forma	CF	1	
Redistribución de cargas	CR	1	
Estabilidad de columnas	CP	1	
Cortante	CC	1	
Características de la sección			
Longitud del apoyo	l	0,12	m
Numero de guadas	n	1	
Altura de la viga	d	0,12	m
Área total	At	0,004948	m2
Correlación	De/d	1	
Centroide de la viga	y	0,06	m
Inercia total	IT	0,0000070	m4
Módulo de sección	S	0,0001160	m3
Módulo de elasticidad	E0,5	9500	MPa
Diseño a flexión			
Esfuerzo de corte modificado	F'b	1,0	MPa
Esfuerzo de corte actuante	Fb	0,29	MPa
Relación de esfuerzo		29,45	%

Cumple

TRACCION AXIAL

Fuerza axial actuante	T	4,238	KN
Datos iniciales			
Tipo de sollicitación	Tracción	Ft	18 MPa
Duración de la carga	Permanente (Muerta)		
Sitio de construcción	Armenia		
Humedad de construcción	CH	0,15	
Temperatura de construcción	T	22	°C
Luz de diseño	L	3,32	m
Características sección transversal			
Diámetro exterior	De	0,12	m
Espesor de pared	t	0,015	m
Área neta (1 Culmo)	A	0,004948	m2
Correlación	L/De	27,66667	
Inercia (1 Culmo)	I	0,0000070	m4
Coeficientes de modificación			
Duración de carga	CD	0,9	
Contenido de humedad	CM	0,91	
Temperatura	CT	1	
Estabilidad lateral de vigas	CL	1	
Forma	CF	1	

Redistribución de cargas	CR	1	
Estabilidad de columnas	CP	1	
Cortante	CC	1	
Características de la sección			
Longitud del apoyo	l	0,12	m
Numero de guaduas	n	1	
Altura de la viga	d	0,12	m
Área total	At	0,004948	m ²
Correlación	De/d	1	
Centroide de la viga	y	0,06	m
Inercia total	IT	0,0000070	m ⁴
Módulo de sección	S	0,0001160	m ³
Módulo de elasticidad	Promedio	E0,5	9500 MPa
Diseño a axial			
Esfuerzo de corte modificado	F'b	14,7	MPa
Esfuerzo de corte actuante	Fb	0,86	MPa
Relación de esfuerzo		5,81	%

FLEXO-TENSION

Momento	Relación de esfuerzo	16,717383	%	
Tensión	Relación de esfuerzo	5,80997301	%	
Trabajo a solicitaciones combinadas		22,5273561	%	Cumple

COMPRESION AXIAL

Fuerza axial actuante	C	3,214	KN
Datos iniciales			
Tipo de solicitación	Compresión paralela	Fc	14 MPa
Duración de la carga	Permanente (Muerta)		
Sitio de construcción	Armenia		
Humedad de construcción	CH	0,15	
Temperatura de construcción	T	22	°C
Luz de diseño	L	3,32	m
Características sección transversal			
Diámetro exterior	De	0,12	m
Espesor de pared	t	0,015	m
Área neta (1 Culmo)	A	0,004948	m ²
Correlación	L/De	27,66667	
Inercia (1 Culmo)	I	0,0000070	m ⁴
Coeficientes de modificación			
Duración de carga	CD	0,9	
Contenido de humedad	CM	0,87	
Temperatura	CT	1	
Estabilidad lateral de vigas	CL	1	
Forma	CF	1	
Redistribución de cargas	CR	1	

Estabilidad de columnas	CP	1	
Cortante	CC	1	
Características de la sección			
Longitud del apoyo	l	0,12	m
Numero de guadas	n	1	
Altura de la viga	d	0,12	m
Área total	At	0,004948	m ²
Correlación	De/d	1	
Centroide de la viga	y	0,06	m
Inercia total	IT	0,0000070	m ⁴
Módulo de sección	S	0,0001160	m ³
Módulo de elasticidad	Percentil 5	E0,05	7500 MPa
Diseño axial			
Coeficiente de longitud efectiva	k	1	
Longitud no soportada lateralmente	lu	1,07	
Longitud efectiva	le	1,07	
Radio de giro	r	0,0375	m
Esbeltez	λ	28,53333	Corta
Límite de esbeltez intermedia	ck	67	
Esfuerzo de compresión paralela modificado	F _c	11,0	MPa
Esfuerzo de compresión paralela actuante		0,65	MPa
Relación de esfuerzos		5,93	% Cumple
	Na	0,003214	
	Ncr	0,449869	
	Km	1,010833	

FLEXO-COMPRESION

Momento	Relación de esfuerzo	16,717383	%	
Compresión	Relación de esfuerzos	5,92550875	%	
	Km	1,01083253		
Trabajo a solicitaciones combinadas		22,7070801	%	Cumple

10.1.16. VIGAS ENTREPISO 3.32 SENTIDO Y

SOLICITACIONES

	P	V2	V3	T	M2	M3
	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
Max	3,108	5,614	1,794	0,0619	1,0281	0,7363
Min	-3,045	-5,463	-1,796	-0,0589	-1,0287	-1,1742

MOMENTO FLECTOR

Momento flector actuante	M	1,1742	KN.m
Datos iniciales			
Tipo de solicitación	Flexión	Fb	15 MPa

Duración de la carga	Permanente (Muerta)			
Sitio de construcción	Armenia			
Humedad de construcción	CH	0,15		
Temperatura de construcción	T	22	°C	
Luz de diseño	L	3,32	m	
Características sección transversal				
Diámetro exterior	De	0,12	m	
Espesor de pared	t	0,015	m	
Área neta (1 Culmo)	A	0,004948	m ²	
Correlación	L/De	27,66667		
Inercia (1 Culmo)	I	0,0000070	m ⁴	
Coefficientes de modificación				
Duración de carga	CD	0,9		
Contenido de humedad	CM	0,87		
Temperatura	CT	1		
Estabilidad lateral de vigas	CL	0,98		
Forma	CF	1		
Redistribución de cargas	CR	1		
Estabilidad de columnas	CP	1		
Cortante	CC	1		
Características de la sección				
Longitud del apoyo	l	0,12	m	
Numero de guaduas	n	2		
Altura de la viga	d	0,24	m	
Área total	At	0,009896	m ²	
Correlación	De/d	2		
Centroide de la viga	y	0,12	m	
Inercia total	IT	0,0000953	m ⁴	
Módulo de sección	S	0,0007946	m ³	
Módulo de elasticidad	Promedio	E0,5	9500	MPa
Diseño a flexión				
Esfuerzo de flexión modificado	F'b	11,5	MPa	
Esfuerzo de flexión actuante	Fb	1,48	MPa	Cumple
Relación de esfuerzo		12,84	%	

CORTANTE

Fuerza cortante actuante	V	5,614	KN
Datos iniciales			
Tipo de sollicitación	Corte	Fv	1,2 MPa
Duración de la carga	Permanente (Muerta)		
Sitio de construcción	Armenia		
Humedad de construcción	CH	0,15	
Temperatura de construcción	T	22	°C
Luz de diseño	L	3,32	m

Características sección transversal

Diámetro exterior	De	0,12	m
Espesor de pared	t	0,015	m
Área neta (1 Culmo)	A	0,004948	m ²
Correlación	L/De	27,66667	
Inercia (1 Culmo)	I	0,0000070	m ⁴

Coeficientes de modificación

Duración de carga	CD	0,9
Contenido de humedad	CM	0,91
Temperatura	CT	1
Estabilidad lateral de vigas	CL	0,98
Forma	CF	1
Redistribución de cargas	CR	1
Estabilidad de columnas	CP	1
Cortante	CC	1

Características de la sección

Longitud del apoyo	l	0,12	m
Numero de guadas	n	2	
Altura de la viga	d	0,24	m
Área total	At	0,009896	m ²
Correlación	De/d	2	
Centroide de la viga	y	0,12	m
Inercia total	IT	0,0000953	m ⁴
Módulo de sección	S	0,0007946	m ³
Módulo de elasticidad	Promedio	E0,5	9500 MPa

Diseño a flexión

Esfuerzo de corte modificado	F'b	1,0	MPa
Esfuerzo de corte actuante	Fb	0,58	MPa
Relación de esfuerzo		60,50	%

Cumple

TRACCION AXIAL

Fuerza axial actuante

T	3,108	KN
---	-------	----

Datos iniciales

Tipo de sollicitación	Tracción	Ft	18	MPa
Duración de la carga	Permanente (Muerta)			
Sitio de construcción	Armenia			
Humedad de construcción	CH	0,15		
Temperatura de construcción	T	22	°C	
Luz de diseño	L	3,32	m	

Características sección transversal

Diámetro exterior	De	0,12	m
Espesor de pared	t	0,015	m
Área neta (1 Culmo)	A	0,004948	m ²
Correlación	L/De	27,66667	
Inercia (1 Culmo)	I	0,0000070	m ⁴

Coeficientes de modificación

Duración de carga	CD	0,9
-------------------	----	-----

Contenido de humedad	CM	0,91
Temperatura	CT	1
Estabilidad lateral de vigas	CL	0,98
Forma	CF	1
Redistribución de cargas	CR	1
Estabilidad de columnas	CP	1
Cortante	CC	1

Características de la sección

Longitud del apoyo	l	0,12	m
Numero de guadas	n	2	
Altura de la viga	d	0,24	m
Área total	At	0,009896	m2
Correlación	De/d	2	
Centroide de la viga	y	0,12	m
Inercia total	IT	0,0000953	m4
Módulo de sección	S	0,0007946	m3
Módulo de elasticidad	E0,5	9500	MPa

Promedio

Diseño a axial

Esfuerzo de corte modificado	F'b	14,4	MPa
Esfuerzo de corte actuante	Fb	0,31	MPa
Relación de esfuerzo		2,17	%

Cumple

FLEXO-TENSION

Momento	Relación de esfuerzo	12,839264	%
Tensión	Relación de esfuerzo	2,17389268	%
Trabajo a solicitaciones combinadas		15,0131567	%

Cumple

COMPRESION AXIAL

Fuerza axial actuante	C	3,045	KN
Datos iniciales			
Tipo de sollicitación	Compresión paralela	Fc	14 MPa
Duración de la carga	Permanente (Muerta)		
Sitio de construcción	Armenia		
Humedad de construcción	CH	0,15	
Temperatura de construcción	T	22	°C
Luz de diseño	L	3,32	m
Características sección transversal			
Diámetro exterior	De	0,12	m
Espesor de pared	t	0,015	m
Área neta (1 Culmo)	A	0,004948	m2
Correlación	L/De	27,66667	
Inercia (1 Culmo)	I	0,0000070	m4
Coeficientes de modificación			
Duración de carga	CD	0,9	

Contenido de humedad	CM	0,87
Temperatura	CT	1
Estabilidad lateral de vigas	CL	0,98
Forma	CF	1
Redistribución de cargas	CR	1
Estabilidad de columnas	CP	1
Cortante	CC	1

Características de la sección

Longitud del apoyo	l	0,12	m
Numero de guadas	n	2	
Altura de la viga	d	0,24	m
Área total	At	0,009896	m ²
Correlación	De/d	2	
Centroide de la viga	y	0,12	m
Inercia total	IT	0,0000953	m ⁴
Módulo de sección	S	0,0007946	m ³
Módulo de elasticidad	E0,05	7500	MPa

Percentil 5

Diseño axial

Coeficiente de longitud efectiva	k	1	
Longitud no soportada lateralmente	lu	1,07	
Longitud efectiva	le	1,07	
Radio de giro	r	0,098157	m
Esbeltez	λ	10,90089	Corta
Límite de esbeltez intermedia	ck	68	
Esfuerzo de compresión paralela modificado	F'c	10,7	MPa
Esfuerzo de compresión paralela actuante		0,31	MPa
Relación de esfuerzos		2,86	% Cumple
	Na	0,003045	
	Ncr	6,164496	
	Km	1,000741	

FLEXO-COMPRESION

Momento	Relación de esfuerzo	12,839264	%
Compresión	Relación de esfuerzos	2,8642505	%
	Km	1,00074149	
Trabajo a solicitaciones combinadas		15,7056383	% Cumple

10.1.17. VIGAS SUELO 2.25 SENTIDO Y

SOLICITACIONES

	P	V2	V3	T	M2	M3
	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
Max	4,677E-07	0,186	0,061	0,002	0,0654	0,048
Min	-4,677E-07	-0,186	-0,061	-0,0017	-0,0649	-0,0334

MOMENTO FLECTOR

Momento flector actuante	M	0,0654	KN.m	
Datos iniciales				
Tipo de solicitación	Flexión	Fb	15	MPa
Duración de la carga	Permanente (Muerta)			
Sitio de construcción	Armenia			
Humedad de construcción	CH	0,15		
Temperatura de construcción	T	22		°C
Luz de diseño	L	3,32		m
Características sección transversal				
Diámetro exterior	De	0,12		m
Espesor de pared	t	0,015		m
Área neta (1 Culmo)	A	0,004948		m ²
Correlación	L/De	27,66667		
Inercia (1 Culmo)	I	0,0000070		m ⁴
Coeficientes de modificación				
Duración de carga	CD	0,9		
Contenido de humedad	CM	0,87		
Temperatura	CT	1		
Estabilidad lateral de vigas	CL	1		
Forma	CF	1		
Redistribución de cargas	CR	1		
Estabilidad de columnas	CP	1		
Cortante	CC	1		
Características de la sección				
Longitud del apoyo	l	0,12		m
Numero de guaduas	n	1		
Altura de la viga	d	0,12		m
Área total	At	0,004948		m ²
Correlación	De/d	1		
Centroide de la viga	y	0,06		m
Inercia total	IT	0,0000070		m ⁴
Módulo de sección	S	0,0001160		m ³
Módulo de elasticidad	Promedio	E0,5	9500	MPa
Diseño a flexión				
Esfuerzo de flexión modificado	F'b	11,7		MPa
Esfuerzo de flexión actuante	Fb	0,56		MPa
Relación de esfuerzo		4,80		%

Cumple

CORTANTE

Fuerza cortante actuante	V	0,186	KN	
Datos iniciales				
Tipo de solicitación	Corte	Fv	1,2	MPa
Duración de la carga	Permanente (Muerta)			
Sitio de construcción	Armenia			
Humedad de construcción	CH	0,15		

Temperatura de construcción	T	22	°C	
Luz de diseño	L	2,25	m	
Características sección transversal				
Diámetro exterior	De	0,12	m	
Espesor de pared	t	0,015	m	
Área neta (1 Culmo)	A	0,004948	m ²	
Correlación	L/De	18,75		
Inercia (1 Culmo)	I	0,0000070	m ⁴	
Coefficientes de modificación				
Duración de carga	CD	0,9		
Contenido de humedad	CM	0,91		
Temperatura	CT	1		
Estabilidad lateral de vigas	CL	1		
Forma	CF	1		
Redistribución de cargas	CR	1		
Estabilidad de columnas	CP	1		
Cortante	CC	1		
Características de la sección				
Longitud del apoyo	l	0,12	m	
Numero de guadas	n	1		
Altura de la viga	d	0,12	m	
Área total	At	0,004948	m ²	
Correlación	De/d	1		
Centroide de la viga	y	0,06	m	
Inercia total	IT	0,0000070	m ⁴	
Módulo de sección	S	0,0001160	m ³	
Módulo de elasticidad	E0,5	9500	MPa	Promedio
Diseño a flexión				
Esfuerzo de corte modificado	F'b	1,0	MPa	
Esfuerzo de corte actuante	Fb	0,08	MPa	Cumple
Relación de esfuerzo		8,36	%	

10.1.18. VIGAS SUELO 3.32 SENTIDO X

SOLICITACIONES

	P	V2	V3	T	M2	M3
	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
Max	3,606	0,464	0,141	0,0099	0,1505	0,3644
Min	-2,754	-0,464	-0,141	-0,01	-0,1504	-0,1675

MOMENTO FLECTOR

Momento flector actuante	M	0,3644	KN.m
Datos iniciales			
Tipo de solicitación	Flexión	Fb	15 MPa
Duración de la carga	Permanente (Muerta)		

Sitio de construcción	Armenia			
Humedad de construcción	CH	0,15		
Temperatura de construcción	T	22	°C	
Luz de diseño	L	3,32	m	
Características sección transversal				
Diámetro exterior	De	0,12	m	
Espesor de pared	t	0,015	m	
Área neta (1 Culmo)	A	0,004948	m ²	
Correlación	L/De	27,66667		
Inercia (1 Culmo)	I	0,0000070	m ⁴	
Coeficientes de modificación				
Duración de carga	CD	0,9		
Contenido de humedad	CM	0,87		
Temperatura	CT	1		
Estabilidad lateral de vigas	CL	1		
Forma	CF	1		
Redistribución de cargas	CR	1		
Estabilidad de columnas	CP	1		
Cortante	CC	1		
Características de la sección				
Longitud del apoyo	l	0,12	m	
Numero de guadas	n	1		
Altura de la viga	d	0,12	m	
Área total	At	0,004948	m ²	
Correlación	De/d	1		
Centroide de la viga	y	0,06	m	
Inercia total	IT	0,0000070	m ⁴	
Módulo de sección	S	0,0001160	m ³	
Módulo de elasticidad	Promedio	E0,5	9500	MPa
Diseño a flexión				
Esfuerzo de flexión modificado	F'b	11,7	MPa	
Esfuerzo de flexión actuante	Fb	3,14	MPa	Cumple
Relación de esfuerzo		26,75	%	

CORTANTE

Fuerza cortante actuante	V	0,464	KN
Datos iniciales			
Tipo de solicitación	Corte	Fv	1,2 MPa
Duración de la carga	Permanente (Muerta)		
Sitio de construcción	Armenia		
Humedad de construcción	CH	0,15	
Temperatura de construcción	T	22	°C
Luz de diseño	L	3,32	m
Características sección transversal			
Diámetro exterior	De	0,12	m
Espesor de pared	t	0,015	m
Área neta (1 Culmo)	A	0,004948	m ²

Correlación	L/De	27,66667	
Inercia (1 Culmo)	I	0,0000070	m4
Coeficientes de modificación			
Duración de carga	CD	0,9	
Contenido de humedad	CM	0,91	
Temperatura	CT	1	
Estabilidad lateral de vigas	CL	1	
Forma	CF	1	
Redistribución de cargas	CR	1	
Estabilidad de columnas	CP	1	
Cortante	CC	1	
Características de la sección			
Longitud del apoyo	l	0,12	m
Numero de guadas	n	1	
Altura de la viga	d	0,12	m
Área total	At	0,004948	m2
Correlación	De/d	1	
Centroide de la viga	y	0,06	m
Inercia total	IT	0,0000070	m4
Módulo de sección	S	0,0001160	m3
Módulo de elasticidad	E0,5	9500	MPa
Diseño a flexión			
Esfuerzo de corte modificado	F'b	1,0	MPa
Esfuerzo de corte actuante	Fb	0,21	MPa
Relación de esfuerzo		20,86	%

Cumple

TRACCION AXIAL

Fuerza axial actuante	T	3,606	KN
Datos iniciales			
Tipo de sollicitación	Tracción	Ft	18 MPa
Duración de la carga	Permanente (Muerta)		
Sitio de construcción	Armenia		
Humedad de construcción	CH	0,15	
Temperatura de construcción	T	22	°C
Luz de diseño	L	3,32	m
Características sección transversal			
Diámetro exterior	De	0,12	m
Espesor de pared	t	0,015	m
Área neta (1 Culmo)	A	0,004948	m2
Correlación	L/De	27,66667	
Inercia (1 Culmo)	I	0,0000070	m4
Coeficientes de modificación			
Duración de carga	CD	0,9	
Contenido de humedad	CM	0,91	
Temperatura	CT	1	
Estabilidad lateral de vigas	CL	1	
Forma	CF	1	

Redistribución de cargas	CR	1	
Estabilidad de columnas	CP	1	
Cortante	CC	1	
Características de la sección			
Longitud del apoyo	l	0,12	m
Numero de guaduas	n	1	
Altura de la viga	d	0,12	m
Área total	At	0,004948	m ²
Correlación	De/d	1	
Centroide de la viga	y	0,06	m
Inercia total	IT	0,0000070	m ⁴
Módulo de sección	S	0,0001160	m ³
Módulo de elasticidad	E0,5	9500	MPa
Diseño a axial			
Esfuerzo de corte modificado	F'b	14,7	MPa
Esfuerzo de corte actuante	Fb	0,73	MPa
Relación de esfuerzo		4,94	%

Promedio

Cumple

FLEXO-TENSION

Momento	Relación de esfuerzo	26,7536864	%	
Tensión	Relación de esfuerzo	4,94354947	%	
Trabajo a solicitaciones combinadas		31,6972358	%	Cumple

COMPRESION AXIAL

Fuerza axial actuante	C	2,754	KN
Datos iniciales			
Tipo de solicitación	Compresión paralela	Fc	14 MPa
Duración de la carga	Permanente (Muerta)		
Sitio de construcción	Armenia		
Humedad de construcción	CH	0,15	
Temperatura de construcción	T	22	°C
Luz de diseño	L	3,32	m
Características sección transversal			
Diámetro exterior	De	0,12	m
Espesor de pared	t	0,015	m
Área neta (1 Culmo)	A	0,004948	m ²
Correlación	L/De	27,66667	
Inercia (1 Culmo)	I	0,0000070	m ⁴
Coeficientes de modificación			
Duración de carga	CD	0,9	
Contenido de humedad	CM	0,87	
Temperatura	CT	1	
Estabilidad lateral de vigas	CL	1	
Forma	CF	1	
Redistribución de cargas	CR	1	

Estabilidad de columnas		CP	1	
Cortante		CC	1	
Características de la sección				
Longitud del apoyo		l	0,12	m
Numero de guadas		n	1	
Altura de la viga		d	0,12	m
Área total		At	0,004948	m ²
Correlación		De/d	1	
Centroide de la viga		y	0,06	m
Inercia total		IT	0,0000070	m ⁴
Módulo de sección		S	0,0001160	m ³
Módulo de elasticidad	Percentil 5	E0,05	7500	MPa
Diseño axial				
Coeficiente de longitud efectiva		k	1	
Longitud no soportada lateralmente		lu	1,07	
Longitud efectiva		le	1,07	
Radio de giro		r	0,0375	m
Esbeltez		λ	28,53333	Corta
Límite de esbeltez intermedia		ck	67	
Esfuerzo de compresión paralela modificado		F'c	11,0	MPa
Esfuerzo de compresión paralela actuante			0,56	MPa
Relación de esfuerzos			5,08	% Cumple
		Na	0,002754	
		Ncr	0,449869	
		Km	1,009268	

FLEXO-COMPRESION

Momento	Relación de esfuerzo	26,7536864	%	
Compresión	Relación de esfuerzos	5,07742723	%	
	Km	1,00926777		
Trabajo a solicitaciones combinadas		31,87817	%	Cumple

10.1.19. VIGAS SUELO 3.32 SENTIDO Y

SOLICITACIONES

	P	V2	V3	T	M2	M3
	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
Max	0,869	0,208	0,153	0,0258	0,1361	0,0768
Min	-1,002	-0,202	-0,133	-0,0252	-0,164	-0,0202

MOMENTO FLECTOR

Momento flector actuante		M	0,164	KN.m
Datos iniciales				
Tipo de solicitación	Flexión	Fb	15	MPa

Duración de la carga	Permanente (Muerta)			
Sitio de construcción	Armenia			
Humedad de construcción	CH	0,15		
Temperatura de construcción	T	22	°C	
Luz de diseño	L	3,32	m	
Características sección transversal				
Diámetro exterior	De	0,12	m	
Espesor de pared	t	0,015	m	
Área neta (1 Culmo)	A	0,004948	m ²	
Correlación	L/De	27,66667		
Inercia (1 Culmo)	I	0,0000070	m ⁴	
Coefficientes de modificación				
Duración de carga	CD	0,9		
Contenido de humedad	CM	0,87		
Temperatura	CT	1		
Estabilidad lateral de vigas	CL	1		
Forma	CF	1		
Redistribución de cargas	CR	1		
Estabilidad de columnas	CP	1		
Cortante	CC	1		
Características de la sección				
Longitud del apoyo	l	0,12	m	
Numero de guaudas	n	1		
Altura de la viga	d	0,12	m	
Área total	At	0,004948	m ²	
Correlación	De/d	1		
Centroide de la viga	y	0,06	m	
Inercia total	IT	0,0000070	m ⁴	
Módulo de sección	S	0,0001160	m ³	
Módulo de elasticidad	Promedio E0,5	9500	MPa	
Diseño a flexión				
Esfuerzo de flexión modificado	F'b	11,7	MPa	
Esfuerzo de flexión actuante	Fb	1,41	MPa	Cumple
Relación de esfuerzo		12,04	%	

CORTANTE

Fuerza cortante actuante	V	0,208	KN
Datos iniciales			
Tipo de sollicitación	Corte	Fv	1,2 MPa
Duración de la carga	Permanente (Muerta)		
Sitio de construcción	Armenia		
Humedad de construcción	CH	0,15	
Temperatura de construcción	T	22	°C
Luz de diseño	L	3,32	m
Características sección transversal			
Diámetro exterior	De	0,12	m

Espesor de pared	t	0,015	m
Área neta (1 Culmo)	A	0,004948	m ²
Correlación	L/De	27,66667	
Inercia (1 Culmo)	I	0,0000070	m ⁴
Coeficientes de modificación			
Duración de carga	CD	0,9	
Contenido de humedad	CM	0,91	
Temperatura	CT	1	
Estabilidad lateral de vigas	CL	1	
Forma	CF	1	
Redistribución de cargas	CR	1	
Estabilidad de columnas	CP	1	
Cortante	CC	1	
Características de la sección			
Longitud del apoyo	l	0,12	m
Numero de guaduas	n	1	
Altura de la viga	d	0,12	m
Área total	At	0,004948	m ²
Correlación	De/d	1	
Centroide de la viga	y	0,06	m
Inercia total	IT	0,0000070	m ⁴
Módulo de sección	S	0,0001160	m ³
Módulo de elasticidad	E0,5	9500	MPa
Diseño a flexión		Promedio	
Esfuerzo de corte modificado	F'b	1,0	MPa
Esfuerzo de corte actuante	Fb	0,09	MPa
Relación de esfuerzo		9,35	%
			Cumple

TRACCION AXIAL

Fuerza axial actuante	T	0,869	KN
Datos iniciales			
Tipo de sollicitación	Tracción	Ft	18 MPa
Duración de la carga		Permanente (Muerta)	
Sitio de construcción		Armenia	
Humedad de construcción	CH	0,15	
Temperatura de construcción	T	22	°C
Luz de diseño	L	3,32	m
Características sección transversal			
Diámetro exterior	De	0,12	m
Espesor de pared	t	0,015	m
Área neta (1 Culmo)	A	0,004948	m ²
Correlación	L/De	27,66667	
Inercia (1 Culmo)	I	0,0000070	m ⁴
Coeficientes de modificación			
Duración de carga	CD	0,9	
Contenido de humedad	CM	0,91	
Temperatura	CT	1	

Estabilidad lateral de vigas	CL	1	
Forma	CF	1	
Redistribución de cargas	CR	1	
Estabilidad de columnas	CP	1	
Cortante	CC	1	
Características de la sección			
Longitud del apoyo	l	0,12	m
Numero de guaduas	n	1	
Altura de la viga	d	0,12	m
Área total	At	0,004948	m ²
Correlación	De/d	1	
Centroide de la viga	y	0,06	m
Inercia total	IT	0,0000070	m ⁴
Módulo de sección	S	0,0001160	m ³
Módulo de elasticidad	E0,5	9500	MPa
Diseño a axial			
Esfuerzo de corte modificado	F'b	14,7	MPa
Esfuerzo de corte actuante	Fb	0,18	MPa
Relación de esfuerzo		1,19	%

FLEXO-TENSION

Momento	Relación de esfuerzo	12,0406272	%	
Tensión	Relación de esfuerzo	1,19133236	%	
Trabajo a solicitaciones combinadas		13,2319596	%	Cumple

COMPRESION AXIAL

Fuerza axial actuante	C	1,002	KN
Datos iniciales			
Tipo de sollicitación	Compresión paralela	Fc	14 MPa
Duración de la carga	Permanente (Muerta)		
Sitio de construcción	Armenia		
Humedad de construcción	CH	0,15	
Temperatura de construcción	T	22	°C
Luz de diseño	L	3,32	m
Características sección transversal			
Diámetro exterior	De	0,12	m
Espesor de pared	t	0,015	m
Área neta (1 Culmo)	A	0,004948	m ²
Correlación	L/De	27,66667	
Inercia (1 Culmo)	I	0,0000070	m ⁴
Coefficientes de modificación			
Duración de carga	CD	0,9	
Contenido de humedad	CM	0,87	
Temperatura	CT	1	
Estabilidad lateral de vigas	CL	1	

Forma	CF	1	
Redistribución de cargas	CR	1	
Estabilidad de columnas	CP	1	
Cortante	CC	1	
Características de la sección			
Longitud del apoyo	l	0,12	m
Numero de guaduas	n	1	
Altura de la viga	d	0,12	m
Área total	At	0,004948	m ²
Correlación	De/d	1	
Centroide de la viga	y	0,06	m
Inercia total	IT	0,0000070	m ⁴
Módulo de sección	S	0,0001160	m ³
Módulo de elasticidad	E0,05	7500	MPa
Diseño axial			
Coeficiente de longitud efectiva	k	1	
Longitud no soportada lateralmente	lu	1,07	
Longitud efectiva	le	1,07	
Radio de giro	r	0,0375	m
Esbeltez	λ	28,53333	Corta
Límite de esbeltez intermedia	ck	67	
Esfuerzo de compresión paralela modificado	F'c	11,0	MPa
Esfuerzo de compresión paralela actuante		0,20	MPa
Relación de esfuerzos		1,85	% Cumple
	Na	0,001002	
	Ncr	0,449869	
	Km	1,003352	

FLEXO-COMPRESION

Momento	Relación de esfuerzo	12,0406272	%	
Compresión	Relación de esfuerzos	1,8473428	%	
	Km	1,00335217		
Trabajo a solicitaciones combinadas		13,8941626	%	Cumple

10.1.20. VIGUETAS 3.32 (30 CM)

SOLICITACIONES

	P	V2	V3	T	M2	M3
	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
Max	0	1,99	0	0	0	1,6182
Min	0	-1,99	0	0	0	-1,065E-15

MOMENTO FLECTOR

Momento flector actuante M 1,6182 KN.m

Datos iniciales

Tipo de sollicitación	Flexión	Fb	15	MPa
Duración de la carga	Permanente (Muerta)			
Sitio de construcción	Armenia			
Humedad de construcción	CH	0,15		
Temperatura de construcción	T	22		°C
Luz de diseño	L	3,32		m

Características sección transversal

Diámetro exterior	De	0,14	m
Espesor de pared	t	0,015	m
Área neta (1 Culmo)	A	0,005890	m ²
Correlación	L/De	23,71429	
Inercia (1 Culmo)	I	0,0000117	m ⁴

Coefficientes de modificación

Duración de carga	CD	0,9
Contenido de humedad	CM	0,87
Temperatura	CT	1
Estabilidad lateral de vigas	CL	1
Forma	CF	1
Redistribución de cargas	CR	1
Estabilidad de columnas	CP	1
Cortante	CC	1

Características de la sección

Longitud del apoyo	l	0,12	m
Numero de guadas	n	1	
Altura de la viga	d	0,14	m
Área total	At	0,005890	m ²
Correlación	De/d	1	
Centroide de la viga	y	0,07	m
Inercia total	IT	0,0000117	m ⁴
Módulo de sección	S	0,0001667	m ³
Módulo de elasticidad	E _{0,5}	9500	MPa

Diseño a flexión

Esfuerzo de flexión modificado	F'b	11,7	MPa
Esfuerzo de flexión actuante	Fb	9,71	MPa
Relación de esfuerzo		82,64	%

Cumple

CORTANTE

Fuerza cortante actuante

V	1,99	KN
---	------	----

Datos iniciales

Tipo de sollicitación	Corte	Fv	1,2	MPa
Duración de la carga	Permanente (Muerta)			
Sitio de construcción	Armenia			
Humedad de construcción	CH	0,15		
Temperatura de construcción	T	22		°C

Luz de diseño L 3,32 m

Características sección transversal

Diámetro exterior De 0,14 m
 Espesor de pared t 0,015 m
 Área neta (1 Culmo) A 0,005890 m²
 Correlación L/De 23,71429
 Inercia (1 Culmo) I 0,0000117 m⁴

Coefficientes de modificación

Duración de carga CD 0,9
 Contenido de humedad CM 0,91
 Temperatura CT 1
 Estabilidad lateral de vigas CL 1
 Forma CF 1
 Redistribución de cargas CR 1
 Estabilidad de columnas CP 1
 Cortante CC 1

Características de la sección

Longitud del apoyo l 0,12 m
 Numero de guaduas n 1
 Altura de la viga d 0,14 m
 Área total At 0,005890 m²
 Correlación De/d 1
 Centroides de la viga y 0,07 m
 Inercia total IT 0,0000117 m⁴
 Módulo de sección S 0,0001667 m³
 Módulo de elasticidad E0,5 Promedio 9500 MPa

Diseño a flexión

Esfuerzo de corte modificado F'b 1,0 MPa
 Esfuerzo de corte actuante Fb 0,73 MPa **Cumple**
 Relación de esfuerzo 74,17 %

10.1.21. CERCHA DIAGONAL GRANDE

SOLICITACIONES

	P	V2	V3	T	M2	M3
	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
Max	2,341	0,021	0	0,0055	0	0,0076
Min	-3,903	-0,021	0	-0,0105	0	0

MOMENTO FLECTOR

Momento flector actuante M 0,0076 KN.m
 Datos iniciales
 Tipo de solicitación Flexión Fb 15 MPa

Duración de la carga	Permanente (Muerta)			
Sitio de construcción	Armenia			
Humedad de construcción	CH	0,15		
Temperatura de construcción	T	22	°C	
Luz de diseño	L	1,45	m	
Características sección transversal				
Diámetro exterior	De	0,12	m	
Espesor de pared	t	0,015	m	
Área neta (1 Culmo)	A	0,004948	m ²	
Correlación	L/De	12,08333		
Inercia (1 Culmo)	I	0,0000070	m ⁴	
Coeficientes de modificación				
Duración de carga	CD	0,9		
Contenido de humedad	CM	0,87		
Temperatura	CT	1		
Estabilidad lateral de vigas	CL	1		
Forma	CF	1		
Redistribución de cargas	CR	1		
Estabilidad de columnas	CP	1		
Cortante	CC	0,86		
Características de la sección				
Longitud del apoyo	l	0,12	m	
Numero de guaudas	n	1		
Altura de la viga	d	0,12	m	
Área total	At	0,004948	m ²	
Correlación	De/d	1		
Centroide de la viga	y	0,06	m	
Inercia total	IT	0,0000070	m ⁴	
Módulo de sección	S	0,0001160	m ³	
Módulo de elasticidad	Promedio E0,5	9500	MPa	
Diseño a flexión				
Esfuerzo de flexión modificado	F'b	10,1	MPa	
Esfuerzo de flexión actuante	Fb	0,07	MPa	Cumple
Relación de esfuerzo		0,65	%	

CORTANTE

Fuerza cortante actuante	V	0,021	KN
Datos iniciales			
Tipo de sollicitación	Corte	Fv	1,2 MPa
Duración de la carga	Permanente (Muerta)		
Sitio de construcción	Armenia		
Humedad de construcción	CH	0,15	
Temperatura de construcción	T	22	°C
Luz de diseño	L	1,45	m
Características sección transversal			
Diámetro exterior	De	0,12	m

Espesor de pared	t	0,015	m	
Área neta (1 Culmo)	A	0,004948	m ²	
Correlación	L/De	12,08333		
Inercia (1 Culmo)	I	0,0000070	m ⁴	
Coefficientes de modificación				
Duración de carga	CD	0,9		
Contenido de humedad	CM	0,91		
Temperatura	CT	1		
Estabilidad lateral de vigas	CL	1		
Forma	CF	1		
Redistribución de cargas	CR	1		
Estabilidad de columnas	CP	1		
Cortante	CC	0,86		
Características de la sección				
Longitud del apoyo	l	0,12	m	
Numero de guaduas	n	1		
Altura de la viga	d	0,12	m	
Área total	At	0,004948	m ²	
Correlación	De/d	1		
Centroide de la viga	y	0,06	m	
Inercia total	IT	0,0000070	m ⁴	
Módulo de sección	S	0,0001160	m ³	
Módulo de elasticidad	Promedio E0,5	9500	MPa	
Diseño a flexión				
Esfuerzo de corte modificado	F'b	0,8	MPa	
Esfuerzo de corte actuante	Fb	0,01	MPa	Cumple
Relación de esfuerzo		1,10	%	

TRACCION AXIAL

Fuerza axial actuante	T	2,341	KN	
Datos iniciales				
Tipo de sollicitación	Tracción	Ft	18	MPa
Duración de la carga	Permanente (Muerta)			
Sitio de construcción	Armenia			
Humedad de construcción	CH	0,15		
Temperatura de construcción	T	22	°C	
Luz de diseño	L	1,45	m	
Características sección transversal				
Diámetro exterior	De	0,14	m	
Espesor de pared	t	0,015	m	
Área neta (1 Culmo)	A	0,005890	m ²	
Correlación	L/De	10,35714		
Inercia (1 Culmo)	I	0,0000117	m ⁴	
Coefficientes de modificación				
Duración de carga	CD	0,9		
Contenido de humedad	CM	0,91		
Temperatura	CT	1		

Estabilidad lateral de vigas	CL	1	
Forma	CF	1	
Redistribución de cargas	CR	1	
Estabilidad de columnas	CP	1	
Cortante	CC	0,81	
Características de la sección			
Longitud del apoyo	l	0,12	m
Numero de guaduas	n	1	
Altura de la viga	d	0,14	m
Área total	At	0,005890	m ²
Correlación	De/d	1	
Centroide de la viga	y	0,07	m
Inercia total	IT	0,0000117	m ⁴
Módulo de sección	S	0,0001667	m ³
Módulo de elasticidad	E0,5	9500	MPa
Diseño a axial			
Esfuerzo de corte modificado	F'b	11,9	MPa
Esfuerzo de corte actuante	Fb	0,40	MPa
Relación de esfuerzo		3,33	%

FLEXO-TENSION

Momento	Relación de esfuerzo	0,64881429	%	
Tensión	Relación de esfuerzo	3,32819561	%	
Trabajo a solicitaciones combinadas		3,97700989	%	Cumple

COMPRESION AXIAL

Fuerza axial actuante	C	3,903	KN
Datos iniciales			
Tipo de sollicitación	Compresión paralela	Fc	14 MPa
Duración de la carga	Permanente (Muerta)		
Sitio de construcción	Armenia		
Humedad de construcción	CH	0,15	
Temperatura de construcción	T	22	°C
Luz de diseño	L	1,45	m
Características sección transversal			
Diámetro exterior	De	0,14	m
Espesor de pared	t	0,015	m
Área neta (1 Culmo)	A	0,005890	m ²
Correlación	L/De	10,35714	
Inercia (1 Culmo)	I	0,0000117	m ⁴
Coefficientes de modificación			
Duración de carga	CD	0,9	
Contenido de humedad	CM	0,87	
Temperatura	CT	1	
Estabilidad lateral de vigas	CL	1	

Forma	CF	1	
Redistribución de cargas	CR	1	
Estabilidad de columnas	CP	1	
Cortante	CC	0,81	
Características de la sección			
Longitud del apoyo	l	0,12	m
Numero de guaduas	n	1	
Altura de la viga	d	0,14	m
Área total	At	0,005890	m ²
Correlación	De/d	1	
Centroide de la viga	y	0,07	m
Inercia total	IT	0,0000117	m ⁴
Módulo de sección	S	0,0001667	m ³
Módulo de elasticidad	E0,05	7500	MPa
Diseño axial			
Coefficiente de longitud efectiva	k	1	
Longitud no soportada lateralmente	lu	1,45	
Longitud efectiva	le	1,45	
Radio de giro	r	0,044511	m
Esbeltez	λ	32,57605	Intermedia
Límite de esbeltez intermedia	ck	75	
Esfuerzo de compresión paralela modificado	F ^c	8,9	MPa
Esfuerzo de compresión paralela actuante		0,69	MPa
Relación de esfuerzos		7,72	% Cumple
	Na	0,003903	
	Ncr	0,41088	
	Km	1,014455	

FLEXO-COMPRESION

Momento	Relación de esfuerzo	0,64881429	%	
Compresión	Relación de esfuerzos	7,7199772	%	
	Km	1,01445463		
Trabajo a solicitaciones combinadas		8,48038091	%	Cumple

10.1.22. CERCHA DIAGONAL MEDIANA

SOLICITACIONES

	P	V2	V3	T	M2	M3
	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
Max	1,452	0,021	0	0,0124	0	0,0067
Min	-0,709	-0,021	0	-0,0133	0	-7,8E-18

MOMENTO FLECTOR

Momento flector actuante	M	0,0067	KN.m
--------------------------	---	--------	------

Datos iniciales

Tipo de solicitación	Flexión	Fb	15	MPa
Duración de la carga	Permanente (Muerta)			
Sitio de construcción	Armenia			
Humedad de construcción	CH	0,15		
Temperatura de construcción	T	22	°C	
Luz de diseño	L	1,3	m	
Características sección transversal				
Diámetro exterior	De	0,12	m	
Espesor de pared	t	0,015	m	
Área neta (1 Culmo)	A	0,004948	m ²	
Correlación	L/De	10,83333		
Inercia (1 Culmo)	I	0,0000070	m ⁴	
Coeficientes de modificación				
Duración de carga	CD	0,9		
Contenido de humedad	CM	0,87		
Temperatura	CT	1		
Estabilidad lateral de vigas	CL	1		
Forma	CF	1		
Redistribución de cargas	CR	1		
Estabilidad de columnas	CP	1		
Cortante	CC	0,81		
Características de la sección				
Longitud del apoyo	l	0,12	m	
Numero de guaduas	n	1		
Altura de la viga	d	0,12	m	
Área total	At	0,004948	m ²	
Correlación	De/d	1		
Centroide de la viga	y	0,06	m	
Inercia total	IT	0,0000070	m ⁴	
Módulo de sección	S	0,0001160	m ³	
Módulo de elasticidad	Promedio	E0,5	9500	MPa
Diseño a flexión				
Esfuerzo de flexión modificado	F'b	9,5	MPa	
Esfuerzo de flexión actuante	Fb	0,06	MPa	Cumple
Relación de esfuerzo		0,61	%	

CORTANTE

Fuerza cortante actuante	V	0,021	KN	
Datos iniciales				
Tipo de solicitación	Corte	Fv	1,2	MPa
Duración de la carga	Permanente (Muerta)			
Sitio de construcción	Armenia			
Humedad de construcción	CH	0,15		
Temperatura de construcción	T	22	°C	
Luz de diseño	L	1,3	m	

Características sección transversal

Diámetro exterior	De	0,12	m
Espesor de pared	t	0,015	m
Área neta (1 Culmo)	A	0,004948	m ²
Correlación	L/De	10,83333	
Inercia (1 Culmo)	I	0,0000070	m ⁴
Coeficientes de modificación			
Duración de carga	CD	0,9	
Contenido de humedad	CM	0,91	
Temperatura	CT	1	
Estabilidad lateral de vigas	CL	1	
Forma	CF	1	
Redistribución de cargas	CR	1	
Estabilidad de columnas	CP	1	
Cortante	CC	0,81	

Características de la sección

Longitud del apoyo	l	0,12	m
Numero de guaduas	n	1	
Altura de la viga	d	0,12	m
Área total	At	0,004948	m ²
Correlación	De/d	1	
Centroide de la viga	y	0,06	m
Inercia total	IT	0,0000070	m ⁴
Módulo de sección	S	0,0001160	m ³
Módulo de elasticidad	Promedio E0,5	9500	MPa
Diseño a flexión			
Esfuerzo de corte modificado	F'b	0,8	MPa
Esfuerzo de corte actuante	Fb	0,01	MPa
Relación de esfuerzo		1,17	%

Cumple

TRACCION AXIAL

Fuerza axial actuante	T	1,452	KN
Datos iniciales			
Tipo de sollicitación	Tracción	Ft	18 MPa
Duración de la carga	Permanente (Muerta)		
Sitio de construcción	Armenia		
Humedad de construcción	CH	0,15	
Temperatura de construcción	T	22	°C
Luz de diseño	L	1,3	m
Características sección transversal			
Diámetro exterior	De	0,14	m
Espesor de pared	t	0,015	m
Área neta (1 Culmo)	A	0,005890	m ²
Correlación	L/De	9,285714	
Inercia (1 Culmo)	I	0,0000117	m ⁴
Coeficientes de modificación			
Duración de carga	CD	0,9	

Contenido de humedad	CM	0,91	
Temperatura	CT	1	
Estabilidad lateral de vigas	CL	1	
Forma	CF	1	
Redistribución de cargas	CR	1	
Estabilidad de columnas	CP	1	
Cortante	CC	0,81	
Características de la sección			
Longitud del apoyo	l	0,12	m
Numero de guadas	n	1	
Altura de la viga	d	0,14	m
Área total	At	0,005890	m ²
Correlación	De/d	1	
Centroide de la viga	y	0,07	m
Inercia total	IT	0,0000117	m ⁴
Módulo de sección	S	0,0001667	m ³
Módulo de elasticidad	E0,5	9500	MPa
Diseño a axial			
Esfuerzo de corte modificado	F'b	11,9	MPa
Esfuerzo de corte actuante	Fb	0,25	MPa
Relación de esfuerzo		2,06	%

Promedio

Cumple

FLEXO-TENSION

Momento	Relación de esfuerzo	0,60728849	%	
Tensión	Relación de esfuerzo	2,06430586	%	
Trabajo a solicitaciones combinadas		2,67159435	%	Cumple

COMPRESION AXIAL

Fuerza axial actuante	C	0,709	KN
Datos iniciales			
Tipo de sollicitación	Compresión paralela	Fc	14 MPa
Duración de la carga	Permanente (Muerta)		
Sitio de construcción	Armenia		
Humedad de construcción	CH	0,15	
Temperatura de construcción	T	22	°C
Luz de diseño	L	1,3	m
Características sección transversal			
Diámetro exterior	De	0,14	m
Espesor de pared	t	0,015	m
Área neta (1 Culmo)	A	0,005890	m ²
Correlación	L/De	9,285714	
Inercia (1 Culmo)	I	0,0000117	m ⁴
Coeficientes de modificación			
Duración de carga	CD	0,9	
Contenido de humedad	CM	0,87	

Temperatura		CT	1	
Estabilidad lateral de vigas		CL	1	
Forma		CF	1	
Redistribución de cargas		CR	1	
Estabilidad de columnas		CP	1	
Cortante		CC	0,81	
Características de la sección				
Longitud del apoyo		l	0,12	m
Numero de guaduas		n	1	
Altura de la viga		d	0,14	m
Área total		At	0,005890	m ²
Correlación		De/d	1	
Centroide de la viga		y	0,07	m
Inercia total		IT	0,0000117	m ⁴
Módulo de sección		S	0,0001667	m ³
Módulo de elasticidad	Percentil 5	E0,05	7500	MPa
Diseño axial				
Coefficiente de longitud efectiva		k	1	
Longitud no soportada lateralmente		lu	1,3	
Longitud efectiva		le	1,3	
Radio de giro		r	0,044511	m
Esbeltez		λ	29,20611	Corta
Límite de esbeltez intermedia		ck	75	
Esfuerzo de compresión paralela modificado		F'c	8,9	MPa
Esfuerzo de compresión paralela actuante			0,12	MPa
Relación de esfuerzos			1,36	% Cumple
		Na	0,000709	
		Ncr	0,511169	
		Km	1,002085	

FLEXO-COMPRESION

Momento	Relación de esfuerzo	0,60728849	%	
Compresión	Relación de esfuerzos	1,35556477	%	
	Km	1,00208486		
Trabajo a solicitaciones combinadas		1,96567942	%	Cumple

10.1.23. CERCHA DIAGONAL PEQUEÑA

SOLICITACIONES

	P	V2	V3	T	M2	M3
	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
Max	2,505	0,021	0	0,0113	0	0,006
Min	-2,935	-0,021	0	-0,0028	0	-9,5E-18

MOMENTO FLECTOR

Momento flector actuante	M	0,006	KN.m	
Datos iniciales				
Tipo de solicitación	Flexión	Fb	15	MPa
Duración de la carga	Permanente (Muerta)			
Sitio de construcción	Armenia			
Humedad de construcción	CH	0,15		
Temperatura de construcción	T	22		°C
Luz de diseño	L	1,05		m
Características sección transversal				
Diámetro exterior	De	0,12		m
Espesor de pared	t	0,015		m
Área neta (1 Culmo)	A	0,004948		m ²
Correlación	L/De	8,75		
Inercia (1 Culmo)	I	0,0000070		m ⁴
Coefficientes de modificación				
Duración de carga	CD	0,9		
Contenido de humedad	CM	0,87		
Temperatura	CT	1		
Estabilidad lateral de vigas	CL	1		
Forma	CF	1		
Redistribución de cargas	CR	1		
Estabilidad de columnas	CP	1		
Cortante	CC	0,75		
Características de la sección				
Longitud del apoyo	l	0,12		m
Numero de guadas	n	1		
Altura de la viga	d	0,12		m
Área total	At	0,004948		m ²
Correlación	De/d	1		
Centroide de la viga	y	0,06		m
Inercia total	IT	0,0000070		m ⁴
Módulo de sección	S	0,0001160		m ³
Módulo de elasticidad	Promedio	E0,5	9500	MPa
Diseño a flexión				
Esfuerzo de flexión modificado	F'b	8,8		MPa
Esfuerzo de flexión actuante	Fb	0,05		MPa
Relación de esfuerzo		0,59		%

Cumple

CORTANTE

Fuerza cortante actuante	V	0,021	KN
Datos iniciales			
Tipo de solicitación	Corte	Fv	1,2 MPa
Duración de la carga	Permanente (Muerta)		
Sitio de construcción	Armenia		
Humedad de construcción	CH	0,15	
Temperatura de construcción	T	22	°C

Luz de diseño	L	1,05	m	
Características sección transversal				
Diámetro exterior	De	0,12	m	
Espesor de pared	t	0,015	m	
Área neta (1 Culmo)	A	0,004948	m ²	
Correlación	L/De	8,75		
Inercia (1 Culmo)	I	0,0000070	m ⁴	
Coefficientes de modificación				
Duración de carga	CD	0,9		
Contenido de humedad	CM	0,91		
Temperatura	CT	1		
Estabilidad lateral de vigas	CL	1		
Forma	CF	1		
Redistribución de cargas	CR	1		
Estabilidad de columnas	CP	1		
Cortante	CC	0,75		
Características de la sección				
Longitud del apoyo	l	0,12	m	
Numero de guadas	n	1		
Altura de la viga	d	0,12	m	
Área total	At	0,004948	m ²	
Correlación	De/d	1		
Centroide de la viga	y	0,06	m	
Inercia total	IT	0,0000070	m ⁴	
Módulo de sección	S	0,0001160	m ³	
Módulo de elasticidad	Promedio E0,5	9500	MPa	
Diseño a flexión				
Esfuerzo de corte modificado	F'b	0,7	MPa	
Esfuerzo de corte actuante	Fb	0,01	MPa	Cumple
Relación de esfuerzo		1,26	%	

TRACCION AXIAL

Fuerza axial actuante	T	2,505	KN
Datos iniciales			
Tipo de sollicitación	Tracción	Ft	18 MPa
Duración de la carga	Permanente (Muerta)		
Sitio de construcción	Armenia		
Humedad de construcción	CH	0,15	
Temperatura de construcción	T	22	°C
Luz de diseño	L	1,05	m
Características sección transversal			
Diámetro exterior	De	0,14	m
Espesor de pared	t	0,015	m
Área neta (1 Culmo)	A	0,005890	m ²
Correlación	L/De	7,5	
Inercia (1 Culmo)	I	0,0000117	m ⁴
Coefficientes de modificación			

Duración de carga	CD	0,9	
Contenido de humedad	CM	0,91	
Temperatura	CT	1	
Estabilidad lateral de vigas	CL	1	
Forma	CF	1	
Redistribución de cargas	CR	1	
Estabilidad de columnas	CP	1	
Cortante	CC	0,75	
Características de la sección			
Longitud del apoyo	l	0,12	m
Numero de guadas	n	1	
Altura de la viga	d	0,14	m
Área total	At	0,005890	m ²
Correlación	De/d	1	
Centroide de la viga	y	0,07	m
Inercia total	IT	0,0000117	m ⁴
Módulo de sección	S	0,0001667	m ³
Módulo de elasticidad	E0,5	9500	MPa
Diseño a axial			
Esfuerzo de corte modificado	F'b	11,1	MPa
Esfuerzo de corte actuante	Fb	0,43	MPa
Relación de esfuerzo		3,85	%

FLEXO-TENSION

Momento	Relación de esfuerzo	0,58734767	%	
Tensión	Relación de esfuerzo	3,84626245	%	
Trabajo a solicitaciones combinadas		4,43361012	%	Cumple

COMPRESION AXIAL

Fuerza axial actuante	C	2,935	KN
Datos iniciales			
Tipo de sollicitación	Compresión paralela	Fc	14 MPa
Duración de la carga	Permanente (Muerta)		
Sitio de construcción	Armenia		
Humedad de construcción	CH	0,15	
Temperatura de construcción	T	22	°C
Luz de diseño	L	1,05	m
Características sección transversal			
Diámetro exterior	De	0,14	m
Espesor de pared	t	0,015	m
Área neta (1 Culmo)	A	0,005890	m ²
Correlación	L/De	7,5	
Inercia (1 Culmo)	I	0,0000117	m ⁴
Coeficientes de modificación			
Duración de carga	CD	0,9	

Contenido de humedad	CM	0,87	
Temperatura	CT	1	
Estabilidad lateral de vigas	CL	1	
Forma	CF	1	
Redistribución de cargas	CR	1	
Estabilidad de columnas	CP	1	
Cortante	CC	0,75	
Características de la sección			
Longitud del apoyo	l	0,12	m
Numero de guadas	n	1	
Altura de la viga	d	0,14	m
Área total	At	0,005890	m ²
Correlación	De/d	1	
Centroide de la viga	y	0,07	m
Inercia total	IT	0,0000117	m ⁴
Módulo de sección	S	0,0001667	m ³
Módulo de elasticidad	Percentil 5	E0,05	7500 MPa
Diseño axial			
Coeficiente de longitud efectiva	k	1	
Longitud no soportada lateralmente	lu	1,05	
Longitud efectiva	le	1,05	
Radio de giro	r	0,044511	m
Esbeltez	λ	23,58955	Corta
Límite de esbeltez intermedia	ck	77	
Esfuerzo de compresión paralela modificado	F'c	8,2	MPa
Esfuerzo de compresión paralela actuante		0,50	MPa
Relación de esfuerzos		6,06	% Cumple
	Na	0,002935	
	Ncr	0,783561	
	Km	1,00565	

FLEXO-COMPRESION

Momento	Relación de esfuerzo	0,58734767	%	
Compresión	Relación de esfuerzos	6,06046433	%	
	Km	1,00565033		
Trabajo a solicitaciones combinadas		6,6820556	%	Cumple

10.1.24. CERCHA COLUMNA 1

SOLICITACIONES

	P	V2	V3	T	M2	M3
	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
Max	0,759	0	0	0,0094	0	0
Min	-0,305	0	0	-0,009	0	0

TRACCION AXIAL

Fuerza axial actuante	T	0,759	KN	
Datos iniciales				
Tipo de sollicitación	Tracción	Ft	18	MPa
Duración de la carga		Permanente (Muerta)		
Sitio de construcción		Armenia		
Humedad de construcción	CH	0,15		
Temperatura de construcción	T	22	°C	
Luz de diseño	L	1,1	m	
Características sección transversal				
Diámetro exterior	De	0,14	m	
Espesor de pared	t	0,015	m	
Área neta (1 Culmo)	A	0,005890	m ²	
Correlación	L/De	7,857143		
Inercia (1 Culmo)	I	0,0000117	m ⁴	
Coeficientes de modificación				
Duración de carga	CD	0,9		
Contenido de humedad	CM	0,91		
Temperatura	CT	1		
Estabilidad lateral de vigas	CL	1		
Forma	CF	1		
Redistribución de cargas	CR	1		
Estabilidad de columnas	CP	1		
Cortante	CC	0,75		
Características de la sección				
Longitud del apoyo	l	0,12	m	
Numero de guaduas	n	1		
Altura de la viga	d	0,14	m	
Área total	At	0,005890	m ²	
Correlación	De/d	1		
Centroide de la viga	y	0,07	m	
Inercia total	IT	0,0000117	m ⁴	
Módulo de sección	S	0,0001667	m ³	
Módulo de elasticidad	E0,5	9500	MPa	
Diseño a axial				
Esfuerzo de corte modificado	F'b	11,1	MPa	
Esfuerzo de corte actuante	Fb	0,13	MPa	Cumple
Relación de esfuerzo		1,17	%	

COMPRESION AXIAL

Fuerza axial actuante	C	0,305	KN	
Datos iniciales				
Tipo de sollicitación	Compresión paralela	Fc	14	MPa
Duración de la carga		Permanente (Muerta)		
Sitio de construcción		Armenia		
Humedad de construcción	CH	0,15		

Temperatura de construcción	T	22	°C
Luz de diseño	L	1,1	m
Características sección transversal			
Diámetro exterior	De	0,14	m
Espesor de pared	t	0,015	m
Área neta (1 Culmo)	A	0,005890	m ²
Correlación	L/De	7,857143	
Inercia (1 Culmo)	I	0,0000117	m ⁴
Coefficientes de modificación			
Duración de carga	CD	0,9	
Contenido de humedad	CM	0,87	
Temperatura	CT	1	
Estabilidad lateral de vigas	CL	1	
Forma	CF	1	
Redistribución de cargas	CR	1	
Estabilidad de columnas	CP	1	
Cortante	CC	0,75	
Características de la sección			
Longitud del apoyo	l	0,12	m
Numero de guadas	n	1	
Altura de la viga	d	0,14	m
Área total	At	0,005890	m ²
Correlación	De/d	1	
Centroide de la viga	y	0,07	m
Inercia total	IT	0,0000117	m ⁴
Módulo de sección	S	0,0001667	m ³
Módulo de elasticidad	E0,05	7500	MPa
Diseño axial			
Coefficiente de longitud efectiva	k	1	
Longitud no soportada lateralmente	lu	1,1	
Longitud efectiva	le	1,1	
Radio de giro	r	0,044511	m
Esbeltez	λ	24,71286	
Límite de esbeltez intermedia	ck	77	
Esfuerzo de compresión paralela modificado	F'c	8,2	MPa
Esfuerzo de compresión paralela actuante		0,05	MPa
Relación de esfuerzos		0,63	%
	Na	0,000305	
	Ncr	0,713947	
	Km	1,000641	

Corta

Cumple

10.1.25. CERCHA COLUMNA 2

SOLICITACIONES

	P	V2	V3	T	M2	M3
	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
Max	0,409	0	0	0,0276	0	0

Min -1,224 0 0 0,0037 0 0

TRACCION AXIAL

Fuerza axial actuante		T	0,409	KN	
Datos iniciales					
Tipo de sollicitación	Tracción	Ft	18	MPa	
Duración de la carga	Permanente (Muerta)				
Sitio de construcción	Armenia				
Humedad de construcción		CH	0,15		
Temperatura de construcción		T	22	°C	
Luz de diseño		L	1	m	
Características sección transversal					
Diámetro exterior		De	0,14	m	
Espesor de pared		t	0,015	m	
Área neta (1 Culmo)		A	0,005890	m ²	
Correlación		L/De	7,142857		
Inercia (1 Culmo)		I	0,0000117	m ⁴	
Coefficientes de modificación					
Duración de carga		CD	0,9		
Contenido de humedad		CM	0,91		
Temperatura		CT	1		
Estabilidad lateral de vigas		CL	1		
Forma		CF	1		
Redistribución de cargas		CR	1		
Estabilidad de columnas		CP	1		
Cortante		CC	0,75		
Características de la sección					
Longitud del apoyo		l	0,12	m	
Numero de guaduas		n	1		
Altura de la viga		d	0,14	m	
Área total		At	0,005890	m ²	
Correlación		De/d	1		
Centroide de la viga		y	0,07	m	
Inercia total		IT	0,0000117	m ⁴	
Módulo de sección		S	0,0001667	m ³	
Módulo de elasticidad	Promedio	E0,5	9500	MPa	
Diseño a axial					
Esfuerzo de corte modificado		F'b	11,1	MPa	
Esfuerzo de corte actuante		Fb	0,07	MPa	Cumple
Relación de esfuerzo			0,63	%	

COMPRESION AXIAL

Fuerza axial actuante		C	1,224	KN
Datos iniciales				
Tipo de sollicitación	Compresión paralela	Fc	14	MPa

Duración de la carga	Permanente (Muerta)		
Sitio de construcción	Armenia		
Humedad de construcción	CH	0,15	
Temperatura de construcción	T	22	°C
Luz de diseño	L	1	m
Características sección transversal			
Diámetro exterior	De	0,14	m
Espesor de pared	t	0,015	m
Área neta (1 Culmo)	A	0,005890	m ²
Correlación	L/De	7,142857	
Inercia (1 Culmo)	I	0,0000117	m ⁴
Coeficientes de modificación			
Duración de carga	CD	0,9	
Contenido de humedad	CM	0,87	
Temperatura	CT	1	
Estabilidad lateral de vigas	CL	1	
Forma	CF	1	
Redistribución de cargas	CR	1	
Estabilidad de columnas	CP	1	
Cortante	CC	0,75	
Características de la sección			
Longitud del apoyo	l	0,12	m
Numero de guaduas	n	1	
Altura de la viga	d	0,14	m
Área total	At	0,005890	m ²
Correlación	De/d	1	
Centroide de la viga	y	0,07	m
Inercia total	IT	0,0000117	m ⁴
Módulo de sección	S	0,0001667	m ³
Módulo de elasticidad	E0,05	7500	MPa
Diseño axial			
Coeficiente de longitud efectiva	k	1	
Longitud no soportada lateralmente	lu	1	
Longitud efectiva	le	1	
Radio de giro	r	0,044511	m
Esbeltez	λ	22,46624	Corta
Límite de esbeltez intermedia	ck	77	
Esfuerzo de compresión paralela modificado	F'c	8,2	MPa
Esfuerzo de compresión paralela actuante		0,21	MPa
Relación de esfuerzos		2,53	% Cumple
	Na	0,001224	
	Ncr	0,863876	
	Km	1,00213	

10.1.26. CERCHA COLUMNA 3

SOLICITACIONES

P	V2	V3	T	M2	M3
---	----	----	---	----	----

	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
Max	0,587	0	0	0,0056	0	0
Min	-0,631	0	0	-0,0293	0	0

TRACCION AXIAL

Fuerza axial actuante	T	0,587	KN
Datos iniciales			
Tipo de sollicitación	Tracción	Ft	18 MPa
Duración de la carga		Permanente (Muerta)	
Sitio de construcción		Armenia	
Humedad de construcción	CH	0,15	
Temperatura de construcción	T	22	°C
Luz de diseño	L	0,9	m
Características sección transversal			
Diámetro exterior	De	0,14	m
Espesor de pared	t	0,015	m
Área neta (1 Culmo)	A	0,005890	m ²
Correlación	L/De	6,428571	
Inercia (1 Culmo)	I	0,0000117	m ⁴
Coefficientes de modificación			
Duración de carga	CD	0,9	
Contenido de humedad	CM	0,91	
Temperatura	CT	1	
Estabilidad lateral de vigas	CL	1	
Forma	CF	1	
Redistribución de cargas	CR	1	
Estabilidad de columnas	CP	1	
Cortante	CC	0,7	
Características de la sección			
Longitud del apoyo	l	0,12	m
Numero de guaduas	n	1	
Altura de la viga	d	0,14	m
Área total	At	0,005890	m ²
Correlación	De/d	1	
Centroide de la viga	y	0,07	m
Inercia total	IT	0,0000117	m ⁴
Módulo de sección	S	0,0001667	m ³
Módulo de elasticidad	E0,5	9500	MPa
Diseño a axial			
Esfuerzo de corte modificado	F'b	10,3	MPa
Esfuerzo de corte actuante	Fb	0,10	MPa
Relación de esfuerzo		0,97	%

COMPRESION AXIAL

Fuerza axial actuante	C	0,631	KN	
Datos iniciales				
Tipo de solicitación	Compresión paralela	Fc	14	MPa
Duración de la carga	Permanente (Muerta)			
Sitio de construcción	Armenia			
Humedad de construcción	CH	0,15		
Temperatura de construcción	T	22	°C	
Luz de diseño	L	0,9	m	
Características sección transversal				
Diámetro exterior	De	0,14	m	
Espesor de pared	t	0,015	m	
Área neta (1 Culmo)	A	0,005890	m ²	
Correlación	L/De	6,428571		
Inercia (1 Culmo)	I	0,0000117	m ⁴	
Coefficientes de modificación				
Duración de carga	CD	0,9		
Contenido de humedad	CM	0,87		
Temperatura	CT	1		
Estabilidad lateral de vigas	CL	1		
Forma	CF	1		
Redistribución de cargas	CR	1		
Estabilidad de columnas	CP	1		
Cortante	CC	0,7		
Características de la sección				
Longitud del apoyo	l	0,12	m	
Numero de guaduas	n	1		
Altura de la viga	d	0,14	m	
Área total	At	0,005890	m ²	
Correlación	De/d	1		
Centroide de la viga	y	0,07	m	
Inercia total	IT	0,0000117	m ⁴	
Módulo de sección	S	0,0001667	m ³	
Módulo de elasticidad	Percentil 5	E0,05	7500	MPa
Diseño axial				
Coefficiente de longitud efectiva	k	1		
Longitud no soportada lateralmente	lu	0,9		
Longitud efectiva	le	0,9		
Radio de giro	r	0,044511	m	
Esbeltez	λ	20,21961		Corta
Límite de esbeltez intermedia	ck	80		
Esfuerzo de compresión paralela modificado	F'c	7,7	MPa	
Esfuerzo de compresión paralela actuante		0,11	MPa	
Relación de esfuerzos		1,40	%	Cumple
	Na	0,000631		
	Ncr	1,066514		
	Km	1,000888		

10.1.27. CERCHA COLUMNA 4

SOLICITACIONES

	P	V2	V3	T	M2	M3
	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
Max	0,595	0	0	0,0128	0	0
Min	-5,065	0	0	-0,0125	0	0

TRACCION AXIAL

Fuerza axial actuante	T	0,595	KN
Datos iniciales			
Tipo de solicitación	Tracción	Ft	18 MPa
Duración de la carga		Permanente (Muerta)	
Sitio de construcción		Armenia	
Humedad de construcción	CH	0,15	
Temperatura de construcción	T	22	°C
Luz de diseño	L	0,7	m
Características sección transversal			
Diámetro exterior	De	0,14	m
Espesor de pared	t	0,015	m
Área neta (1 Culmo)	A	0,005890	m ²
Correlación	L/De	5	
Inercia (1 Culmo)	I	0,0000117	m ⁴
Coefficientes de modificación			
Duración de carga	CD	0,9	
Contenido de humedad	CM	0,91	
Temperatura	CT	1	
Estabilidad lateral de vigas	CL	1	
Forma	CF	1	
Redistribución de cargas	CR	1	
Estabilidad de columnas	CP	1	
Cortante	CC	0,7	
Características de la sección			
Longitud del apoyo	l	0,12	m
Numero de guadas	n	1	
Altura de la viga	d	0,14	m
Área total	At	0,005890	m ²
Correlación	De/d	1	
Centroide de la viga	y	0,07	m
Inercia total	IT	0,0000117	m ⁴
Módulo de sección	S	0,0001667	m ³
Módulo de elasticidad	E0,5	9500	MPa
Diseño a axial			
Esfuerzo de corte modificado	F'b	10,3	MPa
Esfuerzo de corte actuante	Fb	0,10	MPa
			Cumple

Relación de esfuerzo

0,98 %

COMPRESION AXIAL

Fuerza axial actuante	C	5,065	KN	
Datos iniciales				
Tipo de solicitación	Compresión paralela	Fc	14	MPa
Duración de la carga	Permanente (Muerta)			
Sitio de construcción	Armenia			
Humedad de construcción	CH	0,15		
Temperatura de construcción	T	22	°C	
Luz de diseño	L	0,7	m	
Características sección transversal				
Diámetro exterior	De	0,14	m	
Espesor de pared	t	0,015	m	
Área neta (1 Culmo)	A	0,005890	m ²	
Correlación	L/De	5		
Inercia (1 Culmo)	I	0,0000117	m ⁴	
Coeficientes de modificación				
Duración de carga	CD	0,9		
Contenido de humedad	CM	0,87		
Temperatura	CT	1		
Estabilidad lateral de vigas	CL	1		
Forma	CF	1		
Redistribución de cargas	CR	1		
Estabilidad de columnas	CP	1		
Cortante	CC	0,7		
Características de la sección				
Longitud del apoyo	l	0,12	m	
Numero de guaduas	n	1		
Altura de la viga	d	0,14	m	
Área total	At	0,005890	m ²	
Correlación	De/d	1		
Centroide de la viga	y	0,07	m	
Inercia total	IT	0,0000117	m ⁴	
Módulo de sección	S	0,0001667	m ³	
Módulo de elasticidad	Percentil 5	E0,05	7500	MPa
Diseño axial				
Coeficiente de longitud efectiva	k	1		
Longitud no soportada lateralmente	lu	0,7		
Longitud efectiva	le	0,7		
Radio de giro	r	0,044511	m	
Esbeltez	λ	15,72637		Corta
Límite de esbeltez intermedia	ck	80		
Esfuerzo de compresión paralela modificado	F'c	7,7	MPa	
Esfuerzo de compresión paralela actuante		0,86	MPa	
Relación de esfuerzos		11,21	%	Cumple
	Na	0,005065		

Ncr 1,763012
 Km 1,004328

10.1.28. CERCHA COLUMNA 5

SOLICITACIONES

	P	V2	V3	T	M2	M3
	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
Max	0,474	0	0	0,0385	0	0
Min	-0,439	0	0	-0,0158	0	0

TRACCION AXIAL

Fuerza axial actuante	T	0,474	KN
Datos iniciales			
Tipo de solicitación	Tracción	Ft	18 MPa
Duración de la carga		Permanente (Muerta)	
Sitio de construcción		Armenia	
Humedad de construcción	CH	0,15	
Temperatura de construcción	T	22	°C
Luz de diseño	L	0,6	m
Características sección transversal			
Diámetro exterior	De	0,14	m
Espesor de pared	t	0,015	m
Área neta (1 Culmo)	A	0,005890	m ²
Correlación	L/De	4,285714	
Inercia (1 Culmo)	I	0,0000117	m ⁴
Coeficientes de modificación			
Duración de carga	CD	0,9	
Contenido de humedad	CM	0,91	
Temperatura	CT	1	
Estabilidad lateral de vigas	CL	1	
Forma	CF	1	
Redistribución de cargas	CR	1	
Estabilidad de columnas	CP	1	
Cortante	CC	0,7	
Características de la sección			
Longitud del apoyo	l	0,12	m
Numero de guadas	n	1	
Altura de la viga	d	0,14	m
Área total	At	0,005890	m ²
Correlación	De/d	1	
Centroide de la viga	y	0,07	m
Inercia total	IT	0,0000117	m ⁴
Módulo de sección	S	0,0001667	m ³
Módulo de elasticidad	E0,5	9500	MPa
Diseño a axial		Promedio	

Esfuerzo de corte modificado	F'b	10,3	MPa	
Esfuerzo de corte actuante	Fb	0,08	MPa	Cumple
Relación de esfuerzo		0,78	%	

COMPRESION AXIAL

Fuerza axial actuante	C	0,439	KN	
Datos iniciales				
Tipo de solicitación	Compresión paralela	Fc	14	MPa
Duración de la carga	Permanente (Muerta)			
Sitio de construcción	Armenia			
Humedad de construcción	CH	0,15		
Temperatura de construcción	T	22	°C	
Luz de diseño	L	0,6	m	
Características sección transversal				
Diámetro exterior	De	0,14	m	
Espesor de pared	t	0,015	m	
Área neta (1 Culmo)	A	0,005890	m ²	
Correlación	L/De	4,285714		
Inercia (1 Culmo)	I	0,0000117	m ⁴	
Coefficientes de modificación				
Duración de carga	CD	0,9		
Contenido de humedad	CM	0,87		
Temperatura	CT	1		
Estabilidad lateral de vigas	CL	1		
Forma	CF	1		
Redistribución de cargas	CR	1		
Estabilidad de columnas	CP	1		
Cortante	CC	0,7		
Características de la sección				
Longitud del apoyo	l	0,12	m	
Numero de guaduas	n	1		
Altura de la viga	d	0,14	m	
Área total	At	0,005890	m ²	
Correlación	De/d	1		
Centroide de la viga	y	0,07	m	
Inercia total	IT	0,0000117	m ⁴	
Módulo de sección	S	0,0001667	m ³	
Módulo de elasticidad	E0,05	7500	MPa	Percentil 5
Diseño axial				
Coefficiente de longitud efectiva	k	1		
Longitud no soportada lateralmente	lu	0,6		
Longitud efectiva	le	0,6		
Radio de giro	r	0,044511	m	
Esbeltez	λ	13,47974		Corta
Límite de esbeltez intermedia	ck	80		
Esfuerzo de compresión paralela modificado	F'c	7,7	MPa	
Esfuerzo de compresión paralela actuante		0,07	MPa	

Relación de esfuerzos

0,97 %
 Na 0,000439
 Ncr 2,399656
 Km 1,000274

Cumple

10.1.29. CERCHA COLUMNA 6

SOLICITACIONES

	P	V2	V3	T	M2	M3
	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
Max	-0,26	0	0	0,0307	0	0
Min	-2,337	0	0	-0,0623	0	0

COMPRESION AXIAL

Fuerza axial actuante	C	2,337	KN
Datos iniciales			
Tipo de sollicitación	Compresión paralela	Fc	14 MPa
Duración de la carga	Permanente (Muerta)		
Sitio de construcción	Armenia		
Humedad de construcción	CH	0,15	
Temperatura de construcción	T	22	°C
Luz de diseño	L	0,5	m
Características sección transversal			
Diámetro exterior	De	0,14	m
Espesor de pared	t	0,015	m
Área neta (1 Culmo)	A	0,005890	m ²
Correlación	L/De	3,571429	
Inercia (1 Culmo)	I	0,000011	m ⁴
		7	
Coeficientes de modificación			
Duración de carga	CD	0,9	
Contenido de humedad	CM	0,87	
Temperatura	CT	1	
Estabilidad lateral de vigas	CL	1	
Forma	CF	1	
Redistribución de cargas	CR	1	
Estabilidad de columnas	CP	1	
Cortante	CC	0,7	
Características de la sección			
Longitud del apoyo	l	0,12	m
Numero de guaduas	n	1	
Altura de la viga	d	0,14	m
Área total	At	0,005890	m ²
Correlación	De/d	1	
Centroide de la viga	y	0,07	m

Inercia total	IT	0,0000117	m4
Módulo de sección	S	0,0001667	m3
Módulo de elasticidad	E0,05	7500	MPa
Diseño axial			
Coeficiente de longitud efectiva	k	1	
Longitud no soportada lateralmente	lu	0,5	
Longitud efectiva	le	0,5	
Radio de giro	r	0,044511	m
Esbeltez	λ	11,23312	Corta
Límite de esbeltez intermedia	ck	80	
Esfuerzo de compresión paralela modificado	F'c	7,7	MPa
Esfuerzo de compresión paralela actuante		0,40	MPa
Relación de esfuerzos		5,17	% Cumple
	Na	0,002337	
	Ncr	3,455504	
	Km	1,001015	

10.1.30. CERCHA COLUMNA 7

SOLICITACIONES

	P	V2	V3	T	M2	M3
	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
Max	-0,188	0	0	0,0017	0	0
Min	-3,064	0	0	-0,0036	0	0

COMPRESION AXIAL

Fuerza axial actuante	C	3,067	KN
Datos iniciales			
Tipo de sollicitación	Compresión paralela	Fc	14 MPa
Duración de la carga	Permanente (Muerta)		
Sitio de construcción	Armenia		
Humedad de construcción	CH	0,15	
Temperatura de construcción	T	22	°C
Luz de diseño	L	0,35	m
Características sección transversal			
Diámetro exterior	De	0,14	m
Espesor de pared	t	0,015	m
Área neta (1 Culmo)	A	0,005890	m2
Correlación	L/De	2,5	
Inercia (1 Culmo)	I	0,0000117	m4
Coeficientes de modificación			
Duración de carga	CD	0,9	
Contenido de humedad	CM	0,87	

Temperatura		CT	1	
Estabilidad lateral de vigas		CL	1	
Forma		CF	1	
Redistribución de cargas		CR	1	
Estabilidad de columnas		CP	1	
Cortante		CC	0,7	
Características de la sección				
Longitud del apoyo		l	0,12	m
Numero de guaduas		n	1	
Altura de la viga		d	0,14	m
Área total		At	0,005890	m ²
Correlación		De/d	1	
Centroide de la viga		y	0,07	m
Inercia total		IT	0,0000117	m ⁴
Módulo de sección		S	0,0001667	m ³
Módulo de elasticidad	Percentil 5	E _{0,05}	7500	MPa
Diseño axial				
Coefficiente de longitud efectiva		k	1	
Longitud no soportada lateralmente		lu	0,35	
Longitud efectiva		le	0,35	
Radio de giro		r	0,044511	m
Esbeltez		λ	7,863183	Corta
Límite de esbeltez intermedia		ck	80	
Esfuerzo de compresión paralela modificado		F' _c	7,7	MPa
Esfuerzo de compresión paralela actuante			0,52	MPa
Relación de esfuerzos			6,79	% Cumple
		Na	0,003067	
		Ncr	7,052049	
		Km	1,000653	

10.1.31. CERCHA COLUMNA 8

SOLICITACIONES

	P	V2	V3	T	M2	M3
	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
Max	0,288	0	0	0,0528	0	0
Min	-3,882	0	0	-0,0702	0	0

TRACCION AXIAL

Fuerza axial actuante		T	0,288	KN
Datos iniciales				
Tipo de sollicitación	Tracción	Ft	18	MPa
Duración de la carga	Permanente (Muerta)			

Sitio de construcción	Armenia		
Humedad de construcción	CH	0,15	
Temperatura de construcción	T	22	°C
Luz de diseño	L	0,2	m
Características sección transversal			
Diámetro exterior	De	0,14	m
Espesor de pared	t	0,015	m
Área neta (1 Culmo)	A	0,005890	m ²
Correlación	L/De	1,428571	
Inercia (1 Culmo)	I	0,0000117	m ⁴
Coefficientes de modificación			
Duración de carga	CD	0,9	
Contenido de humedad	CM	0,91	
Temperatura	CT	1	
Estabilidad lateral de vigas	CL	1	
Forma	CF	1	
Redistribución de cargas	CR	1	
Estabilidad de columnas	CP	1	
Cortante	CC	0,7	
Características de la sección			
Longitud del apoyo	l	0,12	m
Numero de guadas	n	1	
Altura de la viga	d	0,14	m
Área total	At	0,005890	m ²
Correlación	De/d	1	
Centroide de la viga	y	0,07	m
Inercia total	IT	0,0000117	m ⁴
Módulo de sección	S	0,0001667	m ³
Módulo de elasticidad	Promedio	E0,5	9500 MPa
Diseño a axial			
Esfuerzo de corte modificado	F'b	10,3	MPa
Esfuerzo de corte actuante	Fb	0,05	MPa
Relación de esfuerzo		0,47	%
			Cumple

COMPRESION AXIAL

Fuerza axial actuante	C	3,882	KN
Datos iniciales			
Tipo de sollicitación	Compresión paralela	Fc	14 MPa
Duración de la carga	Permanente (Muerta)		
Sitio de construcción	Armenia		
Humedad de construcción	CH	0,15	
Temperatura de construcción	T	22	°C
Luz de diseño	L	0,2	m
Características sección transversal			
Diámetro exterior	De	0,14	m
Espesor de pared	t	0,015	m
Área neta (1 Culmo)	A	0,005890	m ²

Correlación	L/De	1,428571	
Inercia (1 Culmo)	I	0,0000117	m4
Coeficientes de modificación			
Duración de carga	CD	0,9	
Contenido de humedad	CM	0,87	
Temperatura	CT	1	
Estabilidad lateral de vigas	CL	1	
Forma	CF	1	
Redistribución de cargas	CR	1	
Estabilidad de columnas	CP	1	
Cortante	CC	0,7	
Características de la sección			
Longitud del apoyo	l	0,12	m
Numero de guadas	n	1	
Altura de la viga	d	0,14	m
Área total	At	0,005890	m2
Correlación	De/d	1	
Centroide de la viga	y	0,07	m
Inercia total	IT	0,0000117	m4
Módulo de sección	S	0,0001667	m3
Módulo de elasticidad	E0,05	7500	MPa
Diseño axial			
Coefficiente de longitud efectiva	k	1	
Longitud no soportada lateralmente	lu	0,2	
Longitud efectiva	le	0,2	
Radio de giro	r	0,044511	m
Esbeltez	λ	4,493248	Corta
Límite de esbeltez intermedia	ck	80	
Esfuerzo de compresión paralela modificado	F'c	7,7	MPa
Esfuerzo de compresión paralela actuante		0,66	MPa
Relación de esfuerzos		8,59	% Cumple
	Na	0,003882	
	Ncr	21,5969	
	Km	1,00027	

10.1.32. CERCHA 3 DIAGONALES

SOLICITACIONES

	P	V2	V3	T	M2	M3
	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
Max	1,666	0,021	0	0,0318	0	0,0067
Min	-2,46	-0,021	0	-0,0319	0	-7,806E-18

MOMENTO FLECTOR

Momento flector actuante M 0,0067 KN.m

Datos iniciales					
Tipo de solicitación	Flexión	Fb	15	MPa	
Duración de la carga	Permanente (Muerta)				
Sitio de construcción	Armenia				
Humedad de construcción	CH		0,15		
Temperatura de construcción	T		22	°C	
Luz de diseño	L		1,3	m	
Características sección transversal					
Diámetro exterior	De		0,12	m	
Espesor de pared	t		0,015	m	
Área neta (1 Culmo)	A		0,004948	m ²	
Correlación	L/De		10,83333		
Inercia (1 Culmo)	I		0,0000070	m ⁴	
Coefficientes de modificación					
Duración de carga	CD		0,9		
Contenido de humedad	CM		0,87		
Temperatura	CT		1		
Estabilidad lateral de vigas	CL		1		
Forma	CF		1		
Redistribución de cargas	CR		1		
Estabilidad de columnas	CP		1		
Cortante	CC		0,81		
Características de la sección					
Longitud del apoyo	l		0,12	m	
Numero de guaduas	n		1		
Altura de la viga	d		0,12	m	
Área total	At		0,004948	m ²	
Correlación	De/d		1		
Centroide de la viga	y		0,06	m	
Inercia total	IT		0,0000070	m ⁴	
Módulo de sección	S		0,0001160	m ³	
Módulo de elasticidad	Promedio	E0,5	9500	MPa	
Diseño a flexión					
Esfuerzo de flexión modificado	F'b		9,5	MPa	
Esfuerzo de flexión actuante	Fb		0,06	MPa	Cumple
Relación de esfuerzo			0,61	%	

CORTANTE

Fuerza cortante actuante	V		0,021	KN	
Datos iniciales					
Tipo de solicitación	Corte	Fv	1,2	MPa	
Duración de la carga	Permanente (Muerta)				
Sitio de construcción	Armenia				
Humedad de construcción	CH		0,15		
Temperatura de construcción	T		22	°C	
Luz de diseño	L		1,3	m	

Características sección transversal

Diámetro exterior	De	0,12	m
Espesor de pared	t	0,015	m
Área neta (1 Culmo)	A	0,004948	m ²
Correlación	L/De	10,83333	
Inercia (1 Culmo)	I	0,0000070	m ⁴
Coeficientes de modificación			
Duración de carga	CD	0,9	
Contenido de humedad	CM	0,91	
Temperatura	CT	1	
Estabilidad lateral de vigas	CL	1	
Forma	CF	1	
Redistribución de cargas	CR	1	
Estabilidad de columnas	CP	1	
Cortante	CC	0,81	

Características de la sección

Longitud del apoyo	l	0,12	m
Numero de guaduas	n	1	
Altura de la viga	d	0,12	m
Área total	At	0,004948	m ²
Correlación	De/d	1	
Centroide de la viga	y	0,06	m
Inercia total	IT	0,0000070	m ⁴
Módulo de sección	S	0,0001160	m ³
Módulo de elasticidad	Promedio E0,5	9500	MPa
Diseño a flexión			
Esfuerzo de corte modificado	F'b	0,8	MPa
Esfuerzo de corte actuante	Fb	0,01	MPa
Relación de esfuerzo		1,17	%

Cumple

TRACCION AXIAL

Fuerza axial actuante	T	1,666	KN
Datos iniciales			
Tipo de sollicitación	Tracción	Ft	18 MPa
Duración de la carga	Permanente (Muerta)		
Sitio de construcción	Armenia		
Humedad de construcción	CH	0,15	
Temperatura de construcción	T	22	°C
Luz de diseño	L	1,3	m
Características sección transversal			
Diámetro exterior	De	0,14	m
Espesor de pared	t	0,015	m
Área neta (1 Culmo)	A	0,005890	m ²
Correlación	L/De	9,285714	
Inercia (1 Culmo)	I	0,0000117	m ⁴
Coeficientes de modificación			
Duración de carga	CD	0,9	

Contenido de humedad	CM	0,91	
Temperatura	CT	1	
Estabilidad lateral de vigas	CL	1	
Forma	CF	1	
Redistribución de cargas	CR	1	
Estabilidad de columnas	CP	1	
Cortante	CC	0,81	
Características de la sección			
Longitud del apoyo	l	0,12	m
Numero de guadas	n	1	
Altura de la viga	d	0,14	m
Área total	At	0,005890	m ²
Correlación	De/d	1	
Centroide de la viga	y	0,07	m
Inercia total	IT	0,0000117	m ⁴
Módulo de sección	S	0,0001667	m ³
Módulo de elasticidad	E0,5	9500	MPa
Diseño a axial			
Esfuerzo de corte modificado	F'b	11,9	MPa
Esfuerzo de corte actuante	Fb	0,28	MPa
Relación de esfuerzo		2,37	%

FLEXO-TENSION

Momento	Relación de esfuerzo	0,60728849	%	
Tensión	Relación de esfuerzo	2,36854929	%	
Trabajo a solicitaciones combinadas		2,97583777	%	Cumple

COMPRESION AXIAL

Fuerza axial actuante	C	2,46	KN
Datos iniciales			
Tipo de sollicitación	Compresión paralela	Fc	14 MPa
Duración de la carga	Permanente (Muerta)		
Sitio de construcción	Armenia		
Humedad de construcción	CH	0,15	
Temperatura de construcción	T	22	°C
Luz de diseño	L	1,3	m
Características sección transversal			
Diámetro exterior	De	0,14	m
Espesor de pared	t	0,015	m
Área neta (1 Culmo)	A	0,005890	m ²
Correlación	L/De	9,285714	
Inercia (1 Culmo)	I	0,0000117	m ⁴
Coeficientes de modificación			
Duración de carga	CD	0,9	
Contenido de humedad	CM	0,87	

Temperatura	CT	1	
Estabilidad lateral de vigas	CL	1	
Forma	CF	1	
Redistribución de cargas	CR	1	
Estabilidad de columnas	CP	1	
Cortante	CC	0,81	
Características de la sección			
Longitud del apoyo	l	0,12	m
Numero de guaduas	n	1	
Altura de la viga	d	0,14	m
Área total	At	0,005890	m ²
Correlación	De/d	1	
Centroide de la viga	y	0,07	m
Inercia total	IT	0,0000117	m ⁴
Módulo de sección	S	0,0001667	m ³
Módulo de elasticidad	E0,05	7500	MPa
Diseño axial			
Coefficiente de longitud efectiva	k	1	
Longitud no soportada lateralmente	lu	1,3	
Longitud efectiva	le	1,3	
Radio de giro	r	0,044511	m
Esbeltez	λ	29,20611	Corta
Límite de esbeltez intermedia	ck	75	
Esfuerzo de compresión paralela modificado	F'c	8,9	MPa
Esfuerzo de compresión paralela actuante		0,42	MPa
Relación de esfuerzos		4,70	% Cumple
	Na	0,00246	
	Ncr	0,511169	
	Km	1,007271	

FLEXO-COMPRESION

Momento	Relación de esfuerzo	0,60728849	%	
Compresión	Relación de esfuerzos	4,70337001	%	
	Km	1,00727123		
Trabajo a solicitaciones combinadas		5,3448578	%	Cumple

10.1.33. CERCHA 3 COLUMNAS

SOLICITACIONES

	P	V2	V3	T	M2	M3
	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
Max	0,595	0	0	0,0416	0	0
Min	-5,065	0	0	-0,0414	0	0

TRACCION AXIAL

Fuerza axial actuante		T	0,595	KN	
Datos iniciales					
Tipo de sollicitación	Tracción	Ft	18	MPa	
Duración de la carga	Permanente (Muerta)				
Sitio de construcción	Armenia				
Humedad de construcción		CH	0,15		
Temperatura de construcción		T	22	°C	
Luz de diseño		L	0,7	m	
Características sección transversal					
Diámetro exterior		De	0,14	m	
Espesor de pared		t	0,015	m	
Área neta (1 Culmo)		A	0,005890	m ²	
Correlación		L/De	5		
Inercia (1 Culmo)		I	0,0000117	m ⁴	
Coefficientes de modificación					
Duración de carga		CD	0,9		
Contenido de humedad		CM	0,91		
Temperatura		CT	1		
Estabilidad lateral de vigas		CL	1		
Forma		CF	1		
Redistribución de cargas		CR	1		
Estabilidad de columnas		CP	1		
Cortante		CC	0,7		
Características de la sección					
Longitud del apoyo		l	0,12	m	
Numero de guaduas		n	1		
Altura de la viga		d	0,14	m	
Área total		At	0,005890	m ²	
Correlación		De/d	1		
Centroide de la viga		y	0,07	m	
Inercia total		IT	0,0000117	m ⁴	
Módulo de sección		S	0,0001667	m ³	
Módulo de elasticidad	Promedio	E0,5	9500	MPa	
Diseño a axial					
Esfuerzo de corte modificado		F'b	10,3	MPa	
Esfuerzo de corte actuante		Fb	0,10	MPa	Cumple
Relación de esfuerzo			0,98	%	

COMPRESION AXIAL

Fuerza axial actuante		C	5,065	KN	
Datos iniciales					
Tipo de sollicitación	Compresión paralela	Fc	14	MPa	
Duración de la carga	Permanente (Muerta)				
Sitio de construcción	Armenia				
Humedad de construcción		CH	0,15		
Temperatura de construcción		T	22	°C	
Luz de diseño		L	0,7	m	

Características sección transversal

Diámetro exterior	De	0,14	m
Espesor de pared	t	0,015	m
Área neta (1 Culmo)	A	0,005890	m ²
Correlación	L/De	5	
Inercia (1 Culmo)	I	0,0000117	m ⁴
Coeficientes de modificación			
Duración de carga	CD	0,9	
Contenido de humedad	CM	0,87	
Temperatura	CT	1	
Estabilidad lateral de vigas	CL	1	
Forma	CF	1	
Redistribución de cargas	CR	1	
Estabilidad de columnas	CP	1	
Cortante	CC	0,7	

Características de la sección

Longitud del apoyo	l	0,12	m
Numero de guadas	n	1	
Altura de la viga	d	0,14	m
Área total	At	0,005890	m ²
Correlación	De/d	1	
Centroide de la viga	y	0,07	m
Inercia total	IT	0,0000117	m ⁴
Módulo de sección	S	0,0001667	m ³
Módulo de elasticidad	E _{0,05}	7500	MPa

Percentil 5

Diseño axial

Coeficiente de longitud efectiva	k	1	
Longitud no soportada lateralmente	lu	0,7	
Longitud efectiva	le	0,7	
Radio de giro	r	0,044511	m
Esbeltez	λ	15,72637	Corta
Límite de esbeltez intermedia	ck	80	
Esfuerzo de compresión paralela modificado	F' _c	7,7	MPa
Esfuerzo de compresión paralela actuante		0,86	MPa
Relación de esfuerzos		11,21	% Cumple
	Na	0,005065	
	Ncr	1,763012	
	Km	1,004328	

10.1.34. CERCHA 2 DIAGONALES

SOLICITACIONES

P	V2	V3	T	M2	M3
KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m

Max	3,455	0,021	0	0,0416	0	0,0081
Min	-5,065	-0,021	0	-0,0414	0	-8,674E-18

MOMENTO FLECTOR

Momento flector actuante	M	0,0081	KN.m
Datos iniciales			
Tipo de solicitación	Flexión	Fb	15 MPa
Duración de la carga	Permanente (Muerta)		
Sitio de construcción	Armenia		
Humedad de construcción	CH	0,15	
Temperatura de construcción	T	22	°C
Luz de diseño	L	1,45	m
Características sección transversal			
Diámetro exterior	De	0,12	m
Espesor de pared	t	0,015	m
Área neta (1 Culmo)	A	0,004948	m ²
Correlación	L/De	12,08333	
Inercia (1 Culmo)	I	0,0000070	m ⁴
Coeficientes de modificación			
Duración de carga	CD	0,9	
Contenido de humedad	CM	0,87	
Temperatura	CT	1	
Estabilidad lateral de vigas	CL	1	
Forma	CF	1	
Redistribución de cargas	CR	1	
Estabilidad de columnas	CP	1	
Cortante	CC	0,86	
Características de la sección			
Longitud del apoyo	l	0,12	m
Numero de guadas	n	1	
Altura de la viga	d	0,12	m
Área total	At	0,004948	m ²
Correlación	De/d	1	
Centroide de la viga	y	0,06	m
Inercia total	IT	0,0000070	m ⁴
Módulo de sección	S	0,0001160	m ³
Módulo de elasticidad	Promedio	E0,5	9500 MPa
Diseño a flexión			
Esfuerzo de flexión modificado	F'b	10,1	MPa
Esfuerzo de flexión actuante	Fb	0,07	MPa
Relación de esfuerzo		0,69	%

Cumple

CORTANTE

Fuerza cortante actuante	V	0,021	KN
--------------------------	---	-------	----

Datos iniciales				
Tipo de solicitación	Corte	Fv	1,2	MPa
Duración de la carga	Permanente (Muerta)			
Sitio de construcción	Armenia			
Humedad de construcción	CH		0,15	
Temperatura de construcción	T		22	°C
Luz de diseño	L		1,45	m
Características sección transversal				
Diámetro exterior	De		0,12	m
Espesor de pared	t		0,015	m
Área neta (1 Culmo)	A		0,004948	m ²
Correlación	L/De		12,08333	
Inercia (1 Culmo)	I		0,0000070	m ⁴
Coefficientes de modificación				
Duración de carga	CD		0,9	
Contenido de humedad	CM		0,91	
Temperatura	CT		1	
Estabilidad lateral de vigas	CL		1	
Forma	CF		1	
Redistribución de cargas	CR		1	
Estabilidad de columnas	CP		1	
Cortante	CC		0,86	
Características de la sección				
Longitud del apoyo	l		0,12	m
Numero de guadas	n		1	
Altura de la viga	d		0,12	m
Área total	At		0,004948	m ²
Correlación	De/d		1	
Centroide de la viga	y		0,06	m
Inercia total	IT		0,0000070	m ⁴
Módulo de sección	S		0,0001160	m ³
Módulo de elasticidad	Promedio	E0,5	9500	MPa
Diseño a flexión				
Esfuerzo de corte modificado	F'b		0,8	MPa
Esfuerzo de corte actuante	Fb		0,01	MPa
Relación de esfuerzo			1,10	%

TRACCIONA AXIAL

Fuerza axial actuante	T		3,455	KN
Datos iniciales				
Tipo de solicitación	Tracción	Ft	18	MPa
Duración de la carga	Permanente (Muerta)			
Sitio de construcción	Armenia			
Humedad de construcción	CH		0,15	
Temperatura de construcción	T		22	°C
Luz de diseño	L		1,45	m

Características sección transversal

Diámetro exterior	De	0,14	m
Espesor de pared	t	0,015	m
Área neta (1 Culmo)	A	0,005890	m ²
Correlación	L/De	10,35714	
Inercia (1 Culmo)	I	0,0000117	m ⁴
Coeficientes de modificación			
Duración de carga	CD	0,9	
Contenido de humedad	CM	0,91	
Temperatura	CT	1	
Estabilidad lateral de vigas	CL	1	
Forma	CF	1	
Redistribución de cargas	CR	1	
Estabilidad de columnas	CP	1	
Cortante	CC	0,81	

Características de la sección

Longitud del apoyo	l	0,12	m
Numero de guaduas	n	1	
Altura de la viga	d	0,14	m
Área total	At	0,005890	m ²
Correlación	De/d	1	
Centroide de la viga	y	0,07	m
Inercia total	IT	0,0000117	m ⁴
Módulo de sección	S	0,0001667	m ³
Módulo de elasticidad	E	Promedio	9500 MPa
Diseño a axial			
Esfuerzo de corte modificado	F'b	11,9	MPa
Esfuerzo de corte actuante	Fb	0,59	MPa
Relación de esfuerzo		4,91	%

Cumple

FLEXO-TENSION

Momento	Relación de esfuerzo	0,69149944	%
Tensión	Relación de esfuerzo	4,91196746	%
Trabajo a solicitaciones combinadas		5,6034669	%

Cumple

COMPRESION AXIAL

Fuerza axial actuante	C	5,065	KN
Datos iniciales			
Tipo de sollicitación	Compresión paralela	Fc	14 MPa
Duración de la carga	Permanente (Muerta)		
Sitio de construcción	Armenia		
Humedad de construcción	CH	0,15	
Temperatura de construcción	T	22	°C
Luz de diseño	L	1,45	m
Características sección transversal			

Diámetro exterior	De	0,14	m
Espesor de pared	t	0,015	m
Área neta (1 Culmo)	A	0,005890	m ²
Correlación	L/De	10,35714	
Inercia (1 Culmo)	I	0,0000117	m ⁴
Coefficientes de modificación			
Duración de carga	CD	0,9	
Contenido de humedad	CM	0,87	
Temperatura	CT	1	
Estabilidad lateral de vigas	CL	1	
Forma	CF	1	
Redistribución de cargas	CR	1	
Estabilidad de columnas	CP	1	
Cortante	CC	0,81	
Características de la sección			
Longitud del apoyo	l	0,12	m
Numero de guadas	n	1	
Altura de la viga	d	0,14	m
Área total	At	0,005890	m ²
Correlación	De/d	1	
Centroide de la viga	y	0,07	m
Inercia total	IT	0,0000117	m ⁴
Módulo de sección	S	0,0001667	m ³
Módulo de elasticidad	E _{0,05}	7500	MPa
Diseño axial			
Coeficiente de longitud efectiva	k	1	
Longitud no soportada lateralmente	lu	1,45	
Longitud efectiva	le	1,45	
Radio de giro	r	0,044511	m
Esbeltez	λ	32,57605	Intermedia
Límite de esbeltez intermedia	ck	75	
Esfuerzo de compresión paralela modificado	F _c	8,9	MPa
Esfuerzo de compresión paralela actuante		0,89	MPa
Relación de esfuerzos		10,02	% Cumple
	Na	0,005065	
	Ncr	0,41088	
	Km	1,018839	

FLEXO-COMPRESION

Momento	Relación de esfuerzo	0,69149944	%
Compresión	Relación de esfuerzos	10,0183665	%
	Km	1,01883913	
Trabajo a solicitaciones combinadas		10,8986033	% Cumple

10.1.35. CERCHA 2 COLUMNAS

SOLICITACIONES

	P	V2	V3	T	M2	M3
	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
Max	2,341	0	0	0,0257	0	0
Min	-3,67	0	0	-0,0256	0	0

TRACCION AXIAL

Fuerza axial actuante	T	2,341	KN
Datos iniciales			
Tipo de solicitación	Tracción	Ft	18 MPa
Duración de la carga		Permanente (Muerta)	
Sitio de construcción		Armenia	
Humedad de construcción	CH	0,15	
Temperatura de construcción	T	22	°C
Luz de diseño	L	1,1	m
Características sección transversal			
Diámetro exterior	De	0,14	m
Espesor de pared	t	0,015	m
Área neta (1 Culmo)	A	0,005890	m ²
Correlación	L/De	7,857143	
Inercia (1 Culmo)	I	0,0000117	m ⁴
Coefficientes de modificación			
Duración de carga	CD	0,9	
Contenido de humedad	CM	0,91	
Temperatura	CT	1	
Estabilidad lateral de vigas	CL	1	
Forma	CF	1	
Redistribución de cargas	CR	1	
Estabilidad de columnas	CP	1	
Cortante	CC	0,75	
Características de la sección			
Longitud del apoyo	l	0,12	m
Numero de guadas	n	1	
Altura de la viga	d	0,14	m
Área total	At	0,005890	m ²
Correlación	De/d	1	
Centroide de la viga	y	0,07	m
Inercia total	IT	0,0000117	m ⁴
Módulo de sección	S	0,0001667	m ³
Módulo de elasticidad	E0,5	9500	MPa
Diseño a axial			
Esfuerzo de corte modificado	F'b	11,1	MPa
Esfuerzo de corte actuante	Fb	0,40	MPa
			Cumple

Relación de esfuerzo

3,59 %

COMPRESION AXIAL

Fuerza axial actuante	C	3,67	KN	
Datos iniciales				
Tipo de solicitación	Compresión paralela	Fc	14	MPa
Duración de la carga	Permanente (Muerta)			
Sitio de construcción	Armenia			
Humedad de construcción	CH	0,15		
Temperatura de construcción	T	22	°C	
Luz de diseño	L	1,1	m	
Características sección transversal				
Diámetro exterior	De	0,14	m	
Espesor de pared	t	0,015	m	
Área neta (1 Culmo)	A	0,005890	m ²	
Correlación	L/De	7,857143		
Inercia (1 Culmo)	I	0,0000117	m ⁴	
Coeficientes de modificación				
Duración de carga	CD	0,9		
Contenido de humedad	CM	0,87		
Temperatura	CT	1		
Estabilidad lateral de vigas	CL	1		
Forma	CF	1		
Redistribución de cargas	CR	1		
Estabilidad de columnas	CP	1		
Cortante	CC	0,75		
Características de la sección				
Longitud del apoyo	l	0,12	m	
Numero de guaduas	n	1		
Altura de la viga	d	0,14	m	
Área total	At	0,005890	m ²	
Correlación	De/d	1		
Centroide de la viga	y	0,07	m	
Inercia total	IT	0,0000117	m ⁴	
Módulo de sección	S	0,0001667	m ³	
Módulo de elasticidad	Percentil 5	E0,05	7500	MPa
Diseño axial				
Coeficiente de longitud efectiva	k	1		
Longitud no soportada lateralmente	lu	1,1		
Longitud efectiva	le	1,1		
Radio de giro	r	0,044511	m	
Esbeltez	λ	24,71286		Corta
Límite de esbeltez intermedia	ck	77		
Esfuerzo de compresión paralela modificado	F'c	8,2	MPa	
Esfuerzo de compresión paralela actuante		0,62	MPa	
Relación de esfuerzos		7,58	%	Cumple
	Na	0,00367		

Ncr 0,713947
 Km 1,007771

10.1.36. VIGAS CUBIERTA INCLINADAS

SOLICITACIONES

	P	V2	V3	T	M2	M3
	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
Max	0,082	0,047	0,000354	0,0156	0,000382	0,0126
Min	-0,06	-0,037	-0,00037	-0,0034	-0,00041	-0,0287

MOMENTO FLECTOR

Momento flector actuante	M	0,0287	KN.m
Datos iniciales			
Tipo de solicitación	Flexión	Fb	15 MPa
Duración de la carga		Permanente (Muerta)	
Sitio de construcción		Armenia	
Humedad de construcción	CH	0,15	
Temperatura de construcción	T	22	°C
Luz de diseño	L	3,45	m
Características sección transversal			
Diámetro exterior	De	0,12	m
Espesor de pared	t	0,015	m
Área neta (1 Culmo)	A	0,004948	m ²
Correlación	L/De	28,75	
Inercia (1 Culmo)	I	0,0000070	m ⁴
Coefficientes de modificación			
Duración de carga	CD	0,9	
Contenido de humedad	CM	0,87	
Temperatura	CT	1	
Estabilidad lateral de vigas	CL	1	
Forma	CF	1	
Redistribución de cargas	CR	1	
Estabilidad de columnas	CP	1	
Cortante	CC	1	
Características de la sección			
Longitud del apoyo	l	0,12	m
Numero de guadas	n	1	
Altura de la viga	d	0,12	m
Área total	At	0,004948	m ²
Correlación	De/d	1	
Centroide de la viga	y	0,06	m
Inercia total	IT	0,0000070	m ⁴
Módulo de sección	S	0,0001160	m ³
Módulo de elasticidad	Promedio	E0,5	9500 MPa

Diseño a flexión

Esfuerzo de flexión modificado	F'b	11,7	MPa	
Esfuerzo de flexión actuante	Fb	0,25	MPa	Cumple
Relación de esfuerzo		2,11	%	

CORTANTE

Fuerza cortante actuante	V	0,047	KN	
Datos iniciales				
Tipo de sollicitación	Corte	Fv	1,2	MPa
Duración de la carga	Permanente (Muerta)			
Sitio de construcción	Armenia			
Humedad de construcción	CH	0,15		
Temperatura de construcción	T	22	°C	
Luz de diseño	L	3,45	m	
Características sección transversal				
Diámetro exterior	De	0,12	m	
Espesor de pared	t	0,015	m	
Área neta (1 Culmo)	A	0,004948	m ²	
Correlación	L/De	28,75		
Inercia (1 Culmo)	I	0,0000070	m ⁴	
Coeficientes de modificación				
Duración de carga	CD	0,9		
Contenido de humedad	CM	0,91		
Temperatura	CT	1		
Estabilidad lateral de vigas	CL	1		
Forma	CF	1		
Redistribución de cargas	CR	1		
Estabilidad de columnas	CP	1		
Cortante	CC	1		
Características de la sección				
Longitud del apoyo	l	0,12	m	
Numero de guaduas	n	1		
Altura de la viga	d	0,12	m	
Área total	At	0,004948	m ²	
Correlación	De/d	1		
Centroide de la viga	y	0,06	m	
Inercia total	IT	0,0000070	m ⁴	
Módulo de sección	S	0,0001160	m ³	
Módulo de elasticidad	Promedio	E0,5	9500	MPa
Diseño a flexión				
Esfuerzo de corte modificado	F'b	1,0	MPa	
Esfuerzo de corte actuante	Fb	0,02	MPa	Cumple
Relación de esfuerzo		2,11	%	

TRACCION AXIAL

Fuerza axial actuante		T	0,082	KN	
Datos iniciales					
Tipo de sollicitación	Tracción	Ft	18	MPa	
Duración de la carga	Permanente (Muerta)				
Sitio de construcción	Armenia				
Humedad de construcción		CH	0,15		
Temperatura de construcción		T	22	°C	
Luz de diseño		L	3,45	m	
Características sección transversal					
Diámetro exterior		De	0,14	m	
Espesor de pared		t	0,015	m	
Área neta (1 Culmo)		A	0,005890	m ²	
Correlación		L/De	24,64286		
Inercia (1 Culmo)		I	0,0000117	m ⁴	
Coefficientes de modificación					
Duración de carga		CD	0,9		
Contenido de humedad		CM	0,91		
Temperatura		CT	1		
Estabilidad lateral de vigas		CL	1		
Forma		CF	1		
Redistribución de cargas		CR	1		
Estabilidad de columnas		CP	1		
Cortante		CC	1		
Características de la sección					
Longitud del apoyo		l	0,12	m	
Numero de guaduas		n	1		
Altura de la viga		d	0,14	m	
Área total		At	0,005890	m ²	
Correlación		De/d	1		
Centroide de la viga		y	0,07	m	
Inercia total		IT	0,0000117	m ⁴	
Módulo de sección		S	0,0001667	m ³	
Módulo de elasticidad	Promedio	E0,5	9500	MPa	
Diseño a axial					
Esfuerzo de corte modificado		F'b	14,7	MPa	
Esfuerzo de corte actuante		Fb	0,01	MPa	Cumple
Relación de esfuerzo			0,09	%	

FLEXO-TENSION

Momento	Relación de esfuerzo	2,10710976	%	
Tensión	Relación de esfuerzo	0,0944292	%	
Trabajo a sollicitaciones combinadas		2,20153896	%	Cumple

COMPRESION AXIAL

Fuerza axial actuante		C	0,06	KN
-----------------------	--	---	------	----

Datos iniciales				
Tipo de solicitación	Compresión paralela	Fc	14	MPa
Duración de la carga	Permanente (Muerta)			
Sitio de construcción	Armenia			
Humedad de construcción	CH		0,15	
Temperatura de construcción	T		22	°C
Luz de diseño	L		3,45	m
Características sección transversal				
Díámetro exterior	De		0,14	m
Espesor de pared	t		0,015	m
Área neta (1 Culmo)	A		0,005890	m ²
Correlación	L/De		24,64286	
Inercia (1 Culmo)	I		0,0000117	m ⁴
Coefficientes de modificación				
Duración de carga	CD		0,9	
Contenido de humedad	CM		0,87	
Temperatura	CT		1	
Estabilidad lateral de vigas	CL		1	
Forma	CF		1	
Redistribución de cargas	CR		1	
Estabilidad de columnas	CP		1	
Cortante	CC		1	
Características de la sección				
Longitud del apoyo	l		0,12	m
Numero de guaduas	n		1	
Altura de la viga	d		0,14	m
Área total	At		0,005890	m ²
Correlación	De/d		1	
Centroide de la viga	y		0,07	m
Inercia total	IT		0,0000117	m ⁴
Módulo de sección	S		0,0001667	m ³
Módulo de elasticidad	Percentil 5	E0,05	7500	MPa
Diseño axial				
Coefficiente de longitud efectiva	k		1	
Longitud no soportada lateralmente	lu		1,2	
Longitud efectiva	le		1,2	
Radio de giro	r		0,044511	m
Esbeltez	λ		26,95949	Corta
Límite de esbeltez intermedia	ck		67	
Esfuerzo de compresión paralela modificado	F'c		11,0	MPa
Esfuerzo de compresión paralela actuante			0,01	MPa
Relación de esfuerzos			0,09	% Cumple
	Na		0,00006	
	Ncr		0,599914	
	Km		1,00015	

FLEXO-COMPRESION

Momento	Relación de esfuerzo		2,10710976	%
Compresión	Relación de esfuerzos		0,09292024	%
	Km	1,00015004		
Trabajo a sollicitaciones combinadas			2,20004394	%

Cumple

11. ANEXO 2

11.1. PLANOS ESTRUCTURALES