

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
Escuela Profesional de Ingeniería Civil



Una Institución Adventista

**Análisis comparativo económico entre un sistema estructural con
diseño y un sistema convencional utilizando madera tornillo para
el diseño de una iglesia con 180 m² de un nivel en la localidad de
San Martín de Pangoa**

Trabajo de Investigación para obtener el Grado Académico de Bachiller en
Ingeniería Civil

Por:
Jorge Eduardo De la Cruz Álvarez

Asesor:
Ing. Roberto Roland Yoctun Ríos

Lima, noviembre 2020

DECLARACIÓN JURADA DE AUTORÍA DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

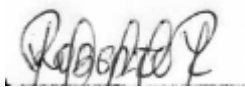
Ing. Roberto Roland Yoctún Rios, de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura,
Escuela Profesional de Ingeniería Civil, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que el presente trabajo de investigación titulado: “Análisis comparativo económico entre un sistema estructural con diseño y un sistema convencional utilizando madera tornillo para el diseño de una iglesia con 180 m² de un nivel en la localidad de San Martín de Pangoa” constituye la memoria que presenta el estudiante Jorge Eduardo De la Cruz Álvarez para aspirar al grado de bachiller en Ingeniería Civil, cuyo trabajo de investigación ha sido realizado en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

Las opiniones y declaraciones en este trabajo de investigación son de entera responsabilidad del autor, sin comprometer a la institución.

Y estando de acuerdo, firmo la presente declaración en Lima a los 26 días del mes de noviembre del año 2020.



Ing. Roberto Roland Yoctún Rios

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

En Lima, Ñaña, Villa Unión, a.....los.....26.....día(s) del mes de.....Noviembre.....del año 2020 siendo las.....17:00 horas, se reunieron los miembros del jurado en la Universidad Peruana Unión campus Lima, bajo la dirección del (de la) presidente(a): Ing. Ferrer Canaza Rojas....., el (la) secretario(a): Mg. Leonel Chahuares Paucar..... y los demás miembros: Ing. Carlos Franck Yoctun Rios y el (la) asesor(a)... Ing. Roberto Roland

Yoctun Rios..... con el propósito de administrar el acto académico de sustentación del trabajo de investigación titulado: "Análisis comparativo económico entre un sistema estructural con diseño y un sistema convencional utilizando madera tornillo para el diseño de una iglesia con 180 m2 de un nivel en la localidad de San Martín de Pangoa.". de los (las) egresados (as):

.....a)..... **JORGE EDUARDO DE LA CRUZ ALVAREZ**.....
b).....

conducente a la obtención del grado académico de Bachiller en:

.....**INGENIERÍA CIVIL**.....
 (Denominación del Grado Académico de Bachiller)

El Presidente inició el acto académico de sustentación invitando al candidato(a)/s hacer uso del tiempo determinado para su exposición. Concluida la exposición, el Presidente invitó a los demás miembros del jurado a efectuar las preguntas, y aclaraciones pertinentes, las cuales fueron absueltas por el candidato(a)/s. Luego, se produjo un receso para las deliberaciones y la emisión del dictamen del jurado.

Posteriormente, el jurado procedió a dejar constancia escrita sobre la evaluación en la presente acta, con el dictamen siguiente:

Candidato/a (a): **JORGE EDUARDO DE LA CRUZ ALVAREZ**.....

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
APROBADO	14	C	ACEPTABLE	BUENO


Candidato/a (b):

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	

(*) Ver parte posterior

Finalmente, el Presidente del jurado invitó ... al.... candidato(a)/s a ponerse de pie, para recibir la evaluación final y concluir el acto académico de sustentación procediéndose a registrar las firmas respectivas.

 Presidente
 Ing. Ferrer Canaza
 Rojas



 Secretario
 Mg. Leonel Chahuares
 Paucar

 Asesor
 Ing. Roberto Roland
 Yoctun Rios

 Miembro

 Miembro
 Ing. Carlos Franck
 Yoctun Rios

 Candidato (a)
 Jorge Eduardo De La
 Cruz Alvarez

 Candidato/a (b)

Análisis comparativo económico entre un sistema estructural con diseño y un sistema convencional utilizando madera tornillo para el diseño de una iglesia con 180 m² de un nivel en la localidad de San Martín de Pangoa.

Economic comparative analysis between a structural system with design and a conventional system using screw wood for the design of a church with 180 m² of one level in the town of San Martín de Pangoa.

DE LA CRUZ ALVAREZ JORGE EDUARDO*

EP. Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad Peruana Unión, Perú.

Resumen

En este estudio, se realiza un análisis comparativo económico mediante un sistema estructural con diseño y un sistema convencional utilizando la madera tornillo del grupo C, así poder brindar dimensiones necesarias y más económicas mediante el método de cargas admisibles y el Reglamento Nacional de Edificaciones. Analizando las dimensiones del sistema "poste – viga o armadura" la cual se hace como referencia al sistema de pórtico conformado por columnas y vigas de la armadura tipo pratt que está como cubierta de la estructura, además según el diseño se tiene las secciones mínimas de las zapatas aisladas reforzado con platinas y espárragos la cual brinda un mejor comportamiento estructural al sistema. Según los presupuestos se determina que la estructura diseñada excede en un 15% del presupuesto total a la estructura convencional donde principalmente su incremento se debe a los materiales y a la mano de obra que no cuenta dicha estructura, por otro lado, la sobre exposición de los elementos estructurales a diversas patologías conllevando a que la estructura tenga un tiempo de vida útil más corta y logre ser más vulnerable ante efectos naturales.

Palabras clave: Analisis comparativo; madera tornillo; sistema estructural; sistema convencional

Abstract

In this study, an economic comparative analysis is carried out using a structural system with design and a conventional system using group C screw wood, thus being able to provide the necessary and more economical dimensions through the admissible loads method and the National Building Regulations. Analyzing the dimensions of the "post - beam or reinforcement" system which is made as a reference to the gantry system made up of columns and beams of the pratt type reinforcement that is as a cover of the structure, in addition, according to the design, the minimum sections of the insulated footings reinforced with plates and studs which provides a better structural behavior to the system. According to the budgets, it is determined that the designed structure exceeds the conventional structure by 15% of the total budget, where its increase is mainly due to the materials and labor that this structure does not have, on the other hand, the overexposure of the structural elements to various pathologies leading to the structure having a shorter useful life and being more vulnerable to natural effects.

Keywords: Comparative analysis, screw wood, Structural system, Conventional system.

**Correspondencia de Jorge Eduardo De la cruz Alvarez*

Km. 19 Carretera Central, Ñaña, Lima.

E-mail: jorgedelacruz@upeu.edu.pe

1. Introducción

La presente investigación tiene como objetivo realizar un análisis comparativo económico de dos sistemas estructurales utilizando la madera tornillo, considerando que la madera es el material de construcción más versátil y útil en sus diferentes formas y adaptaciones del hombre, recientemente remplazado con materiales estructurales de concreto armado, estructuras metálicas y plásticas, así mismo se fue aplicando con mayor preferencia para diseños arquitectónicos o estructuras livianas. Desde el tiempo del neolítico, periodo donde se mejoraron las herramientas de corte como el hacha que permitió construir las primeras cabañas con madera estructural, donde se logró constatar que realizan sus construcciones empíricamente o un sistema convencional, sin poder controlar el gasto excesivo de la madera por sus robustas dimensiones y grandes desperdicios.

La madera es un material con el que se puede hacer un diseño completo en el marco estructural y no estructural de una edificación por su bajo costo y su fácil fabricación, transportación y durabilidad de las estructuras construidas en diferentes lugares en la cual depende del tipo y calidad de la madera disponible en obra.

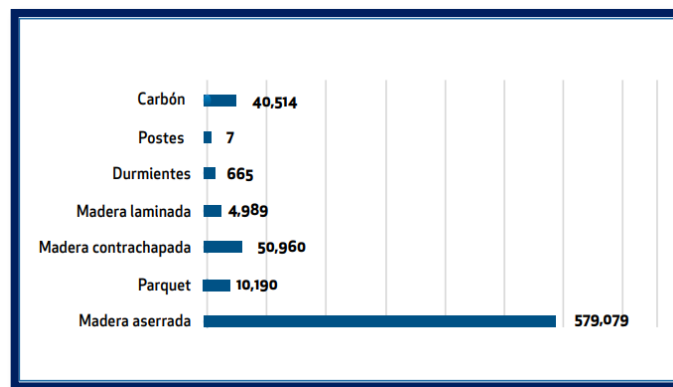


Figura 1. Volumen de productos maderables (2015).
Fuente: SERFOR. Dinámica forestal (2005 – 2015).

En el Perú la producción de madera rolliza se concentra en un 86 % especialmente en las regiones de Loreto, Madre de Dios y Ucayali; con una producción la cual proviene de los bosques tropicales, así mismo considerando sus características de conductividad térmica, eléctrica, transmisión y absorción del sonido, resaltando con mayor ímpetu la resistencia estructural de la madera (Fernández Borja, 1970, p.25). Denominando A al grupo de mayor resistencia con una densidad (gr/cm³) de 0.71 a 0.9, B al grupo intermedio con su densidad de 0.56 a 0.70 y las del grupo C de menor resistencia con su densidad de 0.40 a 0.55 (Andino, 1984, p.105).

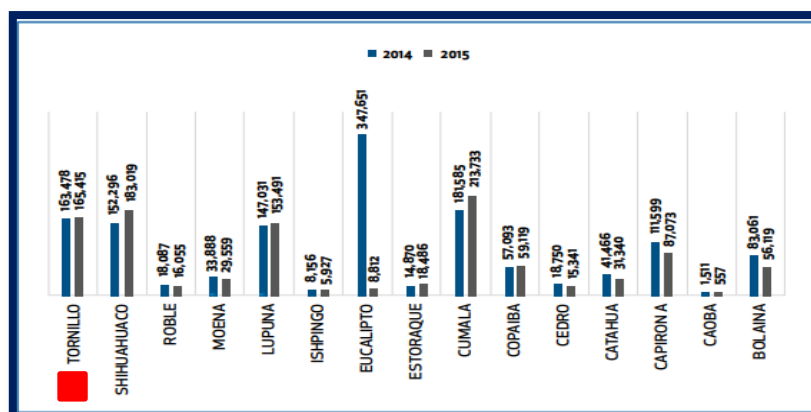


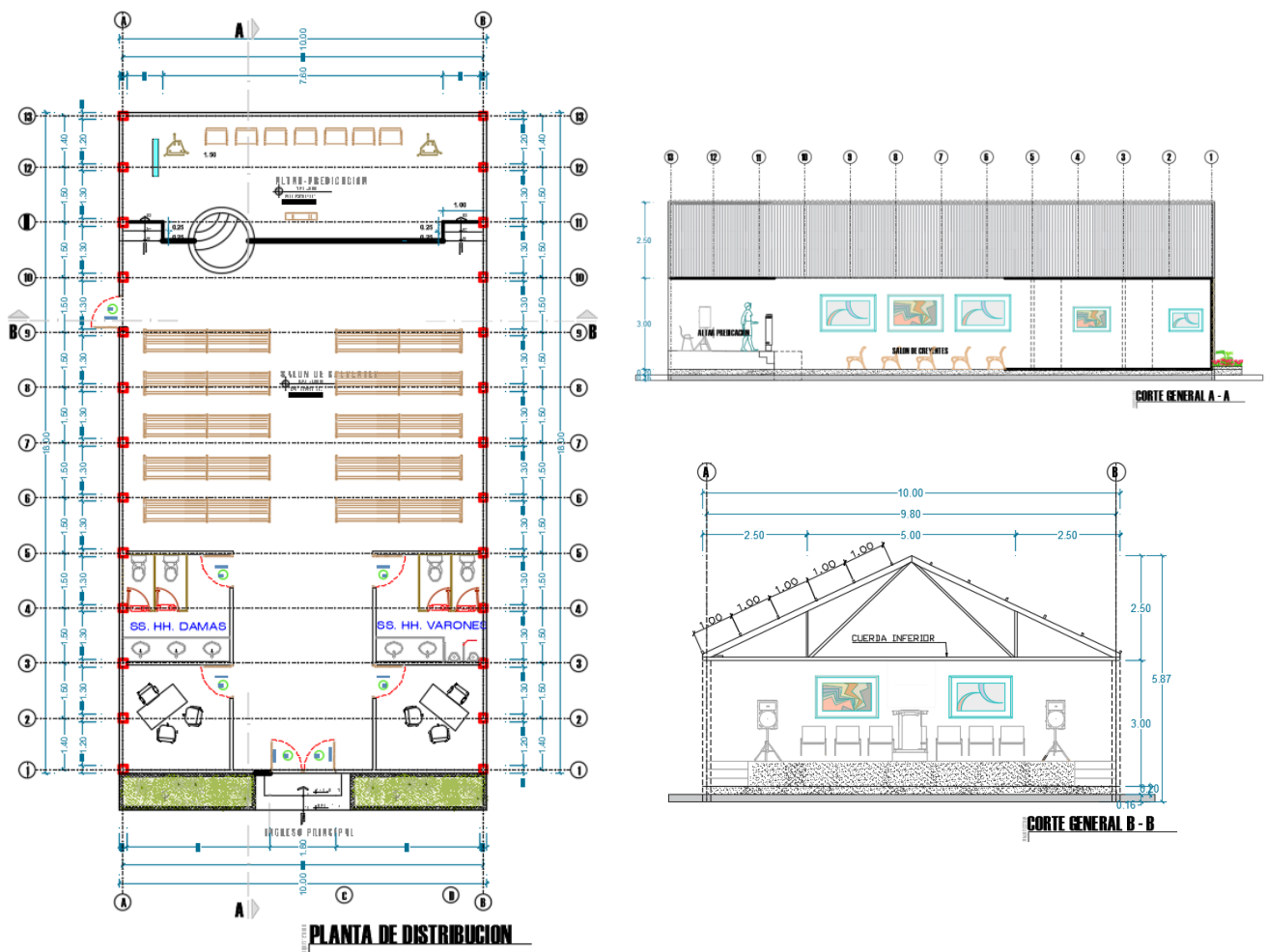
Figura 2. Principales especies forestales de madera rolliza(m³) (2014-2015).
Fuente: SERFOR. Dinámica forestal (2005 – 2015).

Específicamente la especie que adoptaremos para el estudio será del grupo C (tornillo / credelina cateniformis) de acuerdo a la norma E.010. Esta especie es la que se tiene en grandes cantidades en dicha zona de estudio y también logro ser sostenible durante los últimos años por su buena resistencia para el diseño de edificaciones, por otro lado, se pretende realizar el diseño con la especie más débil del grupo ya mencionado por sus bajas densidades en comparación con el grupo A y B, resaltando su buena durabilidad natural, trabajabilidad y además de uso estructural como vigas, columnas y tijerales.

2. Materiales y Métodos

2.1. Área de estudio

El proyecto está ubicado en la región Junín provincia de Satipo y distrito de Pangoa con un área total de 400 m² pertenecientes a la localidad de san Martín de Pangoa en las cuales la iglesia se proyecta sobre un terreno de 180 m², contando con las áreas adecuadas y cobertura teja andina - eternit a dos aguas, en consideración a cargas se tomará las recomendaciones de la norma E.020. Enfocándonos que el uso correcto estructural de la madera será más económicas y más amigables con el medio ambiente.



2.2. Materiales

2.2.1. Estructura anatómica

“La parte maderable del árbol tiene tres funciones básicas que son las siguientes: conducción de agua, almacenamiento de sustancias y resistencia mecánica. Se distingue tres tipos de tejidos: Tejido vascular (de conducción), tejido parenquimático (almacenamiento) y tejido fibroso (de resistencia)”(Andino, 1984, p.28).

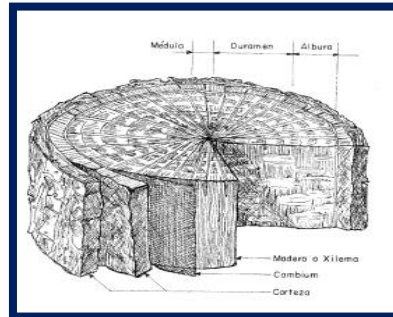


Figura 3. Partes del tronco.

Fuente: Manual de diseño del grupo andino, 1984.

2.2.2. Propiedades de resistencia de la madera

Son propiedades que definen su comportamiento frente a los factores que actúan dentro de un determinado medio natural, esto sin modificar su composición química y propiedades mecánicas siendo de manera vital para que los especialistas consideren en sus diseños. Todo esfuerzo trae consigo una deformación. La deformación se refiere a la alteración en forma o tamaño de una pieza de madera cuando se aplican las fuerzas o cargas. Estas producen variación en longitud o deformación de las secciones transversales según la resistencia de cada sección (Escobar, 2015, p.1).

2.2.3. Madera aserrado

La madera aserrada, se entiende como la madera procedente del tronco del árbol, donde mediante su aserrado, se obtiene los elementos estructurales, sin ningún otro tipo de transformación o también denominada madera escuadrada cuya función es básicamente resistencia (Saila, 2010, p.14).

2.2.3.1. Cortes del tronco

“El tronco se corta de tres maneras distintas: Tangente los anillos de crecimiento, obteniéndose lo que se llama madera de (corte tangencial); perpendicularmente a los anillos, obteniéndose (corte radial) y siguiendo una dirección arbitraria obteniéndose en general madera (corte oblicuo)” (Andino, 1984, p.55).

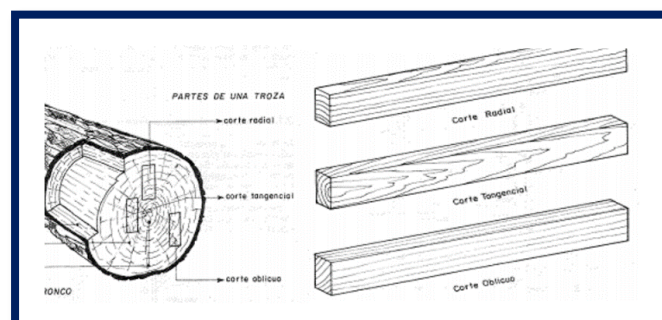


Figura 4. Denominación de los tipos de corte según su orientación.

Fuente: Manual de diseño del grupo andino, 1984.

2.2.4. Agrupamiento

La incorporación de especies a los grupos establecidos se hará en función de la densidad básica y de la resistencia mecánica obtenida mediante ensayos a flexión de vigas de madera de tamaño natural, según la norma ITINTEC 251.107, con el objetivo de poderla clasificarlas en su estado y comportamiento natural sin afectar su diferentes características que tiene dicha sección (Madera, 2018, p.3).

2.3. Métodos

2.3.1. Sistemas estructurales

2.3.1.1. Método de esfuerzos admisibles

“Las recomendaciones, limitaciones y esfuerzos admisibles son aplicables a estructuras analizadas por procedimiento convencional de análisis lineal y elástico. La determinación de deformaciones, fuerzas, momentos deben efectuarse con hipótesis consistentes y los métodos aceptados en la buena práctica de ingeniería”(Andino, 1984, p.268).

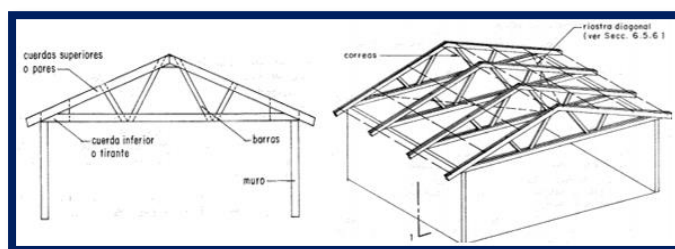
Esfuerzos aplicados < Esfuerzos admisibles

2.3.1.2. Uniones estructurales

“Las piezas de madera en las dimensiones requeridas, son unidas entre sí para formar componentes. La unión permite la continuidad constructiva y transmite las fuerzas que actúan entre los elementos, debiendo estas pizas permanecer fijas para conservar su forma original”(Andino, 1984, p.131).

2.3.1.3. Sistema de armaduras

Está formado por cerchas o tijerales que cubren alrededor de diez metros de luz y espaciados de 0.6 a 1.20 m, son elementos estructurales de mucha resistencia y muy económicas, tanto en mano de obra como en materiales, donde el pórtico trabaje de una manera conjunta mediante los arrostamientos superiores e inferiores y el correcto análisis de las correas que aportan mayor resistencia a toda la estructura (Andino, 1984, p.140).



*Figura 5. Sistema de armadura porte – viga o armadura.
Fuente: Manual de diseño del grupo andino, 1984.*

2.3.2. Sistemas convencionales o vernaculares

Es sin lugar a dudas el sistema de construcción más antiguo utilizado en el lugar de la obra usando materiales locales. La materia prima es casi siempre material con nada o poca transformación y proviene de las áreas aledañas donde no se considera metodologías de diseño, construcción y mantenimiento, logrando brindar secciones robustas e inadecuadas posiciones de los elementos estructurales (Andino, 1984, p.144).

Considerando el sistema constructivo inadecuados que mayormente está conformado por los mismos propietarios o familiares donde brindan elementos de grandes secciones y ensamblados por uniones tradicionales. Se arma montando una pieza sobre la otra y todo arriostrado por medio de diagonales encastradas en vigas y pilares (Silvana, 2010, p.68).



Figura 6. Sistemas convencionales.
Fuente: Google maps.

3. Análisis y diseño

Para el diseño de cada elemento usaremos el método de esfuerzos admisibles considerando el módulo de elasticidad ya que es aplicable para elementos a flexión, tracción en la dirección paralela a la fibra recomendada por la norma E.010, para la sobre cargas se considerará los criterios como menciona la norma E.020, teniendo en cuenta las especificaciones técnicas de la cobertura teja andina – eternit.

3.1. Sistema estructural diseñado

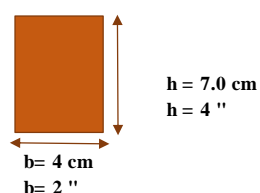
El sistema estructural comprende en diseñar la armadura, arriostres, columna y cimentaciones. Donde para realizar el diseño de la armadura se necesita realizar el diseño de las correas considerando la cobertura teja andina con un peso de 8.4 kg que esta sobre un área útil de 0.69 m², carga viva de 30 kg/m² según la E.020 y un peso de correas de 5 kg/m según recomienda el manual del grupo andino, además considerando que las correas están espaciadas a 1m de acuerdo a las especificaciones técnicas de la cobertura logrando tener una carga total de $W_t = 47.17 \text{ kg/m}$ y un momento máximo de 13.27 kg-m. La sección de las correas la cual inicia con un predimensionamiento y luego sus verificaciones como: resistencia a flexión, resistencia al corte, verificación de estabilidad lateral y verificación por deflexión siendo esta última verificación el más crítico por considerar el efecto de deflexiones diferidas que ocurren en cargas permanentes que a pesar de las bajas secciones que nos pueden brindar las otras verificaciones este último parámetro nos permite tener la sección final la cual está dada por la siguiente fórmula.

$$W_t = W_{Equi.} = 1.8 * W_D + 1 * W_L$$

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

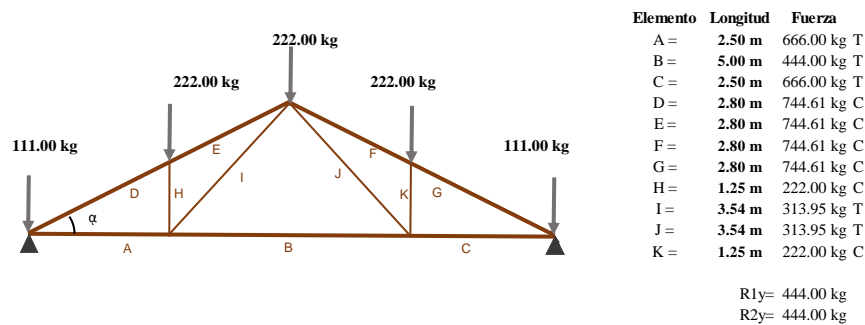
Además, se realizó el análisis de los arriostres inferiores y superiores por lo que se consideró en el diseño que las correas trabajaran como arriostres superiores y solo se arriostará en las cuerdas inferiores de tal manera que brinde mayor seguridad en dicha estructura, siendo esta la sección final de las correas como de los arriostres inferiores.

Sección final

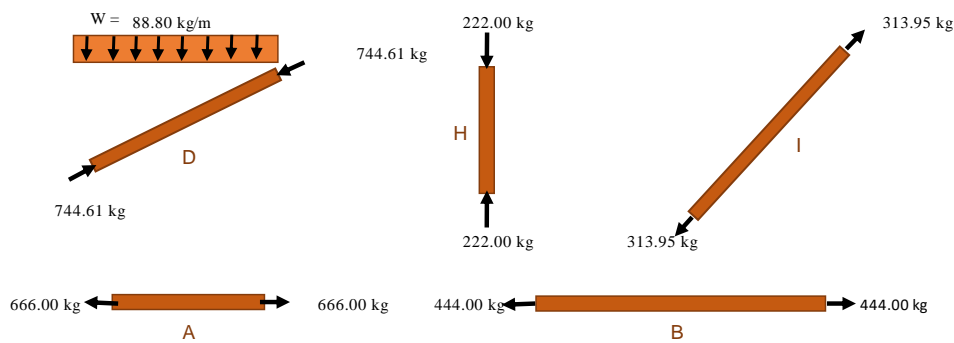


3.1.1. Análisis estructural y diseño de la armadura

Para el diseño de la armadura se necesita el análisis estructural que resulta de calcular las cargas repartidas sobre la cuerda superior y luego se determinan como cargas concentradas equivalentes en cada nodo de la armadura.



Los elementos se diseñarán de acuerdo a los esfuerzos sometidos, donde la armadura debe estar perfectamente arriostrada para evitar el pandeo lateral de los elementos fuera del plano de la estructura.



Diseño del elemento D que está sometido a flexocompresión, donde se supone una sección $4\text{cm} \times 14 \text{ cm}$ y se va verificando hasta que dicha sección con sus respectivas propiedades de área ($A=56 \text{ cm}^2$), inercia ($I_x=914.6 \text{ cm}^4$), módulo de sección ($Z_x=130.7 \text{ cm}^3$) y esfuerzo admisible en flexión ($f_m=100 \text{ kg/cm}^2$) pueda satisfacer dicha expresión.

Donde el elemento está sometido a flexocompresión

$$\frac{N}{N_{adm}} + \frac{Km * |M|}{Z * f_m} < 1$$

longitud efectiva $l_{ef} = 0.4(L1 + L2) = 0.4(2.8\text{m} + 2.8\text{m}) = 2.24 \text{ m}$

longitud para momento $L = \left(\frac{L1' + L2'}{2}\right) = \left(\frac{2.5 \text{ m} + 2.5 \text{ m}}{2}\right) = 2.5\text{m}$

$$M = \left(\frac{WL^2}{10}\right) = \frac{88.8 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \times (2.5 \text{ m})^2}{10} = 55.5 \text{ kg} - \text{m} = 5550 \text{ kg} - \text{cm}$$

Donde el “N”admissible dependerá de la esbeltez dentro del plano que es la longitud efectiva sobre el peralte de la sección ($\lambda=16$) y la esbeltez fuera del plano que es la separación de las correas sobre el ancho de la sección asumida ($\lambda=25$), de tal manera que se pueda definir mediante el $Ck=18.42$ y la esbeltez mayor calculada para ver si su comportamiento es de una columna corta, intermedia o larga, según el factor $Ck=18.42$ y la esbeltez de ($\lambda=25$) su comportamiento es como una columna larga donde se tendrá dicha fórmula para calcular el “N”admissible.

$$N_{adm} = 0.329 x \frac{E_{min} x A}{(\lambda)^2} = 0.329 x \frac{55000 \frac{kg}{cm^2} x 56 cm^2}{(25)^2} = 1621.31 kg$$

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 x E_{min} x I}{(lef)^2} = \frac{3.14^2 x 55000 \frac{kg}{cm^2} x 914.6 cm^4}{(224cm)^2} = 9894.59 kg$$

$$K_m = \frac{1}{1 - 1.5 \frac{N}{N_{cr}}} = \frac{1}{1 - \frac{1.5 x 744.61kg}{9894.59 kg}} = 1.13$$

$$\frac{N}{N_{adm}} + \frac{K_m * |M|}{Z * f_m} < 1$$

$$\frac{744.61 kg}{1621.31 kg} + \frac{1.13 * |5550 kg - cm|}{130.7 cm^3 x 100 kg/cm^2} < 1$$

$$0.94 < 1$$

El diseño de los elementos de la armadura se realizó con sus respectivas cargas donde se logró satisfacer dichas expresiones basados en las propiedades y resistencia de cada elemento estructural, la cual nos da secciones de acuerdo a las solicitaciones que está expuesta, así mismo se determinó las deflexiones de los nodos más críticos que están en la cuerda inferior de la armadura y finalmente tenemos las secciones finales de toda la armadura.

Máxima deflexión en la cuerda inf.

$$\delta f = 1.75(1.15 * \delta) cm$$

$$\delta f = 1.32 cm$$

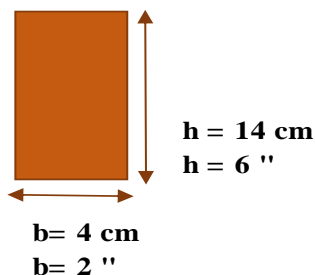
Máxima deflexión admisible

$$\delta_{Admissible} = \frac{L}{300}$$

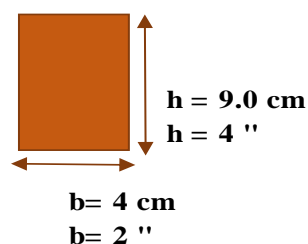
$$\delta_{Admissible} = 3.33 cm$$

$$\delta f < \delta_{Admissible}$$

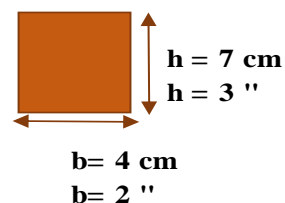
Cuerda superior



Cuerda inferior



Diagonales y montantes



3.1.2. Diseño de uniones

Las uniones serán de doble cizallamiento mediante cartelas de madera tornillo de 2.54 cm en ambas caras y clavadas perpendicularmente al grano con clavos de 3 in (76 mm), calculando las diferentes verificaciones de espesores y longitudes de penetración, así mismo se determinó la cantidad y su ubicación de los clavos.

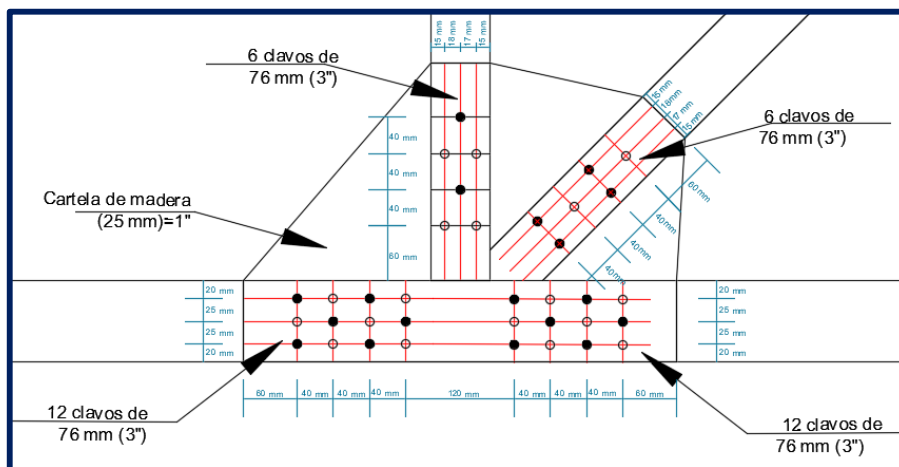


Figura 7. Diseño de la unión inferior.
Fuente: Propia.

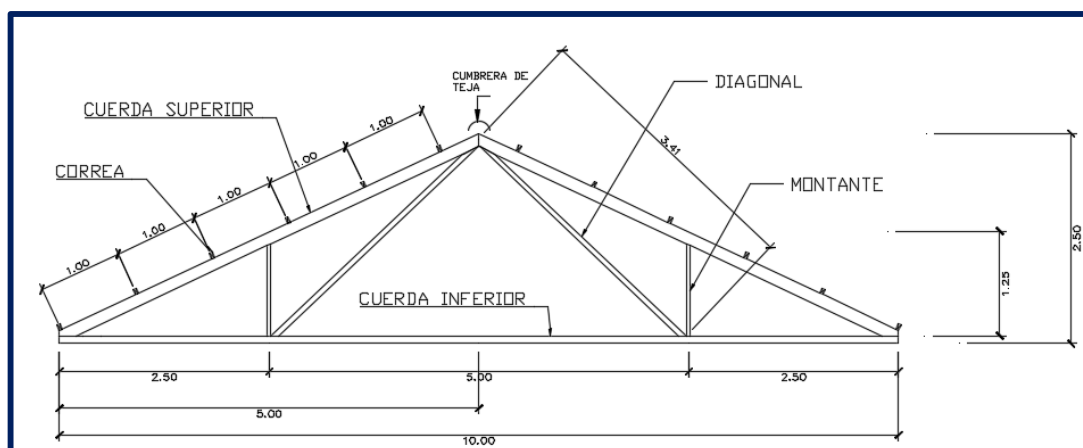


Figura 8. Diseño final de la armadura tipo pratt.
Fuente: Propia

3.1.3. Diseño de columnas y cimentaciones

Considerando la columna empotrado en un extremo y el otro parcialmente impedido de rotar, pero libre de desplazamiento, donde soportara una carga axial de $P = 444 \text{ kg}$ que es el peso de la cobertura y con una esbeltez de 20.45 se considera una columna larga. Para la carga sísmica según la E.030 se consideró los siguientes parámetros: zona sísmica 2 y su factor es de $Z=0.25$, categoría de edificación "C" con el factor de importancia $U=1$, factor de suelo intermedio $S=1.20$, factor de amplificación sísmica $C=2.5$ y el coeficiente de reducción de $R=7$ y así tener la carga sísmica actuante en la estructura.

$$V_x = \frac{Z_x U_x C_x S}{R} x P = \frac{0.25 x 1 x 2.5 x 1.20}{7} x 444 \text{ kg} = 47.57 \text{ kg}$$

3.1.3.1. Carga admisible y carga sísmica para columnas

La carga admisible es la respuesta resistente de la sección que se pretende asumir lo que involucra su módulo de elasticidad ($E_{min}=55000 \text{ kg/cm}^2$), área de la sección transversal a usar ($A=484 \text{ cm}^2$) y con una esbeltez en ambas direcciones de ($\lambda=20.45$) considerándose como columna larga así poder satisfacer dicha expresión, donde la carga $P = 444 \text{ kg}$.

$$N_{adm} > P$$

$$N_{adm} = 0.329 \times \frac{E \times A}{(\lambda)^2} = \frac{0.329 \times 55000 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \times 484 \text{ cm}^2}{20.45^2} = 20941.95 \text{ kg}$$

$$20941.95 \text{ kg} > 444 \text{ kg}$$

3.1.3.2. Análisis de esfuerzos

Tabla 1.
Datos de la sección.

Datos		
Momento máximo	M	14271.43 kg-cm
Esfuerzo admisible en flexión	Fm	110.00 kg/cm ²
Módulo de la sección	z	1774.67 cm ³
Base de la sección	b	22 cm
Altura de la sección	h	22 cm
Carga axial admisibles	Nadm	20941.95 kg
Carga axial aplicada	P	444 kg
Magnificación de momentos	Km	1.01
Tracción paralela	ft	75 kg/cm ²
Área de sección transversal	A	484 cm ²

Esfuerzo admisible a flexo compresión

$$\frac{N}{N_{adm}} + \frac{Km |M|}{Zfm} < 1$$

$$0.095 < 1$$

Verificación a flexo - tracción

$$\frac{N}{A * ft} + \frac{Km |M|}{Zfm} < 1$$

$$0.086 < 1$$

3.1.3.3. Verificación por deriva

La verificación por deriva se determinará según la E.30 considerando las propiedades de la sección el módulo de elasticidad ($E_{min}=55\ 000 \text{ kg/cm}^2$), inercia ($I=19521.33\text{cm}^4$), longitud ($L=300 \text{ cm}$), carga sísmica actuante ($V_x=47.57 \text{ kg}$), coeficiente de reducción ($R=7$) y además teniendo en cuenta el límite de distorsión de entre piso ($\Delta \text{ norma}=0.01$).

Deriva elastica

$$\Delta i = \frac{V_x \times L^3}{3EI}$$

$$\Delta i = 0.40 \text{ cm}$$

$$\delta = \frac{\Delta i}{H} = \frac{0.40 \text{ cm}}{300 \text{ cm}} = 0.0013$$

Deriva inelastica

$$\Delta = \frac{\Delta i}{H} \times 0.75 \times R$$

$$\Delta = 0.0013 \times 0.75 \times 7$$

$$\Delta = 0.0068$$

El diseño de la columna nos da una sección de 22 cm x 22 cm, la cual es la sección que cumple con los esfuerzos admisibles a flexo compresión, la verificación de flexo tracción y la deriva inelástica la cual menciona el RNE, de tal manera que nuestro diseño sea confiable ante cualquier efecto sísmico logrando ser una estructura segura.

Por otro lado, tenemos las cimentaciones donde se realizaron los cálculos con los parámetros según los antecedentes y características de la zona, según Meyerhof tenemos una carga admisible de $q_{adm}=12584.98 \text{ kg/m}^2$ donde finalmente se determinó que la sección de la cimentación será con una profundidad mínima 80cm y con una sección de 40cm x 40cm añadiendo platina con pernos 3/4" y 1/2" para el empotramiento de la columna zapata.

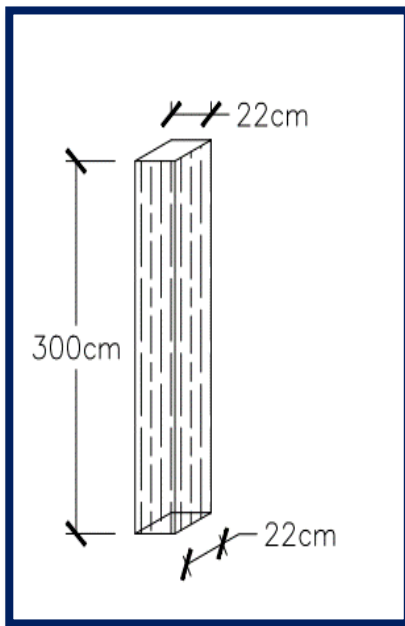


Figura 9. Diseño de columna.
Fuente: Propia

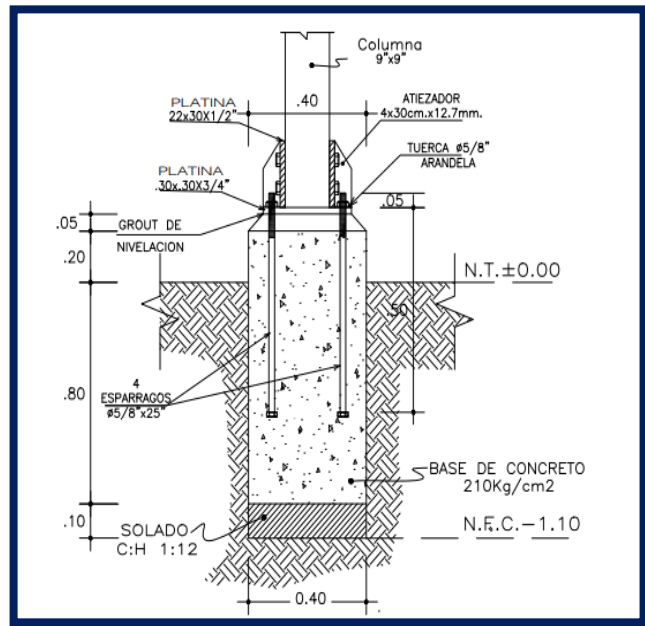


Figura 10. Diseño de cimentaciones.
Fuente: Propia

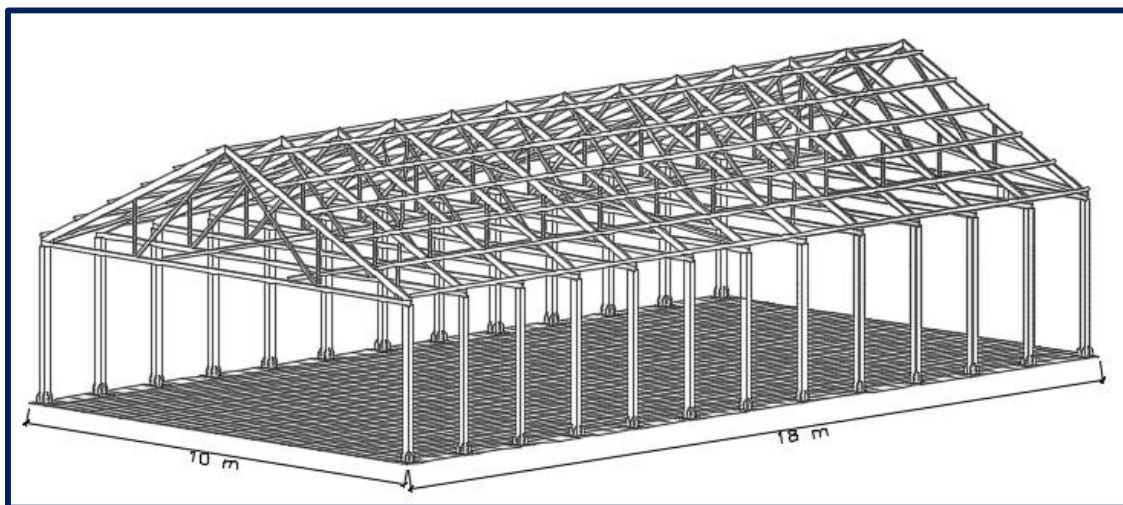


Figura 11. Diseño de la estructura.
Fuente: Propia

3.2. Sistemas convencionales o vernaculares



Figura 12. Estructura convencional en la zona.
Fuente: Google maps.



Figura 13. Estructura convencional en la zona.
Fuente: Propia.

4. Resultados del presupuesto

4.1. Presupuesto de la estructura diseñada

El análisis del presupuesto se realizó tomando en cuenta los costos de los materiales y mano de obra adecuada y actualizada considerando las dimensiones diseñadas.

Tabla 2.

Presupuesto de mano de obra, materiales, equipos y herramientas.

Partida	Costo de estructura diseñada				Costo total		
	Precios unitarios			Metrados	Costo total		
	Mano de obra	Materiales	Equipos y herramientas		Mano de obra	Materiales	Equipos y herramientas
Armado del tijeral tipo pratt	486,70	1218,63	29,14	13	6327,15	15842,19	378,76
Anclaje del tijeral tipo pratt	48,07	40,00	5,48	13	624,88	520,00	71,24
Armado de correas de 2"x4"x3m	5,55	96,28	0,50	72	399,90	6932,16	36,00
Armado del arriostre inferior 2"x4"x3m	5,55	96,28	0,50	12	66,65	1155,36	6,00
Cobertura teja andina (1.14m x 0.72m de 5mm)	10,00	32,27	0,50	290	2894,96	9344,27	144,75
Columna de 10"x10"x3m	156,22	311,50	7,81	26	4061,72	8099,00	203,09
Zapata de (0.40m x 0.40 x 0.80m)	104,76	234,05	14,74	3.3	348,62	778,92	49,05
Sub total						S/ 58 284,67	

Tabla 3.
Presupuesto total.

Costo de estructura diseñada				
Descripción	Unidad	Metrados	Precio unitario	Parcial
Armado del tijeral tipo pratt	und	13	1734,47	22548,10
Anclaje del tijeral tipo pratt	und	13	93,55	1216,12
Armado de correas de 2"x 4"x3m	und	72	102,33	7368,06
Armado del arriostre inferior 2"x4"x3m	und	12	102,33	1228,01
Cobertura teja andina (1.14m x 0.72m de 5mm)	und	290	42,77	12383,97
Columna de 10"x10"x3m	und	26	475,53	12363,81
Zapata de (0.40m x 0.40 x 0.80m)	m3	3.3	353,54	1176,59
Costo directo				S/ 58 284,76
Gastos generales (10%)				S/ 5 828,47
Utilidades (5%)				S/ 2 914,23
Sub total				S/ 67 027,37
IGV (18%)				S/ 12 064,93
Presupuesto total				S/ 79 092,29

Tabla 4.
Materiales.

Lista de materiales		
Materiales	Unidad	Precio unitario
Madera Tornillo Aserrada de 2" x 4" x 3.00 m	Und	S/ 96,00
Madera Tornillo Aserrada de 2" x 6" x 3.00 m	Und	S/ 149,12
Madera Tornillo Aserrada de 2" x 3" x 3.00 m	Und	S/ 70,40
Cartelas de Madera Tornillo de 1"x 16"x 3m	Und	S/ 128,00
Clavo Albañil con cabeza 3"x 10 BWG(3.40 mm)x(150 Un) 1 kg	Kg	S/ 4,90
Accesorios de ángulo y pernos de acero uniones columna tijeral	Und	S/ 20,00
Madera Tornillo Aserrada de 2" x 4" x 3 m	Und	S/ 96,00
Clavo Albañil con cabeza 6"x 5 BWG x(40 UN) 1 kg	Kg	S/ 7,00
Teja andina 1.14 m x 0.72 m de 5 mm Au= 0.69 m2	Und	S/ 30,50
Tirafones 2 1/2" x 500 gramos	Kg	S/ 5,90
Madera Tornillo Aserrada de 10" x 10" x 3 m	Und	S/ 261,50
Accesorios de ángulo y pernos de acero uniones zapata y columna	Und	S/ 25,00
Arena gruesa	m3	S/ 55,00
Piedra chancada de 3/4"	m3	S/ 55,00
Piedra grande de 8"	m3	S/ 40,00
Agua	m3	S/ 22,00
Cemento portland tipo 1	bls	S/ 23,00

4.2. Presupuesto de la estructura convencional

El análisis del presupuesto se realizó tomando en cuenta los costos de los materiales y mano de obra convencional y considerando las dimensiones reales con la cual se construyó la vivienda.

Tabla 5.
Presupuesto de mano de obra, materiales, equipos y herramientas.

Partida	Costo de estructura convencional				Costo total		
	Precios unitarios			Metrados	Mano de obra	Materiales	Equipos y herramientas
	Mano de obra	Materiales	Equipos y herramientas				
Armado del tijeral tipo pratt	353,07	759,46	25,65	13	4589,87	9872,98	333,49
Anclaje del tijeral tipo pratt	81,48	4,90	7,15	13	1059,20	63,70	92,96
Armado de correas de 2"x 3"x3m	2,21	73,90	0,33	84	185,36	6207,60	27,93
Armado del arriostre inferior 2"x3"x3m	2,21	73,90	0,33	56	123,57	4138,40	18,62
Cobertura teja andina (1.14m x 0.72m de 5mm)	3,97	32,27	0,20	290	1150,15	9344,27	57,51
Columna de 6"x6"x3.5m	264,80	180	13,24	26	6884,80	4680,00	344,24
Zapata de (0.40m x 0.40 x 0.80m)	104,75	0	14,74	0	0,00	0,00	0,00
Sub total						S/ 49 174,66	

Tabla 6.
Presupuesto total.

Costo de estructura convencional				
Descripción	Unidad	Metrado	Precio unitario	Parcial
Armado del tijeral tipo pratt	und	13	1138,18	14796,34
Anclaje del tijeral tipo pratt	und	13	93,53	1215,86
Armado de correas de 2"x 3"x3m	und	84	76,44	6420,89
Armado del arriostre inferior 2"x3"x3m	und	56	76,44	4280,60
Cobertura teja andina (1.14m x 0.72m de 5mm)	und	290	36,44	10551,93
Columna de 6"x6"x3.5m	und	26	458,04	11909,04
Zapata de (0.40m x 0.40 x 0.80m)	m3	0	119.50	0,00
Costo directo				S/ 49 174,66
Gastos generales (10%)				S/ 4 917,47
Utilidades (5%)				S/ 2 458,73
Sub total				S/ 56 550,86
IGV (18%)				S/ 10 179,15
Presupuesto total				S/ 66 730,02

Tabla 7.
Materiales.

Lista de materiales		
Materiales	Unidad	Precio unitario
Madera Tornillo Aserrada de 2" x 4" x 3.00 m	Und	S/ 96,00
Madera Tornillo Aserrada de 2" x 6" x 3.00 m	Und	S/ 00,00
Madera Tornillo Aserrada de 2" x 3" x 3.00 m	Und	S/ 70,40
Cartelas de Madera Tornillo de 1" x 16" x 3m	Und	S/ 00,00
Clavo Albañil con cabeza 3" x 10 BWG(3.40 mm)x(150 Uni) 1 kg	Kg	S/ 4,90
Accesorios de ángulo y pernos de acero uniones columna tijeral	Und	S/ 00,00
Madera Tornillo Aserrada de 2" x 3" x 3 m	Und	S/ 70,40
Clavo Albañil con cabeza 6" x 5 BWG x(40 UN) 1 kg	Kg	S/ 7,00
Teja andina 1.14 m x 0.72 m de 5 mm Au= 0.69 m2	Und	S/ 30,50
Tirafones 2 1/2" x 500 gramos	Kg	S/ 5,90
Madera Tornillo Aserrada de 6" x 6" x 3.5 m	Und	S/ 180,00
Accesorios de ángulo y pernos de acero uniones zapata y columna	Und	S/ 00,00
Arena gruesa	m3	S/ 00,00
Piedra chancada de 3/4"	m3	S/ 00,00
Piedra grande de 8"	m3	S/ 00,00
Agua	m3	S/ 00,00
Cemento portland tipo 1	bls	S/ 00,00

5. Análisis de investigación

las dimensiones calculadas de la estructura diseñada se realizaron haciendo el uso de la madera tornillo del grupo "C" por el método de esfuerzos admisibles según el manual de diseño de grupo andino logrando diseñar la cobertura tipo pratt, columnas y para las cimentaciones se consideró las dimensiones mínimas de la E .050 suelos y cimentaciones.

Según los resultados de la estructura diseñada tiene como presupuesto total de S/. 79,092.29 mientras que la estructura convencional tiene S/. 66,730.02 excediendo la estructura diseñada en un 15% del presupuesto total. Sin embargo, estructuralmente las construcciones convencionales muestran irregularidades que a corto o largo plazo pueden ser construcciones con mayor vulnerabilidad ante peligros sísmicos, de tal manera que sale de su objetivo de salvaguardar vidas exponiendo a la población en una zona de alto riesgo.

Tabla 8.
Detalle estructural de la investigación.

Detalle estructural	
Estructura con diseño	Estructura convencional
<ul style="list-style-type: none"> • Diseño de cimentación. • Diseño de unión zapata y columna. • Diseño de columnas. • Diseño de unión columna y armadura. • Diseño de la armadura tipo pratt con uniones doble cizallamiento. • Diseño de arriostres inferior. 	<ul style="list-style-type: none"> • No tiene cimentación. • No tiene unión de zapata y columna. • Diseño convencional de columna. • No tiene diseño de unión columna y armadura. • No tiene diseño de la armadura. • No tiene diseño de arriostres.

Tabla 9.
Análisis estructural de la investigación.

Análisis estructural	
Estructura con diseño	Estructura convencional
<ul style="list-style-type: none"> • Excelente rigidez y resistencia del sistema. • Posee grandes efectos arquitectónicos y estéticos. • Mayor eficiencia en el ensamblaje de piezas de la cobertura y arriostres. • Menor costo en mano de obra. • Mayor manipulación en colocación de la cobertura. 	<ul style="list-style-type: none"> • Baja rigidez y resistencia del sistema. • Baja calidad en efectos arquitectónicos y estéticos. • Baja eficiencia en el ensamblaje de la cobertura y arriostres. • Mayor costo en mano de obra. • Baja manipulación en colocación de diversos elementos estructurales.

Como se muestra en las dos tablas la estructura diseñada se caracteriza por tener secciones fundamentadas y necesarias que debe tener un proyecto según las cargas solicitadas y el RNE, de tal manera que la estructura pueda soportar diversas solicitaciones y exposiciones naturales que se pueda presentar en la zona. La estructura convencional presenta secciones menores que las mínimas calculadas y no cuenta con algunos elementos estructurales como los arriostres y las zapatas siendo elementos fundamentales en este tipo de proyectos logrando soportar solo su peso propio, pero ante cualquier evento sísmico o efecto natural que pueda sufrir la estructura se puede ver muy perjudicada, teniendo en cuenta que está expuesta a humedad en la parte inferior de la columna donde no lleva zapata, es más propensa a diversas patologías “pudrición”. Esto hace que la estructura convencional seas más vulnerable ante efectos naturales.

6. Conclusiones

Con los resultados obtenidos en las dos estructuras su presupuesto vario en un 15% la estructura diseñada por lo que es una estructura segura ante cualquier peligro sísmico, para su diseño se consideró los diversos parámetros que menciona el Reglamento Nacional de Edificaciones, aunque la estructura convencional es más económica por que no cuenta con arriostres ni zapatas y no está construida por personas capacitadas de lo contrario la estructura diseñada tiene todo los elementos estructurales y está a cargo de operarios tanto en la construcción y el montaje de tal manera que se logre minimizar los desperdicios y el excesivo uso de la madera tornillo lo que es común en la provincia de Satipo y distrito de Pangoa.

En conclusión, las construcciones convencionales no cumplen con las normas y podrían poner en peligro las obras de construcción maderable, ya que los constructores de madera se basan en la experiencia y no en conocimientos ni conceptos teóricos, por lo tanto, ellos necesitan una capacitación con el uso correcto estructural de la madera la cual será más económicas y más amigables con el medio ambiente.

Recomendaciones

- Asegurar las uniones o conexiones de tal manera que la estructura se comporte como un todo y garantice la continuidad de la carga hasta los cimientos. Además, elegir el material de unión y mantener un constante monitoreo para su mantenimiento.
- Mantener la integridad las secciones diseñadas en el momento del montaje de la estructura, perforaciones en las secciones propuestas para instalar otros elementos alterarían el comportamiento estructural.
- Proteger a la madera contra la humedad y hongos transportados por el viento del ambiente, mediante el uso de un impermeabilizante en la madera y debajo de la cubierta. De la misma manera verificar que no existan goteras.

Referencias

- Andino, G. (1984). *manual_diseno.pdf* (p. 591). p. 591.
- Arbaiza, C. E. (1990). Problemática del uso de la madera como material de construcción en el Perú. *Universidad Privada Ricardo Palma*, 28–30.
- Arbaiza Mendoza, C. E. (2016). El uso de la madera como material de construcción en la época republicana en el Perú. Estudio de caso: Club Social Pacasmayo. *Pueblo Continente*, 27(1), 147–154.
- Bone segura, C. (2016). *Universidad De Guayaquil Tutor* : 83.
- Escobar, O. (2015). *LA RESISTENCIA DE LAS*. 3. Retrieved from http://elsemillero.net/pdf/madera_tres.pdf
- Fernández Borja, A. (1970). La industria de la madera. In *Economía industrial*.
- Lemus Sanchez, J. &, & Romero Ruiz, Y. (2014). Pontificia Universidad Católica del Perú. *Pontificia Universidad Católica Del Peru*, 8(33), 44. Retrieved from https://ipsas.upm.edu.my/upload/dokumen/IISS_022.pdf
- Madera, E. 01.-. (2018). *Sub-título iii.2 estructuras norma e.010*. 71. Retrieved from <http://ww3.vivienda.gob.pe/DGPRVU/docs/RNE/Título III Edificaciones/49 E.010 MADERA DS N° 005-2014.pdf>
- Prihatmaji, Y. P., Kitamori, A., & Komatsu, K. (2015). Seismic vulnerability on structural proportion of traditional Javanese wooden houses (Joglo). *Procedia Environmental Sciences*, 28(Sustain 2014), 804–808. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2015.07.095>
- Purkiss, J. B. (2010). *DOCUMENTO DE DESCRIPCIÓN FORMAL DEL CONOCIMIENTO ARQUITECTÓNICO*. 1–22.
- Rondon Zuñiga, E. (2018). “ *Estudio de prefactibilidad para la producción de viviendas familiares de madera en la ciudad de Arequipa* ” Elvi Rendón Zúniga *Ingeniería Industrial*.
- Saila, E. T. A. A. (2010). *Arquitectura y madera*. 15, 69.
- Salazar Alvarado, V. H. (2014). *Vivienda con estructura de madera en la ciudad de guayaquil*. 196.
- Silvana, V. &. (2010). Estudio De Los Sistemas Constructivos Tradicionales En Madera. *Tesis*.