



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

“Aplicación del bambú en el reforzamiento del concreto para medir el comportamiento estructural de una vivienda de 2 pisos en Cañete - 2019”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

AUTOR:

Br. Bandy Basilio Salvatierra Vega (ORCID: 0000-0002-4530-795X)

ASESOR:

Dr. Gerardo Cancho Zúñiga (ORCID: 0000-0002-0684-5114)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño Sísmico y Estructural

LIMA - PERÚ

2019

DEDICATORIA

Esta tesis se la dedico a Dios quien supo guiarme por el buen camino, darme fuerzas para seguir avanzando y no desfallecer ante los obstáculos que se presentaban; a mi familia por su comprensión y apoyo durante estos 5 años de estudio, gracias a ellos soy lo que soy.

AGRADECIMIENTO

Al Dr. Gerardo Cancho Zúñiga por su apoyo, seguimiento y asesoría constante durante el desarrollo de la presente tesis; al Ing. Rodolfo Marquina Callacna por su apoyo incondicional durante la elaboración de la presente tesis y a la Universidad César Vallejo por darme la oportunidad de formarme como profesional.

PÁGINA DEL JURADO

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo, Salvatierra Vega Bandy Basilio, identificado con DNI N° 72708009 perteneciente a la Escuela Académico - Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Cesar Vallejo y como producto observable del Desarrollo de Proyecto de Investigación se ha desarrollado la Tesis “Aplicación del bambú en el reforzamiento del concreto para medir el comportamiento estructural de una vivienda de 2 pisos en Cañete - 2019”.

Declaro bajo juramento que:

1. El trabajo es de mi autoría.
2. He respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas. Por lo tanto, no existe plagio ni total ni parcialmente.
3. El trabajo no ha sido publicado, ni presentado anteriormente como producto académico de otra materia.
4. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados y por lo tanto los resultados que se presentan constituyen aportes a la realidad investigada.

De identificarse la falta de fraude (datos falsos), plagio (información sin citar a autores), autoplagio (presentar como nuevo algún trabajo de investigación propio que ya ha sido publicado), piratería (uso ilegal de información ajena) o falsificación (presentar falsamente las ideas de otros), asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normatividad vigente de la Universidad César Vallejo.

Los Olivos, 05 de diciembre del 2019.



SALVATIERRA VEGA, BANDY BASILIO
DNI N° 72708009

ÍNDICE

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
PÁGINA DEL JURADO	iv
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD	v
ÍNDICE	vi
RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MÉTODO	17
2.1. Enfoque, Diseño, Tipo y Nivel de Investigación	18
2.1.1. Enfoque de Investigación	18
2.1.2. Diseño de Investigación	18
2.1.3. Tipo de Investigación	18
2.1.4. Nivel de Investigación	18
2.2. Matriz Operacional de Variables	19
2.3. Matriz de Consistencia	20
2.4. Población y muestra	21
2.4.1. Población	21
2.4.2. Muestra	21
2.5. Técnicas e instrumento de recolección de datos, Validez y Confiabilidad	21
2.5.1. Técnicas de recolección de datos	22
2.5.2. Instrumentos de recolección de datos	22
2.5.3. Validez del instrumento	24
2.5.4. Confiabilidad del instrumento	25
2.6. Procedimiento	25
2.6.1. Ensayo de compresión paralela a la fibra	27
2.6.2. Ensayo de corte paralelo a la fibra	29
2.6.3. Ensayo de tensión paralela a la fibra	31
2.6.4. Ensayo de flexión estática	33
2.6.5. Ensayo de contenido de humedad	35
2.6.6. Diseño de la vivienda reforzada con acero	36
2.6.6.1. Geometría	36
2.6.6.2. Modelo en ETABS	37
2.6.7. Diseño de la vivienda reforzada con bambú	39
2.6.7.1. Geometría	40
2.6.7.2. Modelo en ETABS	41
2.6.8. Análisis Sísmico	47

2.6.8.1. Factor de Zona.....	48
2.6.8.2. Factor de Suelo	48
2.6.8.3. Factor de Uso	48
2.6.8.4. Coeficiente de Reducción de Fuerzas Sísmicas	48
2.6.8.5. Factor de Amplificación Sísmica	48
2.6.8.6. Aceleración Espectral.....	48
2.6.8.7. Periodo Fundamental.....	49
2.7. Método de análisis de datos	49
2.8. Aspectos éticos	50
III. ANÁLISIS Y RESULTADOS.....	52
3.1. Descripción de la zona de estudio.....	53
3.1.1. Ubicación	53
3.1.2. Características de la zona de estudio	53
3.2. Estudios previos	53
3.2.1. Estudios de campo	53
3.2.2. Estudios de laboratorio.....	55
3.2.2.1. Compresión paralela a la fibra (C).....	55
3.2.2.2. Corte paralelo a la fibra (V).....	57
3.2.2.3. Tensión paralela a la fibra (T).....	59
3.2.2.4. Flexión estática (F).....	61
3.2.2.5. Contenido de humedad (CH).....	63
3.3. Análisis	64
3.3.1. Vivienda con refuerzo de acero en ETABS.....	64
3.3.1.1. Desplazamientos	64
A. Desplazamiento en “X”	64
B. Desplazamiento en “Y”.....	65
3.3.1.2. Cortante Estático y Dinámico en la Base	66
3.3.1.3. Modos de Vibración	67
3.3.1.4. Periodo Fundamental.....	67
3.3.1.5. Fuerzas de los elementos estructurales	69
3.3.2. Vivienda con refuerzo de bambú en ETABS	70
3.3.2.1. Desplazamientos	70
A. Desplazamiento en “X”	70
B. Desplazamiento en “Y”.....	71
3.3.2.2. Cortante Estático y Dinámico en la Base	72
3.3.2.3. Modos de Vibración	73
3.3.2.4. Periodo Fundamental.....	73
3.3.2.5. Fuerzas de los elementos estructurales	75
3.4. Resultados.....	76

3.4.1. Comparación de derivas	76
3.4.2. Comparación de cortantes estáticas y dinámicas en la base	77
3.4.3. Comparación de periodos fundamentales.....	77
3.4.4. Comparación de cargas en la estructura con refuerzo de acero y bambú	78
3.10. Contratación de hipótesis	79
IV. DISCUSIÓN	81
V. CONCLUSIONES.....	84
VI. RECOMENDACIONES.....	87
VII. REFERENCIAS.....	89
ANEXOS.....	96
ANEXO 01: Instrumento de Investigación Validado	97
ANEXO 02: Informes de Laboratorio	102
ANEXO 03: Certificados de Calibración.....	113
ANEXO 04: Mapa de Zonificación Sísmica – Geotécnica de San Luis de Cañete	124
ANEXO 05: Panel Fotográfico	126

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo general evaluar la aplicación del bambú en el reforzamiento del concreto para medir el comportamiento estructural de una vivienda de 2 pisos en Cañete – 2019, para lo cual se realizaron los ensayos mecánicos del bambú basados en la Norma Técnica Colombiana NTC – 5525, se diseñó los elementos estructurales con refuerzo de acero y bambú en base a la Norma ACI-318, la Norma Técnica E.100 y el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10 – Título E y se realizó el análisis estático y dinámico de la estructura reforzada con acero y con bambú en base a la Norma Técnica E-030. En base a los resultados obtenidos del análisis estático y dinámico modal espectral se concluye que la aplicación del bambú interviene considerablemente en el reforzamiento del concreto y el comportamiento estructural de la vivienda, ya que de la vivienda reforzada con acero y con bambú se observó que las cargas máximas y las derivas máximas son menores en la vivienda reforzada con bambú debido a su menor peso. Las fuerzas axiales máximas en las columnas con refuerzo de bambú son 0.12 % menores con respecto a las que cuentan con refuerzo de acero. Las cortantes máximas en las columnas con refuerzo de bambú son 23.39 % menores con respecto a las que cuentan con refuerzo de acero y en las vigas con refuerzo de bambú son en promedio 1.20 % mayores con respecto a las que cuentan con refuerzo de acero. Las derivas inelásticas de la vivienda reforzada con bambú son en promedio 26.77 % menores con respecto a la reforzada con acero.

Palabras clave: Bambú, fibra, esfuerzos, comportamiento estructural, derivas.

ABSTRACT

The general objective of this research was to evaluate the application of bamboo in concrete reinforcement to measure the structural behavior of a 2-story house in Cañete - 2019, for which the mechanical tests of bamboo based on the Colombian Technical Standard NTC were carried out. - 5525, the structural elements with steel and bamboo reinforcement were designed based on the ACI-318 Standard, the E.100 Technical Norm and the Colombian Seismic Construction Regulation NSR-10 - Title E and the static analysis was carried out. Dynamic structure reinforced with steel and bamboo based on the Technical Standard E-030. Based on the results obtained from the static and dynamic spectral modal analysis, it is concluded that the application of bamboo intervenes considerably in the reinforcement of the concrete and the structural behavior of the house, since according to the results obtained from the housing reinforced with steel and bamboo it was observed that the maximum loads and the maximum drifts are lower in the house reinforced with bamboo due to its lower weight. The maximum axial forces in the columns with bamboo reinforcement are 0.12% lower than those with steel reinforcement. The maximum shear in the columns with bamboo reinforcement are 23.39% smaller with respect to those with steel reinforcement and in the bamboo reinforcement beams they are on average 1.20% higher than those with steel reinforcement. The inelastic drifts of the house reinforced with bamboo are on average 26.77% smaller than those reinforced with steel.

Keywords: Bamboo, fiber, stress, structural behavior, drifts.

I. INTRODUCCIÓN

Realidad Problemática

El comportamiento de las infraestructuras construidas determina el crecimiento económico sostenible de una nación, sin embargo, son los materiales utilizados los que determinan el comportamiento de estas infraestructuras.

El uso del bambú resulta ser una buena alternativa en el sistema constructivo, se le considera el acero del siglo actual, ya que a diferencia del acero es abundante, barato y no requiere de grandes procesos industriales, además tiene mayor facilidad de acceso en zonas rurales donde el acceso al acero es limitado.

La presente investigación está orientada a la aplicación del bambú en el reforzamiento del concreto para medir el comportamiento estructural de una vivienda. Lo que se busca es presentar al bambú como alternativa de bajo costo y técnicamente viable, especialmente para zonas rurales donde el uso de acero es costoso y de difícil acceso como es el caso de Cañete, una de las tantas zonas devastadas por el terremoto ocurrido en el año 2007. Los ensayos que se realizarán para establecer las propiedades físico – mecánicas del bambú están normados bajo la Norma Técnica Colombiana NTC – 5525, esta es una adaptación de la norma ISO 22157 – 1: 2004; el diseño de la estructura será evaluado bajo la Norma Técnica E.100 y el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10.

Trabajos Previos

Antecedentes Internacionales

Podemos encontrar la tesis titulada “Esfuerzo máximo de tensión paralela a la fibra y determinación del módulo de elasticidad de la *Guadua Angustifolia* del municipio de Pitalito-Huila” que tiene como objetivo primordial establecer el esfuerzo máximo de tensión paralela a la fibra y el módulo de elasticidad de la *Guadua angustifolia* del municipio de Pitalito; concluyendo que la sección del culmo es responsable de la variación de resistencia a la tensión, ya que la resistencia promedio obtenida de la parte superior está por encima de las obtenidas de la parte inferior y media; el valor obtenido de la parte superior es de 62.89 Mpa y el de las partes inferior y media son de 60.77 Mpa y 59.46 Mpa, respectivamente. (Alarcón Gutiérrez y Olarte Flórez, 2013).

También encontramos la investigación titulada “Efecto del contenido de humedad en la resistencia a tensión paralela a la fibra del bambú *Guadua Angustifolia* Kunth” que tiene

como objetivo principal evaluar mediante ensayos el contenido de humedad y la resistencia a tensión paralela a la fibra de la guadua; concluyendo que la resistencia, cuyo contenido de humedad es inferior al 10%, disminuye debido al debilitamiento del tejido de soporte o parenquimático, ya que gran parte de las probetas examinadas con ese rango de humedad fallaron por corte longitudinal antes o casi a la vez que por tensión. (Gutiérrez González y Takeuchi Tam, 2014).

Por último, tenemos la tesis titulada “Diseño de una vivienda de dos plantas, sismorresistente con Caña Guadua” que tiene como objetivo principal plantear una vivienda de dos pisos resistente a sismos con bambú en la Provincia de Santa Elena; concluyendo que los momentos que se producen en la viga principal y secundaria son de 298.95 Kg-m y 261.68 Kg-m, respectivamente, con respecto al esfuerzo cortante se obtuvo 495.8 Kg y 261.68 Kg en la viga principal y secundaria, respectivamente. En cuanto al esfuerzo axial, el programa SAP2000 dió como resultados 451.76 Kg, 5.5 Kg y 3959.89 Kg en la viga principal, secundaria y columna, respectivamente. (Espinoza Andaluz y Guerrero Muñoz, 2016).

Antecedentes Nacionales

Podemos destacar la tesis titulada “Evaluación de las propiedades físico-mecánicas del bambú – Bagua – Amazonas” que tiene como objetivo principal determinar las propiedades físico-mecánicas del bambú procedente de los sembradíos de Bagua – Amazonas, con el fin de aplicarlo en la construcción; concluyendo que los esfuerzos admisibles, en base a los ensayos realizados en laboratorio y el Acuerdo de Cartagena, son de 12.38 Mpa a compresión paralela a la fibra, 12.56 Mpa a flexión cuyo módulo de elasticidad promedio y mínimo son de 7592.36 Mpa y 6263.54 Mpa, respectivamente. Las propiedades físico – mecánicas de la Guadua Angustifolia procedente de la provincia de Bagua, Amazonas, muestra valores de esfuerzo admisible a compresión menores a lo establecido en la Norma E.100 en un 5.10% y a flexión mayores a lo señalado en dicha norma en un 60.19%. (Estacio Castañeda, 2013).

También encontramos la tesis titulada “Características físicas y mecánicas del bambú para fines estructurales” con el objetivo primordial de establecer las características físico-mecánicas del bambú mediante los ensayos de contenido de humedad, retraimiento, densidad básica, compresión paralela a la fibra, corte, flexión estática y

torsión; concluyendo que el contenido de humedad para muestras de 4 y 5 años de cultivo resultan 15.5% y 14.3%, respectivamente, así mismo la densidad básica para estas dos muestras resultan 723.2 Kg/m³ y 655.8 Kg/m³, respectivamente. La variación de las propiedades físico - mecánicas del bambú se debe a las edades de las muestras examinadas según los valores promedio hallados en laboratorio. (Carpio Gálvez y Vásquez Salas, 2016).

Por último, tenemos la tesis titulada “Propiedades físicas y mecánicas de la Guadua Angustifolia con fines estructurales” cuyo objetivo principal es determinar las propiedades físico – mecánicas del bambú mediante los ensayos a tracción, compresión, flexión y corte para fines estructurales; concluyendo que, en base a la Norma Técnica Peruana E-100, las propiedades físico – mecánicas obtenidas hacen que este material sea idóneo para estructuras resistentes a sismos, ya que los esfuerzos admisibles y módulos de elasticidad conseguidos son superiores al Grupo C de maderas y equivalentes a los Grupos A y B. (Ángeles Castro, 2014).

Teorías relacionadas al tema

Bambú

Taxonómicamente, pertenece a la familia *Poaceae*, a la subfamilia *Bambusoideae*, la cual está subdividida en dos supertribus: los bambúes herbáceos u *Olyrodae* y los bambúes leñosos o *Bambusodae*. Los bambúes leñosos son los más abundantes y disgregados de la subfamilia *Bambusoideae* con 61 géneros a nivel global agrupadas en nueve subtribus (Hidalgo, 1974). La guadua es una gramínea nativa, de vasta distribución en América, donde cumple un protagonismo ambiental, sociocultural y económico; la guadua forma parte de la subtribu *Guaduinæ* cuya especie principal es la *Guadua angustifolia*. El Código Internacional de Nomenclatura Botánica ha determinado para la guadua 14 rangos taxonómicos (Tabla 1) (Takeuchi, 2014).

Tabla 1: Clasificación taxonómica de la guadua

REINO	Vegetal
DIVISIÓN	Spermatofitas
SUBDIVISIÓN	Angiospermas
ORDEN	Glumiflorales
CLASE	Monocotiledóneas
FAMILIA	Poaceae
SUBFAMILIA	Bambusoideae
SUPERTRIBU	Bambusodae
TRIBU	Bambuseae
SUBTRIBU	Guadinae
GÉNERO	Guadua
ESPECIE	Angustifolia Kunth
VARIEDAD	Bicolor
FORMA	Catilla, Cebolla, Macana, Cotuda, Rayada
NOMBRE CIENTÍFICO	Guadua Angustifolia Kunth (Bambusa guadua H et B)

FUENTE: Uribe y Durán, 2002.

La Guadua Angustifolia crece a velocidades altas, de aproximadamente 13 centímetros al día; en los primeros seis o siete meses de existencia, esta logra una elevación final de 20 a 30 metros y un diámetro de hasta 18 centímetros (Alarcón y Olarte, 2013). En la sección transversal del tallo se muestra tres componentes distintivos en cuanto a la anatomía: la epidermis o corteza exterior, la capa interior de la pared del tallo y el tejido fibro-vascular (Gutiérrez, 2011). El culmo del bambú guadua es su tallo y sale del rizoma, se caracteriza por poseer forma cilíndrica y hueca con segmentos formados por entrenudos, espaciados transversalmente por tabiques o nudos (Takeuchi, 2014). En la guadua las propiedades mecánicas como la tensión, dependen de la edad del corte de la planta, la sección del culmo y de otras propiedades físicas como la humedad, densidad aparente, entre otros aspectos (Alarcón y Olarte, 2013).

Módulo de elasticidad

Es la correlación entre el esfuerzo ejercido y la deformación unitaria. Cuando se supera el límite elástico, y se suprime el esfuerzo aplicado, el material resulta permanentemente deformado. El valor de deformación unitaria, indica la magnitud de la deformación permanente (Figura 1) (Alarcón y Olarte, 2013).

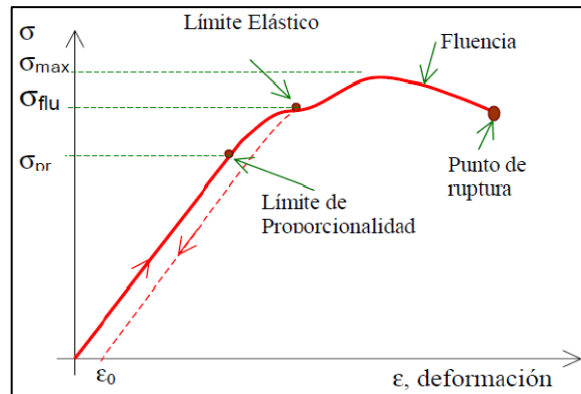


Figura 1: Curva típica Esfuerzo vs. Deformación

FUENTE: UNSAM, 2002.

Ensayos generales para determinar las propiedades físicas y mecánicas del bambú

Ensayo de contenido de humedad

Sirve para determinar, a través del pesaje, la pérdida de masa de la probeta de ensayo durante el secado hasta una masa constante, cálculo de la pérdida de masa como un porcentaje de la masa de la probeta de ensayo después del secado (ICONTEC, 2007). Se usa la siguiente fórmula:

$$CH = \frac{m - m_o}{m_o} \times 100$$

Dónde:

- ✓ m= Masa de la probeta anterior al secado.
- ✓ mo= Masa de la probeta posterior al secado.

Ensayo de compresión

Sirve para determinar el esfuerzo último de compresión de las probetas procedentes de las cañas de *Guadua angustifolia* y el módulo nominal de elasticidad, las probetas deben ser tomadas de las secciones inferior, media y superior de cada culmo, estas probetas deben ser marcadas con las letras I, M y S respectivamente; el esfuerzo último de compresión se debe hallar mediante la siguiente fórmula:

$$\sigma_{ult} = F_{ult} / A$$

Dónde:

- ✓ σ_{ult} = Esfuerzo último a compresión, en MPa (o N / mm²)

- ✓ F_{ult} = Carga máxima a la cual falla la probeta, en N.
- ✓ A = Área de la sección transversal, en mm² (ICONTEC, 2007).

Ensayo de flexión

Sirve para determinar la capacidad de flexión de las cañas mediante el ensayo de flexión de cuatro puntos, la curva de carga versus deflexión vertical y el módulo de elasticidad nominal del culmo, en las probetas de ensayo no debe haber daños perceptibles; para conseguir una falla a flexión, el espacio libre debe ser al menos $30 \times D$, donde D es el diámetro externo. El momento de inercia se determina con la siguiente fórmula:

$$I_B = \pi / 64 \times [D^4 - (D - 2t)^4]$$

NOTA: El valor de I_B se usa para predecir el comportamiento durante el ensayo.

La resistencia última, σ_{ult} , en MPa (o N/mm²), a flexión estática con el contenido de humedad durante el ensayo es calculado mediante la siguiente fórmula:

$$\sigma_{ult} = \frac{32 * M * D_{ext}}{\pi * (D_{ext}^4 - D_{int}^4)}$$

Dónde:

- ✓ F = Carga máxima aplicada, en N (la carga total aplicada en los dos puntos de carga).
- ✓ L = Luz, en mm (o espacio de separación)
- ✓ D = Diámetro externo, en mm
- ✓ I_B = Momento de inercia, en mm⁴

El módulo de elasticidad (módulo de *Young*) está establecido por la pendiente de la parte lineal del diagrama de deformación versus la carga. El módulo de elasticidad E , en MPa, se determina mediante la siguiente fórmula:

$$E = 23 \times F \times L^3 / 1296 \times \delta \times I_B$$

Dónde:

- ✓ F , L y I_B son igual que en la ecuación anterior
- ✓ δ = Deflexión en el punto medio de la luz en mm

Realizar un diagrama de la deflexión versus la carga (ICONTEC, 2007).

Ensayo de corte

Sirve para determinar la resistencia última al esfuerzo cortante, paralelo a las fibras, en probetas procedentes de cañas de *Guadua angustifolia*; las muestras deben ser tomadas de las partes inferior, media y superior de cada culmo, estas muestras se deben marcar con las letras I, M y S respectivamente, la mitad de las probetas para los ensayos de corte paralelo a la fibra deben poseer nudo y la mitad restante no deben poseer nudo, la longitud de la probeta y su diámetro deben ser iguales. Se debe registrar la lectura final de la carga última en la cual falló la probeta, así como el número de áreas que fallaron. La resistencia última de corte resulta de la siguiente fórmula:

$$\tau_{ult} = \frac{F_{ult}}{\sum(t \times L)}$$

Dónde:

- ✓ τ_{ult} = Resistencia última al corte, en MPa.
- ✓ F_{ult} = Valor máximo de la carga aplicada en la cual falla la probeta, en N.
- ✓ $\sum(t \times L)$ = Suma de los cuatro productos de t y L (ICONTEC, 2007).

Ensayo de tensión

Sirve para establecer la resistencia última a la tensión, paralela a las fibras, empleando una carga ascendente sobre la probeta; los extremos de las probetas deben poseer una forma que garantice la falla en la porción de ensayo y que disminuya la concentración del esfuerzo en el área de transición, está permitido usar probetas con extremos laminados. La resistencia máxima a tensión resulta de la siguiente fórmula:

$$\sigma_{ult} = \frac{F_{ult}}{A}$$

Dónde:

- ✓ σ_{ult} = Esfuerzo último de tensión, en MPa (o N/mm²).
- ✓ F_{ult} = Valor de la carga aplicada en la cual falla la probeta, expresada en N.
- ✓ A = Área media de la sección transversal de la porción de ensayo, expresada en mm² (ICONTEC, 2007).

Viviendas de bahareque encementado

En las últimas 4 décadas ha existido una disposición creciente de erigir viviendas de bajo costo ("bahareque encementado" en español) como una forma barata para el desarrollo y contextos posteriores a desastres en países en desarrollo. El bahareque diseñado correctamente tiene típicamente las siguientes características: fundaciones, soporte de elevación de la base de la pared, estructura de pared primaria, sistema de pared, pisos superiores, techo y número de plantas (Figura 2) (Kaminski, 2013).

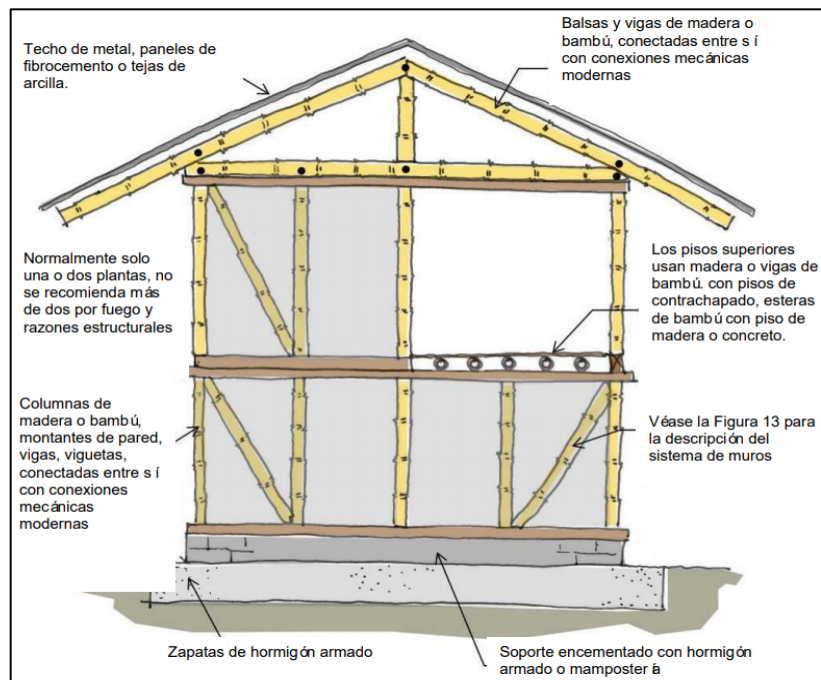


Figura 2: Características de la vivienda de bahareque moderna bien diseñada: Descripción general

FUENTE: Kaminski, 2016

Según Gutiérrez (2000); López (2004) y Kaminski (2013), con los cambios descritos anteriormente, junto con una buena construcción y mantenimiento, este tipo de sistema estructural es una mejora significativa sobre el bahareque tradicional, en términos de: durabilidad, rendimiento estructural en terremotos y vientos, higiene y estado (Figura 3) (Kaminski, 2013).

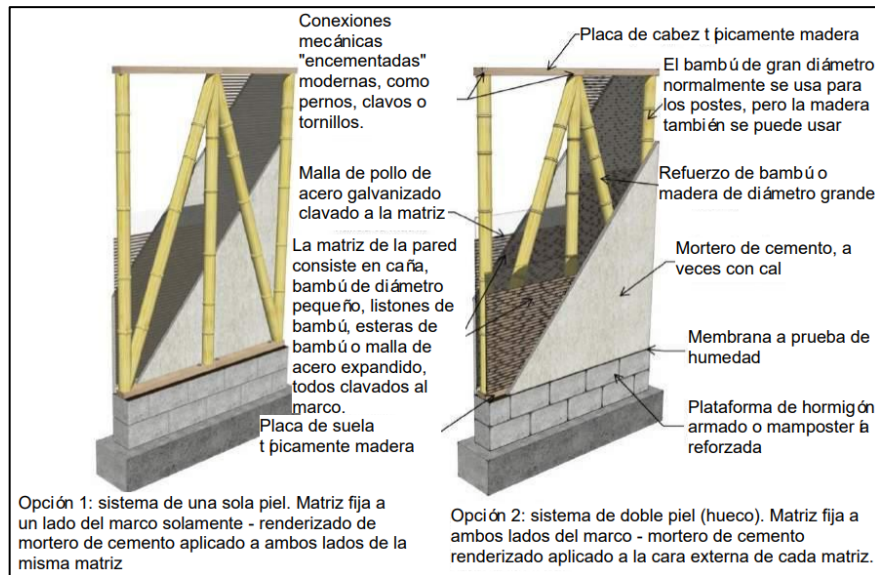


Figura 3: Características de la vivienda de bahareque moderna y bien diseñada: Detalles del sistema de muros

FUENTE: Kaminski, 2016

Tratamiento del bambú

Los conservantes son básicamente toxinas que se adicionan al bambú para evitar el ataque de hongos e insectos. Aunque existe una diversidad de tratamientos disponibles, muchos tienen una eficacia limitada o son inadecuados porque suponen riesgos significativos para la salud y la seguridad (como: conservantes antiguos a base de cobre, incluido cobre-cromo-arsénico (CCA) y amoníaco-cobre-arseniato (ACA)) y otros productos químicos como la creosota y el clorpirifos. Esto deja solo dos tipos básicos de conservantes que, en general, se consideran los más adecuados para el bambú:

- **Boro:** es barato de aplicar, eficaz, pero soluble, por lo que los elementos tratados con boro no pueden ser usados externamente, en pocas palabras, donde están expuestos a la lluvia.
- **Conservadores modernos de madera a base de cobre:** caros de aplicar, efectivos y razonablemente bien fijados contra la lixiviación, para que puedan ser utilizados externamente (Kaminski, 2016).

Recomendaciones de diseño para asegurar la durabilidad de la vivienda de bahareque encementado

La Figura 4 presenta un resumen de las recomendaciones clave para diseñar y detallar la casa de bahareque encementado para mayor durabilidad (Kaminski, 2016).

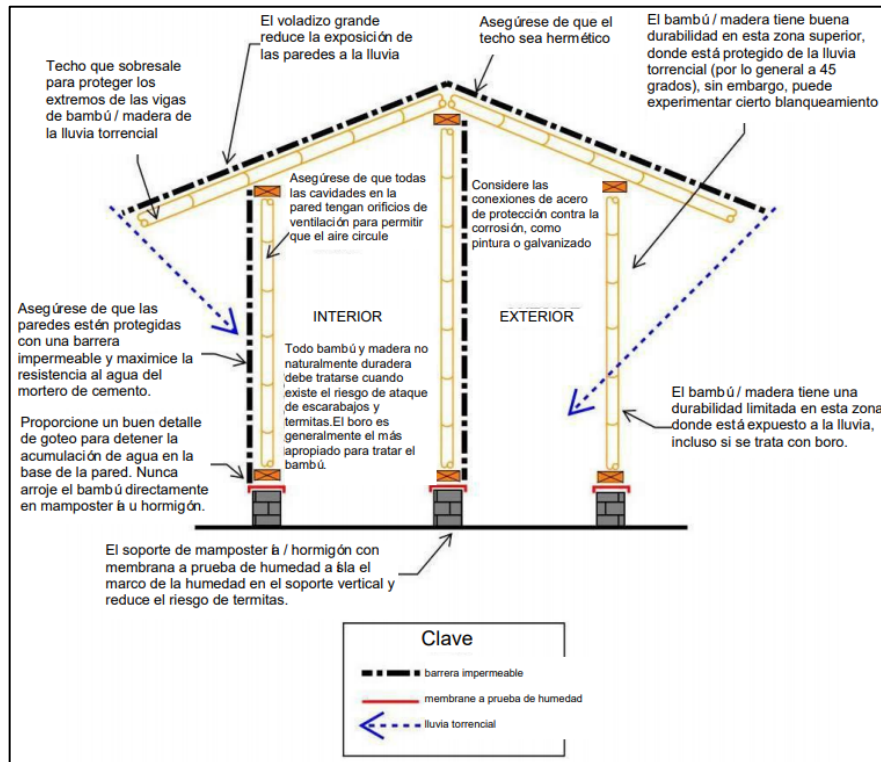


Figura 4: Recomendaciones para detallar estructuras de bahareque encementado para proteger contra la pudrición y los insectos

FUENTE: Kaminski, 2016

Bambú como refuerzo del concreto

El empleo del bambú como elemento de refuerzo en el concreto en el reemplazo de las varillas de acero, es una de las aplicaciones más importantes que tiene este material en la construcción, la alta resistencia a la tracción del bambú hace posible este tipo de aplicaciones, lo cual no sería posible en otros materiales como la madera (Atauje, 1986). La forma más recomendable para el uso de refuerzo de bambú es en forma de “tablillas” (Figura 5), estas desarrollan mejor adherencia con el concreto que las cañas o bambúes enteros que poseen una superficie lisa y cerosa (Hidalgo, 1978).

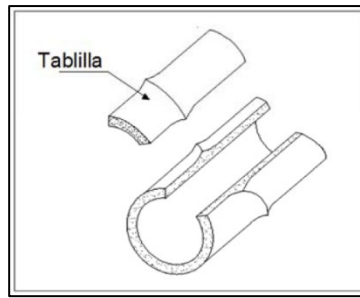


Figura 5: *Tablilla de bambú*

FUENTE: Vargas, 2016

Mecanismo de adherencia entre bambú y concreto

El principio de la pérdida de adherencia entre el bambú y el concreto puede ser comprendido a partir del mecanismo de interacción bambú-agua-concreto (Figura 6). Cuando el bambú absorbe el agua se produce un aumento en el volumen del bambú dentro de la masa del concreto. Este cambio volumétrico dependerá de la presión ejercida por el concreto sobre el bambú (Atauje, 1986).

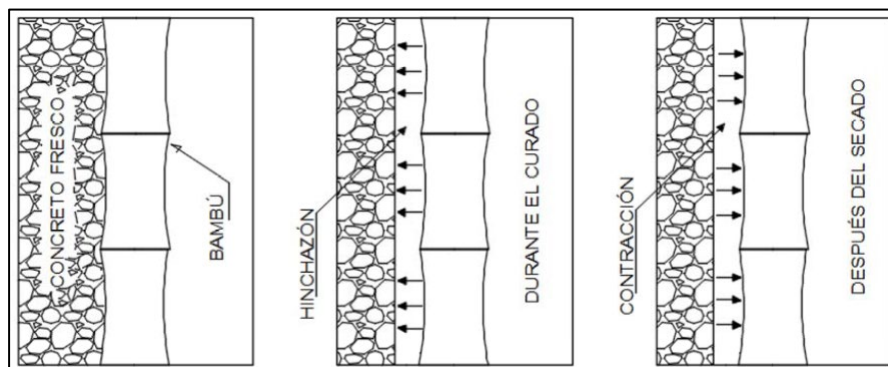


Figura 6: *Mecanismo de interacción bambú-concreto*

FUENTE: Vargas, 2016

Diseño para cargas estructurales

La vivienda de bahareque encementado es un sistema de construcción fuerte y robusto, que puede diseñarse para resistir terremotos y vientos fuertes incluso en regiones muy peligrosas del mundo. Se ha verificado que el armazón, la matriz y el mortero de cemento actúan como un compuesto estructural, que se comporta a modo de pared de corte (Kaminski, 2016). Al diseñar las cargas estructurales de una vivienda de bahareque encementado deben tomarse en cuenta las características estructurales de los

materiales empleados en la construcción de este tipo de viviendas, aunque las características estructurales de estos materiales como la madera y el hormigón se conocen y publican bien, la información que se tiene del bambú es más limitada (Kaminski, 2016).

Las viviendas de bahareque encementado, como todas las formas de estructuras, están mejor diseñadas para tener una ruta de carga vertical simple y confiable para llevar las cargas gravitatorias de la estructura hasta los cimientos, esto hace que el diseño y la construcción sean más simples y más confiables, y reducirá el riesgo de falla en un terremoto o vientos fuertes (Figura 7). Las cargas sísmicas son proporcionales al peso propio de la vivienda, mientras que las cargas de viento son independientes de esto. Las cargas sísmicas son cíclicas y pueden ocasionar fallas de fatiga en las conexiones (Kaminski, 2016).

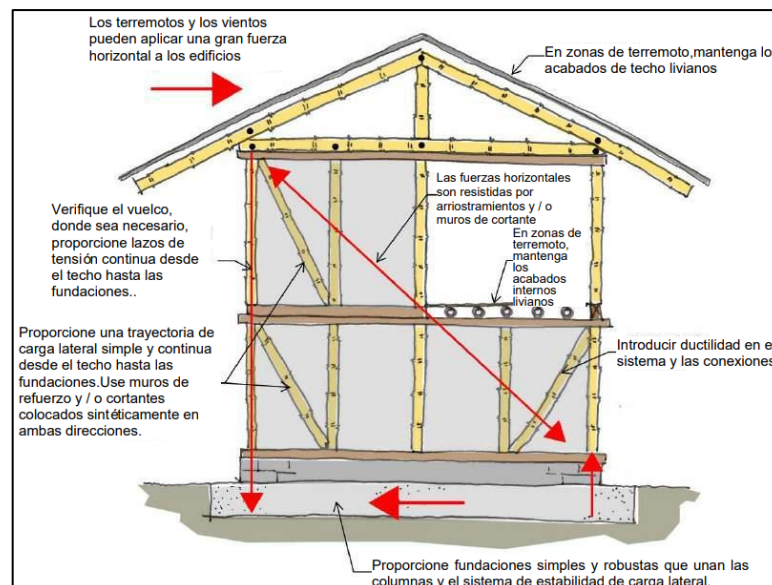


Figura 7: Puntos clave para una ruta sensible de terremoto y carga de viento para la vivienda de bahareque encementado

FUENTE: Kaminski, 2016

Deformación máxima de la estructura

Debido a la acción de las fuerzas un elemento estructural se deforma. Esta deformación en magnitud y sentido, depende de la carga que la ocasiona, de las medidas del elemento y del material utilizado. Las deformaciones responden a las siguientes relaciones:

- ✓ A mayor carga, mayor deformación

- ✓ A mayor medida longitudinal (luz), mayor deformación
- ✓ A mayor sección resistente, menor deformación
- ✓ A mejor material (mayor módulo E), menor deformación (Morales, 2013).

Esfuerzo a compresión de la estructura

La compresión es el esfuerzo por el cual un cuerpo es sometido a fuerzas actuantes en el mismo sentido, y tienden a acortarlo (Federación de Enseñanza de CC. OO. de Andalucía, 2011).

Esfuerzo a flexión de la estructura

La flexión es la suma de los esfuerzos a compresión y a tracción. Mientras que las fibras superiores del elemento son sometidas a un esfuerzo de flexión (se alargan), las inferiores se acortan, o viceversa, ocasionando una deformación a lo largo de su eje, que provocan su curvatura (Federación de Enseñanza de CC. OO. de Andalucía, 2011).

Problema general

- ✓ ¿Cómo la aplicación del bambú intervendría en el comportamiento estructural de una vivienda de 2 pisos en Cañete - 2019?

Problemas específicos

- ✓ ¿Cómo la aplicación de las propiedades mecánicas del bambú intervendría en la deriva máxima de una vivienda de 2 pisos en Cañete - 2019?
- ✓ ¿Cómo la aplicación de las características físicas del bambú intervendría en el esfuerzo a compresión de las columnas en una vivienda de 2 pisos en Cañete - 2019?
- ✓ ¿Cómo la aplicación de la resistencia a flexión del bambú intervendría en la cuantía de bambú de las vigas en una vivienda de 2 pisos en Cañete - 2019?

Justificación

Evaluar la aplicación del bambú en el reforzamiento del concreto para medir el comportamiento estructural de una vivienda de 2 pisos en Cañete.

Justificación económica

Se pretende evaluar la aplicación del bambú en el reforzamiento del concreto para medir el comportamiento estructural de una vivienda de 2 pisos en Cañete debido a su bajo costo y fácil acceso en zonas rurales, y así poder abaratar el costo de construcción de viviendas en estas zonas.

Justificación técnica o práctica

Se pretende medir el comportamiento estructural una vivienda de 2 pisos en Cañete con el fin de evaluar la viabilidad de aplicar el bambú en el reforzamiento del concreto.

Justificación metodológica

El comportamiento estructural de la vivienda debido al reforzamiento del concreto con cañas de bambú depende de las propiedades mecánicas de éstas, esto puede generar diversas situaciones que al ser validadas pueden ser utilizadas en otros trabajos de investigación.

Justificación social

Se pretende plantear viviendas sismo resistentes de concreto reforzado con bambú como alternativa en las zonas rurales de Cañete. En Lima, existen varios puntos de venta de cañas de bambú, de las cuales se tienen las siguientes:

- ✓ Av. Antigua Panamericana Sur Km 35.5 Fundo San Vicente - Lurín – Lima
- ✓ Av. Naranjal Mza. A Lote 12 Urb. Industrial Naranjal – Los Olivos – Lima – Lima
- ✓ Av. Metropolitana N°101 Urb. Santa Ligia – (Paradero La 50) – Comas – Lima – Lima

Hipótesis general

- ✓ La aplicación del bambú interviene en el comportamiento estructural de una vivienda de 2 pisos en Cañete - 2019.

Hipótesis específicas

- ✓ La aplicación de las propiedades mecánicas del bambú interviene en la deriva máxima de una vivienda de 2 pisos en Cañete – 2019.
- ✓ La aplicación de las características físicas del bambú interviene en el esfuerzo a compresión de las columnas en una vivienda de 2 pisos en Cañete – 2019.

- ✓ La aplicación de la resistencia a flexión del bambú interviene en la cuantía de bambú de las vigas en una vivienda de 2 pisos en Cañete - 2019.

Objetivo general

- ✓ Evaluar si la aplicación del bambú interviene en el comportamiento estructural de una vivienda de 2 pisos en Cañete - 2019.

Objetivos específicos

- ✓ Evaluar si la aplicación de las propiedades mecánicas del bambú interviene en la deriva máxima de una vivienda de 2 pisos en Cañete – 2019.
- ✓ Evaluar si la aplicación de las características físicas del bambú interviene en el esfuerzo a compresión de las columnas en una vivienda de 2 pisos en Cañete – 2019.
- ✓ Evaluar si la aplicación de la resistencia a flexión del bambú interviene en la cuantía de bambú de las vigas en una vivienda de 2 pisos en Cañete - 2019.

II. MÉTODO

Para la presente investigación se utilizará el **método hipotético – deductivo**, ya que se partirá de hipótesis y luego mediante la deducción se comprobará la veracidad o falsedad de estas.

2.1. Enfoque, Diseño, Tipo y Nivel de Investigación

2.1.1. Enfoque de Investigación

El presente estudio está basado en un **enfoque cuantitativo**, debido a que se usará la recolección de datos para validar las hipótesis en base a la medición numérica.

2.1.2. Diseño de Investigación

El estudio propuesto se trata de una **investigación experimental** ya que manipularemos las variables vinculadas a las causas para medir el efecto que causa en otra variable.

2.1.3. Tipo de Investigación

El presente proyecto se trata de una investigación **tipo aplicada** por lo que se aplicarán las propiedades físico-mecánicas del bambú en el reforzamiento del concreto para evaluar el comportamiento estructural de una vivienda de 2 pisos en Cañete.

2.1.4. Nivel de Investigación

La presente investigación está basada en un **nivel descriptivo**, por el motivo que se realizará una evaluación de: registros, análisis e interpretación de datos de laboratorio y documentos oficiales cuya finalidad es obtener las propiedades físico – mecánicas del bambú.

2.2. Matriz Operacional de Variables

Variable Independiente	Definición Conceptual		Dimensiones	Indicadores
Aplicación del bambú	“Se caracteriza por poseer forma cilíndrica y hueca con segmentos compuestos por entrenudos, separados transversalmente por tabiques o nudos. A mayor altura de la pared del culmo provoca la disminución del diámetro y el espesor mientras que la densidad, la concentración de fibras y la distancia entre nudos aumentan.” (Takeuchi, 2014)		<ul style="list-style-type: none"> • Características físicas del bambú • Propiedades mecánicas del bambú 	<ul style="list-style-type: none"> • Edad • Contenido de humedad • Diámetro • Sección del culmo • Espesor de la pared
	Definición Operacional			<ul style="list-style-type: none"> • Resistencia a compresión • Resistencia a flexión • Resistencia a tensión • Resistencia a corte
	La composición anatómica tubular y fibrosa del bambú hace que pueda absorber energía de deformación lo cual resulta en una mayor flexibilidad, retrasando las fallas o roturas y permitiendo un comportamiento más dúctil. (Peñaranda, 2015)			
Variable Dependiente	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores
Comportamiento estructural	La intensidad con la que vibra un edificio resulta de las características del movimiento del terreno como de las propiedades dinámicas de la estructura. (Vásquez, 2015)	Para sismos moderados las estructuras se mantienen, normalmente, dentro de su intervalo de comportamiento elástico lineal y su respuesta puede determinarse aproximadamente en los métodos de análisis dinámico de sistemas lineales. (Vásquez, 2015)	<ul style="list-style-type: none"> • Esfuerzo a compresión • Esfuerzo a flexión • Deriva máxima 	<ul style="list-style-type: none"> • Cuantía de bambú • Resistencia a compresión del concreto • Sismo • Sobrecarga • Factor de suelo

2.3. Matriz de Consistencia

“APLICACIÓN DEL BAMBÚ EN EL REFORZAMIENTO DEL CONCRETO PARA MEDIR EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE UNA VIVIENDA DE 2 PISOS EN CAÑETE - 2019”

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES
<p>Problema General</p> <p>¿Cómo la aplicación del bambú intervendría en el comportamiento estructural de una vivienda de 2 pisos en Cañete - 2019?</p> <p>Problemas Específicos</p> <ul style="list-style-type: none"> • ¿Cómo la aplicación de las propiedades mecánicas del bambú intervendría en la deriva máxima de una vivienda de 2 pisos en Cañete - 2019? • ¿Cómo la aplicación de las características físicas del bambú intervendría en el esfuerzo a compresión de las columnas en una vivienda de 2 pisos en Cañete - 2019? • ¿Cómo la aplicación de la resistencia a flexión del bambú intervendría en la cuantía de bambú de las vigas en una vivienda de 2 pisos en Cañete - 2019? 	<p>Objetivo General</p> <p>Evaluar si la aplicación del bambú interviene en el comportamiento estructural de una vivienda de 2 pisos en Cañete - 2019.</p> <p>Objetivo Específicos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Evaluar si la aplicación de las propiedades mecánicas del bambú interviene en la deriva máxima de una vivienda de 2 pisos en Cañete – 2019. • Evaluar si la aplicación de las características físicas del bambú interviene en el esfuerzo a compresión de las columnas en una vivienda de 2 pisos en Cañete – 2019. • Evaluar si la aplicación de la resistencia a flexión del bambú interviene en la cuantía de bambú de las vigas en una vivienda de 2 pisos en Cañete - 2019. 	<p>Hipótesis General</p> <p>La aplicación del bambú interviene en el comportamiento estructural de una vivienda de 2 pisos en Cañete - 2019.</p> <p>Hipótesis Específicas</p> <ul style="list-style-type: none"> • La aplicación de las propiedades mecánicas del bambú interviene en la deriva máxima de una vivienda de 2 pisos en Cañete - 2019. • La aplicación de las características físicas del bambú interviene en el esfuerzo a compresión de las columnas en una vivienda de 2 pisos en Cañete - 2019. • La aplicación de la resistencia a flexión del bambú interviene en la cuantía de bambú de las vigas en una vivienda de 2 pisos en Cañete - 2019. 	<p>Variable Independiente</p> <p>Aplicación del bambú</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Características físicas del bambú • Propiedades mecánicas del bambú
			<p>Variable Dependiente</p> <p>Reforzamiento del concreto</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Esfuerzo a compresión • Esfuerzo a flexión
			<p>Comportamiento estructural</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Deformación máxima

2.4. Población y muestra

2.4.1. Población

El presente estudio se enfoca en el centro poblado menor “San Pedro”, distrito de San Luis de Cañete, provincia de Cañete, departamento de Lima, dicha zona se caracteriza por tener plantaciones de cañas de bambú de la especie *Guadua angustifolia*.

Se han registrado 3,429 viviendas destruidas y 2,899 viviendas afectadas en la provincia de Cañete debido al movimiento sísmico ocurrido el 15 de agosto del 2007 (INDECI, 2007). Los estratos de esta formación se hallan compuestos por arcillas, lutitas parcialmente silicificadas y areniscas arcillosas bien estratificadas y situadas de forma casi horizontal (INDECI, 2002).

2.4.2. Muestra

Para esta investigación las muestras serán categorizadas como no probabilísticas, ya que los elementos a estudiar no dependerán de la probabilidad sino de las características propias del estudio. Las muestras que se tomarán son cañas de bambú de 5 años de cultivo con un diámetro de 4” y una longitud de 6 metros, las cuales serán distribuidas de la siguiente manera:

Tabla 2: *Distribución de probetas de bambú*

TIPO DE ENSAYO	N° DE PROBETAS DE BAMBÚ (UND)	N° DE CAÑAS DE BAMBÚ (UND)
COMPRESIÓN	12	1
CORTE	12	1
TENSIÓN	12	2
FLEXIÓN	12	12
TOTAL:	48	16

FUENTE: Elaboración propia, 2018

2.5. Técnicas e instrumento de recolección de datos, Validez y Confiabilidad

La recolección de datos es un proceso que involucra desarrollar un plan detallado de procedimientos que nos permita recolectar información con un objetivo específico (Hernández, Fernández y Baptista, 2014).

2.5.1. Técnicas de recolección de datos

Durante el desarrollo de la presente investigación se observará el comportamiento del bambú a los diferentes esfuerzos mecánicos (compresión, flexión, tensión y corte), teniendo estos datos se hará uso del software ETABS, en el cual se modelará una vivienda de 2 pisos hecha de concreto reforzado con bambú.


2.5.2. Instrumentos de recolección de datos

Para esta investigación se emplearán las siguientes normas:

- ✓ Norma Técnica Colombiana NTC – 5525: 2007
- ✓ Norma ISO 22157 – 1: 2004
- ✓ Norma ACI 318S - 11
- ✓ Norma Técnica E.100: Bambú
- ✓ Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10

Además, se emplearán investigaciones anteriores, el software ETABS y la ficha de recolección de datos.

Tabla 3: Ficha de recolección de datos

		FOHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS						VERSIÓN 2.0							
		DATOS GENERALES						PÁGINA 1 DE 2							
PROYECTO		*APLICACIÓN DEL BAMBÚ EN EL REFORZAMIENTO DEL CONCRETO PARA MEDIR EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE UNA VIVIENDA DE 2 PISOS EN CAÑETE - 2019*													
ASESOR		DR. GERARDO CANCHO ZUÑIGA													
AUTOR		BANDY B. SALVATIERRA VEGA													
FECHA	11/11/2018	N° DE CULMOS (Unid)		6											
ORIGEN	ECUADOR	LONGITUD DEL CULMO (m)		6											
TIEMPO DE CULTIVO (años)	5	DIÁMETRO DEL CULMO (pulg)		4											
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL BAMBÚ															
CONTENIDO DE HUMEDAD	EMBAYO	MUESTRA CURADA				MUESTRA SECADA EN HORNO				RESULTADO					
		Espesor promedio de muestras (mm)		Peso promedio (gr)		Espesor promedio de muestras (mm)		Peso promedio (gr)		Contenido de Humedad (%)					
		Para compresión													
		Para corte													
		Para tensión													
Para flexión															
PROPIEDADES MECÁNICAS DEL BAMBÚ															
TIPO DE ENSAYO	CARACTERÍSTICAS	PROBETAS DE BAMBÚ													
		EC1S	EC2S	EC3S	EC4S	EC5M	EC6M	EC7M	EC8M	EC9I	EC10I	EC11I	EC12I		
		Carga máxima (N)													
		Área de sección transversal (mm ²)													
ESFUERZO último de Compresión (MPa)															
TIPO DE ENSAYO	CARACTERÍSTICAS	PROBETAS DE BAMBÚ													
		EV1S	EV2S	EV3S	EV4S	EV5M	EV6M	EV7M	EV8M	EV9I	EV10I	EV11I	EV12I		
		Carga máxima (N)													
		Z (t x l) (mm ²)													
Resistencia última al Corte (MPa)															
TIPO DE ENSAYO	CARACTERÍSTICAS	PROBETAS DE BAMBÚ													
		ET1S	ET2S	ET3S	ET4S	ET5M	ET6M	ET7M	ET8M	ET9I	ET10I	ET11I	ET12I		
		Carga máxima (N)													
		Área de sección transversal (mm ²)													
Esfuerzo último de Tracción (MPa)															
TIPO DE ENSAYO	CARACTERÍSTICAS	PROBETAS DE BAMBÚ													
		EF1S	EF2S	EF3S	EF4S	EF5S	EF6S	EF7I	EF8I	EF9I	EF10I	EF11I	EF12I		
		Carga máxima (N)													
		Deflexión máxima (mm)													
Momento de Inercia (mm ⁴)															
Momento máximo (N-mm)															
Resistencia última a Flexión (MPa)															
Módulo de Elasticidad (MPa)															
RESULTADOS DE ETAS															
TIPO DE ANÁLISIS	NIVEL	COMBINACIÓN DE CARGA	Vx (Kg)	Vy (Kg)	T (Kg-m)	Mx (Kg-m)	My (Kg-m)	DESPLAZAMIENTO MÁXIMO (mm)	DERIVAS DELÁSTICAS (%)	DERIVAS INELÁSTICAS (%)	% PARTICIPACIÓN DE MASAS EN X	% PARTICIPACIÓN DE MASAS EN Y	PERIODO FUNDAMENTAL EN X (seg)	PERIODO FUNDAMENTAL EN Y (seg)	
ANÁLISIS ESTÁTICO	RISO 1	Sismo X													
		Sismo Y													
ANÁLISIS DINÁMICO MODAL ESPECTRAL	RISO 1	EQ-XX Max									N° DE MODOS DE VIBRACIÓN	N° DE MODOS DE VIBRACIÓN			
		EQ-YY Max													
ESFUERZOS MÁXIMOS	TIPO		Fuerza Axial Máxima (Kg)	Cortante máximo en X (Kg)	Cortante máximo en Y (Kg)	Torsión máxima (Kg - m)	Momento máximo en X (Kg - m)	Momento máximo en Y (Kg - m)							
	COLUMNA														
	VIGA PRINCIPAL														
	VIGA SECUNDARIA														


FUENTE: Elaboración propia, 2018

2.5.3. Validez del instrumento

Para la investigación propuesta se hará uso de normas técnicas, las cuales no necesitan ser validadas mediante el juicio de expertos ya que establecen procedimientos estandarizados que poseen alcance nacional y/o internacional.

Además, se manejará la ficha de recolección de datos, el cual si requiere de validación mediante el juicio de expertos (ver Anexo 01).

Tabla 4: Validez de ficha para recolección de datos

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO		FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS		VERSIÓN 2.0
PROYECTO	"APLICACIÓN DEL BAMBÚ EN EL REFORZAMIENTO DEL CONCRETO PARA MEDIR EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE UNA VIVIENDA DE 2 PISOS EN CAÑETE - 2019"			
ASESOR	DR. GERARDO CANCHO ZUÑIGA			
AUTOR	BANDY B. SALVATIERRA VEGA			
ÍTEM	PUNTAJE OBTENIDO			
	Experto 1	Experto 2	Experto 3	
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL BAMBÚ	20	15	10	
PROPIEDADES MECÁNICAS DEL BAMBÚ	50	50	40	
RESULTADOS DE ETABS	20	25	30	
TOTAL:	90	90	80	
PROMEDIO:	86.7			

FUENTE: Elaboración propia, 2018

Tabla 5: Interpretación del puntaje de validez

RANGOS	MAGNITUD
81 a 100	Muy alta
61 a 80	Alta
41 a 60	Moderada
21 a 40	Baja
1 a 20	Muy baja

FUENTE: Adaptado de Ruiz, 2002

2.5.4. Confiabilidad del instrumento

Para esta investigación se demuestra la confiabilidad de los datos conseguidos del laboratorio mediante los certificados de calibración de los equipos (ver Anexo 03) y los resultados obtenidos de la estructura mediante el software ETABS versión 17.0.1.

2.6. Procedimiento

El bambú utilizado en la presente investigación fue adquirido de los almacenes de Los Olivos (Av. Naranjal Mza. A Lote 12 Urb. Industrial Naranjal – Los Olivos – Lima – Lima), donde llegan de varios rodales del Perú e importados de Ecuador, para esta investigación se usaron muestras procedentes de Ecuador. (Figura 8).



Figura 8: Almacén de bambú en Los Olivos

FUENTE: Elaboración propia, 2019

Resulta necesario especificar en el culmo, el nudo o entrenudo destinado donde se realizará el corte para la obtención de cada probeta, esto se realiza a través de la identificación del culmo y el esquema del corte de cada probeta según el formato, como se aprecia en la Figura 10. Así se logra identificar fácilmente el origen de cada probeta, la longitud del culmo, la longitud de la probeta, diámetro interno y externo del culmo, número de probetas y entrenudos en cada culmo.

Los tallos o culmos registraron las siguientes características:

- ✓ Longitud promedio de 6 m
- ✓ Distanciamiento promedio entre nudos de 35 cm
- ✓ Diámetro promedio de 7.45 cm
- ✓ Espesor promedio de 0.85 cm

Luego de identificar las probetas para cada ensayo en particular se cortaron (Figura 9) como se establece en la NTC-5525 (ICONTEC 2007), con respecto a la exactitud de los cortes para lograr una prueba válida, en la Figura 10 se muestra algunas probetas aptas para los ensayos.



Figura 9: Corte y preparación de las probetas

FUENTE: Realizado por el autor, 2019



Probetas para ensayos de compresión y corte

Figura 10: *Probetas de bambú para los ensayos mecánicos*

FUENTE: Elaboración propia, 2019

2.6.1. Ensayo de compresión paralela a la fibra

Para establecer la resistencia última del bambú (*Guadua angustifolia*) ante sollicitaciones de compresión paralela a la fibra, se ensayaron 12 probetas agrupadas de la manera indicada en la Tabla 6.

Tabla 6: *Distribución de las probetas ensayadas a compresión*

PARTE DEL BAMBÚ	CARACTERÍSTICA	Nº DE PROBETAS
Superior	Sin nudo	2
	Con nudo	2
Media	Sin nudo	2
	Con nudo	2
Inferior	Sin nudo	2
	Con nudo	2
Total		12

FUENTE: Adaptado de Vargas, 2016

El ensayo de determinación de la resistencia a la compresión paralela a la fibra se realizó en probetas cuya altura es el doble de su diámetro externo (Figura 11), siguiendo los lineamientos establecidos en la NTC-5525.

El esfuerzo último de compresión se determina mediante la siguiente fórmula:

$$\sigma_{ult} = F_{ult} / A$$

Dónde:

- ✓ σ_{ult} = Esfuerzo último de compresión, en MPa (o N / mm²)
- ✓ F_{ult} = Carga máxima a la cual falla la probeta, en N.
- ✓ A = Área de la sección transversal, en mm².

El área de la sección transversal resulta de la siguiente ecuación:

$$A = (\pi/4) \times [D^2 - (D - 2t)^2]$$

Dónde:

- ✓ D = Diámetro externo
- ✓ t = espesor de pared

Obtenidos de los valores promedio de las medidas en el segmento.



Figura 11: *Ensayo de compresión paralela a la fibra*

FUENTE: Elaboración propia, 2019

Luego de la carga última a compresión paralela a la fibra, se descubrieron diversas fallas en las probetas, como la falla por corte (Figura 12(a)) y la falla paralela a las fibras (Figura 12(b)).

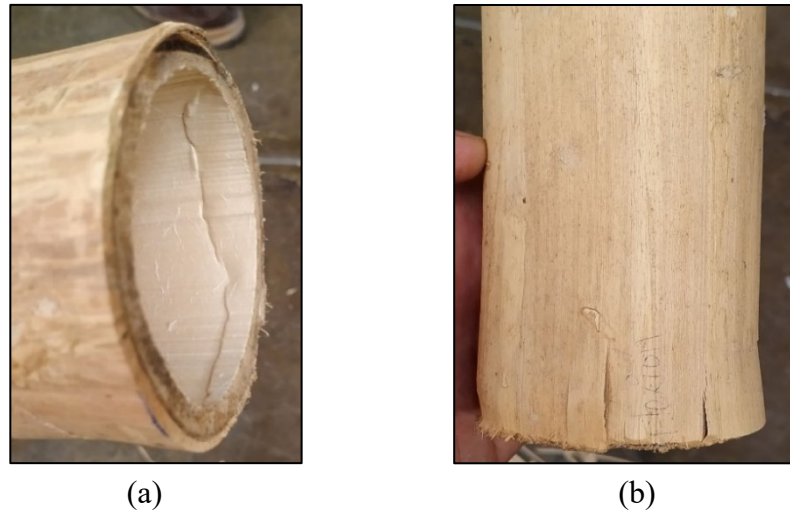


Figura 12: *Fallas en las probetas a compresión*

FUENTE: Realizado por el autor, 2019

2.6.2. Ensayo de corte paralelo a la fibra

Para calcular la resistencia última del bambú (*Guadua angustifolia*) ante solicitaciones de corte paralelo a la fibra, se ensayaron 12 probetas agrupadas de la manera indicada en la Tabla 7.

Tabla 7: *Distribución de las probetas ensayadas a corte*

PARTE DEL BAMBÚ	CARACTERÍSTICA	Nº DE PROBETAS
Superior	Sin nudo	2
	Con nudo	2
Media	Sin nudo	2
	Con nudo	2
Inferior	Sin nudo	2
	Con nudo	2
Total		12

FUENTE: Adaptado de Vargas, 2016

El ensayo de determinación de la resistencia al corte paralelo a la fibra se realizó en probetas con una altura igual al doble de su diámetro externo (Figura 14), siguiendo los lineamientos establecidos en la NTC-5525.

Para este ensayo se apoyaron las probetas en su extremo inferior con sus respectivos platos que procuran la falla por corte (Figura 13).

El esfuerzo último de corte resulta de la siguiente fórmula:

$$\tau_{ult} = \frac{F_{ult}}{\sum (t \times L)}$$

Dónde:

- ✓ τ_{ult} = Resistencia última al corte, en MPa (N/mm²)
- ✓ F_{ult} = Valor máximo de la fuerza aplicada en la cual falla la probeta, expresada en N
- ✓ $\sum (t \times L)$ = Suma de los cuatro productos del espesor (t) y altura (L), en mm²

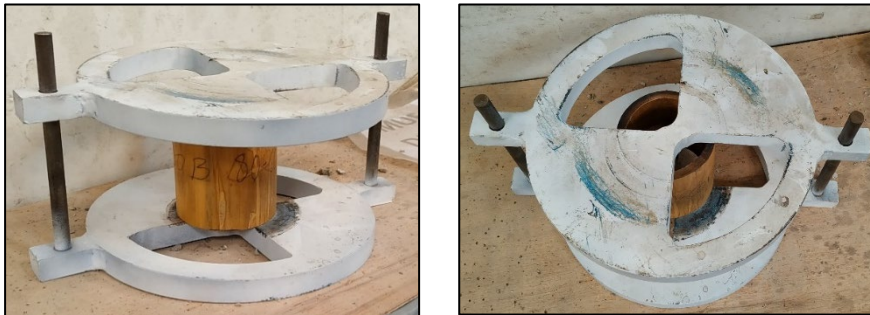


Figura 13: *Dispositivo para someter a carga las cuatro secciones longitudinales*

FUENTE: Realizado por el autor, 2019

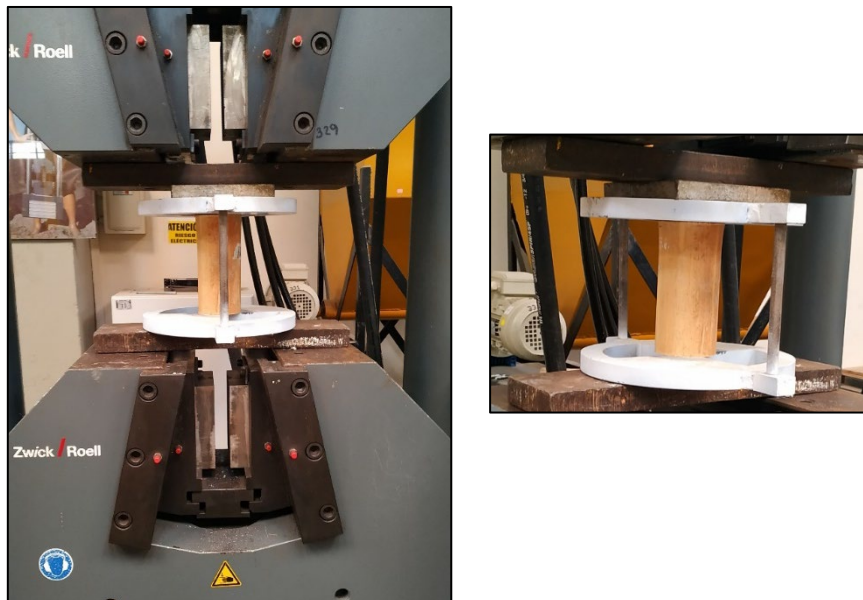


Figura 14: *Ensayo de corte paralelo a la fibra*

FUENTE: Elaboración propia, 2019

Luego de la carga última a corte paralelo a la fibra, se evidenciaron las fallas típicas en las probetas (Figura 15).



Figura 15: Fallas típicas del ensayo de corte paralelo a la fibra

FUENTE: Elaboración propia, 2019

2.6.3. Ensayo de tensión paralela a la fibra

Para establecer la resistencia última del bambú (*Guadua angustifolia*) ante sollicitaciones de tensión paralela a la fibra, se ensayaron 12 probetas agrupadas de la manera indicada en la Tabla 8.

Tabla 8: Distribución de probetas ensayadas a tensión

PARTE DEL BAMBÚ	CARACTERÍSTICA	Nº DE PROBETAS
Superior	Con nudo	4
Media	Con nudo	4
Inferior	Con nudo	4
Total		12

FUENTE: Adaptado de Vargas, 2016

Las dimensiones de la probeta utilizada se detallan en la Figura 16.

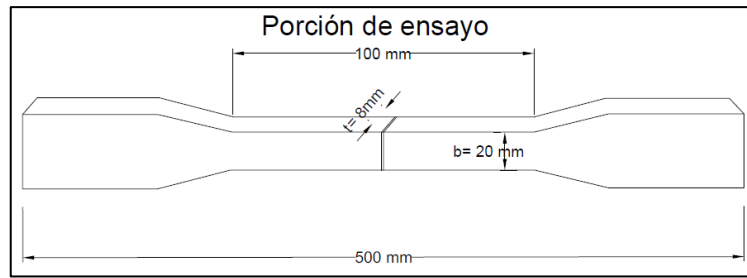


Figura 16: Sección de la probeta para los ensayos a tensión paralela

FUENTE: Adaptado de ICONTEC, 2007

El ensayo de determinación de la resistencia a la tensión paralela a la fibra (Figura 17) se desarrolló siguiendo los lineamientos de la NTC – 5525, todas las probetas ensayadas tenían nudo situado en la mitad de la porción de ensayo cuya longitud fue alrededor de los 100 mm, un ancho promedio de 20 mm y espesores que variaron entre 5 y 10 mm (Figura 16). La resistencia máxima de tensión se determina mediante la siguiente fórmula:

$$\sigma_{ult} = F_{ult} / A$$

Dónde:

- ✓ σ_{ult} = Esfuerzo último de tensión, en MPa (o N/mm²)
- ✓ F_{ult} = Valor de la carga aplicada en la cual falla la probeta, en N
- ✓ A = Área media de la sección transversal de la porción de ensayo, en mm²

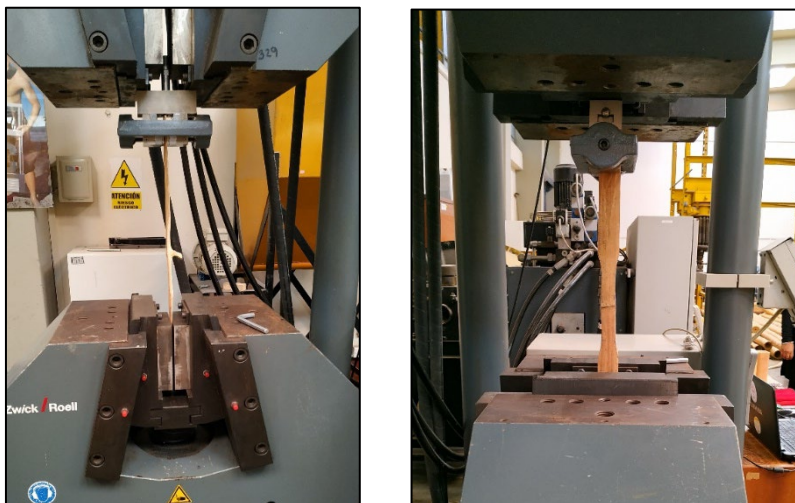


Figura 17: Ensayo de tensión paralela a la fibra

FUENTE: Elaboración propia, 2019

Luego de la carga última a tensión paralela a la fibra, se evidenció la falla típica dentro de la porción de ensayo (Figura 18).

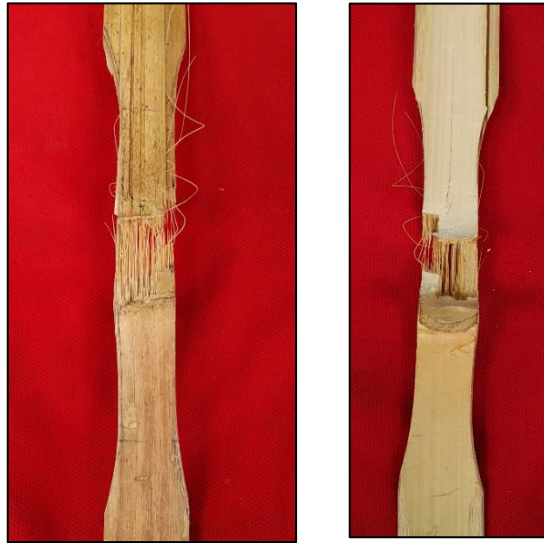


Figura 18: *Falla típica de las probetas en el ensayo de tensión paralela a la fibra*

FUENTE: Elaboración propia, 2019

2.6.4. Ensayo de flexión estática

Para establecer la resistencia última del bambú (*Guadua angustifolia*) ante solicitaciones de flexión estática, se ensayaron 12 probetas distribuidas de la forma indicada en la Tabla 9.

Tabla 9: *Distribución de las probetas ensayadas a flexión*

PARTE DEL BAMBÚ	Nº DE PROBETAS
Superior	6
Inferior	6
Total	12

FUENTE: Adaptado de Vargas, 2016

El ensayo de determinación de la resistencia a la flexión estática (Figura 20) se desarrolló siguiendo los lineamientos de la NTC – 5525, todas las probetas ensayadas tenían una longitud de 4 metros, de las cuales se realizó la prueba de flexión de 4 puntos (2 de aplicación de cargas y dos de apoyos) (Figura 19).

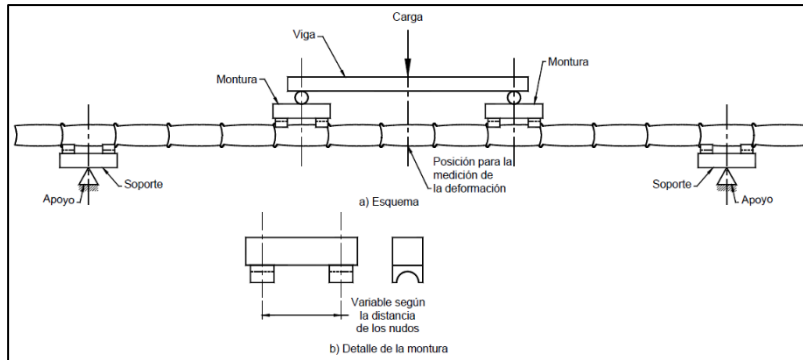


Figura 19: Esquema del ensayo de flexión

FUENTE: ICONTEC, 2007

La resistencia máxima de flexión se determina mediante la siguiente fórmula:

$$\sigma_{ult} = \frac{32 * M * D_{ext}}{\pi * (D_{ext}^4 - D_{int}^4)}$$

Dónde:

- ✓ M = Momento máximo, en N-mm
- ✓ Dext = Diámetro externo, en mm
- ✓ Dint = Diámetro interno, en mm

El momento de inercia está dado por la siguiente ecuación:

$$I_B = \pi / 64 \times [D^4 - (D - 2t)^4]$$

Dónde:

- ✓ D = Diámetro externo, en mm
- ✓ t = Espesor de pared, en mm

El módulo de elasticidad E, resulta empleando la siguiente fórmula:

$$E = \frac{23 * F * L^3}{1296 * \delta * I_B}$$

Dónde:

- ✓ F = Fuerza máxima aplicada, en N
- ✓ L = Longitud del culmo, en mm
- ✓ δ = Deflexión máxima, en mm

✓ I_B = Momento de inercia, mm^4



Figura 20: *Ensayo de flexión estática*

FUENTE: Elaboración propia, 2019

Luego de la carga última a flexión estática, se evidenció la falla típica en la probeta a 5 cm del nudo (Figura 21).



Figura 21: *Falla típica de la probeta en el ensayo a flexión estática*

FUENTE: Realizado por el autor, 2019

2.6.5. Ensayo de contenido de humedad

Para determinar el contenido de humedad del bambú (*Guadua angustifolia*) se ensayó el mismo número de probetas usadas para los diferentes ensayos mecánicos, agrupados de la manera indicada en la Tabla 10.

Tabla 10: Distribución de las muestras para el ensayo de contenido de humedad

PROPIEDADES FÍSICAS		
TIPO	ENSAYO MECÁNICO	Nº DE MUESTRAS
Contenido de humedad	Compresión	12
	Corte	12
	Tensión	12
	Flexión	12

FUENTE: Adaptado de Vargas, 2016

El ensayo de determinación del contenido de humedad se desarrolló siguiendo los lineamientos de la NTC – 5525, mediante la siguiente fórmula:

$$CH = \frac{m - m_o}{m_o} \times 100$$

Dónde:

- ✓ m= Masa de la probeta anterior al secado
- ✓ mo= Masa de la probeta posterior al secado

2.6.6. Diseño de la vivienda reforzada con acero

Para el diseño de la vivienda se usará el acero ASTM A615 - grado 60 como material de reforzamiento en el concreto, dicho material será empleado en columnas, vigas principales y secundarias. Se tomará en cuenta varillas con diámetros de 3/4” en vigas y 5/8” en columnas, un peso específico de 7849.05 Kg/m³, y un módulo de elasticidad de 2038901.92 Kg/cm².

2.6.6.1. Geometría

Se muestra la geometría de la vivienda de dos plantas con luces de 6 y 4 metros empleando vigas y columnas de concreto reforzadas con acero (Tabla 11).

Tabla 11: Dimensiones de los elementos estructurales

ELEMENTOS ESTRUCTURALES	ANCHO (cm)	ALTURA (cm)
Columna	30	30
Viga principal (V101)	30	60
Viga secundaria (V102)	30	60

FUENTE: Elaboración propia, 2019

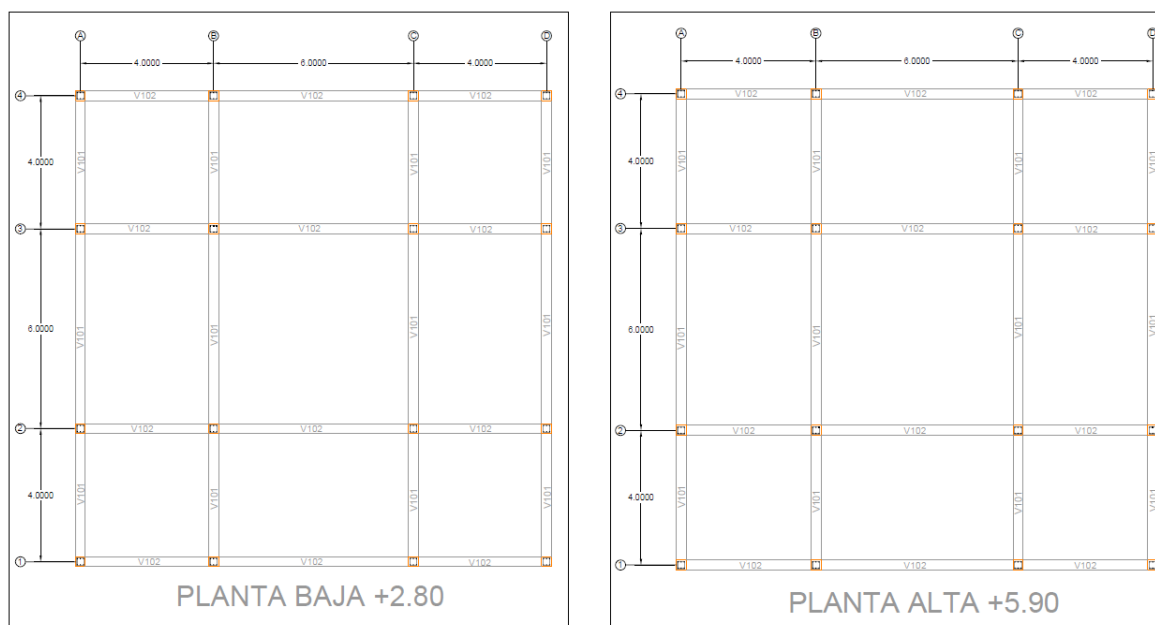


Figura 22: Vista en planta de la estructura reforzada con acero

FUENTE: Realizado por el autor, 2019

2.6.6.2. Modelo en ETABS

Se estableció en el software ETABS las propiedades del material de concreto y acero (usado como refuerzo longitudinal y en estribos) (Figura 23); también se diseñó las columnas, los muros estructurales y las vigas principales y secundarias (Figura 24). Además, se diseñó la cubierta y el entrepiso (Figura 25). Luego, se diseñó el modelo de la vivienda propuesta (Figura 26).

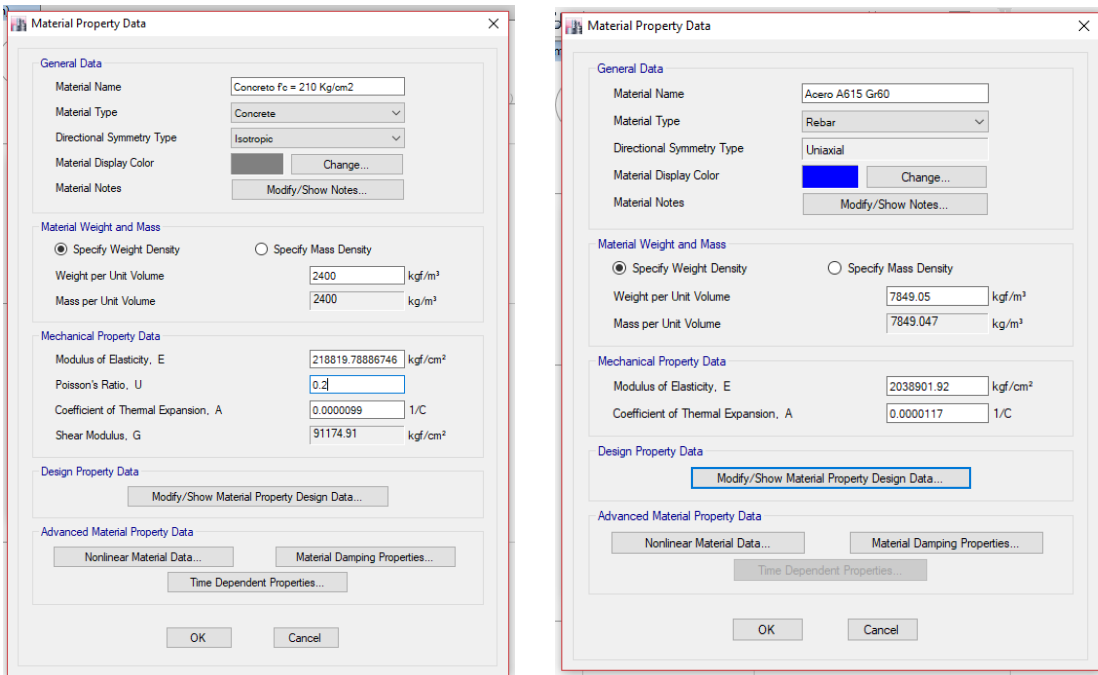
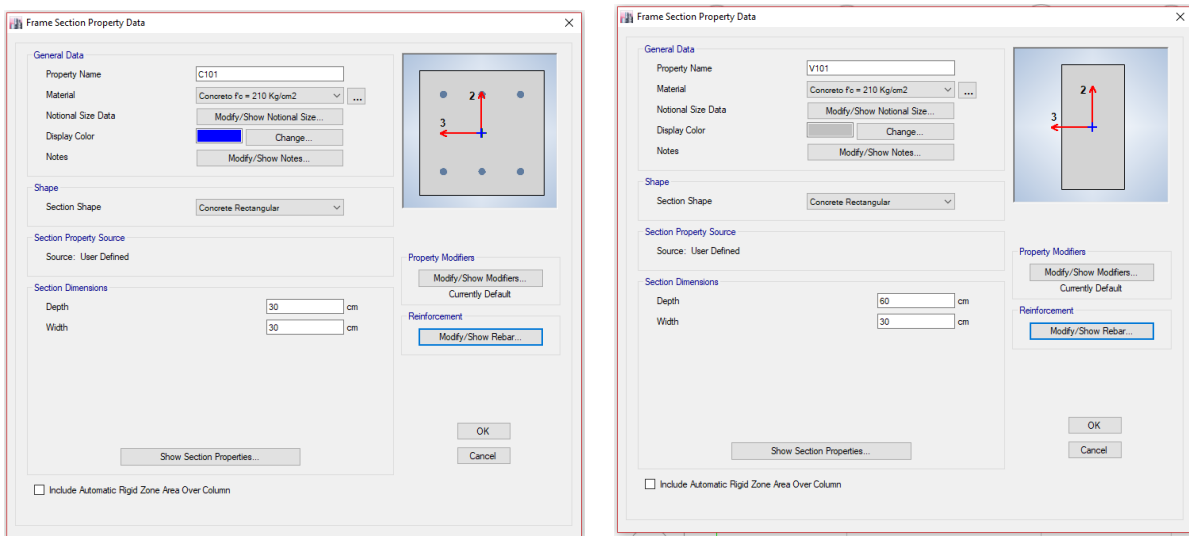


Figura 23: Propiedades de los materiales usados en el software ETABS

FUENTE: Realizado por el autor, 2019



Diseño de columnas

Diseño de vigas

Figura 24: Diseño de elementos estructurales en ETABS

FUENTE: Realizado por el autor, 2019

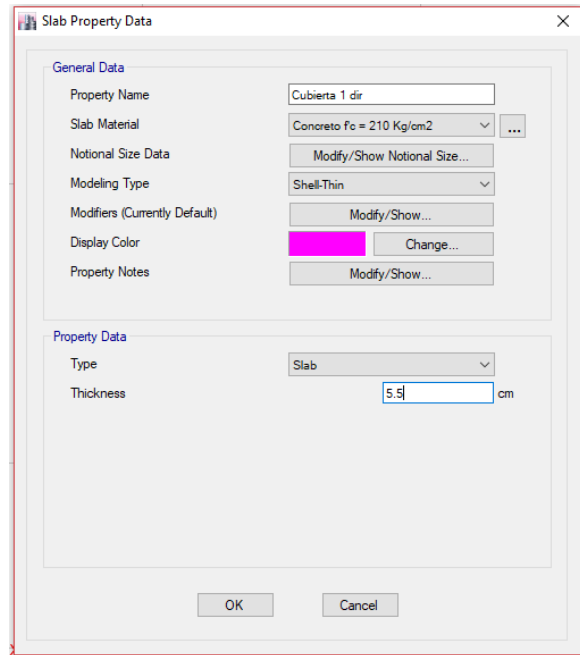
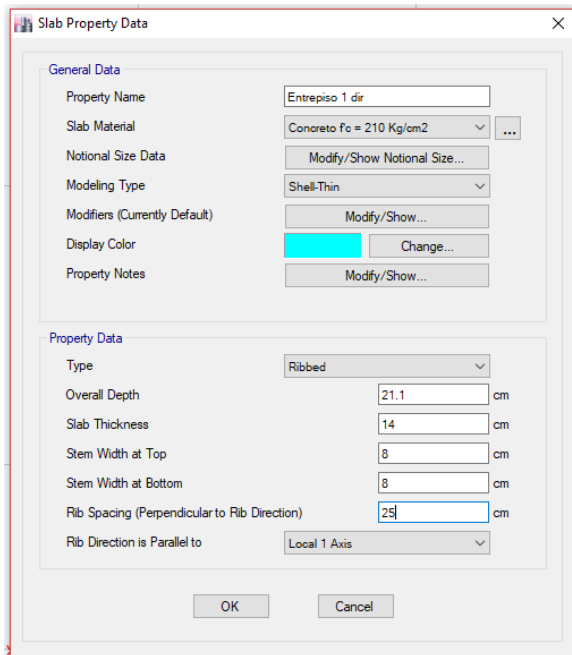
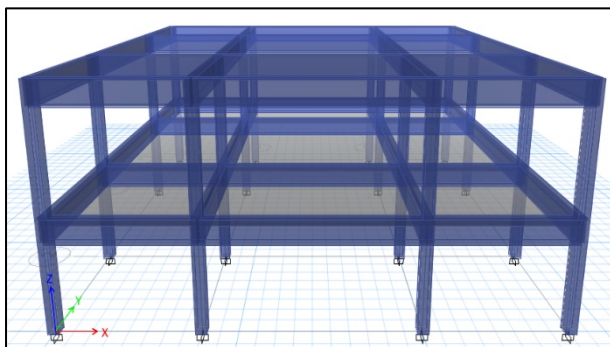
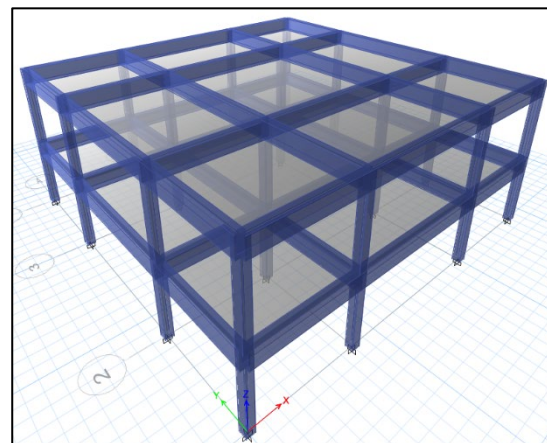


Figura 25: *Diseño de entresijos y cubiertas en ETABS*

FUENTE: Elaboración propia, 2019



Vista frontal



Vista lateral

Figura 26: *Modelo de vivienda con refuerzo de acero en ETABS*

FUENTE: Elaboración propia, 2019

2.6.7. Diseño de la vivienda reforzada con bambú

Para el diseño de la vivienda se usará la *Guadua Angustifolia* como material de reforzamiento en el concreto, dicho material será empleado en columnas, vigas principales y secundarias, entresijos y cubiertas. Se tomará en cuenta un diámetro externo de 8 cm, 0.85 cm de espesor de pared, un peso específico de 914 Kg/m³,

módulo de Poisson de 0.25 (valor típico en las maderas) y un módulo de elasticidad de 172372.80 Kg/cm² (Valor promedio obtenido de los ensayos a flexión estática).

2.6.7.1. Geometría

Se muestra la geometría de la vivienda de dos plantas con luces de 6 y 4 metros empleando vigas y columnas de concreto con reforzamiento de tablillas de bambú (Tabla 12).

Tabla 12: Dimensiones de los elementos estructurales

ELEMENTOS ESTRUCTURALES	ANCHO (cm)	ALTURA (cm)
Columna	30	30
Viga principal (V101)	30	60
Viga secundaria (V102)	30	60

FUENTE: Elaboración propia, 2019

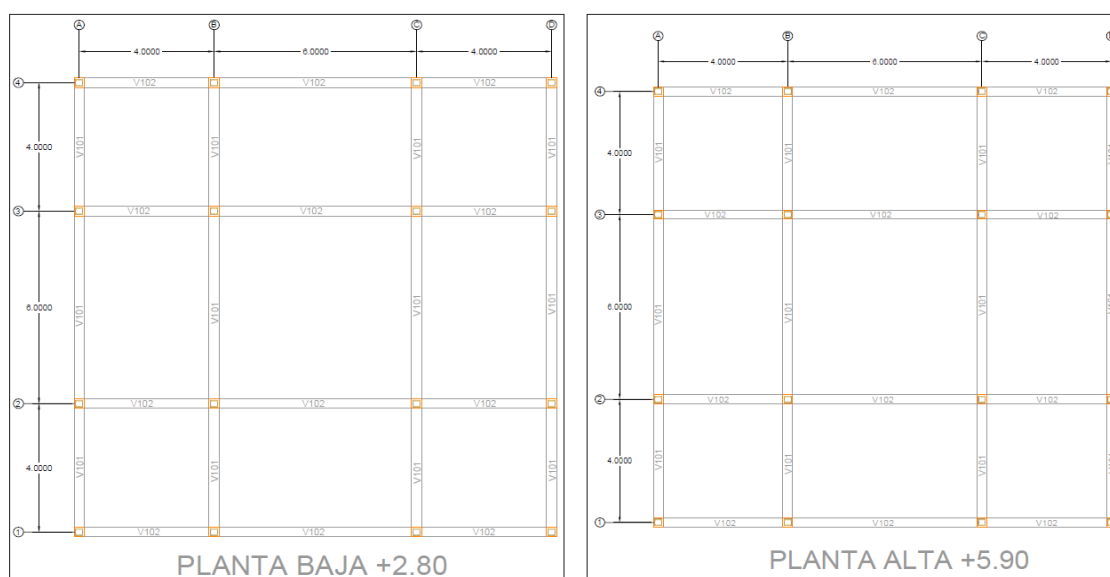


Figura 27: Vista en planta de la estructura reforzada con bambú

FUENTE: Realizado por el autor, 2019

Los entrepisos son de 30 cm de espesor, conformados por 3 cañas de bambú rigidizadas con pernos transversales, capa de bambú chancado, malla de acero electrosoldado y concreto (Figura 28); para el caso del modelo se usarán losas de 21 cm de espesor, conformadas por viguetas de bambú con 8 cm de ancho y una separación de 25 cm, esto con el fin de aproximarse al peso real del elemento. En cambio, las cubiertas son de 44 cm conformadas por 3 cañas de bambú respectivamente, rigidizadas con pernos transversales y techo de polipropileno

(Figura 29); para el caso del modelo se usarán losas de 5.5 cm de espesor, conformadas por viguetas de bambú con 8 cm de ancho y una separación de 50 cm.

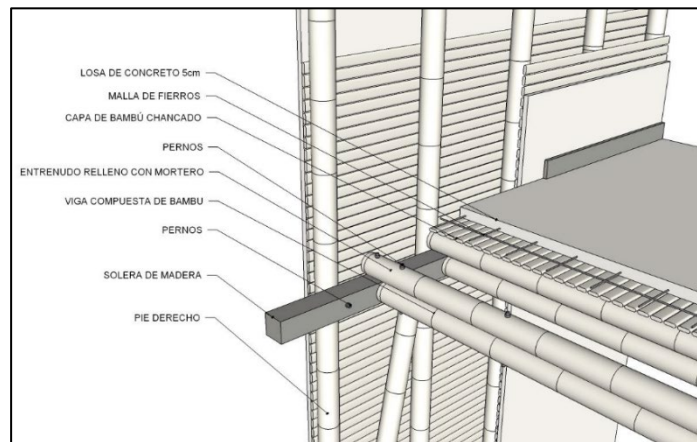


Figura 28: *Diseño de entresijo para construcciones con bambú*
FUENTE: Norma Técnica E-100 Bambú, 2019

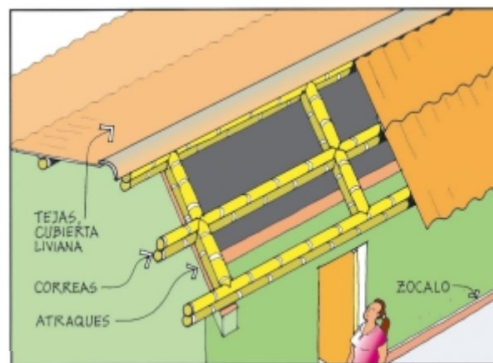


Figura 29: *Elementos de la cubierta para construcciones con bambú*
FUENTE: Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2019

2.6.7.2. Modelo en ETABS

Se estableció en el software ETABS las propiedades del material de concreto, acero (usado en estribos) y bambú (usado como refuerzo longitudinal y en cañas estructurales) (Figura 30); también se diseñó las columnas y las vigas principales y secundarias (Figura 31). Además, se diseñó el entresijo y la cubierta (Figura 32). Luego, se diseñó el modelo de la vivienda propuesta (Figura 33).

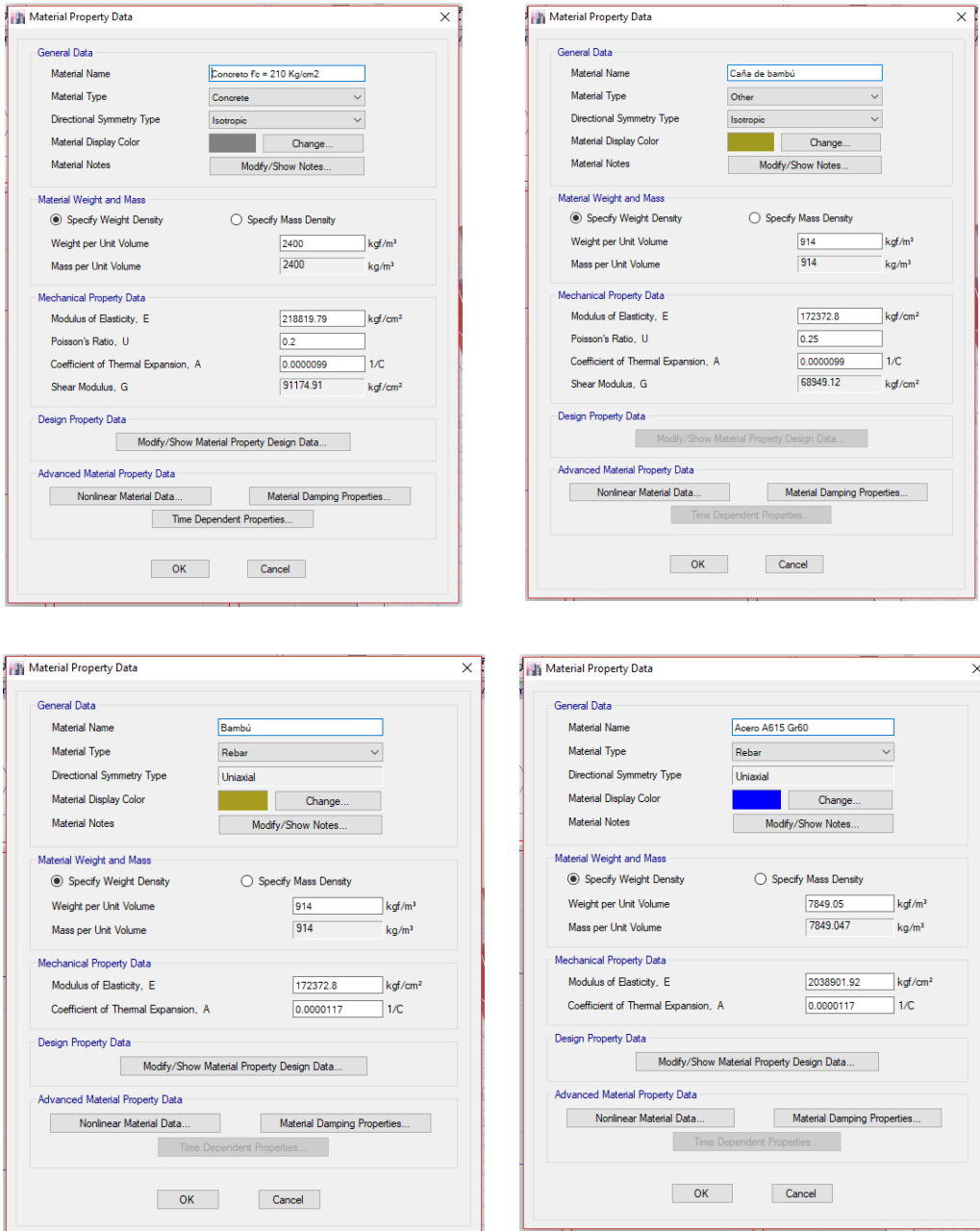
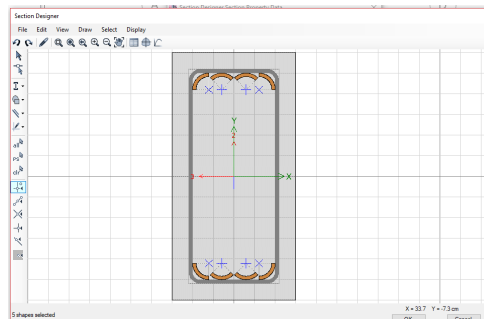
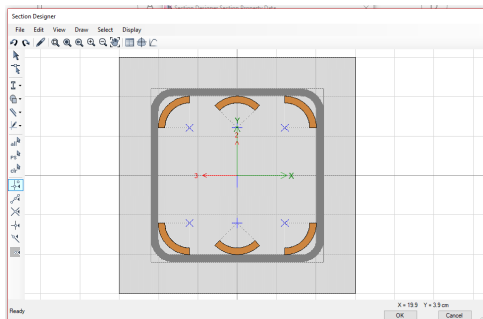
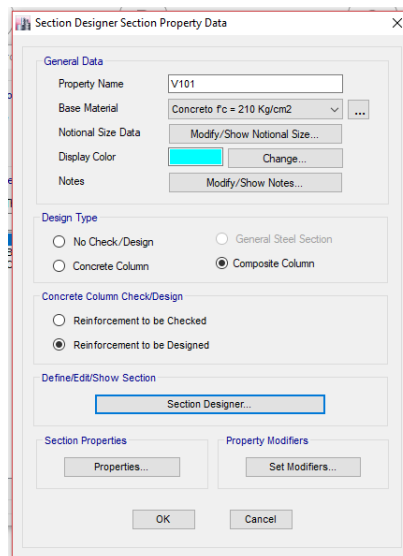
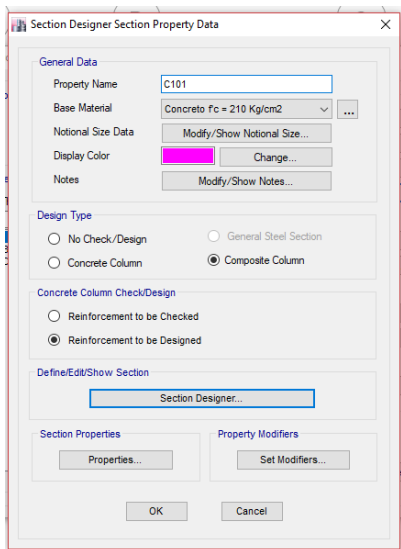


Figura 30: *Propiedades de los materiales usados en el software ETABS*

FUENTE: Realizado por el autor, 2019



Diseño de columnas

Diseño de vigas

Figura 31: *Diseño de elementos estructurales en ETABS*

FUENTE: Realizado por el autor, 2019

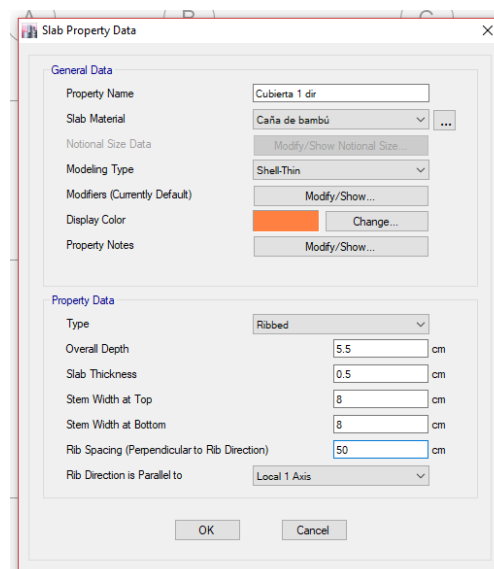
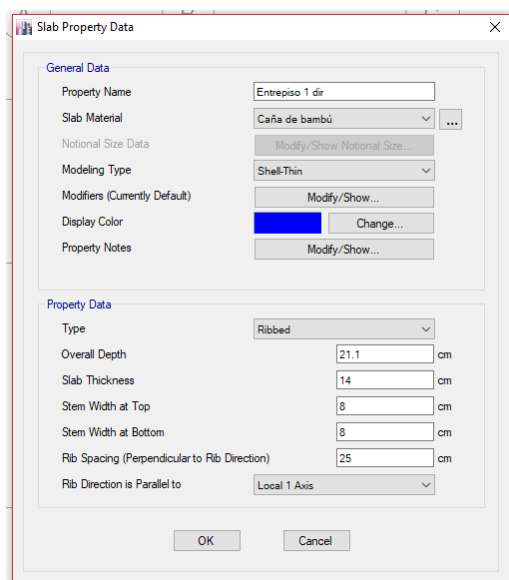
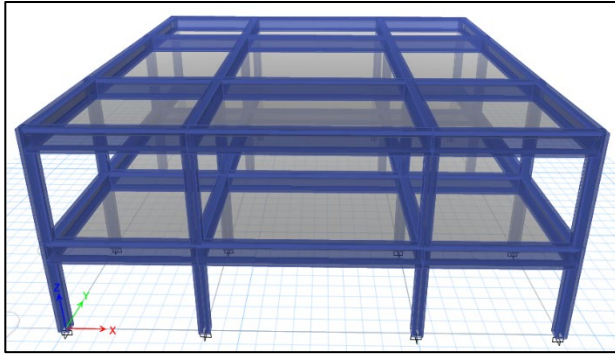
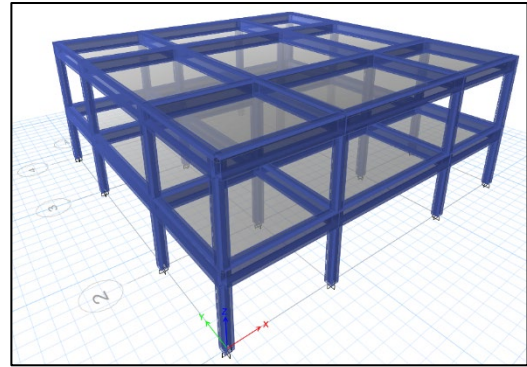


Figura 32: *Diseño de entrepisos y cubiertas en ETABS*

FUENTE: Elaboración propia, 2019



Vista frontal



Vista lateral

Figura 33: Modelo de vivienda con refuerzo de bambú en ETABS

FUENTE: Realizado por el autor, 2019

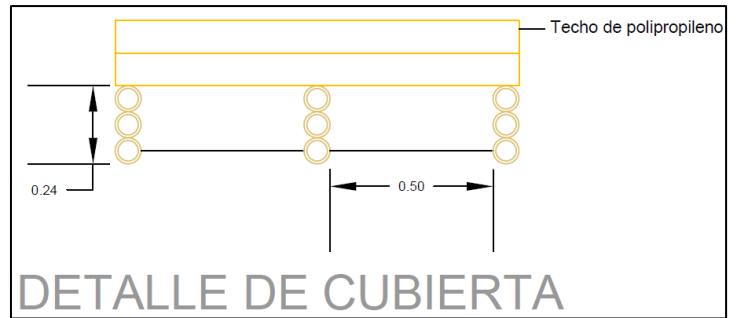
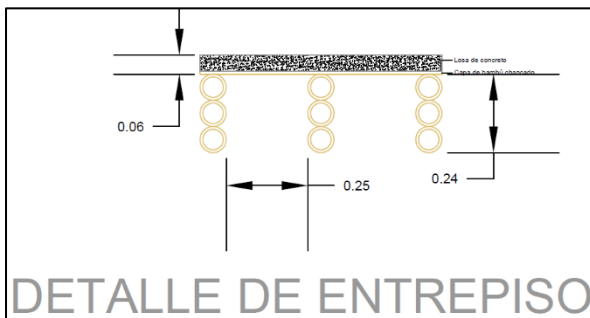


Figura 34: Gráfico de detalles de entrepiso y cubierta

FUENTE: Realizado por el autor, 2019

La tabla 13 muestra el metrado de cargas del entrepiso real de la estructura, en cambio, la tabla 14 muestra el metrado de cargas del entrepiso modelado de bambú y la tabla 15 muestra el metrado de cargas del entrepiso modelado de concreto.

Tabla 13: *Metrado de cargas del entrepiso real*

Entrepiso real								
Descripción	Diámetro (m)	Espesor (m)	Área (m ²)	Longitud (m)	Volumen (m ³)	Cantidad (und)	Peso específico (Kg/m ³)	Peso (Kg)
Viguetas de cañas de bambú	0.0800	0.0085	0.0019093	14.00	0.0267	132	914.00	3224.95
Bambú chancado	14	0.0085	0.119	14.00	1.6660	1	914.00	1522.72
Losa de concreto	14	0.05	0.7	14.00	9.8000	1	2400.00	23520.00
							Peso total (Kg)	28267.67

FUENTE: Realizado por el autor, 2019

Tabla 14: *Metrado de cargas del entrepiso modelado de bambú*

Entrepiso modelado de bambú								
Descripción	Base (m)	Altura (m)	Área (m ²)	Longitud (m)	Volumen (m ³)	Cantidad (und)	Peso específico (Kg/m ³)	Peso (Kg)
Viguetas de bambú	0.0800	0.071	0.0057	14.00	0.0795	44	914.00	3197.98
Losa de bambú	14	0.14	1.96	14.00	27.4400	1	914.00	25080.16
							Peso total	28278.14

FUENTE: Realizado por el autor, 2019

Tabla 15: *Metrado de cargas del entrepiso modelado de concreto*

Entrepiso modelado de concreto								
Descripción	Base (m)	Altura (m)	Área (m ²)	Longitud (m)	Volumen (m ³)	Cantidad (und)	Peso específico (Kg/m ³)	Peso (Kg)
Viguetas de concreto	0.0800	0.071	0.0057	14.00	0.0795	44	2400.00	8397.31
Losa de concreto	14	0.14	1.96	14.00	27.4400	1	2400.00	65856.00
							Peso total	74253.31

FUENTE: Realizado por el autor, 2019

Para el caso de la cubierta, la tabla 16 refleja el metrado de cargas de la cubierta real, la tabla 17 refleja el metrado de cargas de la cubierta modelada de bambú y la tabla 18 refleja el metrado de cargas de la cubierta modelada de concreto.

Tabla 16: *Metrado de cargas de la cubierta real*

Cubierta real									
Descripción	Diámetro (m)	Espesor (m)	Área (m ²)	Longitud (m)	Volumen (m ³)	Cantidad (und)	Carga repartida (Kg/m ²)	Peso específico (Kg/m ³)	Peso (Kg)
Correas de cañas de bambú	0.0800	0.0085	0.0019	14.00	0.0267	75	-	914.00	1832.36
Techo de polipropileno	-	-	196	-	-	1	1.76	-	344.68
								Peso total	2177.04

FUENTE: Realizado por el autor, 2019

Tabla 17: *Metrado de cargas de la cubierta modelada de bambú*

Cubierta modelada de bambú								
Descripción	Base (m)	Altura (m)	Área (m ²)	Longitud (m)	Volumen (m ³)	Cantidad (und)	Peso específico (Kg/m ³)	Peso (Kg)
Viguetas de bambú	0.0800	0.05	0.004	14.00	0.0560	25	914.00	1279.60
Losa de bambú	14	0.005	0.07	14.00	0.9800	1	914.00	895.72
							Peso total	2175.32

FUENTE: Realizado por el autor, 2019

Tabla 18: *Metrado de cargas de la cubierta modelada de concreto*

Cubierta modelada de concreto								
Descripción	Base (m)	Altura (m)	Área (m ²)	Longitud (m)	Volumen (m ³)	Cantidad (und)	Peso específico (Kg/m ³)	Peso (Kg)
Losa de concreto	14	0.055	0.77	14.00	10.7800	1	2400.00	25872.00
							Peso total	25872.00

FUENTE: Realizado por el autor, 2019

La tabla 19 refleja el metrado de cargas de las columnas y la tabla 20 refleja el metrado de cargas de las vigas.

Tabla 19: *Metrado de cargas de las columnas*

Nivel	Base (m)	Altura (m)	Área (m ²)	Longitud (m)	Volumen (m ³)	Cantidad (und)	Peso específico (Kg/m ³)	Peso (Kg)
Piso 2	0.3	0.3	0.09	1.25	0.1125	16	2400.00	4320.00
Piso 1	0.3	0.3	0.09	2.50	0.2250	16	2400.00	8640.00
Peso total (Kg)								12960.00

FUENTE: Realizado por el autor, 2019

Tabla 20: *Metrado de cargas de las vigas*

Nivel	Descripción	Base (m)	Altura (m)	Área (m ²)	Longitud (m)	Volumen (m ³)	Cantidad (und)	Peso específico (Kg/m ³)	Peso (Kg)
Piso 2	V101	0.3	0.6	0.18	13.10	2.3580	4	2400.00	22636.80
	V102	0.3	0.6	0.18	13.10	2.3580	4	2400.00	22636.80
Piso 1	V101	0.3	0.6	0.18	13.10	2.3580	4	2400.00	22636.80
	V102	0.3	0.6	0.18	13.10	2.3580	4	2400.00	22636.80
Peso total (Kg)									90547.20

FUENTE: Realizado por el autor, 2019

La tabla 21 refleja las cargas muertas y vivas asignadas al modelo.

Tabla 21: *Cargas asignadas a la estructura*

PISO	ALTURA (m)	CARGA MUERTA (Kg/m ²)	CARGA VIVA (Kg/m ²)	CARGA DE TECHO (Kg/m ²)
Piso 2	2.5	10.00	-	50.00
Piso 1	2.5	284.84	200	-

FUENTE: Realizado por el autor, 2019

2.6.8. Análisis Sísmico

Se efectuó el análisis sísmico modal espectral conforme a la Norma E-030, para ello se definieron los siguientes parámetros sísmicos:

2.6.8.1. Factor de Zona

La vivienda propuesta está ubicada en el centro poblado menor “San Pedro”, distrito de San Luis de Cañete, provincia de Cañete, departamento de Lima; según la Noma E-030 está ubicada en la Zona 4, entonces $Z = 0.45$.

2.6.8.2. Factor de Suelo

De acuerdo a un estudio elaborado por el Instituto Geofísico del Perú en el año 2017, la zona de San Luis de Cañete posee suelos blandos; por ello según la Noma E-030 esta zona se cataloga como suelo tipo S3: Suelos blandos, teniendo como factor de suelo $S = 1.10$ y periodos $T_p = 1.00$ y $T_L = 1.60$.

2.6.8.3. Factor de Uso

Según la Noma E-030, la estructura propuesta pertenece a la categoría C: Edificaciones comunes, teniendo como parámetro $U = 1.00$.

2.6.8.4. Coeficiente de Reducción de Fuerzas Sísmicas

El sistema estructural empleado es de pórticos ($R_o = 8$ en ambas direcciones) sin irregularidades en planta ($I_p = 1.00$ en ambas direcciones) ni en altura ($I_a = 1.00$ en ambas direcciones); por lo tanto, el coeficiente de reducción de fuerzas sísmicas es $R = 8.00$ en ambas direcciones.

2.6.8.5. Factor de Amplificación Sísmica

Conforme a los parámetros de sitio de la zona de estudio el factor de amplificación sísmica se calcula con las siguientes expresiones:

$T < T_p$	$C = 2,5$
$T_p < T < T_L$	$C = 2,5 \cdot \left(\frac{T_p}{T}\right)$
$T > T_L$	$C = 2,5 \cdot \left(\frac{T_p \cdot T_L}{T^2}\right)$

Dónde: $T_p = 1.00$ y $T_L = 1.60$

2.6.8.6. Aceleración Espectral

Según la Noma E-030, la pseudo – aceleración debe ser analizada mediante la siguiente fórmula:

$$S_a = \frac{Z \cdot U \cdot C \cdot S}{R} \cdot g$$

Dónde:

- ✓ Z = Factor de zona
- ✓ U = Factor de uso
- ✓ C = Factor de amplificación sísmica
- ✓ S = Factor de suelo
- ✓ R = Coeficiente de reducción de fuerzas sísmicas
- ✓ g = Aceleración de la gravedad

2.6.8.7. Periodo Fundamental

Conforme a la Noma E-030, el periodo fundamental debe ser calculado mediante la siguiente fórmula:

$$T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n P_i \cdot d_i^2}{g \cdot \sum_{i=1}^n f_i \cdot d_i}}$$

Dónde:

- ✓ Pi = Peso del piso i
- ✓ di = Desplazamiento del piso i
- ✓ fi = Fuerza aplicada en el piso i
- ✓ g = Aceleración de la gravedad
- ✓ n = Número de pisos

Además, cuando no se considera el efecto de elementos no estructurales se debe multiplicar el periodo calculado por 0.85.

2.7. Método de análisis de datos

Las probetas conseguidas para la ejecución de los ensayos mecánicos fueron correctamente identificadas (Figura 35), en donde se indica el lugar de origen (Ecuador), el tipo y número de ensayo según corresponda, así como la posición relativa de la probeta en el culmo.

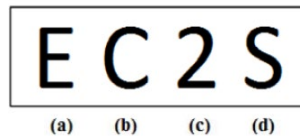


Figura 35: Nomenclatura para la codificación de las probetas usadas en cada ensayo

FUENTE: Adaptado de Vargas, 2016

En dónde:

(a) Lugar de origen del material (Ecuador)

(b) Tipo de ensayo:

C: Compresión paralela a la fibra

V: Corte paralelo a la fibra

T: Tensión paralela a la fibra

F: Flexión

(c) Número o cantidad de ensayos según tipo:

C: 12 ensayos

V: 12 ensayos

T: 12 ensayos

F: 12 ensayos

(d) Posición del culmo de donde es obtenida la probeta:

S: Superior

M: Media

I: Inferior

2.8. Aspectos éticos

- ✓ **Responsabilidad social:** El presente estudio se realizó con el objetivo de presentar una alternativa estructural y económica para la construcción de viviendas y así poder mejorar la calidad de vida de los pobladores que residen en zonas rurales.

- ✓ **Respeto por la propiedad intelectual:** El presente estudio es de tipo aplicada, por ello se ha tomado como antecedentes y marco teórico la información de diversos libros, tesis y normas, las cuales han sido correctamente citadas y así respetar los derechos de autor.

✓ **Honestidad:** La información contenida en esta investigación es veraz y realizada por el autor.

III. ANÁLISIS Y RESULTADOS

3.1. Descripción de la zona de estudio

La presente investigación se evaluó en el distrito de San Luis de Cañete, provincia de Cañete, departamento de Lima. La zona de estudio mencionada posee las siguientes características:

3.1.1. Ubicación

San Luis de Cañete posee una extensión de 38.53 km², está limitado por el sur con San Vicente, por el norte limita con Cerro Azul, por el este limita con Imperial y por el oeste limita con el Océano Pacífico.



Figura 36: Ubicación del distrito de San Luis de Cañete

FUENTE: Google Maps, 2019

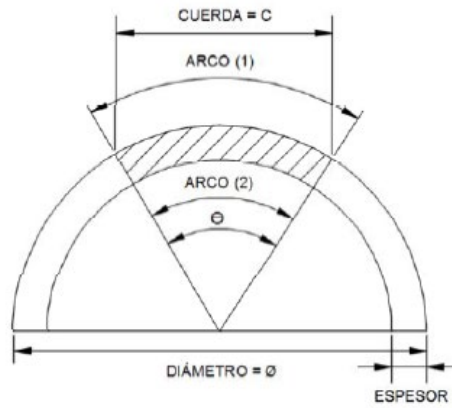
3.1.2. Características de la zona de estudio

La zona de estudio presenta un clima parcialmente nublado con 82% de humedad y 0% de probabilidad de precipitaciones.

3.2. Estudios previos

3.2.1. Estudios de campo

Se realizó el cálculo del área transversal de las tablillas de bambú.



$$\text{sen } (\Theta/2) = (C/2) / (\Phi/2)$$

$$\Theta = 2 \times \arcsen (C/\Phi)$$

$$C = \text{sen } (\Theta/2) \times \Phi$$

Donde:

A = Área en cm²

Θ = Ángulo en radianes

Ø y C = Diámetro y cuerda en cm

e = espesor en cm

e = 0.85 cm

Θ = 90 ° = 1.57 rad

Φ = 8.00 cm

c = 5.66 cm

R int = 3.15 cm

Θ = 1.57

$$L = 2.5 \text{ m}$$

$$2p = 2 \times (e + (\Phi - e) \times \arcsen (C/\Phi))$$

$$2p = 12.93 \text{ cm}$$

$$2p = 0.13 \text{ m}$$

$$A_{\text{superficial}} = L \times 2 \times (e + (\Phi - e) \times \arcsen (C/\Phi))$$

$$A_{\text{superficial}} = 0.32 \text{ m}^2$$

$$L = \Theta \times R$$

$$A_{\text{transv.}} = \frac{L \times R}{2}$$

$$R_{\text{ext}} = 4 \text{ cm}$$

$$L_{\text{ext}} = 6.28 \text{ cm}$$

$$R_{\text{int}} = 3.15 \text{ cm}$$

$$L_{\text{int}} = 4.95 \text{ cm}$$

$$A_{\text{transversal}} = 4.77 \text{ cm}^2$$

Espectro de Sismo de Diseño Horizontal

Se efectuó el análisis sísmico modal espectral en base a la Norma E-030, obteniendo el espectro de sismo de diseño (Figura 37).

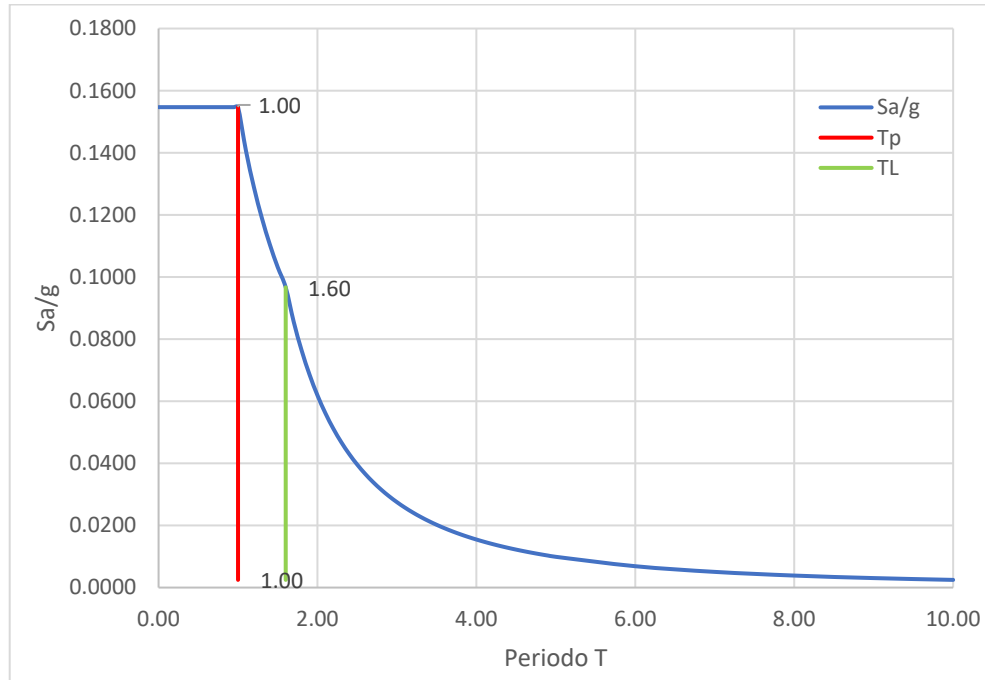


Figura 37: *Espectro de sismo de diseño horizontal*

FUENTE: Elaboración propia, 2019

3.2.2. Estudios de laboratorio

Se realizó los ensayos mecánicos del bambú según lo establecido en la NTC-5525, obteniendo los siguientes resultados:

3.2.2.1. Compresión paralela a la fibra (C)

Se efectuó el análisis estadístico de los datos conseguidos experimentalmente de resistencia última del ensayo a compresión paralela a la fibra para cada sección del bambú.

La tabla 22 presenta un promedio del ensayo realizado a las diversas partes del culmo del bambú. Como se puede observar, hay un incremento de la resistencia a medida que aumenta la altura del bambú, en la parte inferior se registró un promedio de 328.25 Kg/cm², en la parte media 366.13 Kg/cm² y en la parte

superior 389.69 Kg/cm²; esto se debe a que el espesor de la pared del culmo del bambú desciende con la altura, mientras que el porcentaje de fibras en relación al área de la pared asciende con la altura. Además, la resistencia a la compresión paralela a la fibra no varía significativamente por la presencia de nudos en las probetas.

Tabla 22: Esfuerzo último promedio de compresión paralela a las fibras del culmo

N°	PARTE DEL BAMBÚ	CARACTERÍSTICA	MUESTRA	σ último (Kg/cm ²)
1	Superior	Sin nudo	EC1S	354.45
2			EC2S	404.97
3		Con nudo	EC3S	423.13
4			EC4S	376.21
5	Media	Sin nudo	EC5M	372.03
6			EC6M	358.13
7		Con nudo	EC7M	376.83
8			EC8M	357.53
9	Inferior	Sin nudo	EC9I	361.43
10			EC10I	331.85
11		Con nudo	EC11I	299.68
12			EC12I	320.04
Promedio				361.36

FUENTE: Adaptado de Vargas, 2016

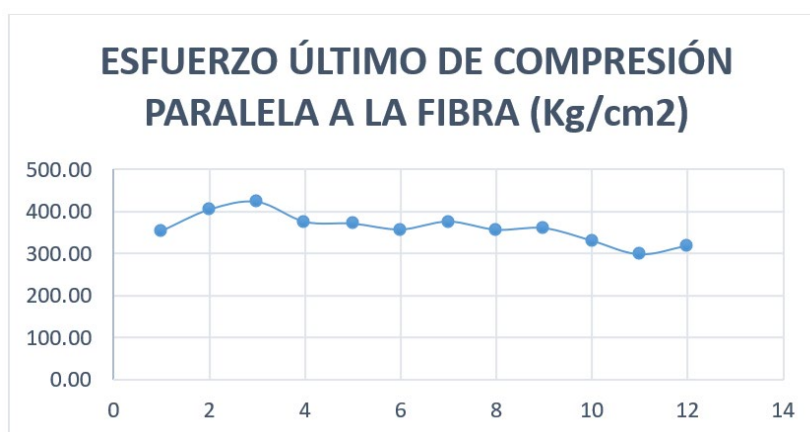


Figura 38: Gráfica de los esfuerzos obtenidos a compresión

FUENTE: Elaboración propia, 2019

En investigaciones anteriores se han encontrado esfuerzos promedios a la compresión paralela a la fibra (Tabla 23), en la investigación realizada el esfuerzo

último promedio fue de 361.36 Kg/cm² cuyo valor se encuentra dentro del rango de las investigaciones.

Tabla 23: *Comparativo con otras investigaciones promedio*

INVESTIGADOR	AÑO	ESFUERZO ÚLTIMO A LA COMPRESIÓN (Kg/cm ²)	OBSERVACIÓN
Gutierrez	2010	452.76	Investigación realizada en Perú (UNI)
Estacio	2013	315.92	Investigación realizada en Perú (CAJAMARCA)
Ángeles	2014	102.55	Investigación realizada en Perú (CAJAMARCA)
Carpio y Vásquez	2016	365.92	Investigación realizada en Perú (TRUJILLO)
Salvatierra	2019	361.36	Investigación realizada en Perú (UCV)

FUENTE: Elaboración propia, 2019

3.2.2.2. Corte paralelo a la fibra (V)

Se efectuó el análisis estadístico de los datos conseguidos experimentalmente de resistencia última del ensayo a corte paralelo a la fibra para cada sección del bambú.

La tabla 24 presenta un promedio del ensayo realizado a las diversas partes del culmo del bambú. Como se puede observar, existe una diferencia entre el esfuerzo último promedio de la parte media 49.09 Kg/cm² y el total de la zona del culmo, en la parte inferior se registró 60.05 Kg/cm² y en la superior 54.16 Kg/cm², por ello se deduce que la concentración y distribución de las fibras en el sentido longitudinal afecta la resistencia en la parte media del bambú para este tipo de sollicitación mecánica.

Tabla 24: Esfuerzo último promedio de corte paralelo a la fibra del culmo

N°	PARTE DEL BAMBÚ	CARACTERÍSTICA	MUESTRA	τ último (Kg/cm ²)
1	Superior	Sin nudo	EV1S	55.29
2			EV2S	65.38
3		Con nudo	EV3S	44.69
4			EV4S	51.27
5	Media	Sin nudo	EV5M	44.45
6			EV6M	47.04
7		Con nudo	EV7M	48.80
8			EV8M	56.08
9	Inferior	Sin nudo	EV9I	78.18
10			EV10I	51.21
11		Con nudo	EV11I	55.20
12			EV12I	55.62
Promedio				54.43

FUENTE: Adaptado de Vargas, 2016



Figura 39: Gráfica de los esfuerzos obtenidos al corte

FUENTE: Elaboración propia, 2019

En investigaciones anteriores se han encontrado esfuerzos promedios a corte paralelo a la fibra (Tabla 25), en la investigación realizada el esfuerzo último promedio fue de 54.43 Kg/cm² cuyo valor se encuentra dentro del rango de las investigaciones.

Tabla 25: *Comparativo con otras investigaciones promedio*

INVESTIGADOR	AÑO	ESFUERZO ÚLTIMO A CORTE (Kg/cm ²)	OBSERVACIÓN
Gutierrez	2010	65.41	Investigación realizada en Perú (UNI)
Carpio y Vásquez	2016	76.43	Investigación realizada en Perú (TRUJILLO)
Salvatierra	2019	54.43	Investigación realizada en Perú (UCV)

FUENTE: Elaboración propia, 2019

3.2.2.3. Tensión paralela a la fibra (T)

Se efectuó el análisis estadístico de los datos conseguidos experimentalmente de resistencia última del ensayo a tensión paralela a la fibra para cada sección del bambú.

La tabla 26 presenta un promedio del ensayo realizado a las diversas partes del culmo del bambú. Como se puede observar en la tabla, existe una variación a lo largo de la longitud del bambú, específicamente entre la parte inferior (1323.73 Kg/cm²) y media (1178.05 Kg/cm²), incrementando la resistencia hacia la parte superior (1364.39 Kg/cm²), esto sucede porque a medida que asciende la altura disminuye el espesor de la pared mientras que el porcentaje de fibras en relación al área de la pared asciende.

Cabe destacar que la resistencia a la tensión en probetas con nudo es menor que en probetas sin nudo, esto se debe a que el nudo es la parte frágil del bambú por la orientación de algunos haces vasculares; el ensayo se realiza en estas condiciones por ser la más crítica. Además, los valores de la máxima tensión en probetas sin nudo son superiores en un 10 a 20 por ciento al valor de la máxima tensión en probetas con nudo intermedio (Vargas, 2016).

Tabla 26: Esfuerzo último promedio de tensión paralela a la fibra del culmo

N°	PARTE DEL BAMBÚ	MUESTRA	σ último (Kg/cm ²)
1	Superior	ET1S	1356.43
2		ET2S	1377.49
3		ET3S	1274.72
4		ET4S	1448.92
5	Media	ET5M	1094.73
6		ET6M	1220.38
7		ET7M	1247.83
8		ET8M	1149.27
9	Inferior	ET9I	1229.65
10		ET10I	1395.30
11		ET11I	1274.98
12		ET12I	1395.00
Promedio			1288.72

FUENTE: Adaptado de Vargas, 2016

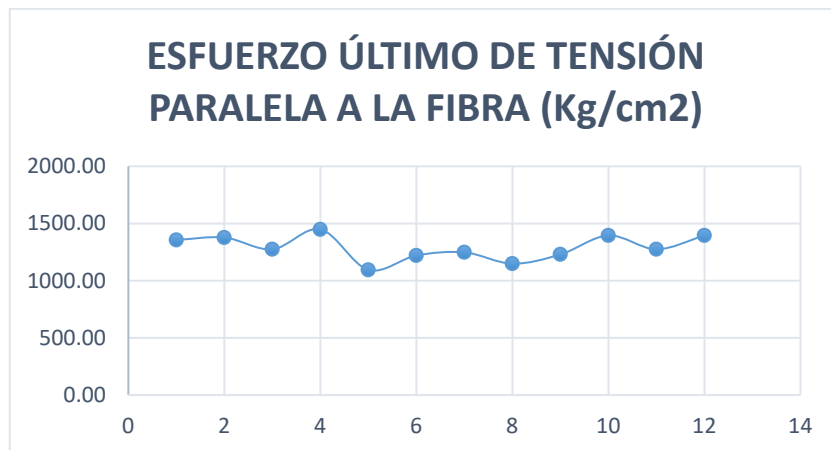


Figura 40: Gráfica de los esfuerzos obtenidos a tensión

FUENTE: Elaboración propia, 2019

En investigaciones anteriores se han encontrado esfuerzos promedio a la tensión paralela a la fibra (Tabla 27), en el estudio realizado el esfuerzo último promedio es de 1288.72 Kg/cm² cuyo valor se encuentra dentro del rango de las investigaciones.

Tabla 27: *Comparativo con otras investigaciones promedio*

INVESTIGADOR	AÑO	ESFUERZO ÚLTIMO A TENSIÓN (Kg/cm²)	OBSERVACIÓN
Gutierrez	2010	1098.90	Investigación realizada en Perú (UNI)
Ángeles	2014	1444.93	Investigación realizada en Perú (CAJAMARCA)
Carpio y Vásquez	2016	186.22	Investigación realizada en Perú (TRUJILLO)
Salvatierra	2019	1288.72	Investigación realizada en Perú (UCV)

FUENTE: Elaboración propia, 2019

3.2.2.4. Flexión estática (F)

Se efectuó el análisis estadístico de los datos conseguidos experimentalmente de resistencia última del ensayo a flexión estática para cada sección del bambú.

La tabla 28 presenta un promedio del ensayo realizado a las diversas partes del culmo del bambú. Como se puede observar en la tabla, existe una diferencia entre el esfuerzo último promedio de la parte inferior 497.28 Kg/cm² y de la parte superior 442.18 Kg/cm², esto sucede porque a medida que asciende la altura disminuye el espesor de la pared mientras que el porcentaje de fibras en relación al área de la pared asciende. En cuanto al módulo de elasticidad promedio, existe una diferencia entre el obtenido de la parte inferior 200142.92 Kg/cm² y de la parte superior 144602.67 Kg/cm².

Tabla 28: Resultados obtenidos del ensayo a flexión estática

N°	PARTE DEL BAMBÚ	MUESTRA	σ último (Kg/cm ²)	Módulo de elasticidad (Kg/cm ²)
1	Superior	EF1S	423.48	147965.59
2		EF2S	545.42	200315.05
3		EF3S	400.19	109199.54
4		EF4S	532.69	114489.29
5		EF5S	355.23	115562.70
6		EF6S	396.09	180083.87
7	Inferior	EF7I	621.01	225759.45
8		EF8I	505.17	230988.68
9		EF9I	464.63	163235.38
10		EF10I	515.67	198180.58
11		EF11I	451.97	157575.89
12		EF12I	425.25	225117.52
Promedio			469.73	172372.80

FUENTE: Adaptado de Vargas, 2016



Figura 41: Gráfica de los esfuerzos obtenidos a flexión

FUENTE: Realizado por el autor, 2019

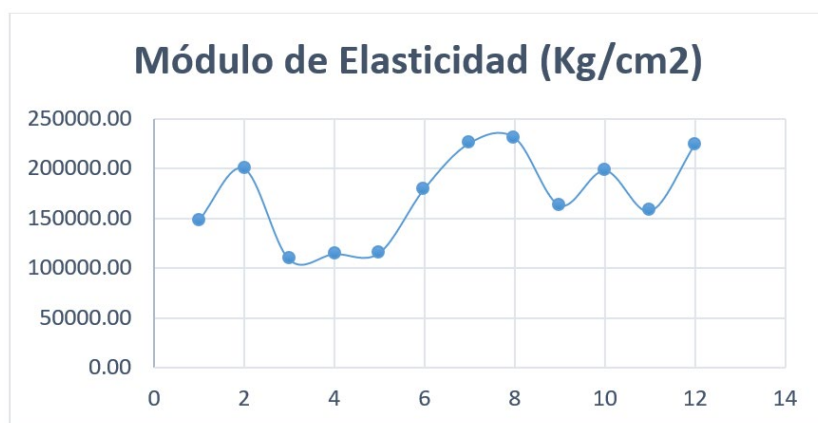


Figura 42: Gráfica de los módulos de elasticidad obtenidos a flexión

FUENTE: Elaboración propia, 2019

En investigaciones anteriores se han encontrado esfuerzos promedio a flexión estática y módulos de elasticidad promedio a flexión estática (Tabla 29), en el estudio realizado el esfuerzo último promedio es de 469.73 Kg/cm² y el módulo de elasticidad promedio es de 172372.80 Kg/cm² cuyo valor se encuentra dentro del rango de las investigaciones.

Tabla 29: Comparativo con otras investigaciones promedio

INVESTIGADOR	AÑO	ESFUERZO ÚLTIMO A FLEXIÓN (Kg/cm ²)	MÓDULO DE ELASTICIDAD (Kg/cm ²)	OBSERVACIÓN
Estacio	2013	375.06	77473.13	Investigación realizada en Perú (CAJAMARCA)
Ángeles	2014	623.36	457984.52	Investigación realizada en Perú (CAJAMARCA)
Carpio y Vásquez	2016	75.26	12144.26	Investigación realizada en Perú (TRUJILLO)
Salvatierra	2019	469.73	172372.80	Investigación realizada en Perú (UCV)

FUENTE: Elaboración propia, 2019

3.2.2.5. Contenido de humedad (CH)

Se efectuó el análisis estadístico de los datos conseguidos experimentalmente del ensayo de contenido de humedad a las probetas empleadas en los diversos ensayos mecánicos del bambú. La tabla 30 presenta un promedio del ensayo realizado a las diferentes probetas de bambú.

Tabla 30: Resumen de resultados obtenidos del ensayo de contenido de humedad

ENSAYO MECÁNICO	PESO INICIAL PROMEDIO (gr)	PESO FINAL PROMEDIO (gr)	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)
Por compresión	26.51	23.21	14.22
Por corte	19.32	16.92	14.20
Por tensión	20.63	18.06	14.23
Por flexión	23.57	20.64	14.20
Promedio			14.21

FUENTE: Elaboración propia, 2019

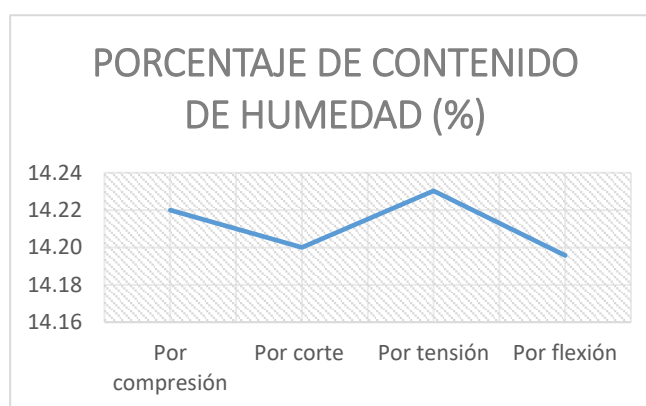


Figura 43: Gráfica de los resultados obtenidos del ensayo de contenido de humedad

FUENTE: Elaboración propia, 2019

3.3. Análisis

3.3.1. Vivienda con refuerzo de acero en ETABS

Se realizó el análisis estático y dinámico espectral en la vivienda con refuerzo de acero en base a la Norma E-030.

3.3.1.1. Desplazamientos

A. Desplazamiento en “X”

La tabla 31 muestra las derivas inelásticas considerando el análisis estático en la dirección “X”.

Tabla 31: Derivas en X

PISO	ALTURA (m)	DESPLAZAMIENTO MÁXIMO (mm)	DERIVAS Δ ELÁSTICAS	DERIVAS Δ INELÁSTICAS	DERIVAS Δ INELÁSTICAS (%)	DERIVA Δ LÍMITE (%)
Piso 2	5.9	5.191	0.000715	0.004290	0.4290	0.70
Piso 1	2.8	2.974	0.001062	0.006372	0.6372	0.70
Base	0	0	0	0.000000	0.0000	0.70

FUENTE: Adaptado de Pineda, 2017

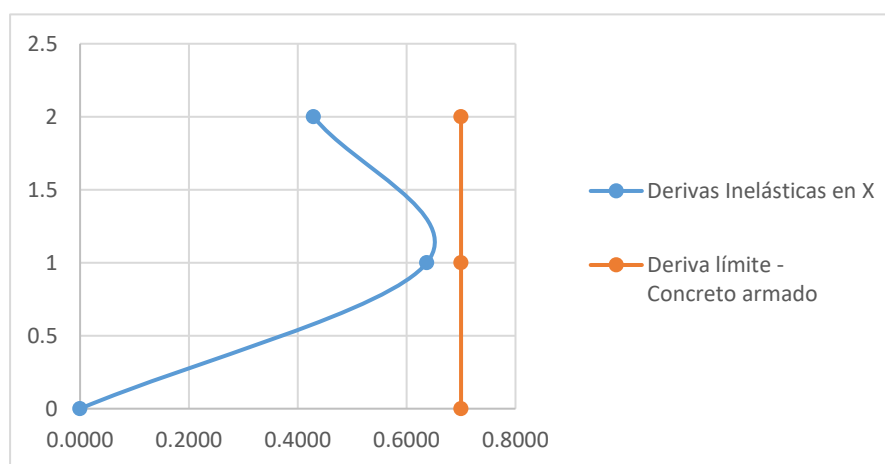


Figura 44: Gráfico de derivas en X

FUENTE: Realizado por el autor, 2019

B. Desplazamiento en “Y”

La tabla 32 refleja las derivas inelásticas considerando el análisis estático en la dirección “Y”.

Tabla 32: Derivas en Y

PISO	ALTURA (m)	DESPLAZAMIENTO MÁXIMO (mm)	DERIVAS Δ ELÁSTICAS	DERIVAS Δ INELÁSTICAS	DERIVAS Δ INELÁSTICAS (%)	DERIVA Δ LÍMITE (%)
Piso 2	5.9	5.225	0.00072	0.004320	0.4320	0.70
Piso 1	2.8	2.992	0.001069	0.006414	0.6414	0.70
Base	0	0	0	0.000000	0.0000	0.70

FUENTE: Adaptado de Pineda, 2017

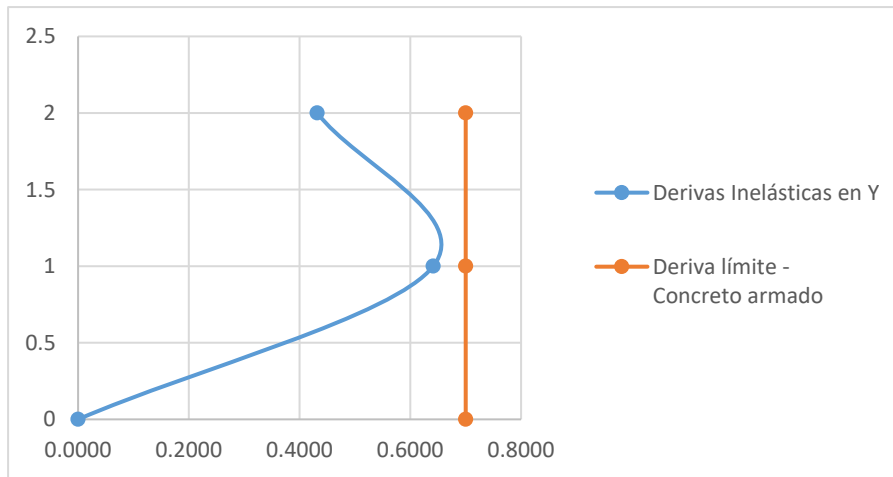


Figura 45: Gráfico de derivas en Y

FUENTE: Elaboración propia, 2019

3.3.1.2. Cortante Estático y Dinámico en la Base

La tabla 33 muestra la cortante estática y la cortante dinámica para sismo horizontal en las direcciones “X” e “Y”.

Tabla 33: Resultados de la cortante estática y dinámica en la base

TABLE: Base Reactions							
TIPO	Load Case/Combo	FX (Tonf)	FY (Tonf)	FZ (Tonf)	MX (Tonf-m)	MY (Tonf-m)	MZ (Tonf-m)
Estático	Sismo X	-41.783	0	0	0	-176.9803	321.7291
	Sismo Y	0	-41.783	0	176.9803	0	-321.7291
Dinámico	EQ-XX Max	40.6063	0	0	0	164.2824	312.6688
	EQ-YY Max	0	40.5947	0	164.2691	0	312.5792

FUENTE: Realizado por el autor, 2019

La tabla 34 refleja la relación de la cortante dinámica con respecto a la cortante estática, obteniendo como resultado 97% en “X” y en “Y” lo cual es mayor que el 80% que exige la Norma E-030 para estructuras regulares; por lo tanto, no es necesario amplificar la cortante dinámica.

Tabla 34: Amplificación de escala de la cortante dinámica

CORTANTE EN LA BASE	EN "X" (tonf)	EN "Y" (tonf)
CORTANTE ESTÁTICA	41.7830	41.7830
CORTANTE DINÁMICA HORIZONTAL	40.6063	40.5947
V DINÁMICA / V ESTÁTICA	0.97	0.97
FACTOR MÍNIMO	0.80	0.80
RESULTADO	NO AMPLIFICAR	NO AMPLIFICAR
USAR ESCALA	0.00	0.00

FUENTE: Adaptado de Pineda, 2017

3.3.1.3. Modos de Vibración

La tabla 35 refleja los modos de vibración en la dirección X, Y y Z, de los cuales el periodo sobresaliente en la dirección "X" es de 0.296 sec y en la dirección "Y" es de 0.297 sec. La sumatoria de masas de los 6 modos de vibración en la dirección "X" es de 100 % y de los 6 modos de vibración en la dirección "Y" es de 100 %, los cuales superan el 90% exigido en la Norma E-030.

Tabla 35: Resultados obtenidos de los modos de vibración

TABLE: Modal Participating Mass Ratios											
Case	Mode	Period (sec)	UX	UY	UZ	Sum UX	Sum UY	Sum UZ	RX	RY	RZ
Modal	1	0.297	0	0.9393	0	0	0.9393	0	0.0839	0	0
Modal	2	0.296	0.9396	0	0	0.9396	0.9393	0	0	0.0835	0
Modal	3	0.249	0	0	0	0.9396	0.9393	0	0	0	0.9307
Modal	4	0.132	0	0.0607	0	0.9396	1	0	0.9161	0	0
Modal	5	0.132	0.0604	0	0	1	1	0	0	0.9165	0
Modal	6	0.11	0	0	0	1	1	0	0	0	0.0693

FUENTE: Elaboración propia, 2019

3.3.1.4. Periodo Fundamental

La tabla 36 muestra el cálculo del periodo fundamental basado en el sismo estático en dirección X, del cual el periodo obtenido es 0.2749 sec, la frecuencia circular resulta 22.8543 rad/s y la frecuencia cíclica resulta 3.6374 cyc/sec.

Tabla 36: *Periodo fundamental en dirección X*

PISO	ALTURA (m)	Peso (Kg)	Pi x hi	Ci	Fi (Kg)	Di (mm)	Pi x D ² i	Fi x Di	T
PISO 2	2.50	80912.4	202281	0.29047364	12136.8601	5.191	2180304.45	63002.441	
PISO 1	2.50	197640.93	494102.325	0.70952636	29646.1399	2.974	1748069.99	88167.6199	
Base	0.00	278553.33	696383.325	1.00	41783		3928374.44	151170.061	0.2749

FUENTE: Elaboración propia, 2019

Se usará el factor 0.85 en el análisis si es que no está considerada la rigidez de los elementos no estructurales.

$$T = 0.85 \times 2\pi \times \sqrt{\frac{\sum Pi \times Di^2}{g \times \sum Fi \times Di}}$$

Dónde:

$$g = 9806.652 \text{ mm/s}^2$$

La tabla 37 refleja el cálculo del periodo fundamental basado en el sismo estático en dirección Y, del cual el periodo obtenido es 0.2758 sec, la frecuencia circular resulta 22.7815 rad/s y la frecuencia cíclica resulta 3.6258 cyc/sec.

Tabla 37: *Periodo fundamental en dirección Y*

PISO	ALTURA (m)	Peso (Kg)	Pi x hi	Ci	Fi (Kg)	Di (mm)	Pi x D ² i	Fi x Di	T
PISO 2	2.50	80912.4	202281	0.29047364	12136.8601	5.225	2208959.09	63415.0943	
PISO 1	2.50	197640.93	494102.325	0.70952636	29646.1399	2.992	1769294.25	88701.2504	
Base	0.00	278553.33	696383.325	1.00	41783		3978253.34	152116.345	0.2758

FUENTE: Elaboración propia, 2019

Se usará el factor 0.85 en el análisis si es que no está considerada la rigidez de los elementos no estructurales.

$$T = 0.85 \times 2\pi \times \sqrt{\frac{\sum Pi \times Di^2}{g \times \sum Fi \times Di}}$$

Dónde:

$$g = 9806.652 \text{ mm/s}^2$$

3.3.1.5. Fuerzas de los elementos estructurales

Se efectuó el análisis de la combinación de cargas (Tabla 38) en el software ETABS a los diferentes elementos estructurales de la vivienda, esta combinación de cargas se tomó de la norma técnica E-060. La tabla 39 muestra los esfuerzos máximos de la estructura en general y la tabla 40 muestra los esfuerzos máximos obtenidos del análisis por piso.

Tabla 38: *Fuerzas factoradas aplicadas a la estructura*

Combinación de carga	Fórmula
Combo 1	1.4 CM + 1.7 CV
Combo 2	1.4 CM + 1.7 CV + 0.5 CVT
Combo 3	1.25 CM + 1.25 CV + 1.00 Sismo X
Combo 4	1.25 CM + 1.25 CV - 1.00 Sismo X
Combo 5	1.25 CM + 1.25 CV + 1.00 Sismo Y
Combo 6	1.25 CM + 1.25 CV - 1.00 Sismo Y
Combo 7	0.9 CM + 1.00 Sismo X
Combo 8	0.9 CM - 1.00 Sismo X
Combo 9	0.9 CM + 1.00 Sismo Y
Combo 10	0.9 CM - 1.00 Sismo Y

FUENTE: Realizado por el autor, 2019

Tabla 39: *Resultados obtenidos del análisis de cargas en la estructura*

Elemento	Fuerza Axial Máxima (Tonf)	Cortante máximo en X (Tonf)	Cortante máximo en Y (Tonf)	Torsión máxima (Tonf - m)	Momento máximo en X (Tonf - m)	Momento máximo en Y (Tonf - m)
Columna	-22.9406 (Combo 2 - Col B3)	-3.1321 (Combo 4 - Col B3)	3.1811 (Combo 5 - Col C3)	-0.0123 (Combo 3-4-5-6-7-8-9-10)	3.9533 (Combo 5 - Col C3)	-3.9088 (Combo 4 - Col B4)
Viga principal	-	-6.4458 (Combo 1 - Viga B6)	-	-0.8648 (Combo 4 - Viga B5)	-	-7.6643 (Combo 6 - Viga B3)
Viga secundaria	-	4.8423 (Combo 3 - Viga B16)	-	-0.7324 (Combo 5 - Viga B14)	-	-6.3468 (Combo 3 - Viga B16)

FUENTE: Realizado por el autor, 2019

Tabla 40: Resultados obtenidos del análisis de cargas por piso

Nivel	Elemento	Fuerza Axial Máxima (Tonf)	Cortante máximo en X (Tonf)	Cortante máximo en Y (Tonf)	Torsión máxima (Tonf - m)	Momento máximo en X (Tonf - m)	Momento máximo en Y (Tonf - m)
PISO 1	Columna	-22.9406 (Combo 2 - Col B3)	-3.1321 (Combo 4 - Col B3)	3.1811 (Combo 5 - Col C3)	-0.0123 (Combo 3-4-5-6-7-8-9-10)	3.9533 (Combo 5 - Col C3)	-3.9088 (Combo 4 - Col B4)
	Viga principal	-	-6.4458 (Combo 1 - Viga B6)	-	-0.8648 (Combo 4 - Viga B5)	-	-7.6643 (Combo 6 - Viga B3)
	Viga secundaria	-	4.8423 (Combo 3 - Viga B16)	-	-0.7324 (Combo 5 - Viga B14)	-	-6.3468 (Combo 3 - Viga B16)
PISO 2	Columna	-1.1152 (Combo 5 - Col C4)	-1.621 (Combo 4 - Col B3)	1.6505 (Combo 5 - Col C3)	-0.0082 (Combo 3-4-5-6-7-8-9-10)	2.3557 (Combo 5 - Col C3)	-2.3044 (Combo 4 - Col B3)
	Viga principal	-	1.0261 (Combo 5 - Viga B3)	-	0.0767 (Combo 2 - Viga B5)	-	-2.0806 (Combo 5 - Viga B3)
	Viga secundaria	-	-1.0129 (Combo 4 - Viga B16)	-	0.0769 (Combo 2 - Viga B14)	-	-2.0581 (Combo 4 - Viga B16)

FUENTE: Elaboración propia, 2019

3.3.2. Vivienda con refuerzo de bambú en ETABS

Se realizó el análisis estático y dinámico espectral en la vivienda con refuerzo de acero en base a la Norma E-030.

3.3.2.1. Desplazamientos

A. Desplazamiento en “X”

La tabla 41 muestra las derivas inelásticas considerando el análisis estático en la dirección “X”.

Tabla 41: Derivas en X

PISO	ALTURA (m)	DESPLAZAMIENTO MÁXIMO (mm)	DERIVAS Δ ELÁSTICAS	DERIVAS Δ INELÁSTICAS	DERIVAS Δ INELÁSTICAS (%)	DERIVA Δ LÍMITE (%)
Piso 2	5.9	3.813	0.000515	0.003090	0.3090	0.70
Piso 1	2.8	2.217	0.000792	0.004752	0.4752	0.70
Base	0	0	0	0.000000	0.0000	0.70

FUENTE: Adaptado de Pineda, 2017

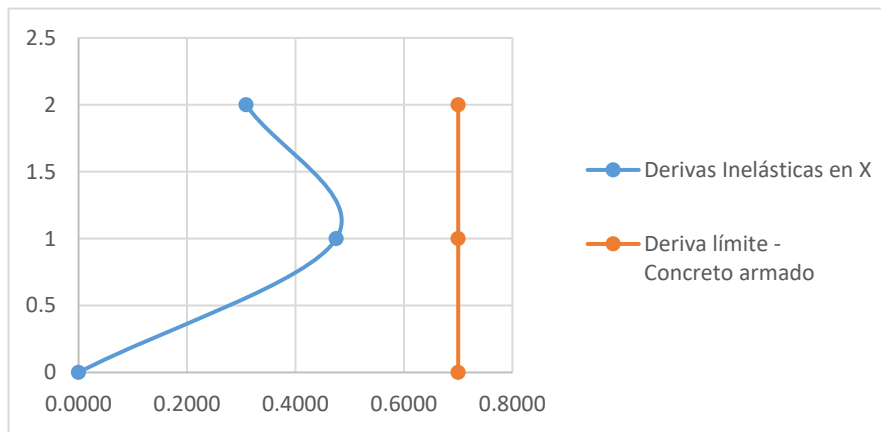


Figura 46: Gráfico de derivas en X

FUENTE: Realizado por el autor, 2019

B. Desplazamiento en “Y”

La tabla 42 refleja las derivas inelásticas considerando el análisis estático en la dirección “Y”.

Tabla 42: Derivas en Y

PISO	ALTURA (m)	DESPLAZAMIENTO MÁXIMO (mm)	DERIVAS Δ ELÁSTICAS	DERIVAS Δ INELÁSTICAS	DERIVAS Δ INELÁSTICAS (%)	DERIVA Δ LÍMITE (%)
Piso 2	5.9	3.83	0.000518	0.003108	0.3108	0.70
Piso 1	2.8	2.225	0.000795	0.004770	0.4770	0.70
Base	0	0	0	0.000000	0.0000	0.70

FUENTE: Adaptado de Pineda, 2017

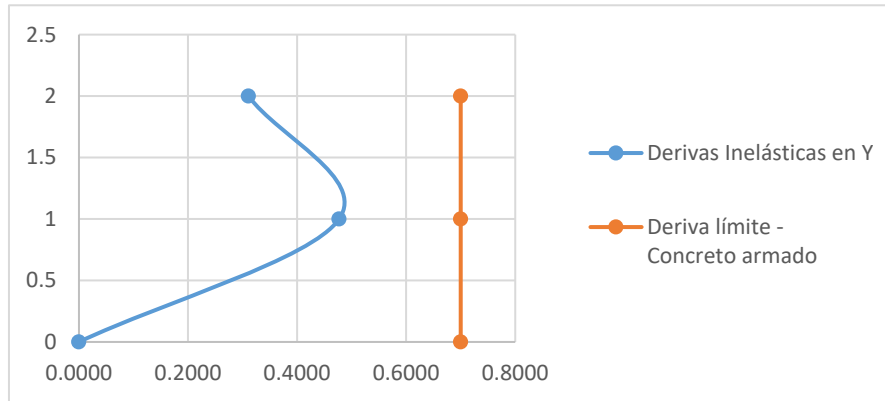


Figura 47: Gráfico de derivas en Y

FUENTE: Elaboración propia, 2019

3.3.2.2. Cortante Estático y Dinámico en la Base

La tabla 43 muestra la cortante estática y la cortante dinámica para sismo horizontal en las direcciones “X” e “Y”.

Tabla 43: Resultados de la cortante estática y dinámica en la base

TABLE: Base Reactions							
TIPO	Load Case/Combo	FX (Tonf)	FY (Tonf)	FZ (Tonf)	MX (Tonf-m)	MY (Tonf-m)	MZ (Tonf-m)
Estático	Sismo X	-30.9196	0	0	0	-129.1463	238.0811
	Sismo Y	0	-30.9196	0	129.1463	0	-238.0811
Dinámico	EQ-XX Max	30.2008	0	0	0	120.1218	232.5465
	EQ-YY Max	0	30.1909	0	120.1119	0	232.4696

FUENTE: Realizado por el autor, 2019

La tabla 44 refleja la relación de la cortante dinámica con respecto a la cortante estática, obteniendo como resultado 98% en “X” y 98% en “Y” lo cual es mayor que el 80% que exige la Norma E-030 para estructuras regulares; por lo tanto, no es necesario amplificar la cortante dinámica.

Tabla 44: Amplificación de escala de la cortante dinámica

CORTANTE EN LA BASE	EN "X" (tonf)	EN "Y" (tonf)
CORTANTE ESTÁTICA	30.9196	30.9196
CORTANTE DINÁMICA HORIZONTAL	30.2008	30.1909
V DINÁMICA / V ESTÁTICA	0.98	0.98
FACTOR MÍNIMO	0.80	0.80
RESULTADO	NO AMPLIFICAR	NO AMPLIFICAR
USAR ESCALA	0.00	0.00

FUENTE: Adaptado de Pineda, 2017

3.3.2.3. Modos de Vibración

La tabla 45 refleja los modos de vibración en la dirección X, Y y Z, de los cuales el periodo sobresaliente en la dirección "X" es de 0.253 sec y en la dirección "Y" es de 0.254 sec. La sumatoria de masas de los 6 modos de vibración en la dirección "X" es de 100 % y de los 6 modos de vibración en la dirección "Y" es de 100 %, los cuales superan el 90% exigido en la Norma E-030.

Tabla 45: Resultados obtenidos de los modos de vibración

TABLE: Modal Participating Mass Ratios											
Case	Mode	Period (sec)	UX	UY	UZ	Sum UX	Sum UY	Sum UZ	RX	RY	RZ
Modal	1	0.254	0	0.9444	0	0	0.9444	0	0.0858	0	0
Modal	2	0.253	0.9447	0	0	0.9447	0.9444	0	0	0.0854	0
Modal	3	0.22	0	0	0	0.9447	0.9444	0	0	0	0.932
Modal	4	0.113	0.0553	0	0	1	0.9444	0	0	0.9146	0
Modal	5	0.113	0	0.0556	0	1	1	0	0.9142	0	0
Modal	6	0.097	0	0	0	1	1	0	0	0	0.068

FUENTE: Elaboración propia, 2019

3.3.2.4. Periodo Fundamental

La tabla 46 refleja el cálculo del periodo fundamental basado en el sismo estático en dirección X, del cual el periodo obtenido es 0.2350 sec, la frecuencia circular resulta 26.7420 rad/s y la frecuencia cíclica resulta 4.2561 cyc/sec.

Tabla 46: *Periodo fundamental en dirección X*

PISO	ALTURA (m)	Peso (Kg)	Pi x hi	Ci	Fi (Kgf)	Di (mm)	Pi x D ² i	Fi x Di	T
PISO 2	2.50	56673.54	141683.85	0.27493965	8501.02385	3.813	823974.841	32414.4039	
PISO 1	2.50	149457.3	373643.25	0.72506035	22418.5761	2.217	734595.931	49701.9833	
Base	0.00	206130.84	515327.1	1.00	30919.6		1558570.77	82116.3873	0.2350

FUENTE: Elaboración propia, 2019

Se usará el factor 0.85 en el análisis si es que no está considerada la rigidez de los elementos no estructurales.

$$T = 0.85 \times 2\pi \times \sqrt{\frac{\sum Pi \times Di^2}{g \times \sum Fi \times Di}}$$

Dónde:

$$g = 9806.652 \text{ mm/s}^2$$

La tabla 47 refleja el cálculo del periodo fundamental basado en el sismo estático en dirección Y, del cual el periodo obtenido es 0.2354 sec, la frecuencia circular resulta 26.6863 rad/s y la frecuencia cíclica resulta 4.2473 cyc/sec.

Tabla 47: *Periodo fundamental en dirección Y*

PISO	ALTURA (m)	Peso (Kg)	Pi x hi	Ci	Fi (Kg)	Di (mm)	Pi x D ² i	Fi x Di	T
PISO 2	2.50	56673.54	141683.85	0.27493965	8501.02385	3.83	831338.491	32558.9214	
PISO 1	2.50	149457.3	373643.25	0.72506035	22418.5761	2.225	739907.046	49881.3319	
Base	0.00	206130.84	515327.1	1.00	30919.6		1571245.54	82440.2533	0.2354

FUENTE: Elaboración propia, 2019

Se usará el factor 0.85 en el análisis si es que no está considerada la rigidez de los elementos no estructurales.

$$T = 0.85 \times 2\pi \times \sqrt{\frac{\sum Pi \times Di^2}{g \times \sum Fi \times Di}}$$

Dónde:

$$g = 9806.652 \text{ mm/s}^2$$

3.3.2.5. Fuerzas de los elementos estructurales

Se efectuó el análisis de la combinación de cargas (Tabla 48) en el software ETABS a los diferentes elementos estructurales de la vivienda, esta combinación de cargas se tomó de la norma técnica E-060. La tabla 49 muestra los esfuerzos máximos de la estructura en general y la tabla 50 muestra los esfuerzos máximos obtenidos del análisis por piso.

Tabla 48: *Fuerzas factoradas aplicadas a la estructura*

Combinación de carga	Fórmula
Combo 1	1.4 CM + 1.7 CV
Combo 2	1.4 CM + 1.7 CV + 0.5 CVT
Combo 3	1.25 CM + 1.25 CV + 1.00 Sismo X
Combo 4	1.25 CM + 1.25 CV - 1.00 Sismo X
Combo 5	1.25 CM + 1.25 CV + 1.00 Sismo Y
Combo 6	1.25 CM + 1.25 CV - 1.00 Sismo Y
Combo 7	0.9 CM + 1.00 Sismo X
Combo 8	0.9 CM - 1.00 Sismo X
Combo 9	0.9 CM + 1.00 Sismo Y
Combo 10	0.9 CM - 1.00 Sismo Y

FUENTE: Realizado por el autor, 2019

Tabla 49: *Resultados obtenidos del análisis de cargas en la estructura*

Elemento	Fuerza Axial Máxima (Tonf)	Cortante máximo en X (Tonf)	Cortante máximo en Y (Tonf)	Torsión máxima (Tonf - m)	Momento máximo en X (Tonf - m)	Momento máximo en Y (Tonf - m)
Columna	-22.9131 (Combo 2 - Col B3)	-2.3996 (Combo 4 - Col B3)	2.446 (Combo 5 - Col C3)	0.0091 (Combo 3-4-5-6-7-8-9-10)	3.0086 (Combo 5 - Col C3)	-2.9619 (Combo 4 - Col B3)
Viga principal	-	-6.5456 (Combo 1 - Viga B6)	-	-0.8268 (Combo 4 - Viga B5)	-	-6.8947 (Combo 6 - Viga B3)
Viga secundaria	-	-4.8851 (Combo 1 - Viga B17)	-	-0.7087 (Combo 5 - Viga B14)	-	-5.6694 (Combo 3 - Viga B18)

FUENTE: Realizado por el autor, 2019

Tabla 50: Resultados obtenidos del análisis de cargas por piso

Nivel	Elemento	Fuerza Axial Máxima (Tonf)	Cortante máximo en X (Tonf)	Cortante máximo en Y (Tonf)	Torsión máxima (Tonf - m)	Momento máximo en X (Tonf - m)	Momento máximo en Y (Tonf - m)
PISO 1	Columna	-22.9131 (Combo 2 - Col B3)	-2.3996 (Combo 4 - Col B3)	2.446 (Combo 5 - Col C3)	0.0091 (Combo 3-4-5-6-7-8-9-10)	3.0086 (Combo 5 - Col C3)	-2.9619 (Combo 4 - Col B3)
	Viga principal	-	-6.5456 (Combo 1 - Viga B6)	-	-0.8268 (Combo 4 - Viga B5)	-	-6.8947 (Combo 6 - Viga B3)
	Viga secundaria	-	-4.8851 (Combo 1 - Viga B17)	-	-0.7087 (Combo 5 - Viga B14)	-	-5.6694 (Combo 3 - Viga B18)
PISO 2	Columna	-0.8568 (Combo 5 - Col C4)	-1.2207 (Combo 4 - Col B3)	1.2487 (Combo 5 - Col C3)	-0.0059 (Combo 3-4-5-6-7-8-9-10)	1.8064 (Combo 5 - Col C3)	-1.756 (Combo 4 - Col B3)
	Viga principal	-	0.8373 (Combo 5 - Viga B3)	-	0.1465 (Combo 2 - Viga B6)	-	-1.6014 (Combo 5 - Viga B3)
	Viga secundaria	-	-0.7441 (Combo 4 - Viga B16)	-	0.0293 (Combo 2 - Viga B13)	-	-1.5199 (Combo 4 - Viga B16)

FUENTE: Realizado por el autor, 2019

3.4. Resultados

3.4.1. Comparación de derivas

La tabla 51 muestra las derivas inelásticas de las viviendas reforzadas con bambú y acero considerando el análisis estático.

Tabla 51: Comparación de derivas con bambú y acero

PISO	ALTURA (m)	REFUERZO CON BAMBÚ		REFUERZO CON ACERO		DERIVA ΔLÍMITE (%)
		DERIVAS ΔINELÁSTICAS EN X (%)	DERIVAS ΔINELÁSTICAS EN Y (%)	DERIVAS ΔINELÁSTICAS EN X (%)	DERIVAS ΔINELÁSTICAS EN Y (%)	
Piso 2	5.9	0.309	0.3108	0.429	0.432	0.70
Piso 1	2.8	0.4752	0.477	0.6372	0.6414	0.70
Base	0	0	0	0	0	0.70

FUENTE: Realizado por el autor, 2019

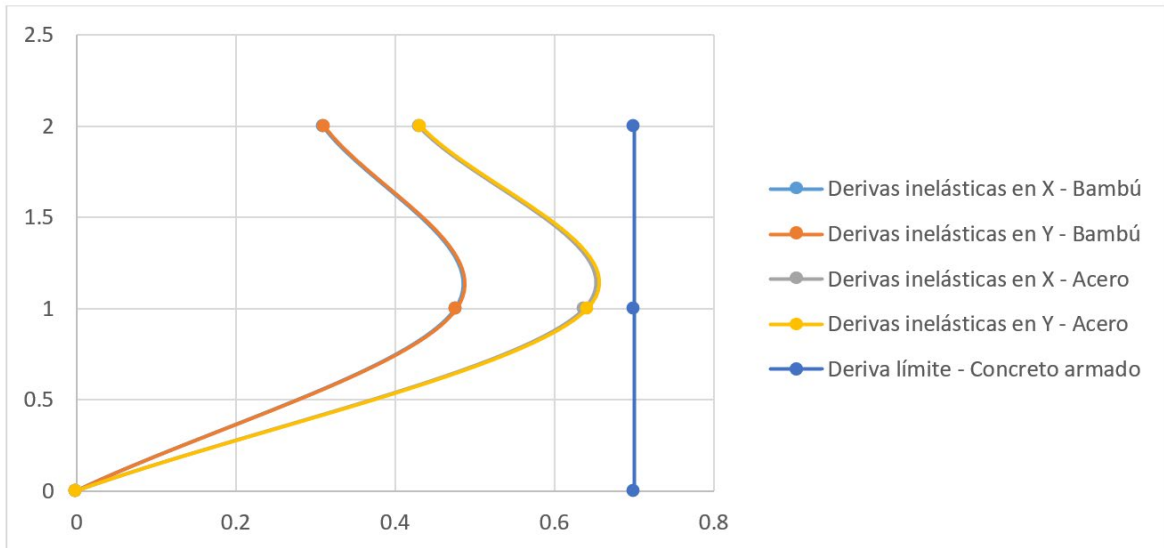


Figura 48: Gráfico de derivas con bambú y acero

FUENTE: Realizado por el autor, 2019

3.4.2. Comparación de cortantes estáticas y dinámicas en la base

La tabla 52 muestra la comparativa entre las cortantes estáticas y dinámicas con refuerzo de acero y bambú.

Tabla 52: Comparación de cortantes con refuerzo de acero y bambú

CORTANTE EN LA BASE	REFUERZO CON ACERO		REFUERZO CON BAMBÚ	
	EN "X" (tonf)	EN "Y" (tonf)	EN "X" (tonf)	EN "Y" (tonf)
CORTANTE ESTÁTICA	41.7830	41.7830	30.9196	30.9196
CORTANTE DINÁMICA HORIZONTAL	40.6063	40.5947	30.2008	30.1909
V DINÁMICA / V ESTÁTICA	0.97	0.97	0.98	0.98

FUENTE: Realizado por el autor, 2019

3.4.3. Comparación de periodos fundamentales

La tabla 53 muestra una comparativa entre los periodos fundamentales calculados con refuerzo de acero y bambú.

Tabla 53: Comparación de periodos fundamentales con refuerzo de acero y bambú

	REFUERZO CON ACERO		REFUERZO CON BAMBÚ	
	EN "X"	EN "Y"	EN "X"	EN "Y"
Periodo fundamental (sec)	0.2749	0.2758	0.2350	0.2354
Frecuencia circular (rad/s)	22.8543	22.7815	26.7420	26.6863
Frecuencia cíclica (cyc/sec)	3.6374	3.6258	4.2561	4.2473

FUENTE: Elaboración propia, 2019

3.4.4. Comparación de cargas en la estructura con refuerzo de acero y bambú

La tabla 54 muestra la comparativa entre las cargas obtenidas en la estructura con refuerzo de acero y de bambú.

Tabla 54: Comparación de cargas en la estructura con refuerzo de acero y de bambú

Elemento	REFUERZO CON ACERO			REFUERZO CON BAMBÚ		
	Columna	Viga principal	Viga secundaria	Columna	Viga principal	Viga secundaria
Fuerza Axial Máxima (Tonf)	-22.9406 (Combo 2 - Col B3)	-	-	-22.9131 (Combo 2 - Col B3)	-	-
Cortante máximo en X (Tonf)	-3.1321 (Combo 4 - Col B3)	-6.4458 (Combo 1 - Viga B6)	4.8423 (Combo 3 - Viga B16)	-2.3996 (Combo 4 - Col B3)	-6.5456 (Combo 1 - Viga B6)	-4.8851 (Combo 1 - Viga B17)
Cortante máximo en Y (Tonf)	3.1811 (Combo 5 - Col C3)	-	-	2.446 (Combo 5 - Col C3)	-	-
Torsión máxima (Tonf - m)	-0.0123 (Combo 3-4-5-6-7-8-9-10)	-0.8648 (Combo 4 - Viga B5)	-0.7324 (Combo 5 - Viga B14)	0.0091 (Combo 3-4-5-6-7-8-9-10)	-0.8268 (Combo 4 - Viga B5)	-0.7087 (Combo 5 - Viga B14)
Momento máximo en X (Tonf - m)	3.9533 (Combo 5 - Col C3)	-	-	3.0086 (Combo 5 - Col C3)	-	-
Momento máximo en Y (Tonf - m)	-3.9088 (Combo 4 - Col B4)	-7.6643 (Combo 6 - Viga B3)	-6.3468 (Combo 3 - Viga B16)	-2.9619 (Combo 4 - Col B3)	-6.8947 (Combo 6 - Viga B3)	-5.6694 (Combo 3 - Viga B18)

FUENTE: Elaboración propia, 2019

3.10. Contrastación de hipótesis

Hipótesis 1

La aplicación de las propiedades mecánicas del bambú interviene en la deformación máxima de una vivienda de 2 pisos en Cañete – 2019.

- ✓ Ha: La aplicación de las propiedades mecánicas del bambú interviene en la deformación máxima de una vivienda de 2 pisos en Cañete – 2019.
- ✓ Ho: La aplicación de las propiedades mecánicas del bambú no interviene en la deformación máxima de una vivienda de 2 pisos en Cañete – 2019.

Se analizó las derivas máximas de una vivienda reforzada con acero y la otra reforzada con bambú, del cual se observó que las derivas obtenidas en el piso 1 de la vivienda reforzada con bambú son menores a las obtenidas de la vivienda reforzada con acero en 25.42 % y 25.63 % en X e Y, respectivamente; por ello, se decidió cancelar la hipótesis nula y admitir la hipótesis alternativa, en consecuencia, se afirma que la aplicación de las propiedades mecánicas del bambú interviene en la deriva máxima de una vivienda de 2 pisos en Cañete – 2019.

Hipótesis 2

La aplicación de las características físicas del bambú interviene en el esfuerzo a compresión de una vivienda de 2 pisos en Cañete – 2019.

- ✓ Ha: La aplicación de las características físicas del bambú interviene en el esfuerzo a compresión de una vivienda de 2 pisos en Cañete – 2019.
- ✓ Ho: La aplicación de las características físicas del bambú no interviene en el esfuerzo a compresión de una vivienda de 2 pisos en Cañete – 2019.

Se analizó las cargas máximas obtenidas en la vivienda reforzada con acero y la otra con bambú, del cual se observó que las fuerzas axiales y cortantes máximas actuantes en las columnas reforzadas con bambú son menores a las actuantes en las columnas reforzadas con acero en 0.12 % para las fuerzas axiales, 23.39 % y 23.11 % para las cortantes en X e Y, respectivamente; por ello, se decidió cancelar la hipótesis nula y admitir la hipótesis alternativa, en consecuencia, se afirma que la aplicación de las características físicas del bambú interviene en el esfuerzo a compresión de una vivienda de 2 pisos en Cañete – 2019.

Hipótesis 3

La aplicación de la resistencia a flexión del bambú influye en la cuantía de bambú de una vivienda de 2 pisos en Cañete - 2019.

- ✓ Ha: La aplicación de la resistencia a flexión del bambú influye en la cuantía de bambú de una vivienda de 2 pisos en Cañete - 2019.
- ✓ Ho: La aplicación de la resistencia a flexión del bambú no influye en la cuantía de bambú de una vivienda de 2 pisos en Cañete - 2019.

Se analizó las fuerzas cortantes presentes en las vigas principales y secundarias de la vivienda reforzada con acero y la otra reforzada con bambú, del cual se observó que las fuerzas cortantes máximas actuantes en las vigas principales y secundarias reforzadas con acero son menores a las actuantes en las vigas principales y secundarias reforzadas con bambú en 1.52 % y 0.88 % en el eje X; por ello, se decidió cancelar la hipótesis alternativa y aceptar la hipótesis nula, en consecuencia, se afirma que la aplicación de la resistencia a flexión del bambú no influye en la cuantía de bambú de una vivienda de 2 pisos en Cañete - 2019.

IV. DISCUSIÓN

Discusión 1

Según Carpio y Vásquez (2016), en la tesis titulada “Características físicas y mecánicas del bambú para fines estructurales” con el objetivo primordial de establecer las características físico-mecánicas del bambú mediante los ensayos de contenido de humedad, retraimiento, densidad básica, compresión paralela a la fibra, corte, flexión estática y torsión; concluye que el contenido de humedad para muestras de 4 y 5 años de cultivo resultan 15.5% y 14.3%, respetivamente, así mismo los valores de los esfuerzos promedio son de 35.9 MPa a compresión, 7.5 MPa a corte, 18.5 MPa a tracción y 7.5 MPa a flexión.

En la presente investigación, para muestras de 5 años de cultivo, se obtuvo un contenido de humedad de 14.21%, así mismo los esfuerzos promedio obtenidos son de 35.41 MPa a compresión, 5.33 MPa a corte, 126.29 MPa a tensión y 46.03 MPa a flexión. Se concluye que los esfuerzos promedio obtenidos en laboratorio son mayores a los esfuerzos admisibles calculados según el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo resistente.

Discusión 2

Según Alarcón y Olarte (2013), en la tesis titulada “Esfuerzo máximo de tensión paralela a la fibra y determinación del módulo de elasticidad de la *Guadua Angustifolia* del municipio de Pitalito-Huila” que tiene como objetivo primordial establecer el esfuerzo máximo de tensión paralela a la fibra y el módulo de elasticidad de la *Guadua angustifolia* del municipio de Pitalito; concluyendo que la sección del culmo es responsable de la variación de resistencia a la tensión, ya que la resistencia promedio obtenida de la parte superior (62.89 MPa) está por encima de las obtenidas de la parte inferior (60.77 MPa) y media (59.46 MPa).

En la presente investigación la resistencia promedio a la tensión paralela a la fibra conseguida por la sección inferior, media y superior son de 129.73 MPa, 115.45 MPa y 133.71 MPa respectivamente; de los resultados conseguidos se concluye que las resistencias promedio de la sección inferior y media están por debajo de la sección superior, ya que a medida que asciende la altura disminuye el espesor de la pared mientras que el porcentaje de fibras en relación al área de la pared asciende.

Discusión 3

Según Espinoza y Guerrero (2016), en la tesis titulada "Diseño de una vivienda de dos plantas, sismorresistente con Caña Guadua" cuyo objetivo primordial es plantear una vivienda de dos pisos resistente a sismos con bambú en la Provincia de Santa Elena; concluye que los momentos que se producen en la viga principal y secundaria son de 298.95 Kgf-m y 261.68 Kgf-m, respectivamente, con respecto a la fuerza cortante se obtuvo 495.8 Kgf y 261.68 Kgf en la viga principal y secundaria, respectivamente. En cuanto a la fuerza axial, el programa SAP2000 dió como resultados 451.76 Kgf, 5.5 Kgf y 3959.89 Kgf en la viga principal, secundaria y columna, respectivamente.

En la presente investigación el momento máximo que se produce en la viga principal es de 6894.7 Kgf-m en el eje Y y en la viga secundaria es de 5669.4 Kgf-m en el eje Y, con respecto a la fuerza cortante máxima se obtuvo 6545.6 Kgf en el eje X para la viga principal y 4885.1 Kgf en el eje X para la viga secundaria; por último, la fuerza axial máxima en la columna, obtenido del software ETABS, dio como resultado 22913.1 Kgf. Se concluye que los valores obtenidos en el software no exceden las cargas últimas calculadas según la norma ACI-318.

V. CONCLUSIONES

Conclusión 1

Las derivas inelásticas obtenidas en la vivienda reforzada con acero en la dirección X son de 0.6372 % y 0.4290 % en el piso 1 y 2, respectivamente, en la dirección Y son de 0.6414 % y 0.4320 % en el piso 1 y 2, respectivamente. En cuanto a la vivienda reforzada con bambú las derivas inelásticas resultantes en el eje X son de 0.4752 % y 0.3090 % en el piso 1 y 2, respectivamente, en la dirección Y son de 0.4770 % y 0.3108 % en el piso 1 y 2, respectivamente; se observa que las derivas obtenidas de la vivienda reforzada con bambú son menores a las obtenidas de la vivienda reforzada con acero debido a los valores obtenidos de los esfuerzos mecánicos del bambú.

Conclusión 2

Luego de analizar las estructura reforzada con acero y la otra con bambú mediante la combinación de cargas, la fuerza axial máxima actuante en las columnas de la vivienda reforzada con acero es de 22.9406 Tonf y con bambú se obtuvo una fuerza axial máxima de 22.9131 Tonf; con respecto a las fuerzas cortantes máximas de las columnas se obtuvo 3.1321 Tonf en X y 3.1811 Tonf en Y para la vivienda reforzada con acero, con respecto al bambú se obtuvo 2.3996 Tonf en X y 2.446 Tonf en Y; por último, en las columnas de la vivienda reforzada con acero se obtuvieron momentos máximos de 3.9533 Tonf-m en X y 3.9088 Tonf-m en Y, con respecto al bambú se obtuvieron momentos máximos de 3.0086 Tonf-m en X y 2.9619 Tonf-m en Y. Por lo tanto, se observa que la fuerza axial máxima en la estructura reforzada con bambú es menor que la actuante en la estructura reforzada con acero en 0.12 %.

Conclusión 3

Para el diseño de las vigas con refuerzo de acero se usó una cuantía de 0.95 % de varillas de ¾" de acero ASTM A615 – Grado 60, en cuanto a las vigas con refuerzo de bambú se usó una cuantía de 2.12 % de tablillas de bambú; luego de que ambas estructuras fueron sometidas a la combinación de cargas, se obtuvo una cortante máxima en X de 6.4458 Tonf y 4.8423 Tonf y un momento máximo en Y de 7.6643 Tonf-m y 6.3468 Tonf-m en las vigas principales y secundarias, respectivamente para la estructura reforzada con acero, con respecto al bambú se obtuvo una cortante máxima en X de 6.5456 Tonf y 4.8851 Tonf y un momento máximo en Y de 6.8947 Tonf-m y 5.6694 Tonf-m en las vigas principales y secundarias, respectivamente. Por lo tanto, se observa que las vigas con refuerzo de bambú

soportan mayor fuerza cortante a comparación de las vigas con refuerzo de acero, en cambio, en relación a los momentos máximos las vigas con refuerzo de bambú tienen menor momento con respecto a las de acero.

VI. RECOMENDACIONES

Recomendación 1

Debido a que la estructura se ubica en una zona con suelos blandos y posee cobertura liviana, se recomienda diseñar una platea de cimentación, con el fin de evitar el asentado de la estructura.

Recomendación 2

Debido a que la vivienda fue diseñada como una estructura regular, se recomienda analizar su comportamiento estructural como una irregular reforzada con bambú y analizar los efectos positivos o negativos en comparación con una estructura regular.

Recomendación 3

Se recomienda analizar el comportamiento sísmico de estructuras reforzadas con bambú teniendo en cuenta el esfuerzo de adherencia entre el bambú y el concreto.

Recomendación 4

Se recomienda diseñar un tipo de refuerzo transversal a base de bambú en los elementos estructurales, con el fin de disminuir aún más la presencia del acero sin perder rigidez.

VII. REFERENCIAS

1. ALARCÓN, John y OLARTE, Jairo. Esfuerzo máximo de tensión paralela a la fibra y determinación del módulo de elasticidad de la guadua angustifolia del municipio de Pitalito-Huila. Tesis (Ingeniero Agrícola). Colombia: Universidad Surcolombiana, 2013. Disponible en http://www.usmp.edu.pe/centro_bambu_peru/pdf/ESFUERZO_MAXIMO_TENSION_PARALELA_FIBRA_DETERMINACION_MODULO_ELASTICIDAD_GUADUA_AG.pdf
2. AMERICAN Concrete Institute. Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural ACI 318S-11. Farmington Hills: ACI, 2011. 541 pp. ISBN: 978-0-87031-746-0
3. ANDRADE Pardo, Sofia. Calificación ante cargas dinámicas de una conexión entre una columna de guadua angustifolia y su cimentación. Tesis (Magíster en Ingeniería Civil). Colombia: Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, 2013. Disponible en http://www.usmp.edu.pe/centro_bambu_peru/pdf/SOFIA_ANDRADE.pdf
4. ÁNGELES Castro, Franklin. Propiedades físicas y mecánicas de la guadua angustifolia con fines estructurales. Tesis (Ingeniero Civil). Perú: Universidad Nacional de Cajamarca, 2014. Disponible en <http://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/366/T%20720%20A581%202014.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
5. ARCHILA, Héctor, KAMINSKI, Sebastián, TRUJILLO, David, ZEA, Edwin, y HARRIES, Kent. Bamboo reinforced concrete: a critical review. *Materials and Structures* [en línea]. Julio de 2018. [Fecha de consulta: 11 de enero del 2019]. Disponible en <https://www.researchgate.net/publication/326500470>
6. ARDILA Pinilla, César. Determinación de los valores de esfuerzos admisibles del bambú *guadua angustifolia* kunth del departamento de Tolima, Colombia. Tesis (Magíster en Construcción). Colombia: Universidad Nacional de Colombia, 2013. Disponible en <http://www.bdigital.unal.edu.co/12616/1/ardilapinillacesar.%202013.pdf>
7. ASKARINEJAD, Sina, KOTOWSKI, Peter, SHALCHY, Faezeh, y RAHBAR, Nima. Effects of humidity on shear behavior of bamboo. *Theoretical and Applied Mechanics Letters* [en línea]. Febrero de 2016. [Fecha de consulta: 11 de enero del 2019]. Disponible en <https://www.researchgate.net/publication/285044387>

8. BALMUKUND, Mahavir. Properties of Bamboo Strip Reinforced Concrete. International Journal of Engineering and Technical Research [en línea]. Noviembre de 2017. [Fecha de consulta: 15 de enero del 2019]. Disponible en <https://www.researchgate.net/publication/282775362>
9. BALMUKUND, Mahavir. Properties of Cement Concrete Reinforced With Bamboo-Strip-Mat. [en línea]. Noviembre de 2017. [Fecha de consulta: 15 de enero del 2019]. Disponible en <https://www.researchgate.net/publication/312355630>
10. BARRETO, Walter y GUTIERREZ, Mateo. Estudio de durabilidad en las estructuras de bambú *guadua angustifolia kunth* de la universidad la Gran Colombia, seccional Armenia-Colombia. XVI Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeira [en línea]. Mayo de 2018. [Fecha de consulta: 11 de enero del 2019]. Disponible en <https://www.researchgate.net/publication/325314275>
11. CAMARGO, José, RÍOS, Brian y GUTIERREZ Mateo. Variación en el análisis estructural de dos viviendas en *guadua angustifolia kunth*, modeladas bajo un comportamiento ortotrópico en comparación al comportamiento isotrópico definido en la NSR-10. VIII Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica [en línea]. Marzo de 2018. [Fecha de consulta: 14 de marzo del 2019]. Disponible en <https://www.researchgate.net/publication/323971724>
12. CARPIO, Pablo y VÁSQUEZ, Juan. Características físicas y mecánicas del bambú para fines estructurales. Tesis (Ingeniero Civil). Perú: Universidad Privada Antenor Orrego, 2016. Disponible en http://www.usmp.edu.pe/centro_bambu_peru/pdf/TESIS_MOYOBAMBA.pdf
13. DÍAZ Valcárcel, Paul. Análisis comparativo: uso de bambú vs. perfiles de acero para cobertura liviana. Tesis (Ingeniero Civil). Perú: Universidad Nacional de San Agustín, 2016. Disponible en <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/3301/ICdivapa03.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
14. DOS SANTOS, Gisleiva, BERALDO, Antonio, MORENO, Armando y BUENO, Augusto. Flexural and shear behaviour of concrete beams reinforced with bamboo. [en línea]. Setiembre de 2016. [Fecha de consulta: 15 de enero del 2019]. Disponible en <https://www.researchgate.net/publication/307613969>

15. ESPINOZA, Israel y GUERRERO, Juan. Diseño de una vivienda de dos plantas, sismorresistente con caña guadua. Tesis (Ingeniero Civil). Ecuador: Escuela Superior Politécnica del Litoral, 2016. Disponible en <https://www.dspace.espol.edu.ec/retrieve/96361/D-CD70165.pdf>
16. ESTACIO Castañeda, Dimas. Evaluación de las propiedades físico-mecánicas del bambú – Bagua – Amazonas. Tesis (Ingeniero Civil). Perú: Universidad Nacional de Cajamarca, 2013. Disponible en <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/364>
17. GARCÍA, José, GHAVAMI, Khosrow y RANGEL, Christian. Experiments with rings to determine the anisotropic elastic constants of bamboo. Construction and Building Materials [en línea]. Mayo de 2018. [Fecha de consulta: 15 de enero del 2019]. Disponible en <https://www.researchgate.net/publication/257389072>
18. GHAVAMI, Khosrow. Bamboo as reinforcement in structural concrete elements. Cement and Concrete Composites [en línea]. Julio de 2005. [Fecha de consulta: 27 de noviembre del 2018]. Disponible en <https://www.researchgate.net/publication/222684721>
19. GUTIÉRREZ, Mateo y TAKEUCHI, Caori. Efecto del contenido de humedad en la resistencia a tensión paralela a la fibra del bambú guadua angustifolia kunth. Revista Universidad Tecnológica de Pereira [en línea]. Septiembre de 2014, n.º 3. [Fecha de consulta: 06 de octubre del 2018]. Disponible en <http://revistas.utp.edu.co/index.php/revistaciencia/article/view/9117/5814>
ISSN: 0122-1701
20. HOSSAIN, Md. Performance Evaluation of Bamboo Reinforced Concrete Beam. [en línea]. Junio de 2015. [Fecha de consulta: 15 de enero del 2019]. Disponible en <https://www.researchgate.net/publication/275336673>
21. INSTITUTO Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. Norma Técnica Colombiana NTC-5525 [en línea]. Bogotá: ICONTEC, 2007 [Fecha de consulta: 05 de setiembre del 2018]. Disponible en <https://es.scribd.com/document/94197342/NTC-5525-Propiedades-Fisico-Mecanicas-Bambu>
22. KAMINSKI, Sebastián, LAWRENCE, Andrew y TRUJILLO, David. Guía de diseño para la vivienda de bahareque encementado [en línea] N° 38. Londres: INBAR – International Network for Bamboo and Rattan, 2016 [Fecha de consulta: 27 de noviembre del 2018]. 49-58p. Disponible en

<https://bambuecuador.files.wordpress.com/2018/01/2015-guia-de-disencc83o-para-viviendas-de-bahareque-encementado.pdf>

ISBN: 978-92-990082-3-2


23. KHATIB, Abdullah, NOUNU, Ghassan. Corrugated Bamboo as Reinforcement in Concrete. Structures & Buildings [en línea]. Marzo de 2017. [Fecha de consulta: 11 de enero del 2019]. Disponible en <https://www.researchgate.net/publication/314906479>
24. LUNA, Patricia, LOZANO, Jorge, y TAKEUCHI, Caori. Determinación experimental de valores característicos de resistencia para Guadua angustifolia. Maderas: Ciencia y Tecnología [en línea]. Mayo de 2016. [Fecha de consulta: 11 de enero del 2019]. Disponible en <https://www.researchgate.net/publication/260909514>
25. MALI, Pankaj y DATTA, Debarati. Experimental Study on Improving Bamboo-Concrete Bond Strength. [en línea]. Mayo de 2019. [Fecha de consulta: 11 de enero del 2019]. Disponible en <https://www.researchgate.net/publication/332962028>
26. MENG, J. y SUN, DG. Effects of node distribution on bending deformation of bamboo. Journal of Tropical Forest Science [en línea]. Octubre de 2018. [Fecha de consulta: 11 de enero del 2019]. Disponible en <https://www.researchgate.net/publication/332757313>
27. MINISTERIO de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Reglamento Colombiano de Construcción Sismo-Resistente NRS-10 Título A – Requisitos Generales de Diseño y Construcción Sismo-Resistente [en línea]. Bogotá: MAVDT, 2010 [Fecha de consulta: 27 de noviembre del 2018]. Disponible en <https://www.idrd.gov.co/sitio/idrd/sites/default/files/imagenes/titulo-a-nsr-100.pdf>
28. MINISTERIO de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Reglamento Colombiano de Construcción Sismo-Resistente NRS-10 Título B – Cargas [en línea]. Bogotá: MAVDT, 2010 [Fecha de consulta: 27 de noviembre del 2018]. Disponible en <https://www.idrd.gov.co/sitio/idrd/sites/default/files/imagenes/2titulo-b-nsr-100.pdf>
29. MINISTERIO de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Reglamento Colombiano de Construcción Sismo-Resistente NRS-10 Título E – Casas de uno y dos pisos [en línea]. Bogotá: MAVDT, 2010 [Fecha de consulta: 27 de noviembre del 2018]. Disponible en <https://www.idrd.gov.co/sitio/idrd/sites/default/files/imagenes/5titulo-e-nsr-100.pdf>
30. MINISTERIO de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Reglamento Colombiano de Construcción Sismo-Resistente NRS-10 Título G – Estructuras de

- Madera y Estructuras de Guadua [en línea]. Bogotá: MAVDT, 2010 [Fecha de consulta: 27 de noviembre del 2018]. Disponible en <https://www.idrd.gov.co/sitio/idrd/sites/default/files/imagenes/7titulo-g-nsr-100.pdf>
31. MINISTERIO de Vivienda, Construcción y Saneamiento. Norma Técnica E-020: Cargas [en línea]. Lima: MVCS, 2006 [Fecha de consulta: 05 de noviembre del 2018]. Disponible en <http://ww3.vivienda.gob.pe/DGPRVU/docs/RNE/T%C3%ADtulo%20III%20Edificaciones/50%20E.020%20CARGAS.pdf>
 32. MINISTERIO de Vivienda, Construcción y Saneamiento. Norma Técnica E-030: Diseño Sismorresistente [en línea]. Lima: MVCS, 2018 [Fecha de consulta: 05 de noviembre del 2018]. Disponible en <http://www3.vivienda.gob.pe/dgprvu/docs/RNE/T%C3%ADtulo%20III%20Edificaciones/51%20E.030%20DISENO%20SISMORRESISTENTE.pdf>
 33. MINISTERIO de Vivienda, Construcción y Saneamiento. Norma Técnica E-100: Bambú [en línea]. Lima: MVCS, 2012 [Fecha de consulta: 05 de noviembre del 2018]. Disponible en <https://www.sencico.gob.pe/descargar.php?idFile=180>
 34. MORAN, Richard, SILVA, Héctor y GARCÍA, José. A bamboo beam-column connection capable to transmit moment. 17th International Conference on Non-Conventional Materials and Technologies [en línea]. Noviembre de 2017. [Fecha de consulta: 27 de noviembre del 2018]. Disponible en <https://www.researchgate.net/publication/321428888>
 35. PINEDA Magino, Edgar. Diseño Estructural de viviendas Sismo Resistente en la ribera del río Rímac y en las laderas del cerro en El Agustino, Lima 2017. Tesis (Ingeniero Civil). Perú: Universidad César Vallejo, 2017. Disponible en <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/UCV/11893>
 36. REA Lozano, Verónica. Uso de la caña guadua como material de construcción: evaluación medioambiental frente a sistemas constructivos tradicionales. Tesis (Magíster en Innovación Tecnológica en Edificación). España: Universidad Politécnica de Madrid, 2012. Disponible en <http://repositorio.educacionsuperior.gob.ec/bitstream/28000/356/1/T-SENESCYT-0126.pdf>
 37. SHAH, Darshil, SHARMA, Bhavna y RAMAGE, Michael. Processing bamboo for structural composites: Influence of preservative treatments on surface and interface

- properties. International Journal of Adhesion and Adhesives [en línea]. Agosto de 2018. [Fecha de consulta: 15 de enero del 2019]. Disponible en <https://www.researchgate.net/publication/325199138>
38. TAN, Ting, ALLAMEH, Seyed, KWOFIE, Samuel, DISSMORE, D., GHAVAMI, Khosrow, SOBOYEJO, W. y RAHBAR, Nima. Mechanical properties of functionally graded hierarchical bamboo structures. Acta biomaterialia [en línea]. Diciembre de 2017. [Fecha de consulta: 15 de enero del 2019]. Disponible en <https://www.researchgate.net/publication/51249375>
39. VARGAS Vásquez, Wilder. Vigas de concreto reforzadas con bambú (guadua angustifolia) para construcciones rurales. Tesis (Ingeniero Agrícola). Perú: Universidad Nacional Agraria La Molina, 2016. Disponible en <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/2488>
40. VILLEGAS, Laura y MORAN, Richard. Thin steel rings as a feasible alternative to connect bamboo culms. 17th International Conference on Non-Conventional Materials and Technologies [en línea]. Diciembre de 2017. [Fecha de consulta: 14 de marzo del 2019]. Disponible en <https://www.researchgate.net/publication/321429246>
41. WAGEMANN, Elizabeth, GATÓO, Ana y RAMAGE, Michael. Post Disaster Housing in Bamboo. [en línea]. Octubre de 2018. [Fecha de consulta: 15 de enero del 2019]. Disponible en <https://www.researchgate.net/publication/320371444>

ANEXOS

ANEXO 01: Instrumento de Investigación Validado

	FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS	VERSIÓN 2.0
	DATOS GENERALES	PÁGINA 1 DE 2

PROYECTO	"APLICACIÓN DEL BAMBÚ EN EL REFORZAMIENTO DEL CONCRETO PARA MEDIR EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE UNA VIVIENDA DE 2 PISOS EN CAÑETE - 2019"
ASESOR	DR. GERARDO CANCHO ZUÑIGA
AUTOR	BANDY B. SALVATIERRA VEGA

FECHA	11/11/2018	N° DE CULMOS (Und)	6
ORIGEN	ECUADOR	LONGITUD DEL CULMO (m)	6
TIEMPO DE CULTIVO (años)	5	DIÁMETRO DEL CULMO (pulg)	4

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL BAMBÚ						
CONTENIDO DE HUMEDAD	ENSAYO	MUESTRA CURADA		MUESTRA SECADA EN HORNO		RESULTADO
		Espesor promedio de muestras (mm)	Peso promedio (gr)	Espesor promedio de muestras (mm)	Peso promedio (gr)	
	Para compresión	6.67	26.51	5.84	23.21	14.22
	Para corte	7.23	19.32	6.33	16.92	14.20
	Para tensión	6.26	20.63	5.48	18.06	14.23
	Para flexión	7.15	23.57	6.26	20.64	14.20

PROPIEDADES MECÁNICAS DEL BAMBÚ													
TIPO DE ENSAYO	CARACTERÍSTICAS	PROBETAS DE BAMBÚ											
		EC15	EC25	EC35	EC45	EC5M	EC6M	EC7M	EC8M	EC9I	EC10I	EC11I	EC12I
COMPRESIÓN Longitud de probeta (150 mm)	Carga máxima (N)	45178.00	66752.63	32919.69	18209.71	72636.62	76068.95	60378.31	57436.31	32919.69	18209.71	64791.30	60378.31
	Área de sección transversal (mm ²)	1300.62	1681.95	793.88	493.91	1992.30	2167.43	1634.98	1639.28	929.41	559.93	2206.12	1925.10
	Esfuerzo último de Compresión (Mpa)	34.74	39.69	41.47	36.87	36.46	35.10	36.93	35.04	35.42	32.52	29.37	31.36

TIPO DE ENSAYO	CARACTERÍSTICAS	PROBETAS DE BAMBÚ											
		EV15	EV25	EV35	EV45	EV5M	EV6M	EV7M	EV8M	EV9I	EV10I	EV11I	EV12I
CORTE Longitud de probeta (150 mm)	Carga máxima (N)	21462.00	14891.55	3613.90	2241.00	5869.45	2633.25	6192.75	2662.35	1260.35	11194.10	21462.00	14891.55
	E (t x l) (mm ²)	3961.01	2324.34	825.15	446.02	1347.51	571.25	1294.87	484.44	164.50	2230.59	3967.26	2732.04
	Resistencia Última al Corte (Mpa)	5.42	6.41	4.38	5.02	4.36	4.61	4.78	5.50	7.66	5.02	5.41	5.45

TIPO DE ENSAYO	CARACTERÍSTICAS	PROBETAS DE BAMBÚ											
		ET15	ET25	ET35	ET45	ET5M	ET6M	ET7M	ET8M	ET9I	ET10I	ET11I	ET12I
TENSIÓN Longitud total de muestra (500 mm)	Carga máxima (N)	17248.00	19948.00	26998.00	16248.00	26998.00	17248.00	15148.00	10048.00	13498.00	35748.00	26848.00	15148.00
	Área de sección transversal (mm ²)	129.75	147.77	215.32	114.43	251.65	144.22	123.87	89.21	112.01	261.43	214.87	110.80
	Esfuerzo último de Tracción (Mpa)	132.93	134.99	124.92	141.99	107.28	119.60	122.29	112.63	120.51	136.74	124.95	136.71

TIPO DE ENSAYO	CARACTERÍSTICAS	PROBETAS DE BAMBÚ											
		EF15	EF25	EF35	EF45	EF55	EF65	EF7I	EF8I	EF9I	EF10I	EF11I	EF12I
FLEXIÓN Longitud de probeta (4000 mm)	Carga máxima (N)	3038.00	4988.20	6615.00	8379.00	1519.00	8428.00	3175.20	7791.00	2646.00	5978.00	6693.40	8771.00
	Deflexión máxima (mm)	76.00	74.00	74.40	75.60	77.80	78.00	75.80	77.40	75.50	76.00	77.50	75.00
	Momento de Inercia (mm ⁴)	1726361.50	2217955.56	5434790.46	6455957.92	1124688.35	4004993.46	1249717.04	2887836.25	1399769.59	2615986.53	3615785.46	3390010.47
	Momento máximo (N-mm)	1660773.33	2716745.99	1973712.44	2120605.26	1757926.86	2745820.39	3239695.66	3046522.12	2540107.12	2383784.87	2728570.31	2966547.99
	Resistencia última a Flexión (Mpa)	41.50	53.45	39.22	52.20	34.81	38.82	60.86	49.51	45.53	50.54	44.29	41.67
Módulo de Elasticidad (Mpa)	14500.63	19630.87	10701.56	11219.95	11325.14	17648.22	22124.43	22636.89	15997.07	19421.70	15442.44	22061.52	

RESULTADOS DE ETABS														
TIPO DE ANÁLISIS	NIVEL	COMBINACIÓN DE CARGA	Vx (Kgf)	Vy (Kgf)	T (Kgf-m)	Mx (Kgf-m)	My (Kgf-m)	DESPLAZAMIENTO MÁXIMO (mm)	DERIVAS ΔELÁSTICAS (%)	DERIVAS ΔINELÁSTICAS (%)	% PARTICIPACIÓN DE MASAS EN X	% PARTICIPACIÓN DE MASAS EN Y	PERIODO FUNDAMENTAL EN X (seg)	PERIODO FUNDAMENTAL EN Y (seg)
ANÁLISIS ESTÁTICO	PISO 1	Sismo X	-55601.79	0.00	416666.65	0.00	-230793.72	0.048	0.0017	0.0077	98.96	98.85	0.033	0.033
		Sismo Y	0.00	-55601.79	-416666.65	230793.72	0.00	0.049	0.0017	0.0077				
ANÁLISIS DINÁMICO MODAL ESPECTRAL	PISO 1	EQ-XX Max	48964.07	1.44	352070.31	5.85	197332.35	0.041	0.0015	-	N° DE MODOS DE VIBRACIÓN	N° DE MODOS DE VIBRACIÓN		
		EQ-YY Max	1.50	46739.57	350232.15	196860.20	5.94	0.042	0.0015	-	6	6		

ESFUERZOS MÁXIMOS	TIPO	Fuerza Axial Máxima (Kg)	Cortante máximo en X (Kg)	Cortante máximo en Y (Kg)	Torsión máxima (Kg - m)	Momento máximo en X (Kg - m)	Momento máximo en Y (Kg - m)
	COLUMNA	-4313.4449	30.8013	51.7693	-0.0036	77.1651	41.9849
	VIGA PRINCIPAL	-	-2038.5289	-	620.8926	-	1156.4991
	VIGA SECUNDARIA	-	-1462.9161	-	291.8928	-	538.7222



PROYECTO	"APLICACIÓN DEL BAMBÚ EN EL REFORZAMIENTO DEL CONCRETO PARA MEDIR EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE UNA VIVIENDA DE 2 PISOS EN CAÑETE - 2019"
ASESOR	DR. GERARDO CANCHO ZUÑIGA
AUTOR	BANDY B. SALVATIERRA VEGA

EXPERTO 1

Tabla 1: Rangos de magnitud de validez

RANGOS	MAGNITUD
81 a 100	Muy alta
61 a 80	Alta
41 a 60	Moderada
21 a 40	Baja
1 a 20	Muy baja

FUENTE: Adaptado de Ruiz, 2002


 Bandy Salvatierra Vega
 AUTOR


 RAUL A. PINTO BARRANTES.
 CIP N° 51304

OBSERVACIONES:

PUNTAJE:

80.



PROYECTO	"APLICACIÓN DEL BAMBÚ EN EL REFORZAMIENTO DEL CONCRETO PARA MEDIR EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE UNA VIVIENDA DE 2 PISOS EN CAÑETE - 2019"
ASESOR	DR. GERARDO CANCHO ZUÑIGA
AUTOR	BANDY B. SALVATIERRA VEGA

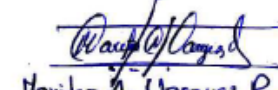
EXPERTO 2

Tabla 1: Rangos de magnitud de validez

RANGOS	MAGNITUD
81 a 100	Muy alta
61 a 80	Alta
41 a 60	Moderada
21 a 40	Baja
1 a 20	Muy baja

FUENTE: Adaptado de Ruiz, 2002


 Bandy Salvatierra Vega
 AUTOR


 Maritza A. Vasquez P.
 CIP N° 111723

OBSERVACIONES:

PUNTAJE:

90



PROYECTO	"APLICACIÓN DEL BAMBÚ EN EL REFORZAMIENTO DEL CONCRETO PARA MEDIR EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE UNA VIVIENDA DE 2 PISOS EN CAÑETE - 2019"
ASESOR	DR. GERARDO CANCHO ZUÑIGA
AUTOR	BANDY B. SALVATIERRA VEGA

EXPERTO 3


Tabla 1: Rangos de magnitud de validez

RANGOS	MAGNITUD
81 a 100	Muy alta
61 a 80	Alta
41 a 60	Moderada
21 a 40	Baja
1 a 20	Muy baja

FUENTE: Adaptado de Ruiz, 2002



Bandy Salvatierra Vega
AUTOR



ALVARO
GUTIÉRREZ, Luis
CIP N° 120290

OBSERVACIONES:

PUNTAJE:

90

ANEXO 02: Informes de Laboratorio



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

Facultad de Ingeniería Civil

LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"

Comité de Ingeniería Civil Acreditado por



Accreditation Board for Engineering and Technology



Engineering
Technology
Accreditation
Commission

INFORME

Del : Laboratorio N°1: Ensayo de Materiales
A : BANDY SALVATIERRA VEGA
Obra : UNIVERSIDAD "CESAR VALLEJO"
Ubicación : AV. ALFREDO MENDIOLA 6232, LOS OLIVOS
Asunto : Ensayo de Resistencia a la Compresión en Caña de Bambú
Expediente N° : 19-1853
Recibo N° : 65686
Fecha de emisión : 31/05/2019

1.0. DE LA MUESTRA : Consistente en 01 muestra de caña de BAMBÚ.

2.0. DEL EQUIPO : Máquina de ensayo uniaxial ZWICK/ROELL
 Certificado de calibración: LFP-399-2018
 Balanza electrónica BLZA-5 AND/GF-20K
 Certificado de Calibración: TC-2951-2019

3.0. MÉTODO DEL ENSAYO : Norma de referencia ISO 22157-1
 Procedimiento interno AT-PR-13.

4.0. RESULTADOS : Fecha del ensayo : 24/05/19

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS	DIÁMETRO EXTERIOR (mm)	DIÁMETRO INTERIOR (mm)	ALTURA (mm)	CARGA MÁXIMA (Kg)	RESISTENCIA MÁXIMA POR COMPRESIÓN (Kg/mm ²)	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)
EC1S	75	63	149.5	4610.0	3.54	14.20
EC2S	72	62	147.7	6811.5	4.05	14.21
EC3S	73	69	148.3	3359.2	4.23	14.20
EC4S	74	67	149.4	1858.1	3.76	14.25
EC5M	77	66	148.9	7411.9	3.72	14.21
EC6M	78	64	149.2	7762.1	3.58	14.25

5.0. OBSERVACIONES: 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

Hecho por Técnico Lic. J. Basurto P. Sr. A.A.G.

L.S.B.

NOTAS:

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
- 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.



MSc. Ing. Isabel Moromi Nakata
 Jefe (e) del Laboratorio



Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25
 apartado 1301 - Perú



(511) 381-3343



(511) 481-1070 Anexo: 4058 / 4046



www.lem.uni.edu.pe



lem@uni.edu.pe



Laboratorio de Ensayo de Materiales - UNI





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
Facultad de Ingeniería Civil

LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"



INFORME

Del: Laboratorio N°1: Ensayo de Materiales
A: BANDY SALVATIERRA VEGA
Obra: UNIVERSIDAD "CESAR VALLEJO"
Ubicación: AV. ALFREDO MENDIOLA 6232, LOS OLIVOS
Asunto: Ensayo de Resistencia a la Compresión en Caña de Bambú
Expediente N°: 19-1853
Recibo N°: 65686
Fecha de emisión: 31/05/2019

1.0. DE LA MUESTRA: Consistente en 01 muestra de caña de BAMBÚ.

2.0. DEL EQUIPO: Máquina de ensayo uniaxial ZWICK/ROELL
 Certificado de calibración: LFP-399-2018
 Balanza electrónica BLZA-5 AND/GF-20K
 Certificado de Calibración: TC-2951-2019

3.0. MÉTODO DEL ENSAYO: Norma de referencia ISO 22157-1
 Procedimiento interno AT-PR-13.

4.0. RESULTADOS: Fecha del ensayo : 28/05/19

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS	DIÁMETRO EXTERIOR (mm)	DIÁMETRO INTERIOR (mm)	ALTURA (mm)	CARGA MÁXIMA (Kg)	RESISTENCIA MÁXIMA POR COMPRESIÓN (Kg/mm ²)	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)
EC7M	76	65	143.2	6161.05	3.8	14.21
EC8M	75	67	145.3	5860.85	3.6	14.25
EC9I	78	64	146.3	3359.15	3.6	14.17
EC10I	75	63	143.7	1858.13	3.3	14.23
EC11I	74	67	147.4	6611.36	3.0	14.18
EC12I	79	68	145.4	6161.05	3.2	14.22



5.0. OBSERVACIONES: 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

Hecho por Técnico: Lic. J. Basurto P.
 Sr. A.A. G.

L.S.A.



NOTAS:
 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.



Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25
 apartado 1301 - Perú
 (511) 381-3343
 (511) 481-1070 Anexo: 4058 / 4046

www.lem.uni.edu.pe
 lem@uni.edu.pe
 Laboratorio de Ensayo de Materiales - UNI





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

Facultad de Ingeniería Civil

LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"

Carretera de Ingeniería Civil Acreditada por



Engineering
Technology
Accreditation
Commission

INFORME

Del : Laboratorio N°1: Ensayo de Materiales
 A : BANDY SALVATIERRA VEGA
 Obra : UNIVERSIDAD "CESAR VALLEJO"
 Ubicación : AV. ALFREDO MENDIOLA 6232, LOS OLIVOS
 Asunto : Ensayo de Tracción en Caña de Bambú
 Expediente N° : 19-1853
 Recibo N° : 65686
 Fecha de emisión : 31/05/2019

1.0. DE LA MUESTRA : Consistente en 01 muestra de caña de BAMBÚ

2.0. DEL EQUIPO : Máquina de ensayo uniaxial ZWICK/ROELL
 Certificado de calibración: LFP-399-2018
 Balanza electrónica BLZA-5 AND/GF-20K
 Certificado de Calibración: TC-2951-2019

3.0. MÉTODO DEL ENSAYO : Norma de referencia ISO 22157-1.

4.0. RESULTADOS : Fecha del ensayo: 24/05/19

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS	ANCHO (mm)	ESPESOR (mm)	ÁREA (mm ²)	CARGA (Kg)	ESFUERZO (Kg/mm ²)	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)
ET1S	23.17	5.6	129.75	1760	13.6	14.22
ET2S	25.48	5.8	147.77	2035.5	13.8	14.21
ET3S	32.14	6.7	215.32	2744.7	12.7	14.20
ET4S	21.19	5.4	114.43	1657.9	14.5	14.25
ET5M	34.95	7.2	251.65	2754.9	10.9	14.21
ET6M	25.75	5.6	144.22	1760	12.2	14.25

5.0. OBSERVACIONES: 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

Hecho por : Lic. J. Basurto P.
 Técnico : Sr. A.A.G.

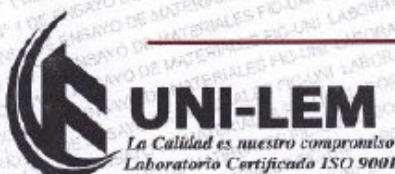
Lugar:

NOTAS:

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
- 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.



MSC. Ing. Isabel Moromi Nekata
 Jefa (a) del laboratorio



Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25
 apartado 1301 - Perú



(511) 381-3343



(511) 481-1070 Anexo: 4058 / 4046



www.lem.uni.edu.pe



lem@uni.edu.pe



Laboratorio de Ensayo de Materiales - UNI





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
Facultad de Ingeniería Civil
LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZALES DE LA COTERA"



INFORME

Del : Laboratorio N°1: Ensayo de Materiales
A : BANDY SALVATIERRA VEGA
Obra : UNIVERSIDAD "CESAR VALLEJO"
Ubicación : AV. ALFREDO MENDIOLA 6232, LOS OLIVOS
Asunto : Ensayo de Tracción en Caña de Bambú
Expediente N° : 19-1853
Recibo N° : 65686
Fecha de emisión : 31/05/2019

1.0. DE LA MUESTRA : Consistente en 01 muestra de caña de BAMBÚ.

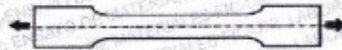
2.0. DEL EQUIPO : Máquina de ensayo uniaxial ZWICK/ROELL
 Certificado de calibración: LFP-399-2018
 Balanza electrónica BLZA-5 AND/GF-20K
 Certificado de Calibración: TC-2951-2019

3.0. MÉTODO DEL ENSAYO : Norma de referencia ISO 22157-1

4.0. RESULTADOS :

Fecha del ensayo : 03/05/19

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS	ANCHO (mm)	ESPESOR (mm)	ÁREA (mm ²)	CARGA (Kg)	ESFUERZO (Kg/mm ²)	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)
ET7M	24.3	5.7	123.9	1545.7	12.5	14.25
ET8M	24.5	5.6	89.2	1025.3	11.5	14.23
ET9I	23.7	5.7	112	1377.4	12.3	14.24
ET10I	24.3	5.9	261.4	3647.8	14.0	14.21
ET11I	25.1	5.7	214.9	2739.6	12.7	14.15
ET12I	24.6	5.4	110.8	1545.7	14.0	14.23



5.0. OBSERVACIONES :

1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

Hecho por Técnico : Lic. J. Basurto P.
 Sr. A.A. G.

L.S.A.



NOTAS:

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
- 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.



Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25
 apartado 1301 - Perú
 (511) 381-3343
 (511) 481-1070 Anexo: 4058 / 4046

www.lem.uni.edu.pe
 lem@uni.edu.pe
 Laboratorio de Ensayo de Materiales - UNI

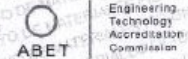




UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
Facultad de Ingeniería Civil

LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"

Centro de Ingeniería Civil Asociado por



INFORME

Del : Laboratorio N°1: Ensayo de Materiales
A : BANDY SALVATIERRA VEGA
Obra : UNIVERSIDAD "CESAR VALLEJO"
Ubicación : AV. ALFREDO MENDIOLA 6232, LOS OLIVOS
Asunto : Ensayo de Cizallamiento en Caña de Bambú
Expediente N° : 19-1853
Recibo N° : 65686
Fecha de emisión : 31/05/2019

1.0. DE LA MUESTRA : Consistente en 01 muestra de caña de BAMBÚ.

2.0. DEL EQUIPO : Máquina de ensayo uniaxial ZWICK/ROELL
 Certificado de calibración: LFP-399-2018
 Balanza electrónica BLZA-5 AND/GF-20K
 Certificado de Calibración: TC-2951-2019

3.0. MÉTODO DEL ENSAYO : Norma de referencia ISO 22157-1.

3.0. MÉTODO DEL ENSAYO : Norma de referencia ISO 22157-1.
 Procedimiento interno AT-PR-17.

4.0. RESULTADOS

Fecha del ensayo : 24/05/19

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS	ALTURA (mm)	ESPESOR (mm)	ÁREA DE CORTE (mm ²)	CARGA MÁXIMA (Kg)	PESO INICIAL (gr)	PESO SECO (gr)	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	RESISTENCIA AL CIZALLAMIENTO (Kg/mm ²)
EV1S	148.5	64.8	9622.80	2190	19.3	16.9	14.20	0.55
	148.6	73.8	10966.68					
	149.2	64.5	9623.40					
	149.4	62.9	9397.26					
EV2S	147.6	65.3	9638.28	1519.6	19.3	16.8	14.21	0.65
	145.8	66.2	965.96					
	145.5	65.2	9486.6					
	146.8	64.2	9424.56					
EV3S	147.3	65.3	9618.69	368.8	18.9	16.6	14.23	0.45
	147.5	67.2	9912					
	148.2	64.3	9529.26					
	147.9	62.5	9243.75					

5.0. OBSERVACIONES : 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

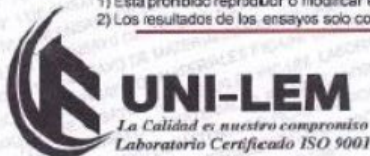
Hecho por : Lic. J. Besurto P.
 Técnico : Sr. A.A. G.

L.S.A.



NOTAS:

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
- 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.



Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25
 apartado 1301 - Perú
 (511) 381-3343
 (511) 481-1070 Anexo: 4058 / 4046

www.lem.uni.edu.pe
 lem@uni.edu.pe
 Laboratorio de Ensayo de Materiales - UNI





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
Facultad de Ingeniería Civil

LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"



INFORME

Del : Laboratorio N°1: Ensayo de Materiales
A : BANDY SALVATIERRA VEGA
Obra : UNIVERSIDAD "CESAR VALLEJO"
Ubicación : AV. ALFREDO MENDIOLA 6232, LOS OLIVOS
Asunto : Ensayo de Cizallamiento en Caña de Bambú
Expediente N° : 19-1853
Recibo N° : 65686
Fecha de emisión : 31/05/2019

1.0. DE LA MUESTRA : Consistente en 01 muestra de caña de BAMBÚ.

2.0. DEL EQUIPO : Máquina de ensayo uniaxial ZWICK/ROELL
 Certificado de calibración: LFP-399-2018
 Balanza electrónica BLZA-5 AND/GF-20K
 Certificado de Calibración: TC-2951-2019

3.0. MÉTODO DEL ENSAYO : Norma de referencia ISO 22157-1.

4.0. RESULTADOS : Fecha del ensayo : 03/05/19

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS	ALTURA (mm)	ESPESOR (mm)	ÁREA DE CORTE (mm ²)	CARGA MÁXIMA (Kg)	PESO INICIAL (gr)	PESO SECO (gr)	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	RESISTENCIA AL QZALLAMIENTO (Kg/mm ²)
EV4S	147.6	68.9	10169.64	228.7	19.3	16.9	14.21	0.51
	146.5	72.7	10650.55					
	147.3	69.2	10193.16					
	147.8	69.3	10242.54					
EV5M	147.3	66.7	9824.91	598.92	19.3	16.8	14.22	0.44
	147.6	66.4	9800.64					
	146.9	66.9	9827.61					
	146.6	65.7	9631.62					
EV6M	145.4	66.4	9654.56	268.7	18.9	16.6	14.19	0.47
	145.7	66.3	9659.91					
	144.9	66.4	9621.36					
	145.3	67.6	9822.28					

5.0. OBSERVACIONES : 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

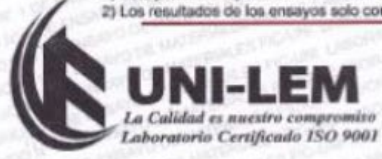
Hecho por Técnico : Lic. J. Basurto P.
 Sr. A.A.G.



Isabel Moromi Nakata
 MSc. Ing. Isabel Moromi Nakata
 Jefe (e) del laboratorio



NOTAS:
 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.



Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25
 apartado 1301 - Perú
 (511) 381-3343
 (511) 481-1070 Anexo: 4058 / 4046

www.lem.uni.edu.pe
 lem@uni.edu.pe
 Laboratorio de Ensayo de Materiales - UNI



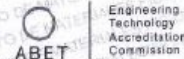


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

Facultad de Ingeniería Civil

LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"

Carerra de Ingeniería Civil Acreditada por



INFORME

Del A Obra : Laboratorio N°1: Ensayo de Materiales
Obra : BANDY SALVATIERRA VEGA
Ubicación : UNIVERSIDAD "CESAR VALLEJO"
Asunto : AV. ALFREDO MENDIOLA 6232, LOS OLIVOS
Expediente N° : 19-1853
Recibo N° : 65686
Fecha de emisión : 31/05/2019

1.0. DE LA MUESTRA : Consistente en 01 muestra de caña de BAMBÚ.

2.0. DEL EQUIPO : Máquina de ensayo uniaxial ZWICK/ROELL
 Certificado de calibración: LFP-399-2018
 Balanza electrónica BLZA-5 AND/GF-20K
 Certificado de Calibración: TC-2951-2019

3.0. MÉTODO DEL ENSAYO : Norma de referencia ISO 22157-1.

4.0. RESULTADOS

Fecha del ensayo : 03/05/19

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS	ALTURA (mm)	ESPESOR (mm)	ÁREA DE CORTE (mm ²)	CARGA MÁXIMA (Kg)	PESO INICIAL (gr)	PESO SECO (gr)	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	RESISTENCIA AL OZALLAMIENTO (Kg/mm ²)
EV7M	147.6	68.9	10169.64	631.91	18.3	17.1	14.23	0.49
	146.6	65.7	9631.62					
	146.9	66.9	9827.61					
	145.3	67.6	9822.28					
EV8M	147.3	66.7	9824.91	271.67	18.7	16.9	14.18	0.56
	147.6	66.4	9800.64					
	146.9	66.9	9827.61					
	146.6	65.7	9631.62					
EV9I	145.4	66.4	9654.56	128.61	18.5	16.4	14.17	0.78
	147.8	69.3	10242.54					
	147.6	68.9	10169.64					
	147.6	66.4	9800.64					

5.0. OBSERVACIONES : 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

Hecho por Técnico : Lic. J. Besurto P.
 Sr. A.A.G.

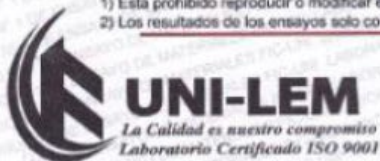
L.J.A.



Orcaín
 MSc. Ing. Isabel Moromi Nakata
 Jefe (e) del laboratorio

NOTAS:

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
- 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.



Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25
 apartado 1301 - Perú
 (511) 381-3343
 (511) 481-1070 Anexo: 4058 / 4046

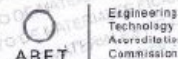
www.lem.uni.edu.pe
 lem@uni.edu.pe
 Laboratorio de Ensayo de Materiales - UNI





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
Facultad de Ingeniería Civil
LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"

Carrera de Ingeniería Civil Acreditada por



INFORME

Del : Laboratorio N°1: Ensayo de Materiales
A : BANDY SALVATIERRA VEGA
Obra : UNIVERSIDAD "CESAR VALLEJO"
Ubicación : AV. ALFREDO MENDIOLA 6232, LOS OLIVOS
Asunto : Ensayo de Cizallamiento en Caña de Bambú
Expediente N° : 19-1853
Recibo N° : 65686
Fecha de emisión : 31/05/2019

1.0. DE LA MUESTRA : Consistente en 01 muestra de caña de BAMBÚ.

2.0. DEL EQUIPO : Máquina de ensayo uniaxial ZWICK/ROELL
 Certificado de calibración: LFP-399-2018
 Balanza electrónica BLZA-5 AND/GF-20K
 Certificado de Calibración: TC-2951-2019

3.0. MÉTODO DEL ENSAYO : Norma de referencia ISO 22157-1.

4.0. RESULTADOS : Fecha del ensayo : 03/05/19

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS	ALTURA (mm)	ESPESOR (mm)	ÁREA DE CORTE (mm ²)	CARGA MÁXIMA (Kg)	PESO INICIAL (gr)	PESO SECO (gr)	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	RESISTENCIA AL CIZALLAMIENTO (Kg/mm ²)
EV101	146.4	65.5	9589.2	1142.26	17.4	16.7	14.24	0.51
	146.6	65.2	9558.32					
	146.9	65.9	9680.71					
	145.8	67.6	9856.08					
EV111	146.5	66.7	9771.55	2190	17.8	16.5	14.12	0.55
	146.6	66.7	9778.22					
	146.9	66.9	9827.61					
	146.6	67.7	9924.82					
EV121	145.4	66.4	9654.56	1519.55	18.2	15.8	14.18	0.56
	146.8	68.3	10026.44					
	147.6	68.9	10169.64					
	146.6	66.4	9734.24					

5.0. OBSERVACIONES : 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

Hecho por : Lic. J. Basurto P.
 Técnico : Sr. A.A.G.

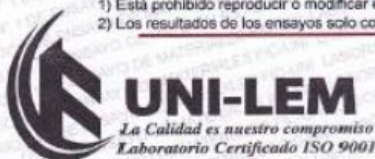
L.J.B.



MSc. Ing. Isabel Moromi Nakata
 Jefe (e) del laboratorio

NOTAS:

- 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
- 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.



Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25
 apartado 1301 - Perú
 (511) 381-3343
 (511) 481-1070 Anexo: 4058 / 4046

www.lem.uni.edu.pe
 lem@uni.edu.pe
 Laboratorio de Ensayo de Materiales - UNI





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

Facultad de Ingeniería Civil

LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZALES DE LA COTERA"



INFORME

Del : Laboratorio N°1: Ensayo de Materiales
A : BANDY SALVATIERRA VEGA
Obra : UNIVERSIDAD "CESAR VALLEJO"
Ubicación : AV. ALFREDO MENDIOLA 6232, LOS OLIVOS
Asunto : Ensayo de Flexión a Escala Natural en Caña de Bambú
Expediente N° : 19-1853
Recibo N° : 65686
Fecha de emisión : 31/05/2019

1.0. DE LA MUESTRA : Consistente en 01 muestra de caña de BAMBÚ.

2.0. DEL EQUIPO : Máquina de ensayo uniaxial ALFRED AMSLER
 Certificado de calibración: CMC-093-2018
 Balanza electrónica BLZA-5 AND/GF-20K
 Certificado de Calibración TC-2951-2019

3.0. MÉTODO DEL ENSAYO : Norma de referencia ISO 22157-1,
 Procedimiento Interno AT-PR-17

4.0. RESULTADOS : Fecha del ensayo : 28/05/19

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS	DIÁMETRO EXTERIOR (mm)	DIÁMETRO INTERIOR (mm)	LONGITUD (mm)	DISTANCIA EN APOYOS (mm)	CARGA MÁXIMA (Kg)	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)
EF1S	86.45	65.08	4010	3270	155.00	14.19
EF2S	87.34	66.78	4017	3278	254.50	14.18
EF3S	87.12	66.34	4013	3268	337.50	14.15
EF4S	87.43	64.07	4021	3289	427.50	14.20
EF5S	86.14	63.02	4024	3267	77.50	14.16
EF6S	86.24	67.08	4012	3278	430.00	14.18

5.0. OBSERVACIONES : 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

Hecho por Técnico : Lic. J. Basurto P.
 Sr. A. A. G.



MSc. Ing. Isabel Moromi Nakata
 Jefe (e) del laboratorio

NOTAS:
 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.



Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25
 apartado 1301 - Perú
 (511) 381-3343
 (511) 481-1070 Anexo: 4058 / 4046

www.lem.uni.edu.pe
 lem@uni.edu.pe
 Laboratorio de Ensayo de Materiales - UNI





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
Facultad de Ingeniería Civil

LABORATORIO N° 1 DE ENSAYO DE MATERIALES "ING. MANUEL GONZÁLES DE LA COTERA"

Carerra de Ingeniería Civil Acreditada por



Accreditation Board for Engineering and Technology



Engineering
Technology
Accreditation
Commission

INFORME

Del A Obra Ubicación Asunto Expediente N° Recibo N° Fecha de emisión
 : Laboratorio N°1: Ensayo de Materiales
 : BANDY SALVATIERRA VEGA
 : UNIVERSIDAD "CESAR VALLEJO"
 : AV. ALFREDO MENDIOLA 6232, LOS OLIVOS
 : Ensayo de Flexión a Escala Natural en Caña de Bambú
 : 19-1853
 : 65686
 : 31/05/2019

1.0. DE LA MUESTRA : Consistente en 01 muestra de caña de BAMBÚ.

2.0. DEL EQUIPO : Máquina de ensayo uniaxial ALFRED AMSLER
 Certificado de calibración: CMC-093-2018
 Balanza electrónica BLZA-5 AND/GF-20K
 Certificado de Calibración: TC-2951-2019

3.0. MÉTODO DEL ENSAYO : Norma de referencia ISO 22157-1.
 Procedimiento interno AT-PR-17.

4.0. RESULTADOS :

Fecha del ensayo : 03/05/19

IDENTIFICACIÓN DE MUESTRAS	DIÁMETRO EXTERIOR (mm)	DIÁMETRO INTERIOR (mm)	LONGITUD (mm)	DISTANCIA EN APOYOS (mm)	CARGA MÁXIMA (Kg)	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)
EF7I	85.30	66.09	4020	3280	162	14.19
EF8I	86.10	65.12	4010	3260	397.5	14.23
EF9I	87.20	64.15	3950	3250	135	14.18
EF10I	86.32	67.2	3965	3275	305	14.17
EF11I	85.42	65.31	3950	3258	341.5	14.21
EF12I	86.05	66.74	3948	3248	447.5	14.20

5.0. OBSERVACIONES: 1) La información referente al muestreo, procedencia, cantidad, fecha de obtención e identificación han sido proporcionadas por el solicitante.

Hecho por Lic. J. Basurto P.
 Técnico Sr. A.A.G.

LAB:

NOTAS:
 1) Está prohibido reproducir o modificar el informe de ensayo, total o parcialmente, sin la autorización del laboratorio.
 2) Los resultados de los ensayos solo corresponden a las muestras proporcionadas por el solicitante.



Isabel Moroni Nekala

MSC. Ing. Isabel Moroni Nekala
 Jefe (e) del laboratorio



UNI-LEM
 La Calidad es nuestro compromiso
 Laboratorio Certificado ISO 9001



Av. Tupac Amaru N° 210, Lima 25
 apartado 1301 - Perú
 (511) 381-3343



(511) 481-1070 Anexo: 4058 / 4046



www.lem.uni.edu.pe



lem@uni.edu.pe



Laboratorio de Ensayo
 de Materiales - UNI



ANEXO 03: Certificados de Calibración

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CMC-093-2018**

Peticionario : Universidad Nacional de Ingeniería

Atención : LEM - FIC - Universidad Nacional de Ingeniería

Lugar de calibración : Laboratorio N° 1 de Ensayo de Materiales " Ing. Manuel Gonzales de la Cotera " FIC - UNI Av. Túpac Amaru N° 210 Rimac - Lima.

Tipo de equipo : Máquina de Compresión Electro-hidráulica

Capacidad del equipo : 50000 kgf

División de escala : 100 kgf

Marca : AMSLER

N° de serie del equipo : 223/500

Código Interno UNI : MUNV-1

Tipo de indicador : Analógico

Procedencia : Suiza

Método de calibración : ASTM E-4 "Standard Practices for Force Verification of Testing machines"

Temp.(°C) y H.R.(%) inicial : 20,0 °C / 71%

Temp.(°C) y H.R.(%) final : 19,9 °C / 76%

Patrón de referencia : Trazabilidad NIST (United States National Institute of Standards & Technology), patrón utilizado Morehouse, N° de serie C-8294, clase A, calibrado de acuerdo a la norma ASTM E74-13a, certificado de calibración reporte N° C-8294I1216

Número de páginas : 2

Fecha de calibración : 2018-08-29

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido sin modificaciones y en su totalidad.

Las modificaciones y extractos del certificado necesitan autorización de CELDA EIRL.
El presente certificado sin firmas y sellos carece de validez.

Sello	Fecha	Hecho por	Revisado por
	2018-08-31	 Vladimir Tello Torre <small>TECNICO DE LABORATORIO</small>	  JORGE FRANCISCO BARRÉ JAJAJA <small>INGENIERO CIVIL Reg. del Colegio de Ingenieros N° 4026</small>

Resultados de medición

Dirección de carga : Compresión 50000 kgf.

Indicación de fuerza de la máquina de ensayo		Indicación de fuerza en la celda patrón			Promedio	Error	Incertidumbre K=2
(%)	(kgf)	1º ascenso	2º ascenso	3º ascenso			
0	0	0	0	0	0	0,0	0,1
10	5000	5027	5015	5006	5016	-0,3	0,1
20	10000	10042	9991	10016	10016	-0,2	0,1
30	15000	15018	14996	15019	15011	-0,1	0,1
40	20000	19936	19939	19935	19937	0,3	0,1
50	25000	24942	24953	24930	24942	0,2	0,1
60	30000	29931	29952	29984	29956	0,1	0,1
70	35000	34937	34917	34948	34934	0,2	0,1
80	40000	40018	40060	40069	40049	-0,1	0,1
90	45000	44914	44927	44941	44927	0,2	0,1



Dirección de carga : Compresión 25000kgf

Indicación de fuerza de la máquina de ensayo		Indicación de fuerza en la celda patrón			Promedio	Error	Incertidumbre K=2
(%)	(kgf)	1º ascenso	2º ascenso	3º ascenso			
0	0	0	0	0	0	0,0	0,1
10	2500	2549	2531	2478	2519	-0,8	0,2
20	5000	5060	5031	5043	5044	-0,9	0,1
30	7500	7570	7547	7579	7565	-0,9	0,1
40	10000	10058	10049	9963	10024	-0,2	0,1
50	12500	12557	12559	12528	12548	-0,4	0,1
60	15000	15043	15058	14982	15027	-0,2	0,1
70	17500	17589	17551	17490	17544	-0,2	0,1
80	20000	20139	20102	20043	20095	-0,5	0,1
90	22500	22606	22596	22560	22587	-0,4	0,1



CMC-093-2018

Página 2 de 3

Resultados de medición

Dirección de carga : Compresión 5000 kgf.

Indicación de fuerza de la máquina de ensayo		Indicación de fuerza en la celda patrón			Promedio	Error	Incertidumbre K=2
(%)	(kgf)	1º ascenso (kgf)	2º ascenso (kgf)	3º ascenso (kgf)			
0	0	0	0	0	0	0,0	0,1
10	500	516	502	503	507	-1,4	0,2
20	1000	1061	1031	1024	1038	-3,7	0,3
30	1500	1519	1506	1518	1514	-1,0	0,2
40	2000	2024	2020	2010	2018	-0,9	0,3
50	2500	2477	2502	2485	2488	0,5	0,2
60	3000	2979	2967	2979	2975	0,8	0,2
70	3500	3541	3509	3512	3521	-0,6	0,2
80	4000	4016	3989	3994	4000	0,0	0,2
90	4500	4550	4547	4517	4538	-0,8	0,2

Dirección de carga : Compresión celda 10000kgf

Indicación de fuerza de la máquina de ensayo		Indicación de fuerza en la celda patrón			Promedio	Error	Incertidumbre K=2
(%)	(kgf)	1º ascenso (kgf)	2º ascenso (kgf)	3º ascenso (kgf)			
0	0	0	0	0	0	0,0	0,1
10	1000	933	913	920	922	8,5	0,2
20	2000	1942	1903	1927	1924	4,0	0,1
30	3000	2935	2887	2922	2915	2,9	0,1
40	4000	3919	3865	3908	3897	2,6	0,1
50	5000	4929	4874	4907	4904	2,0	0,1
60	6000	5919	5863	5869	5884	2,0	0,1
70	7000	6916	6866	6886	6890	1,6	0,1
80	8000	7950	7887	7901	7913	1,1	0,1
90	9000	8957	8933	8894	8928	0,8	0,1

Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la Incertidumbre Expandida de medición, que resulta de multiplicar la Incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$ y ha sido determinada de acuerdo a la "Guía para la expresión de la Incertidumbre en la medición".

Notas

El usuario está obligado a tener el equipo verificado en intervalos apropiados de tiempo de acuerdo al uso, mantenimiento y conservación que este expuesto.

El equipo se encuentra calibrado



CMC-093-2018

Página 3 de 3



INACAL
Instituto Nacional
de Calidad
Metrología

Certificado de Calibración

LFP - 399 - 2018

Laboratorio de Fuerza y Presión

Página 1 de 4

Expediente	99772	<p>Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI)</p> <p>La Dirección de Metrología custodia, conserva y mantiene los patrones nacionales de las unidades de medida, calibra patrones secundarios, realiza mediciones y certificaciones metrológicas a solicitud de los interesados, promueve el desarrollo de la metrología en el país y contribuye a la difusión del Sistema Legal de Unidades de Medida del Perú. (SLUMP).</p> <p>La Dirección de Metrología es miembro del Sistema Interamericano de Metrología (SIM) y participa activamente en las Intercomparaciones que éste realiza en la región.</p> <p>Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones el usuario está obligado a recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.</p>
Solicitante	UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA	
Dirección	Av. Tupac Amaru 210 - Rímac	
Instrumento de Medición	MAQUINA DE ENSAYO UNIAXIAL	
Intervalo de Indicaciones	0 kgf a 101 972 kgf (0 kN a 1 000 kN) (*)	
Resolución	1 kgf	
Marca	ZWICK ROELL	
Modelo	SP 1000	
Número de Serie	57940	
Procedencia	ALEMANIA	
Clase de Exactitud	NO INDICA	
Fecha de Calibración	2018-09-14	

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido completamente y sin modificaciones. Los extractos o modificaciones requieren la autorización de la Dirección de Metrología del INACAL.
Certificados sin firma y sello carecen de validez.

Fecha	Area de Mecánica	Laboratorio de Fuerza y Presión
 2018-09-19	 ALDO QUIROGA ROJAS Dirección de Metrología	 LEONARDO DE LA CRUZ GARCIA Dirección de Metrología

Instituto Nacional de Calidad - INACAL
Dirección de Metrología
Calle Las Camelias N° 817, San Isidro, Lima - Perú
Telf.: (01) 640-8820 Anexo 1501
Email: metrologia@inacal.gob.pe
Web: www.inacal.gob.pe

Puede verificar el número de certificado en la página:
<https://aplicaciones.inacal.gob.pe/dm/verificar/>



INACAL
Instituto Nacional
de Calidad

Metrología

Laboratorio de Fuerza y Presión

Certificado de Calibración LFP – 399 – 2018

Página 2 de 4

Método de Calibración

Método de comparación tomando como referencia la Norma ISO 7500-1 "Metallic materials-Verification of static uniaxial testing machines"

Lugar de Calibración

Laboratorio N°1 - Laboratorio de Ensayo de Materiales - LEM
Av. Tupac Amaru 210 Rimac

Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	21,5°C	22,0°C

Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
Patrón de Referencia de Laboratorio Acreditado DAKKS D-K-12029-01-00	Transductor de Fuerza LFP 02 036 Clase 0,5	63657 / D-K-12029-01-00 DE : 2017-08-07

Observaciones

Con fines de identificación se ha colocado una etiqueta autoadhesiva de color verde INACAL-DM.
Utilizar el newton como unidad de medida de fuerza dentro del Sistema Legal de Unidades de Medida del Perú (SLUMP)

(*) La máquina de ensayo fue calibrada en el intervalo de indicaciones de 15 000 kgf a 50 000 kgf .



INACAL
Instituto Nacional
de Calidad

Metrología

Laboratorio de Fuerza y Presión

Certificado de Calibración LFP – 399 – 2018

Página 3 de 4

Resultados de Medición

Dirección de Carga : Tracción

Indicación de Fuerza de la Máquina de Ensayo			Indicación en el transductor de fuerza patrón					Promedio	Error
			1ª Serie Ascenso	2ª Serie Ascenso	3ª Serie Ascenso	3ª Serie Descenso	4ª Serie Accesorios Ascenso		
(%)	(kgf)	(kN)	(kgf)	(kgf)	(kgf)	(kgf)	(kgf)	(kgf)	
15	15 000	147,100	14 591	14 557	14 590	-----	-----	14 579	421
20	20 000	196,133	19 566	19 553	19 556	-----	-----	19 558	442
25	25 000	245,166	24 551	24 534	24 551	-----	-----	24 545	455
30	30 000	294,200	29 552	29 456	29 486	-----	-----	29 498	502
33	32 500	318,716	32 011	31 983	31 987	-----	-----	31 994	506
35	35 000	343,233	34 471	34 510	34 488	-----	-----	34 490	510
38	37 500	367,749	36 998	37 002	36 991	-----	-----	36 997	503
40	40 000	392,266	39 525	39 493	39 493	-----	-----	39 504	496
45	45 000	441,299	44 309	44 479	44 441	-----	-----	44 410	590
50	50 000	490,333	49 295	49 363	49 338	-----	-----	49 332	668

Errores Encontrados del Sistema de Medición de Fuerza

Valor Nominal			Errores Relativos encontrados en %					Incertidumbre del error de exactitud U (%) k=2
			Exactitud	Repetibilidad	Reversibilidad	Resolución Relativa	Error con Accesorios	
(%)	(kgf)	(kN)	a	b	v	a		
15	15 000	147,100	2,89	0,23	-----	0,01	-----	0,16
20	20 000	196,133	2,26	0,07	-----	0,01	-----	0,07
25	25 000	245,166	1,85	0,07	-----	0,00	-----	0,07
30	30 000	294,200	1,70	0,33	-----	0,00	-----	0,19
33	32 500	318,716	1,58	0,09	-----	0,00	-----	0,07
35	35 000	343,233	1,48	0,11	-----	0,00	-----	0,07
38	37 500	367,749	1,36	0,03	-----	0,00	-----	0,07
40	40 000	392,266	1,26	0,08	-----	0,00	-----	0,07
45	45 000	441,299	1,33	0,38	-----	0,00	-----	0,23
50	50 000	490,333	1,35	0,14	-----	0,00	-----	0,09
Error relativo de cero f_0			0,00					

Clase de la escala de la máquina	Valor máximo permitido % Según la Norma ISO 7500 - 1				
	Exactitud a	Repetibilidad b	Reversibilidad v	Resolución Relativa a	Cero f_0
0,5	± 0,5	0,5	± 0,75	0,25	± 0,05
1	± 1,0	1,0	± 1,5	0,5	± 0,1
2	± 2,0	2,0	± 3,0	1,0	± 0,2
3	± 3,0	3,0	± 4,5	1,5	± 0,3

kgf = kilogramo fuerza



INACAL
Instituto Nacional
de Calidad

Metrología

Laboratorio de Fuerza y Presión

Certificado de Calibración LFP – 399 – 2018

Página 4 de 4

Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar combinada por el factor de cobertura $k=2$. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la Incertidumbre en la Medición", segunda edición, julio del 2001 (Traducción al castellano efectuada por Indecopi, con autorización de ISO, de la GUM, "Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement", corrected and reprinted in 1995, equivalente a la publicación del BIPM JCGM: 100 2008, GUM 1995 with minor corrections "Evaluation of Measurement Data - Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement").

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

Recalibración

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

DIRECCION DE METROLOGIA

El Servicio Nacional de Metrología (actualmente la Dirección de Metrología del INACAL), fue creado mediante Ley N° 23560 el 6 enero de 1983 y fue encomendado al INDECOPI mediante Decreto Supremo DS-024-93 ITINCI.

El 11 de julio 2014 fue aprobada la Ley N° 30224 la cual crea el Sistema Nacional de Calidad, y tiene como objetivo promover y garantizar el cumplimiento de la Política Nacional de Calidad para el desarrollo y la competitividad de las actividades económicas y la protección del consumidor.

El Instituto Nacional de Calidad (INACAL) es un organismo público técnico especializado adscrito al Ministerio de Producción, es el cuerpo rector y autoridad técnica máxima en la normativa del Sistema Nacional de la Calidad y el responsable de la operación del sistema bajo las disposiciones de la ley, y tiene en el ámbito de sus competencias: Metrología, Normalización y Acreditación.

La Dirección de Metrología del INACAL cuenta con diversos Laboratorios Metrológicos debidamente acondicionados, instrumentos de medición de alta exactitud y personal calificado. Cuenta con un Sistema de Gestión de la Calidad basado en las Normas Guía ISO 34 e ISO/IEC 17025 con lo cual se constituye en una entidad capaz de brindar un servicio integral, confiable y eficaz de aseguramiento metrológico para la industria, la ciencia y el comercio.

La Dirección de Metrología del INACAL cuenta con la cooperación técnica de organismos metrológicos internacionales de alto prestigio tales como: el Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB) de Alemania; el Centro Nacional de Metrología (CENAM) de México; el National Institute of Standards and Technology (NIST) de USA; el Centro Español de Metrología (CEM) de España; el Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI) de Argentina; el Instituto Nacional de Metrología (INMETRO) de Brasil; entre otros.

SISTEMA INTERAMERICANO DE METROLOGIA- SIM

El Sistema Interamericano de Metrología (SIM) es una organización regional auspiciado por la Organización de Estados Americanos (OEA), cuya finalidad es promover y fomentar el desarrollo de la metrología en los países americanos. La Dirección de Metrología del INACAL es miembro del SIM a través de la subregión ANDIMET (Bolivia, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela) y participa activamente en las Intercomparaciones realizadas por el SIM.



Laboratorio de Calibración

SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD
NTP ISO / IEC 17025:2017

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

TC - 2951 - 2019

O.T : 0509 - 0683

Fecha de emisión : 2019 - 04 - 17

Página : 1 de 3

SOLICITANTE : UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
Dirección : AV. TUPAC AMARU NRO. 210 LIMA - LIMA - RIMAC

INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : **BALANZA**
Tipo : ELECTRÓNICA
Marca : AND
Modelo : GF -20K
N° de Serie : 15004527
Capacidad Máxima : 21000 g
División de Escala (d) : 0,1 g
División de Verificación (e) : 1 g
Clase de Exactitud^[1] : II
Capacidad Mínima^[1] : 5 g
Procedencia : JAPON
Identificación : BLZA - 5
Intervalo de ΔT Local : 18 °C hasta 30 °C
Fecha de Calibración : 2019 - 04 - 16
Ubicación : AREA AGREGADOS

TEST & CONTROL S.A.C. es un Laboratorio de Calibración y Certificación de equipos de medición basado a la Norma Técnica Peruana ISO/IEC 17025.

TEST & CONTROL S.A.C. brinda los servicios de calibración de instrumentos de medición con los más altos estándares de calidad, garantizando la satisfacción de nuestros clientes.

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones se le recomienda al usuario recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados de acuerdo al uso.

Los resultados en el presente documento no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

LUGAR DE CALIBRACIÓN
Instalaciones de UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

MÉTODO DE CALIBRACIÓN
La calibración se realizó por comparación directa entre las indicaciones de lectura de la balanza y las cargas aplicadas mediante pesas patrones según procedimiento PC-011 "Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento No Automático Clase I y II". Cuarta Edición - Abril 2010. SNM - INDECOPI.

TEST & CONTROL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan ocurrir después de su calibración debido a la mala manipulación de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en el presente documento.

El presente documento carece de valor sin firma y sello.

Lic. Nicolás Ramos Paucar
Gerente Técnico
CFP: 0316

Jr. Condesa de Lemos N° 117 - San Miguel - Lima / Teléfono: 262-9536 / E-mail: informes@testcontrol.com.pe

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DE TEST & CONTROL S.A.C.



Laboratorio de Calibración

SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD
NTP ISO / IEC 17025:2017

Certificado : TC - 2951 - 2019

Página : 2 de 3

TRAZABILIDAD

Patrón de Referencia	Patrón de Trabajo	Certificado de Calibración
Juego de Pesas 1 mg a 1 kg Clase de Exactitud E2 LO JUSTO S.A.C.	Juego de Pesas 1 mg a 1 kg Clase de Exactitud F1	IP-119-2018
Pesa 2 kg Clase de Exactitud E1	Pesa 2 kg Clase de Exactitud F1	LM-330-2018
Pesa 5 kg Clase de Exactitud E1	Pesa 5 kg Clase de Exactitud F1	LM-332-2018
Pesa 10 kg Clase de Exactitud E2	Pesa 10 kg Clase de Exactitud F1	LM-333-2018
Pesa 20 kg Clase de Exactitud E2	Pesa 20 kg Clase de Exactitud F1	LM-335-2018

RESULTADOS DE MEDICIÓN

INSPECCION VISUAL

Ajuste de Cero	Tiene	Escala	No Tiene
Oscilación Libre	Tiene	Cursor	No Tiene
Plataforma	No Tiene	Nivelación	No Tiene
Sistema de Traba	No Tiene	Dispositivo Indicador Auxiliar	No Tiene

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Magnitud	Inicial	Final
Temperatura	25,09 °C	25,09 °C
Humedad Relativa	67,06 %	67,06 %

Medición N°	Carga (g)	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)
1	10 500,0	10 500,0	70	-20
2		10 500,0	70	-20
3		10 500,0	70	-20
4		10 500,0	80	-30
5		10 500,1	80	70
6		10 500,1	70	80
7		10 500,1	70	80
8		10 500,0	80	-30
9		10 500,0	80	-30
10		10 500,0	80	-30
E _{máx} - E _{mín}		110 mg		
error máximo permitido		± 2 000 mg		

Medición N°	Carga (g)	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)
1	21 000,0	21 000,0	80	-30
2		21 000,0	80	-30
3		20 999,9	70	-120
4		20 999,9	80	-130
5		20 999,9	80	-130
6		21 000,0	70	-20
7		21 000,0	80	-30
8		20 999,9	70	-120
9		21 000,0	80	-30
10		21 000,0	80	-30
E _{máx} - E _{mín}		110 mg		
error máximo permitido		± 3 000 mg		

Jr. Condesa de Lemos N° 117 - San Miguel - Lima / Teléfono: 262-9536 / E-mail: informes@testcontrol.com.pe

PROHIBIDA LA REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACION ESCRITA DE TEST & CONTROL S.A.C.

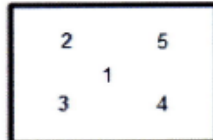


Laboratorio de Calibración

SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD
NTP ISO / IEC 17025:2017

Certificado : TC - 2951 - 2019

Página : 3 de 3



ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

Magnitud	Inicial	Final
Temperatura	26,00 °C	26,10 °C
Humedad Relativa	57,56 %	55,21 %

N°	Determinación de Error Eo				Determinación de Error Corregido Ec					e.m.p. (±mg)
	Carga (g)	I (g)	ΔL (mg)	Eo (mg)	Carga (g)	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	Ec (mg)	
1	10,0	10,0	70	-20	7 000,0	7 000,0	60	-10	10	2 000
2		10,0	70	-20		7 000,1	60	90	110	
3		10,0	80	-30		7 000,1	80	70	100	
4		10,0	70	-20		7 000,0	70	-20	0	
5		10,0	70	-20		7 000,0	60	-10	10	

ENSAYO DE PESAJE

Magnitud	Inicial	Final
Temperatura	26,41 °C	26,30 °C
Humedad Relativa	47,09 %	44,79 %

Carga (g)	Crecientes				Decrecientes				e.m.p. (±mg)
	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	Ec (mg)	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	Ec (mg)	
1,0	1,0	60	-10						
5,0	5,0	70	-20	-10	5,0	70	-20	-10	1 000
10,0	10,0	60	-10	0	10,0	70	-20	-10	1 000
100,0	100,0	70	-20	-10	100,0	70	-20	-10	1 000
1 000,0	1 000,0	80	-30	-20	1 000,0	70	-20	-10	1 000
2 000,0	2 000,0	80	-30	-20	2 000,0	70	-20	-10	1 000
5 000,0	5 000,0	80	-30	-20	5 000,0	80	-30	-20	1 000
7 000,0	7 000,1	80	70	80	7 000,1	80	70	80	2 000
10 500,0	10 500,0	70	-20	-10	10 500,0	80	-30	-20	2 000
15 000,0	15 000,1	70	80	90	15 000,1	80	70	80	2 000
21 000,0	21 000,1	70	80	90	21 000,1	70	80	90	3 000

Donde: I : Indicación de la balanza ΔL : Carga adicional Eo : Error en cero
R : Lectura de la balanza posterior a la calibración E : Error del instrumento Ec : Error corregido

Lectura Corregida : $R_{\text{corregida}} = R - 3,98 \times 10^{-6} \times R$

Incertidumbre de Medición : $U_R = 2 \times \sqrt{4,19 \times 10^{-3} g^2 + 1,23 \times 10^{-9} \times R^2}$

OBSERVACIONES

Con fines de identificación de la calibración se colocó una etiqueta autoadhesiva con el número de certificado.

[1] Calculada según la NMP 003-2009

INCERTIDUMBRE

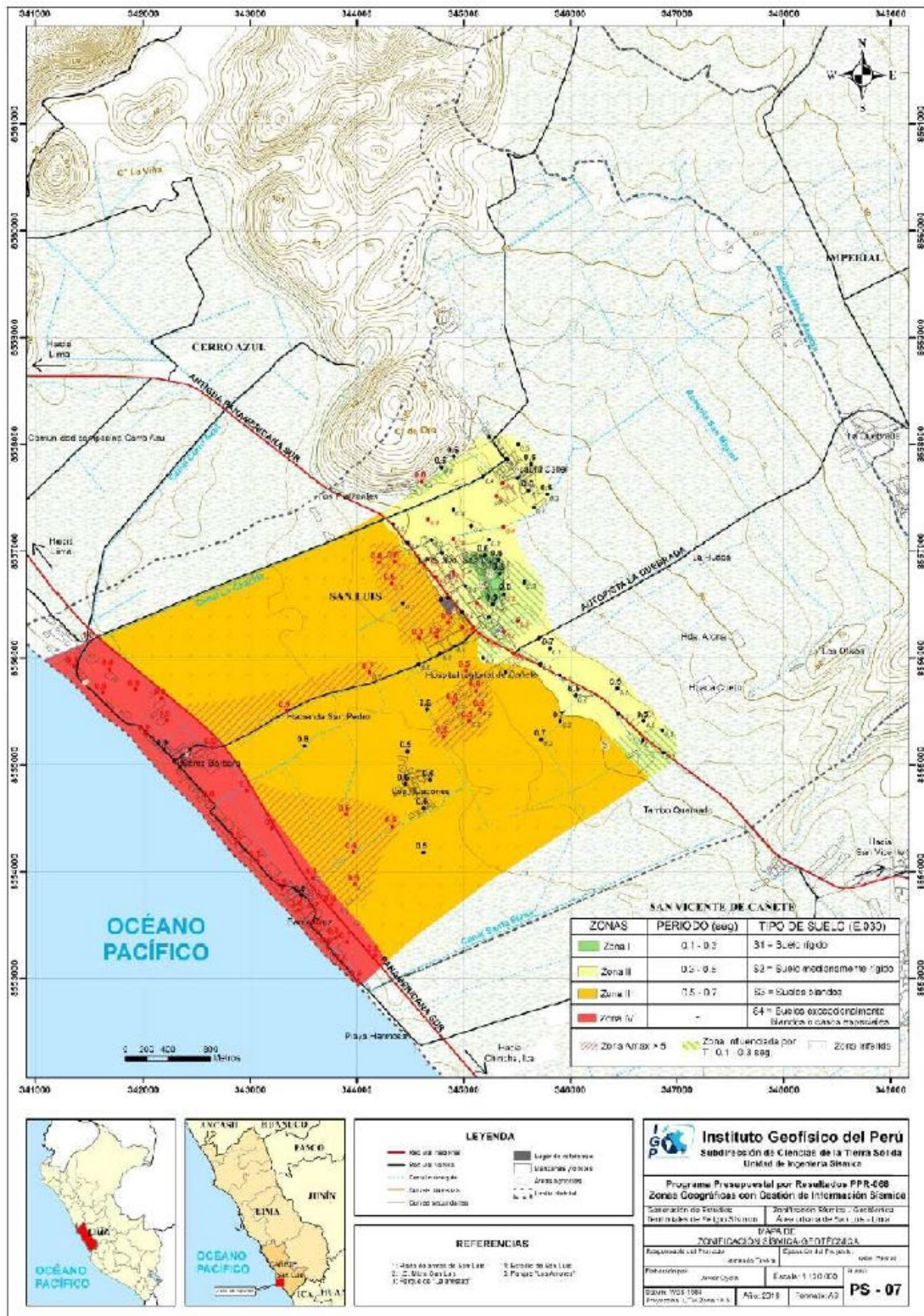
La incertidumbre expandida que resulta de multiplicar la incertidumbre típica combinada por el factor de cobertura k=2 que, para una distribución normal, corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente el 95%.

FIN DEL DOCUMENTO

Jr. Condesa de Lemos N° 117 - San Miguel - Lima / Teléfono: 262-9536 / E-mail: informes@testcontrol.com.pe

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DE TEST & CONTROL S.A.C.

ANEXO 04: Mapa de Zonificación Sísmica – Geotécnica de San Luis de Cañete



Mapa de Zonificación Sísmica - Geotécnica de San Luis de Cañete

FUENTE: Instituto Geofísico del Perú, 2017

ANEXO 05: Panel Fotográfico



En esta imagen se visualiza el dimensionamiento de las probetas de bambú antes de ser cortadas.



En esta imagen se visualiza el detallado de las probetas de bambú que posteriormente serán ensayadas.



En esta imagen se visualiza el cortado de las probetas de bambú.



En esta imagen se visualiza al técnico calibrando la máquina antes de realizar el ensayo.



En esta imagen se visualiza al técnico colocando los accesorios necesarios para el ensayo de corte.



En esta imagen se visualiza al técnico midiendo la deflexión de la caña de bambú durante el ensayo a flexión.