



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE ARQUITECTURA

**Estudio de la madera de coco como material alternativo aplicado
en arquitectura modular para edificaciones sociales, Sullana -
Piura, 2022**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

ARQUITECTO

AUTORES:

Auza Paredes, Sugar Robinson (ORCID: 0000-0003-1122-1645)

Marchand Gallo, Roel Rodolfo (ORCID: 0000-0002-9228-2708)

ASESOR:

Mtro. Gálvez Nieto, Alexander (ORCID: 0000-0001-8526-0124)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Arquitectura

Piura – Perú

2022

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a Dios quien es mi guía y fortaleza, a mi abuela Josefa, quien desafortunadamente ya no se encuentra con nosotros, a mis padres Rodolfo y Nilda por inculcar en mí el ejemplo de salir adelante. A mis hermanas por sus palabras de aliento. Finalmente quiero dedicar esta tesis mi esposa Marly y a mi hija Micaella, por su paciencia, por su comprensión, por su fuerza, son las personas que directamente han sufrido las consecuencias del trabajo realizado, gracias por darme ese empujón para terminar el trabajo.

Marchand Gallo, Roel Rodolfo

Dedico esta tesis a Dios, que gracias a él he logrado cumplir este sueño, a mis padres Nicanor y Melva quienes me han apoyado para poder llegar a concluir mi carrera, ya que ellos siempre han estado presentes, a mi abuelo Agapito por todo su apoyo, a mi abuela Yojana que ya no se encuentra entre nosotros, gracias por todos tus consejos y amor hacia mí. A mis hermanos Ivan, Karla, Frank por sus palabras de aliento y consejos, a mis sobrinos por su compañía, a mi tía Vilma que es como una segunda mamá gracias por todo.

Auza Paredes, Sugar Robinson.

AGRADECIMIENTOS

Universidad Cesar Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela de arquitectura por dejarnos formar parte de su prestigiosa casa de estudios, a nuestro asesor el mtro. Alexander Gálvez nieto por todo el conocimiento y experiencias brindadas en todo este tiempo, a nuestros familiares, abuelos, padres por el apoyo, dedicación, comprensión y enseñanzas, a nuestros hermanas y hermanos por su apoyo incondicional, a mi esposa e hija que son lo me impulsan siempre para seguir adelante, al aserradero mi “Jesús” por su apoyo y buen trato para obtenerte la materia prima, al carpintero Miguel por ayudarnos a preparar las probetas para este estudio, a CITEmadera Lima por el apoyo realizando las distintas pruebas propias de este trabajo.

Índice de contenidos

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
RESUMEN	vii
ABSTRACT	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEORICO	5
III. MÉTODO	14
3.1. Tipo y Diseño de investigación	14
3.2. Variables y operacionalización	15
3.3. Población, muestra y muestreo	16
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	17
3.5. Procedimientos	17
3.6. Método de análisis de datos	18
3.7. Aspectos éticos	18
IV. RESULTADOS	19
V. DISCUSIÓN	38
VI. CONCLUSIONES	41
VII. RECOMENDACIONES	43
REFERENCIAS	44
ANEXOS	

Índice de tablas

Tabla 1	8
Tabla 2	13
Tabla 3	18
Tabla 4	19
Tabla 5	20
Tabla 6	20
Tabla 7	21
Tabla 8	21
Tabla 9	22
Tabla 10	22
Tabla 11	22
Tabla 12	23
Tabla 13	24
Tabla 14	25
Tabla 15	37

Índice de figuras

Figura 1	9
Figura 2	10
Figura 3	26
Figura 4	27
Figura 5	27
Figura 6	28
Figura 7	28
Figura 8	29
Figura 9	29
Figura 10	30
Figura 11	31
Figura 12	32
Figura 13	33
Figura 14	33
Figura 15	34
Figura 16	35
Figura 17	36

RESUMEN

La presente investigación tiene como principal objetivo estudiar el uso de la madera de coco como material alternativo aplicado en arquitectura modular destinada a edificaciones sociales, Sullana - Piura, 2022. Para ello, se plantea un estudio de enfoque cuantitativo, de tipo básica y de diseño experimental. La población de estudio se conformó de la totalidad de plantaciones de coco, principalmente de los viveros de donde se extrae la madera y también de todas las clases o tipos de edificaciones sociales. La técnica de investigación empleada fue el análisis documental y la observación y los instrumentos de investigación consistieron en documentos escritos y digitales, así como fichas de registro de datos. Entre los principales resultados se obtuvo que las propiedades físicas de la madera de coco, en cuanto al color del material, este es rojizo; y el olor que desprende es característico del material. Por otro lado, el grano o la fibra del material se observó recto, de textura media y no posee brillo. El vetado de la madera de coco es jaspeado. Respecto a sus propiedades mecánicas, se obtuvo un módulo de elasticidad mínimo de 39,737.3 kg/cm², y un módulo de elasticidad promedio de 46,039.2 kg/cm². La flexión estática dio como resultado el valor promedio de 367.1 kg/cm². El valor promedio de compresión paralela a las fibras de 117.9 kg/cm², mientras que, en compresión perpendicular presentó un valor promedio de 54.2 kg/cm². El cizallamiento paralelo al grano dio como resultado un valor promedio de 37.6 kg/cm². La tensión paralela promedio de 699.7 kg/cm². Se concluyó que es factible emplear la madera de coco como elemento estructural dentro de las construcciones modulares o arquitectura modular.

Palabras Clave: Madera de coco, arquitectura modular, construcción sostenible.

ABSTRACT

The main objective of this research is to study the use of coconut wood as an alternative material applied in modular architecture for social buildings, Sullana - Piura, 2022. For this purpose, a quantitative, basic and experimental design study is proposed. The study population consisted of all the coconut plantations, mainly the nurseries from which the wood is extracted and also all types of social buildings. The research technique used was documentary analysis and observation, and the research instruments consisted of written and digital documents, as well as data registration forms. Among the main results, it was obtained that the physical properties of coconut wood, in terms of the color of the material, it is reddish; and the smell it gives off is characteristic of the material. On the other hand, the grain or fiber of the material was observed to be straight, of medium texture and not shiny. The grain of the coconut wood is mottled. Regarding its mechanical properties, a minimum modulus of elasticity of 39,737.3 kg/cm² was obtained, and an average modulus of elasticity of 46,039.2 kg/cm². Static bending resulted in an average value of 367.1 kg/cm². The average value of compression parallel to the fibers was 117.9 kg/cm², while perpendicular compression showed an average value of 54.2 kg/cm². Shear parallel to the grain resulted in an average value of 37.6 kg/cm². The average parallel tension was 699.7 kg/cm². It was concluded that it is feasible to use coconut wood as a structural element in modular constructions or modular architecture.

Key words: Coconut wood, modular architecture, sustainable construction.

I. INTRODUCCIÓN

El cambio climático, juntamente con la poca disponibilidad de los combustibles fósiles y la escasez de recursos es un problema de alcance mundial y se ha convertido en “uno de los mayores retos de nuestra era” (Foster & Elzinga, 2022). Hoy en día estos factores deben considerarse en todo proyecto que pretenda impulsar el desarrollo económico y mejorar la calidad de vida. La construcción es un campo complejo y multidisciplinar. Las decisiones están influidas por diversos parámetros, como los económicos, el tipo de construcción, el diseño, la ecología, etcétera (Kitek & Groselj, 2011). Los futuros profesionales como planificadores, diseñadores urbanos, promotores, arquitectos e ingenieros, tienen una gran tarea por delante y deben marcar una gran diferencia en el desarrollo sostenible del mundo, y que, a diferencia de las generaciones pasadas, estos deberán trabajar con condiciones límite (Van den Dobbelsteen & Keeffe, 2017). Esto se traduce en aprovechar al máximo los recursos. Hoy en día es evidente que, en muchos países europeos, por ejemplo, se han desarrollado políticas estratégicas para promover la adopción eficiente de la madera en la construcción de edificios (Kuzman y otros, 2017).

En todo el mundo, el sector de la construcción es uno de los que más contaminación provocan, pues emite carbono en niveles escandalosos, emplea una gran cantidad de materiales que no son renovables y por ende provoca una cantidad excesiva de desechos, que termina en una significativa contaminación ambiental. Por ello, el sector de la construcción mundial está cambiando hacia un enfoque sostenible, en particular el uso de materiales ecológicos en la construcción de edificios. Las futuras construcciones deben estar diseñadas de manera que sean sustentables, o sea tienen que adaptarse al clima y ser libre de utilizar combustibles fósiles (energía neutra). Esto exige métodos nuevos o renovados de planificación y diseño, y el uso de nuevas tecnologías, destinadas a mejorar la calidad de la construcción, la rapidez de ejecución y la amortización de los proyectos, así como a reducir el tiempo necesario para la realización de las obras. Hoy en día tiene una gran importancia a nivel global (Dudchenko y otros, 2019).

Las construcciones modulares no son menos convenientes y cómodas que los proyectos de construcción de capital. Se fabrican con el uso de tecnologías modernas, acelerando el proceso constructivo en edificaciones. Además de ello, la utilización de materiales considerados ecológicos y que se producen en masa ayudarían a la industria de la construcción a poder cubrir ciertas demandas o déficits en el país. Por ejemplo, según la Encuesta Nacional de Hogares (Citado en el Decreto Supremo N°012-2021-VIVIENDA, 2021), el 4.8% de viviendas en el Perú no son adecuadas para vivir y el 11.2% no cuentan con la calidad constructiva, ni con espacios adecuados y tampoco no cuentan con servicios básicos. En tanto la región Piura, Lambayeque y La Libertad tienen un déficit cuantitativo de 9.21%, 2.96% y 3.9% respectivamente (Velarde, 2022). En la ciudad de Sullana se ha visto reflejado esto; pues una gran parte de la población no cuenta con viviendas adecuadas o que hayan sido diseñadas de manera sustentable; por otro lado, en los centros poblados jóvenes hay carencia de edificaciones sociales como lo son salones comunales, aulas educativas o postas médicas, puestos de seguridad ciudadana, de atención al ciudadano, etc.

Debido a esta realidad problemática, la presente investigación pretende estudiar un material que se produce en gran cantidad en el norte del país, como lo es la madera de coco (*Cocos nucifera*) y como se podría utilizar como material alternativo en la arquitectura modular; considerando a su vez que la norma Técnica E.010 Madera (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2019) está pronta a ser actualizada, y va a incluir nuevas especies maderables que puedan ser utilizadas en construcción por lo que la lista de maderas utilizables en construcción se ampliará, además que los proyectistas podrán utilizar los resultados de este informe para sustentar técnicamente el uso de la madera de coco en proyectos de edificaciones (El Peruano, 2021). Se evaluó la factibilidad de emplear este material ya que se estudiaron las características físicas, mecánicas del mismo el cual fue comparado con materiales similares, y además se expone cómo se comporta estructuralmente al realizar simulaciones de análisis estructural. El uso de este material generará un gran impacto socioeconómico para la población que pretenda utilizarlo en la construcción de sus viviendas, o para instalar módulos que cumplan la función de edificaciones sociales.

Es por ello que, el presente proyecto de tesis plantea como problema general: ¿Cómo será el estudio de la madera de coco como material alternativo aplicado en arquitectura modular para edificaciones sociales, Sullana - Piura, 2022?

Esta investigación tiene **justificación práctica**, porque da solución al problema planteado y que es finalidad del estudio, enfocándose en el estudio de la madera de coco, sus propiedades y como puede ser utilizada en la propuesta de arquitectura modular; orientadas a la planificación y/o construcción de edificaciones de interés social, por lo que ayudará a cubrir el déficit de edificaciones como lo son viviendas, centros comunales, aulas educativas, centros de salud, etc. Tiene **justificación metodológica**, porque los procedimientos establecidos en el presente estudio servirán como antecedentes y podrán ser empleados por futuros investigadores que deseen elaborar estudios similares. Estos procedimientos también servirán a autoridades y futuros profesionales que deseen tener una guía metodológica para la construcción de edificaciones de interés social bajo la modalidad de arquitectura modular, empleando un material de gran producción de la zona como lo es la madera de coco.

Tiene **justificación social**, porque la alternativa de arquitectura modular es una excelente alternativa, de bajo costo y completamente funcional que puede ser utilizada por pobladores de bajos recursos económicos que deseen construir sus viviendas bajo esta modalidad, y también puede ser utilizado por autoridades correspondientes para construcción de edificaciones de interés social como salones comunales, comités, e inclusive centros de salud. Por último, presenta una **justificación ambiental**, porque brinda una alternativa basada en el uso de un material completamente ecológico, de gran producción en la zona como lo es la madera de coco y que sobre todo planificará su uso correcto, responsable, eficiente, optimizando el uso de los materiales y generando el menor impacto ambiental, que garantizará un bienestar tanto a la población como al planeta; esto considerando que el sector construcción es uno de los que a nivel mundial genera más residuos y por tanto contamina más al planeta.

Para resolver el problema general planteado, se propone el siguiente objetivo general: Realizar un estudio de la madera de coco como material alternativo aplicado en arquitectura modular para edificaciones sociales, Sullana - Piura, 2022.

La hipótesis general planteada en el presente estudio: Es posible utilizar la madera de coco como material alternativo aplicado en arquitectura modular para edificaciones sociales, Sullana - Piura, 2022.

II. MARCO TEORICO

La exposición de antecedentes internacionales, nacionales y locales en el presente estudio permitirán conocer la evolución del empleo de la madera de diferentes tipos como material alternativo y el uso de la arquitectura modular. También se exponen las bases teóricas y conceptuales.

Antecedentes internacionales

Loras (2020) realizó un estudio donde describió y analizó las características, cualidades y tendencias actuales en cuanto a la construcción modular o prefabricada destinada al uso de viviendas unifamiliares. Llegó a la conclusión que, en la mayoría de los casos, las construcciones que utilizan sistemas modulares son mucho más rápidas, reduciendo significativamente el tiempo en la obra y, por tanto, los inconvenientes que este factor puede causar durante la construcción. Aunque esto puede llevar a la conclusión de que las casas prefabricadas son menos caras debido al menor tiempo de construcción, no siempre es así. La diferencia de precio entre una casa convencional y una modular dependerá más de los materiales y las características específicas de cada sistema que del tiempo necesario para su construcción en la obra.

Dudchenko et al (2019) realizaron un estudio donde describieron como la arquitectura modular se venido desarrollando e implementando como una alternativa constructiva de bajo costo, frente a la construcción de viviendas costosas, analizaron las tendencias generales y principales de la construcción modular, identificando sus ventajas e inconvenientes. En el mundo actual, las nuevas tecnologías se desarrollan rápidamente y las imperfecciones cambian constantemente. La dura realidad de nuestro tiempo es que todos los recursos minerales del mundo han llegado a su límite y la principal tarea de las nuevas generaciones es hacer su vida más respetuosa con el medio ambiente proporcionando una vivienda de alto nivel combinada con las oportunidades que ofrece la construcción modular energéticamente eficiente.

Guerra (2019) realizó un estudio en Guatemala, con la finalidad de estudiar las propiedades mecánicas que la madera de pino Oocarpa brindaba, la cual es la madera más comúnmente utilizada en construcción en dicho país. Para ello, fue necesario realizar ensayos de laboratorio en parámetros o atributos

como la compresión paralela a la fibra, tensión paralela, corte perpendicular y flexión estática. Entre los principales resultados obtuvo un valor de 307.10 kg/m² de resistencia a la compresión, 1,015.04 kg/m² de resistencia a la tensión, 61.93 kg/m² de resistencia al corte o cizallamiento, 494.02 kg/m² de resistencia a la flexión y un módulo de elasticidad de 87,435.91 kg/m². Concluyó que la madera de pino Oocarpa es viable para su uso como vigas, cubre longitudes máximas de 6.00m, soportaría hasta 250kg/m de carga distribuida, o sea puede ser capaz de soportar el peso de cubiertas metálicas, entresijos de madera, andamios, entre otros similares.

Antecedentes nacionales

Gonzales y La Rosa (2021) realizaron un estudio con el objetivo principal de determinar los requerimientos ecológicos de la construcción modular prefabricada en madera y su aplicación en el diseño de un centro vacacional de tipo *resort* en el distrito de Canoas de Punta Sal de la provincia Contralmirante Villar del departamento de Tumbes, llegando a la conclusión de que el diseño arquitectónico se basa en criterios de diseño como la integración con el lugar a través de terrazas verdes y una arquitectura respetuosa con el agua, aspectos bioclimáticos que harán que el edificio sea sostenible y visualmente atractivo, y un sistema de construcción modular que utiliza madera CLT como principal elemento estructural para crear una infraestructura funcional y espacial que proporcione comodidad a los huéspedes y usuarios del hotel.

Jave (2020) llevó a cabo un estudio para diseñar una villa llamada "Las praderas de Ventanilla" basada en un enfoque ecológico, modular y autosuficiente, con el objetivo de satisfacer las necesidades de vivienda y comerciales, garantizando al mismo tiempo la sostenibilidad y la autosuficiencia arquitectónica. Se llegó a la conclusión de que había otras opciones de construcción, otros materiales y otras formas de dotar de los servicios necesarios (agua, electricidad y saneamiento) al edificio, pero se entendió que al tratarse de un sistema de construcción que no había sido probado en el país y los materiales utilizados no eran materiales conocidos, era necesario realizar primero proyectos prácticos y piloto para probar su eficacia.

Montalván (2021) realizó un estudio aplicado en la ciudad de Loreto con el objetivo de proponer un sistema de construcción modular para el diseño económico de viviendas progresivas. Concluyó que la aparición e introducción del nuevo sistema de construcción generó un mayor interés debido a su facilidad de aplicación. Era necesario analizar el material para identificar los aspectos arquitectónicos y físicos de las viviendas avanzadas, de modo que los usuarios pudieran familiarizarse con el sistema y aplicarlo a futuras ampliaciones y reformas de viviendas. En otras palabras, el tema del estudio influyó directamente en el enfoque de la caracterización del prototipo de vivienda avanzada.

En cuanto a las bases teóricas y conceptuales:

Madera de coco

La madera de coco es un material verde tradicional que se considera fuerte, ligero y respetuoso con el medio ambiente. Se extrae de la planta llamada “cocotero”, o *Cocos nucifera* y está incluida en el orden de las Espadicifloras de las monocotiledóneas y más en particular a la familia de las *Palmaceae*. Esta planta puede encontrarse de manera silvestre o cultivada en las zonas tropicales, generalmente en franjas costeras o hasta 200km al interior y es capaz de alcanzar cotas de 300 msnm. (Bobadilla, 2022) Su adopción en la construcción de edificios podría impactar de una forma positiva en frenar el cambio climático al reducir la emisión de gases causantes del efecto invernadero. (Rana y otros, 2015) Esto se debe a que, globalmente, el sector de la construcción consume mucha energía y por tanto provocan emisiones de carbono masivas, un uso excesivo de materiales que en su mayoría no son renovables, y contaminación ambiental. (Franzini y otros, 2018)

Este elemento era considerado anteriormente como desperdicio o desecho, sin embargo, hoy en día su empleo como material constructivo resuelve esta problemática y además se presenta como una alternativa más barata y de calidad, beneficiando incluso en la conservación de otras especies de maderas que pueden ser mucho más costosas y escasas. (Stulz & Mukerji, 1993) Entre sus principales características es que tiene una heterogeneidad anatómica, lo que causa que sus cualidades físico-mecánicas sean variables.

Tabla 1

Valores máximos y mínimos de las propiedades físico mecánicas de la madera de coco

Propiedad	Valor mínimo	Valor máximo
Densidad (g/cm ³)	0.25	0.8
Humedad inicial (%)	40	500
Resistencia a la compresión (N/mm ²)	0.2	0.8
Resistencia a la flexión (N/mm ²)	0.3	1.5
Resistencia a la cizalladura (N/mm ²)	0.06	0.15

Nota. Adaptado de Bobadilla (2022) de *La madera de cocotero*

De acuerdo a la zona del tronco de la palmera de donde se extrae la madera, los valores de resistencia de madera de coco pueden variar, siendo la zona central del tronco o tejido blando la que presenta los menores valores, mientras que en la zona periférica se obtienen valores máximos, por lo que es necesario escoger la sección más apropiada según el uso que se le dará. De acuerdo a esto, el tronco de la palmera es considerado un material apropiado para su uso en: carpintería, ebanistería, construcción, etc. (Bobadilla, 2022)

Propiedades físico mecánicas de la madera

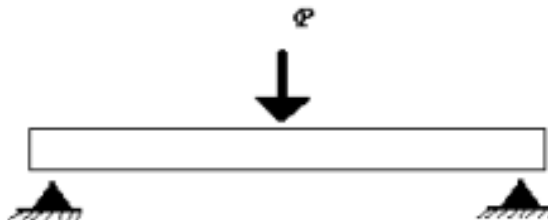
Las propiedades mecánicas son las determinantes de la capacidad que tiene el material de resistir fuerzas externas, con lo que se puede controlar las formas más adecuadas (Karsulovic, 1982). Según Cuevas (2003), algunas de los ensayos a los que la madera puede someterse son la flexión estática, la compresión, la tracción, cizalle, clivaje, dureza y tenacidad. La norma técnica peruana E.010 del Reglamento Nacional de Edificaciones (2019) indica los requisitos mínimos a considerar en el diseño de edificaciones de estructuras de madera, incluyendo las propiedades físico mecánicas de algunas especies. En este estudio se consideró trabajar con las siguientes propiedades:

Flexión estática en madera: Las pruebas de flexión estática son uno de los principales métodos para evaluar las propiedades mecánicas de la madera.

Las normas europeas EN 408 (Fernandez y otros, 2003) y EN 384 (UNE-EN 384 , 2016) definen los procedimientos y las definiciones de estos ensayos en madera con dimensiones útiles. Los resultados de los ensayos de flexión estática dependen, por un lado, de la densidad y el contenido de humedad de la madera y de las propiedades anisotrópicas del material (Olsson y otros, 2012) y, por otro, del montaje experimental y la velocidad (Calderoni y otros, 2006) y (Faggiano y otros, 2011). En el análisis estructural de las estructuras de madera presentes en edificios antiguos de importancia histórica y cultural, la aplicación de pruebas normalizadas es una tarea difícil (Steffen y otros, 1997). Sin embargo, los ensayos de flexión estática se utilizan para determinar el módulo de elasticidad y el módulo de rotura. Ambos parámetros son necesarios para el diseño estructural en modelos numéricos y se utilizan como referencia en la inspección in situ de elementos estructurales (Hansson & Antti, 2003)

Figura 1

Flexión estática



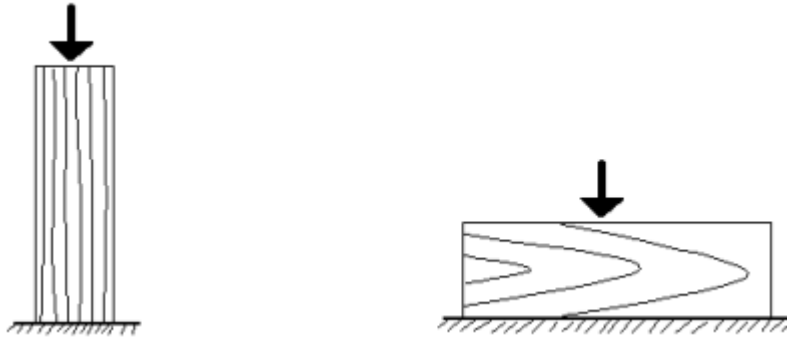
Nota. Adaptado de Diaz, P (2005) en *Evaluación de propiedades físicas y mecánicas de madera de Nothofagus glauca (Hualo) proveniente de la zona de Cauquenes*

Compresión paralela y perpendicular a las fibras en madera: De acuerdo a Karsulovic (1982) según la dirección fuerza externa aplicada a las fibras de la madera, estas pueden ser paralelas o perpendiculares. La compresión paralela es aquella que la fuerza actúa en sentido paralelo a las fibras de la madera, o sea en su misma dirección, mientras que la compresión

perpendicular es la resistencia que el material opone a cargas aplicadas perpendicularmente a la dirección de sus fibras.

Figura 2

Compresión paralela (a la izquierda) y Compresión perpendicular (a la derecha)



Nota. Adaptado de Diaz, P (2005) en *Evaluación de propiedades físicas y mecánicas de madera de Nothofagus glauca (Hualo) proveniente de la zona de Cauquenes*

Dureza en madera: La dureza es la propiedad que determina la resistencia al desgaste, al rayado, al clavado, etc. Una regla general es que a medida que la madera dura envejece, mayor resistencia opone.

Cizallamiento paralelo al grano en madera: El ensayo consiste en aplicar una carga P (kg) a una probeta de madera cuya forma y medidas están normalizadas. La carga se transmitirá a la probeta a través de la cizalla hasta producir el corte en la probeta.

Tensión perpendicular y paralela al grano en madera: Se produce cuando dos fuerzas que actúan en direcciones opuestas estiran una pieza de madera. Estas fuerzas se aplican de forma paralela o perpendicular a las fibras y se comportan de forma diferente en cada caso.

Módulo de elasticidad: En el caso de la madera, el módulo de elasticidad paralelo a la dirección del grano tiene valores diferentes en condiciones de compresión y de tracción debido a la anisotropía. En la práctica, sólo se utiliza un valor para el módulo de elasticidad paralelo a la dirección del grano. Su valor varía entre 7000 y 12000 N/mm², dependiendo de la calidad de la madera. En la dirección perpendicular al grano, se utiliza un único módulo de elasticidad, que es 30 veces menor que en la dirección perpendicular al grano. (Infomadera.net, 2022)

Arquitectura modular

Arquitectura modular es un proyecto basado en la composición de volúmenes o elementos separados que, ensamblados, forman una unidad constructiva útil y, en la mayoría de los casos, habitable; ya sea una casa, un edificio, una nave industrial, una escuela, etc. (Algeco, 2022) Se destaca por tener el potencial de acortar el tiempo de diseño e ingeniería del proyecto, reducir los costes y mejorar la productividad de la construcción. La instalación de edificios modulares es rentable, segura y ecológica. Los sistemas modulares modernos se basan en el uso no sólo de grandes elementos como las "salas de bloques", sino de varios elementos de construcción pequeños en 3D. (Generalova y otros, 2016)

Un Sistema modular, proviene de la palabra "sistema" que significa "conjunto de cosas que relacionadas entre sí ordenadamente contribuyen a determinado objeto" (Real Academia Española, s.f., definición 2), como una pieza que se fabrica o amplía en partes iguales, el segundo término crea un sistema por sus características. Un módulo es un bloque de piezas o una estructura que se coloca en número suficiente en un edificio para hacerlo más económico y sencillo. Los módulos suelen incorporarse a un sistema y se conectan entre sí. (Vargas, 2019)

Según Seguí (2022), una edificación modular es un edificio compuesto por elementos o componentes individuales que juntos forman una unidad constructiva útil y habitable. En primer lugar, su proceso de fabricación debe ser preciso y repetible; en segundo lugar, sus componentes deben garantizar un traslado y ensamblado con la capacidad de reemplazar y sustituir o mejorar el

conjunto. También existen otros términos para este tipo de arquitectura que se relacionan con su comprensión: arquitectura modular, que según Tecnofast (Citado en Vargas, 2019), es un tipo de sistema de construcción diseñado para implementar la arquitectura modular, no sólo en cuanto a la construcción de los componentes que conforman los módulos, sino también en cuanto a los cronogramas y tiempos de construcción.

La principal característica de la arquitectura modular es que se puede construir hasta un 50% más rápido, lo que se traduce en la reducción de los plazos de entrega. Gracias a su rápida implantación, el proyecto puede generar ingresos u operaciones mucho más rápidamente. Para un proyecto tradicional, la construcción dura 12 meses, con la construcción modular este tiempo se puede reducir a 6 meses, lo que significa que los ingresos se generarán durante 6 meses. La calidad de la producción se controla in situ y la mayoría tiene que ser certificada, superando los estándares de calidad alcanzados en la obra. Por otro lado, la arquitectura modular es sostenible pues contribuye a la reducción de residuos, ruido, agua, viento y consumo de energía. (Vargas, 2019)

Los productos basados en madera para su uso en ingeniería se consideran los mejores materiales de construcción por ser respetuosos con el medio ambiente. En los últimos 25 años se ha producido un gran cambio en la forma de utilizar la madera en las aplicaciones primarias de la construcción, debido a la disminución de la capacidad de acceso a la madera de alta resistencia procedente de los bosques en crecimiento y a la evolución de los acontecimientos y la creación de nuevos diseños de productos de madera fabricados. Estos productos están disponibles en diferentes tamaños y medidas, y su uso se orienta para el revestimiento de techos y suelos, estructuras sólidas, vigas, etcétera (Yadav & Kumar, 2021).

Arquitectura sostenible

Arquitectura sostenible es aquella que considera, durante todo su ciclo de vida, el impacto que tendrá una edificación, esto involucra su etapa de construcción, su etapa útil y hasta su etapa de demolición, sin olvidar principios como el confort y la salud de las personas que lo habitan. (Arquisejos, 2018). Hoy en día, la sostenibilidad es una de las consideraciones más destacadas en

el proceso de diseño de productos. Un aspecto positivo de la producción de edificios modulares es la ausencia de residuos durante el montaje, porque todos los materiales necesarios llegan al lugar inmediatamente; la construcción se realiza en los lugares más lejanos.

Clasificación de la madera para construcción

Según Pardo (2022), en América Latina se proponen diferentes tipos de madera para el diseño estructural. Estas se dividen en tres grupos A, B y C, dependiendo de la dureza y densidad de la madera considerada. Las propiedades físicas y mecánicas de la madera varían según el grupo al que pertenece la madera considerada.

Tabla 2

Propiedades físico mecánicas de la madera según grupos estructurales

PROPIEDADES [KG/CM²]	GRUPO A	GRUPO B	GRUPO C
Módulo de elasticidad mínimo E_{min}	95'000	75'000	55'000
Módulo de elasticidad promedio E_{prom}	130'000	100'000	90'000
Flexión f_m	210	150	100
Compresión paralela a las fibras $f_c //$	145	110	80
Compresión perpendicular a las fibras $f_c \perp$	40	28	15
Corte Paralelo f_v	15	12	8
Tracción Paralela f_t	145	105	75

Nota. Adaptado de Pardo (2022) en *Clasificación de grupos y especies de madera para la construcción*.

Cabe mencionar que estas mismas propiedades y valores están expuestas en la Tabla 3 de la Norma Peruana E.010 Madera. Este documento forma parte del Reglamento Nacional de Edificaciones del Perú (2019) aprobado por el Decreto Supremo 011-2006-VIVIENDA y tiene como objetivo garantizar que las edificaciones que utilizan madera tengan un nivel de seguridad adecuado para proteger la integridad de los ocupantes. Para el diseño arquitectónico de los sistemas modulares propuestos en el presente informe, se han tomado en cuenta los conceptos y criterios generales propuestos en el estudio de Vargas (2019). El uso de los módulos serán los siguientes: el primero será para una vivienda social y el segundo será para aulas educativas.

III. MÉTODO

3.1. Tipo y Diseño de investigación

Tipo de investigación: Básica. De acuerdo a las definiciones propuestas por el CONCYTEC (2018), es aquella investigación centrada en la comprensión del comportamiento de la variable, de sus características, de sus cambios, fenómenos, lo que deriva a profundizar el conocimiento teórico científico

Diseño de investigación: Experimental, de tipo cuasi experimental. Carrasco (2005) define a un estudio experimental en aquel donde las características originales de las variables se ven modificadas debido a la manipulación intencional. Su esquema es el siguiente:

G: O₁ X O₂

Donde:

G: Grupo de control

O₁: observación antes variable dependiente

X: tratamiento o variable independiente

O₂: observación después de la variable dependiente

3.2. Variables y operacionalización

V1: Madera de coco (variable cuantitativa)

Definición conceptual: La madera de coco es un material verde tradicional que se considera fuerte, ligero y respetuoso con el medio ambiente. Se extrae de la planta llamada “cocotero”, o *Cocos nucifera* y está incluida en el orden de las Espadicifloras de las monocotiledóneas y más en particular a la familia de las *Palmaceae*. (Bobadilla, 2022) Su adopción en la construcción de edificios podría impactar positivamente en frenar el cambio climático al reducir la emisión de gases de efecto invernadero. (Rana y otros, 2015)

Definición operacional:

- Propiedades físicas
- Propiedades mecánicas.

Indicadores:

De la dimensión propiedades físicas, los indicadores son:

- Color
- Olor
- Grano
- Textura
- Brillo
- Veteado

De la dimensión propiedades mecánicas los indicadores son:

- Módulo de elasticidad mínimo $E_{mín}$
- Módulo de elasticidad promedio E_{prom}
- Flexión f_m
- Compresión paralela a las fibras $f_c //$
- Compresión perpendicular a las fibras $f_c \perp$
- Corte Paralelo f_v
- Tracción Paralela f_t

Escala de medición: Nominal.

V2: Arquitectura Modular (variable cuantitativa)

Definición conceptual: Arquitectura modular es un proyecto basado en la composición de volúmenes o elementos separados que, ensamblados, forman una unidad constructiva útil y, en la mayoría de los casos, habitable; ya sea una casa, un edificio, una nave industrial, una escuela, etc. (Algeco, 2022) Se destaca por tener el potencial de acortar el tiempo de diseño e ingeniería del proyecto, reducir los costes y mejorar la productividad de la construcción. La instalación de edificios modulares es rentable, segura y ecológica. Los sistemas modulares modernos se basan en el uso no sólo de grandes elementos como las "salas de bloques", sino de varios elementos de construcción pequeños en 3D. (Generalova y otros, 2016)

Definición operacional:

- Diseño modular.

Indicadores:

- Modulación y predimensionamiento
- Diseño pasivo
- Eficiencia energética
- Materiales alternativos.

Escala de medición: Nominal.

3.3. Población, muestra y muestreo

Población: La población de estudio es compuesta, y corresponde a la totalidad de plantaciones de palmeras existentes en la provincia de Sullana, Piura. También forman parte de la población todas las edificaciones de tipo social que existen en el país.

Muestra: Se trabajará una muestra no probabilística e intencional, seleccionando entre los diferentes viveros de la provincia de Sullana, Piura de donde se extrae madera de coco.

Unidad de análisis: Madera de coco.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnica de investigación: Análisis Documental. Esta técnica según Carrasco (2005) consiste en la revisión y recopilación de información procedente de documentos ya sean escritos, digitales, gráficos, simbólicos, entre otros; cuyos contenidos se relacionan estrechamente con el problema y los objetivos de la investigación.

Instrumentos de investigación: Documentos escritos y digitales. Se recopilará la información obtenida sobre las propiedades físico mecánicas de la madera de coco del Informe del Laboratorio de Ensayos de Materiales CITEMadera Lima. Así mismo se recopilará información existente de propiedades físico mecánicas de otros tipos de maderas, con la finalidad de poder comparar sus propiedades físico mecánicas. Para arquitectura modular, se emplearán los reglamentos nacionales en arquitectura, herramientas informáticas, etcétera. Se diseñará un módulo al cual se le realizará una simulación en el software SAP2000 con la finalidad de obtener el comportamiento estructural tanto si este fuese construido con madera de coco y comparando a cómo sería si este fuese construido con otro tipo de madera. También se estimarán los costos de construcción para poder comparar.

3.5. Procedimientos

Para la recolección de información de la variable Madera de coco, se coordinó con el Laboratorio los ensayos correspondientes de acuerdo al requerimiento o indicadores de las variables, propiedades físicas y mecánicas. El procedimiento será el siguiente: Se proporcionó al Laboratorio de Materiales e Insumos del CITEMadera catorce (14) muestras de "palmera de coco" para ser sometidos a ensayos mecánicos. Cabe mencionar que, para algunos ensayos, previo a la ejecución, se realizó el corte de las muestras, para así obtener las probetas de ensayo requeridas según las normas técnicas respectivas.

Tabla 3

Protocolo asignado, descripción del producto y ensayos solicitados.

N° de Protocolo	Descripción de la muestra	Servicio solicitado
13,14	02 Probetas de dimensiones 2.5 x 2.5 x 10 cm.	Compresión paralela a las fibras. Norma ASTM D143.
15,16	02 Probetas de dimensiones 5x5 x 15 cm.	Compresión perpendicular a las fibras. Norma ASTM D143.
17,18	02 Probetas de dimensiones 5x5 x 76 cm.	Flexión estática. Norma ASTM D143.
19,20	02 Probetas de dimensiones 5x5 x 15 cm.	Dureza en madera. Norma ASTM D143.
21,22	02 Probetas de dimensiones 5x5 x 6.3 cm.	Cizallamiento paralelo al grano en madera. Norma ASTM D143.
23,24	02 Probetas de dimensiones 5x5 x 5cm.	Tensión perpendicular al grano en madera. Norma ASTM D143.
25,26	02 Probetas de dimensiones 2.5 x 2.5 x 46 cm.	Tensión paralela al grano en madera. Norma ASTM D143.

Nota. Adaptado de *Informe de Laboratorio CITE Madera Lima*

También se registrará en la ficha de recolección de datos información sobre propiedades físico mecánicas de otros tipos de madera empleadas en construcción para realizar el análisis comparativo finalmente.

3.6. Método de análisis de datos

La información obtenida será ordenada y analizada cuidadosamente, realizando cuadros descriptivos. Para ello se utilizará el software Excel 2019 y también el software SAP2000 para realizar los bocetos de los módulos empleando como material alternativo la madera de coco para su elaboración.

3.7. Aspectos éticos

Describe los lineamientos estipulados en el Código de Ética para la investigación de la Universidad Cesar Vallejo (2017). Cumple principios éticos de beneficencia, no maleficencia, autonomía y justicia.

IV. RESULTADOS

Respecto al **primer objetivo específico**, el cual consistió en determinar las propiedades físicas y mecánicas de la madera de coco como material alternativo para el uso de arquitectura modular. Para ello fue necesario realizar los ensayos mecánicos a catorce (14) probetas o muestras de madera de coco "palmera de coco" para ser sometidos a ensayos mecánicos. Para realizar los siguientes ensayos, se tomó en cuenta los siguientes aspectos y especificaciones según la norma de la Sociedad Americana de Ensayos de Materiales (ASTM), para el mismo: 1) La recolección de muestras debe tener similitud en tiempo de corte y secado para tener la misma posibilidad en el muestreo; y 2) Que las probetas cumplan con las medidas requeridas y no presenten imperfecciones.

Los resultados sobre las propiedades físicas de la madera de coco se determinaron mediante la técnica de la observación a las diferentes probetas de madera de coco. Fueron los siguientes:

Tabla 4

Resultados de propiedades físicas de la madera de coco

Propiedades físicas																					
Color					Olor		Grano			Textura			Brillo			Veteado					
Blanco	Amarillo	Rojizo	Pardo Marrón	Característico	Sin Olor	Olor Característico	Recto	Oblicuo	Entrecruzado	Fina	Media	Gruesa	Pronunciado	Medio	Sin Brillo	Pronunciado	Medio	Liso sin Veteado	Jaspeado	Arcos Superpuestos	
		X				X	X								X					X	

Nota. Adaptado de *Ficha de recolección de datos*

En la Tabla 4 se observan las propiedades físicas de las probetas de la madera de coco, las cuales se obtuvieron mediante la observación y una ficha de recolección de datos. En cuanto al color de la madera de coco, este es rojizo; y el olor que desprende es característico del material. Por otro lado, el grano o la fibra del material se observó recto, de textura media y no posee brillo. El veteado de la madera de coco es jaspeado.

Los resultados de protocolos los cuales son las muestras codificadas (ver tabla 3) sobre las propiedades mecánicas de la madera de coco se determinaron mediante los ensayos aplicados en el Laboratorio CITE Madera Lima. Fueron los siguientes:

Tabla 5

Resultados de compresión paralela a las fibras de las muestras

N° de Protocolo	Carga máxima (kg)	Esfuerzo al límite proporcional (kg/cm ²)	Módulo de elasticidad (kg/cm ²)
13	687	687	10,185.7
14	863	119.2	14,457,0
Promedio	775	106.2	12,169.88

Nota. Adaptado de *Informe de Laboratorio CITE Madera Lima*

En la Tabla 5 se observa que las muestras ensayadas bajo la norma técnica ASTM D143 Compresión paralela a las fibras, presentaron un valor promedio de compresión paralela a las fibras de 117.9 kg/cm². De manera individual, la probeta con número de protocolo 13 se le aplicó una carga máxima de 687 kg dando como resultado una resistencia máxima de 103.9 kg/cm² mientras que la probeta con número de protocolo 14 se le aplicó una carga máxima de 863kg lo que dio como resultado una resistencia máxima de 132,1 kg/cm². El módulo de elasticidad de la probeta 13 fue de 10,185.7kg/cm² y el de la probeta 14 fue 14,154.0 kg/cm².

Tabla 6

Resultados de compresión perpendicular a las fibras de las muestras

N° de Protocolo	Carga al límite proporcional (kg)	Esfuerzo al límite proporcional (kg/cm ²)
15	1253,5	57.4
16	1122,0	50.9
Promedio	1187,80	54.2

Nota. Adaptado de *Informe de Laboratorio CITE Madera Lima*

Asimismo, la Tabla 6 presenta los resultados de las muestras ensayadas en compresión perpendicular, mismas que presentaron un valor promedio (esfuerzo al límite proporcional) de 54.2 kg/cm². Individualmente se evaluaron las probetas con número de protocolo 15 y 16, a las cuales se les aplicó una carga de 1,253.5kg y 112.0kg respectivamente, dando como resultados valores de esfuerzos límites proporcionales de 57.4kg/cm² y 50.9kg/cm² respectivamente.

Tabla 7

Resultados de flexión estática de las muestras

N° de Protocolo	Carga máxima (kg)	Módulo de ruptura (kg/cm ²)	Esfuerzo al límite proporcional (kg/cm ²)	Módulo de elasticidad (kg/cm ²)
17	363	371.5	109.2	39,737.3
18	363	362.7	182.0	52,341.1
Promedio	363	367.1	145.6	46,039.2

Nota. Adaptado de *Informe de Laboratorio CITE Madera Lima*

En la Tabla 7 se observa que las muestras ensayadas bajo la norma técnica ASTM D143 Flexión estática, presentaron un valor promedio de flexión estática (módulo de ruptura) de 367,1 kg/cm².

Tabla 8

Resultados de dureza de las muestras

N° de Protocolo	Extremo 1 (kg)	Extremo 2 (kg)	Lado 1 (kg)	Lado 2 (kg)	Lado 3 (kg)	Lado 4 (kg)
19	114,1	139,2	106,5	148,8	166,1	85,3
20	182,4	165,1	152,1	175,6	114,3	218,7
Promedio	148,25	152,15	129,3	162,2	140,2	152,0

Nota. Adaptado de *Informe de Laboratorio CITE Madera Lima*

La Tabla 8 presenta los resultados de las muestras en cuanto al ensayo de dureza de acuerdo a la norma técnica ASTM D143, estas presentaron un valor promedio de 150,2 kg/cm² en los extremos y 145,9 kg/cm² para los lados.

Tabla 9

Resultados de cizallamiento paralelo al grano de las muestras

N° de Protocolo	Carga máxima (kg)	Cizallamiento (kg/cm ²)
21	823	34,8
22	978	40,4
Promedio	900,5	37,6

Nota. Adaptado de *Informe de Laboratorio CITE Madera Lima*

En la

Tabla 9, para el ensayo de cizallamiento, las muestras ensayadas bajo la norma técnica ASTM D143, presentaron un valor promedio de 37,6 kg/cm².

Tabla 10

Resultados de tensión perpendicular al grano de las muestras

N° de Protocolo	Carga máxima (kg)	Tensión perpendicular (kg/cm ²)
23	222	19,21
24	184	15,97
Promedio	203	17,60

Nota. Adaptado de *Informe de Laboratorio CITE Madera Lima*

En la Tabla 10 se observa que, las muestras ensayadas bajo la norma técnica ASTM D143, presentaron un valor promedio en tensión perpendicular al grano de 17,6 kg/cm².

Tabla 11

Resultados de tensión paralela al grano de las muestras

N° de Protocolo	Carga máxima (kg)	Tensión paralela (kg/cm ²)
23	325	674,5
24	371	724,8
Promedio	348	699,7

Nota. Adaptado de *Informe de Laboratorio CITE Madera Lima*

En la **Tabla 11**, para las muestras en tensión paralela al grano, estas presentaron un valor promedio de 699,7 kg/cm².

Tabla 12

Resumen de propiedades mecánicas de la madera de coco

PROPIEDADES [KG/CM²]	Madera de coco
Módulo de elasticidad mínimo E_{min}	39,737.3
Módulo de elasticidad promedio E_{prom}	46,039.2
Flexión f_m	367.1
Compresión paralela a las fibras $f_c //$	117.9
Compresión perpendicular a las fibras $f_c \perp$	54.2
Corte Paralelo f_v	37.6
Tracción Paralela f_t	699.0

Nota. Adaptado de *Informe de Laboratorio CITE Madera Lima*

En la **Tabla 12** se resumen los resultados obtenidos producto de los ensayos realizados en Laboratorio a las distintas muestras o probetas de madera de coco. Este material presentó un módulo de elasticidad mínimo de 39,737.3 kg/cm², y un módulo de elasticidad promedio de 46,039.2 kg/cm². La flexión estática dio como resultado el valor promedio de 367.1 kg/cm². El valor promedio de compresión paralela a las fibras de 117.9 kg/cm², mientras que, en compresión perpendicular presentó un valor promedio de 54.2 kg/cm². El cizallamiento paralelo al grano dio como resultado un valor promedio de 37.6 kg/cm². La tensión paralela promedio de 699.7 kg/cm².

De acuerdo al **segundo objetivo específico**, se realizó el análisis comparativo de las propiedades físicas y mecánicas de la madera de coco con respecto a otras clases de madera destinados al uso en construcción. Para ello se obtuvo información de la publicación de PromPerú (2004) donde se exponen diferentes tipos de madera con sus características físicas y mecánicas principales.

Tabla 13

Cuadro comparativo de propiedades físicas de maderas del Perú vs madera de coco

Madera de:	Propiedades físicas Generales																				
	Color					Olor		Grano			Textura			Brillo			Veteado				
	Blanco	Amarillo	Rojizo	Pardo Marrón	Característico	Sin Olor	Olor Característico	Recto	Oblicuo	Entrecruzado	Fina	Media	Gruesa	Pronunciado	Medio	Sin Brillo	Pronunciado	Medio	Liso sin Veteado	Jaspeado	Arcos Superpuestos
Cocotero			X				X	X				X			X				X		
Andiroba			X					X		X				X					X		
Catahua Amarilla	X							X		X		X		X						X	
Copaiba			X				X	X			X			X						X	
Estorioque			X				X			X				X						X	
Huayruro		X	X							X		X		X		X				X	
Pumaquiro			X				X			X				X			X			X	
Quinilla colorada			X					X			X					X		X		X	
Shihuahuaco	X			X			X			X			X			X			X	X	
Tornillo			X				X			X		X		X		X				X	

Nota. Adaptado de (PromPerú, 2004) de *Promoción de Nuevas Especies Forestales del Perú en el Comercio Exterior*

Tabla 14

Cuadro comparativo de propiedades mecánicas de maderas del Perú vs madera de coco

Madera de:	Propiedades mecánicas [kg/cm ²]				
	Módulo de Elasticidad	Flexión Estática	Compresión Paralela	Compresión Perpendicular	Tensión Paralela
Cocotero	46,039.20	367.1	117.9	54.2	699.7
Andiroba	124,000.00	722	372	32	91
Catahua Amarilla	68,000.00	401	126	28	51
Copaiba	112,000.00	736	268	74	99
Estorioque	175,000.00	1,340.00	714	130	163
Huayruro	134,000.00	843	443	70	113
Pumaquiro	184,000.00	955,0	522	96	122
Quinilla colorada	184,000.00	1,204.00	476	140	135
Shihuahuaco	154,000.00	750	384	67	97
Tornillo	99,000.00	693	413	66	87

Nota. Adaptado de (PromPerú, 2004) de *Promoción de Nuevas Especies Forestales del Perú en el Comercio Exterior*

Como se observa en la **Tabla 14**, en cuanto al valor del módulo de elasticidad de la madera de coco, este está por debajo de otras clases de madera como por ejemplo la madera tornillo, la Copaiba e inclusive de la Catahua Amarilla. La capacidad de flexión de la madera de coco se encuentra también por debajo del resto de maderas citadas en el cuadro. En cuanto a la compresión paralela, también se obtuvieron valores por debajo del resto de maderas citadas, solo un poco menos que la Catahua Amarilla. Por otro lado, el valor de Compresión perpendicular se encuentra por encima del valor de maderas como la Andiroba y la Catahua Amarilla, pero el valor de tensión paralela es muy superior al de resto de maderas citadas.

De acuerdo al **tercer objetivo específico**, se evaluó el comportamiento de la madera de coco como elemento estructural en el uso de arquitectura modular destinada a edificaciones sociales. Para ello, se modelaron 2 módulos en base a conceptos y criterios generales para el diseño arquitectónico expuesto por Vargas (2019). Las edificaciones consideradas son: una vivienda social y aulas educativas.

Figura 3

Modelo 3D de vivienda social modular

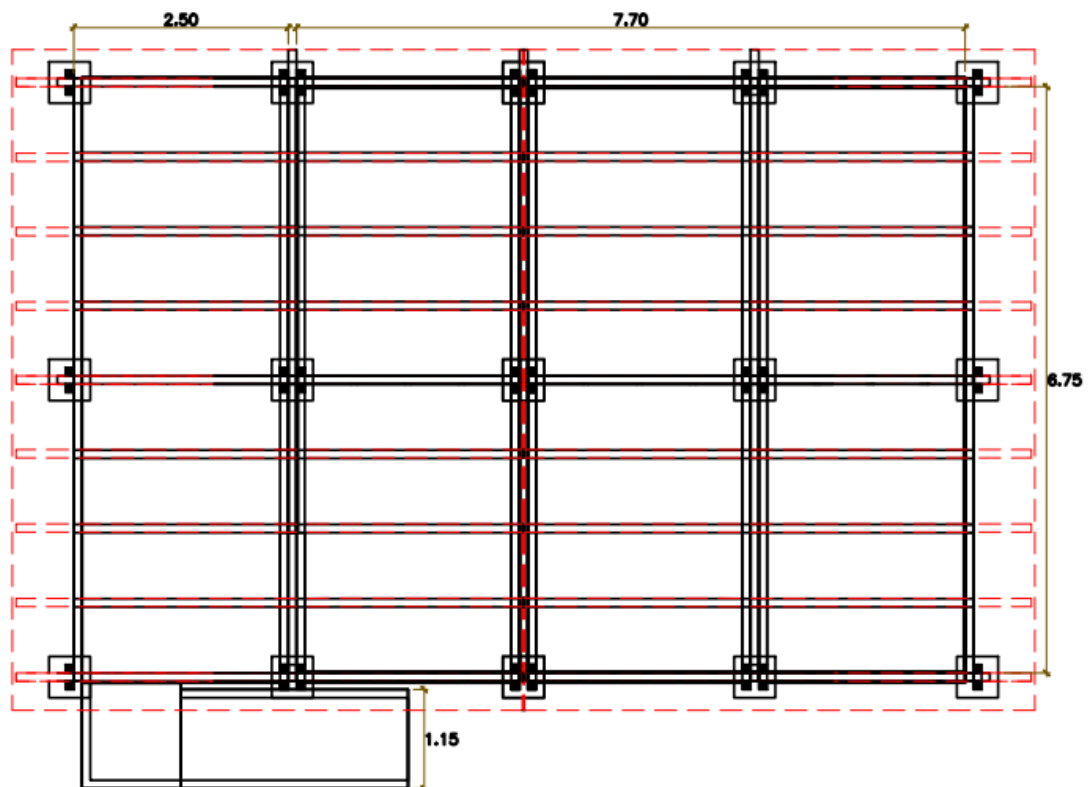


Nota. *Software ArchiCAD 2022*

En la **Figura 3** se observa el módulo diseñado para su uso como vivienda de interés social. Esta modulación cuenta con un área de 70 m² de edificación techada, esta área se da del resultado de las normas establecidas en el RNE donde brindan medidas máximas y mínimas el módulo está distribuido en dos ambientes uno al aire libre de 16 m² para uso de zonas sociales, un gran cerrado de 54 m² para uso de zonas íntimas y zonas de servicio, esta propuesta se a dimensionado para el uso de vivienda unifamiliar, cuenta con una arquitectura pasiva y amable con el entorno además se plantean con materiales de la zona en este caso la estructura se propone con madera de coco, para la tabiquería y pisos tablones del mismo material, coberturas de madera con *onduline* de fibra vegetal a dos aguas por estar ubicados en una zona lluviosa.

Figura 4

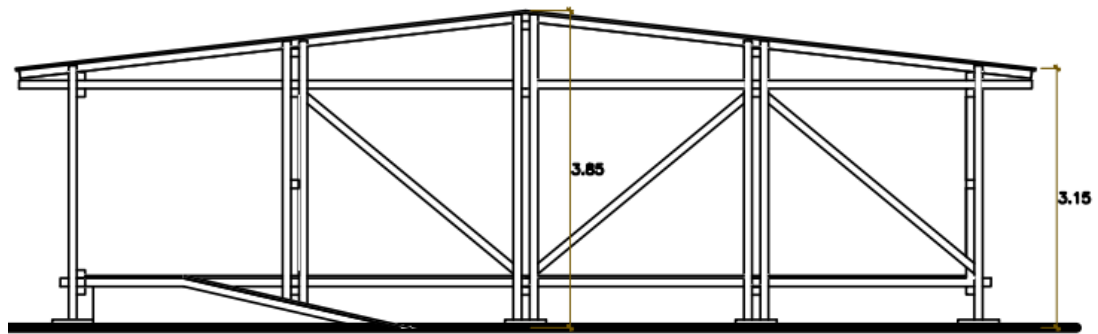
Plano de planta de vivienda social modular



Nota. Software AutoCAD 2022

Figura 5

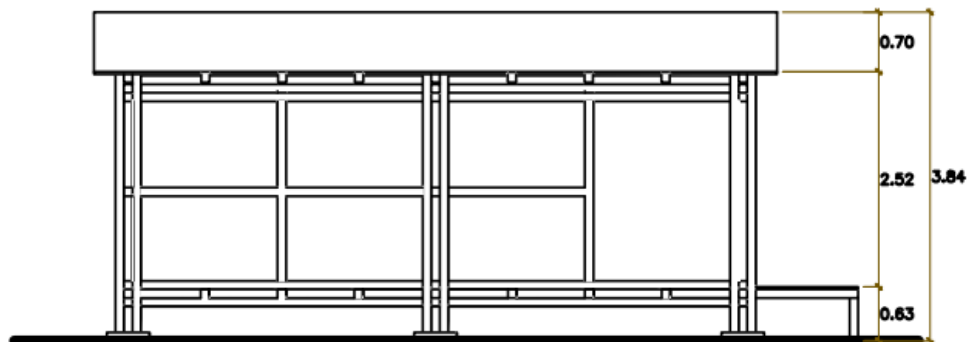
Elevación lateral de vivienda social modular



Nota. Software AutoCAD 2022

Figura 6

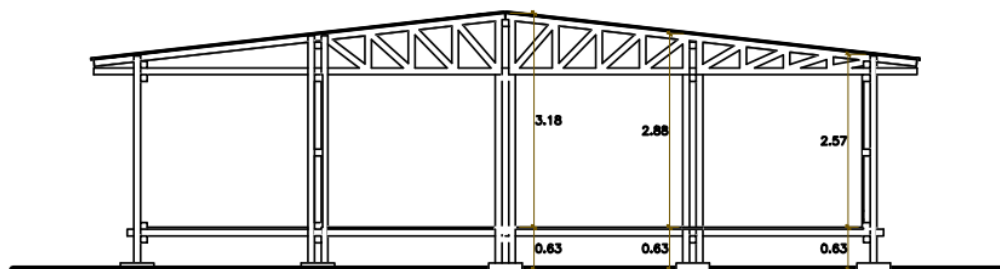
Elevación frontal de vivienda social modular



Nota. Software AutoCAD 2022

Figura 7

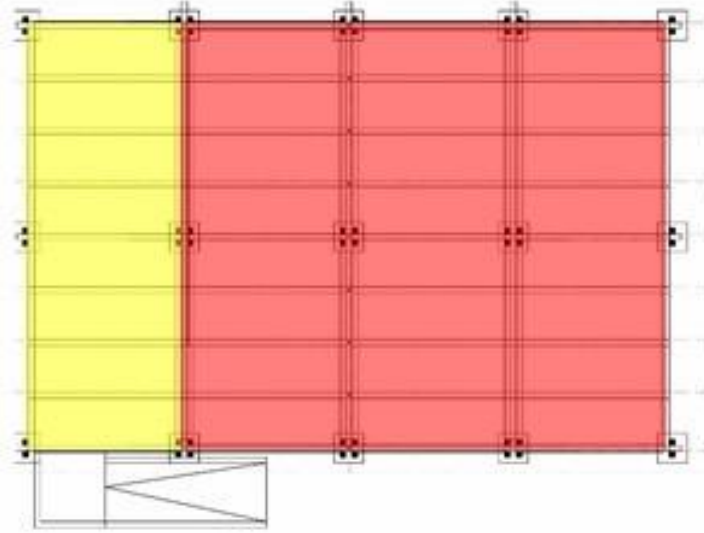
Corte central de vivienda social modular



Nota. Software AutoCAD 2022

Figura 8

Zonificación de vivienda social modular



Nota. *Software AutoCAD 2022*

La **Figura 8** indica las zonas o áreas en las cuales el módulo se encuentra distribuido. El área roja indica una zona íntima y zona de servicio, mientras que el área amarilla indica una zona social.

Figura 9

Modelo 3D de aulas educativas modulares.

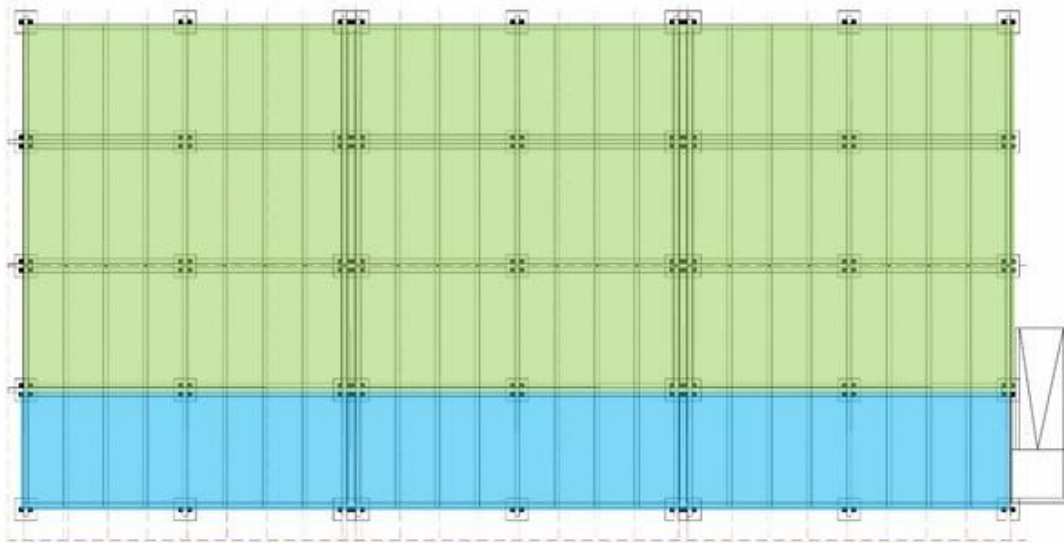


Nota. *Software ArchiCAD 24*

La **Figura 9** y muestran el módulo diseñado para su uso como aulas educativas. Esta modulación cuenta con un área de 210 m² de edificación techada, esta área se da del resultado de las normas establecidas en el RNE donde brindan medidas máximas y mínimas el módulo está distribuido en dos ambientes uno al aire libre de 48 m² para uso de zonas comunes y circulación, tres ambientes independientes cerrados de 54 m² para uso de zonas educativa, esta propuesta se ha dimensionado para el uso de pabellón de aulas, cuenta con una arquitectura pasiva y amable con el entorno además se plantean con materiales de la zona en este caso la estructura se propone con madera de coco, para la tabiquería y pisos tablones del mismo material, coberturas de madera con *onduline* de fibra vegetal a dos aguas por estar ubicados en una zona lluviosa.

Figura 10

Plano de planta de aulas educativas modulares.



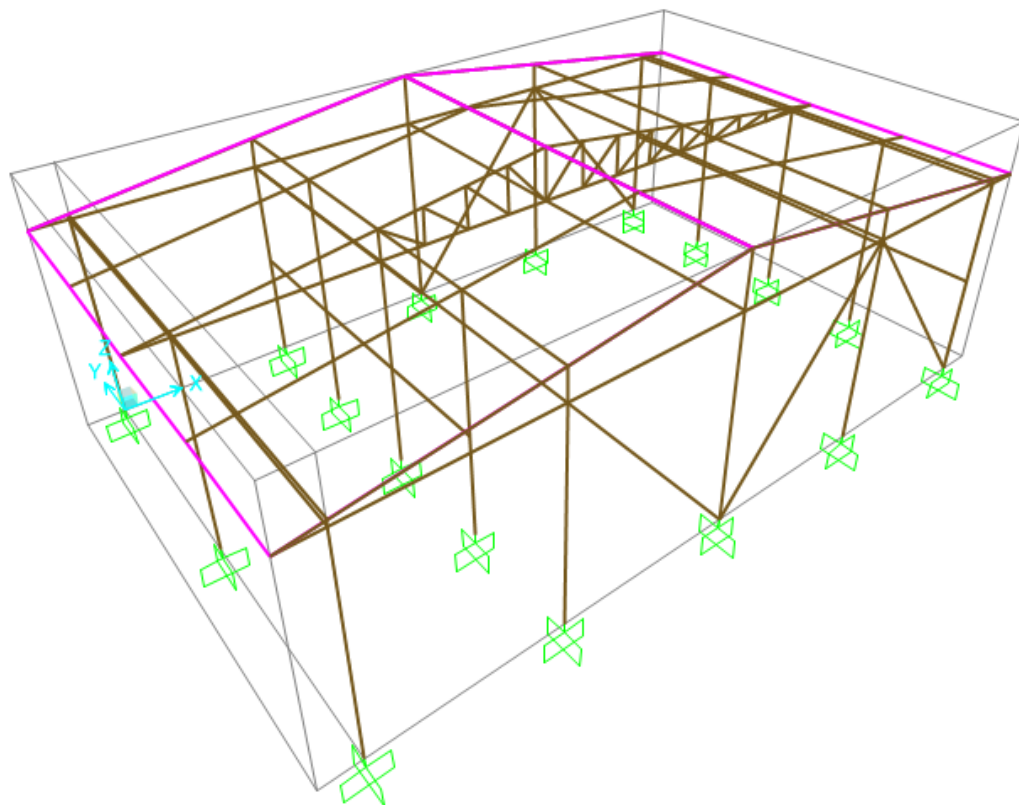
Nota. *Software AutoCAD 2022*

La **Figura 10** indica las zonas o áreas en las cuales el módulo se encuentra distribuido. El área verde indica una zona educación, mientras que el área azul indica una zona común.

Para evaluar el comportamiento estructural del módulo, se realizaron modelos alámbricos estructurales en el software SAP2000 cuyo análisis está basado en el método de elementos finitos. En este software se puede calcular de una manera práctica sistemas complejos en un entorno tridimensional, otorgando datos como esfuerzos máximos, momentos, torsiones, etcétera.

Figura 11

Modelo 3D Alámbrico en SAP2000 del sistema modular.



Nota. Software SAP2000 v23

En la **Figura 11** se puede observar el modelo alámbrico conceptual de la estructura del módulo arquitectónico, cuya base estructural está realizada en su totalidad de madera de coco. Los planos arquitectónicos sirvieron para determinar las características de cada elemento estructural empleado en el software, así como sus respectivas dimensiones. Para modelar la estructura, los *frames* fueron importados de un modelo tridimensional realizado en el software AutoCAD 23, el cual fue exportado en formato .dxf y posteriormente importado al software SAP2000.

Figura 12

Configuración de propiedades del material Madera de coco para el sistema modular en SAP2000.

The image shows a screenshot of the SAP2000 software interface for defining material properties. The dialog is titled 'General Data' and is divided into three main sections: 'General Data', 'Weight and Mass', and 'Isotropic Property Data'. In the 'General Data' section, the material name is 'MADERA DE COCO', the type is 'Other', and there is a 'Modify/Show Notes...' button. The 'Weight and Mass' section shows a weight per unit volume of 500 and a mass per unit volume of 50.9858, with a units dropdown set to 'Kgf, m, C'. The 'Isotropic Property Data' section lists the Modulus of Elasticity (E) as 46039.2, Poisson's ratio (U) as 0.3, Coefficient of Thermal Expansion (A) as 1.170E-05, and Shear Modulus (G) as 17707.385.

Property	Value
Material Name and Display Color	MADERA DE COCO
Material Type	Other
Material Grade	
Material Notes	Modify/Show Notes...
Weight per Unit Volume	500.
Mass per Unit Volume	50.9858
Units	Kgf, m, C
Modulus Of Elasticity, E	46039.2
Poisson, U	0.3
Coefficient Of Thermal Expansion, A	1.170E-05
Shear Modulus, G	17707.385

Nota. Software SAP2000 v23

En la **Figura 12** se observa los valores ingresados para definir las propiedades de los materiales que empleará el software SAP2000 para realizar las simulaciones estructurales. Se empleó para el material "MADERA DE COCO" un peso específico de 500kg/m³ y se ingresó el valor del módulo de elasticidad obtenido en el informe de Laboratorio CITE Madera Lima. Para efectos de cálculo se realizó la simulación considerando un material isotrópico.

Figura 13

Configuración de secciones del material Madera de coco para columnas y vigas del sistema modular en SAP2000.

Shape Properties - Solid	
Name	Rectangle1
Material	MADERA DE COCO CO...
Color	
X Center	0
Y Center	0
Height	0.075
Width	0.075
Rotation	0

Shape Properties - Solid	
Name	Rectangle1
Material	MADERA DE COCO
Color	
X Center	0
Y Center	0
Height	0.075
Width	0.05
Rotation	0

Nota. Software SAP2000 v23. A la derecha, dimensiones de una pieza de madera de sección 3"x3". A la izquierda, dimensiones de una pieza de madera de sección 2"x3".

En la **Figura 13** se puede observar las dimensiones de las secciones de cada elemento estructural de madera de coco que se empleó en la simulación estructural. Se modelaron maderas de sección 3"x3" que son utilizadas para las columnas o parantes de la estructura, y así mismo se modelaron secciones para madera de 2"x3" que serán empleados para las vigas y tijerales del sistema modular. Cabe mencionar que la configuración del software está dada en mm por lo que los valores ingresados corresponden a sus respectivas conversiones del sistema imperial (pulgadas) al sistema internacional (metros).

Figura 14

Configuración de cargas para el sistema modular en SAP2000.

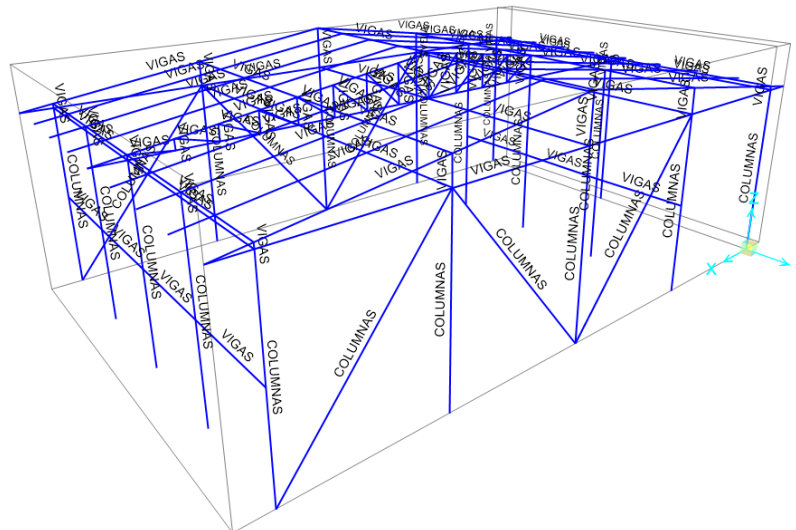
Load Pattern Name	Type	Self Weight Multiplier	Auto Lateral Load Pattern
MUERTA	Dead	1	
MUERTA	Dead	1	
VIVA	Live	0	

Nota. Software SAP2000 v23.

En la **Figura 14** se muestra la configuración de las cargas que someterán al sistema estructural del módulo arquitectónico. Las cargas actuantes se clasifican en cargas viva y muerta, para lo cual la carga muerta corresponde al peso de los elementos inertes, de la propia estructura mientras que la carga viva corresponde al peso de la sobrecarga, que para viviendas el RNE menciona que ha de ser de 200kg/m². Cabe mencionar que se ha configurado el software para que auto calcule su propio peso, en base a la propiedad de peso específico anteriormente ingresada, por lo que en el apartado *Self Weight Multiplier* este valor es de 1, que indica al software que sí calcule el peso propio de la estructura. En cuanto a la carga viva, esta fue ingresada de manera manual en el modelo de la estructura. Por otro lado, la carga de la cobertura de fibra vegetal tipo *onduline* fue ingresada de manera manual al modelo, considerando un peso de 30kg/m² de acuerdo a lo estipulado en la normativa. La combinación de carga ingresada al software fue 1.4CM + 1.7CV.

Figura 15

Configuración de elementos estructurales del sistema modular en SAP2000.

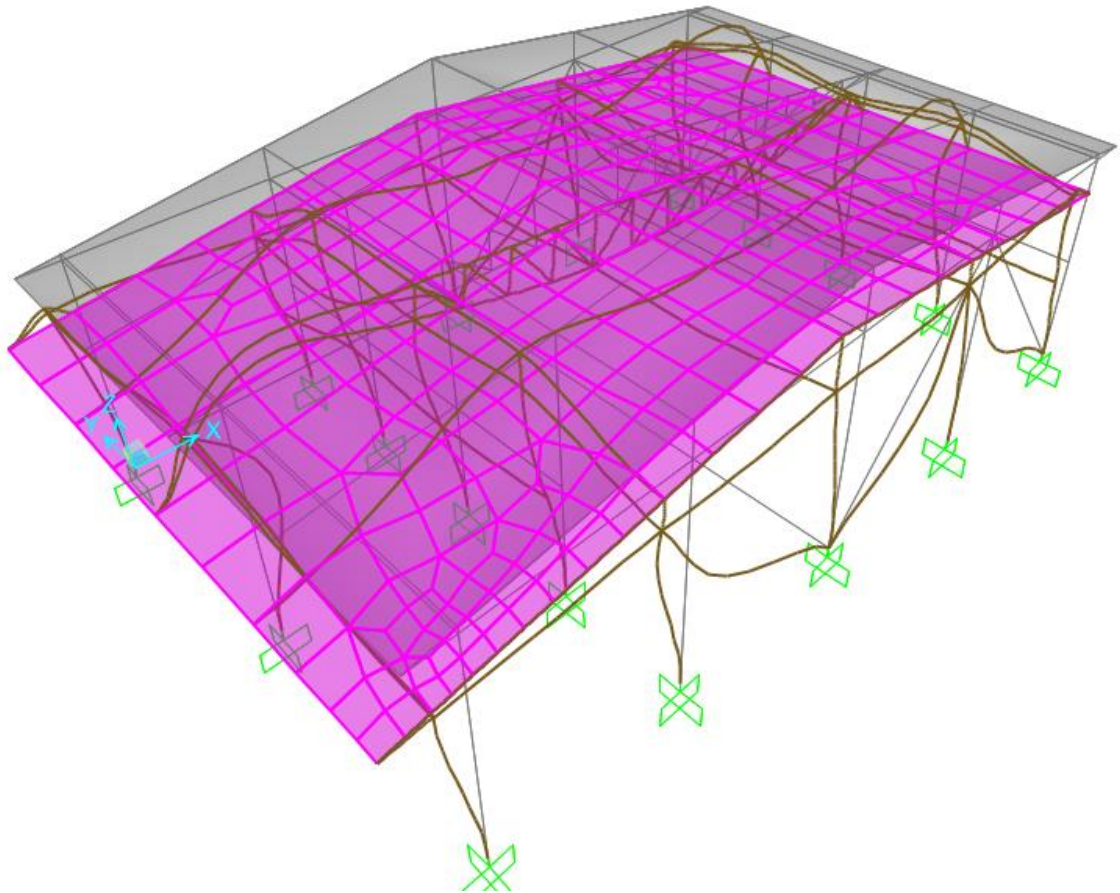


Nota. Software SAP2000 v23.

La **Figura 15** muestra la asignación de las secciones previamente definidas en cada uno de los *frames* del sistema estructural del módulo arquitectónico.

Figura 16

Simulación del sistema modular en SAP2000.

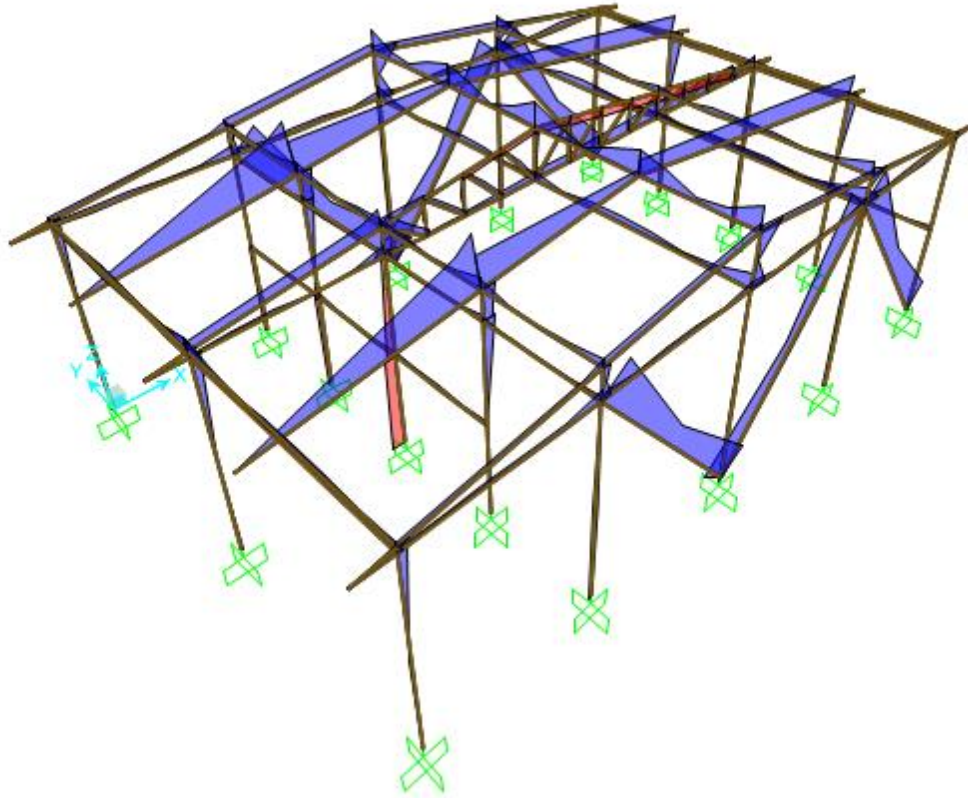


Nota. Software SAP2000 v23.

La **Figura 16** muestra la estructura con la corrida del análisis estructural del módulo arquitectónico (modo "Run") el cual fue realizado con cada una de las configuraciones mencionadas anteriormente. El modelo tiende a exagerar las deformaciones que se generan en la estructura para poder visualizar con mayor exactitud en donde se está generando el mayor esfuerzo.

Figura 17

Diagrama de esfuerzos generados en el sistema modular en SAP2000.



Nota. Software SAP2000 v23.

En la **Figura 17** se muestran los diferentes esfuerzos generados en el modelo estructural, el cual se obtuvo en un reporte exportado del software SAP2000 donde se determinó el esfuerzo mayor es de 25.48kgf/cm², dato que no excede al valor máximo de los esfuerzos admisibles del material que se determinaron en los ensayos de Laboratorio, por lo que es factible emplear madera de coco como elemento estructural tipo parante o columna, en conformidad con el Artículo 9 de la norma E.010 del RNE que menciona “Los elementos estructurales se deben diseñar para que los esfuerzos aplicados, producidos por las cargas de servicio modificadas por los coeficientes aplicables en cada caso, sean iguales o menores que los esfuerzos admisibles del material” (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2019)

Tabla 15*Grupo estructural de la madera de coco*

PROPIEDADES [KG/CM ²]	Valor madera de coco	GRUPO A	GRUPO B	GRUPO C
Módulo de elasticidad mínimo E_{min}	39,737.3	95,000	75,000	55,000
Módulo de elasticidad promedio E_{prom}	46,039.2	130,000	100,000	90,000
Flexión f_m	367.1	210	150	100
Compresión paralela a las fibras $f_c //$	117.9	145	110	80
Compresión perpendicular a las fibras $f_c \perp$	54.2	40	28	15
Corte Paralelo f_v	37.6	15	12	8
Tracción Paralela f_t	699	145	105	75

Nota. Adaptado de *Informe de Laboratorio CITE Madera Lima*

La **Tabla 15** muestra los valores de las propiedades mecánicas de la madera de coco, comparadas con los parámetros expuestos en las tablas de clasificación estructural por grupos, expuesta en la norma E.010 del RNE. Como se puede observar, en cuanto al módulo de elasticidad el valor mínimo está por debajo del valor estipulado en el grupo C; al igual que el valor promedio. Por otro lado, lo que respecta a Flexión, el valor se encuentra en el Grupo A; la compresión paralela a las fibras se encuentra en el Grupo A, la compresión perpendicular a las fibras se encuentra en el Grupo A, el corte paralelo se encuentra en el Grupo A y la tracción paralela se encuentra en el Grupo A.

V. DISCUSIÓN

Este estudio permitió conocer como la madera de coco puede ser utilizada en la arquitectura modular; empleando dentro de su sustento la elaboración de informes de laboratorio en donde se ensayaron diferentes muestras y simulaciones estructurales que estuvieron basadas en las propiedades del material que fueron determinados después de los ensayos de laboratorio, para determinar su factibilidad de uso en construcción. En primer lugar, se ha analizado las propiedades físico mecánicas de la madera de coco; datos de suma importancia para determinar la resistencia y el grupo estructural al que la madera pertenece. Los ensayos que se realizaron tomaron en cuenta los aspectos y especificaciones propuestos por la norma de la Sociedad Americana de Ensayos de Materiales (ASTM), además que la decisión de escoger los parámetros a evaluar (Módulo de elasticidad mínimo, Módulo de elasticidad promedio, Flexión, Compresión paralela a las fibras, Compresión perpendicular a las fibras, Corte paralelo y Tracción paralela) estuvo basada en lo expuesto en la Tabla 3 de la norma E.010 del RNE.

Así como en esta investigación, diversos autores realizaron estudios para determinar las propiedades físico mecánicas de maderas poco convencionales y determinar su uso como elementos estructurales, en afán de brindar alternativas de materiales para la construcción, tal como Guerra (2019) quien en Guatemala estudió las propiedades mecánicas de la madera de pino Oocarpa, dada su gran utilidad en construcción en dicho país. Al igual que en el presente informe, este autor realizó ensayos de laboratorio en parámetros como la compresión paralela a la fibra, tensión paralela, corte perpendicular y flexión estática. Al analizar cuantitativamente, este autor determinó que la madera de pino Oocarpa obtuvo un valor de 307.10 kg/m² de resistencia a la compresión, 1,015.04 kg/m² de resistencia a la tensión, 61.93 kg/m² de resistencia al corte o cizallamiento, 494.02 kg/m² de resistencia a la flexión y un módulo de elasticidad de 87,435.91 kg/m², concluyendo que este material se puede utilizar preferiblemente como vigas y soportaría hasta 250kg/m. Si se compara con los resultados obtenidos en esta investigación, se puede observar que la madera de coco es un elemento menos resistente que la madera de pino Oocarpa.

La arquitectura modular o construcción modular presenta una serie de ventajas respecto a la construcción tradicional, y esto no quiere decir que sea peor. Al contrario, el diseño modular respeta los lineamientos arquitectónicos en cuanto al Diseño pasivo y la Eficiencia energética; e inclusive su construcción es mucho más rápida que una construcción convencional. Esto coincide con lo expuesto por Loras (2020) quien mencionó que las construcciones basadas en sistemas modulares son mucho más rápidas de ejecutar, y reducen el tiempo en la obra. Por otro lado, Dudchenko et al (2019) menciona que la arquitectura modular se presenta como una alternativa constructiva de bajo costo, frente a la construcción de viviendas costosas.

El uso de madera en la arquitectura modular está apoyado por diferentes investigaciones que determinan y recomiendan su aplicación, como Gonzales y La Rosa (2021) quienes indican que el diseño arquitectónico se debe basar en criterios de diseño como la integración con el lugar o arquitectura respetuosa con el entorno aspectos que hagan que el edificio sea sostenible y visualmente atractivo. Estos investigadores propusieron la madera CLT como principal elemento estructural en un sistema de construcción modular. En cuanto a lo sostenible, el módulo diseñado en el presente informe cumple con los criterios de sostenibilidad, entorno, eficiencia energética entre otros y responde a la demanda de viviendas de interés social, apoyando la inclusión de este material (madera de coco) en construcciones modulares; de manera similar Jave (2020) propuso un diseño sostenible basado en arquitectura modular, para el diseño de una ecovilla con el objetivo de satisfacer las necesidades de vivienda y comerciales, garantizando al mismo tiempo la sostenibilidad y la autosuficiencia arquitectónica. Otro investigador que tuvo como meta brindar una alternativa para cubrir el déficit de viviendas de interés social fue Montalván (2021) quien, de manera similar a este estudio propuso un sistema de construcción modular para el diseño económico de viviendas progresivas, despertando el interés público ante este nuevo sistema constructivo.

Este estudio conto con algunas limitaciones e imprevistos ya sea en la adquisición del material a estudiar, como encontrar un aserradero que cuente con madera que fue expuesta a tratamientos similares (tiempo de tala y secado) ser aserrado del mismo tronco, además en preparar las probetas para el estudio ya que estas al ser aserraderos informales, no cuentan con la información adecuada para tratar su materia prima siendo de muy mal acabado, por lo cual los listones tuvieron que ser llevados para ser aserrados por un carpintero particular, para poder preparar la probetas con las medidas solicitadas y así ser enviadas al laboratorio en la ciudad de lima en este caso CITEmadera, ya que en nuestra ciudad no contamos con laboratorios que realicen ese tipo de estudio. Por esto recomendamos a futuros investigadores que desean realizar estudios de madera de coco u otro tipo de madera deben de informarse sobre las normas y estándares con las cuales trabajan en laboratorio especializados en madera en este caso la norma ASTM D143, la cual define los métodos para determinar las propiedades físicas de la madera.

VI. CONCLUSIONES

1. Respecto a las propiedades físicas de la madera de coco, en cuanto al color del material, este es rojizo; y el olor que desprende es característico del material. Por otro lado, el grano o la fibra del material se observó recto, de textura media y no posee brillo. El vetado de la madera de coco es jaspeado. Respecto a sus propiedades mecánicas, se obtuvo un módulo de elasticidad mínimo de 39,737.3 kg/cm², y un módulo de elasticidad promedio de 46,039.2 kg/cm². La flexión estática dio como resultado el valor promedio de 367.1 kg/cm². El valor promedio de compresión paralela a las fibras de 117.9 kg/cm², mientras que, en compresión perpendicular presentó un valor promedio de 54.2 kg/cm². El cizallamiento paralelo al grano dio como resultado un valor promedio de 37.6 kg/cm². La tensión paralela promedio de 699.7 kg/cm².
2. Respecto al análisis comparativo, el módulo de elasticidad de la madera de coco, está por debajo de otras clases de madera como la madera Tornillo, la Copaiba e inclusive de la Catahua Amarilla. La capacidad de flexión de la madera de coco se encuentra por debajo del resto de maderas citadas. En cuanto a la compresión paralela, también se obtuvieron valores por debajo del resto de maderas citadas, solo un poco menos que la Catahua Amarilla. Por otro lado, el valor de Compresión perpendicular se encuentra por encima del valor de maderas como la Andiroba y la Catahua Amarilla, pero el valor de Tensión Paralela es muy superior al de resto de maderas citadas.
3. Respecto al comportamiento estructural de la madera de coco, con el software SAP2000 se determinó que el esfuerzo mayor producido fue de 25.48kgf/cm², dato que no excede al valor máximo de los esfuerzos admisibles del material que se determinaron en los ensayos de Laboratorio, por lo que se concluye que la madera de coco puede ser utilizada como elemento estructural. Por otro lado, se determinó que, en propiedades como la Flexión, la madera de coco se encuentra en el Grupo A; por la compresión paralela a las fibras se encuentra en el Grupo A, por la compresión perpendicular a las fibras se encuentra en el Grupo A, el corte paralelo se encuentra en el Grupo A y por la tracción paralela se encuentra en el Grupo A.

4. Se concluye que es factible aplicar la madera de coco como elemento estructural dentro de las construcciones modulares o arquitectura modular, ya que luego del análisis técnico realizado se logró determinar que el esfuerzo generado en la estructura, la cual demuestra que pueden ser soportados, es así que dicha madera puede ser utilizada en parantes y vigas en este tipo edificaciones, ya que no superan los valores máximos admisibles.

VII. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda que, cuando se ensayen muestras de madera de coco en futuras aplicaciones, el muestreo sea similar en cuanto al corte y al tiempo de secado, que se elija el mismo método de muestreo y que se compruebe que las muestras se ajustan a las medidas requeridas y están libres de defectos.
2. Los planos de construcción deben incluir información sobre cada sección o componente, incluyendo alzados, ampliaciones y los detalles necesarios sobre el grupo estructural al que pertenece la madera, el contenido de humedad cuando se instala in situ y las características técnicas de los elementos de fijación.
3. Se recomienda el uso de la madera de coco como elemento estructural en edificios modulares y sociales porque este material no sólo cumple su función estructural, sino que también es respetuoso con el medio ambiente y ofrece todas las ventajas que pueden ofrecer los materiales ecológicos, incluida la sostenibilidad. Además, el material es fácilmente accesible para los residentes, ya que es menos costoso que otras maderas disponibles en el mercado.

REFERENCIAS

- Algeco. (10 de abril de 2022). *Arquitectura modular: usos y soluciones*. Algeco: <https://www.algeco.es/>
- Arquisejos. (3 de mayo de 2018). *¿Qué es una vivienda sostenible?* Retrieved 3 de mayo de 2018, from <https://arquisejos.com/viviendas-sostenible/>
- Bobadilla, I. (22 de abril de 2022). *La madera de cocotero*. https://infomadera.net/:https://infomadera.net/uploads/articulos/archivo_3177_11527.pdf
- Calderoni, C., De Matteis, G., Giubileo, C., & Mazzolani, F. (2006). Flexural and shear behaviour of ancient wooden beams: Experimental and theoretical evaluation. *Engineering Structures*, 28, 729-744. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2005.09.027>
- Carrasco, S. (2005). *Metodología de la investigación científica* (1ra ed.). Editorial San Marcos.
- CONCYTEC. (2018). *Reglamento de calificación, clasificación y registro de los investigadores del SINACYT*. Retrieved 20 de setiembre de 2020, from <https://portal.concytec.gob.pe>
- Cuevas, E. (2003). *Propiedades físicas y mecánicas de la madera. Material de apoyo en propiedades físicas y mecánicas*. Talca, Chile.: Universidad de Talca.
- Decreto Supremo N°012-2021-VIVIENDA. (15 de julio de 2021). *Política Nacional de Vivienda y Urbanismo*. <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2017412/DECRETO%20SUPREMO%20N%C2%B0%20012-2021-VIVIENDA.pdf.pdf>
- Díaz, P. (2005). *Evaluación de Propiedades Físicas y Mecánicas de madera de Nothofagus glauca (Hualo) proveniente de la zona de Cauquenes*. [Tesis de grado. Universidad de Talca]. http://dspace.utalca.cl/retrieve/6282/diaz_mendez.pdf
- Dudchenko, M., Kostina, E., & Myronenko, O. (2019). The development of modular architecture as an alternative to expensive housing. *CATPID*, 698. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/698/3/033005>

- Dudchenko, M., Kostina, E., & Myronenko, O. (2019). The development of modular architecture as an alternative to expensive housing. *IOP Conference Series*. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/698/3/033005/pdf>
- El Peruano. (16 de agosto de 2021). *MVCS pone a consulta pública proyecto de norma técnica sobre uso de madera en edificaciones*. El Peruano Diario Oficial: <https://elperuano.pe/noticia/126896-mvcs-pone-a-consulta-publica-proyecto-de-norma-tecnica-sobre-uso-de-madera-en-edificaciones>
- Faggiano, B., Grippa, M., Marzo, A., & Mazzolani, F. (2011). Experimental study for non destructive mechanical evaluation of ancient chestnut timber. *Journal of Civil Structures Health Monitoring*, 1, 103-112. <https://link.springer.com/article/10.1007/s13349-011-0011-y>
- Fernandez, J., Diez, R., & Hermoso, E. (2003). Normas aplicables a las estructuras de madera laminada encolada. *NORMATIVA*. https://infomadera.net/uploads/articulos/archivo_4571_13723.pdf
- Foster, S., & Elzinga, D. (9 de febrero de 2022). *Crónica ONU*. El papel de los combustibles fósiles en un sistema energético sostenible: <https://www.un.org/es/chronicle/article/el-papel-de-los-combustibles-fosiles-en-un-sistema-energetico-sostenible>
- Franzini, F., Toivonen, R., & Toppinen, A. (2018). Why NotWood? Benefits and Barriers of Wood as a Multistory Construction Material: Perceptions of Municipal Civil Servants from Finland. *Buildings*, 8, 159. <https://www.mdpi.com/2075-5309/8/11/159>
- Generalova, E., V, G., & Kuznetsova, A. (2016). Modular buildings in modern construction. *Procedia Engineering*, 153, 167-172. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.08.098>
- Gonzales, J., & La Rosa, L. (2021). *Diseño modular y prefabricado en madera, aplicado al centro vacacional - resort en canoas de punta sal - contraalmirante villar - Tumbes*. [Tesis de grado. Universidad Privada Antenor Orrego]. <https://hdl.handle.net/20.500.12759/7911>
- Guerra, G. (2019). *Determinación de las propiedades mecánicas de la madera de la especie Pino Oocarpa producida en la región suroeste de Chiquimula y su*

aplicacion en vigas ensambladas Tipo I. [Tesis de maestría. Universidad de San Carlos de Guatemala]. <http://www.repositorio.usac.edu.gt/12359/1/Gilberto%20de%20Jes%C3%BAAs%20Guerra%20Flores.pdf>

Hansson, L., & Antti, A. (2003). The effect of microwave drying on Norway spruce woods strength: a comparison with conventional drying. *Journal of Materials Processing Technology*, 141, 41-50. [https://doi.org/10.1016/S0924-0136\(02\)01102-0](https://doi.org/10.1016/S0924-0136(02)01102-0)

Infomadera.net. (27 de abril de 2022). *Propiedades mecánicas de la madera estructural*. Infomadera.net: https://infomadera.net/uploads/productos/informacion_general_40_mecanicaEstructural.pdf

Jave, J. (2020). *Ecovilla con arquitectura modular tipo contenedor "Las praderas de Ventanilla"*. [Tesis de grado. Universidad Nacional Federico Villareal]. <http://repositorio.unfv.edu.pe/handle/UNFV/4580>

Karsulovic, J. (1982). *Propiedades mecánicas de la madera*. Universidad de Chile.

Kitek, M., & Groselj, P. (2011). Wood as a construction material: comparison of different construction types for residential building using the analytic hierarchy process. *Wood Research*. <http://www.woodresearch.sk/wr/201204/09.pdf>

Kuzman, M., Lahtinen, K., & Sandberg, D. (2017). *Initiatives Supporting Timber Constructions in Finland, Slovenia and Sweden*. In Proceedings of the IUFRO 2017 Division 5 Conference Forest Sector Innovations for a Greener Future.

Loras, A. (2020). *Análisis constructivo de la arquitectura modular actual destinada a viviendas unifamiliares*. [Trabajo de grado. Universidad Politécnica de Valencia]. <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/162287/Loras%20-%20An%C3%A1lisis%20constructivo%20de%20la%20arquitectura%20modular%20actual%20destinada%20a%20viviendas%20unifamiliares.pdf>

Montalván, R. (2021). *Aplicación de un sistema constructivo modular en un prototipo de vivienda progresiva en el departamento de Loreto, 2021*. [Tesis de pregrado. Universidad Cesar Vallejo].

https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/75385/Montalv%C3%A1n_GRM-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- Olsson, A., Oscarsson, J., Johansson, B., & Källsner, B. (2012). Prediction of timber bending strength on basis of bending stiffness and material homogeneity assessed from dynamic excitation. *Wood Science and Technology*, 46, 667–683. <https://link.springer.com/article/10.1007/s00226-011-0427-x>
- Pardo, M. (15 de abril de 2022). *Clasificación de grupos y especies de madera para la construcción*. Marcelo Pardo Ingeniería: <https://marcelopardo.com/clasificacion-madera-estructural-construccion/>
- PromPerú. (2004). *Promoción de Nuevas Especies Forestales del Perú en el Comercio Exterior*. Retrieved 30 de abril de 2022, from <https://repositorio.promperu.gob.pe/handle/123456789/2909>
- Rana, M., Das, A., & Ashaduzzaman, M. (2015). Physical and mechanical properties of coconut palm (*Cocos nucifera*) stem. *Bangladesh J. Sci. Ind. Res.*, 50, 39–46. <https://www.banglajol.info/index.php/BJSir/article/view/23808>
- Real Academia Española. (28 de abril de 2022). Sistema. *Diccionario de la lengua española*. <https://dle.rae.es/sistema>
- Reglamento Nacional de Edificaciones*. (2019). Lima, Perú: Instituto de la Construcción y Gerencia.
- Segui, P. (01 de abril de 2022). *La arquitectura modular que se adapta*. Ovancen: <https://ovacen.com/arquitectura-modular-ejemplos/>
- Steffen, A., Johansson, C., & Wormuth, E. (1997). Study of the relationship between flatwise and edgewise moduli of elasticity of sawn timber as a means to improve mechanical strength grading technology. *Holz als Roh- und Werkstoff*(55), 245-253. <https://link.springer.com/article/10.1007/BF02990556>
- Stulz, R., & Mukerji, K. (1993). *Materiales de construcción apropiados*. Suiza: SKAT. https://canadianpreppersnetwork.com/cd3wd/disk5/_co_approp_bldg_materials_es_1_skat_lp_123650_.pdf

- UNE-EN 384 . (2016). Madera estructural. Determinación de los valores característicos de las propiedades mecánicas y la densidad. *Normalización Española*.
https://www.en.aenor.com/_layouts/15/r.aspx?c=N0057547#:~:text=Esta%20norma%20europea%20aporta%20un,y%20presentaci%C3%B3n%20de%20los%20datos.
- Universidad Cesar Vallejo. (2017). *Código de ética en investigación*. Trujillo.
<https://www.ucv.edu.pe/datafiles/C%C3%93DIGO%20DE%20%C3%89TICA.pdf>
- Van den Dobbelen, A., & Keffe, G. (2017). Sustainable Architecture and Design. *Sustainability*.
https://www.mdpi.com/journal/sustainability/special_issues/architecture_and_design
- Vargas, F. (2019). *Criterios de diseño para un sistema modular progresivo para equipamientos de emergencia ante desastres causados por fenómenos meteorológicos en la costa peruana*. [Tesis de grado. Universidad Cesar Vallejo]. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/36957>
- Velarde, F. (09 de febrero de 2022). *Redacción Ciudad+*. El estado del Deficit Habitacional en el Perú: <https://ciudadmas.com/urbanismo/deficit-de-vivienda-en-peru/>
- Yadav, R., & Kumar, J. (2021). Engineered Wood Products as a Sustainable Construction Material: A Review. *Intechopen*. DOI:10.5772/intechopen.99597

ANEXOS

ANEXO 1. MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES
Variable Independiente: Madera de coco	La madera de coco es un material verde tradicional que se considera fuerte, ligero y respetuoso con el medio ambiente. Se extrae de la planta llamada "cocotero", o Cocos nucifera y está incluida en el orden de las Espadicifloras de las monocotiledóneas y más en particular a la familia de las Palmaceae. (Bobadilla, 2022) Su adopción en la construcción de edificios podría impactar positivamente en frenar el cambio climático al reducir la emisión de gases de efecto invernadero. (Rana y otros, 2015)	Propiedades físicas	Color
			Olor
			Grano
			Textura
			Brillo
			Veteado
		Propiedades mecánicas	Módulo de elasticidad mínimo
			Módulo de elasticidad promedio
			Flexión
			Compresión paralela a las fibras
			Compresión perpendicular a las fibras
			Corte paralelo
			Tracción paralela
Variable Dependiente: Arquitectura Modular	Arquitectura modular es un proyecto basado en la composición de volúmenes o elementos separados que, ensamblados, forman una unidad constructiva útil y, en la mayoría de los casos, habitable; ya sea una casa, un edificio, una nave industrial, una escuela, etc. (Algeco, 2022) Se destaca por tener el potencial de acortar el tiempo de diseño e ingeniería del proyecto, reducir los costes y mejorar la productividad de la construcción. La instalación de edificios modulares es rentable, segura y ecológica. Los sistemas modulares modernos se basan en el uso no sólo de grandes elementos como las "salas de bloques", sino de varios elementos de construcción pequeños en 3D. (Generalova y otros, 2016).	Diseño modular	Modulación y predimensionamiento
			Diseño pasivo
			Eficiencia energética
			Materiales alternativos

ANEXO 1. MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES
<p>Problema General</p> <p>¿Cómo será el estudio de la madera de coco como material alternativo aplicado en arquitectura modular para edificaciones sociales, Sullana - Piura, 2022?</p> <p>Problemas secundarios</p> <ul style="list-style-type: none"> • (a) ¿Cuáles son las propiedades físicas y mecánicas de la madera de coco como material alternativo para el uso de arquitectura modular? • (b) ¿Cómo será el comparativo de las propiedades físicas, mecánicas y económicas de la madera de coco con respecto a otros materiales convencionales en el uso de arquitectura modular? • (c) ¿Cuál será el comportamiento de la madera de coco como elemento estructural en el uso de arquitectura modular para edificaciones sociales? 	<p>Objetivo General</p> <p>Realizar un estudio de la madera de coco como material alternativo aplicado en arquitectura modular para edificaciones sociales, Sullana - Piura, 2022</p> <p>Objetivos específicos</p> <ol style="list-style-type: none"> a) Determinar las propiedades físico mecánicas de la madera de coco como material alternativo para el uso de arquitectura modular. b) Realizar el análisis comparativo de las propiedades físicas, mecánicas de la madera de coco con respecto a otros materiales convencionales en el uso de construcción. c) Realizar el análisis del comportamiento de la madera de coco como elemento estructural en el uso de arquitectura modular para edificaciones sociales. 	<p>Hipótesis General</p> <p>Es posible utilizar la madera de coco como material alternativo aplicado en arquitectura modular para edificaciones sociales, Sullana - Piura, 2022</p>	<p>VARIABLE INDEPENDIENTE Madera de coco</p> <p>VARIABLE DEPENDIENTE Arquitectura Modular</p>

ANEXO 3. INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

INSTRUMENTO 1: FICHA DE REGISTRO DE DATOS DE PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA MADERA

MUESTRA	Flexión estática	Compresión paralela a las fibras	Compresión perpendicular a las fibras	Dureza	Cizallamiento paralelo al grano	Tensión perpendicular al grano	Tensión paralela al grano

AUTORES: MARCHAND & AUZA (2022)

INSTRUMENTO 2: FICHA DE REGISTRO DE DATOS DE PROPIEDADES FÍSICAS DE LA MADERA

MUESTRA	Propiedades físicas																				
	Color					Olor		Grano			Textura			Brillo			Veteado				
	Blanco	Amarillo	Rojizo	Pardo Marrón	Característico	Sin Olor	Olor Característico	Recto	Oblicuo	Entrecruzado	Fina	Media	Gruesa	Pronunciado	Medio	Sin Brillo	Pronunciado	Medio	Liso sin Veteado	Jaspeado	Arcos Superpuestos

AUTORES: MARCHAND & AUZA (2022)

INSTRUMENTO 3: ENSAYOS DE LABORATORIO DE MATERIALES

CITEmadera

Lima

R06-PO-05
v.5

IE N° 006-2022/CITEmadera

INFORME DE ENSAYOS N° 006-2022/CITEmadera

I. DATOS GENERALES

Cliente	: RAYCONING E.I.R.L.
RUC	: 20529794712
Dirección	: CALLE GRAU 980 - CERCADO URBANO SULLANA - SULLANA, PIURA
Fecha de Recepción de la Muestra	: 21/03/2022
Fecha de Ejecución del Servicio	: 22/03/2022 - 28/03/2022
Fecha de Emisión del Informe	: 22/03/2022
N° de Orden de Servicio	: OS-LAB-007-2022
Producto/muestra	: 02 Probetas para ensayo de compresión paralela de dimensiones 2,5 x 2,5 x 10 cm. 02 Probetas para ensayo de compresión perpendicular de dimensiones 5 x 5 x 15 cm. 02 Probetas para ensayo de flexión estática de dimensiones 5 x 5 x 76 cm. 02 Probetas para ensayo de dureza de dimensiones 5 x 5 x 15 cm. 02 Probetas para ensayo de cizallamiento paralelo de dimensiones 5 x 5 x 6,3 cm. 02 Probetas para ensayo de tensión perpendicular de dimensiones 5 x 5 x 5 cm. 02 Probetas para ensayo de tensión paralela de dimensiones 2,5 x 2,5 x 46 cm.

EL PRESENTE INFORME CONSTA DE 11 PÁGINAS NUMERADAS CORRELATIVAMENTE.

II. SERVICIO SOLICITADO

1. Compresión paralela a las fibras en madera. **Norma ASTM D143.**
2. Compresión perpendicular a las fibras en madera. **Norma ASTM D143.**
3. Flexión estática en madera. **Norma ASTM D143.**
4. Dureza en madera. **Norma ASTM D143.**
5. Cizallamiento paralelo al grano en madera. **Norma ASTM D143.**
6. Tensión perpendicular al grano en madera. **Norma ASTM D143.**
7. Tensión paralela al grano en madera. **Norma ASTM D143.**

Página 1 de 11

Parcela II Mz. F, Lt 11-A
Parque Industrial de Villa El Salvador
(Calle Solidaridad, Cuadra 3)-Lima- Perú
T: (511) 288-0931 / 287-5059
E-mail: citemadera@itp.gob.pe
Website: <http://citemadera.itp.gob.pe>

- El (Los) resultado(s) del presente informe sólo son válidos para el (los) producto(s) ensayado(s).
- El Informe de ensayo es válido en formato original Impreso a color con la firma del (los) responsable(s) del Laboratorio del CITEmadera.
- El presente Informe de ensayo no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad del cliente.
- La adulteración del presente documento, ya sea parcial o total, es penalizado por el artículo 427° del Código Penal.

III. DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA

El solicitante del servicio proporcionó al Laboratorio de Materiales e Insumos del CITEmadera catorce (14) muestras de "palmera de coco" para ser sometidos a ensayos mecánicos. Cabe mencionar que para algunos ensayos, previo a la ejecución, se realizó el corte de las muestras, para así obtener las probetas de ensayo requeridas según las normas técnicas respectivas. En el Cuadro 1 se describen las características de las muestras, así como los ensayos a los que fueron sometidas. Una fotografía de las mismas se puede apreciar en la Figura 1.

Cuadro 1. Protocolo asignado, descripción del producto y ensayos solicitados.

N° de Protocolo	Descripción de la muestra	Servicio solicitado
13, 14	02 Probetas de dimensiones 2,5 x 2,5 x 10 cm.	Compresión paralela a las fibras. Norma ASTM D143.
15, 16	02 Probetas de dimensiones 5 x 5 x 15 cm.	Compresión perpendicular a las fibras. Norma ASTM D143.
17, 18	02 Probetas de dimensiones 5 x 5 x 76 cm.	Flexión estática. Norma ASTM D143.
19, 20	02 Probetas de dimensiones 5 x 5 x 15 cm.	Dureza en madera. Norma ASTM D143.
21, 22	02 Probetas de dimensiones 5 x 5 x 6,3 cm.	Cizallamiento paralelo al grano en madera. Norma ASTM D143.
23, 24	02 Probetas de dimensiones 5 x 5 x 5 cm.	Tensión perpendicular al grano en madera. Norma ASTM D143.
25, 26	02 Probetas de dimensiones 2,5 x 2,5 x 46 cm.	Tensión paralela al grano en madera. Norma ASTM D143.

- El (Los) resultado(s) del presente informe sólo son válidos para el (los) producto(s) ensayado(s).
- El Informe de ensayo es válido en formato original impreso a color con la firma del (los) responsable(s) del Laboratorio del CITEmadera.
- El presente Informe de ensayo no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad del cliente.
- La adulteración del presente documento, ya sea parcial o total, es penalizado por el artículo 427° del Código Penal.



Figura 1. Muestras para ensayos mecánicos proporcionados por el cliente – Protocolos N° 013, 014, 015, 016, 017, 018, 019, 020, 021, 022, 023, 024, 025, 026

- El (Los) resultado(s) del presente informe sólo son válidos para el (los) producto(s) ensayado(s).
- El informe de ensayo es válido en formato original impreso a color con la firma del (los) responsable(s) del Laboratorio del CITEmadera.
- El presente Informe de ensayo no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad del cliente.
- La adulteración del presente documento, ya sea parcial o total, es penalizado por el artículo 427° del Código Penal.

IV. RESULTADOS

1. Compresión paralela a las fibras.

Se realizó la prueba de compresión paralela a las fibras, según la norma ASTM D143. En el Cuadro 2 se presentan los resultados de los ensayos.

Cuadro 2. Resultados de compresión paralela a las fibras de las muestras.

N° de Protocolo	Carga máxima (kg)	Resistencia máxima (kg/cm ²)	Esfuerzo al límite proporcional (kg/cm ²)	Módulo de elasticidad (kg/cm ²)
13	687	103,9	93,3	10185,7
14	863	132,1	119,2	14154,0
Promedio	775	117,9	106,2	12169,88

2. Compresión perpendicular a las fibras.

Se realizó la prueba de compresión perpendicular a las fibras, según la norma ASTM D143. En el Cuadro 3 se presentan los resultados del ensayo.

Cuadro 3. Resultados de compresión perpendicular a las fibras de las muestras.

N° de Protocolo	Carga al límite proporcional (kg)	Esfuerzo al límite proporcional (kg/cm ²)
15	1253,5	57,4
16	1122,0	50,9
Promedio	1187,8	54,2

- El (Los) resultado(s) del presente informe sólo son válidos para el (los) producto(s) ensayado(s).
- El Informe de ensayo es válido en formato original impreso a color con la firma del (los) responsable(s) del Laboratorio del CITEmadera.
- El presente Informe de ensayo no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad del cliente.
- La adulteración del presente documento, ya sea parcial o total, es penalizado por el artículo 427° del Código Penal.

3. Flexión estática.

Se realizó el ensayo de flexión estática, según la norma ASTM D143. En el Cuadro 4 se presentan los resultados de los ensayos.

Cuadro 4. Resultados de flexión estática de las muestras.

N° de Protocolo	Carga máxima (kg)	Módulo de ruptura (kg/cm ²)	Esfuerzo al límite proporcional (kg/cm ²)	Módulo de elasticidad (kg/cm ²)
17	363	371,5	109,2	39737,3
18	363	362,7	182,0	52341,1
Promedio	363	367,1	145,6	46039,2

4. Dureza.

Se determinó la dureza, según la norma ASTM D143. En el Cuadro 5 se presentan los resultados del ensayo aplicado a las probetas analizadas.

Cuadro 5. Resultados de dureza de las muestras.

N° de Protocolo	Extremo 1 (kg)	Extremo 2 (kg)	Lado 1 (kg)	Lado 2 (kg)	Lado 3 (kg)	Lado 4 (kg)
19	114,1	139,2	106,5	148,8	166,1	85,3
20	182,4	165,1	152,1	175,6	114,3	218,7
Promedio	148,25	152,15	129,3	162,2	140,2	152,0

5. Cizallamiento paralelo al grano

Se determinó la resistencia al cizallamiento paralelo al grano, de acuerdo a la norma ASTM D143. En el Cuadro 6 se muestran los resultados del ensayo.

Cuadro 6. Resultados de Cizallamiento paralelo al grano de las muestras.

N° de Protocolo	Carga máxima (kg)	Cizallamiento (kg/cm ²)
21	823	34,8
22	978	40,4
Promedio	900,5	37,6

- El (Los) resultado(s) del presente informe sólo son válidos para el (los) producto(s) ensayado(s).
- El Informe de ensayo es válido en formato original impreso a color con la firma del (los) responsable(s) del Laboratorio del CITEmadera.
- El presente Informe de ensayo no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad del cliente.
- La adulteración del presente documento, ya sea parcial o total, es penalizado por el artículo 427° del Código Penal.

6. Tensión perpendicular al grano.

Se determinó la resistencia a la tensión perpendicular al grano, de acuerdo a la norma ASTM D143. En el Cuadro 7 se muestran los resultados del ensayo.

Cuadro 7. Resultados de tensión perpendicular al grano de las muestras.

N° de Protocolo	Carga máxima (kg)	Tensión perpendicular (kg/cm ²)
23	222	19,21
24	184	15,97
Promedio	203	17,60

7. Tensión paralela al grano.

Se realizó la evaluación de la resistencia a la tensión paralela al grano en madera, de acuerdo a la norma ASTM D143. En el Cuadro 8 se presentan los resultados de los ensayos.

Cuadro 8. Resultados de tensión paralela al grano de las muestras.

N° de Protocolo	Carga máxima (kg)	Tensión paralela (kg/cm ²)
25	325	674,5
26	371	724,8
Promedio	348	699,7

- El (Los) resultado(s) del presente informe sólo son válidos para el (los) producto(s) ensayado(s).
- El Informe de ensayo es válido en formato original impreso a color con la firma del (los) responsable(s) del Laboratorio del CITEmadera.
- El presente Informe de ensayo no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad del cliente.
- La adulteración del presente documento, ya sea parcial o total, es penalizado por el artículo 427° del Código Penal.

V. CONCLUSIONES

- Las muestras proporcionadas por el cliente, ensayadas bajo la norma técnica ASTM D143, presentaron un valor promedio de **compresión paralela a las fibras de 117,9 kg/cm²**. Asimismo, las muestras ensayadas en **compresión perpendicular** presentaron un valor promedio (esfuerzo al límite proporcional) de **54,2 kg/cm²**.
- Las muestras proporcionadas por el cliente, ensayadas bajo la norma técnica ASTM D143, presentaron un valor promedio de **flexión estática** (módulo de ruptura) de **367,1 kg/cm²**.
- Así mismo, para las muestras proporcionadas por el cliente para el ensayo de **dureza** de acuerdo a la norma técnica ASTM D143, estas presentaron un valor promedio de **150,2 kg/cm²** en los extremos y **145,9 kg/cm²** para los lados.
- Para el ensayo de **cizallamiento**, las muestras proporcionadas por el cliente, ensayadas bajo la norma técnica ASTM D143, presentaron un valor promedio de **37,6 kg/cm²**.
- Las muestras proporcionadas por el cliente, ensayadas bajo la norma técnica ASTM D143, presentaron un valor promedio en **tensión perpendicular al grano de 17,6 kg/cm²**, mientras que para las muestras en **tensión paralela al grano**, estas presentaron un valor promedio de **699,7 kg/cm²**.

Los resultados reportados en el presente informe aplican solo a la(s) muestra(s) como se recibió (recibieron).

EL INFORME TIENE LA VALIDEZ DE UN AÑO DESDE LA FECHA DE EMISIÓN.



Firmado digitalmente por KOC MORI
Sandra Gabriela FAU 20131369477
sof8
Módulo: Soy el autor del documento
Fecha: 20.02.2022 11:48:57 -05:00

Ing. Sandra Koc Mori
Jefe de Laboratorio y Normalización



Firmado digitalmente por UGARTE
OLIVERA José Alfredo FAU
20131369477 sof8
Módulo: Soy el autor del documento
Fecha: 20.02.2022 11:58:51 -05:00

Ing. José Ugarte Oliva
Jefe de Laboratorio de Materiales e
Insumos

Página 7 de 11

- El (Los) resultado(s) del presente informe sólo son válidos para el (los) producto(s) ensayado(s).
- El Informe de ensayo es válido en formato original impreso a color con la firma del (los) responsable(s) del Laboratorio del CITEmadera.
- El presente Informe de ensayo no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad del cliente.
- La adulteración del presente documento, ya sea parcial o total, es penalizado por el artículo 427° del Código Penal.

VI. ANEXO FOTOGRÁFICO DE LOS ENSAYOS



Ensayo de compresión paralela a las fibras.



Ensayo de compresión perpendicular a las fibras.

- El (Los) resultado(s) del presente informe sólo son válidos para el (los) producto(s) ensayado(s).
- El Informe de ensayo es válido en formato original impreso a color con la firma del (los) responsable(s) del Laboratorio del CITEmadera.
- El presente Informe de ensayo no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad del cliente.
- La adulteración del presente documento, ya sea parcial o total, es penalizado por el artículo 427° del Código Penal.



Ensayo de flexión estática.



Ensayo de dureza en lados y extremos.

- El (Los) resultado(s) del presente informe sólo son válidos para el (los) producto(s) ensayado(s).
- El Informe de ensayo es válido en formato original impreso a color con la firma del (los) responsable(s) del Laboratorio del CITEmadera.
- El presente Informe de ensayo no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad del cliente.
- La adulteración del presente documento, ya sea parcial o total, es penalizado por el artículo 427° del Código Penal.



Ensayo de cizallamiento paralelo al grano.



Ensayo de tensión perpendicular al grano.

- El (Los) resultado(s) del presente informe sólo son válidos para el (los) producto(s) ensayado(s).
- El informe de ensayo es válido en formato original impreso a color con la firma del (los) responsable(s) del Laboratorio del CITEmadera.
- El presente Informe de ensayo no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad del cliente.
- La adulteración del presente documento, ya sea parcial o total, es penalizado por el artículo 427° del Código Penal.



Ensayo de tensión paralela al grano.

- El (Los) resultado(s) del presente informe sólo son válidos para el (los) producto(s) ensayado(s).
- El Informe de ensayo es válido en formato original impreso a color con la firma del (los) responsable(s) del Laboratorio del CITEmadera.
- El presente Informe de ensayo no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad del cliente.
- La adulteración del presente documento, ya sea parcial o total, es penalizado por el artículo 427° del Código Penal.

ANEXO 4. VALIDEZ Y CONFIABILIDAD DE LOS INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS

Estimado Sr Marchand,

Por la presente le hacemos llegar el Informe N°006-2022, por el servicio correspondiente a la PTE 0109-2022.

Cabe mencionar que la versión digital adjunta de los informes es considerada como un documento original y válido, ya que contiene las respectivas firmas electrónicas de los especialistas.

Agradeceremos confirmar la recepción del correo como registro de cargo a la entrega del informe.

Quedamos atentos a sus comentarios.

Cordialmente,

José A. Ugarte Oliva
Especialista de Laboratorio de Materiales e Insumos

jugarte@itp.gob.pe

Teléfono: 288 0941 / 288 0931 Anexo. 146

CITEmadera
Lima

Jr. Solidaridad Cdr. 3
Parque Industrial Villa El Salvador
Lima 42, Perú
Telef: 051 (1) 288 0941 | 288 0931
E-mail: citemadera@itp.gob.pe
web: www.gob.pe/citemadera

