

General Design of a Sustainable Housing Module with Efficient Materials

Marcela Herrera, Carlos Oyola, Cesar Lozano, Arq. y Carlos Huerta, M.Sc.

Ingeniería Civil, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Perú,

u201412197@upc.edu.pe, u201422931@upc.edu.pe, cesar.lozano@upc.edu.pe, carlos.huerta@upc.edu.pe

Abstract— A large percentage of homes built in Latin America are the result of the self-construction, which in most cases means, they do not have preliminary studies, building permits, professional supervision, are built with inadequate materials have structural deficiency and are located in unsuitable areas for construction; despite the fact that it is carried out through conventional constructive processes suggested and assisted by the construction masters it still generates danger to the population. In the first months of 2017, intense rains were recorded due to the El Niño Coastal Phenomenon, and significant damage was caused to homes and roads in the Latin American Coast. The reconstruction works has not been carried out and there are many families affected who hope to access safe housing. In the present investigation the proposal of a general design of sustainable modular housing based on Vernacular Construction was developed with efficient materials such as cane, wood, straw fiber and mud.

Keywords— Sustainable housing, vernacular construction, quincha, cross ventilation, thermal inertia

Digital Object Identifier (DOI):
<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2019.1.1.35>
ISBN: 978-0-9993443-6-1 ISSN: 2414-6390

Diseño General de un Módulo de Vivienda Sostenible con Materiales Eficientes

Marcela Herrera, Carlos Oyola, Cesar Lozano, Arq. y Carlos Huerta, M.Sc.

Ingeniería Civil, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Perú,

u201412197@upc.edu.pe, u201422931@upc.edu.pe, cesar.lozano@upc.edu.pe, carlos.huerta@upc.edu.pe

Resumen- *Un gran porcentaje de las viviendas construidas en Latino América son producto de la autoconstrucción, es decir, no cuentan con estudios preliminares, licencias de construcción, supervisión profesional, son construidas con materiales inadecuados, presentan deficiencia estructural y están ubicadas en zonas no aptas para la construcción. Esto genera peligro a la población, a pesar de que se realice mediante procesos constructivos convencionales sugeridos y asistidos por los maestros de obra. En los primeros meses de 2017, se registraron intensas lluvias debido al Fenómeno del Niño Costero, y se generaron importantes daños en viviendas y carreteras en la Costa de Latino América. Las obras de reconstrucción no se han realizado y existe una gran cantidad de familias damnificadas que esperan acceder a una vivienda segura. En la presente investigación se desarrolló la propuesta de un diseño general de vivienda modular sostenible basado en la Construcción Vernácula a través del uso de materiales eficientes como la caña, la madera, la fibra paja y el barro.*

Palabras clave—Vivienda sostenible, construcción vernácula, quincha, ventilación cruzada, inercia térmica.

Abstract- *A large percentage of homes built in Latin America are the result of the self-construction, which in most cases means, they do not have preliminary studies, building permits, professional supervision, are built with inadequate materials have structural deficiency and are located in unsuitable areas for construction; despite the fact that it is carried out through conventional constructive processes suggested and assisted by the construction masters it still generates danger to the population. In the first months of 2017, intense rains were recorded due to the El Niño Coastal Phenomenon, and significant damage was caused to homes and roads in the Latin American Coast. The reconstruction works has not been carried out and there are many families affected who hope to access safe housing. In the present investigation the proposal of a general design of sustainable modular housing based on Vernacular Construction was developed with efficient materials such as cane, wood, straw fiber and mud.*

Keywords—Sustainable housing, vernacular construction, quincha, cross ventilation, thermal inertia

I. INTRODUCCIÓN

En América Latina más del 50% de las viviendas construidas son producto de la autoconstrucción, es decir, no tienen supervisión técnica, estudios preliminares, licencias de construcción, son construidos con materiales inadecuados, incorrecta distribución de espacios y se encuentran ubicadas en zonas no aptas para la construcción [1]. Esto genera peligro a la población, a pesar de que se realice mediante procesos constructivos convencionales sugeridos y asistidos por *maestros de obra*. En los primeros meses de 2017, se

registraron intensas lluvias, incremento de la temperatura promedio y fenómenos naturales en la costa oeste de Latinoamérica producto del Fenómeno De El Niño [2].

A consecuencia del Fenómeno del Niño Costero, se generaron importantes daños en viviendas y carreteras, en tanto en Perú como en Ecuador, en su mayoría en el Noroeste del territorio peruano. Estas inundaciones dejaron aproximadamente 700 000 damnificados [3]. Según el diario Correo [4], una de las regiones más afectadas por tal fenómeno costero es Piura, donde se diagnosticaron un total de 87 127 damnificados, las cuales conforman un total de 19 531 familias; parte de dichas familias fueron reubicadas por los refugios habilitados por Defensa Civil.

Las reconstrucciones después de fenómenos climáticos en países en desarrollo requieren ideas novedosas, ya que dejan una gran cantidad de familias damnificadas que esperan acceder a una vivienda segura. En este sentido, se determinaron que los muros de adobe son utilizados en construcciones en las zonas rurales del Perú que garantizan el confort térmico y la eficiencia energética de las viviendas [5].

A ello se aúna que se determinó la importancia de la ventilación natural en la distribución de vanos de viviendas ubicadas en zonas cálidas [6]. La ventilación cruzada permite la circulación del aire interior de la vivienda garantizando el confort térmico [7]. Se determinó la importancia de la Construcción Vernácula para mejorar la inercia sísmica de las viviendas mediante la correcta elección de materiales sostenibles, distribución de masas y distribución de elementos estructurales con el objetivo de contrarrestar las fuerzas laterales en sismos y aumentar la ductilidad de la vivienda [8]. Por último, se realizaron una evaluación térmica y estructural de los paneles de quincha prefabricada, donde se determinó que la construcción de viviendas de quincha prefabricada es viable y segura, ya que emplea el uso de materiales sostenibles y económicos, posee un sistema estructural resistente y garantiza el confort térmico de la vivienda [9].

En la presente investigación se realizó el diseño general y verificación estructural de una vivienda modular sostenible con un proceso constructivo eficiente basado en la Construcción Vernácula, para planes de reconstrucción después de desastres y según parámetros de normas nacionales.

II. MÉTODO Y DISEÑO GENERAL

La construcción vernácula considera: Factores bioclimáticos como factores sísmicos definiendo una

Digital Object Identifier (DOI):

<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2019.1.1.35>

ISBN: 978-0-9993443-6-1 ISSN: 2414-6390

cimentación adecuada según las condiciones geotécnicas y sísmicas, a partir del mapa de zonificación sísmica de Perú, Sondorillo se ubica en la zona sísmica 3 con aceleración sísmica del suelo de 0,35. Según la norma E-080 de diseño y construcción con tierra reforzada [10], las viviendas ubicada en la zona sísmica 3 y 4 deben ser de un piso como máximo [11]. Se determinaron los datos históricos de precipitaciones en el periodo crítico y el mapa de peligro por inundaciones obtenidos del SENAMHI en el cual Sondorillo presenta bajo peligro a inundaciones [12]. Los factores eólicos definen una técnica de ventilación eficiente según la dirección y la velocidad de los vientos.

Para garantizar la resistencia sísmica de la vivienda, se consideran principios de resistencia como: mejorar las conexiones entre los elementos estructurales para formar contornos y así transmitir las fuerzas de un componente a otro, estabilizar elementos estructurales impartiendo resistencia de deformación a las paredes de tierra para mejor la acción del diafragma, permitir la redundancia de elementos estructurales para que la falla de ciertos miembros sea tolerada y contrarrestar las cargas horizontales al agregar resistencia extra con la ayuda de nuevos elementos estructurales [13].

A. Empleo de Materiales

En el uso de materiales eficientes de la zona, se toma a la caña, que es un material resistente y liviano utilizado en elementos estructurales de viviendas, posee propiedades similares a las del acero como la resistencia a la tracción paralela de 160 kg/cm² y flexión de 50 kg/cm². Según normas peruanas, no debe presentar fisuras mayores al 20% de la longitud del elemento; y deben protegerse ante agentes externos como la humedad, hongos, insectos [14]. Se presenta también en la Norma E-010, que la madera posee propiedades de resistencia a la tracción y flexión de 150 kg/cm² y 105 kg/cm², respectivamente [15]. Para la construcción la madera debe estar en estado seco, con un porcentaje de humedad menor al 22%; y se deben considerar los esfuerzos máximos admisibles, resistencia, rigidez y cargas [16]. La madera empleada es Cachimbo clasificada en el grupo B, con una densidad básica de 0.59 g/cm³ [17]. La fibra de paja mejora la adherencia en el recubrimiento de muros; y reduce el agrietamiento por las contracciones generadas durante el secado. El Barro es un material compuesto de arcilla, limo, arena fina y arena gruesa, se emplea en el recubrimiento de los paneles de quincha del módulo de vivienda sostenible; y aporta la propiedad de inercia térmica. Según el RNE el recubrimiento de 2 cm de barro y fibra de paja posee 0.09 W/mK de conductividad térmica. [18]. En la figura 1 se muestra, el panel de quincha prefabricado de 1.20 m. x 2.50 m. Se adhiere el recubrimiento de 2 cm en proporción 1:4. En la figura 2, se muestra el panel de quincha prefabrica con recubrimiento de 2cm.



Fig. 1 Panel de quincha prefabricado (Fuente: Propia)



Fig. 2 Panel de quincha prefabricado con recubrimiento de 2 cm (Fuente: Propia)

B. Diseño Estructural

Los paneles de quincha son los elementos estructurales de mayor importancia que transmitirán las cargas a la cimentación, estos deben cumplir con los criterios de resistencia, estabilidad y comportamiento sismorresistente, lo cual está conformado por 52 paneles, de los cuales 15 son de

1.00m x 2.50m x 0.10 m y 8 son de 1.20m x 2.50m x 0.10m. En la figura 3 y 4, se muestran los planos a detalle y en planta de los paneles de quincha, respectivamente.

Cimentación: Cimiento corrido de concreto ciclópeo de 0.40 m ancho de base, 0.50 m de altura y sobrecimiento de 0.30 m. En la figura 5 y 6, se muestran los planos a detalle y vista en planta del cimiento corrido, respectivamente.

Vigas y Columnas: Las dimensiones de las vigas soleras son de sección de 4" x 4" y de longitud máxima 6.25 m y de longitud mínima 3.30 m, y las dimensiones de las columnas son de sección de 4" x 4" y 2.50 m de altura. En la figura 7, se muestra el plano de distribución de vigas y columnas del módulo de quincha.

Techo: El techo del ambiente social y de la cocina comedor tiene una luz de 4.80 m. y 3.30 m., respectivamente, en ambos la vigueta de caña se distribuye en el mismo sentido de la caída del agua y las viguetas transversales serán de secciones 2" x 4". En la figura 8 y 9, se muestran los planos vista en corte y planta del techo del módulo de quincha, respectivamente.

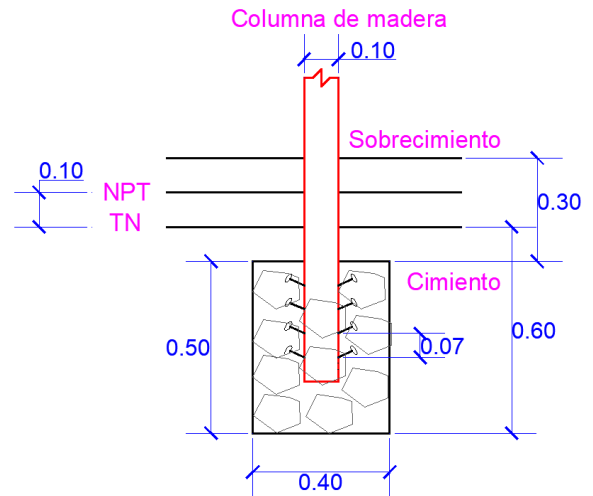


Fig. 5 Dimensiones de la sección del cimiento corrido de la vivienda modular (Fuente: Propia)

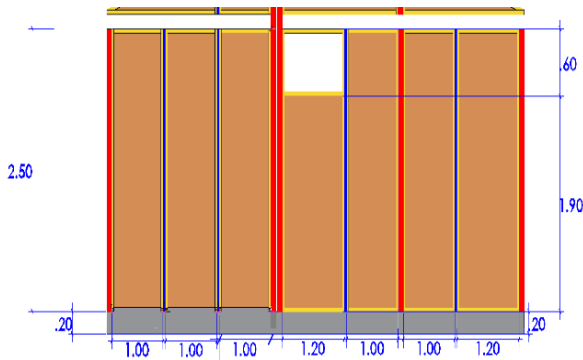


Fig. 3 Dimensiones de los paneles y columna de la vivienda modular (Fuente: Propia)

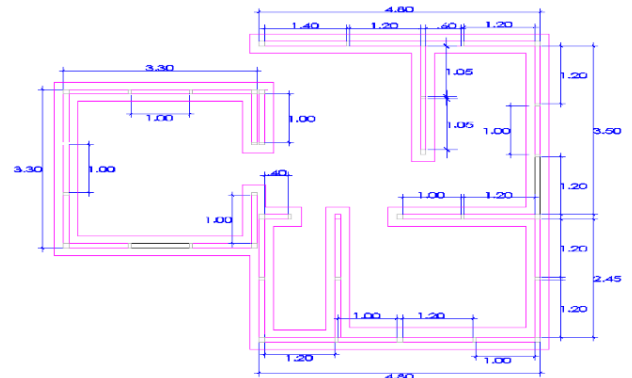


Fig. 6 Dimensiones del cimiento corrido de la vivienda modular (Fuente: Propia)

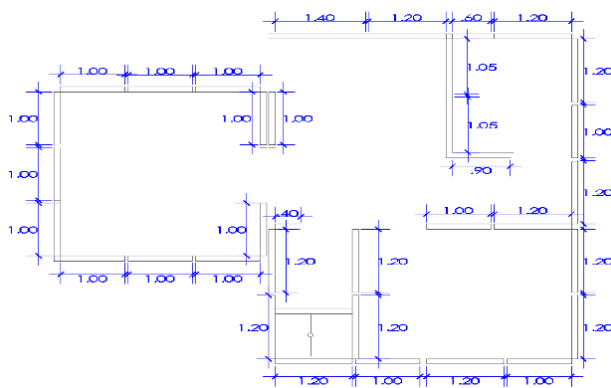


Fig. 4 Cotas de dimensionamiento de los paneles de quincha (Fuente: Propia)

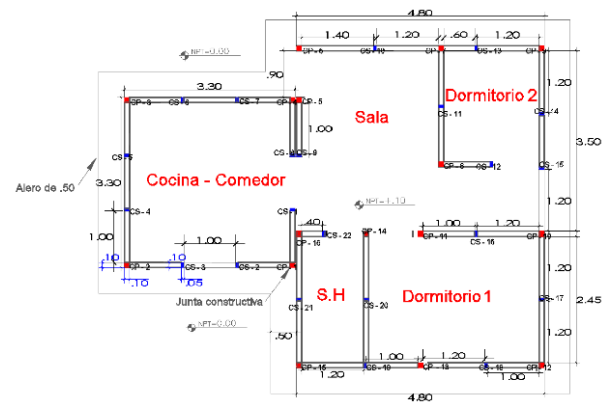


Fig. 7 Dimensiones y distribución de las columnas principales y secundarias (Fuente: Propia)

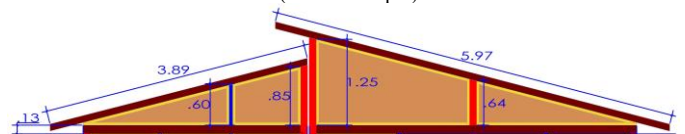


Fig. 8 Dimensiones de los techos de una sola vertiente en vista frontal de la vivienda modular (Fuente: Propia)

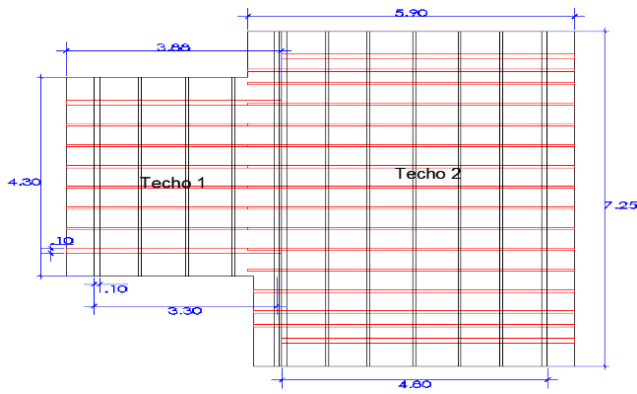


Fig. 9 Dimensiones de los techos en una sola vertiente en vista en planta de la vivienda modular (Fuente: Propia)

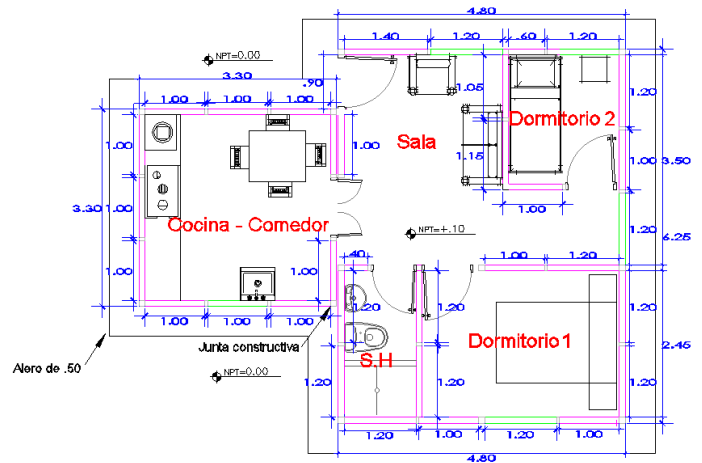


Fig. 11 Distribución de ambientes del proyecto de Vivienda Modular Sostenible en 2D (Fuente: Propia)

C. Diseño Bioclimático y Distribución

Se consideran los siguientes factores: Ventilación cruzada, voladizos en los techos, muros delgados y techos ligero, ambientes amplios de uso múltiple, zona de servicio y la zona social integradas, nuclear las instalaciones de agua y desagüe. Se realizó la distribución de vanos basada en la técnica de ventilación cruzada. En la figura 10, se muestra un esquema de la dirección del flujo del aire en la vivienda, en la cual ingresa por el norte (sala, dormitorio 2 y pasadizo) y sale por el sur (cocina, baño, dormitorio 1) llegando a alcanzar una fluidez del aire, por lo tanto, se mantiene una temperatura constante y confortable dentro de la vivienda.

El módulo de quincha tiene de área construida y techada 40.99 m^2 y se distribuye en 5 ambientes que tienen las medidas apropiadas para garantizar un espacio flexible y cómodo, siendo que la sala, cocina – comedor y dormitorio principal tienen respectivamente 12.56 m^2 , 10.89 m^2 y 9.14 m^2 .

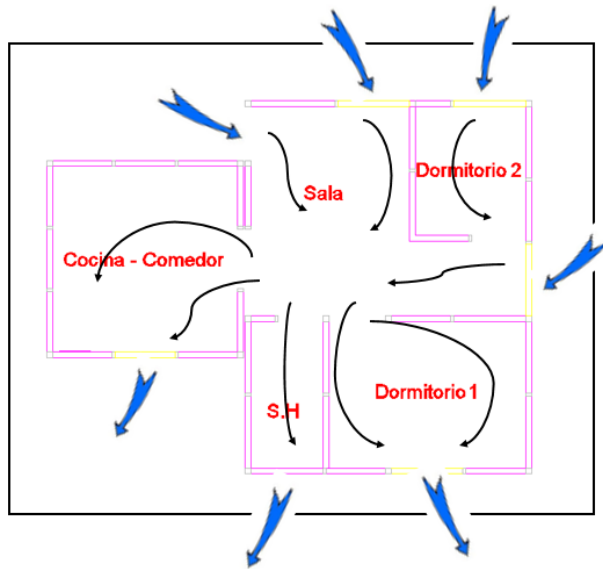


Fig. 10 Distribución del flujo de aire en los ambientes del proyecto de Vivienda Modular Sostenible en 2D (Fuente: Propia)

III. RESULTADOS

A partir del cálculo estructural del módulo de vivienda sostenible basado en el análisis estático con el objetivo de determinar la fuerza cortante horizontal en la base de la estructura y el análisis dinámico modal espectral para determinar la curva de aceleración espectral en función del tiempo [11].

A. Análisis Estático

Se determinaron los factores de suelo, uso y coeficiente sísmico; y se calculó el peso total de la edificación, mediante la siguiente fórmula: $H = S \cdot U \cdot C \cdot P$. En la Tabla I, se muestra la descripción y factores considerados en el cálculo de la cortante basal del módulo de quincha.

TABLA I
CÁLCULO DE LA FUERZA SÍSMICA DE LA VIVIENDA MODULAR^a

| Tipo | Cortante basal, directamente horizontal en la base | | |
|------|--|--|-----------|
| | Denominación | Descripción | Factor |
| 1 | Factor de suelo (S) | Suelos intermedios o blandos con capacidad portante admisible $> 0.1 \text{ Mpa}$. ó 1.02 kg.f/cm^2 | 1.4 |
| 2 | Factor de uso (U) | Vivienda | 1 |
| 3 | Factor de coeficiente sísmico (C) | Zona sísmica 3 | 0.2 |
| 4 | Peso Total (P) | Carga muerta y 50% de la carga viva | 12.54 |
| | Fuerza sísmica horizontal (H) | | 3.5099157 |

^aFuente: Propia

B. Análisis Dinámico Modal Espectral

Se determinaron los factores de zona (Z), de uso (U), el coeficiente de reducción de fuerzas sísmicas (R), de amplificación del suelo (S) y de amplificación sísmica (C). Con el objetivo de calcular la aceleración espectral, se siguieron parámetros de la E.030 Norma de Diseño Sismo resistente y la E.080 Norma de Diseño y Construcción con tierra reforzada mediante la siguiente fórmula:

$$Sa = \frac{Z.U.C.S.}{R} \times g$$

En las Tablas II y III, se muestran los factores sísmicos y la variación de la aceleración espectral en un periodo de 0 a 3 segundos, respectivamente. En la figura 12, se muestra la curva de variación espectral en función al tiempo.

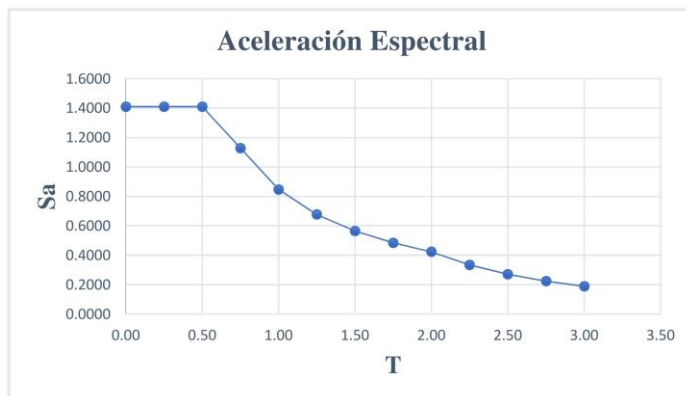


Fig. 12 Curva de variación de la aceleración espectral en función del tiempo (Fuente: Propia)

TABLA II

ANÁLISIS DINÁMICO PARA UN PERIODO DE 0 A 3 SEGUNDOS

| Tipo | Descripción | |
|------|---|--------|
| | Denominación | Factor |
| 1 | Factor de zona (Z) | 0.35 |
| 2 | Factor de uso (U) | 1.00 |
| 3 | Factor de amplificación del suelo (S) | 1.15 |
| 4 | Periodo que define la plataforma del factor C de amplificación sísmica (Tp) | 0.60 |
| 5 | Periodo que define el inicio de la zona del factor C de amplificación sísmica con desplazamiento constante (Tl) | 2.00 |
| 6 | Coefficiente de reducción de fuerzas sísmicas (R) | 7.00 |
| 7 | Aceleración de la gravedad (g) medida en m/s² | 9.81 |

^aFuente: Propia

TABLA III

RESUMEN DE PARÁMETROS PARA EL ANÁLISIS DINÁMICO DE LA VIVIENDA MODULAR^a

| T (s) Periodo de un modo para el análisis dinámico | C Factor de amplificación sísmica | Sa (m/s²) Espectro de pseudo aceleraciones |
|---|--------------------------------------|---|
| 0.00 | 2.50 | 1.4102 |
| 0.25 | 2.50 | 1.4102 |
| 0.50 | 2.50 | 1.4102 |
| 0.75 | 2.00 | 1.1282 |
| 1.00 | 1.505 | 0.8461 |
| 1.25 | 1.20 | 0.6769 |
| 1.50 | 1.00 | 0.5641 |
| 1.75 | 0.865 | 0.4835 |
| 2.00 | 0.75 | 0.4231 |
| 2.25 | 0.59 | 0.3343 |
| 2.50 | 0.48 | 0.2708 |
| 2.75 | 0.40 | 0.2238 |
| 3.00 | 0.33 | 0.1880 |

^aFuente: Propia

C. Verificación del Diseño Estructural

Se realizó un modelo matemático donde se calculó el valor Ru de la vivienda modular sostenible mediante el software SAP 2000, y se realizó la comparación con el valor nominal ϕR_n obtenido de investigaciones. Se obtuvo como resultado la capacidad admisible por esfuerzo cortante de 0.3 kg/cm² y la cortante basal fue 3509.9 kg. Se realizó la comparación donde se verificó si cumple con las condiciones sísmicas, es decir $R_u \leq \phi R_n$. En la tabla IV, se muestra un cuadro resumen con los valores obtenidos de investigaciones pasadas y el valor obtenido en la presente investigación [19-22].

TABLA IV

RESUMEN DE LOS VALORES DE LA CORTANTE BASAL POR AUTORES^a

| Autor(es) | Dimensiones del panel de quincha | ϕR_n | Ru |
|----------------------|----------------------------------|------------|--------------------------|
| Silva y Zegarra [19] | 3.16m x 3.16m x .20m | 5489 Kg | $\geq 3509.9 \text{ Kg}$ |
| Cardenas [20] | 1.20m x 3.00m x .15m | 4507.89 Kg | |
| Astorga [21] | 1.50m x 1.50m x .25m | 3600.35 Kg | |
| Silva [22] | 2.5m x 3.2m x .10m | 3872 Kg | |

^aFuente: Propia

IV. CONCLUSIONES

Según las condiciones geotécnicas de la zona de estudio el análisis dinámico para un periodo de 0.25 a 0.50 segundos se registra la aceleración espectral es de 1.41 m/s² y para un periodo mayor de 3 segundos se registra la aceleración espectral es de 0.18 m/s².

Sobre el diseño estructural, este posee dimensiones que pueden implementarse en la construcción de un módulo de vivienda de quincha: cimiento corrido de concreto ciclópeo de 0.40 m ancho de base, 0.50 m de altura y sobrecimiento de

0.30 m, paneles de 1.20m x 2.50m x 0.10m, vigas soleras de sección de 4" x 4" y columnas de 4" x 4", y viguetas transversales del techo de sección 2" x 4".

Después de analizar los resultados, y compararlos con investigaciones anteriores, verificamos que se cumplen las condiciones para hacerlo habitable, por lo que se concluye que el diseño general del módulo de vivienda propuesto sostenible, garantiza la resistencia, estabilidad, comportamiento sismorresistente, así como la sostenibilidad de ello.

REFERENCIAS

- [1] BID. (14 de mayo, 2012). Estudio del BID: América Latina y el Caribe encaran creciente déficit de vivienda. BID mejorando vidas. Recuperado de <https://www.iadb.org/es/noticias/comunicados-de-prensa/2012-05-14/deficit-de-vivienda-en-america-latina-y-el-caribe%2C9978.html> [Consulta: 5 de Noviembre de 2018].
- [2] Echevin, V., Colas, F., Espinoza- Morriberon, D., Vásquez L., Anculle, T., Gutierrez, D., (2018). Forzamientos y evolución del fenómeno costero de El Niño 2017 en el norte de Peru y Ecuador. *Frontiers en ciencias marinas* 5. doi: <https://doi.org/10.3389/fmars.2018.00367>.
- [3] Garraud, R., (2018). A plausible atmospheric trigger for the 2017 coastal El Niño. *International journal of Climatology*. doi: <http://dx.doi.org/10.1002/joc.5426>.
- [4] Redacción Norte. (2018). Damnificados del norte sin reconstrucción con cambios. Recuperado de <https://diariocorreo.pe/edicion/la-libertad/damnificados-del-norte-sin-reconstruccion-con-cambios-800068/>. [Consulta: 7 de noviembre de 2018]
- [5] Abanto, G., Karkri, M., Lefebvre, G., Horn, M., Solis, J., y Gomez, M. (2017). Thermal properties of adobe employed in Peruvian rural areas: Experimental results and numerical simulation of a traditional bio-composite material. *Case Studies in Construction Materials*, 6, 177-191. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2017.02.001>.
- [6] Michael, A., Demosthenous, D., y Philokyrou, M. (2017). Natural Ventilation for Cooling in Mediterranean climate: A case study in vernacular architecture of Cyprus. *Energy and Buildings*, 144, 333-345. doi: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2017.03.040>
- [7] Simulación y proyectos, (2018). Ventilación Natural. Ingeniería para Arquitectura Bioclimática y Sostenible Recuperado de <https://www.simulacionesyproyectos.com/blog-ingenieria-arquitectura/ventilacion-natural/> [Consulta: 28 de Agosto de 2018].
- [8] Baca, L. G., & Neumann, J. V. (2015). Local seismic culture in Latin America. *Seismic Retrofitting: Learning from Vernacular Architecture*, 61. [Consulta: 1 de noviembre de 2018].
- [9] Cuitiño, G., Esteves, A., Barea, G., Marín, L., Bertini, R., (2015) Desempeño térmico de la "Quincha" Tecnología constructiva en una región montañosa, *Revista Internacional de Ingeniería y Gestión de la Construcción*, vol. 7 No. 2, 2018, pp. 53-64. doi: 10.5923 / j.ijcem.20180702.01.
- [10] Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, (2017). Norma E-080 Adobe. Recuperado de <http://www.construccion.org/normas/rne2012/rne2006.htm> [Consulta: 25 de octubre de 2018].
- [11] Sencico, (2018). E-030 Diseño Sismorresistente. Norma técnica de edificación. Recuperado de <https://www.sencico.gob.pe/investigacion/publicaciones.php?id=444> [Consulta: 30 de agosto 2018].
- [12] SENAMHI-Oficina de Estadística. (2017). Datos históricos de las precipitaciones de la estación meteorológica Huancabamba. SENAMHI. Recuperado de https://www.senamhi.gob.pe/include_mapas/_dat_esta_tipo.php?estaciones=000239. [Consulta: 9 de junio de 2018].
- [13] Ortega, J., Vasconcelos, G., Rodríguez, H., Correia, M., & Lourenco, P., (2017). Traditional earthquake resistant techniques for vernacular architecture and local seismic cultures: A literature review. *Revista de Patrimonio Cultural*, 27, 181 – 196. doi: <https://doi.org/10.1016/j.culher.2017.02.015>.
- [14] Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, (2017). Norma E-100 Bambú. Recuperado de <https://www.sheltercluster.org/peru-floods-2017/documents/norma-tecnica-e100-para-el-uso-de-bambu>. [Consulta: 25 de octubre de 2018].
- [15] Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, (2017). Norma E-30. Recuperado de <https://www.sencico.gob.pe/investigacion/publicaciones.php?id=444> [Consulta: 25 de octubre de 2018].
- [16] Moromi Nakata, Isabel. (2017). Norma E 010 Madera. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. Recuperado de <http://www3.vivienda.gob.pe/dnc/archivos/difusion/eventos/2012/TOTAL7.%20Norma%20E.010%20Madera.pdf>. [Consulta: 9 de junio de 2018].
- [17] Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, (2017). Norma E-010 Madera. Recuperado de <http://www3.vivienda.gob.pe/DGPRVU/docs/RNE/T%20C3%ADtulo%20III%20Edificaciones/49%20E.010%20MADERA%20DS%20N%20B0%20005-2014.pdf> [Consulta: 25 de octubre de 2018].
- [18] Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, (2017). Norma EM-110. Recuperado de <http://www.construccion.org/normas/rne2012/rne2006.htm> [Consulta: 25 de octubre de 2018]
- [19] Silva, R., Zegarra, L., (2018). *Laboratorio de estructuras antisísmicas*. Ensayos de simulación sísmica en dos módulos de adobe y quincha, de dos pisos. Recuperado de <https://www.sencico.gob.pe/publicaciones.php?id=118&dPrint=1>. [Consulta: 20 de octubre de 2018].
- [20] Cardenas, L., (2008). *Análisis de vulnerabilidad estructural del Hotel Comercio*. (Tesis de Titulación, Universidad Ricardo Palma, Facultad de Ingeniería Civil. Lima: Perú). Recuperado de <http://cybertesis.urp.edu.pe/handle/urp/123> [Consulta: 20 de octubre de 2018].
- [21] Astorga, S., (2011). Análisis del comportamiento de muros de adobe reforzados con geomalla ante esfuerzos cíclicos laterales. Recuperado de <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/5023/fichero/3.-Documentos%252FMemoria.pdf> [Consulta: 18 de octubre de 2018].
- [22] Silva, R., (2018). *Desempeño sísmico de muros de quincha tradicional mediante el método del espectro de capacidad*. (Tesis de Titulación, Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de Ingeniería Civil. Lima: Perú). Recuperado de http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/12253/SILVA_MERCADO_ROBERTO_DESEMPE%C3%91O_SISMICO.pdf?sequence=1&isAllowed=y [Consulta: 17 de Octubre de 2018].