

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



**Propuesta de diseño de ladrillos tipo bloque - lego para mejorar las
condiciones de vivienda en el distrito de Salas**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO INDUSTRIAL**

AUTOR

Mariajose Jimenez Paredes

ASESOR

Maximiliano Rodolfo Arroyo Ulloa

<https://orcid.org/0000-0002-6066-6299>

Chiclayo, 2022

**Propuesta de diseño de ladrillos tipo bloque - lego para mejorar
las condiciones de vivienda en el distrito de Salas**

PRESENTADA POR:

Mariajose Jimenez Paredes

A la Facultad de Ingeniería de la
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
para optar el título de

INGENIERO INDUSTRIAL

APROBADA POR:

Evans Nielander Llontop Salcedo

PRESIDENTE

Diana Peche Cieza

SECRETARIO

Maximiliano Rodolfo Arroyo Ulloa

VOCAL

Dedicatoria

El presente trabajo de investigación está dedicado a los habitantes de los caseríos del distrito de Salas y demás poblaciones vulnerables de nuestro Perú. Deseo fervientemente que un futuro todos los peruanos puedan gozar de viviendas dignas, mejorando su infraestructura de manera innovadora. Por un Perú más desarrollado y más humano.

Agradecimientos

Agradezco a Dios, por guiar mi camino con su amor infinito y por permitirme conocer la localidad de Salas a través del voluntariado de mi universidad; pude aprender de su maravillosa gente y su realidad. Fue Él quien me inspiró en trabajar al servicio de la comunidad.

Agradezco a mi padre por su apoyo constante, por su paciencia, compañerismo y amor.
Agradezco igualmente a mi madre, por alentarme siempre en mi formación.

Agradezco también, a mi querido asesor Dr. Maximiliano Rodolfo Arroyo Ulloa, por compartirme sus conocimientos, sus enseñanzas y por su amistad.

Índice

Resumen	5
Abstract	6
Introducción	7
Revisión de literatura	8
Materiales y métodos	11
Resultados y discusión	12
Conclusiones	25
Recomendaciones.....	26
Anexos.....	31

Resumen

En el distrito de Salas, Lambayeque, la mayoría de sus pobladores habitan en viviendas de baja calidad, de materiales precarios como quincha, calamina, pajilla, petacas sujetadas con palos y techos de plástico. Por ello, este proyecto tiene como objetivo proponer un diseño de ladrillo tipo bloque-lego para contribuir a la mejora de las condiciones de infraestructura de vivienda. Se realizó el diagnóstico mediante entrevistas y visitas de campo, resultando que las viviendas con materiales precarios en dos caseríos son de 37% y 24%. Se adquirió información del MINSA reportando afecciones de la comunidad debidas a la mala calidad de sus viviendas. Se diseñó la forma geométrica del ladrillo tipo bloque-lego, utilizando el programa AutoCAD versión 2017, basadas en las dimensiones del ladrillo Tipo IV según la NTP E.070. Se evaluó la factibilidad técnica de los ladrillos realizándose ensayos con la máquina de compresión en el laboratorio SEPESPEM, resultando una resistencia adecuada, de 140 kg/cm² conforme a la NTP 399.604. Finalmente, se determinó el beneficio-costo de la propuesta, obteniendo que el costo unitario del ladrillo es de 0,48 soles. En base a las partidas de costos y presupuestos de edificación de CAPECO, se ahorraría un 64,55% por metro cuadrado en los costos directos del armado de muros en relación al ladrillo Tipo IV. Existen beneficios no monetarios que puede brindar el diseño del ladrillo planteado de acuerdo a los objetivos cualitativos de la ONU Habitat y MINSA para los asentamientos humanos.

Palabras claves: Ladrillo Tipo Lego, Ladrillo Suelo-Cemento, Infraestructura de vivienda, Condiciones de vivienda, Viviendas baratas, Autoconstrucción de viviendas.

Abstract

In the district of Salas, Lambayeque, most of its inhabitants live in low-quality houses, made of precarious materials. For this reason, this project aims to propose a Lego-Block type brick design to contribute to the improvement of housing infrastructure conditions. The diagnosis was made through interviews and field visits, resulting in that the dwellings with precarious materials in two villages are 37% and 24%. Information was acquired from MINSA reporting community conditions due to the poor quality of their homes. The geometric shape of the Block-Lego brick was designed, using the AutoCAD version 2017 program, based on the dimensions of the Type IV brick according to NTP E.070. The technical feasibility of the bricks was evaluated by performing tests with the compression machine in the SEPESPEM laboratory, resulting in an adequate resistance of 140 kg/cm^2 according to the NTP 399.604. Finally, the Benefit-Cost of the proposal was determined, obtaining that the unit cost of the brick is 0,48 soles. Based on CAPECO's building costs and budgets, 64,55% per square meter would be saved in the direct costs of the erection of walls about Type IV brick. There are non-monetary benefits that the design of the proposed brick according to the qualitative objectives of the UN-Habitat and MINSA for human settlements can provide.

Keywords: Lego Type Brick, Floor-Cement Brick, Housing infrastructure, Housing conditions, Cheap housing, Self-construction of housing.

Introducción

La Organización Mundial de las Naciones Unidas [1] informa que a nivel mundial las viviendas contribuyen en el desarrollo de las ciudades, promoviendo su cambio de manera sostenible; no obstante, en los últimos años se han convertido en un factor de desigualdad económico y social. Según el Reporte Mundial de las Ciudades de ONU-Habitat [2], un tercio de la población mundial vive en asentamientos informales, indignos para el ser humano, y justamente, este porcentaje de habitantes sigue creciendo a lo largo del tiempo en lugar de reducirse; ocasionando una brecha de desigualdad cada vez más amplia y marcada. Además, el problema radica no solo en el déficit de viviendas; sino también en la ausencia de calidad de las ya existentes.

En el Perú, de acuerdo al Censo 2017 [3], existe un total de 7 698 900 viviendas particulares con ocupantes presentes, de las cuales solo el 55,8% de la población tiene como material predominante ladrillos o bloques de cemento en sus paredes exteriores; por otro lado, el porcentaje restante de la población habita en viviendas construidas con materiales de menor calidad, como por ejemplo, adobe o tapia (27,9%); madera (9,5%); quincha (2,1%), piedra con barro (1,0%); sillar con cal o cemento (0,6%); y 239 053 de viviendas que representan el 3,1% de la población con otro material, ya sea triplay, calamina, estera, entre otros. Todo ello indica que el Perú tiene un gran porcentaje de viviendas con calidad inadecuada afectando al correcto desarrollo de su población.

En la región Lambayeque, el número de viviendas censadas construidas con materiales precarios (triplay, esteras, calamina, piedra con barro, caña con barro) es de 8 989 en total, lo cual representa el 3,2% del total de las viviendas hechas con paredes de materiales precarios dentro del territorio peruano; sin contar el porcentaje de viviendas de adobe, el cual es el segundo material más utilizado, así pues, Lambayeque representa el 42% del total de viviendas hechas de adobe de todo el país [4].

Al extremo oriental de la provincia de Lambayeque se encuentra el distrito de Salas. Ocupa las regiones chala, desértica o árida en su territorio, y yunga, con relieves montañosos y valles estrechos; siendo su capital el pueblo de Salas, a 77 km al norte de la ciudad de Chiclayo y a 190 m.s.n.m. Tiene una extensión de 1 121,74 km², con una población de 12 595 habitantes y una densidad de 10 habitantes por km². En cuanto al número de viviendas, presenta un total de 4 737 viviendas, de acuerdo con el último censo nacional realizado el 2017 [4]. El alcalde de la localidad, Antony Mesones Flores [5], menciona que Salas es un distrito que se encuentra en estado de pobreza; cuenta con 80 caseríos y 7 centros poblados. El 75% de las viviendas pertenece a la zona rural, y el otro 25% pertenece al área urbana. Sin embargo, de ese 25% del

área urbana sólo un 10% de las casas están hechas de ladrillo y el 15% restante son construcciones de adobe, las cuales están en mejores condiciones que las viviendas del área rural, pero no se pueden considerar como viviendas de calidad adecuada. El gran porcentaje de la población viven situaciones muy complicadas, su infraestructura consta de materiales precarios como quincha, calamina, pajilla, petacas sujetadas con palos y techos de plástico. Por ello, ante esta situación problemática, surge la siguiente pregunta de investigación: ¿Cómo diseñar un ladrillo tipo bloque de lego que permita mejorar las condiciones de vivienda en el distrito de Salas?

El objetivo general de la investigación es proponer un diseño de ladrillo tipo bloque de lego que contribuya en la mejora de las condiciones de infraestructura de vivienda en el distrito de Salas. Los objetivos específicos: diagnosticar las condiciones de infraestructura de las viviendas en el distrito de Salas; diseñar la forma geométrica del ladrillo tipo bloque de lego; evaluar la factibilidad técnica de elaborar los ladrillos; así como también determinar el Beneficio-Costo de la propuesta.

Esta investigación tiene como finalidad beneficiar directamente a la comunidad de Salas, coadyuvando a contrarrestar la precaria situación de las viviendas existentes, problema que afecta a la vida, los derechos y la dignidad de sus habitantes. Mediante la propuesta del diseño de los ladrillos tipo bloque, se contribuye al desarrollo de la población mejorando las condiciones de infraestructura de sus viviendas y potencializando el uso de sus recursos locales de manera sostenible, ya que son ecológicos, de calidad, económicos, resistentes y accesibles a personas de bajos recursos.

Revisión de literatura

Unidad de albañilería elaborada con cemento Portland, agua y agregados, que puede ser manipulada con una sola mano durante la operación de asentado [6]. Según la Norma Técnica Peruana NTP E.070, las unidades de albañilería de concreto pueden ser usadas después de lograr su resistencia y estabilidad volumétrica especificada. Las unidades curadas con agua tienen un plazo mínimo de 28 días para ser utilizadas. En el Anexo 1 se muestra la clasificación de los ladrillos, por su tamaño y resistencia, según la Norma Técnica de albañilería E.070.

Según Gatani [7] y Uzoegbo [8], los materiales comúnmente utilizados para este tipo de bloques son: suelo, cemento y agua. El suelo más conveniente para la elaboración de la mezcla del ladrillo suelo-cemento suelen ser las arenas, que contienen también una proporción de finos para darle la cohesión adecuada. El suelo está compuesto de grava, arena, limo y arcilla; los primeros elementos otorgan una alta resistencia y poca contracción al secarse el ladrillo. El limo

y la arcilla se encuentran en menor cantidad que la arena, pero son la proporción adecuada de agregado fino para la granulometría del material y permiten la cohesión.

Normalmente se utiliza el cemento Portland. Le brinda características de estabilidad y resistencia al suelo. A mayor compactación, menor proporción de cemento. A menor compactación, mayor proporción de cemento.

El agua, al hidratar al cemento permite las reacciones necesarias para la máxima compactación del suelo. El agua no debe contener materias orgánicas, sulfatos o cloruros, es decir, esta debe ser limpia. Se debe tener cuidado con su proporción en la mezcla, puesto que existe un exceso de humedad puede afectar en el manejo del material, en el acabado superficial, en la resistencia y durabilidad del ladrillo, de igual manera si la mezcla resulta demasiado seca.

Berlingieri [9], en su investigación titulada “Caracterización de bloques suelo cemento como mampuesto”, menciona que por la crisis energética y la importancia de políticas de carácter ambiental surge el deber de buscar alternativas sostenibles para la elaboración de mampuestos, para ello, se plantea como alternativa un bloque de suelo cemento. Siendo el objetivo principal de este trabajo de investigación, lograr que el bloque obedezca los requisitos establecidos por regla, determinando la dosificación apropiada para su producción. Primero, se caracterizaron unos mampuestos de suelo-cemento de un fabricante, donde se aplicaron ensayos de compresión y absorción, resultando que estos ladrillos no cumplen con los requisitos, los cuales no deben ser menores a 2,5 MPa para la carga de rotura según la norma IRAM 11561-4, es por eso que se realizó una re dosificación de mezcla, utilizándose los mismos insumos con un 2% más de cemento portland, a los cuales se les realizaron nuevos ensayos para comprobar que se cumpla con las especificaciones del reglamento de CIRSOC y las normas de IRAM. Los resultados demostraron que los bloques fabricados sí cumplieron con los requisitos de compresión según las normas IRAM para bloques no portantes, obteniendo como máximo 4,93MPa para la carga de rotura; por otra parte, se observó una absorción de 14,60%, 12,90% y 12,65% en masa de cada ladrillo, por lo tanto, no cumplen con las especificaciones de absorción de estas normas. Los bloques re dosificados sí obedecieron requerimientos de mampostería sismorresistente tipo III y se observa un leve incremento en la resistencia a la compresión de los bloques 4,28 MPa, 4,93 MPa y 4,59 MPa respectivamente.

Echeverry y Jaramillo [10], en su investigación denominada “Elaboración de (BTC) bloques de tierra comprimida con suelos derivados de cenizas volcánicas y materiales alternativos”, propone como alternativa de construcción viviendas con bloques artesanales de tierra comprimida (BTC) en el sector de la Florida en Pereira. Es así que se trazó como objetivo de investigación determinar la resistencia de muretes fabricados con ladrillos BTC, compuestos

por suelos derivados de cenizas volcánicas, cemento y arcilla. Para determinar la elaboración del BTC, se evaluó el suelo a utilizar, los aditivos a agregar y otras variables importantes para la fabricación. Se determinó que el aumento de arcilla natural es el óptimo, que agregarle más a la mezcla no otorga una estabilización. También, se observó que la fractura de los bloques se da de forma inmediata, el bloque seco presenta una gran rigidez incluso al momento de cortarse para construir los muretes; además el contenido natural de arena (30%) es muy elevado, otorga resistencia mecánica, pero disminuye su manejabilidad, siendo difícil poder fabricar en serie. Los resultados de este tipo de ladrillo mostraron que tiene una resistencia menor que los bloques establecidos por norma NTC 5324 de suelo cemento, donde la resistencia mínima establecida es de 2 MPa, y en esta investigación se obtuvo una resistencia a la compresión de 1 MPa.

Bedoya [11], en su investigación “Construcción de vivienda sostenible con bloques de suelo cemento: del residuo al material”, informa que el suelo puede ser utilizado como material de construcción en la elaboración de bloques de suelo cemento, utilizando una prensa manual: Cinva-Ram. Ello con la finalidad de que sea posible para una familia colombiana tener acceso una vivienda con menores costos, aplicando una construcción sostenible, que cumpla con las exigencias de durabilidad y sismo resistencia necesarias. En este sentido, se escogió el suelo residual a usar, posteriormente la máquina de Cinva-Ram, y se realizaron los ensayos necesarios para verificar que los ladrillos cumplan con la normatividad colombiana. Obteniendo como resultado del proyecto que los ladrillos hechos con la máquina Cinva-Ram cumplen con los parámetros de la Norma de Sismo Resistencia (NRS-10) y tienen un desempeño óptimo en cuanto a las exigencias de resistencia ya que la resistencia exigida, es igual a 3,2 MPa y la muestra que presenta menor resistencia corresponde a un valor de 3,84 MPa. También, se logra apreciar que la textura de los ladrillos forma parte del acabado, ahorrando en costos de revoque, estuco y pintura, disminuyendo el costo total, resultando un valor promedio de 8% para un proyecto.

Por otro lado, Uzoego [8], en su trabajo investigativo “Dry-stack and compressed stabilized earth-block construction”, indica que uno de los principales problemas para los países en crecimiento es la falta de un hábitat adecuado y el alto costo de los materiales de construcción, como el cemento que en África es importado. Esto incentivó a que se buscara un sistema de muros de mampostería entrelazados, con sistema de enclavamiento, algunos hechos con bloques huecos y otros con bloques sólidos entrelazados (Hydraform), siendo estos últimos un sistema más económico, ya que permite la eliminación del mortero de revestimiento en la superestructura, y acelerar el tiempo de construcción, reduciendo el costo de la necesidad de mano de obra calificada. Teniendo como resultado la producción de CSEB sin horneado, lo

cual reduce la emisión de carbono y el consumo de recursos no renovables, porque los ladrillos de arcilla requieren tres veces más energía (406 kg de emisión de CO₂) por metro cuadrado que los bloques de suelo-cemento (119 kg de emisión de CO₂), logrando una construcción más rápida ya que estos bloques de suelo-cemento suelen ser 2,5 veces más grandes que los ladrillos de arcilla cocida normales reduciendo así el número de juntas a bajo costo y produciendo un empleo más sostenible para la población local.

Materiales y métodos

Para diagnosticar las condiciones de vivienda en el distrito de Salas, provincia de Lambayeque, se realizó la recolección de datos a través de entrevistas al alcalde de la Municipalidad de Salas [5], [12]; los temas tratados fueron: Situación de la infraestructura de las viviendas de la comunidad de Salas, e Infraestructura de vivienda de los caseríos Tempón Bajo y Humedades Alto de Salas. También, se emplearon cartas de solicitud de información a personal encargado del área de infraestructura y visitas de campo utilizando herramientas gráficas para organizar y sintetizar la información. Además, se identificaron las consecuencias de las viviendas inseguras en la salud de los pobladores de la zona, adquiriendo información del Centro Nacional de Epidemiología, Prevención y Control de Enfermedades del MINSA [13].

Se desarrolló el diseño del ladrillo tipo bloque de lego mediante el programa AutoCAD versión 2017, determinándose las dimensiones del ladrillo y su respectivo molde, rediseñando su forma geométrica convencional.

Para la factibilidad técnica de elaborar ladrillos tipo bloque de lego, se identificaron los materiales a utilizar en la mezcla: arena (proveniente de la localidad de Salas), la cual se divide en agregado fino y grueso; cemento portland tipo I y agua limpia; todos éstos disponibles en Salas. En el laboratorio SEPESPEM (Servicios Profesionales de Estudios de Suelos Pavimentos y Ensayos de Materiales) en Lambayeque, se evaluó la dosificación adecuada en volumen de la arena, cemento portland tipo I, y agua en la mezcla para lograr una resistencia específica de $f'c = 140 \text{ kg/cm}^2$. La mezcla se colocó en el molde diseñado y, posteriormente, en el laboratorio SEPESPEM se realizaron ensayos con la máquina de compresión de la marca W&F Laboratorios, y se escogió la proporción de la mezcla que cumplía con la resistencia esperada de acuerdo con la NTP 399.604 [14], de igual o mayor resistencia que un ladrillo Tipo IV según la norma NTP E.070 [15]. También, se describió el proceso de elaboración del ladrillo en un diagrama A3, se estandarizaron los tiempos de cada actividad haciendo uso de los diagramas DOP y DAP, complementando con imágenes y evidencias fotográficas.

Se evaluó el Beneficio-Costo de la propuesta obteniendo el precio unitario del ladrillo Tipo bloque-lego, y realizando una comparación de los costos directos entre el armado de un muro de ladrillo de concreto Dino tipo IV y un muro de ladrillo tipo bloque-lego, en base a las partidas de costos y presupuestos de edificación de CAPECO [16] y [17]. Además, se identificaron los beneficios cualitativos que se percibirían al llegar a desarrollarse un proyecto de inversión pública con el diseño del ladrillo propuesto, alineados a los criterios y dimensiones de una vivienda adecuada según la ONU Habitat [18] y el MINSA [19].

Resultados y discusión

Diagnóstico de las condiciones de Infraestructura en la Localidad de Salas

Según el alcalde distrital de Salas, Antony Mesones Flores, es evidente el estado de pobreza en el que se encuentra Salas; el 90% de sus habitantes se dedica a la pequeña agricultura, agricultura de variedad por los suelos que goza la localidad, y el 10% al chamanismo o curandería.

En la Figura 1 se muestran las condiciones de infraestructura de vivienda de Salas señaladas en porcentaje, donde se puede apreciar que la mayor parte de esta comunidad pertenece a la zona rural.

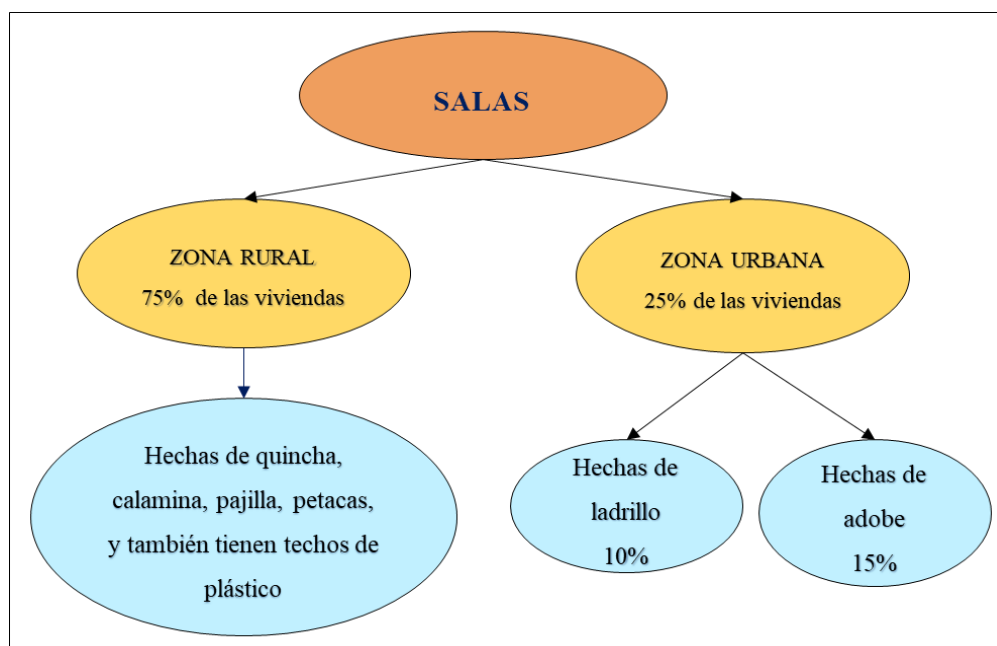


Figura 1: Porcentaje de las diferentes condiciones de infraestructura de vivienda en Salas

Fuente: Elaboración propia. En base a: Mesones Flores [5]

Dentro de los caseríos de Salas, se encuentran dos caseríos denominados Humedades Alto y Tempón Bajo. En la Tabla 1, se especifica el número de personas, entre ellas niños y adultos

mayores, que actualmente habitan en estos caseríos, así como el porcentaje de viviendas construidas con materiales precarios considerados por el INEI [4]: quincha, piedra con barro, triplay, calamina o estera. Ver también Anexo 2.

Tabla 1: Porcentaje de viviendas construidas con materiales precarios en Salas

N °	Nombre del caserío	N ° total de personas	N ° de niños	N ° de adultos mayores
01	Humedades Alto	120	30	28
02	Tempón bajo	377	72	35
N °	Nombre del caserío	N ° total de viviendas	N ° de viviendas hechas con materiales precarios	Porcentaje de viviendas hechas con materiales precarios
01	Humedades Alto	41	15	37%
02	Tempón bajo	126	30	24%

Fuente: Municipalidad distrital de Salas [12]

De acuerdo con el alcalde distrital de Salas [12], como consecuencia de las fuertes precipitaciones pluviales que se registran en la zona, las viviendas de diversos pobladores se ven afectadas e inhabilitadas. Además, la presencia de lluvias también ocasiona la visita de roedores, serpientes y grillos. Ante esta situación los habitantes se encuentran desprotegidos, expuestos a un grado mayor a cualquier enfermedad.

La Tabla 2 contiene el número acumulado de las enfermedades con mayor ocurrencia en Salas hasta la semana 34 del presente año. Se puede distinguir que las enfermedades son virales, bacterianas o parasitarias. Sanitaria 2000 [20], indica que en el caso de la enfermedad Leishmaniosis, los parásitos afectan fundamentalmente a los animales como los perros, y esta enfermedad puede ser transmitida a los humanos a través de los mosquitos, el parásito invade la zona de la picadura llegando a producir una úlcera central y con bordes elevados. Por otro lado, la tuberculosis también pertenece a las infecciones respiratorias agudas; ya se había mencionado en Habitat México [21] y en ONU Habitat [18] que, debido a ciertas precariedades que presentan las viviendas se debilita la seguridad de sus habitantes, quedando desprotegidos de riesgos para la salud y peligros estructurales.

Tabla 2: Enfermedades más comunes en el distrito de Salas

	Hasta la semana 34, 2021	Total
Dengue		75
COVID - 19		151
Febriles		125
Leishmaniosis cutánea		99
Tuberculosis		44
E. Diarreicas agudas (EDAs)		220
Infecciones Respiratorias Agudas (IRAs)		447

Fuente: Elaboración propia. En base a: CDC MINSa [13]

En la Figura 2 se puede distinguir que las afecciones con mayor incidencia son las Infecciones Respiratorias, ocasionadas por transmisión viral o bacteriana.

Con respecto a las viviendas inseguras, es decir, que no tienen la capacidad de refugio ante infecciones y contagios por humanos o animales, Habitat México [21], evoca que la parasitosis, causante de las diarreas agudas, no solo la padecen las personas infectadas; influye también en la convivencia con su entorno, debido que, además de reducir el rendimiento mental y físico, afecta el estado de alerta provocando irritabilidad y cambios de humor. Así como la Leishmaniosis cutánea que es también una enfermedad infecciosa que carcome los tejidos de la piel expuesta.

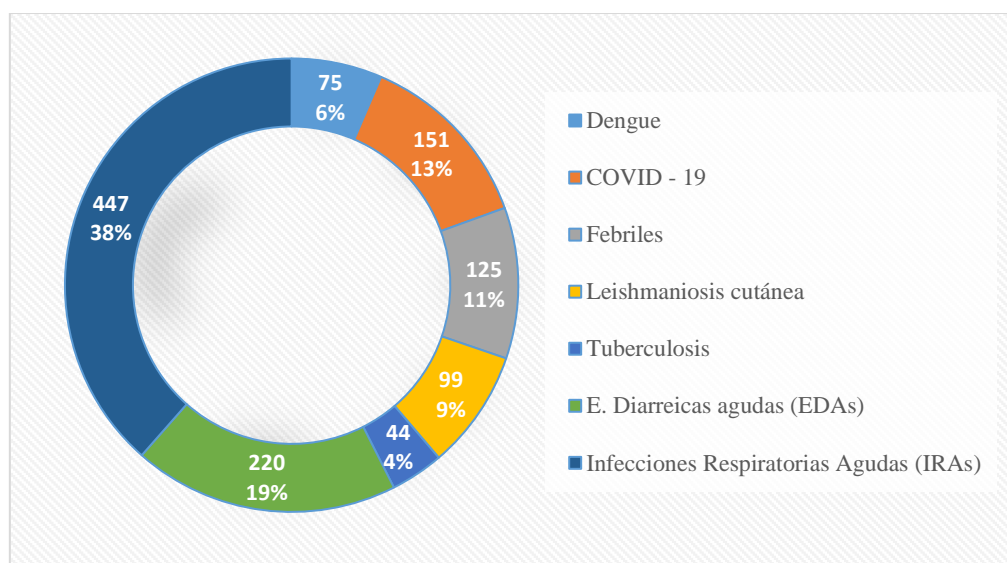


Figura 2: Indicadores de enfermedades con mayor incidencia en Salas
Fuente: Elaboración propia. En base a: Centro Nacional de Epidemiología [13]

Armenta y otros [22], considera que uno de los factores que contribuye a la propagación de la COVID – 19 es la vulnerabilidad de las viviendas, refiriéndose a las características de precariedad en los muros de las viviendas construidas y el hacinamiento en el hogar; ya que, como cita a [21], los habitantes al toser o estornudar, las gotículas de saliva que portan el virus se acumulan en el aire en los lugares cerrados, pequeños y mal ventilados. Es por ello que las publicaciones de la ONU [18] incitan a que se implementen medidas de control correspondientes a la mejora de las viviendas que carecen de características de habitabilidad como es el hacinamiento, tipología aceptable (viviendas de tipo permanente), materialidad (viviendas construidas con materiales adecuados y durables), conservación (sin fallas ni daños severos o en estado de conservación bueno o aceptable), acondicionamiento lumínico, entre otros. También, hacen la importante mención que un factor latente en condiciones precarias es la carencia en infraestructura por muros; la OMS [23] citada por [22, p. 25] afirma que las características estructurales, la materialidad, el mantenimiento y el tamaño de la vivienda

influyen en el grado de protección de sus habitantes contra las enfermedades transmisibles. Ya se había comprobado anteriormente por Krieger [24] y Queiros [25] que los muros mal contruidos y con espacios muertos son propensos a albergar plagas; además, en compañía de deficiencias sanitarias ceden la proliferación de enfermedades entre viviendas de unidades múltiples.

Por otra parte, Chávez [26], en su artículo de investigación analiza la relación de la infraestructura y las consecuencias en la mortalidad infantil en Santiago de Chile, donde un gran número de individuos vivió en edificaciones sin otro piso que el suelo natural con un mal enladrillado, con techo sin cielo o reducido a una simple lámina de calamina; resultando que la causa más poderosa de mortalidad infantil era la grave situación de este tipo de edificaciones. Siendo los niños víctimas de enfermedades infecciosas como la alfombrilla, la difteria, diarrea y sobre todo tuberculosis. El problema fue abordado desde las leyes, municipios y el control de las obras: demolieron 1 183 viviendas (donde vivían 2 738 personas, siendo de éstas 1 018 niños) y se construyeron nuevas piezas, procurando que sean higiénicas y baratas: «Sin lugar a dudas, las mejoras en la infraestructura de la ciudad llevaron a una disminución progresiva de la mortalidad infantil», vinculándose también este cambio a las transformaciones de variables de sanidad e higiene. Comparando en este sentido, en la ciudad de Salas, específicamente en los Caseríos Humedades Alto y Tempón bajo, como se detalló anteriormente en la Tabla 2, se encuentran habitando un total de 497 personas, de los cuales 102 son niños y 73 son adultos mayores. Cada año los habitantes son víctimas de enfermedades. Además, el alcalde distrital Antony Mesones Flores, detalló que, debido a la precariedad de sus viviendas, las lluvias afectaron sobre manera a los pobladores de esta localidad en los meses de enero a mayo, teniendo que brindar a modo de emergencia plásticos para que cubran el techo de sus viviendas. Los pobladores están obligados a soportar el frío o calor excesivo según temporada, el hacinamiento y la contaminación del aire dentro del lugar en que residen. Es evidente que las carencias en la infraestructura de sus edificaciones disminuyen su bienestar y calidad de vida.

Forma geométrica del ladrillo propuesto

El diseño propuesto está basado en las medidas de un ladrillo tradicional, el cual debe tener un ancho de 11 cm a 14 cm, un largo de 23 cm a 29 cm y una altura de 6 cm a 9 cm. Ver planos del Anexo 2.

La forma geométrica del ladrillo consiste en generar un sistema de anclaje mecánico gracias al ensamblaje de sus conectores integrados, que se encuentran en la superficie de contacto de cada uno de ellos. Cabe recalcar que, la estructura del ladrillo que va a recibir la carga una vez

ensamblados mide precisamente 24 x 9 x 13 cm y los conectores integrados simplemente sirven para el ensamble vertical, horizontal y transversal de los ladrillos. Ver Figura 3.

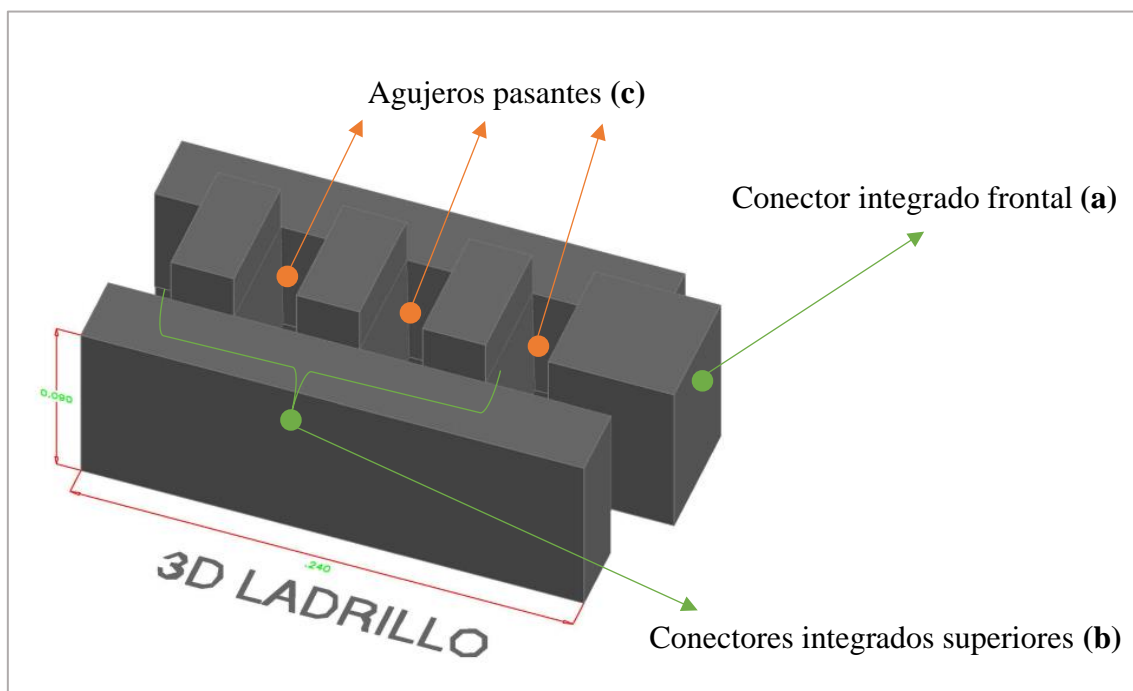


Figura 3: Vista isométrica del ladrillo Tipo Bloque de Lego

Dimensiones del ladrillo

Largo: 24 cm

Alto: 9 cm

Ancho: 13 cm

Dimensiones del ladrillo considerando los conectores integrados sobresalientes

Largo, adicionando el conector integrado frontal (a): $24 \text{ cm} + 3 \text{ cm} = 27 \text{ cm}$

Alto, adicionando los conectores integrados superiores (b): $9 \text{ cm} + 2,5 \text{ cm} = 11,5 \text{ cm}$

Ancho: $13 \text{ cm} + 0 \text{ cm} = 13 \text{ cm}$

Como se observa en la Figura 3, el conector integrado frontal (a) sirve para el ensamble horizontal de los ladrillos, uno después de otro; y los conectores integrados superiores (b) sirven para el ensamble vertical de los ladrillos, uno encima de otro. Esto con la finalidad de un ensamblado total entre los ladrillos y que no requiera del empleo de un mortero de pega (ver Figura 4).

Los agujeros pasantes (c), señalados en la Figura 4, tienen la función de aligerar el peso del ladrillo y a la vez permiten el paso o conducción de los ductos y varillas que demandan el proceso de construcción. Al igual que un ladrillo típico, estas unidades también necesitan de cemento armado y que sobre este se asiente el ladrillo.

En las vistas del ladrillo en 3D del Anexo 3, se aprecia mejor el calado en la cara inferior del ladrillo, el cual mide 6,2 cm de ancho, éste calado es de forma transversal con la finalidad de que los conectores integrados (b) de un ladrillo puedan deslizarse y encajar por toda la extensión inferior del próximo. Cada bloque cuenta con calados transversales en su cara inferior y protuberancias (conectores integrados) en su cara superior. Es así que los ladrillos pueden ser unidos mediante un ensamble o traba mecánica, como se muestra en la Figura 4.

Jaramillo y Morales [27], en su invención de bloques de traba mecánica, mencionan que las características geométricas y dimensionales de las ranuras (espacios vacíos) del bloque tienen el objetivo de que sea posible deslizar los conectores entre esos espacios para que haya unión, acomodación y empalme entre los bloques, generando una traba mecánica sin que sea necesario otro elemento adicional para asegurar la unión entre las unidades. Fue posible, gracias a este sistema de traba mecánica, mejorar el desempeño sísmico de la mampostería y que pueda ser usado en cualquier zona de amenaza sísmica.

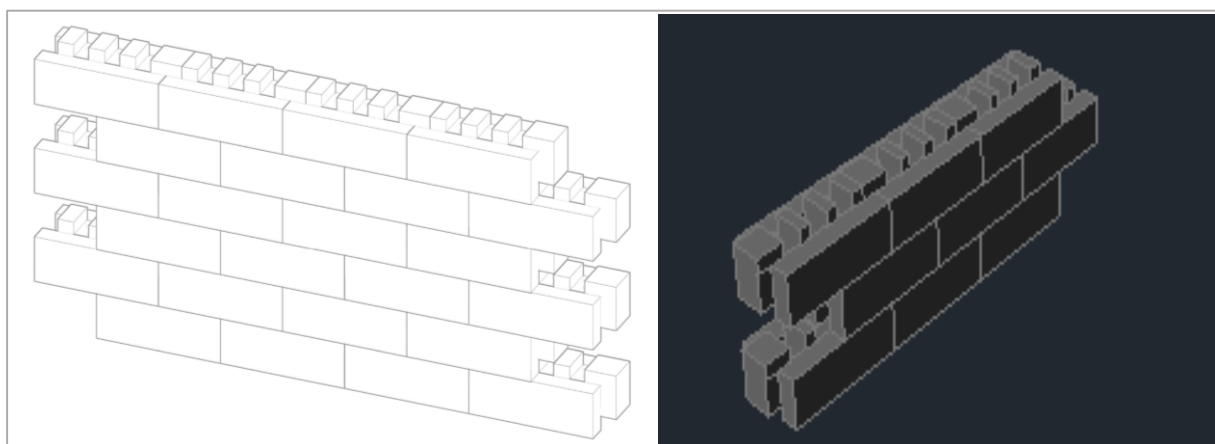


Figura 4: Perspectivas de los ladrillos ensamblados en 3D

También, los arquitectos Castillo y Muradas, de UNITEC [28], crearon unos ladrillos (ganadores del primer premio en el “Global James McGuire Business Plan Competition 2013”) con su propuesta de “Eco ladrillos México”, con un enlace macho y hembra. Sostienen que el encaje de las piezas permite reducir la cantidad de mortero para su adhesión hasta un 80%. Además, su empleo en la construcción permite aumentar la velocidad de trabajo, reducir costes y desarrollar viviendas sustentables, consiguiendo hasta un 30% de ahorro en costes de construcción. El diseño del ladrillo propuesto en este trabajo de investigación tiene como objetivo el ensamblaje entre todas las unidades, logrando así un arreglo de ladrillos de sección transversal constante. Al ser las unidades entrelazadas vertical y horizontalmente, se evita el uso del mortero de pega. También, se disminuyen los costos de mano de obra calificada, ya que los pobladores pueden ensamblar las unidades que ellos mismos elaboren y así facilitar su

proceso constructivo. Al igual que un ladrillo típico, estas unidades también necesitan de cimiento armado y sobre este se asiente el ladrillo. El calado transversal inferior de la unidad de albañilería tiene como finalidad el ingreso o inserción de los conectores integrados superiores (b), como se muestra en la Figura 4, además, las cavidades o agujeros pasantes del ladrillo (c) tienen la finalidad de aligerar su peso y también permitir el paso de los ductos y varillas que demandan el proceso de construcción.

Factibilidad técnica de elaborar los ladrillos

Los materiales a utilizar para la fabricación del ladrillo son: arena extraída de la localidad de Salas, cemento portland tipo I y agua limpia. En el laboratorio SEPESPEM (Servicios Profesionales de Estudios de Suelos Pavimentos y Ensayos de Materiales), ubicada en Lambayeque, se realizó la proporción de los materiales para obtener una mezcla y una resistencia específica según la NTP 339.034 [29]. Ver Anexo 5. Esta dosificación expresada en volumen (litros/bolsa) es: Cemento: 1,0; Arena de Salas: 2,5 y Agua: 30,6.

Como herramientas para la elaboración de los ladrillos, tenemos: Molde de madera, martillo de goma, Tecnopor cortado con un ancho de 2,8 cm, jarrita medidora de plástico, tina de 40 x 40 cm para depositar la mezcla, palita de plástico, botella de plástico con rociador, palito de madera rectangular de (13 x 6 x 3) cm. En el Anexo 4 se encuentra detallado del proceso de elaboración del ladrillo tipo bloque de paso a paso, aclarando la utilización del molde y el llenado de este.

Descripción del proceso de producción del ladrillo

A continuación, se muestra la descripción de las operaciones que implica la producción del ladrillo propuesto.

Revisar que todos los materiales y herramientas estén a disposición: Se trata de observar debidamente identificando que todos los materiales y herramientas mencionadas con anterioridad se encuentren disponibles, cercanas y limpias en el lugar de trabajo para que no haya esperas improductivas futuras en el proceso.

Medir la proporción de los materiales secos y colocarlos en la tina: Con la jarrita medidora de plástico, según la proporción en volumen se mide la cantidad de 2,5 jarritas de arena y 1 jarrita de cemento. Todos estos materiales secos se van colocando en la tina de plástico de 40 x 40 cm para que posteriormente sea mezclado.

Mezclar los materiales en seco: Debe haber esta primera mezcla en seco porque es importante que el cemento y la arena logren unirse uniformemente, para que cuando se agregue el agua el cemento se haya acoplado muy bien a la arena y facilite el proceso de mezclado. Ello

se logra con movimientos envolventes desde las esquinas de la tina hasta el centro y viceversa, revisando que no quede ninguna parte sin mezclar.

Medir la proporción de agua: Según la proporción en volumen indicada, a 2,5 jarritas de arena y 1 de cemento le corresponde 1 jarrita de agua. Es importante la correcta medida para que la mezcla no quede ni muy seca ni muy húmeda.

Agregar el agua y mezclar: Se agrega el agua gradualmente y se revuelve inmediatamente con movimientos envolventes, buscando siempre las partes secas de la mezcla, hasta que se consiga una mixtura húmeda totalmente uniforme.

Unir las piezas del molde y rociar agua: Se unen las piezas del molde y se rocía agua sobre él, con la finalidad de que el ladrillo, al momento del desencofrado, pueda resbalar correctamente sin dejar mezcla adherida adentro del molde.

Vaciar y varillar la mezcla en el molde: A medida que se va introduciendo la mezcla en el molde, es importante que se vaya compactando con una varilla de acero de 1,5 cm de diámetro capa por capa en todo su espesor. Se ejecutan los golpes uniformemente a lo largo de la sección transversal del molde y para cada capa superior, posibilitando que la varilla penetre la capa inmediata inferior de la mezcla.

Incorporar Pieza 5 del molde: Una vez compactada la mezcla en el molde se procede a incorporar la Pieza 5 del molde (palo de madera que formará la cavidad transversal inferior del ladrillo, ver Anexo 4). Para que ocupe su lugar, se empuja el palo horizontalmente, este va arrastrando la mezcla poco a poco hacia adelante, hacia la otra cara transversal del molde, y retira un poco de mezcla. Luego, se agrega más mezcla para completar los costados y se compacta con la varilla de acero de 1,5 cm de diámetro; posteriormente, para dar uniformidad al acabado de la mezcla se termina por compactar con el palito de madera de 13 x 6 x 3 cm.

Posicionar molde sobre tablón de madera: El molde armado con la mezcla dentro se posiciona de manera inversa de cómo ha sido llenado sobre un tablón de madera de 41,5 cm x 35 cm para su posterior desencofrado.

Dar golpecitos secos al molde para despegar el ladrillo compactado: Con un martillo de goma se golpea levemente todas las paredes del molde, de tal manera que permita resbalar completamente el ladrillo de las paredes del molde, para que no quede ningún resto en él.

Trasladar molde para su desencofrado: El molde que contiene la mezcla, que previamente fue posicionado sobre el tablón de madera de 41,5 cm x 35 cm, ahora es trasladado a una mesa de trabajo. Para ubicarlo en la mesa no se debe levantar o alzar el molde, sino que se debe retirar rápidamente el tablón, arrastrándolo con velocidad hacia un costado para que no se vaya a caer ni un pedazo de mezcla por debajo del molde. La distancia entre los ladrillos que posteriormente

también serán desencofrados es de 10 cm aproximadamente, para facilitar las próximas operaciones.

Introducir cuadraditos de Tecnopor en el molde: En este paso se retira poco a poco la Pieza 5 del molde mientras que por el lado contrario se introducen los cuadraditos de Tecnopor, los cuales cumplen una función de soporte para que el conector integrado frontal del ladrillo (ver Figura 4, parte a) se mantenga fijo en su lugar.

Desencofrar molde: Se desencofra el molde destapando primero la Pieza 2 del molde, cuidadosamente de manera vertical. Luego, se levanta la Pieza 1 del molde, lentamente y sin pausas de forma vertical, para que las paredes del ladrillo queden lisas sin franjas a la vista. Finalmente, se retiran las Piezas 3 y 4.

Dejar fraguar el ladrillo: Se deja fraguar el ladrillo durante 1 día protegidos de la luz solar y de los vientos fuertes, con la finalidad de que éstos puedan fraguar sin secarse. Los bloques recién fabricados deben pasar por el proceso de fraguado hasta que lleguen a una resistencia suficiente para ser manipulados [30].

Curar ladrillo: Se realiza el curado con la finalidad de que el cemento continúe con sus reacciones químicas y conseguir una resistencia adecuada. Se pueden curar los ladrillos dejando una separación de 2 cm para poder humedecerlos por todos sus lados. Se los moja con agua periódicamente durante 7 días, tres veces al día o lo necesario para no dejar que se sequen sus bordes. Se pueden cubrir los ladrillos con plásticos o costales húmedos para evitar que el agua se evapore fácilmente. También, se pueden curar por 7 días sumergidos en agua. El objetivo del curado es mantener los ladrillos húmedos para que continúe la reacción química del cemento y así obtener una resistencia aceptable [31]. El curar el concreto permite disminuir la fisuración, el agrietamiento y el pandeo del ladrillo. Así mismo, existen diferentes técnicas para el curado del ladrillo, los más usados, según [32], son: Inmersión; Rocíos de agua, estos se realizan con manguera, por aspersion y con Costales, los cuales deben lavarse previamente para eliminar cualquier resto de materiales que puedan dañar la superficie.

Almacenar: Una vez cumplido el tiempo de curado de los ladrillos, se dejan secar; cuidándolos de la humedad, en una zona cubierta. En caso de no disponer de una cubierta o techo se debe proteger con plástico. Los bloques deben colocarse organizadamente. Antes de poder realizar el asentado del ladrillo de concreto este debe tener una edad mínima de 28 días.

Seguidamente, en la Figura 5 se puntualiza las operaciones del proceso de producción del ladrillo tipo bloque de lego en un diagrama DOP.

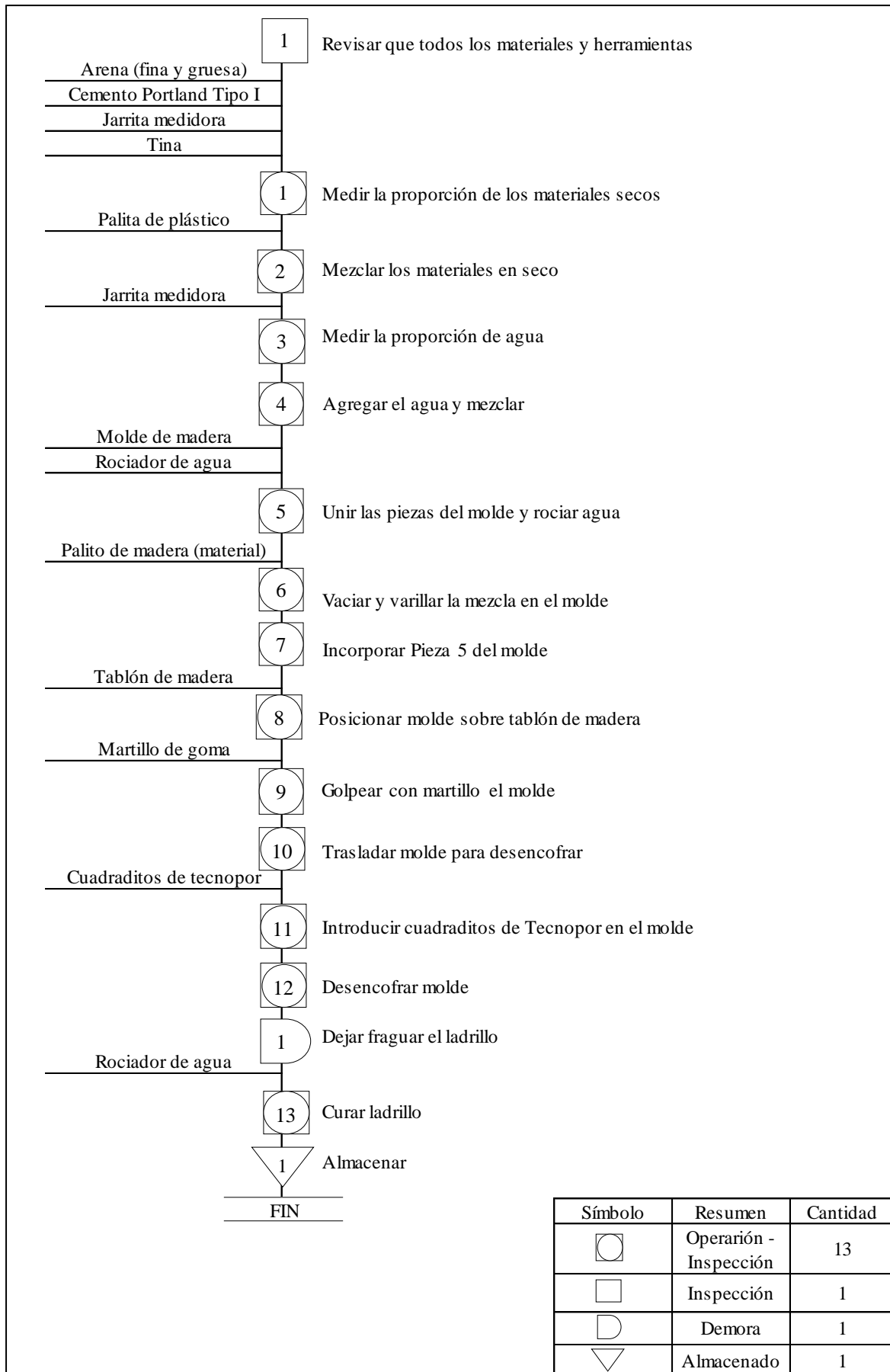


Figura 5: DOP de elaboración del ladrillo tipo bloque de lego

En el DAP de la Figura 6, se visualiza el proceso de fabricación del ladrillo, el cual conlleva un total de 11,77 min sólo hasta la operación de desencofrado; por otro lado, la operación de fraguado del ladrillo requiere un tiempo de 1 día y la realización del curado 7 días más hasta que el producto final es almacenado.

DIAGRAMA ANALÍTICO DE PROCESOS		Actividad						Actual		
Proceso: Elaboración de ladrillo tipo bloque		Inspección						1		
		Transporte						1		
Operario - Material - Máquina		Operación - Inspección						11		
Fecha: Junio 13 del 2021		Demora						1		
Página 1 de 1		Almacenamiento						1		
Diagrama hecho por: Mariajosé Jiménez Paredes		Símbolos							Tiempo	Unidad
N °	Descripción del proceso	Operación	Transporte	Inspección	Combinada	Demora	Almacenado			
		○	➔	□	◻	⊂	▽			
1	Revisar materiales y herramientas				●			0,16	min	
2	Medir la proporción de los materiales secos mezclar				●			0,50	min	
3	Mezclar los materiales en seco				●			1,00	min	
4	Medir la proporción de agua				●			0,10	min	
5	Agregar el agua y mezclar				●			4,01	min	
6	Unir las piezas del molde y rociar agua				●			0,65	min	
7	Vaciar y varillar la mezcla en el molde				●			2,05	min	
8	Incorporar Pieza 5 del molde				●			1,89	min	
9	Posicionar molde sobre tablón de madera				●			0,10	min	
10	Golpear con martillo el molde				●			0,78	min	
11	Trasladar molde para desencofrar		●					0,14	min	
12	Introducir tecnopor de soporte				●			0,24	min	
13	Desencofrar				●			0,15	min	
Total								11,77	min	
14	Dejar fraguar el ladrillo						●	1,00	días	
15	Curar ladrillo						●	7,00	días	
16	Almacenar						●			

Figura 6: DAP de elaboración del ladrillo

Resultado de Resistencia a la compresión

Para realizar la prueba de compresión, en el séptimo día, después de la operación de curado, los ladrillos de prueba son expuestos al aire libre en la mañana, y al día siguiente se someten a la máquina de compresión según la NTP 399.604 [14], con la finalidad de evaluar el cumplimiento de la resistencia esperada.

Se realizó la prueba de compresión del ladrillo en el laboratorio SEPESMEM, donde los resultados arrojaron una resistencia media de 140,89 kg/cm² (ver Anexo 5). Según la

clasificación de unidades de albañilería para fines estructurales de la NTP E-070, se puede clasificar como un ladrillo tipo IV, el cual tiene una resistencia mínima a la compresión de 130 kg/cm². En consecuencia, quiere decir que este ladrillo cuenta con la resistencia y durabilidad adecuada para la construcción de muros portantes.

Beneficio-Costo de la propuesta

A continuación, se muestra el costo de los insumos para la fabricación de los ladrillos de concreto tipo bloque de lego. Considerando que la arena es un recurso de la localidad, resulta un costo de S/ 0,48 por ladrillo. En la Tabla 3 se toma en cuenta que el agua cuesta S/ 2,32 el metro cúbico, según el tarifario actual de EPSEL [33] durante el periodo 2018 - 2023.

La bolsa de cemento portland tipo I contiene 42,5 kg. Por un kilogramo de cemento, considerándose los desperdicios, resultan 3 unidades de ladrillos; eso quiere decir que cada bolsa de cemento rendirá un total de 127 ladrillos. Por otra parte, el rendimiento por día de m³ de agua se obtuvo en base a las partidas de costos establecidas por CAPECO [16].

Tabla 3: Costo de fabricación del ladrillo de tipo bloque-lego

Materiales	Unidad	Cantidad	Precio por unidad (soles)	Costo total (soles/ladrillo)
Ladrillos Tipo Bloque - Lego	ladrillos/bolsa	127,5000	23,70	0,19
Agua	m ³ /bolsa	0,1275	2,32	0,30
Ladrillos Tipo Bloque de Lego				0,48

Fuente: Elaboración propia. En base a CAPECO [16]

El Análisis de precios unitarios en edificaciones CAPECO [17], menciona que la mano de obra, las herramientas y equipos son los costos directos en obra. En la Tabla 4, se realiza una comparación a estos costos, entre el empleo del ladrillo de concreto Dino Tipo IV y el ladrillo tipo bloque-lego. Los materiales de edificación son similares en ambos tipos de ladrillos y la diferencia está en el empleo del mortero y la mano de obra. Con el ladrillo tipo bloque-lego se presenta un ahorro del 64,55% por metro cuadrado en los costos que implican el armado de muros. Ver Anexos 6 y 7 para detalle de los costos.

Tabla 4: Comparación de costos por m² para asentado de ladrillos

Descripción del recurso	Ladrillo Tipo IV (soles)	Ladrillo tipo bloque-lego (soles)
Mano de obra	32,13	7,03
Materiales	58,08	25,08
Equipos	0,96	0,21
Total	91,17	32,32
Diferencia por m ²		58,85
Índice de ahorro por m²		64,55%

Fuente: Elaboración propia. En base a CAPECO [16]

Por otra parte, existen beneficios que son complejos de estimarse monetariamente, SNIP [34]; es por ello que algunos autores toman este análisis como costo-efectividad, de acuerdo con Irigorri [35] y NeuroEconomix [36], son los beneficios sociales expresados en la reducción del riesgo y desprotección de los habitantes. El ladrillo propuesto sirve como apoyo o herramienta al desarrollo de proyectos municipales, regionales o nacionales, ya que, al reducir los costos de ejecución en obra, estos proyectos pueden llegar a tener un mayor alcance, es decir, permitiría construir más viviendas de calidad con menor cantidad de recursos que un ladrillo tipo IV convencional.

De acuerdo con la ONU Habitat [18], uno de los criterios mínimos para considerar una vivienda “adecuada” es la Habitabilidad. Los beneficios de la propuesta están alineados según los objetivos cualitativos y dimensiones que considera la ONU para los asentamientos humanos, que podrían alcanzarse de llegar a desarrollarse un proyecto de inversión pública con el diseño del ladrillo propuesto. Ver Figura 7.

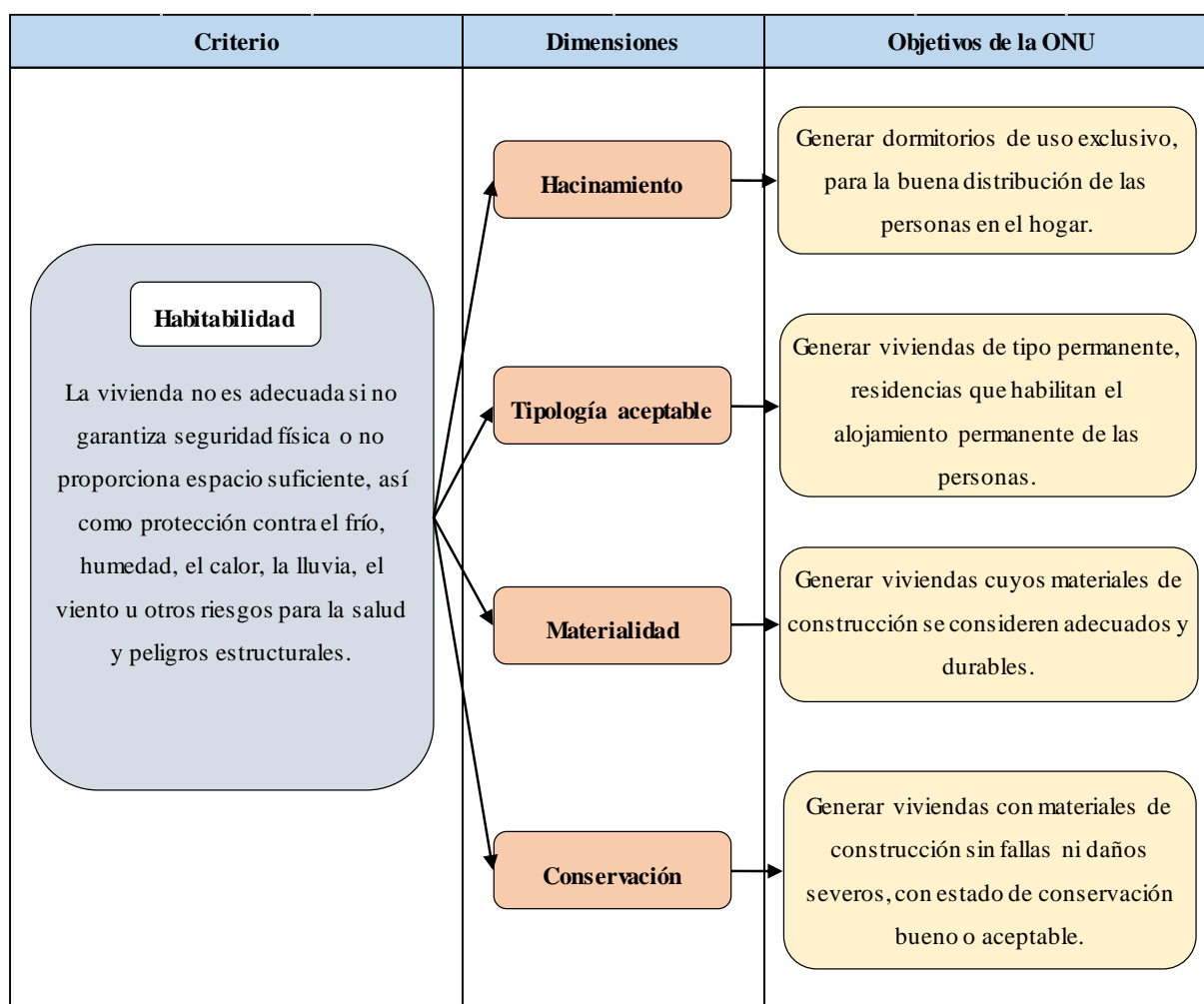


Figura 7: Beneficios cualitativos alineados a las dimensiones de la ONU

Fuente: Elaboración propia. En base a ONU Habitat [18]

Como refiere la ONU Habitat [18], una vivienda adecuada no sólo implica tener un techo para cubrirse; implica también tener acceso a un lugar privado, seguridad adecuada, espacio suficiente, accesibilidad física, estabilidad y durabilidad estructurales, factores apropiados de calidad del medio ambiente y relacionados con la salud, entre otros, y todo ello a un costo razonable. Por ello, el diseño del ladrillo tipo bloque-lego es una propuesta factible para poder promover el desarrollo de viviendas permanentes, dignas y seguras para los habitantes que demanda un costo razonable. De allí se propone a la municipalidad de Salas una forma de impulsar, controlar y mejorar la habitabilidad de las viviendas existentes, las cuales influyen en el grado de protección de sus habitantes en sus diferentes formas y también evitar o reducir las enfermedades transmisibles e infecciosas, como se vio anteriormente en la sección de diagnóstico de las condiciones de infraestructura de la localidad.

Según las directrices de la OMS [37] sobre vivienda y salud, las malas condiciones habitacionales se vierten en inadecuadas condiciones sanitarias que afectan aún más a la calidad de vida y el bienestar de las personas.

A continuación, se muestran otros beneficios cualitativos alineados con los retos y desafíos nacionales en salud determinados por el Ministerio de salud [19]:

- ✓ Disminuir las desigualdades sociales en salud, específicamente en las viviendas inadecuadas.
- ✓ Prevenir y controlar las enfermedades transmisibles, especialmente las metaxénicas (producidas por vectores como son el dengue y la leishmaniasis), y las zoonosis (enfermedades transmitidas de forma directa o indirecta a los humanos por animales).
- ✓ Reducir y controlar las infecciones respiratorias agudas.

Conclusiones

El diseño propuesto del ladrillo tipo bloque de lego cumple con las NTP y puede contribuir a mejorar las condiciones de infraestructura en el distrito de Salas.

Se diagnosticaron las condiciones actuales de infraestructura en Salas, permitiendo identificar que el 75% de las viviendas pertenecen al área rural; las cuales están compuestas de quinchas, calamina, pajilla o petacas con techos de plástico; afectando el bienestar y salud de sus habitantes. Se encontró que el porcentaje de viviendas hechas con materiales precarios en dos caseríos de la localidad es de 37% y 24% respectivamente, influyendo en el grado de protección de sus habitantes quedando vulnerables a enfermedades transmisibles, las cuales son: Infecciones respiratorias (38%), Enfermedades diarreicas agudas (19%), COVID-19 (13%), Febriles como consecuencia de las enfermedades infecciosas (11%), Leishmaniosis

cutánea (9%), Dengue (6%), y Tuberculosis (4%), indicadores que representan grandes cantidades para la población.

Se diseñó la forma geométrica del ladrillo tipo Bloque de Lego, utilizando como herramienta el programa AutoCAD versión 2017, con las siguientes dimensiones: 24 cm de largo, 9 cm de alto y 13 cm de ancho; en base a las medidas establecidas por la Norma Técnica Peruana de Edificación para el ladrillo tipo IV, sin considerar las medidas de los conectores integrados sobresalientes. Este diseño tiene como finalidad el ensamblado total de los ladrillos, tanto verticalmente como horizontalmente, para que no se requiera de un mortero de pega en el asentado de las unidades debido a su traba mecánica. Los conectores integrados se encuentran en la cara frontal y superior del ladrillo; además, cuenta con agujeros pasantes y una cavidad inferior transversal para asegurar la inserción y el encaje entre las unidades.

Se evaluó la factibilidad técnica de los ladrillos, obteniendo una resistencia a la compresión de 140 kg/cm^2 conforme a la NTP 399.604 [14], lo que significa que este ladrillo cuenta con la resistencia y durabilidad adecuada para la construcción de muros, con la dosificación expresada en volumen (litros/bolsa) de Cemento (1,0); Arena de Salas (2,5) y Agua (30,6). Asimismo, su resistencia es similar al ladrillo Tipo IV, el cual tiene un promedio de 130 kg/cm^2 . Por otro lado, se describió el proceso de fabricación del ladrillo mediante un diagrama A3, y se sintetizó en un DOP y DAP, resultando un tiempo de fabricación de 11,77 min por ladrillo, sin contar las últimas operaciones de fraguado (1 día) y curado (7 días), hasta que las unidades son almacenadas organizadamente en un periodo de 28 días, para poder realizar el asentado de los ladrillos de concreto.

Se determinó que el costo por unidad del ladrillo es de 0,48 soles; lo que ahorraría un 64,55% por metro cuadrado en los costos que implican el armado de muros en obra en comparación con el ladrillo Tipo IV. Además, existen beneficios no monetarios de la propuesta, que están relacionados con el aporte que puede brindar el diseño tipo bloque-lego al logro de los objetivos cualitativos de la ONU Habitat y el MINSA trazados para los asentamientos humanos, que podrían alcanzarse de llegar a desarrollarse un proyecto de inversión pública con el diseño del ladrillo propuesto.

Recomendaciones

Para complementar esta investigación se puede llevar a cabo una evaluación sismorresistente de muros construidos con el diseño de ladrillo propuesto para comprobar el comportamiento adecuado ante terremotos severos.

Diseñar una máquina compresora que permita la fabricación en serie de los ladrillos tipo bloque-lego, con la finalidad de producir mayor cantidad de los mismos en un menor tiempo, además esta máquina permitirá una buena calidad constante del producto, eliminando desperdicios.

Se recomienda también, ejecutar un estudio de sostenibilidad ambiental para poder medir la contribución del proceso del ladrillo tipo bloque-lego al medio ambiente.

Referencias

- [1] ONU-Habitat, «Vivienda: inviable para la mayoría,» ONU, [En línea]. Available: <https://onuhabitat.org.mx/index.php/vivienda-inviable-para-la-mayoria>. [Último acceso: 20 10 2020].
- [2] ONU-Habitat, Reporte ciudades del mundo. Urbanización y Desarrollo: Futuros emergentes, Centrourbano, 2016.
- [3] INEI, «Perú: Perfil Sociodemográfico. Informe Nacional,» 2018.
- [4] INEI, «Características de las viviendas particulares y los hogares. Censos Nacionales 2017,» Lima, 2018.
- [5] A. Mesones Flores, Interviewee, *Situación de la infraestructura de las viviendas de la comunidad de Salas*. [Entrevista]. 14 Octubre 2020.
- [6] *NTP 399.601*, Lima, Perú: INACAL, 2006 .
- [7] M. Gatani, «Ladrillos de Suelo-Cemento: Mampuesto tradicional en base a un material sostenible,» CONICET, Córdoba, Argentina, 2000.
- [8] H. Uzoegbo, «Dry-stack and compressed stabilized earth-block construction,» Universidad de Witwatersrand, Johannesburgo, South Africa, 2020.
- [9] R. R. Berlingieri, «Caracterización de bloques suelo cemento como mampuesto,» Universidad Nacional de Cordoba, Cordoba, 2017.
- [10] J. Echeverry Correa y C. Jaramillo Valencia, «Elaboración de (BTC) bloques de tierra comprimida con suelos derivados de cenizas volcánicas y materiales alternativos,» Universidad Libre Seccional Pereira, Pereira, 2017.
- [11] C. Bedoya, «Construcción de vivienda sostenible con bloques de suelo cemento: del residuo al material,» Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín, Medellín, 2018.
- [12] A. Mesones Flores, Interviewee, *Infraestructura de vivienda de los caseríos de Salas: Tempón Bajo y Humedades Alto*. [Entrevista]. 14 Abril 2021.

- [13] Centro Nacional de Epidemiología, Prevención y Control de Enfermedades, «Sala de situación de salud,» Ministerio de Salud del Perú, Septiembre 2021. [En línea]. Available: https://www.dge.gob.pe/salasisituacional/sala/index/salasisit_dash/143. [Último acceso: 14 Septiembre 2021].
- [14] Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales - INDECOPI, «NTP 399.609. Unidades de albañilería. Métodos de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto,» Lima.
- [15] *Norma Técnica Peruana de Edificación E.070*.
- [16] CAPECO, Costos y presupuestos en edificación. Octava Edición., Lima.
- [17] CAPECO, Análisis de precios unitarios en edificaciones, Lima: Cámara Peruana de la construcción, 2014.
- [18] ONU Habitat, «Déficit habitacional en América latina y el Caribe,» 2015.
- [19] Centro Nacional de Epidemiología, Prevención y Control de Enfermedades, «Análisis de la Situación de Salud del Perú 2018,» Ministerio de Salud , Lima, 2019.
- [20] Sanitaria 2000, «Leishmaniasis. Redacción médica,» [En línea]. Available: <https://www.redaccionmedica.com/recursos-salud/diccionario-enfermedades/leishmaniasis>.
- [21] Hábitat para la humanidad México, «Enfermedades más comunes a causa de una vivienda inadecuada,» 2018. [En línea]. Available: <https://www.habitatmexico.org/article/enfermedades-mas-comunes-a-causa-de-una-vivienda-inadecuada>. [Último acceso: 15 Septiembre 2021].
- [22] C. Armenta, J. R García y A. Palacios, «La vulnerabilidad de la vivienda como indicador del contagio comunitario ante la COVID -19 en México,» *Infonavit*, nº 1, 2020.
- [23] Organización Mundial de la Salud, «Saneamiento,» 14 Junio 2019. [En línea]. Available: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/sanitation>. [Último acceso: 15 Septiembre 2021].
- [24] J. Krieger y D. Higgins, «Housing and health: Time again for public health action,» *American journal of public health*, vol. XCII, nº 5, pp. 758-68, 2002.
- [25] C. Queiros y T. Mkombe, «Consideraciones de diseño para un hogar saludable en A/ME,» *El Foro*, vol. XVI, nº 2, pp. 8-9, 2009.

- [26] P. Chávez, «La mortalidad infantil en las viviendas: las consecuencias de la migración campo-ciudad en Santiago (Chile, 1865-1930),» *Temas Americanistas. Universidad de Chile*, n° 40, pp. 265-286, 2018.
- [27] J. D. Jaramillo y M. Morales, «Sistema machiembrado de traba mecánica». Colombia Patente WO 2018/163033 A1, 136 Septiembre 2018.
- [28] Twenergy, «EcoLadrillos México,» 7 Junio 2019. [En línea]. Available: <https://twenergy.com/sostenibilidad/arquitectura-sostenible/ecoladrillos-una-alternativa-mexicana-para-la-construccion-sustentable-2231/>. [Último acceso: 09 Mayo 2021].
- [29] NTP 339.034. *Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la compresión del concreto en muestras cilíndricas.*, Lima, Perú: INDECOPI, 2008.
- [30] O. Gamboa, «Optimización del proceso de fabricación de bloques de concreto del estándar 15 x 20 x 40 cm con grado de resistencia 28 kg/cm², caso específico Fuerte-Block máquinas #1 y #2,» Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala, 2005.
- [31] J. Arrieta y E. Peñaherrera, «Fabricación de bloques de concreto con una mesa vibradora,» UNI - Centro peruano japonés de investigaciones sísmicas y mitigación de desastres, Lima, 2001.
- [32] Euclid Group Toxement, «Guía básica para el curado del concreto,» Bogotá, 2019.
- [33] F. Fernandez, «Epsel ya cuenta con nueva fórmula tarifaria que aplicará a usuarios entre 2018-2023,» *El Comercio*, 26 Mayo 2018.
- [34] Sistema Nacional de Inversión Pública. SNIP, «Evaluación de proyectos,» [En línea]. Available: https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv_publica/docs/capacita/2014/marzo/4.EXPOSICION-Mod-EVALUACION.pdf. [Último acceso: 16 Septiembre 2021].
- [35] N. Iragorri Amaya y P. A. Triana Romero, «Metodología del análisis de costo-efectividad (ACE) en la práctica clínica,» *Investigaciones en seguridad social y salud*, vol. XVII, n° 1, pp. 67-76, 2015.
- [36] NeuroEconomix, «Claves para entender los análisis costo-efectividad y otros tipos de evaluaciones económicas,» [En línea]. Available: <https://www.neuroeconomix.com/es/claves-para-entender-los-analisis-de-costo-efectividad-y-otros-tipos-de-evaluaciones-economicas/#Ejemplo1>. [Último acceso: 1 Octubre 2021].
- [37] OMS, *Directrices de la OMS sobre la vivienda y la salud.*, 2018.

- [38] «MyIB,» Malaysia Interlocking Bricks (MyIB), 2016. [En línea]. Available: <http://www.myib.com.my/index.html>. [Último acceso: 8 Noviembre 2020].
- [39] *NTP 400.022*, Lima, Perú: INDECOPI, 2013.
- [40] *NTP 400.021*, Lima, Perú: INACAL, 2013 (revisada el 2018).
- [41] L. Morawska y J. Cao, «Airborne transmission of SARS-CoV-2: The world should face the reality,» *Environment International*, vol. CXXXIX, n° 105730, 2020.
- [42] *Norma Técnica Peruana de Edificación. NTP 339.034*, Lima, Perú: INDECOPI, 2008.
- [43] «Fastest house construction in 24 hours,» MyIB Interlocking Bricks Technology, 31 Diciembre 2016. [En línea]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=6HwrE1DG6CA&feature=youtu.be>. [Último acceso: 8 Noviembre 2020].
- [44] CAPECO, «Tabla de salarios y beneficios sociales. Pliego nacional 2020-2021.,» 01 Junio 2020. [En línea]. Available: <https://www.yumpu.com/es/document/read/64863146/mano-de-obra-capeco-2020-2021>.

Anexos

Anexo 1: Clasificación de unidades de albañilería

CLASE	VARIACIÓN DE LA DIMENSIÓN (máxima en porcentaje)			ALABEO (máximo en mm)	RESISTENCIA CARACTERÍSTICA A COMPRESIÓN f'_b mínimo en MPa (kg/cm ²) sobre área bruta
	Hasta 100 mm	Hasta 150 mm	Más de 150 mm		
Ladrillo I	± 8	± 6	± 4	10	4,9 (50)
Ladrillo II	± 7	± 6	± 4	8	6,9 (70)
Ladrillo III	± 5	± 4	± 3	6	9,3 (95)
Ladrillo IV	± 4	± 3	± 2	4	12,7 (130)
Ladrillo V	± 3	± 2	± 1	2	17,6 (180)
Bloque P (1)	± 4	± 3	± 2	4	4,9 (50)
Bloque NP (2)	± 7	± 6	± 4	8	2,0 (20)

(1) Bloque usado en la construcción de muros portantes

(2) Bloque usado en la construcción de muros no portantes

Fuente: Norma Técnica de Edificación [15]

Anexo 2: Fotografías de la infraestructura de las viviendas en la localidad de Salas



Figura 1-A: Vivienda construida de quincha con barro y cobertura de calamina



Figura 2-A: Vivienda construida de entramado de caña y cobertura de calamina



Figura 3-A: Vivienda construida de entramado de caña con cobertura de calamina, anexa a otra vivienda construida de adobe



Figura 4-A: Vivienda construida de entramado de caña y cobertura de calamina

Anexo 3: Planos del ladrillo propuesto

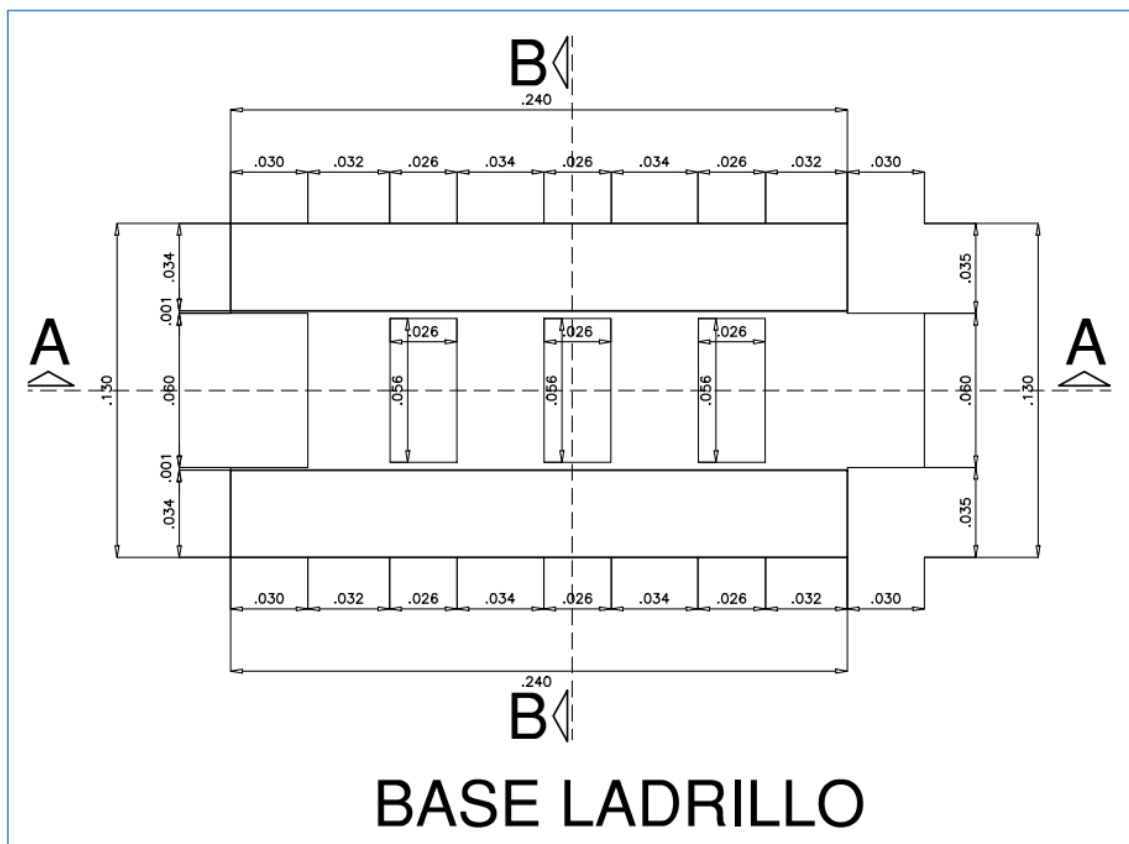


Figura 5-A: Dimensiones de la base del ladrillo en metros

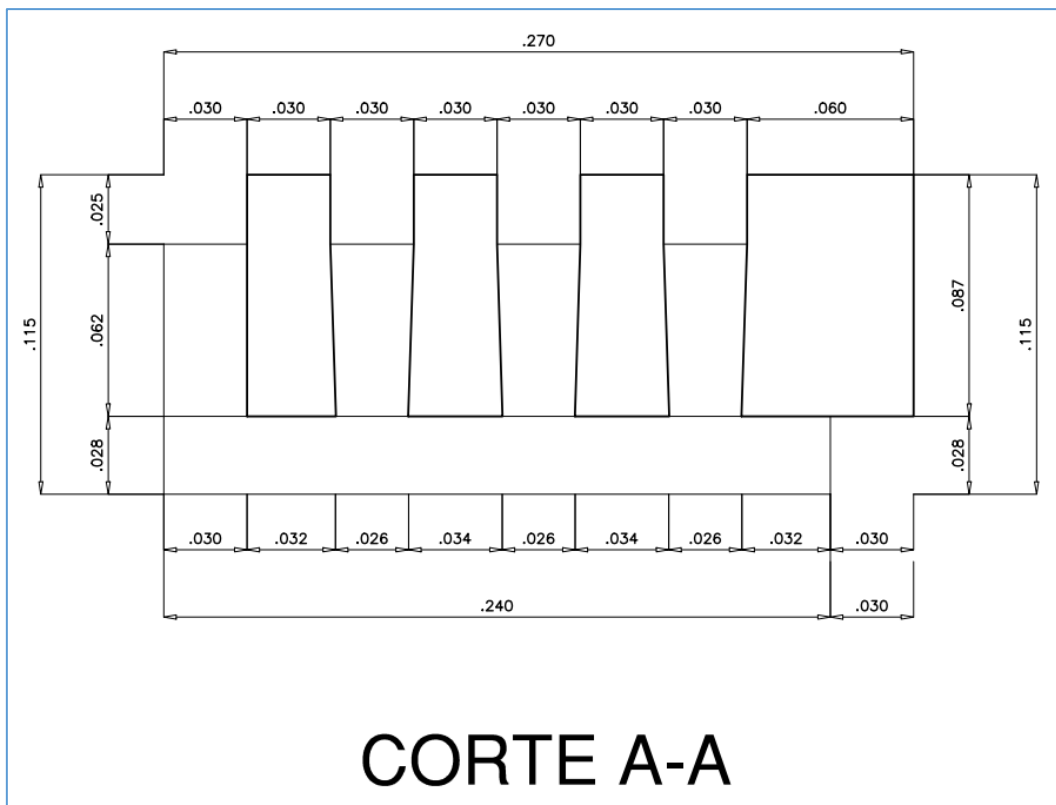


Figura 6-A: Dimensiones del Corte A-A del ladrillo en metros

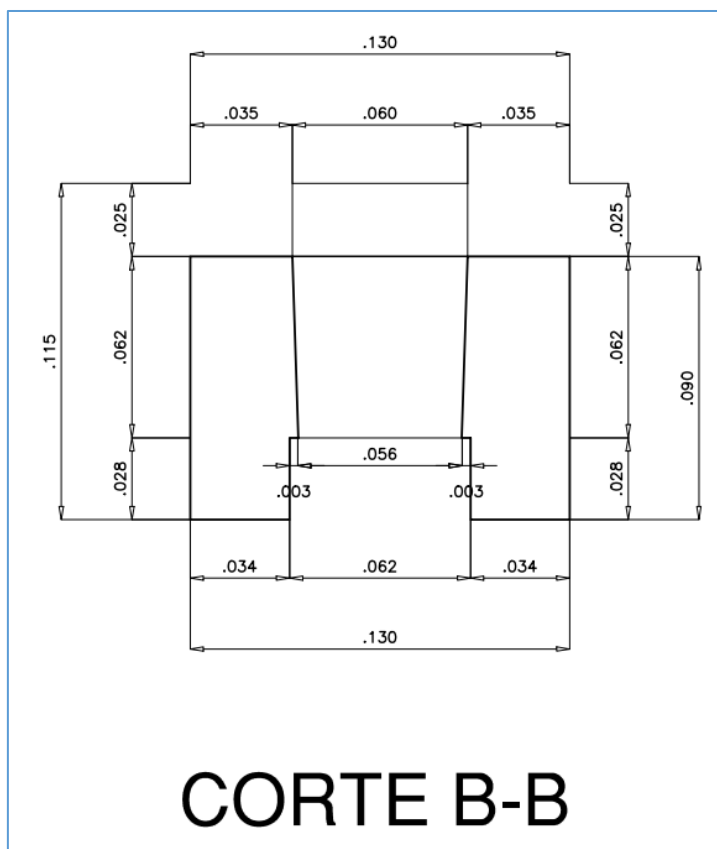
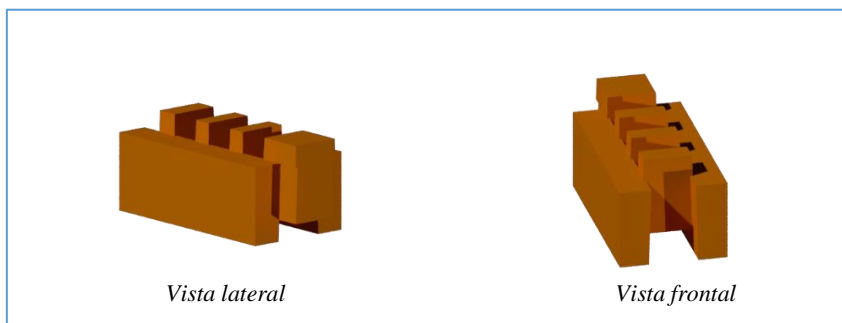


Figura 7-A: Dimensiones del Corte B-B del ladrillo en metros

Anexo 4: Vistas del ladrillo en 3D**Figura 8-A: Perspectivas del ladrillo en 3D (vista lateral y vista frontal)****Figura 9-A: Perspectivas del ladrillo en 3D (vista superior y vista inferior)**

Anexo 5: Proceso de elaboración de ladrillo paso a paso

MATERIALES	MOLDE	
<ul style="list-style-type: none"> • Martillo de goma • Tecnopor cortado con un ancho de 2.8 cm • Jarrita medidora de plástico de 250 ml • Varilla de acero 1.5 cm de diámetro • Palito de madera de 13 x 6 x 3 cm 	<p>Piezas del molde</p>  <p>“Cabeza del ladrillo”</p>	
<p>Modelo del ladrillo</p> 	<p><i>Como se aprecia en la imagen, el molde consta de 5 piezas:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Pieza 1: Forma la pared perimetral del ladrillo • Pieza 2: Forma los agujeros pasantes (c) y el conector integrado frontal (a) • Pieza 3 y 4: Forman la “cabecita del ladrillo” o conector integrado (a) • Pieza 5: Forma la cavidad hueca inferior del ladrillo. 	
DESCRIPCIÓN DEL PROCESO PASO A PASO		
<p>PASO 1:</p> <p>Revisar que todos los materiales estén a disposición.</p>	<p>PASO 8:</p> <p>Posteriormente, para dar uniformidad al acabado de la mezcla se termina por compactar con el largo del palito de apoyo de 13 x 6 x 3</p> 	
<p>PASO 2:</p> <p>Medir la proporción de los materiales secos, colocarlos en la tina y mezclar.</p> <ul style="list-style-type: none"> • 2 jarritas y media de arena • 1 jarrita de cemento 	<p>PASO 9:</p> <p>Posicionar molde para ser sobre un tablón de madera que servirá para el traslado posterior.</p> 	
<p>PASO 3:</p> <p>Medir la proporción de agua y mezclar</p> <ul style="list-style-type: none"> • 1 jarrita de agua 	<p>PASO 10:</p> <p>Dar golpecitos secos al molde para despegar ladrillo compactado.</p> 	
<p>PASO 4:</p> <p>Se unen las piezas 1 y 2. Como se aprecia en la imagen, la Pieza 1 tiene unas marcas, estas sirven para facilitar la identificación de la posición correcta de las piezas. La Pieza 2 tiene una “Cabeza”, la cual debe coincidir con las marcas señaladas.</p>	<p>PASO 11:</p> <p>Trasladar el molde sobre el tablón a la mesa de trabajo. Retirar el tablón arrastrándolo con rapidez hacia un costado. Los próximos ladrillos seguirán el mismo proceso con un espacio de 10 cm entre ellos.</p> 	
 <p>“Cabeza del ladrillo”</p> <p>Marcas para correcta ubicación de la “cabeza del ladrillo”</p>	<p>PASO 12:</p> <p>Introducir cuadraditos de Tecnopor en el molde mientras se retira poco a poco la Pieza 5.</p> 	
<p>Luego, se posicionan las Piezas 3 y 4, donde están ubicadas las marcas de la Pieza 1. Mirando hacia adentro ambas piezas.</p> 	<p>PASO 13:</p> <p>Desencofrar molde. Primero se retira la Pieza 2 del molde, cuidadosamente, de manera vertical. Se levanta la Pieza 1 del molde, lentamente y sin pausas de forma vertical. Finalmente, se retiran las Piezas 3 y 4.</p> 	
<p>PASO 6:</p> <p>Remojar el molde o rociarle agua muy bien por toda la superficie de contacto.</p> 	<p>PASO 14:</p> <p>Fraguar el ladrillo por 1 día. Protegidos de la luz solar.</p> 	
<p>PASO 7:</p> <p>Se incorpora la mezcla por capas compactándola con la varilla. Luego, se introduce la Pieza 5 del molde empujándola hacia adelante retirando así un poco de mezcla. Una vez incorporada la pieza, se llena nuevamente los costados con un poco más de mezcla y se compacta con la varilla de acero.</p> 	<p>PASO 15:</p> <p>Curar los ladrillos. Cubrir con plástico y mojarlos por 7 días, o sumergirlos en agua.</p>  <p>PASO 16:</p> <p>Almacenar</p> 	

Anexo 6: Resultado de resistencia a la compresión. Laboratorio SEPESPEM


**SERVICIOS PROFESIONALES DE ESTUDIOS DE SUELOS
PAVIMENTOS Y ENSAYOS DE MATERIALES**

MANUEL SEOANE N° 137 - TLF. 074-282872 - RPM. #956904282 - LAMBAYEQUE

**RESOLUCION N° 004005-2007/OSD - INDECOPI
CODIGO CONSUCODE N° S0023520**

SOLICITANTE : ARQ. JIMENEZ
PROYECTO : FABRICACION DE LADRILLOS DE CONCRETO
UBICACION : CHICLAYO

**RESULTADO DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL DE LADRILLO DE
CONCRETO**

MUESTRA	FECHA DE ENSAYO	CARGA DE ROTURA kg/Fuerza	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LADRILLO kg/cm ²
1	04/08/2021	21484	139,87
2	04/08/2021	21581	140,5
3	04/08/2021	21857	142,3
Promedio de resistencia a la compresión			140,89

CARACTERÍSTICAS DE LADRILLO DE CONCRETO

LARGO = 24 cm
 ANCHO = 13 cm
 ALTO = 9 cm
 ÁREA TOTAL = 312 cm²
 ÁREA HUECA = 158,4 cm²
 ÁREA NETA = 153,6 cm²
 %VACIOS = 50,80%


 Lic. Martín Noriega Bancr
 EFE LABORATORIO - SEPESPEM




 José Manuel Bances Acosta
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. 178831

Anexo 7: Partida de costos directos para Muro de ladrillo de concreto Tipo IV Soga con mortero de pega de 1 cm de espesor

El rendimiento en obra es de 9 m²/día. Según las partidas de edificación establecidas por CAPECO [16], para el mortero de pega de 1 cm se necesitará cierta cantidad de cemento, arena gruesa y agua, con sus respectivos precios unitarios.

Rendimiento	m ² /día	9,0000	EQ. 9,0000	Costo unitario directo por: m ²		91,17
Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						32,13
Operario		hh	1,00	0,89	21,91	19,48
Peón		hh	0,90	0,80	15,82	12,66
Materiales						58,10
Clavos para madera con cabeza de 2 1/2", 3", 4"		kg		0,02	5,00	0,10
Arena gruesa		m ³		0,03	60,00	1,56
Cemento Portland Tipo I (42,5 kg)		bol		0,23	23,70	5,50
Ladrillo DINO TIPO IV 9 x 13 x 24 gris		und		40,00	1,20	48,00
Madera tornillo		p ²		0,58	5,00	2,90
Agua		m ³		0,01	2,32	0,05
Equipos						0,96
Herramientas manuales		%mo		3,00%	32,13	0,96

Fuente: CAPECO [16]

Anexo 8: Costos directos para Muro de ladrillos de concreto Tipo Bloque-Lego (9x13x24 cm)

Haciendo uso de los ladrillos Tipo Bloque de Lego resulta innecesario el uso de materiales adicionales para el mortero (cemento, arena y agua). Ni tampoco se necesitaría de mano de obra, ya que los mismos pobladores de la zona pueden armar de manera sencilla el muro de ladrillos; sin embargo, se está considerando, en caso se requiera, el apoyo del trabajo de un peón. Es por eso que sólo se han considerado los costos de ladrillo y algunos materiales que no difieren en la edificación usando el ladrillo de concreto Tipo IV.

Rendimiento	m ² /día	18,0000	EQ. 18,0000	Costo unitario directo por: m ²		32,32
Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio (S/)	Parcial (S/)
Mano de Obra						7,03
Peón		hh	1,00	0,44	15,82	7,03
Materiales						25,54
Clavos para madera con cabeza de 2 1/2", 3", 4"		kg		0,02	5,00	0,10
Ladrillo Tipo Lego		und		46,00	0,48	22,54
Madera tornillo		p ²		0,58	5,00	2,90
Equipos						0,21
Herramientas manuales		%mo		3,00%	7,03	0,21

Fuente: Elaboración propia. En base a CAPECO [16]