

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



**Evaluación del impacto sobre el ambiente y la sostenibilidad mediante la
huella ecológica en dos edificaciones rurales construidas con adobe y
ladrillo artesanal en Popan-Zaña, Chiclayo, 2021**

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

AUTOR

Lucia Antonella Suarez Izasiga

ASESOR

Joaquin Hernan Rojas Oblitas

<https://orcid.org/0000-0002-6521-0215>

Chiclayo, 2023

**Evaluación del impacto sobre el ambiente y la sostenibilidad
mediante la huella ecológica en dos edificaciones rurales construidas
con adobe y ladrillo artesanal en Popan-Zaña, Chiclayo, 2021**

PRESENTADA POR
Lucia Antonella Suarez Izasiga

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

INGENIERO CIVIL

APROBADA POR

Segundo Guillermo Carranza Cieza
PRESIDENTE

Wilson Martin Garcia Vera
SECRETARIO

Joaquin Hernan Rojas Oblitas
VOCAL

DEDICATORIA

A mis padres.

Esta investigación no se hubiera podido lograr sin su apoyo incondicional. Gracias a todo lo que me proporcionan sin interés, buscando siempre lo mejor para mis hermanas y para mí. Por darme la oportunidad de obtener una buena educación y formación a lo largo de mi vida,

Que, con su amor, apoyo y confianza incondicional en mi persona son el soporte de esta investigación.

AGRADECIMIENTOS

A Dios

Por siempre darme las fuerzas y salud que necesito para lograr esta investigación. Por permitirme conocer a las personas adecuadas en el momento preciso. Porque a pesar de las dificultades que se presentaron en el desarrollo de esta tesis, siempre me abrió puertas y me brindó nuevas opciones para seguir. Gracias a él por iluminar mi camino para lograr mis objetivos.

A mis asesores

Por tener siempre la disposición de ayudar y escuchar desde inicio a fin durante desarrollo de esta investigación. Por brindarme la oportunidad de aprender de él y poder culminar con satisfacción este trabajo. Por sus aportes, observaciones y recomendaciones durante las asesorías que ayudaron a la calidad del presente trabajo.

TESIS FINAL

INFORME DE ORIGINALIDAD

24%	23%	4%	4%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	7%
2	tesis.usat.edu.pe Fuente de Internet	6%
3	www.slideshare.net Fuente de Internet	2%
4	idus.us.es Fuente de Internet	2%
5	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	es.scribd.com Fuente de Internet	<1%
7	revistas.uandina.edu.pe Fuente de Internet	<1%
8	repositorio.continental.edu.pe Fuente de Internet	<1%
9	Submitted to University of Greenwich Trabajo del estudiante	<1%

ÍNDICE

RESUMEN.....	14
ABSTRACT	15
INTRODUCCIÓN.....	16
REVISIÓN DE LITERATURA.....	20
ANTECEDENTES DEL PROBLEMA.....	20
BASES TEÓRICO-CIENTÍFICAS.....	27
CONCEPTOS BÁSICOS	27
HUELLA ECOLÓGICA	28
DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS	31
MATERIALES Y MÉTODOS.....	32
TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN	32
POBLACIÓN, ESTRATEGIAS DE MUESTREO, MUESTRA, CRITERIOS DE SELECCIÓN	32
MENCIÓN DE INSTRUMENTOS APLICADOS	32
PROCEDIMIENTOS	33
ANÁLISIS TIPOLOGICO DE LAS VIVIENDAS EN POPAN – ZAÑA	33
SELECCIÓN DE PROYECTO REPRESENTATIVO.....	36
DISEÑO DE PROYECTO REPRESENTATIVO	36
DATOS GENERALES DEL PROYECTO.....	36
PROYECTO DE ALBAÑILERÍA CONFINADA	37
DESCRIPCIÓN ESTRUCTURAS	37
DESCRIPCIÓN INSTALACIONES SANITARIAS	55
DESCRIPCIÓN INSTALACIONES ELÉCTRICAS	56
PROYECTO DE ADOBE	57
• DESCRIPCIÓN TÉCNICA	57

SISTEMA DE SISMORRESISTENCIA	57
DESCRIPCIÓN INSTALACIONES SANITARIAS	58
DESCRIPCIÓN INSTALACIONES ELÉCTRICAS	59
HUELLA ECOLÓGICA	60
ASPECTOS ÉTICOS.....	81
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	82
RESULTADOS.....	82
VIVIENDA DE ALBAÑILERÍA CONFINADA	82
Propuesta estructural.....	82
Presupuesto por especialidades.....	84
Insumos por especialidades	84
Huella ecológica relacionada al consumo de energía – combustible.....	85
Huella ecológica relacionada al consumo de energía – electricidad	85
Huella ecológica relacionada al agua.....	85
Huella ecológica relacionada a los alimentos	86
Huella ecológica relacionada a la movilidad	87
Huella ecológica relacionada a los materiales	88
Huella ecológica relacionada residuos.....	89
Huella ecológica relacionada a la superficie construida.....	90
VIVIENDA DE ADOBE.....	91
Propuesta estructural.....	91
Presupuesto por especialidades.....	93
Insumos por especialidades	93
Huella ecológica relacionada al consumo de energía – combustible.....	93
Huella ecológica relacionada al consumo de energía – electricidad	94
Huella ecológica relacionada al agua.....	94
Huella ecológica relacionada a los alimentos	94

Huella ecológica relacionada a la movilidad	96
Huella ecológica relacionada a los materiales	96
Huella ecológica relacionada residuos.....	97
Huella ecológica relacionada a la superficie construida	98
HUELLA ECOLÓGICA TOTAL	99
DISCUSIÓN.....	100
CONCLUSIONES.....	101
RECOMENDACIONES.....	103
REFERENCIAS	104
ANEXOS	107
ANEXO 01: CUESTIONARIO 01: DATOS GENERALES.....	107
ANEXO 02: CUESTIONARIO 02.....	108
ANEXO 03: CUESTIONARIO 03.....	109
ANEXO 04: PANEL FOTOGRÁFICO	110
ANEXO 05: ESTUDIO DE SUELOS.....	115

LISTA DE IMÁGENES

Imagen 1	Metodología para calcular la huella ecológica	30
Imagen 2	Ubicación geográfica de la zona de estudios	33
Imagen 3	Primer grupo de parcelas encuestadas	34
Imagen 4	Segundo grupo de parcelas encuestadas.....	35
Imagen 5	Distribución arquitectónica	37
Imagen 6	Zonificación del Perú	39
Imagen 7	Metodología para determinar la huella relacionada al consumo de energía	60
Imagen 8	Metodología para determinar la huella relacionada al consumo de agua.....	63
Imagen 9	Metodología para determinar la huella relacionada a los alimentos	64
Imagen 10	Almuerzo promedio con ingredientes en porcentajes	65
Imagen 11	Metodología para determinar la huella relacionada a la movilidad	68
Imagen 12	Ruta de Saltur a la zona del proyecto	70
Imagen 13	Ruta de Sipan a la zona del proyecto	70
Imagen 14	13Ruta de Cayalti a la zona del proyecto	71
Imagen 15	13Ruta de Collique a la zona del proyecto.....	71
Imagen 16	Metodología para determinar la huella relacionada a los materiales de la construcción	73
Imagen 17	Metodología para determinar la huella relacionada a los residuos	76
Imagen 18	Metodología para determinar la huella relacionada a la superficie construida	80
Imagen 19	Detalles de losa aligerada	82
Imagen 20	Cuadro resumen de las huellas relacionadas al consumo de alimentos – vivienda de albañilería confinada	87
Imagen 21	Porcentaje de energía incorporada	89
Imagen 22	Detalle de muros de adobe	91
Imagen 23	Vista de perfil de muros de adobe	91
Imagen 24	Cuadro resumen de las huellas relacionadas al consumo de alimentos	95
Imagen 25	Porcentaje de energía incorporada	97

Imagen 26 Casa rural 01 de adobe en Popán	110
Imagen 27: Casa rural 01 de adobe en Popán - vista lateral	110
Imagen 28 Casa rural 02 de adobe en Popán	111
Imagen 29 Casa rural 03 de adobe en Popán - Entrada.....	111
Imagen 30 Casa rural 03 de adobe en Popán - Vista lateral.....	112
Imagen 31 Casa rural 03 de adobe en Popán - Vista frontal	112
Imagen 32 Casa rural 04 de ladrillo en Popán	113
Imagen 33 Casa rural 05 de adobe en Popán - Entrada.....	113
Imagen 34: Casa rural 05 de adobe en Popán - Vista frontal.....	114
Imagen 35: Casa rural 05 de adobe en Popán - Vista lateral.....	114

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Tipos de terrenos productivos	27
Tabla 2: Factores de equivalencia	28
Tabla 3 Instrumentos aplicados en la investigación.....	32
Tabla 4 Características constructivas de las viviendas en Popan.....	35
Tabla 5 Propuesta de tipología de viviendas.....	36
Tabla 6 Tabla de Limitaciones en el uso de unidad de albañilería para muros confinados	38
Tabla 7 Factor de Suelo "S"	40
Tabla 8 Periodos "Tp" y "Tl"	40
Tabla 9 Resumen de parámetro sísmicos	41
Tabla 10 Área de muros en sentido X-X.....	43
Tabla 11 Área de muros en sentido Y-Y.....	43
Tabla 12 esfuerzos con la combinación del 25% de sobrecarga y 100% carga muerta.....	44
Tabla 13Rrigidez de muros en sentido X-X.....	45
Tabla 14 Rrigidez de muros en sentidoY-Y.....	45
Tabla 15 Cortantes de traslaciónen sentido X-X.....	46
Tabla 16 Cortantes de traslaciónen sentido Y-Y.....	46
Tabla 17 Centro de rigidez.....	47
Tabla 18 Centro de masa.....	47
Tabla 19 Cortantes de Diseño para muros en sentido X-X.....	48
Tabla 20 Cortantes de Diseño para muros en sentido Y-Y	48
Tabla 21 Productividad energética del petróleo.....	61
Tabla 22 Intensidad energética de los alimentos.....	65
Tabla 23 Cantidad de alimentos en toneladas por cada S/1000	66
Tabla 24 Hipótesis de una cuadrilla representativa en obra.....	67
Tabla 25 Tipo de movilidad empleada.....	69
Tabla 26 Energía incorporada de cuna a obra por tipo de materiales	74

Tabla 27	Geneación per cápita de residuos domiciliarios en Lambayeque	76
Tabla 28	Composición física promedio de os residuos sólidos domiciliarios	77
Tabla 29	Promedio de porcentajes de RSU del departamento de Lambayeque.....	77
Tabla 30	Promedio de porcentajes de RCD del departamento de Lambayeque	78
Tabla 31	Porcentaje de reciclaje por cada tipo de RSU.	78
Tabla 33	Generación de RCD por cada m2 de construcción.	78
Tabla 33	Presupuesto total por especialidad – vivienda de albañilería confinada	84
Tabla 34	Consumo de combustible por maquinaria durante toda la obra – vivienda de albañilería confinada	85
Tabla 35	Consumo total de kWh por maquinaria en obra – vivienda de albañilería confinada	85
Tabla 36	Consumo total de agua por mano de obra – vivienda de albañilería confinada.....	86
Tabla 37	Huella fósil por tipo de alimentos – vivienda de albañilería confinada	86
Tabla 38	Huella de pastos – vivienda de albañilería confinada	86
Tabla 39	Huella de cultivo – vivienda de albañilería confinada	87
Tabla 40	Número de trabajadores promedio en una día de trabajo en obra. – vivienda de albañilería confinada	88
Tabla 41	Destino, tipo de movilidad y distancias – vivienda de albañilería confinada	88
Tabla 42	Generación de RSU durante toda la duración de la obra y por todos los trabajadores– vivienda de albañilería confinada.....	89
Tabla 43	Generación de RCD durante toda la duración de la obra y por todos los trabajadores – vivienda de albañilería confinada.....	90
Tabla 44	Huella ecológica de residuos– vivienda de albañilería confinada.....	90
Tabla 45	Área total construida - – vivienda de albañilería confinada.....	90
Tabla 46	Presupuesto total por especialidad de la vivienda de adobe	93
Tabla 47	Consumo de combustible por maquinaria durante toda la obra - vivienda de adobe	93
Tabla 48	Consumo total de agua por mano de obra - vivienda de adobe	94
Tabla 49	Huella fósil por tipo de alimentos - vivienda de adobe.....	94
Tabla 50	Huella de pastos	95

Tabla 51 Huella de cultivo – vivienda de adobe	95
Tabla 52 Número de trabajadores promedio en una día de trabajo en obra. - vivienda de adobe	96
Tabla 53 Destino, tipo de movilidad y distancia	96
Tabla 54 Generación de RSU durante toda la duración de la obra y por todos los trabajadores - vivienda de adobe.....	97
Tabla 55 Generación de RCD durante toda la duración de la obra y por todos los trabajadores - vivienda de adobe	98
Tabla 56 Huella ecología de residuos - vivienda de adobe	98
Tabla 57 Área total construida - vivienda de adobe.....	98
Tabla 58 Huella ecológica total de ambas viviendas	99

RESUMEN

El sector de la construcción es un vital en el desarrollo y calidad de vida de la población pero ocasiona un desmedido consumo de los recursos naturales. Es por eso que es necesario un indicador que nos permita evaluar cuantitativamente la sostenibilidad al momento de construir. Esta investigación propone evaluar qué tan sostenible es la construcción de casas de adobe y ladrillo para que se produzca impactos positivos en la industria de la construcción. Se identificó el tipo de vivienda más construida en la zona de Popán para poder seleccionar un proyecto representativo. Se diseñó una estructura, en base al proyecto representativo, con ladrillos artesanales y adobe. Se elaboró los metrados y presupuestos respectivos. Se procedió a calcular el consumo de materiales y energía que se genera, directa e indirectamente, durante la construcción de una casa rural aplicando huella ecológica. Por último se determinará qué tan sostenible son las edificaciones propuestas y se hará una comparación entre ambas.

Como resultado se obtuvo que la huella total para la vivienda de albañilería fue 77.099 Hag y el aporte que tiene mayor impacto es de la huella relacionada a materiales de la construcción. Por otro lado la huella ecológica total para la vivienda vivienda de adobe fue de 52.55 Hag.

Palabras clave: construcción, sostenible, huella ecológica, adobe, ladrillo artesanal

ABSTRACT

The construction sector is vital in the development and quality of life of the population, but it causes excessive consumption of natural resources. That is why an indicator is necessary that allows us to quantitatively evaluate sustainability at the time of construction. This research proposes to evaluate how sustainable the construction of adobe and brick houses is so that positive impacts are produced in the construction industry. The type of housing most built in the Popán area was identified in order to select a representative project. A structure will be designed, based on the representative project, with handmade bricks and adobe. The respective metrics and budgets will be prepared. The consumption of materials and energy that is generated, directly and indirectly, during the construction of a rural house will be calculated by applying an ecological footprint. Finally, it will be determined how sustainable the proposed buildings are and a comparison will be made between the two.

As a result, it was obtained that the total footprint for the masonry house was 77,099 Hag and the contribution that has the greatest impact is the footprint related to construction materials. On the other hand, the total ecological footprint for the adobe house was 52.55 Hag.

Keywords: construction, sustainable, ecological footprint, adobe, artisan brick

INTRODUCCIÓN

Estos últimos años el sector de la construcción ha ido desarrollándose en gran medida y, por tanto, su impacto al medio ambiente. La construcción tiene una relación directa con el desmedido gasto de los recursos naturales y la emisión de gases causantes del cambio climático tal como el Dióxido de Carbono, Óxido de Nitrógeno y Metano. De acuerdo a un informe publicado por la Alianza Global para los Edificios y la Construcción el sector de la construcción consume un 40% de toda la energía. En la fase de extracción de recursos llega hasta un 30% mientras que los residuos sólidos que se generan provenientes de construcciones llegan a un 25%. Además se consume hasta un 25% de agua. [1]

En muchos países de Latinoamérica no se cuentan con datos que entreguen información certera sobre los niveles de contaminación exactos. Sin embargo en Chile es posible obtener una estimación aproximada de las emisiones de gases que ocasionan el efecto invernadero, a partir del Tercer Informe Bienal de actualización sobre Cambio Climático del 2018. En este informe se considera el ciclo de vida completo de los proyectos de construcción y se proyecta que el sector podría potencialmente participar en cerca de un 23% del total de emisiones de gases de efecto invernadero del país. [2]

Los datos ya mencionados son un signo de alarma no para detener las actividades pertenecientes al sector construcción sino que es un signo para buscar opciones y propuestas con el fin de minimizar los impactos sobre el medio ambiente. Así que en respuesta a estos efectos, la utilización ordenada naturalmente puede hacer una contribución significativa para asegurar una construcción sostenible. La sustentabilidad ecológica necesita considerar los valores ambientales de los recursos naturales al utilizarlos y manejarlos.

En el Perú es necesario un replanteo en las formas en que se diseña, se construye y se habitan las edificaciones y ciudades. En tal sentido, la construcción sostenible consiste en idear nuevas formas para construir, que permitan a lo largo de todo el ciclo de vida de una estructura; reducir el consumo de recursos naturales y de energía, aprovechar las energías renovables para que así se promueva la calidad ambiental dentro y fuera de las edificaciones, entre otras características. [3]

En nuestro país a la fecha, el Código Técnico de Construcción Sostenible nos indica algunos lineamientos simples y concretos que garantizan un nivel muy básico de sostenibilidad para

diferentes tipos de proyectos. El código está recién en sus inicios y si se compara con códigos de otros países, considera aspectos menos complejos y tiene carencia en conceptos de ordenamiento territorial, pero en especial sobre la medición, verificación y control de emisiones de dióxido de carbono correspondientes a los procesos propios de la construcción. Es por eso que es necesario desarrollar indicadores que nos permitan calificar y cuantificar el peso de los impactos durante el ciclo de vida del proceso constructivo, desde la extracción de las materias primas hasta su demolición. Un indicador de sostenibilidad es la huella ecológica ya que brinda resultados que son entendibles por la sociedad no científica facilitando la aplicación para incluirse en normativas medioambientales y en la toma de decisiones. Es por eso que al integrar este indicador en el sector construcción, observaremos las ventajas y desventajas que se puedan presentar ya que transforma todos los consumos de materiales y energía a hectáreas de terreno productivo permitiendo tener datos claros y precisos del impacto que ocasiona las actividades ligadas a las construcciones.

El departamento de Lambayeque tiene una población de 1'197,260 habitantes, de los cuales el 19% se ubica en el ámbito rural con un total de 226,139 habitantes. De entre todos sus distritos nos enfocaremos en el distrito de Zaña cuya población total rural es de 2,225 habitantes [4]. En esta zona se pudo distinguir la presencia de familias que realizan actividades primarias como la agricultura y ganadería para sustentar sus gastos diarios. Además, en algunos casos, sus ingresos aumentan con la venta de productos que son procesados a partir de los sembríos que han cultivado. De la misma manera se pudo evidenciar que cuentan con gran disponibilidad de tierras aptas para la elaboración de unidades de adobes lo que ocasiona que muchas familias construyan de manera empírica sus viviendas con este recurso.

Los servicios básicos como luz, agua y desagüe que fácilmente se emplean en la ciudad son un verdadero privilegio en esta zona. Durante la elaboración de esta tesis se pudo evidenciar la instalación de algunos puntos del servicio de luz eléctrica en algunas de las viviendas de los pobladores, sin embargo sólo fue este servicio ya que hasta la fecha muchas viviendas no cuentan con las instalaciones de agua potable y ni saneamiento adecuado. Por otro lado existe hacinamiento en las viviendas principalmente por dos motivos: poco espacio asignado y mala distribución de ambientes. Todo lo que se a mencionado nos indica que las familias se encuentren bajo deficientes condiciones de habitabilidad.

Por otro lado a pesar de que en la actualidad se busca realizar construcciones sustentables para evitar el deterioro del medio ambiente, el adobe no es considerado como un material viable a la hora de elegir un material de construcción. Y esto ocurre en la zona de estudio, algunos pobladores con mayores recursos económicos han optado por construir sus casas a base de ladrillo y concreto armado pensando que el adobe es una mala opción y nisiquiera se les ocurre usarlo por el desconocimiento que tienen y la desconfianza que genera. Debido a esto, en esta tesis se demostró con el indicador huella ecológica, que construir con adobe es mucho mejor que construir con ladrillo. De entre sus ventajas, una de las que más destaca, es su bajo costo tanto económico como ambiental siendo una opción sustentable a la hora de edificar una vivienda.

En esta investigación se evaluó el impacto sobre el ambiente y la sostenibilidad mediante la huella ecológica en dos edificaciones rurales construidas con adobe y ladrillo artesanal en Zaña, Chiclayo. Así, mediante el estudio de huella ecológica que cada una generó, se logró cuantificar datos referentes al consumo de recursos naturales y energía, permitiendo conocer de manera concreta qué tan ecoamigables son estas construcciones y cuál es la más sostenible.

Uno de los principales motivos para llevar a cabo esta investigación fué referente al ámbito ambiental. Como sabemos la industria de la construcción ha ido creciendo muy rápido en estos últimos años. Esto trae muchos beneficios tales como generación de empleo, mejora en la infraestructura, incremento en la calidad de vida, entre otros tantos. Sin embargo, estamos dejando de lado los efectos negativos. El más perjudicial de todos es el impacto que tiene sobre el medio ambiente al consumir en gran cantidad recursos no renovables.

Así mismo sirvió para conocer acerca de la huella ambiental en el sector construcción, la cual puede ser utilizada para la toma de decisiones sostenibles y así mejorar la calidad de construcción en nuestro país. Además existe la necesidad de mejorar las condiciones de vida de la población rural de Zaña, de esta manera se propuso un modelo de vivienda que optimizará las residencias actuales, sin dejar de lado la sostenibilidad ambiental produciéndose impactos positivos en la industria de la construcción y medio ambiente. Por ultimo esta investigación logrará optimizar el proceso constructivo de las viviendas generando un mejor rendimiento en cuanto a costos y tiempo

El objetivo general de la presente investigación fue evaluar el impacto sobre el ambiente y la sostenibilidad mediante la huella ecológica en dos edificaciones rurales construidas con ladrillos artesanales y adobe respectivamente en Zaña – Chiclayo. Para el cumplimiento de este objetivo general, se planteó los siguientes objetivos específicos

- Identificar el tipo de vivienda más construido en la zona de Popán.
- Seleccionar un proyecto representativo de la tipología determinada.
- Diseñar una estructura en base a la tipología determinada con ladrillo artesanal y adobe
- Elaborar el metrado y presupuesto correspondiente de los prototipos planteados.
- Calcular consumos de materiales y energía que se generan, directa e indirectamente, durante la construcción de la casa rural aplicando huella ecológica
- Determinar mediante huella ecológica que tan sostenible son ambas edificaciones
- Comparar la sostenibilidad de una casa con ladrillo artesanal y una con adobe

Como antecedentes de la investigación tenemos a Antonio Freire Guerrero que en el año 2017 realizó una tesis doctoral titulada “PRESUPUESTO AMBIENTAL. EVALUCIÓN DE LA HUELLA ECOLÓGICA DEL PROYECTO A TRAVÉS DE LA CLASIFICACIÓN DE LA BASE DE COSTES DE LA CONSTRUCCIÓN DE ANDALUCÍA” con su investigación llegó a la conclusión que la huella ecológica es viable como indicador ambiental dentro del esquema de costos y presupuestos de los diversos proyectos de obra. Con esto se abre la opción de tomar decisiones en fase de proyecto que nos darán una mejoría de la “calificación ambiental”. Comprueba que incorporar la huella ecológica como indicador ambiental es posible a través de la evaluación de la Base de Costes de la Construcción de Andalucía (BCCA), manteniendo su misma organización. [5]

En el 2018 Ming Liu, Baogang Zhang, Jingwei Ren, Honglei Gu, Jie Yuan, publicaron su investigación “Sustainability evaluation of the ecological footprint of rural residential houses with difference materials” en la revista Materials Science and Engineering donde llegaron a la conclusión que la huella ecológica casa de adobe es la más baja y siendo su índice de huella el más alto por lo que es el más sostenible. Además, la huella ecológica obtenida de la casa de paja es del 60%, que es mayor que la de la residencia de múltiples de la cual se obtuvo un 68%, por lo que la residencia de múltiples capas es más sustentable en solo etapa de construcción. Al mismo tiempo se confirmó que los índices de huella ecológica de la casa de paja y de la casa

de adobe cocido son los más altos que los de la casa de campo, lo que implica que su sostenibilidad es significativamente superior.

La huella ecológica total para la vivienda de albañilería confinada fue de 77.099 Hag y el aporte que tiene mayor impacto es de la huella relacionada a materiales de la construcción con una huella de 54.91 Hag. ya que equivale a un 75.12% de la huella total.

La huella ecológica total para la vivienda vivienda de adobe fue de 52.55 Hag y el aporte que tiene mayor impacto es de la huella relacionada a materiales de la construcción con una huella de 34.99 Hag. ya que equivale a un 66.58% de la huella total.

REVISIÓN DE LITERATURA

ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

Paola Pomè, Alice; Chiara, Tagliaro; Gianandrea Ciaramella. 2021. A proposal for measuring in-use buildings' impact through the ecological footprint approach.

En esta investigación se llegan a varias conclusiones:

- La huella ecológica produce un resultado relativo, sino una unidad de medida simple e intuitiva, hectáreas globales (gha), que facilita las comparaciones incluso para edificios ubicados en diferentes países. Además, este resultado científico puede ser entendido no solo por los evaluadores, sino también por los administradores de edificios, propietarios y usuarios finales.
- El cálculo de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y la energía de por vida, que son los indicadores más comunes del impacto de los entornos artificiales en el entorno natural, son muy abstractos y se beneficiarían si se combinaran con una variedad de otras medidas que pueden respaldar las acciones de mitigación
- La medida en que pueden contribuir a la huella ecológica depende no solo de las actividades que se llevan a cabo en un edificio (por ejemplo, un edificio de oficinas), sino también de sus comportamientos. Los hábitos en la generación de residuos y el consumo de alimentos y bebidas tuvieron un impacto particular en el estudio de caso.
- La huella ecológica proporciona una medida que representa el consumo excesivo puede fomentar una cultura más sostenible. Gha hace que el modelo sea potencialmente comparable a las hectáreas de producción asimilación de residuos por ciudad o región, de modo que estos puntos de referencia podrían establecer un

presupuesto general u objetivo de consumo sostenible por áreas territoriales específicas

Gisbert Nieto, Aitana. El adobe, una oportunidad de desarrollo sostenible para la región ixil: Proyecto para la recuperación de técnicas tradicionales de construcción en las comunidades de Nebaj, Guatemala. 2020. [6]

Esta investigación concluye que el adobe es un recurso del cual se ha disminuido su uso en la zona de Nebaj. Es algo que no sólo se refleja con las estadísticas, sino que los mismos habitantes confirman la decadencia del empleo de este material. También se menciona que las viviendas de adobe están construidas de manera pésima, de tal manera que atenta contra la seguridad de las familias que las habitan; además en ningún caso se les ha dado mantenimiento por lo que su durabilidad disminuye significativamente.

Dejene Tesema, Bulti; Tibebu, Assefa. 2019. Analyzing ecological footprint of residential building construction in adama City, Ethiopia. Springer Open [7]

Esta investigación logró analizar la sostenibilidad del consumo de recursos en la construcción de edificios residenciales independientes en Adama City utilizando el enfoque de huella ecológica. Para lograr esto se seleccionó un sector que consta de 967 edificios residenciales independientes con diferentes variables. Es decir, en su estudio incluyeron diferentes variables tales como el tipo de edificio, el área de la parcela, el número de piso, el tamaño de la familia, los tipos y fuentes de materiales de construcción y las medidas reales de los detalles del edificio. Además, se identificaron las fuentes de materiales, las rutas de transporte y se midieron las distancias de viaje. También calcularon la cantidad de combustible consumido a partir de las distancias de viaje y el consumo promedio de combustible de los camiones. El número de labores para la construcción y la proporción de desperdicios se tomaron de la literatura.

El resultado del cálculo de huella ecológica demuestra que cada residente del vecindario seleccionado ha construido su refugio al costo de 2.429 hectáreas de tierra bioproductiva promedio global. Simultáneamente en términos de eficiencia espacial, el valor de huella ecológica es 0,130 gha / m². El resultado indica que la práctica existente de construcción de edificios residenciales independientes no es sostenible en comparación con la capacidad de suministro ecológico local. Se encuentra que el déficit es de 1,277 gha / cápita. El resultado de esta investigación también revela que se ha consumido una cantidad significativa de recursos

que van desde 1.084 a 8.146 gha / cápita. Este estudio concluye calculando la huella ecológica total de la construcción residencial en la Ciudad, siendo 2.952 gha / cápita. Además, el consumo total de recursos muestra un déficit ecológico de 1.277 gha / cápita, lo que indica la práctica existente no es sostenible.

Antonio Freire Guerrero. Presupuesto ambiental. Evaluación de la huella ecológica del proyecto a través de la clasificación de la base de costes de la construcción de Andalucía. 2017. Tesis Doctoral. [5]

En esta tesis doctoral se buscó reducir el impacto que producen la urbanización de la tierras, construcción, mantenimiento y uso, y posterior demolición o rehabilitación de los edificios. Para lograr esto se realizó un sistema “sistema de medición ambiental”, de tal manera que se permita medir y cuantificar los impactos ocasionados y así mejorar las medidas que se pueden aplicar para mitigarlos. Se estableció una metodología llamada Huella Ecológica que permite convertir cada uno de los insumos que se usen durante el ciclo de vida que tienen las construcciones.

Con su investigación ha demostrado que es posible incluir el aspecto ambiental dentro de los procesos de elaboración y desarrollo de un proyecto de construcción, específicamente en los puntos referentes a mediciones y presupuestos. Con esto se abre la opción de tomar decisiones en fase de proyecto que nos darán una mejoría de la “calificación ambiental”.

En esta investigación construyeron cuatro modelos de huella ecológica de diferentes casas en el norte de China e hicieron una serie de análisis cuantitativos. Al comparar los diferentes tipos de casas encontraron que la casa de adobe cocido, el cual es una mezcla entre agua, arena y paja, es la más sustentable en etapa de construcción y su índice de huella ecológica es el más alto. Además, las huellas ecológicas de la casa de paja y la residencia de múltiples capas son similares en la etapa de construcción, operación y demolición. Por otro lado, pudieron encontrar que la elección de los materiales de construcción es el factor central para reducir la huella ecológica en la etapa de demolición, y los mayores esfuerzos en la etapa de diseño pueden reducir efectivamente la huella ecológica total en otras etapas. Por lo tanto, llegaron a la conclusión que se puede reducir la huella ecológica total al reducir la huella ecológica en la etapa de construcción y la etapa de operación de manera efectiva. Lo más importante es elegir los materiales con menor huella ecológica o utilizar materiales prefabricados en fase de construcción, y utilizar tecnologías de ahorro energético como calor concentrado y sistemas de gas en fase de operación.

Hong, Jinn; Wei, Ling. 2015. External wall structure of green rural houses in Daqing, China, based on life cycle and ecological footprint theories. *Frontiers of Architectural Research*. [8]

En esta investigación se toma en cuenta el entorno de vida de la región Daqing, la cual es extremadamente pobre debido al clima severo y la economía atrasada. La pared exterior es un componente importante de la envolvente exterior de los edificios y contribuye en gran medida al ambiente térmico interior. Tomando el muro exterior como objeto de investigación, este estudio resume las características de la estructura del muro exterior y analiza los materiales comunes utilizados en las residencias rurales existentes. Para esto combinan la teoría del ciclo de vida y la teoría de la huella ecológica (EF) e introducen la estructura del muro exterior verde, así como su aplicación en la práctica, de acuerdo con el ecosistema local.

Las paredes externas que han sido estudiadas están hechas predominantemente de 83% de ladrillos de arcilla maciza de cosecha propia y 7% de adobe. La investigación demuestra que la huella ecológica de la residencia ecológica es significativamente más baja que el de la residencia tradicional tanto para las etapas de producción como de operación. La huella ecológica de la residencia ecológica durante la producción y operación son solo 0.6% y el 17,66% de los de la residencia tradicional, respectivamente. Por lo tanto, la pared externa de la residencia ecológica tiene un efecto negativo mínimo en el ecosistema y puede clasificarse como una pared ecológica

Los datos muestran que la reducción total de la huella ecológica de la residencia ecológica es de 1494 nha, que es un 99,47% menor que la de la residencia tradicional. Así mismo, los valores obtenidos durante la producción, construcción y operación son más bajos que los de la residencia tradicional en 99,99%, 70% y 82,34%, respectivamente. En cuanto a costos total del muro exterior de la residencia ecológica es de 12.409 yuanes, mientras que el de la residencia tradicional es de 19.245 yuanes. El costo del muro exterior de la residencia ecológica es 7395 yuanes menor que el de la residencia tradicional. Además, el costo por metro cuadrado del primero es 37 yuanes menor que el del segundo. Se puede decir que el desempeño de la residencia ecológica es sobresaliente desde el punto de vista ambiental y económico por su bajo costo y mínimo efecto sobre el ecosistema durante su ciclo de vida

Concluyen que, al combinar las teorías del ciclo de vida y huella ecológica, se puede analizar y cuantificar el efecto de los materiales y estructuras de las paredes externas en la ecología y aplicar los resultados de la investigación en la práctica. Los resultados de la evaluación integral del desempeño de la operación sugieren que la eco-sostenibilidad de la residencia ecológica es superior a la de la residencia tradicional.

Karen Garcés, Jannette Delgado, Rolando Lozano, Elvis Yuri Mamani, Ed Gutiérrez, Anahí Najjar, Alexei Reynaga. Variación de la Huella ecológica de los estudiantes de Ingeniería Ambiental de la Universidad Andina del Cusco durante la pandemia del COVID – 19. 2020. Yachay - Revista científico cultural [9]

En esta investigación se halló la variación de la huella ecológica per cápita de los alumnos pertenecientes a la Universidad Andina del Cusco, específicamente aquellos que pertenecen a la escuela profesional de Ingeniería Ambiental. Para lograr esto se dividió en dos circunstancias: antes de pandemia y durante pandemia. Se realizaron cuestionarios que se emplearon internacionalmente y los adaptaron para calcular la huella de los estudiantes. Para la huella consideraron 4 rubros: alimentación, movilidad, energía e insumos forestales.

En cuanto a los resultados se evidenció que la huella de los estudiantes disminuyó en un 0.207 Hag. El rubro más impactado ha sido el de movilidad con un 0.185 Hag y le sigue el rubro de alimentación con un 0.022 Hag. En el rubro de insumos forestales la reducción fue de tan sólo 0.002 Hag y en energía se halló un aumento de 0.002 Hag.

Lázaro de Ortecho, Alberto Mendiola. Incidencia de las políticas empresariales medioambientales en la gestión de residuos sólidos en el sector construcción, Lima 2018. Industrial Data, vol. 23, núm. 2, 2020

Esta investigación buscó demostrar que podemos lograr una buena gestión de los residuos sólidos por medio de políticas empresariales medioambientales que sean efectivas y no sólo con meras normas institucionales. Para llevar a cabo este estudio se realizó una encuesta a ochenta y seis profesionales que pertenecen al sector de la construcción dentro de la ciudad de Lima.

Dentro de las conclusiones tenemos que toda mejoría que se obtenga al manejar de manera adecuada los residuos debe de ser sostenible y sustentable en el tiempo. Además, también se menciona que se tienen que elaborar políticas empresariales medioambientales que sean efectivas en cuanto al manejo de los residuos sólidos en el sector construcción. Es imperativo analizar los códigos de ética que tienen las diferentes empresas y la actitud que se tiene en los directivos y altos mandos de cada una de ellas puesto que sino les interesa o preocupa lo ambiental es muy limitado lo que se pueda lograr.

Jaimes Gutierrez Leslie Luz. Estimación de la huella ecológica de la Universidad Peruana Unión. 2019. Tesis para optar grado de Magister [10]

El presente estudio tuvo como objetivo calcular la huella ecológica de la Universidad Peruana Unión en el año 2017. Para esto se analizaron 5 rubros: agua, energía eléctrica, superficie construida, papel y movilidad. Se empleó la metodología propuesta por López y Blanco. Siguiendo esa metodología se hacen 2 procesos: el directo (considera información que se puede acceder) y el indirecto (considera variables que no se pueden saber con exactitud sus cantidades).

Los resultados obtenidos nos dicen que en 2017 la universidad necesitó de 462.2 Hag para poder asimilar las emisiones que se generaron, mientras que la huella obtenida de un estudiante de la escuela de ingeniería ambiental llegó a 0.08 Hag. Por último se hizo una comparación donde se evidencia que a huella generada por la universidad Peruana Unión en 7.3 veces el tamaño del área que ocupa.

Bulege Gutiérrez, Wilfredo. Biocapacidad y huella ecológica en el contexto del cambio climático de la ciudad de Huancayo. 2016. Tesis doctoral [11]

En esta tesis se determinó la biocapacidad y huella ecológica personal de los ciudadanos de Huancayo durante el periodo del año 2016. Para obtener los datos se necesitó un total de 383 personas que sean mayores de edad. Durante el análisis se relacionó las variables biocapacidad y huella ecológica, temperatura y extensión glaciaria como dimensiones del cambio climático durante los años 1986 a 2016.

Se logró concluir que la huella ecológica personal de Huancayo es inferior a la biocapacidad del país por lo que exceso ecológico de 2.27 Hag. Asimismo existe una relación lineal inversa entre la huella ecológica de Junín y la biocapacidad del Perú, y de la misma manera una relación no lineal entre temperatura mínima de Huancayo y extensión glaciaria del Huaytapallana.

Quiroz Quiñones, Luis. Cálculo de la huella ecológica de tres instituciones educativas, en etapa de construcción y operación, ubicadas en la provincia de Chiclayo, a través de la clasificación de la base de costos de la construcción, 2020 [12]

En esta investigación se proponen diversas propuestas en las diferentes etapas estudiadas. En primer lugar, en la fase de operación se ha considerado la capacitación para alumnos y profesores, consideración en elementos de control como reducir generación de basura, incentivar el reciclaje, ahorro de recursos y otras consideraciones que son afines. Por otro lado,

en la fase de construcción se ha considerado: el transporte en movilidad grupal, optimización de recursos y evaluación técnica de materiales reciclados.

Se llegó a la conclusión que la fase de construcción en donde se tiene una huella ecológica mayor. Esta huella se ha calculado por especialidades siendo la huella de Estructuras 5645.97 Hag, para Arquitectura 1390.75 Hag, para las instalaciones eléctricas 115.57 Hag y para las instalaciones sanitarias 81.81 Hag.

Carrasco Capo, Kevin Nicolas. Análisis de la huella ecológica como indicador de sostenibilidad en la etapa de construcción de dos instituciones educativas estatales en Chiclayo, 2019 [13]

En esta investigación se determina la huella ecológica entre dos instituciones estatales, las cuales son: La institución educativa Elvira García y García y la institución educativa. Rosa Flores De Oliva. Ambas instituciones estudiadas pertenecen a la misma ciudad e Chiclayo. Se analizaron los siguientes aspectos: energía, agua, alimentos, transporte, materiales, residuos y superficie construida.

Para la I.E. Elvira García y García se obtuvo una HE de 3,655.10 hag y para la I.E. Rosa Flores de Oliva una HE de 2,626.22 hag. Analizaron cuál fue la principal diferencia y es por la huella de residuos específicamente en las partidas de demolición y excavación.

Miguel, Hadzich. Manual de construcción. Vivienda antisísmica de adobe. 1999. Pontificia universidad católica del Perú. Fondo Editorial 1999

En esa investigación se explica el proceso constructivo completamente detallado de una vivienda antisísmica capaz de resistir movimientos sísmicos de alto grado. La particularidad de esta vivienda es el material del cual está construida, el cual es el adobe y caña. El modelo de construcción corresponde a la casa ecológica PUCP, la cual es una vivienda de 78 m² y dos habitaciones.

BASES TEÓRICO-CIENTIFICAS

CONCEPTOS BÁSICOS

▪ **Productividad natural**

Hace referencia a la cuantía de recursos renovables que son extraídos de la naturaleza representada normalmente en unidades de recurso producido dividida entre la cantidad de terreno y tiempo empleados para producir algo específico. Sí, por ejemplo, un determinado pueblo consume al año 10 000 kg de camotes, y la productividad media del camote es de 10 000 kg/ha, ese pueblo estará consumiendo el equivalente a 1 hectárea de terreno de cultivo. Ese dato obtenido sería la huella ecológica que le corresponde a este terreno en específico. El mismo proceso se aplica a todo tipo de consumo de recursos: materiales, agua, tierra, combustibles, etc.

▪ **Terrenos Productivos**

Existen varios tipos de terreno que tienen un valor de bio-productividad que nos permiten clasificarlos y obtener resultados en lo referente a huella ecológica. En total son 6 tipos de terreno productivo y se exponen en la siguiente tabla:

Tabla 1: Tipos de terrenos productivos

USO	DESCRIPCIÓN
Cultivos	Cantidad de tierra que es utilizada para cultivar alimentos para consumo humano y animal
Pastoreo	Tierra destinada al pastoreo y crianza de ganado
Bosques	Bosques requeridos para suministrar
Terreno construído	Tierra que es ocupada por infraestructuras humanas (transportes, viviendas, industria, embalses,etc)
Mar	Calculada partiendo de la producción primaria que se necesita para mantener captura de especies acuáticas.

Fuente: Extraído de [14]

- **Factores de equivalencia**

No se puede comparar un terreno de cultivo con una superficie de mar ya que la productividad de ambos es completamente diferentes. Por este motivo se debe homogeneizar los terrenos multiplicando la huella ecológica de cada uno por un factor de equivalencia. Este factor es obtenido al escalar la productividad de un tipo de tierra en específico en una unidad universal de hectárea global. Para los diferentes tipos de tierras productivas existen factores asignados, los cuáles se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 2: Factores de equivalencia

<i>Categoría de superficie</i>	Factor de equivalencia Hectáreas globales por hectáreas
<i>Tierra cultivable</i>	2.51
<i>Pastos</i>	0.46
<i>Bosques</i>	1.26
<i>Terreno construido</i>	2.51
<i>Mar</i>	0.37

Fuente: Extraído de [15]

- **Hectárea Global (hag)**

Es una hectárea biológicamente productiva con una productividad biológica promedio mundial para un año determinado. Son la unidad contable para las cuentas de Huella Ecológica y Biocapacidad. Estas hectáreas ayudan a los investigadores a informar sobre la biocapacidad de la tierra o de una región. Se necesitan hectáreas globales porque los diferentes tipos de tierra tienen diferentes productividades.

HUELLA ECOLÓGICA

La huella ecológica convierte el consumo de recursos naturales de una determinada población a superficie de “naturaleza”, para luego compararla con la capacidad de carga real.

Para hablar de huella ecológica podemos hacer una similitud con deuda ecológica lo cual nos exige responsabilidades ambientales, obligaciones de prevención y reparación de daños ambientales.

Doménech define la huella ecológica de una población como “el total de espacios de tierra y mar, ecológicamente productivos, necesarios para producir todos los recursos consumidos por esa población y para asimilar todos sus desechos” [16]

Para poder hacer el cálculo de la huella ecológica relacionada a la construcción en zonas rurales tenemos que definir las fuentes que impactan en la huella ecológica, las cuáles son: consumos directos, indirectos, generación de residuos y área construida.

Cuando nos referimos a consumos directos, hablamos de los que ocasionan empleo directo de insumos en la obra, ya sea por medio de agua o del gasto energético (electricidad o combustible).

Cuando nos referimos a consumos indirectos, hablamos de aquellos que generan el empleo indirecto de recursos en la obra, ya que los insumos materiales o energéticos utilizados provienen de otros previos. Para este estudio serían: los trabajadores y los insumos de la construcción.

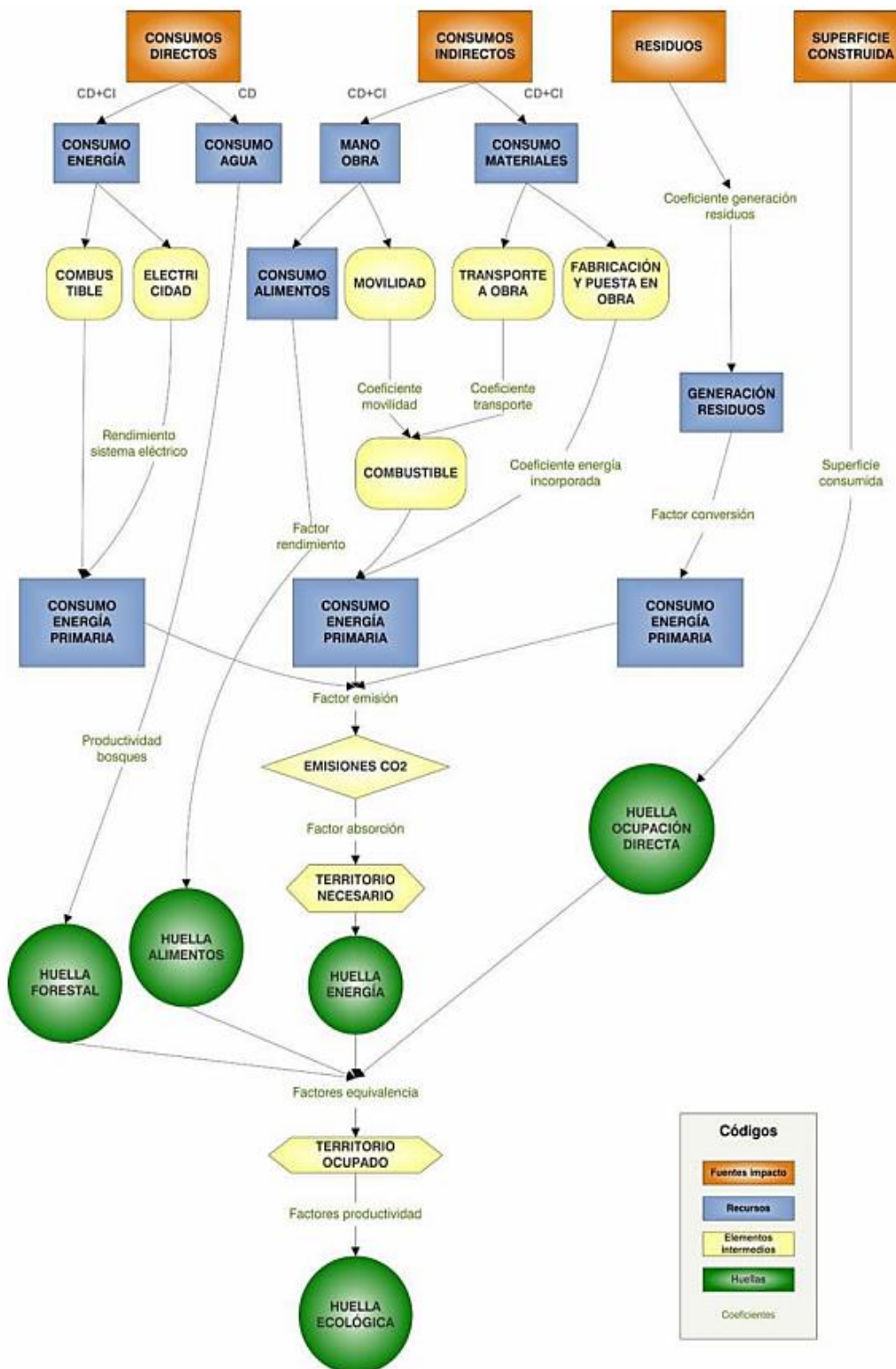
El consumo de los trabajadores en la construcción de viviendas ocasiona dos cosas: consumos de alimentos y empleo de combustible. Por otro lado, al hablar de materiales de construcción, debido a los diferentes procesos de fabricación, transporte y puesta en obra, se consumen combustible o energía. Para la huella ecológica, el estudio cuantitativo de los materiales no es lo más relevante, sino cómo se traduce esa cantidad consumida en recursos que sí son expresables en términos de huella ecológica. Por eso se transforma esa cantidad en gasto de energía primaria, al igual que se hace con la electricidad o la movilidad.

El tercer factor de impacto son los residuos que se generan durante la fase de construcción. Para esta investigación nos enfocaremos en los residuos de construcción y demolición (RCD).

Y la última fuente de impacto es la propia superficie construida, que provoca el consumo de territorio, y por tanto, una huella sobre el mismo.

Se puede evidenciar que cada una de las fuentes de impacto genera residuos o emplea recursos tales como energía, agua, mano de obra, materiales.

Imagen 1 Metodología para calcular la huella ecológica



Fuente: [17]

DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

- **HUELLA ECOLÓGICA:** Es un indicador ambiental que permite medir la demanda y la oferta de la naturaleza
- **FACTOR DE EQUIVALENCIA:** Este factor es obtenido al escalar la productividad de un tipo de tierra en específico en una unidad universal de hectárea global.
- **HECTAREA GLOBAL (GHA):** Es la unidad contable para la huella ecológica y biocapacidad
- **SOSTENIBILIDAD:** hace referencia a satisfacer las necesidades actuales sin llegar a comprometer el bienestar de las generaciones venideras, donde se garantice un equilibrio entre economía, cuidado al medio ambiente y bienestar social.
- **MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN:** son aquellas materias primas o productos elaborados que son empleados en la construcción de obras de ingeniería civil.
- **ADOBE:** “Unidad de tierra cruda, que puede estar mezclada con paja u arena gruesa para mejorar su resistencia y durabilidad” [18]
- **ALBAÑILERÍA O MAMPOSTERÍA.** “Material estructural compuesto por "unidades de albañilería" asentadas con mortero o por "unidades de albañilería" apiladas, en cuyo caso son integradas con concreto líquido” [19]
- **LADRILLO ARTESANAL:** ladrillo fabricado de manera manual, es decir, el amasado y moldeado es hecho a mano.

MATERIALES Y MÉTODOS

TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN

De acuerdo al fin que se buscó en esta investigación es del tipo descriptiva-aplicativa ya que se describirán datos y características de la zona rural de Saña además se aplicaran los conocimientos de la huella ecológica en provecho de la sociedad.

POBLACIÓN, ESTRATEGIAS DE MUESTREO, MUESTRA, CRITERIOS DE SELECCIÓN

POBLACION

La población que se empleó para en este estudio fueron todas las casas rurales pertenecientes a Zaña construidas con ladrillo artesanal y adobe

MUESTRA DE ESTUDIO

Para esta investigación la muestra de estudio serán las casas rurales ubicadas en Popán

MUESTREO

El tipo de muestreo empleado para la investigación es no probabilístico por conveniencia

MENCIÓN DE INSTRUMENTOS APLICADOS

Tabla 3 Instrumentos aplicados en la investigación

<i>TÉCNICA</i>	<i>INSTRUMENTO</i>	<i>ELEMENTO DE POBLACIÓN</i>
<i>ENTREVISTAS</i>	Cuestionario	Pobladores del centro poblado Popán
<i>OBSERVACIÓN DIRECTA</i>	Guía de observación	Pobladores del centro poblado Popán
<i>REVISIÓN DOCUMENTARIA</i>	Ficha de registro de datos	Pobladores del centro poblado Popán
<i>PLANOS</i>	Software AutoCAD Software SAP2000	Casas de pobladores del centro poblado Popán
<i>ENSAYOS DE LABORATORIO</i>	Instrumentos de laboratorio	Muestra de suelo

Fuente: Elaboración propia

PROCEDIMIENTOS

ANÁLISIS TIPOLOGICO DE LAS VIVIENDAS EN POPAN – ZAÑA

La zona de estudio se ubica dentro de la jurisdicción del distrito de Zaña perteneciente a la provincia de Chiclayo, mayormente es una región costera, de topografía plana, con predominancia del desierto Olmos.

Ubicación geográfica:

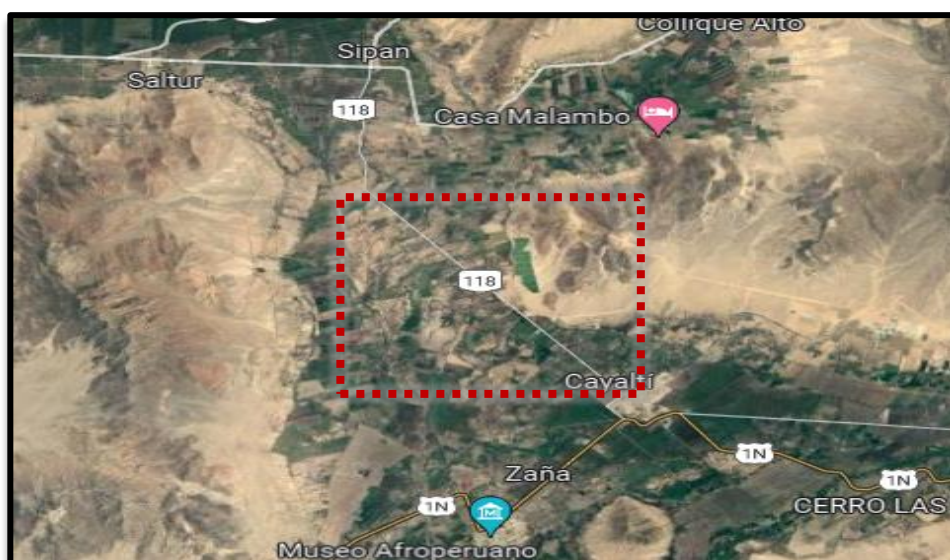
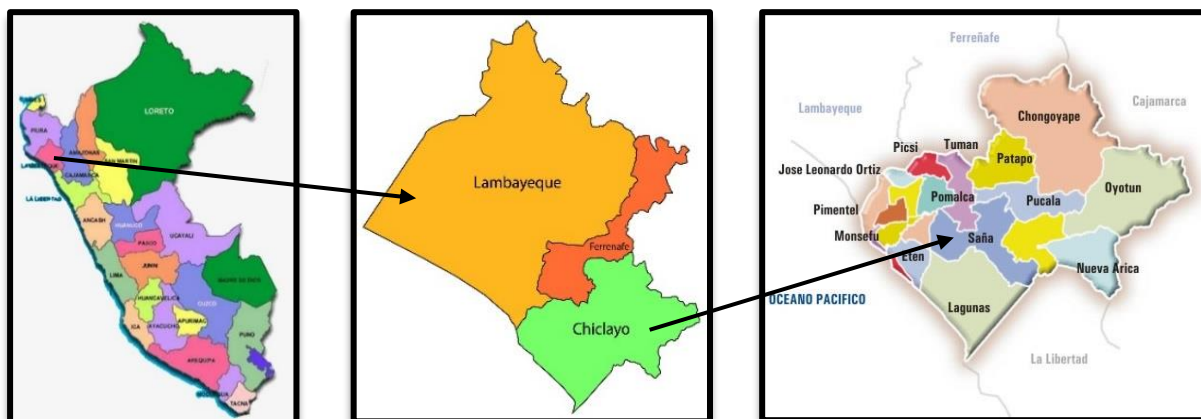
Departamento : Lambayeque

Provincia : Chiclayo

Distrito : Zaña

Localidad : Saltur

Imagen 2 Ubicación geográfica de la zona de estudios



Fuente: Extraído de Google imágenes

Accesibilidad

La zona de estudio se encuentra ubicada en el distrito de Zaña y para llegar a la zona del proyecto existen tres rutas que se han estudiado en esta investigación las cuales se detallan a continuación:

- Ruta 1 : Chiclayo – Saltur – Popan
- Ruta 2 : Zaña – Cayalti – Popan
- Ruta 3 : Collique alto – Casa naranja – Popan

Cabe la mención que el uso de transporte público sólo llega hasta los pueblos de Saltur, Cayalti y Casa Naranja así que para llegar hasta el área de estudio es necesario el uso de transporte privado.

Visita al área de estudio

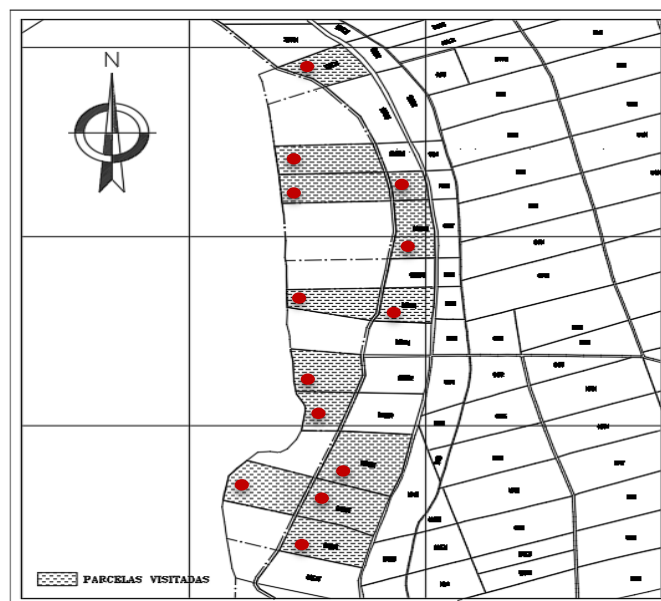
Para poder realizar el análisis tipológico de la viviendas se ha realizado visitas de campo para identificar: características constructivas, modo de uso, materiales empleados, etc. Se empleó el cuestionario 01: Datos generales (Anexo 01) llegando a encuestar a 24 familias con distintas viviendas construidas en la zona de estudio. En la imagen 3 y 4 se ubican las parcelas visitadas y la localización de las casas inspeccionadas.

Imagen 3 Primer grupo de parcelas encuestadas



Fuente: Elaboración propia

Imagen 4 Segundo grupo de parcelas encuestadas



Fuente: Elaboración propia

En la gran mayoría de los casos las áreas no superan los 60 m² y el número representativo de pisos es de tan sólo uno siendo el máximo encontrado una vivienda de 3 pisos. Además, el material que más predomina a la hora de la construcción es el adobe, principalmente porque toda la zona cuenta con gran disponibilidad de tierras aptas para la elaboración de unidades de adobes lo que ocasiona que muchas familias construyan de manera empírica sus viviendas con este recurso

En cuanto a los servicios básicos como luz, agua y desagüe que fácilmente se emplean en la ciudad son un verdadero privilegio en esta zona. Durante la elaboración de esta tesis se pudo evidenciar la instalación de algunos puntos del servicio de luz eléctrica en algunas de las viviendas de los pobladores, sin embargo, sólo fue este servicio ya que hasta la fecha la no todas las viviendas cuentan con instalación de agua y ni saneamiento adecuado.

Tabla 4 Características constructivas de las viviendas en Popan

Estructura			Número de Pisos		
Concreto Armado	Madera	Adobe	Un piso	Dos pisos	Tres pisos
4	0	20	19	4	1
Acabado Exterior			Acabado interior		
Pintura	Ladrillo Caravista	Tarrajeo	Pintura	Ladrillo Caravista	Tarrajeo
3	15	6	0	20	4
Instalaciones					
Luz eléctrica	Energía solar	Agua potable	Saneamiento		
16	5	9	0		

Fuente: Elaboración propia

SELECCIÓN DE PROYECTO REPRESENTATIVO

Partiendo de los datos ya mencionados en el análisis tipológico se obtiene la siguiente propuesta para los prototipos de viviendas en esta investigación:

- El tipo de vivienda es unifamiliar con una extensión superficial de 80 m².
- Como instalación de evacuación de aguas residuales se utilizó un biodigestor con pozo de percolación para emplear el agua en áreas verdes
- La energía que se empleará será la eléctrica

Para datos más precisos se ha elaborado el siguiente cuadro con las características más resaltantes de cada proyecto.

Tabla 5 Propuesta de tipología de viviendas

		Albañilería confinada	Unidades de Adobe
Tipo de residencia		UNIFAMILIAR	UNIFAMILIAR
Área útil		80.00 m ²	80.00 m ²
N° de plantas		1	1
Características constructivas	Acabado Interior	Pintura	Tierra impermeabilizada
	Acabado Exterior	Pintura	Tierra impermeabilizada
Número de habitaciones		6	6
Número de baños		1	1
Instalaciones	Biodigestor	Sí	Sí
Energía instalada	Luz eléctrica	Sí	Sí

Fuente: Elaboración propia

DISEÑO DE PROYECTO REPRESENTATIVO

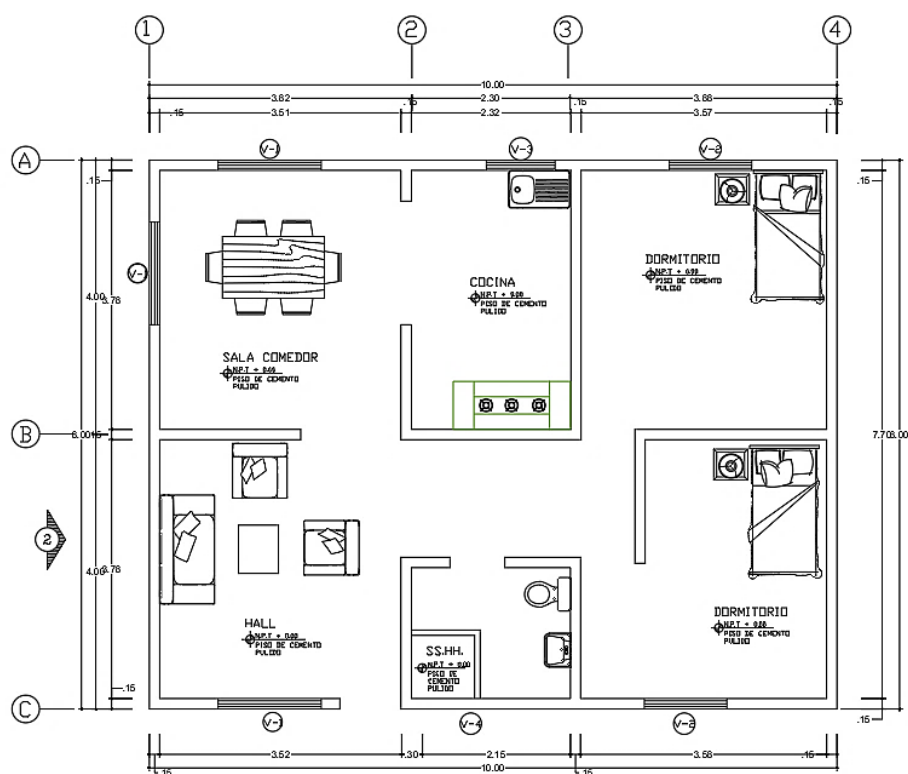
DATOS GENERALES DEL PROYECTO

Propuesta arquitectónica

El módulo tiene 6 ambientes, dos de ellos destinados para ser dormitorios y los otros dos como ambientes de uso múltiple. La iluminación para cada ambiente está dada por ventanas, ubicadas en cada uno de los ambientes. La vivienda proyectada tiene un área de 80 m² y un perímetro de 36 m. A continuación se detallan los ambientes:

- Sala de estar
- Sala comedor
- Cocina
- Baño
- Dormitorio 01
- Dormitorio 02

Imagen 5 Distribución arquitectónica



Fuente: Elaboración propia

PROYECTO DE ALBAÑILERÍA CONFINADA

DESCRIPCIÓN ESTRUCTURAS

La vivienda proyectada está constituida por pórticos de concreto armado en ambas direcciones. Los muros como los alfeizares, están independizados de las columnas mediante juntas de 1" de espesor.

En el proyecto se ha considerado losa aligerada de 0.17 m de espesor.

CARGAS DE DISEÑO

Partiendo de la norma E 060 se realizó el diseño estructural de los elementos de concreto armado la cuál se basa en esfuerzos últimos donde la resistencia de diseño de las secciones

($\emptyset R_n$) debe ser menor o igual a las resistencias últimas requeridas (R_u). Además la norma técnica E-060 nos proporciona un análisis de cargas y fuerzas amplificadas por las combinaciones de diseño, las cuales son:

- R1: $1.4CM + 1.7CV$
- R2: $1.25(CM+CV) \pm S$
- R3: $0.9CM \pm S$
- R4: $1.4CM + 1.7CV + 1.7CE$

Donde CM es la carga muerta y se obtiene por el peso propio de los elementos fijos en la estructura. La carga viva (CV) será aquella carga obtenida por la norma técnica E-020 la cual analiza la carga variable ante la presencia de personas en una determinada ubicación, así como cargas para efectos de mantenimiento en la misma. La carga sísmica (S) será la obtenida por la Norma E-030 en base al análisis estático o dinámico de la estructura y la carga de empuje del Suelo (CE) obtenida en base a las propiedades del suelo.

Además, la norma E-060 indica que, para los diferentes estados últimos del concreto, se deberá multiplicar su resistencia de la sección por su respectivo factor de reducción (\emptyset), en base al análisis realizado.

Albañilería confinada:

La zona de estudio está ubicada en el distrito de Zaña y según la tabla del anexo 2 de la norma técnica E - 030 se encuentra ubicada en la zona 4. Partiendo de esta información se revisó las limitaciones de pisos para el proyecto a diseñar según el tipo de ladrillo a emplearse así que recurrimos a la tabla 2 de la norma E-070, presente en la tabla 6, en la que se nos indica que la edificación permite un máximo de dos pisos. El presente proyecto fue diseñado para un solo nivel por la información obtenida en las encuestas durante la primera fase.

Tabla 6 Tabla de Limitaciones en el uso de unidad de albañilería para muros confinados

TABLA 2 LIMITACIONES EN EL USO DE LA UNIDAD DE ALBAÑILERÍA PARA MUROS CONFINADOS			
TIPO	ZONA SÍSMICA 2, 3 Y 4		ZONA SÍSMICA 1
	Muro portante en edificios de 4 pisos a más	Muro portante en edificios de 1 a 3 pisos	Muro portante en todo edificio
Sólido Artesanal *	No	Sí, hasta dos pisos	Sí
Sólido Industrial	Sí	Sí	Sí
Hueca	No	No	Si
Tubular	No	No	Sí, hasta 2 pisos

* Las limitaciones indicadas establecen condiciones mínimas que pueden ser exceptuadas con el respaldo de un informe y memoria de cálculo sustentada por un ingeniero civil.

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones [20]

Para las propiedades mecánicas de las unidades de ladrillos se recurrió a la tabla 7 de la norma E-070, en donde la materia prima es la arcilla, se ha elegido el ladrillo King Kong artesanal clase I.

De la misma manera se ha seguido las recomendaciones de la Norma Técnica E-070 y se ha considerado como muro portante a todo aquel cuya longitud total, incluyendo elementos de confinamiento, sea mayor o igual 1.20 m.; este criterio se empleó para así garantizar una correcta rigidez y desempeño estructural.

Teniendo como base el artículo 23.2 de la norma E-070, la carga de diseño a empleada fué la de sismo moderado empleando el método de resistencias últimas; el objetivo de este análisis es que la estructura al momento de recibir un sismo severo logre limitar sus daños y pueda presentar una reparación de bajos costos.

Cabe resaltar que la falla que se busco con el diseño fue que, para los elementos de confinamiento ocurra una falla dúctil antes que los muros portantes, ya que los últimos mencionados deberá fallar por corte en la presencia de un sismo severo, es por ello por lo que la resistencia al corte de los mismos es mayor o igual a la carga producida por el sismo severo.

ANÁLISIS SÍSMICO

Para poder realizar la aplicación de la fórmula fue necesario hacer un análisis sísmico como se nos indica en la norma E.030 – 2018. La vivienda en estudio se ubica en el Distrito de Zaña, Provincia de Chiclayo, Región Lambayeque y la norma técnica mencionada establece que dicho distrito se encuentra Zonificada en la Zona 4. Como se muestra a continuación

Imagen 6 Zonificación del Perú



Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones [20]

Parámetros de sitio (S, TP Y TL)

El tipo de suelo donde se ubicará la vivienda corresponde a unos suelos intermedios. Teniendo en claro eso, se obtiene que para un S2= 1.05 le pertenece un Tp= 0.60 y Tl= 2.00.

Tabla 7 Factor de Suelo "S"

ZONA/SUELO	S0	S1	S2	S3
ZONA 4	0.80	1.00	1.05	1.10
ZONA 3	0.80	1.00	1.15	1.20
ZONA 2	0.80	1.00	1.20	1.40
ZONA 1	0.80	1.00	1.60	2.00

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones [20]

Tabla 8 Periodos "Tp" y "Tl"

	Perfil de Suelo			
	S0	S1	S2	S3
Tp (S)	0.30	0.40	0.60	1.00
Tl (S)	3.00	2.50	2.00	1.60

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones [20]

Factor de amplificación sísmica (C)

Este factor es la relación entre la respuesta de la estructura y la aceleración del suelo, fue definida mediante lo estipulado por el artículo 7 de la presente norma.

$$C = 2.5 \left(\frac{T_p}{T} \right); C \leq 2.5$$

La norma E-030 [20], define a T como la relación entre la altura del edificio y un parámetro Ct, siendo este último para muros portantes igual a 60. En base a esto se obtuvo que T= 0.04.

$$T = \frac{2.4}{60} = 0.04$$

Reemplazando se obtiene C con la siguiente ecuación:

$$C = 2.5 \left(\frac{0.6}{0.04} \right)$$

$$C = 37.5$$

Debido a que aplicando la fórmula se obtuvo un C=37.5, fue reemplazado por C=2.5.

Factor de uso (U)

Este factor está determinado por el uso que presentará la edificación, la norma E-030 indica que, para viviendas, estas serán consideradas como edificaciones comunes teniendo un U= 1.00.

Coefficiente de reducción sísmica (R)

Este factor se escoge en base al sistema estructural empleado según la Tabla N°6 de la norma E-030. Indica que para muros de albañilería en sismo severo se presentará un R=3 y para sismo moderado será la mitad del severo, es decir un R=6.

Tabla 9 Resumen de parámetro sísmicos

EJE X		EJE Y	
Z=	0.45	Z=	0.45
U=	1.00	U=	1.00
S=	1.05	S=	1.05
Tp=	0.60	Tp=	0.60
TL=	2.00	TL=	2.00
T=	0.040	T=	0.040
hn=	2.40m	hn=	2.40m
CT=	60	CT=	60
C=	2.50	C=	2.50
Ro=	3	Ro=	3
la=	1.00	la=	1.00
lp=	1.00	lp=	1.00
R=	3	R=	3
COEFICIENTE=	0.39375	COEFICIENTE=	0.39375
k=	1	k=	1

Fuente: Elaboración propia

PREDIMENSIONAMIENTO

Teniendo como criterio las Normas Técnicas E-060 y E-070 se ha realizado un predimensionamiento de los elementos estructurales de concreto armado y albañilería

Losas aligeradas

De acuerdo a [21], recomienda que para el pre-dimensionamiento de losas aligeradas emplear la siguiente fórmula.

$$h = \frac{L}{25}$$

Debido a que la mayor luz es de 4.00, al aplicarlo en la fórmula se tiende un espesor recomendado de 0.16 m, para ello se optó por emplear un espesor de 0.17 m.

Vigas dinteles

La ubicación de estos elementos estructurales es en los vanos correspondientes a puertas y ventanas, por este motivo se decidió emplear el mismo peralte de la losa y un ancho mínimo el cual estará en función del espesor del muro teniendo como dimensiones 0.15 m x 0.20 m. Estos elementos fueron diseñados para resistir su peso propio.

Vigas chatas

La ubicaciones de estos elementos estructurales es en la losa aligerada cumpliendo la función de unir los vanos. El peralte que se asumió fué el mismo que la losa aligerada y un ancho mínimo de 25 cm por criterio de diseño. Estos elementos fueron diseñados para resistir su peso propio

Muros de albañilería

Para el diseño de muros de albañilería se tomaron las recomendaciones dadas por Abanto y la norma E-070, estas resaltan que el espesor efectivo de muro será estipulado por la siguiente fórmula [21].

$$t = \frac{\text{altura libre de entrepiso}}{20}$$

La propuesta arquitectónica del presente proyecto da una altura de 2.40 m, reemplazando este valor en la fórmula se obtuvo un espesor efectivo de 0.12m, el ladrillo artesanal el cual presenta las medidas de 9x13x24 cm; ya que el espesor mínimo es 0.12 m se optó emplear el ladrillo en posición de soga para cumplir de esta manera la solicitud teniendo un espesor efectivo de 0.13 m.

t	\geq	altura libre / 20
t	\geq	12 cm
t	=	13 cm

Así mismo se recomienda emplear el análisis por densidad de muros estipulado por la norma E-070 [19]. El cual indica lo siguiente:

$$\frac{\text{Área de corte de los muros reforzados}}{\text{Área de la planta típica}} = \frac{\sum L_t}{A_p} \geq \frac{ZUSN}{56}$$

Donde:

- Z= Factor de zonificación sísmica
- U= Factor de uso
- S= Factor de Suelo
- N= Número de pisos
- $\sum L_t$ = Sumatoria de muros
- A_p = Área en planta

Entonces los datos que obtendríamos serían:

$$\begin{aligned} Z &= 0.45 \\ U &= 1 \\ S &= 1.05 \\ N &= 1 \\ A_p &= 80 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

DENSIDAD DE MUROS	≥	0.0084
--------------------------	----------	---------------

Tabla 10 Área de muros en sentido X-X

Muro	Lxx (m)	t (cm)	Lxx*t
X1	3.74	13 cm	0.4862
X2	2.47	13 cm	0.3211
X3	3.8	13 cm	0.494
X4	2.47	13 cm	0.3211
X5	2.24	13 cm	0.2912
X6	2.8	13 cm	0.364
X7	0.7	13 cm	0.091
X8	1.1	13 cm	0.143
X9	3.2	13 cm	0.416
X10	2.47	13 cm	0.3211
X11	3.8	13 cm	0.494
SUMA			3.7427

Densidad= 0.0467838

Fuente: Elaboración propia

Tabla 11 Área de muros en sentido Y-Y

Muro	Lyy (m)	t (m)	Lyy*t
Y1	4	13 cm	0.52
Y2	4	13 cm	0.52
Y3	2.2	13 cm	0.286
Y4	1.75	13 cm	0.2275
Y5	2.2	13 cm	0.286
Y6	4	13 cm	0.52
Y7	1.77	13 cm	0.2301
Y8	4	13 cm	0.52
Y9	4	13 cm	0.52
SUMA			3.6296

Densidad= 0.04537

Fuente: Elaboración propia

Se puede evidenciar que la relación entre la longitud de muros y el área en planta, tanto para la dirección X con 0.0467838 y para Y con una 0.04537 respetivamente no sobrepasan la densidad de 0.0084 cumpliendo de esta manera la densidad de muros en ambas direcciones.

Hallamos los esfuerzos con la combinación del 25% de sobrecarga y 100% carga muerta los cuales se muestran en la tabla 12.

Tabla 12 esfuerzos con la combinación del 25% de sobrecarga y 100% carga muerta

Muro	Lxx (m)	t (cm)	Carga (Tn)	Esfuerzo(kg/cm ²)
X1	3.74	13	4.579	0.94
X2	2.47	13	3.254	1.01
X3	3.8	13	4.463	0.90
X4	2.47	13	4.868	1.52
X5	2.24	13	4.814	1.65
X6	2.8	13	4.318	1.19
X7	0.7	13	1.548	1.70
X8	1.1	13	1.909	1.33
X9	3.2	13	3.897	0.94
X10	2.47	13	2.803	0.87
X11	3.8	13	3.992	0.81

Muro	Lyy (m)	t (m)	Carga (Tn)	Esfuerzo(kg/cm ²)
Y1	4	13	5.0225	0.97
Y2	4	13	4.8848	0.94
Y3	2.2	13	3.7798	1.32
Y4	1.75	13	4.8018	2.11
Y5	2.2	13	2.8649	1.00
Y6	4	13	6.2803	1.21
Y7	1.77	13	4.7308	2.06
Y8	4	13	4.9011	0.94
Y9	4	13	4.9424	0.95

$\sigma_{\max} = 2.11$

Fuente: Elaboración propia

Lo siguiente en realizar fue el cálculo de la rigidez de muros para cada uno de los sentidos, es decir, el sentido X-X y sentido Y-Y. Como se muestra en las tablas

Tabla 13 Rrigidez de muros en sentido X-X

Muro	$3\left(\frac{h}{l}\right)$	$4\left(\frac{h}{l}\right)^3$	$3\left(\frac{h}{l}\right) + 4\left(\frac{h}{l}\right)^3$	$\frac{K_x}{E_m}$
X1	1.93	1.06	2.98	0.0436
X2	2.91	3.67	6.58	0.0197
X3	1.89	1.01	2.90	0.0448
X4	2.91	3.67	6.58	0.0197
X5	3.21	4.92	8.13	0.0160
X6	2.57	2.52	5.09	0.0255
X7	10.29	161.21	171.50	0.0008
X8	6.55	41.54	48.09	0.0027
X9	2.25	1.69	3.94	0.0330
X10	2.91	3.67	6.58	0.0197
X11	1.89	1.01	2.90	0.0448
Y1	55.38	25168.87	25224.25	0.0002
Y2	55.38	25168.87	25224.25	0.0002
Y3	55.38	25168.87	25224.25	0.0001
Y4	55.38	25168.87	25224.25	0.0001
Y5	55.38	25168.87	25224.25	0.0001
Y6	55.38	25168.87	25224.25	0.0002
Y7	55.38	25168.87	25224.25	0.0001
Y8	55.38	25168.87	25224.25	0.0002
Y9	55.38	25168.87	25224.25	0.0002

Fuente: Elaboración propia

Tabla 14 Rrigidez de muros en sentido Y-Y

Muro	$3\left(\frac{h}{l}\right)$	$4\left(\frac{h}{l}\right)^3$	$3\left(\frac{h}{l}\right) + 4\left(\frac{h}{l}\right)^3$	$\frac{K_y}{E_m}$
X1	55.38	25168.87	25224.25	0.0001
X2	55.38	25168.87	25224.25	0.0001
X3	55.38	25168.87	25224.25	0.0002
X4	55.38	25168.87	25224.25	0.0001
X5	55.38	25168.87	25224.25	0.0001
X6	55.38	25168.87	25224.25	0.0001
X7	55.38	25168.87	25224.25	0.0000
X8	55.38	25168.87	25224.25	0.0000
X9	55.38	25168.87	25224.25	0.0001
X10	55.38	25168.87	25224.25	0.0001
X11	55.38	25168.87	25224.25	0.0002
Y1	1.80	0.86	2.66	0.0488
Y2	1.80	0.86	2.66	0.0488
Y3	3.27	5.19	8.47	0.0154
Y4	4.11	10.32	14.43	0.0090
Y5	3.27	5.19	8.47	0.0154
Y6	1.80	0.86	2.66	0.0488
Y7	4.07	9.97	14.04	0.0093
Y8	1.80	0.86	2.66	0.0488
Y9	1.80	0.86	2.66	0.0488

Fuente: Elaboración propia

Siguiendo con la metodología dada por Abanto [21] se procede a determinar las cortantes de traslación para ambas direcciones.

Tabla 15 Cortantes de traslación en sentido X-X

Muro	$V_{\text{traslacional}}$	% de Absorción
X1	5.17	16.06%
X2	2.34	7.27%
X3	5.31	16.50%
X4	2.34	7.27%
X5	1.89	5.89%
X6	3.03	9.41%
X7	0.09	0.28%
X8	0.32	1.00%
X9	3.91	12.16%
X10	2.34	7.27%
X11	5.31	16.50%
Y1	0.02	0.06%
Y2	0.02	0.06%
Y3	0.01	0.03%
Y4	0.01	0.03%
Y5	0.01	0.03%
Y6	0.02	0.06%
Y7	0.01	0.03%
Y8	0.02	0.06%
Y9	0.02	0.06%

Fuente: Elaboración propia

Tabla 16 Cortantes de traslación en sentido Y-Y

Muro	$V_{\text{traslacional}}$	% de Absorción
X1	0.02	0.05%
X2	0.01	0.03%
X3	0.02	0.05%
X4	0.01	0.03%
X5	0.01	0.03%
X6	0.01	0.04%
X7	0.00	0.01%
X8	0.00	0.01%
X9	0.01	0.04%
X10	0.01	0.03%
X11	0.02	0.05%
Y1	5.34	16.59%
Y2	5.34	16.59%
Y3	1.68	5.22%
Y4	0.99	3.06%
Y5	1.68	5.22%
Y6	5.34	16.59%
Y7	1.01	3.15%
Y8	5.34	16.59%
Y9	5.34	16.59%

Fuente: Elaboración propia

Abanto también nos dice que se debe aplicar una corrección por torsión. Para esto se debe calcular el centro de rigidez de la estructura.

Tabla 17 Centro de rigidez

Muro	$\frac{K_x}{E_m}$	$\frac{K_y}{E_m}$	X	Y	$Y \cdot \frac{K_x}{E_m}$	$X \cdot \frac{K_y}{E_m}$
X1	0.0436	0.0001	1.87	7.94	0.34591	0.00028
X2	0.0197	0.0001	4.98	7.94	0.15666	0.00049
X3	0.0448	0.0002	8.11	7.94	0.35540	0.00122
X4	0.0197	0.0001	4.98	4.00	0.07897	0.00049
X5	0.0160	0.0001	1.25	4.00	0.06393	0.00011
X6	0.0255	0.0001	6.60	4.00	0.10215	0.00073
X7	0.0008	0.0000	4.09	2.14	0.00162	0.00011
X8	0.0027	0.0000	5.66	2.14	0.00577	0.00025
X9	0.0330	0.0001	1.60	0.07	0.00215	0.00020
X10	0.0197	0.0001	1.25	0.07	0.00128	0.00012
X11	0.0448	0.0002	4.98	0.07	0.00291	0.00075
Y1	0.0002	0.0488	0.07	2.00	0.00032	0.00317
Y2	0.0002	0.0488	0.07	6.00	0.00095	0.00317
Y3	0.0001	0.0154	3.74	1.10	0.00010	0.05743
Y4	0.0001	0.0090	3.74	4.82	0.00033	0.03369
Y5	0.0001	0.0154	6.21	1.10	0.00010	0.09536
Y6	0.0002	0.0488	6.21	6.00	0.00095	0.30304
Y7	0.0001	0.0093	7.14	3.19	0.00022	0.06607
Y8	0.0002	0.0488	7.94	2.00	0.00032	0.38722
Y9	0.0002	0.0488	7.94	6.00	0.00095	0.38722

Fuente: Elaboración propia

El centro de rigidez de la estructura es de $X_{cr} = 4.56$ m y $Y_{cr} = 4.13$ m

Tabla 18 Centro de masa

Cálculo del centro de masas									
Muro	L (m)	h (m)	t (m)	r (Tn/m ³)	Peso (Tn)	X	Y	P.x	P.y
X1	3.74	2.4	0.13	1.80	2.10	1.87	7.94	3.93	16.67
X2	2.47	2.4	0.13	1.80	1.39	4.98	7.94	6.90	11.01
X3	3.8	2.4	0.13	1.80	2.13	8.11	7.94	17.31	16.93
X4	2.47	2.4	0.13	1.80	1.39	4.98	4.00	6.90	5.55
X5	2.24	2.4	0.13	1.80	1.26	1.25	4.00	1.57	5.03
X6	2.8	2.4	0.13	1.80	1.57	6.60	4.00	10.38	6.29
X7	0.7	2.4	0.13	1.80	0.39	4.09	2.14	1.61	0.84
X8	1.1	2.4	0.13	1.80	0.62	5.66	2.14	3.50	1.32
X9	3.2	2.4	0.13	1.80	1.80	1.60	0.07	2.88	0.12
X10	2.47	2.4	0.13	1.80	1.39	1.25	0.07	1.73	0.09
X11	3.8	2.4	0.13	1.80	2.13	4.98	0.07	10.62	0.14
Y1	4	2.4	0.13	1.80	2.25	0.07	2.00	0.15	4.49
Y2	4	2.4	0.13	1.80	2.25	0.07	6.00	0.15	13.48
Y3	2.2	2.4	0.13	1.80	1.24	3.74	1.10	4.62	1.36
Y4	1.75	2.4	0.13	1.80	0.98	3.74	4.82	3.68	4.73
Y5	2.2	2.4	0.13	1.80	1.24	6.21	1.10	7.67	1.36
Y6	4	2.4	0.13	1.80	2.25	6.21	6.00	13.95	13.48
Y7	1.77	2.4	0.13	1.80	0.99	7.14	3.19	7.09	3.17
Y8	4	2.4	0.13	1.80	2.25	7.94	2.00	17.83	4.49
Y9	4	3.4	0.13	1.80	3.18	7.94	6.00	25.25	19.09

Fuente: Elaboración propia

El centro de masa de la estructura es de $X_{cm} = 4.51$ m y $Y_{cm} = 3.95$ m

Conociendo todos los datos mencionados es momento de determinar el momento torsor y sus excentricidades para que con estos nuevos datos, calcular los cortantes de diseño que se usarán para el diseño de la estructura.

Tabla 19 Cortantes de Diseño para muros en sentido X-X

Muro	$V_{\text{traslacional}}$	ΔV_{x1}	ΔV_{x2}	$\Delta V_{x-\text{asumido}}$	$V_{\text{diseño}}$
X1	5.17	1.1017	-0.4321	1.1017	6.27
X2	2.34	0.4990	-0.1957	0.4990	2.84
X3	5.31	1.1320	-0.4439	1.1320	6.44
X4	2.34	-0.0169	0.0066	0.0066	2.35
X5	1.89	-0.0137	0.0054	0.0054	1.90
X6	3.03	-0.0218	0.0086	0.0086	3.04
X7	0.09	-0.0100	0.0039	0.0039	0.09
X8	0.32	-0.0358	0.0140	0.0140	0.33
X9	3.91	-0.8909	0.3494	0.3494	4.26
X10	2.34	-0.5328	0.2089	0.2089	2.55
X11	5.31	-1.2086	0.4740	0.4740	5.78
Y1	0.02	-0.0022	0.0009	0.0009	0.02
Y2	0.02	0.0020	-0.0008	0.0020	0.02
Y3	0.01	-0.0018	0.0007	0.0007	0.01
Y4	0.01	0.0003	-0.0001	0.0003	0.01
Y5	0.01	-0.0018	0.0007	0.0007	0.01
Y6	0.02	0.0020	-0.0008	0.0020	0.02
Y7	0.01	-0.0004	0.0002	0.0002	0.01
Y8	0.02	-0.0022	0.0009	0.0009	0.02
Y9	0.02	0.0020	-0.0008	0.0020	0.02

Fuente: Elaboración propia

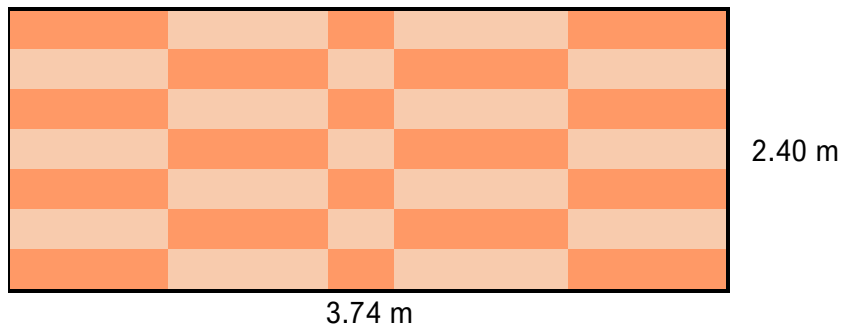
Tabla 20 Cortantes de Diseño para muros en sentido Y-Y

Muro	$V_{\text{traslacional}}$	ΔV_{y1}	ΔV_{y2}	$\Delta V_{y-\text{asumido}}$	$V_{\text{diseño}}$
X1	0.02	-0.0026	0.0021	0.0021	0.02
X2	0.01	0.0003	-0.0002	0.0003	0.01
X3	0.02	0.0034	-0.0028	0.0034	0.02
X4	0.01	0.0003	-0.0002	0.0003	0.01
X5	0.01	-0.0019	0.0015	0.0015	0.01
X6	0.01	0.0015	-0.0012	0.0015	0.01
X7	0.00	-0.0001	0.0001	0.0001	0.00
X8	0.00	0.0003	-0.0002	0.0003	0.01
X9	0.01	-0.0024	0.0019	0.0019	0.02
X10	0.01	-0.0021	0.0017	0.0017	0.01
X11	0.02	0.0004	-0.0003	0.0004	0.02
Y1	5.34	-1.4058	1.1287	1.1287	6.47
Y2	5.34	-1.4058	1.1287	1.1287	6.47
Y3	1.68	-0.0807	0.0648	0.0648	1.74
Y4	0.99	-0.0473	0.0380	0.0380	1.02
Y5	1.68	0.1624	-0.1304	0.1624	1.84
Y6	5.34	0.5161	-0.4144	0.5161	5.85
Y7	1.01	0.1528	-0.1227	0.1528	1.17
Y8	5.34	1.0556	-0.8476	1.0556	6.39
Y9	5.34	1.0556	-0.8476	1.0556	6.39

Fuente: Elaboración propia

Habiendo calculado los cortantes corregidos por torsión podemos diseñar los elementos de confinamiento

GEOMETRÍA



Longitud	=	3.74 m
Altura libre	=	2.40 m
Espesor efectivo	=	0.13 m
Área de sección	=	0.49 m ²
Módulo de sección	=	0.303 m ³
Momento de inercia	=	0.567 m ⁴

Story1	X1	MUERTA	Combination	Bottom	-4.3845
Story1	X2	MUERTA	Combination	Bottom	-3.1073
Story1	X3	MUERTA	Combination	Bottom	-4.2768
Story1	X4	MUERTA	Combination	Bottom	-4.6014
Story1	X5	MUERTA	Combination	Bottom	-4.5367
Story1	X6	MUERTA	Combination	Bottom	-4.1049
Story1	X7	MUERTA	Combination	Bottom	-1.4597
Story1	X8	MUERTA	Combination	Bottom	-1.8111
Story1	X9	MUERTA	Combination	Bottom	-3.7314
Story1	X 10	MUERTA	Combination	Bottom	-2.6913
Story1	Y1	MUERTA	Combination	Bottom	-4.8017
Story1	Y2	MUERTA	Combination	Bottom	-4.6745
Story1	Y3	MUERTA	Combination	Bottom	-3.5832
Story1	Y4	MUERTA	Combination	Bottom	-4.5079
Story1	Y5	MUERTA	Combination	Bottom	-2.7398
Story1	Y6	MUERTA	Combination	Bottom	-5.965
Story1	Y7	MUERTA	Combination	Bottom	-4.4494
Story1	Y8	MUERTA	Combination	Bottom	-4.6947
Story1	Y9	MUERTA	Combination	Bottom	-4.7298
Story1	X 11	MUERTA	Combination	Bottom	-3.8461

Story1	X1	Live	LinStatic	Bottom	-0.7787
Story1	X2	Live	LinStatic	Bottom	-0.5885
Story1	X3	Live	LinStatic	Bottom	-0.7464
Story1	X4	Live	LinStatic	Bottom	-1.066
Story1	X5	Live	LinStatic	Bottom	-1.1098
Story1	X6	Live	LinStatic	Bottom	-0.8529
Story1	X7	Live	LinStatic	Bottom	-0.3528
Story1	X8	Live	LinStatic	Bottom	-0.3918
Story1	X9	Live	LinStatic	Bottom	-0.6604
Story1	X 10	Live	LinStatic	Bottom	-0.4483
Story1	Y1	Live	LinStatic	Bottom	-0.8829
Story1	Y2	Live	LinStatic	Bottom	-0.8414
Story1	Y3	Live	LinStatic	Bottom	-0.7864
Story1	Y4	Live	LinStatic	Bottom	-1.1756
Story1	Y5	Live	LinStatic	Bottom	-0.5008
Story1	Y6	Live	LinStatic	Bottom	-1.2611
Story1	Y7	Live	LinStatic	Bottom	-1.1256
Story1	Y8	Live	LinStatic	Bottom	-0.8258
Story1	Y9	Live	LinStatic	Bottom	-0.8505
Story1	X 11	Live	LinStatic	Bottom	-0.5841

Diseño por compresión axial

$$f_a = 1.06 \text{ Kg/cm}^2 \quad \text{OK}$$

$$F_a = 7.00 \text{ Kg/cm}^2$$

$$F_a = 5.25 \text{ Kg/cm}^2$$

Diseño por corte

$$v_a = 1.29 \text{ Kg/cm}^2 \quad \text{OK}$$

$$v_m = 2.70 \text{ Kg/cm}^2$$

Sección de columna de amarre y viga solera

$$A_c = 389.29011 \quad A_c = \left(\frac{0.9}{\sqrt{f'_c}} \right) V$$

$$b = 29.94539$$

$$b_{\text{empleado}} = 30$$

$$A_{\text{min}} = 260 \quad \text{OK}$$

$$A_c = 390 \quad \text{OK}$$

Acero en viga solera

$$A_{sh} = 2.08939 \quad A_{sh(\text{calculado})} = \left(\frac{1.4}{b_y} \right) V$$

$$A_{s-\text{min}} = 1.95000$$

$$A_{s-\text{empleado}} = 4 \quad 3/8"$$

$$A_{s-\text{empleado}} = 2.84 \quad \text{OK}$$

Acero en columna de amarre

$$A_{sv} = 1.340784 \quad A_{s(v)(\text{calculado})} = \frac{1.4 V}{b_y} \left(\frac{H}{L} \right)$$

$$A_{s-\text{min}} = 0.378656$$

$$A_{s-\text{empleado}} = 4 \quad 3/8"$$

$$A_{s-\text{empleado}} = 2.840 \quad \text{OK}$$

Estribos en zona de confinamiento

$$s = \left(\frac{A_v b_y}{1.5} \right) \frac{d}{V}$$

$$A_v = 0.32$$

$$h = 30$$

$$r = 3$$

$$d = 27$$

$$S = 7.71900391$$

$$S_{\text{máx}} = 13.5$$

$$S = 5 \quad \text{OK}$$

Diseño por flexión

M	=	1504359.91	
F _a	=	5.25	
F _m	=	14	
E _m	=	17500	
E _v	=	7000	
f _a	=	1.1 Kg/cm ²	
f _m	=	5.0 Kg/cm ²	
σ _t	=	3.9	
σ _c	=	6.0	
x	=	146.993629	
T	=	3728.07997	
A _{s-tracción}	=	1.23283	RIGE ACERO VERTICAL

J. Verificación por flexocompresión

C	=	0.55684	OK
---	---	---------	-----------

RESUMEN

4. Sección de columna de amarre y viga solera

0.13 m



0.30 m

5. Acero en viga solera

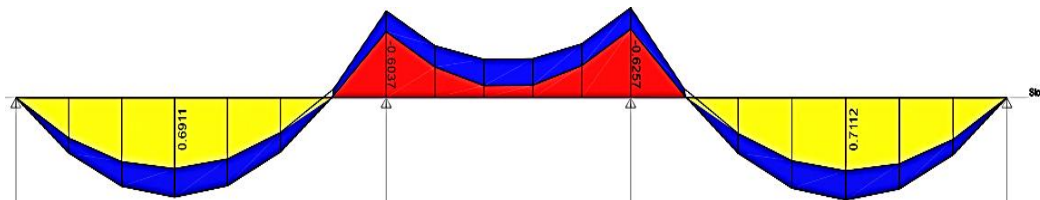
4 @ 3/8"

6. Acero en columna de amarre

4 @ 3/8"

DISEÑO DE LOSA ALIGERADA

Para diseñar la losa aligerada se hizo uso de la norma E060 [20] donde nos indica que para diseñar este tipo de elemento se tiene que idealizar como una viga continua apoyada. Utilizando el programa ETABS se obtuvo los siguientes resultados:



Momento en el claro

Datos:				
Mu =	0.691	Tn.m	fy =	4200.00 Kg/cm2
b =	40.00	cm	f'c =	280.00 Kg/cm2
bw =	10.00	cm	β1 =	0.85
h =	17.50	cm		
d =	14.87	cm		
a =	0.50	cm		
Ø =	0.90			
hf =	5.00	cm		

Teniendo esos datos se procedió a calcular el acero requerido con las fórmulas dadas por E060 [20]:

$$A_s = \frac{Mu}{\phi f_y (d - a/2)} \quad a = \frac{A_s * f_y}{0.85 * f'_c * b} \quad A_{s \min} = \frac{0.70 \sqrt{f'_c} b w . d}{f_y}$$

Obtenemos un acero requerido de 1.25 cm² y un acero mínimo de 0.41 cm². Entre ambos elegimos al de mayor área para poder asignar el área a usar, siendo esta 1.27 cm² porque se empleó una barra de ½”.

Momento en el apoyo

Datos:				
Mu =	0.604	Tn.m	fy =	4200.00 Kg/cm2
bw =	10.00	cm	f'c =	280.00 Kg/cm2
b =	40.00	cm	β1 =	0.85
h =	17.50	cm		
d =	14.87	cm		
a =	2.97	cm		
Ø =	0.90			
hf =	5.00	cm		

Teniendo esos datos se procedió a calcular el acero requerido con las fórmulas dadas por E060 [20]:

$$A_s = \frac{Mu}{\phi f_y (d - a/2)} \quad a = \frac{A_s * f_y}{0.85 * f'_c * b} \quad A_{s \min} = \frac{0.70 \sqrt{f'_c} b w . d}{f_y}$$

Obtenemos un acero requerido de 1.15 cm² y un acero mínimo de 0.81 cm². Entre ambos elegimos al de mayor área para poder asignar el área a usar, siendo esta 1.27 cm² porque se empleó una barra de ½”.

DISEÑO DE LA CIMENTACIÓN

La cimentación que se empleará es de un cimiento corrido con sobrecimiento. Para esto se necesitó realizar un estudio de mecánica de suelos del cuál se obtuvo la capacidad portante del área del proyecto, la cuál es 0.80 kg/cm^2 . Teniendoe se dato se procede a usar la siguiente fórmula:

$$B = \frac{P}{\sigma_s} = \frac{P}{\sigma_t - \gamma_{suelo} Df - s/c}$$

Siendo:

B = Ancho de cimentación

P = Carga de servicio

σ_s = Esfuerzo del suelo

Df = longitud de desplante

S/c = sobrecarga

Para esta investigación se ha considerado el muro más cargado para empezar el diseño.

Story	Pier	Output Case	Case Type	Location	P tonf	V2 tonf	V3 tonf	T tonf-m	Mz tonf-
Story1	Y1	1.4 CM + 1.7 ...	Combination	Bottom	-11.3611	-0.0971	0.0067	0.2672	

$$B = 0.3579 \text{ m}$$

Redondeando el valor saldría un ancho de 0.40, sin embargo al haber despreciado el peso de la cimnetnación en sí isma, se optó por usar un ancho de 0.60 m. Para determinar el peralte se determino mediante la sumatoria de la longitud de desarrollo de una varilla de 1/2".

$$Ld_1 = \left(0.075 * \frac{fy}{\sqrt{f'c}} \right) * db$$

$$Ld_1 = \left(0.075 * \frac{4200}{\sqrt{210}} \right) * 1.27$$

$$Ld_1 = 27.61 \text{ cm}$$

$$Ld_2 = (0.0044 * fy) * db$$

$$Ld_2 = (0.0044 * 4200) * 1.27$$

$$Ld_2 = 23.46 \text{ cm}$$

Por lo que:

$$H = 27.61 \text{ cm}$$

$$H = 40 \text{ cm}$$

El RNE [20] indica que la altura (H) tiene que ser mayor que el ancho (B) así que se usó un peralte de 0.80 m. Luego se tuvo que realizar la verificación por corte con la siguiente fórmula:

$$V_{ua} = q_u L_v A \qquad L_v = \left(\frac{B-t}{2} \right) + \frac{t}{2}$$

Donde:

V_{ua} =Cortante último de diseño

L_v = Longitud de corte

q_u =Carga última del suelo

A= Largo del cimiento

Donde $t=0.15$ m, reemplazando se obtuvo que L_v es 0.325m. Con este valor se determinó el cortante último actuante, el cual fue de 2.70 Tn. Con las recomendaciones del Reglamento Nacional de Edificaciones [19], se determinó la resistencia al corte del concreto, mediante la siguiente fórmula:

$$v_c = \phi 0.53 \sqrt{f'_c} b h$$

Donde:

b= Ancho de cimiento

$\phi = 0.50$ para concreto ciclópeo

h= Peralte de cimiento

f'_c = Resistencia a la compresión del concreto

Reemplazando se obtuvo que el concreto resiste 19.69 Tn, lo cual es mayor que la carga última actuante, por ello se concluye el diseño del cimiento.

Posteriormente se diseñó el sobrecimiento, para lo cual se empleó la siguiente fórmula para determinar su área:

$$bh \geq \frac{1.5P_u}{f'_c} - (n - 1) \frac{1.5P_u}{f_y}$$

Donde:

bh= Área de sobrecimiento

P_u = Carga ultima actuante

f'_c = Resistencia a la compresión del concreto

f_y = Resistencia a la fluencia del acero

n= Relación modular

Teniendo una base de 0.15m, se reemplazan los valores en la fórmula obteniéndose el siguiente peralte:

$$h \geq 3.49 \text{ cm}$$

La norma indica que para ser considera armado el elemento debe medir como mínimo 30 cm, así mismo resaltando que la zona donde se está haciendo la propuesta de proyecto ha presentado empozamientos por lluvias se ha optado por tener una altura de sobrecimiento desde el N.P.T. 0+000 de 40 cm, dándole al elemento estructural una altura total de 1.20m.

DESCRIPCIÓN INSTALACIONES SANITARIAS

SISTEMA DE AGUA POTABLE

a) Conexión domiciliaria

La conexión domiciliaria será mediante una tubería de 3/4" desde la red pública de 2". La tubería de alimentación contará con medidor ubicado en la vereda al ingreso de la edificación.

b) Redes de agua fría

Se hizo las siguientes consideraciones a la hora de calcular las tuberías:

- Presión en la red pública en el punto de conexión del servicio .
- Pérdida de carga en tuberías y accesorios.
- Presión de salida en el aparato: según el reglamento nacional de edificaciones, se debe considerar un mínimo 2 m de columna de agua en la en los aparatos sanitarios.
- Presión máxima en la tubería: no debe ser superior a 50 m de columna de agua (0,490 MPa).

La red de distribución estará conformada por tubería de 3/4" y 1/2", siendo el material considerado de PVC -Clase 10 roscada, dicha red de distribución contempla la instalación de una válvula de control operacional, las cuales permitirán aislar el sector para efectuar trabajos de mantenimiento preventivo – correctivo.

SISTEMA DE DESAGÜE

Para la evacuación de las aguas residuales de los ambientes proyectados se contempla un sistema de recolección por gravedad , colectando las aguas residuales de cada ambiente mencionado y conduciendo hacia una caja de registro que a su vez conducirá hasta un biodigestor como se indica en los planos correspondientes.

a) Tuberías de pvc destinadas para desagüe

Las tuberías para desagüe y ventilación serán de cloruro polivinilo rígido de media presión especial para desagüe y fabricadas de acuerdo a lo que exige las normas NTP-399.003.

b) Accesorios

Los accesorios deben de cumplir con las siguientes características: fabricados en una sola pieza y sin desperfectos en su estructura, además su superficie debe ser lisa.

c) Ventilación

Las tuberías de ventilación serán de 2" de diámetro serán de PVC-SAP (Clase pesada) para todos los ambientes. Así mismo, se instalará las tuberías de ventilación con su respectivo sombrero de ventilación

Referente al sistema de ventilación sanitaria, estos se han calculado en función a las unidades de descarga del desagüe por cada pieza sanitaria.

Se ha identificado en el diseño las tuberías principales de ventilación, cuyo diámetro predominante es 2".

DESCRIPCIÓN INSTALACIONES ELÉCTRICAS

a) Características Del Sistema Eléctrico

El sistema eléctrico tiene las siguientes características:

- Tensión nominal de baja tensión : Monofásico.
- Frecuencia : 60 Hz
- Número de fases : 02
- Naturaleza del neutro : aislado

b) Conductores Y Accesorios

Los conductores serán de cobre e irán de forma ordenada dentro de los tubos. Se emplearán varios y diferentes colores, donde la línea neutra será de color negro y los colores azul o rojo se usarán para las líneas activas.

c) Tuberías Y Accesorios

Los circuitos derivados de iluminación se distribuirán con tubería PVC (SAP)

El mínimo diámetro mínimo que se empleará para las tuberías será de 20 mm ϕ .

Las uniones de tubo a tubo se efectuarán a presión, con pegamento PVC, producto Standard de los fabricantes de tuberías.

d) Cajas

Las cajas serán de tamaño estándar americano puesto que serán de plástico y/o metal,

e) Tomacorrientes

Los tomacorrientes normales serán simples, dobles, monofásicos, universal con puesta a tierra, 220V – 16 A, similar a Bticino Modus o similar aprobado.

Los tomacorrientes monofásicos con línea a tierra, tipo Ticino serie Modus, 16 A, 240 V.

PROYECTO DE ADOBE

La vivienda de Adobe está dirigida a pobladores que viven en la zona de Popán – Zaña para el cual se ha considerado los parámetros normativos indicados en la Norma E.080 ADOBE. El módulo de vivienda de adobe tiene en consideración las condiciones mínimas exigidas para la mejor habitabilidad y calidad de vida de las familias.

DESCRIPCIÓN TÉCNICA

Pisos

La vivienda propuesta tiene un piso de tierra compactada con un aditivo impermeable. El espesor del piso será de 10 cm.

Techo

La cubierta de la vivienda está conformada por vigas de madera en ambos sentidos, sobre las cuales se coloca una cobertura de torta de barro de 3.0 cm. de espesor. Sobre esta superficie para proteger y dar un acabado estético se usara calaminas Onduline.

Puertas y ventanas

Las puertas y ventanas son fabricadas con la madera de la zona.

SISTEMA DE SISMORRESISTENCIA

Para proponer la vivienda antisísmica de adobe hemos usado las recomendaciones de [22]

Fabricación de adobes

Para la fabricación de los ladrillos de adobe se tendrán en cuenta las recomendaciones de PUCP. Las piezas de adobe a fabricar deben tener las siguientes dimensiones de 40x40x10 y 40x20x10 cm.

Cimientos

Las dimensiones propuestas para la cimentación son de 40 cm. de ancho y 80 cm. de altura. Será conformado por concreto ciclópeo.

Sobrecimientos

Las dimensiones propuestas para el sobrecimiento tiene una dimensión de 40 cm. de ancho y 40 cm. de altura y también es construido de cemento ciclópeo. Además de que se insertarán carrizos de 1” para el sistema de sismoresistencia.

Muros

El espesor de los muros es de 40 cm. Y por altura tiene 240 cm. Además contará con refuerzo vertical brindado por cañas de carrizo de 1” y de refuerzo horizontal brindado por caña chancada cada 4 hileras. En su parte superior están coronados por una viga collar. Sobre los muros se incorpora un recubrimiento de tierra-arena (tarrajeo) de 2.5 cm. de espesor como máximo con aditivo para impermeabilizar

Viga collar

Se colocará una viga collar de carrizo de 3”, cuya función es la de evitar que los muros se separen y como conexión entre muro y techo, lo que brinda un reforzamiento integral a la estructura de la edificación. Esta viga corona todo el perímetro del muro de adobe, incluidos los vanos de puertas y ventanas.

DESCRIPCIÓN INSTALACIONES SANITARIAS

SISTEMA DE DESAGÜE

Para la evacuación de las aguas residuales de los ambientes proyectados se contempla un sistema de recolección por gravedad, colectando las aguas residuales de cada ambiente mencionado y conduciendo hacia una caja de registro que a su vez conducirá hasta un biodigestor como se indica en los planos correspondientes.

d) Tuberías de pvc destinadas para desagüe

Las tuberías para desagüe y ventilación serán de cloruro polivinilo rígido de media presión especial para desagüe y fabricadas de acuerdo a lo que exige las normas NTP-399.003.

e) Accesorios

Los accesorios deben de cumplir con las siguientes características: fabricados en una sola pieza y sin desperfectos en su estructura, además su superficie debe ser lisa.

f) Ventilación

Las tuberías de ventilación serán de 2” de diámetro serán de PVC-SAP (Clase pesada) para todos los ambientes. Así mismo, se instalará las tuberías de ventilación con su respectivo sombrero de ventilación

Referente al sistema de ventilación sanitaria, estos se han calculado en función a las unidades de descarga del desagüe por cada pieza sanitaria.

Se ha identificado en el diseño las tuberías principales de ventilación, cuyo diámetro predominante es 2”.

DESCRIPCIÓN INSTALACIONES ELÉCTRICAS

f) Características Del Sistema Eléctrico

El sistema eléctrico tiene las siguientes características:

- Tensión nominal de baja tensión : Monofásico.
- Frecuencia : 60 Hz
- Número de fases : 02
- Naturaleza del neutro : aislado

g) Conductores Y Accesorios

Los conductores serán de cobre e irán de forma ordenada dentro de los tubos. Se emplearán varios y diferentes colores, donde la línea neutra será de color negro y los colores azul o rojo se usarán para las líneas activas.

h) Tuberías Y Accesorios

Los circuitos derivados de iluminación se distribuirán con tubería PVC (SAP)

El mínimo diámetro mínimo que se empleará para las tuberías será de 20 mm ϕ .

Las uniones de tubo a tubo se efectuarán a presión, con pegamento PVC, producto Standard de los fabricantes de tuberías.

i) Cajas

Las cajas serán de tamaño estándar americano puesto que serán de plástico y/o metal,

j) Tomacorrientes

Los tomacorrientes normales serán simples, dobles, monofásicos, universal con puesta a tierra, 220V – 16 A, similar a Bticino Modus o similar aprobado.

Los tomacorrientes monofásicos con línea a tierra, tipo Ticino serie Modus, 16 A, 240 V.

HUELLA ECOLÓGICA

Para poder hallar la huella ecológica de las viviendas propuestas se tendrá como base [17] en donde se considera cuatro rubros importantes: consumos directos, consumos indirectos, materiales de construcción y residuos.

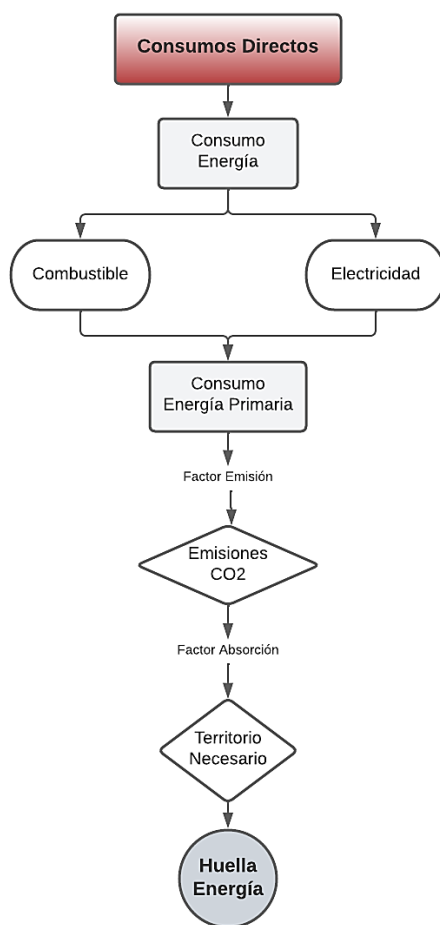
HUELLA DE CONSUMOS DIRECTOS

En este rubro se toma en cuenta la energía y el agua como fuentes que consumen recursos de manera directa.

Huella del consumo de energía

En primer lugar para poder analizar la energía se considerará el combustible y la energía eléctrica empleada en la obra. Luego se analizó la cantidad del recurso hídrico que se especifica en los costos unitarios de ambas viviendas. En el siguiente esquema se explica de manera sencilla el proceso para hallar el consumo de energía.

Imagen 7 Metodología para determinar la huella relacionada al consumo de energía



Fuente: Extraído de [17]

Para hallar la huella relacionada al combustible primero se halló la productividad energética del petróleo. A continuación se muestra la tabla 21 donde se organizó la información:

Tabla 21 Productividad energética del petróleo

Recurso	Productividad	
	Natural [Kg/ha/año]	Energética [GJ/ha/año]
• Diésel		50
• Gasolina		
-Gasolina 84		50
-Gasolina 90		50
-Gasolina 95		50
-Gasolina 97		50
-Gasolina 98		50

Fuente: Extraído de [16]

Una vez se conoció la productividad energética del petróleo se procedió a revisar el expediente de ambas viviendas para separar el equipamiento que consume combustible y las horas que se usan de cada uno de ellos durante todo el tiempo estimado para la construcción de las viviendas.

Para hallar la huella asociada al consumo de combustible el proceso que se siguió fue el siguiente:

- Calcular cantidad de combustible total para cada una de las viviendas
- Aplicar factor de conversión para uniformizar en unidades de energía con la siguiente fórmula:

$$\text{Intensidad de energía del combustible} = 35 \text{ MJ/ (Litro de Combustible)}$$

- Hallar la huella ecológica relacionada al consumo de combustible aplicando la siguiente fórmula:

$$HE_{cc} = \frac{C}{PE_i} \times FE_f$$

Donde:

HE_{cc} : Huella ecológica ponderada del consumo de combustible en obra (hag)

PE_i : Productividad energética (GJ/ha)

C : Consumo de combustible (GJ)

FE_f : Factor de equivalencia forestal

Fuente: Extraído de [17]

La Dirección General de Electricidad del Minem, detalla que la productividad energética de la zona norte del país es de 356 GWh, dato necesario para poder calcular la huella relacionada al consumo de energía eléctrica. Teniendo ese dato se procedió a determinar el consumo de energía que se producirá para la construcción de cada una de las viviendas propuestas y se siguió el procedimiento siguiente:

- Conversión a GJ de todo el consumo energético de las maquinarias o equipos con la siguiente equivalencia:

$$\text{Intensidad de energía total en GJ} \quad 1\text{kWh} = 0.0036 \text{ GJ}$$

- Hallar la huella ecológica relacionada al consumo de energía eléctrica aplicando la siguiente fórmula:

$$HE_{ce} = \frac{C}{PE_i} \times FE_f$$

Donde:

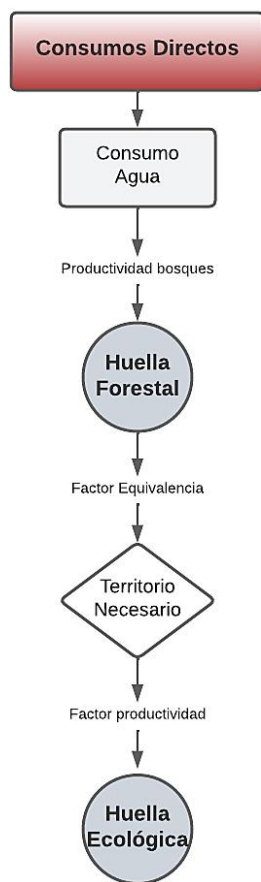
HE_{ce}:	Huella ecológica ponderada del consumo de energía eléctrica (hag)
PE_i:	Productividad energética (GJ/ha)
C:	Consumo de energía eléctrica (GJ)
FE_f:	Factor de equivalencia forestal

Fuente: Extraído de [17]

Huella del consumo de agua

Para calcular esta huella es necesario analizar los costos unitarios de cada una de las viviendas. En este punto la metodología a usarse será la propuesta por Solís [17] para cuantificar el gasto de agua y su conversión en indicador de huella la cual se muestra en el siguiente gráfico:

Imagen 8 Metodología para determinar la huella relacionada al consumo de agua



Fuente: Extraído de [17]

Para calcular el consumo de agua en las viviendas se tomó en cuenta que la zona de estudio pertenece a áreas de cultivo, por esta razón el factor de equivalencia que se empleará es 2.51. Además de considerar el agua empleada en cada una de las especialidades (estructuras, arquitectura, instalaciones eléctricas e instalaciones sanitarias), se consideró 30 litros de agua por trabajador al día, la cual se debió emplear para aseo personal. Adicional a esto, se consideró un porcentaje del 10% adicional para cada una de las especialidades. Luego de tener todos los datos expuestos con anterioridad, se procedió a calcular de la huella con la siguiente fórmula.

$$HE_{pa} = \frac{C}{Pb} \times FE_B$$

Donde:

- HE_{pa} :** Huella ecológica ponderada del agua (hag)
 FE_B : Factor de equivalencia para los bosques
 C : Consumo de agua (m3)
 Pb : Productividad (m3/ha)

Fuente: Extraído de [17]

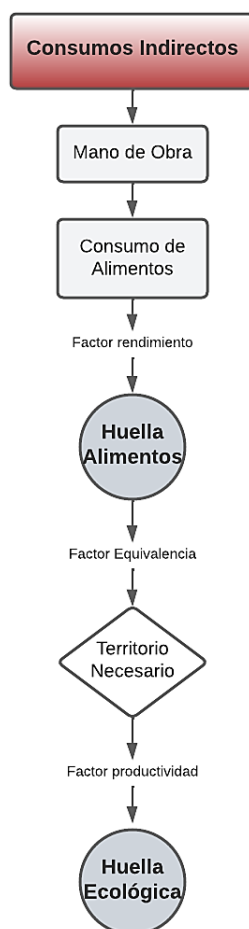
HUELLA DE CONSUMOS INDIRECTOS

En este apartado se analizaron todas las fuentes que consumen recursos indirectamente, así que nos enfocamos en los materiales y en los alimentos y movilidad que emplea la mano de obra.

Huella consumo de alimentos

La metodología que se empleó para el cálculo de la huella de los alimentos se resume en el siguiente gráfico:

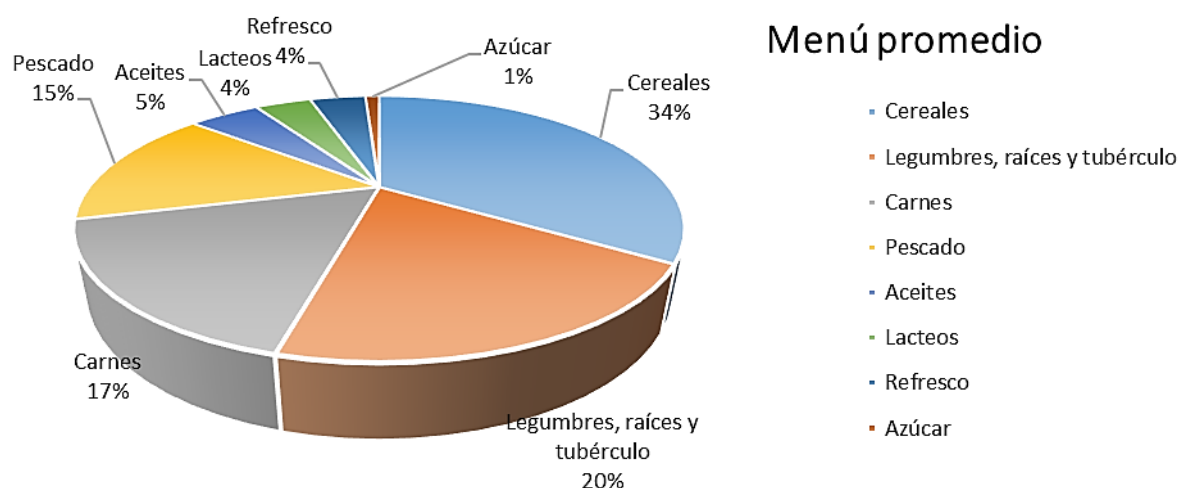
Imagen 9 Metodología para determinar la huella relacionada a los alimentos



Fuente: Extraído de [17]

Para calcular la huella relacionada al consumo de alimentos se necesitó contabilizar los alimentos que fueron necesarios para que un trabajador realice su jornada. Se llevó a cabo encuestas en los pobladores de la zona y se obtuvo un menú promedio. Se organizó a información y se proporcionó porcentajes aproximados que conforman un plato de comida, los cuáles se muestran a continuación:

Imagen 10 Almuerzo promedio con ingredientes en porcentajes



Fuente: Elaboración propia

Conociendo los alimentos que se consumen y el porcentaje de ellos, se procedió a conocer la intensidad energética (GJ/Tn) de cada uno de los alimentos que integran el menú, se tomaron en cuenta los siguientes valores de la tabla 22.

Tabla 22 Intensidad energética de los alimentos.

<i>Alimentos</i>	<i>Intensidad energética (GJ/t)</i>
<i>Cereales</i>	15
<i>Legumbres, raíces y tubérculo</i>	10
<i>Carnes</i>	80
<i>Pescado</i>	100
<i>Aceites</i>	40
<i>Lacteos</i>	37
<i>Refresco</i>	7
<i>Azúcar</i>	15

Fuente: Extraído de [17]

También es necesario saber la productividad de cada alimento (tn), para esto se buscó información de la zona para que los valores sean los más cercanos a la realidad. En el siguiente cuadro se muestran los datos calculados:

Tabla 23 Cantidad de alimentos en toneladas por cada S/1000

Alimentos	Consumo (t/(S/. 1,000))
Cereales	0.775
Legumbres, raíces y tubérculo	0.294
Carnes	0.102
Pescado	0.091
Aceites	0.081
Lacteos	0.344
Refresco	0.398
Azúcar	0.238

Fuente: Elaboración propia

Para calcular la huella de los alimentos se tiene que obtener la huella fósil de cada uno de los alimentos del menú y para esto es necesaria la siguiente fórmula:

$$HE_{cf} = \frac{Cx(IE)}{Pc} x FE_B$$

Donde:

HE_{cf} = Huella Ecológica Fósil (hag/comida)

IE = Intensidad de energía (GJ/t)

C = Consumo (t)

FE_i = Factor de equivalencia forestal

Pc = Productividad del petróleo (GJ/ha)

Fuente: Extraído de [17]

En este caso se consideró los alimentos que se han producido con pastos y se realizó el cálculo correspondiente para ellos con la siguiente fórmula.

$$HE_{pas} = \frac{c_s}{1000} \left[\sum_i \frac{\%alim_i \times c_i}{\frac{100}{Pn_i}} \right] \times FE_{pas}$$

Donde:

HE_{pas} = Huella Ecológica de pastos (hag/comida)

$\%alim$ = Porcentaje que representa los alimentos de un plato promedio (Chiclayo), que pertenecen a pastos

C_s = Costo promedio de un plato de comida en Chiclayo.

C_i = Consumo en toneladas por cada

Pn_i = Productividades naturales de cada alimento

FE_{pas} = Factor de equivalencia de pasto

Fuente: Extraído de [17]

Luego se hizo el cálculo de la huella relacionada al mar, siguiendo los criterios mencionados anteriormente, una vez hecho la selección de los alimentos marinos se procede a calcular su huella con la siguiente fórmula:

$$HE_{cm} = \frac{Cx(IE)}{P_c} x FE_{pas}$$

Donde:

HE_{mar} = Huella Ecológica de pastos (hag/comida)

C = Consumo (t)

Pn = Productividad natural (t/ha)

FE_{mar} = Factor de equivalencia de mar

Fuente: Extraído de [17]

Al final, se calculó la huella relacionada a los alimentos cultivados, para poder abarcar todos los alimentos en los cuales se encuentra en un almuerzo típico, y se procedió a realizar los cálculos con la siguiente fórmula:

$$HE_{cul} = \frac{c_s}{1000} \left[\sum_i \frac{\%alim_i \times c_i}{\frac{100}{Pn_i}} \right] \times FE_c$$

Donde:

HE_{cul} = Huella Ecológica de tierra de cultivo (hag/comida)

$\%alim$ = Porcentaje que representa los alimentos de un plato promedio (Chiclayo), que pertenecen a alimentos cultivados

C_s = Costo promedio de un plato de comida en Chiclayo.

C_i = Consumo en toneladas por cada

Pn_i = Productividades naturales de cada alimento

FE_{cul} = Factor de equivalencia de tierras de cultivo

Fuente: Extraído de [17]

Para obtener la huella de alimentos total es necesario saber cantidad de horas trabajadas y de la misma manera tener en cuenta a todo el personal que participo directa e indirectamente en la construcción de las viviendas propuestas en esta investigación. En cuanto al personal considerado en los gastos generales, sus horas trabajadas se transformaron en una cuadrilla representativa para un cálculo mejor aproximado.

Tabla 24 Hipótesis de una cuadrilla representativa en obra

Cuadrilla	Precio/h	Costo medio de 01 Cuadrilla
01 Operario	14.81	12.02 Soles/hh
02 Peón	10.63	

Fuente: Elaboración propia

Luego de haber calculado todo lo anteriormente expuesto se realizó el cálculo de la huella relacionada al consumo de alimentos para cada una de las dos viviendas rurales con la siguiente fórmula:

$$HE_{pal} = \frac{HE_c}{h_c} \times N_h$$

Donde:

HE_{pal} = Huella ecológica ponderada de los alimentos (hag)

HE_c = Huella ecológica expresada como hag/comida

h_c = 8 horas/comida

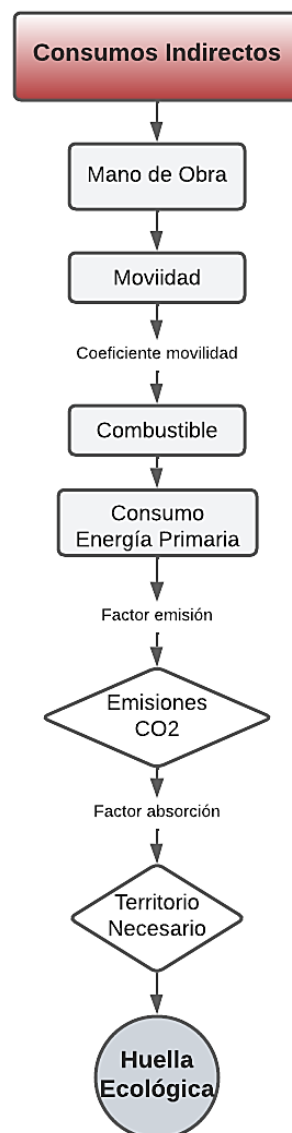
N_h = Numero de horas trabajadas

Fuente: Extraído de [17]

Huella de movilidad

Para hallar esta huella se utilizó la siguiente metodología explicada en el gráfico de abajo:

Imagen 11 Metodología para determinar la huella relacionada a la movilidad



Fuente: Extraído de [17]

Para obtener la huella relacionada a movilidad se llevó a cabo encuestas donde se logró obtener los lugares del cuál provienen la mayoría de los trabajadores y el tipo de vehículo que se empleó para poder llegar a la zona del proyecto.

Se ha tenido encuesta la cantidad de kilómetros recorridos tanto de ida como de regreso a sus domicilios; posteriormente se calculó el total de kilómetros recorridos y así se pudo calcular la energía consumida.

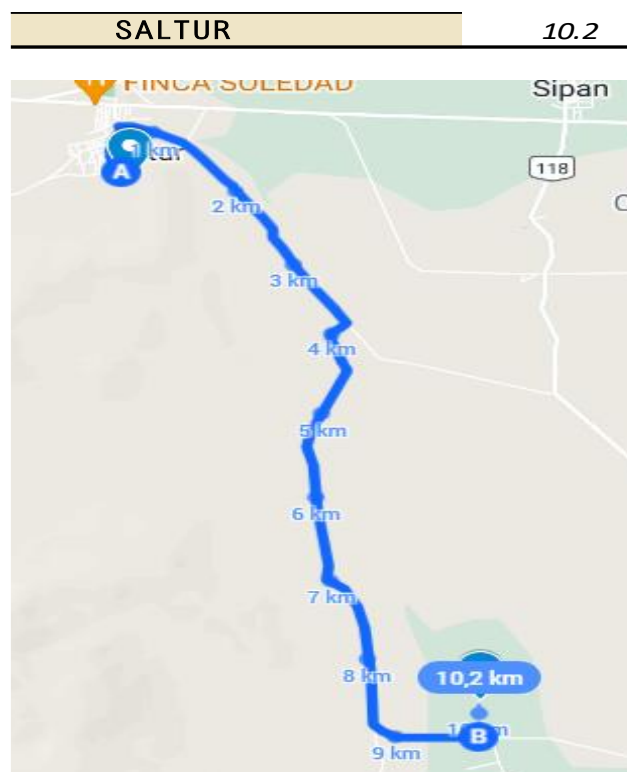
Se realizó un análisis de las rutas que posiblemente los trabajadores emplean para llegar a la zona del proyecto (ver imagen 12, 13, 14 y 15), teniendo en cuenta el tipo de movilidad y las personas que pueden ser transportadas en cada una de ellas (ver tabla 25). Se consideró cuatro lugares a los cuales los trabajadores se podrían desplazar desde el trabajo hasta la zona de estudio, los cuales fueron: Saltur, Cayalti, Sipan y Collique. Se consideró cuatro rutas y tres tipos de movilidad, para poder hacer un promedio y a sí abarcar la mayoría de posibilidades a continuación se muestra los cuadros realizados.

Tabla 25 Tipo de movilidad empleada

Zona	Tipo de movilidad	Distancia a obra
SALTUR	<i>MOTOTAXI</i>	6.85
	<i>MOTO LINEAL</i>	6.85
	<i>BICICLETA</i>	6.85
CAYALTI	<i>MOTOTAXI</i>	5.51
	<i>MOTO LINEAL</i>	5.51
	<i>BICICLETA</i>	5.51
SIPAN	<i>MOTOTAXI</i>	6.82
	<i>MOTO LINEAL</i>	6.82
	<i>BICICLETA</i>	6.82
COLLIQUE	<i>MOTOTAXI</i>	5.28
	<i>MOTO LINEAL</i>	5.28
	<i>BICICLETA</i>	5.28
DESPLAZAMIENTO MEDIO (km)		6.1150

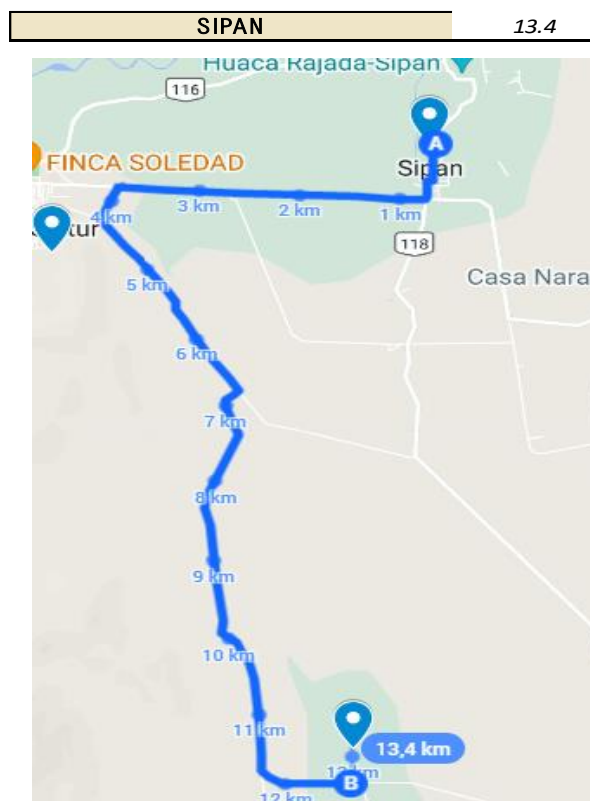
Fuente: Elaboración propia

Imagen 12 Ruta de Saltur a la zona del proyecto



Fuente: Google Maps

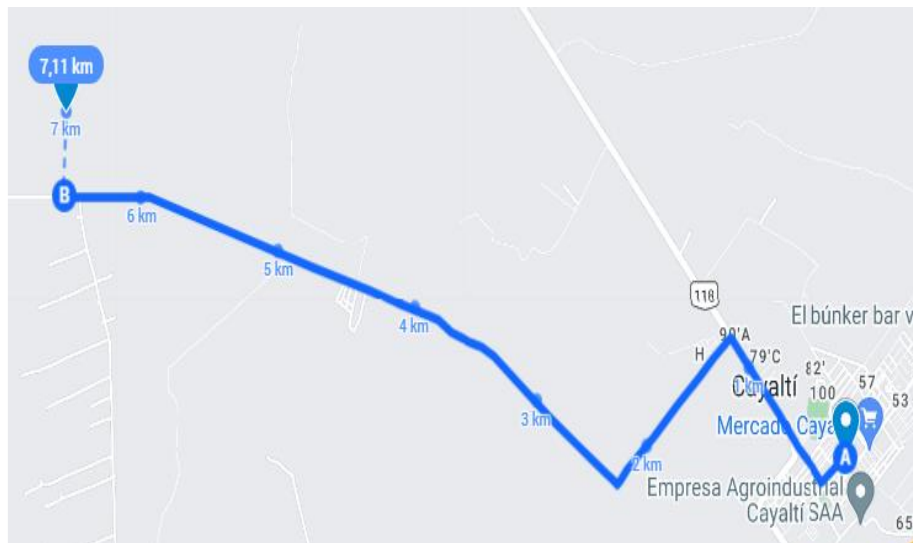
Imagen 13 Ruta de Sipan a la zona del proyecto



Fuente: Google Maps

Imagen 14 13Ruta de Cayalti a la zona del proyecto

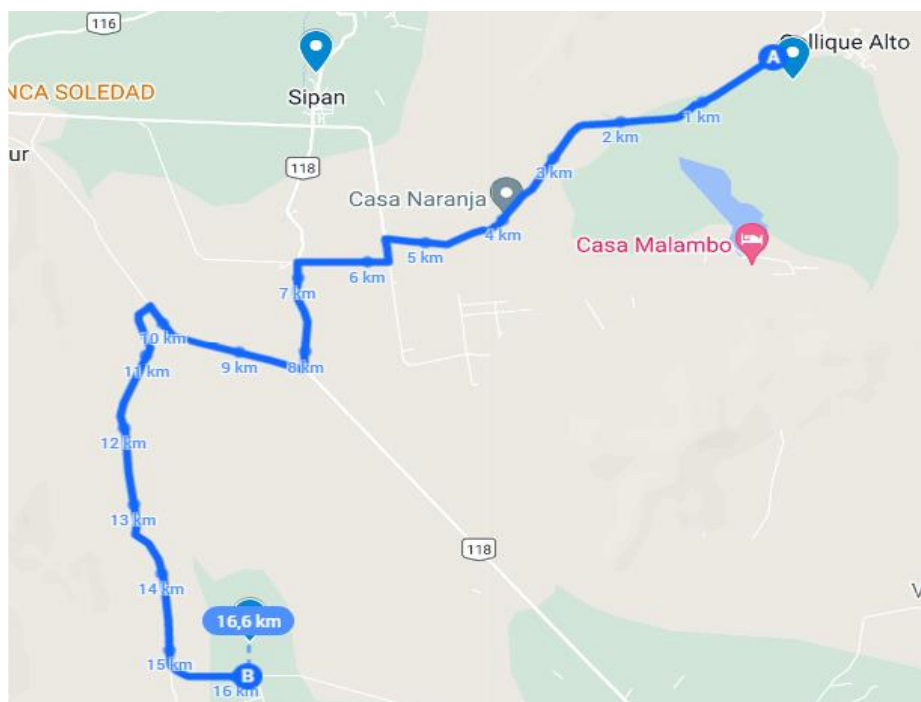
CAYALTI	7.11
----------------	-------------



Fuente: Google Maps

Imagen 15 13Ruta de Collique a la zona del proyecto

COLLIQUE	16.6
-----------------	-------------



Fuente: Google Maps

Una vez obtenido los datos anteriores es necesario conocer el consumo de combustible para cada tipo de vehículo. Resumiendo, el cálculo de la huella relacionada a la movilidad tenemos los siguientes pasos:|

1. Por medio de encuestas se obtuvo cuales son los distintos tipos de transporte empleados por la mano de obra ya que en casi todos los casos los trabajadores se encuentran relativamente alejados de la zona estudio.
2. Empleando Google Maps se trazó posibles rutas, desde los distintos puntos de ubicación de los trabajadores.
3. Se consideró la ocupación media por cada tipo de vehículo a considerar en el análisis.
4. Para calcular el gasto de combustible se agregará un consumo extra del 10%.
5. La huella asociada a la movilidad se obtuvo usando la fórmula que se muestra a continuación:

$$HE_{pc} = \frac{C}{P_c} \times FE_B \times T_t$$

Donde:

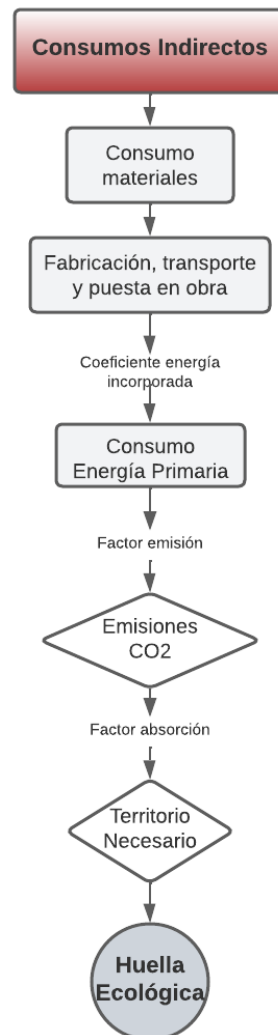
P_c :	Productividad energética del combustible
C :	Consumo en GJ
FE_B :	Factor de equivalencia de los bosques
HE_{pc} :	Huella Ecológica relacionada a movilidad hag
T_t :	Tiempo total de duración de la obra en días

Fuente: Extraído de [17]

HUELLA DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

Para hallar esta huella se utilizó la siguiente metodología explicada en la imagen 16 que se encuentra abajo:

Imagen 16 Metodología para determinar la huella relacionada a los materiales de la construcción



Fuente: Extraído de [17]

Para obtener la huella relacionada al consumo de materiales de construcción en las dos viviendas rurales propuestas es indispensable desarrollar las partidas y análisis de costos unitarios puesto que se debió ya que se tuvo que contabilizar todos los materiales que se emplearon en la construcción de las viviendas. Se tiene que considerar desde el material más simple hasta el más abundante.

Se tiene que decir que la confiabilidad de los valores de la energía utilizada por un material específico se relaciona con probabilidades de tener acceso a las fuentes de información confiables. En el desarrollo de esta investigación se consideraron los datos obtenidos de la energía incorporada en la tesis doctoral de [17], como base fundamental

para el cálculo. En el siguiente cuadro se muestran los datos más relevantes de energía incorporada específica (en MJ/kg) de los materiales de construcción importantes, según diversas fuentes a fin de apreciar las diferencias:

Tabla 26 Energía incorporada de cuna a obra por tipo de materiales

Codigo	MATERIAL	Energía incorporada específica (MJ/kg)						Promedio
		F1	F2	F3	F4	F5	F6	
Materiales Simples								
01	Acero comercial (20% reciclado)	35.00	43.00	43.00	39.00	30.13	25.00	35.86
02	Acero 100% reciclado (teórico)	17.00	-	-	-	-	9.00	13.00
03	Acero inoxidable	-	-	-	177.00	-	-	177.00
04	Aluminio primario	215.00	160.00	180.00	205.00	180.00	200.00	190.00
05	Aluminio 100% reciclado (teórico)	23.00	-	-	-	-	-	23.00
06	Aluminio 85% reciclado	-	-	-	-	-	45.00	45.00
07	Aluminio comercial (30% reciclado)	160.00	-	-	-	-	-	160.00
08	Arcilla cocida, ladrillo y tejas	4.50	-	-	-	2.90	2.00	3.13
09	Arcilla cocida, materiales cerámicos vitrificados	10.00	-	-	7.20	-	8.00	8.40
10	Arcilla cocida. Sanitarios	27.50	-	-	-	-	-	27.50
11	Arena (áridos)	0.10	0.10	0.10	0.10	0.08	0.50	0.16
12	Árido reciclados	-	-	-	0.10	-	-	0.10
13	Asfalto en tela (oxiasfalto)	10.00	-	10.00	10.00	-	-	10.00
14	Cal	-	-	-	3.43	-	4.5-5	3.43
15	Cartón-yeso	-	-	-	7.90	5.73	5.00	6.21
16	Cemento	7.00	7.20	7.20	7.00	-	3.6-4	7.10
17	Cerámica	-	-	-	2.30	2.50	-	2.40
18	Cerámica esmaltada	-	-	-	13.00	-	-	13.00
19	Cobre primario	90.00	90.00	90.00	150.00	-	85.00	101.00
20	Fibrocemento (de amianto)	6.00	-	-	9.50	-	-	7.75
21	Fibrocemento (de fibras sintéticas o madera)	9.00	-	-	9.50	-	-	9.25
22	Fibra natural	-	-	-	1.70	-	-	1.70
23	Fibra mineral	-	-	-	2.35	18.40	-	10.38
24	Fibra sintética	-	-	-	30.00	-	-	30.00
25	Fibra de vidrio	30.00	-	30.00	22.00	-	35.00	29.25
26	Grava	0.10	0.10	0.10	-	-	-	0.10
27	Gres	-	-	-	10.90	-	-	10.90
28	Madera de clima templado	3.00	3.00	3.00	2.10	-	-	2.78
29	Madera tropical	3.00	-	-	-	-	-	3.00
30	Madera, tablero aglomerado sin formaldehídos	14.00	14.00	14.00	14.00	-	-	14.00
31	Madera, tablero aglomerado con formaldehídos	14.00	-	-	-	-	-	14.00
32	Madera, tablero contrachapado	5.00	5.00	5.00	-	-	-	5.00
33	Papel	-	-	-	31.10	-	-	31.10
34	Pintura plástica (de base acuosa) que cumple la norma ecológica	20.00	-	-	-	-	-	20.00
35	Pintura plástica (de base acuosa)	20.00	20.00	20.00	20.00	42.23	-	24.45
36	Pintura y barnices sintéticos (esmaltes) de base de disolventes orgánicos que cumplen la norma ecológica	100.00	-	-	90.00	-	-	95.00
37	Pintura y barnices sintéticos (esmaltes) de base de disolventes orgánicos	100.00	100.00	100.00	-	-	-	100.00
38	Piedra	-	-	-	0.18	-	0.50	0.34
39	Plomo	-	-	-	190.00	-	22.00	106.00
40	Polycarbonato	-	-	-	79.00	-	-	79.00
41	Polidloropreno (neopreno)	100.00	120.00	120.00	100-120	-	-	113.33
42	Poliestireno expandido (EPS)	100.00	100.00	100.00	100-115	-	125.00	106.25
43	Poliestireno extruido (XPS) con agente hinchante tipo HCFC	100.00	-	-	100-115	-	133.00	116.50
44	Poliestireno extruido (XPS) con agente hinchante tipo CO ₂	100.00	-	-	-	-	130.00	115.00
45	Poliétileno (PE) primario	77.00	75.00	-	85.00	-	110.00	86.75
46	PE reciclado (más del 70%)	-	-	75.00	-	-	-	75.00
47	Polipropileno (PP) primario	80.00	-	77.00	-	-	115.00	90.67
48	Poliuretano (PUR) con agente hinchante tipo HCFC o diclorometano	70.00	-	-	70.00	82.33	135.00	89.33
49	PUR con agente hinchante tipo CO ₂ o similar	70.00	70.00	70.00	-	-	135.00	86.25
50	PVC primario	80.00	80.00	80.00	70.00	53.82	85.00	74.80
51	Terrazo	-	-	-	2.30	-	1.50	1.90
52	Vidrio plano	19.00	19.00	19.00	19.00	16.20	-	18.44
53	Yeso-escayola	3.30	3.30	3.30	2.57	2.45	1.00	2.65
Materiales Compuestos								
54	Fábrica ladrillo hueco	2.96	-	2.80	-	2.90	-	2.89
55	Fábrica ladrillo perforado	2.85	-	-	-	-	-	2.85
56	Fábrica ladrillo macizo	2.86	-	-	-	-	-	2.86
57	Hormigón H-150	0.99	-	-	-	-	-	0.99
58	Hormigón H-175	1.03	-	-	-	-	-	1.03
59	Hormigón H-200	1.10	-	-	-	-	-	1.10
60	Hormigón prefabricado	-	-	-	2.30	-	1.50	1.90
61	Mortero M-40/a	1.00	-	-	-	-	-	1.00
62	Mortero M-80/a	1.34	-	-	-	-	-	1.34
63	Mortero prefabricado	-	-	-	2-2.5	2.25	1.00	1.63
64	Ventanas / puertas aluminio	-	-	-	-	218.00	-	218.00
65	Ventanas / puertas madera	-	-	-	-	26.85	-	26.85

Fuente: Extraído de [17]

Del cuadro anterior se evidencia el impacto que los materiales de la construcción tienen en el proceso constructivo. Podemos ver que el aluminio tiene un fuerte impacto energético a pesar de que no es elevado la cantidad que se emplea en la construcción.

Los pasos a seguir para calcular la huella ecológica del material de construcción serán.

1. Sacar un promedio de energía integrada en la tabla 26 para cada uno de los materiales. Se tomarán todas las fuentes disponibles. En caso existan valores dispares se excluirán del cálculo.
2. Medir en peso los consumos de materiales mediante mediciones en proyecto estudiado. Calcular la energía primaria de los insumos usados por medio de la siguiente fórmula:

$$E_p = \sum_i C m_i \times E i e m_i$$

E_p : Energía primaria (MJ)

$C m_i$: Consumo de material (Kg)

$E i e m_i$: Energía incorporada específica del material (Mj/Kg)

Fuente: Extraído de [17]

Para el cálculo de la huella relacionada a los materiales, se analizará todos los materiales empleados en la construcción de las dos viviendas propuestas en esta investigación. Después se halló los pesos y la energía de cada uno de ellos.

$$H_E = \frac{\sum_i C m_i \times E i e m_i}{P_c} \times F E_B$$

H_E : Huella Ecológica de materiales de construcción (hag)

$C m_i$: Consumo de material (Kg)

$E i e m_i$: Energía incorporada específica del material (Mj/Kg)

P_c : Productividad energética del petróleo (Mj/ha)

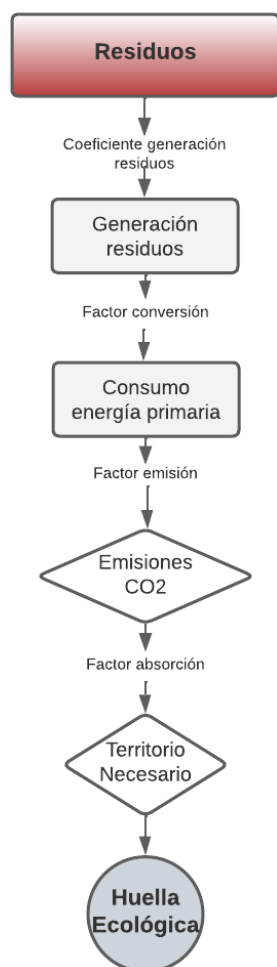
$F E_b$: Factor de equivalencia bosque

Fuente: Extraído de [17]

HUELLA DE RESIDUOS

En este apartado se tomarán en cuenta los residuos urbanos, también conocidos como RSU, y los residuos de la construcción y demolición, conocidos como RCD. Para eso seguiremos con la metodología proporcionada por [17], el cual nos brinda la imagen 17 para una mejor comprensión de los pasos a seguir.

Imagen 17 Metodología para determinar la huella relacionada a los residuos



Fuente: Extraído de [17]

Para la generación de residuos urbanos (RSU) se ha considerado datos brindados por el Sistema Nacional De Información Ambiental, más conocido como SINIA, en las unidades de persona por año y en toneladas, dicha información se muestra en la tabla 27.

Tabla 27 Generación per cápita de residuos domiciliarios en Lambayeque

Periodo	Kilogramos por habitante por
2014	0.51
2015	0.57
2016	0.56
2017	0.57
2018	0.55
2019	0.6
2020	0.6
2021	0.58

RSU

0.212 Ton/Trabajador/Año

Fuente :MINAM - Dirección General de Gestión de los Residuos Sólidos – DGRS

Adicional a esto hemos buscado la caracterización de todos los RSU del departamento de Lambayeque por medio del Plan Integral de Gestión Ambiental de Residuos Sólidos (PIGARS) de la Provincia de Chiclayo, Departamento Lambayeque, el cuál nos brinda la siguiente tabla con la caracterización y porcentajes de RSU.

Tabla 28 Composición física promedio de os residuos sólidos domiciliarios

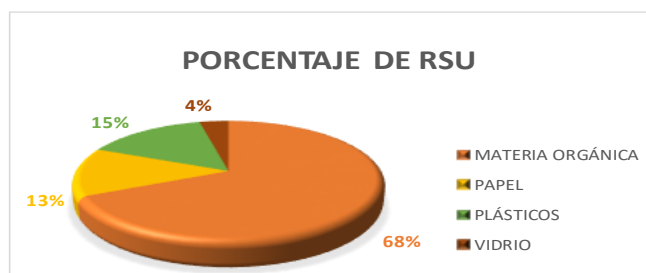
Tipo de RSU	Distrito											Clasificación
	CHICLAYO	ETEN	JOSÉ LEONARD O ORTIZ	LA VICTORIA	MONSEFÚ	PÁTAPO	PIMENTEL	UERTO ETEI	REQUE	TUMÁN	PROMEDIO	
PAPEL	4.635	4.970	1.661	2.074	3.919	10.140	4.333	4.134	4.760	6.500	4.713	Papely Cartón
CARTÓN	1.797	10.410	1.548	1.664	1.931	4.340	2.445	2.140	2.715	2.400	3.139	
VIDRIO	2.095	3.440	0.424	3.684	2.064	10.430	2.450	2.805	1.177	1.700	3.027	Vidrio
HOJALATA (METAL FERROSO)	1.294	1.780	0.647	0.339	0.150	3.380	1.500	1.883	0.906	2.900	1.478	Metales
ALUMINIO (METAL NO FERROSO)	0.108	1.040	0.028	0.354	0.772	0.560	0.317	0.012	0.039		0.359	
PET (1)	1.441	2.870	0.447	0.123	1.054	7.050	2.865	1.140	0.931	1.500	1.942	Plástico
PEAD (2)	0.510	0.610	1.738	2.260	1.917	0.950	0.582	0.640	1.806	2.400	1.341	
PVC (3)	0.299		0.076	0.622	0.184		0.650	0.624	0.114		0.367	
PEBD (4)	1.335		0.263	0.380	0.495		0.487	1.497	2.367		0.975	
PP (5)	1.063		0.367	0.566	0.490	2.550	0.570	0.765	1.164		0.942	
PS (6)	0.210		0.323	0.579	0.170		0.097	0.480	0.841		0.386	
OTROS (7)	0.544	2.380	0.941	0.436	0.664	5.480	0.375	0.103	0.454	6.300	1.768	
MATERIA ORGÁNICA	63.237	59.790	77.279	38.204	62.401	24.080	40.718	43.439	65.280	32.100	50.653	Materia Orgánica
TIERRA, ARENA, OTROS	2.358		4.205	21.011	5.302	18.160	5.981	8.073	0.266	23.800	9.906	Otros
TELAS	1.981		1.650	1.169	3.641	2.140	2.105	2.081	2.325	3.400	2.277	Otros
PAÑALES	5.076		3.494	2.897	5.708		7.714	9.575	4.811		5.611	Plástico
PAPEL HIGIÉNICO	4.081		1.020	2.094	2.312	6.450	4.690	4.273	2.095	7.700	3.857	Papely y Cartón
TOALLAS HIGIÉNICAS	0.680		0.084	0.328	0.087		0.034	0.446	0.151		0.259	Otros
PRODUCTOS FARMACÉUTICOS	0.096		0.063	0.291	0.072		0.980	0.415	0.131		0.293	Otros
PILAS Y BATERÍAS	0.031	0.130			0.015		0.020	0.015	0.033	0.400	0.092	Metales
FLUORESCENTE Y FOCOS	0.059			0.026	0.034		0.522	0.060	0.107		0.135	Vidrio
OTROS (CUERO CENIZA, PORCELANA)	7.071	12.580	3.742	20.896	6.649	4.290	20.565	15.400	7.527	8.900	10.762	Otros

Fuente: Plan Integral de Gestión Ambiental de Residuos Sólidos (PIGARS) de la Provincia de Chiclayo, Departamento Lambayeque

Teniendo en cuenta la caracterización brindada por PIGARS se agrupó los residuos afines en 4 grandes grupos, obteniendo los siguientes gráficos:

Tabla 29 Promedio de porcentajes de RSU del departamento de Lambayeque

RSU	PORCENTAJE
MATERIA ORGÁNICA	61 %
PAPEL	12 %
PLÁSTICOS	13 %
VIDRIO	3 %



Fuente: Elaboración propia

Por otro lado los residuos de la construcción y demolición, más conocidos como RCD, son generados en su mayoría en la etapa de construcción y demolición. Se caracterizan por su gran volumen y es imperativo considerarlos a la hora de calcularla huella ecológica de ambas viviendas. Por tanto recurrimos a la fuente [23] donde nos indica un promedio de porcentajes de RCD del departamento de Lambayeque.

Tabla 30 Promedio de porcentajes de RCD del departamento de Lambayeque

Materia Prima	Volumen (%)	Total de Residuos en M3	Densidad Kg/M3	Peso (Tn)
ACERO	0.63	18.52	7850.00	145.38
LADRILLO Y MORTERO	38.71	1137.50	1350.00	1535.63
CONCRETO Y ASFALTO	18.95	556.68	2400.00	1336.03
TIERRA DE EXCAVACIÓN	28.43	835.33	1700.00	1420.06
ARENA Y GRAVA	1.25	36.62	1500.00	54.93
MADERA TRATADA	1.17	34.34	450.00	15.45
RESTOS DE CERÁMICOS	2.24	65.89	1800.00	118.60
TECHOS DE FIBROCEMENTO	0.37	10.86	600.00	6.52
TUBOS DE PVC	0.78	22.84	1400.00	31.98
OTROS	7.47	219.66	660.00	144.98
TOTAL	100.00 %	2938.24 M3		4809.55 Tn
Densidad de RCD				1.64 Tn/M3

Fuente:Extraído de [23]

Por otro lado también es necesario conocer el porcentaje de reciclaje de cada uno de los residuos. Se determinó los pesos generados en la construcción de los RSU y RCD. Para lograr esto se ha tenido en cuenta seis en consideración: RCD, tierras de excavación, vidrio, plástico, papel y residuos orgánicos.

Tabla 31 Porcentaje de reciclaje por cada tipo de RSU.

	Porcentaje de reciclaje
ORGÁNICO	13 %
PAPEL	50 %
PLÁSTICO	40 %
VIDRIO	40 %
RCD	15 %

Fuente:Extraído de [17]

Se tendrá en cuenta los RCD y tierras de excavación producidos, se consideró los RCD producidos en m3 por cada m2 de construcción para eso nos basaremos en la siguiente tabla:

Tabla 32 Generación de RCD por cada m2 de construcción.

Tipo de Construcción	Ratio m3/m2 RCD
Infra. De Carreteras	1.56 m3/m2 construido
Obras de rehabilitación	0.57 m3/m2 construido
Construcción de obra nueva	0.14 m3/m2 construido
Demolición Completa	1.22 m3/m2 construido
Demolición de naves ind.	1.19 m3/m2 construido

Fuente: Extraído de [13]

Calculamos los índices de conversión (IC) para cada tipo de residuo con la fórmula que se muestra a continuación:

Índice de conversión para materia orgánica, RCD, plásticos y vidrio:

$$IC_{RNP_{XP}} = \frac{IE_X}{PE} \times \left(1 - \frac{\%R_X}{100} \times \frac{\%SE_X}{100} \right) \times FE_F$$

- IE:** Intensidad Energética (GJ/Tn)
PE: Productividad Energética (GJ/ha)
%R: Porcentaje de reciclaje
%SE: Porcentaje de energía recuperada
FE: Factor de equivalencia (hag/ha)
PN: Productividad Natural (t/ha)
IC: Índices de Conversión (hag/tn)

Fuente: Extraído de [17]

Dicha formulación se empleó en cada uno de los residuos como huella por energía fósil, a excepción del papel y cartón. Para ellos se hallará la huella por bosque, a fin de alcanzar su índice de conversión se debe tener en cuenta la siguiente ecuación:

Índice de conversión para el papel:

$$IC_{papel} = \frac{IE_{papel}}{PE} \times \left(1 - \frac{\%R_{papel}}{100} \times \frac{\%SE_{papel}}{100} \right) \times FE_F + \frac{1}{Pn} \times \left(1 - \frac{\%R_{papel}}{100} \times 0.8 \right)$$

- IE:** Intensidad Energética (GJ/Tn)
PE: Productividad Energética (GJ/ha)
%R: Porcentaje de reciclaje
%SE: Porcentaje de energía recuperada
FE: Factor de equivalencia (hag/ha)
PN: Productividad Natural (t/ha)
IC: Índices de Conversión (hag/tn)

Fuente: Extraído de [17]

Finalmente, para determinar la huella total de los residuos se empleará la expresión:

$$HE_{pr} = \sum_i IC_{RNP_{ip}} \times C_i$$

- C_i:** Consumo (tn)
IC_{RNP_{in}}: Índice de Conversión (hag/tn)
HE_{(C/U)Rs} Huella por cada Residuo

Fuente: Extraído de [17]

HUELLA DE SUPERFICIE CONSTRUIDA

Para hallar esta huella se consideran todas las zonas que abarca la construcción de las viviendas prouestas. Teniendo eso en cuenta las áreas que debemos considerar para la huella relacionada a la superficie construida son las siguientes:

- ✓ Vivienda unifamiliar
- ✓ Biodigestor
- ✓ Pozo percolador
- ✓ Caja de lodos

Se tendrá en cuenta los mismos ambientes para ambas viviendas ya que comparten la misma arquitectura.

Se procede a emplear la metodología que se muestra en la imagen 18.

Imagen 18 Metodología para determinar la huella relacionada a la superficie construida



Fuente: Extraído de [17]

Para el desarrollo de la metodología no emplear factores de conversión, debido a que los resultados obtenidos se encuentran en metros cuadrados y la fórmula lo requiere en hectáreas. Sin embargo, es necesario aplicar el factor de conversión de área construida para poder pasarlo a ha. A continuación, se muestra la fórmula para hallar esta huella relacionada a superficie construida.

$$HE_{sc} = FE_{sc} \times S$$

Donde:

HE_{sc} : Huella ecológica ponderada de ocupación directa (hag)

FE_{sc} : Factor de equivalencia de la superficie construida

S : Superficie construida (ha)

Fuente: Extraído de [17]

HUELLA ECOLÓGICA TOTAL

Para hallar la huella total de cada una de las viviendas se necesitó la sumatoria de cada una de las huellas expuestas con anterioridad, las huellas de consumo directo, huella de consumo indirecto, huella de residuos y la de superficie construida.

ASPECTOS ÉTICOS

Esta investigación busca profundizar en un tema que compete a la ingeniería civil ambiental del cual se desconoce mucho en nuestro país, para que de esa manera puedan tener información referencial para investigaciones que se puedan realizar en el futuro y tengamos un cambio en nuestra realidad.

A lo largo de este estudio se hace referencia a diversos autores e investigadores a los que he tomado como punto de partida para el desarrollo de la investigación. Todos y cada uno de ellos han sido referenciados y se les otorga el crédito respectivo.

Como compromiso personal, futuro profesional e investigador asumiré el compromiso para presentar la autenticidad y confiabilidad, de todo resultado alcanzado. En esta tesis, se garantizará la veracidad y singularidad de la recopilación de la información sin existir ninguna duplicidad de los resultados.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

RESULTADOS

VIVIENDA DE ALBAÑILERÍA CONFINADA

Propuesta estructural

Elementos de confinamiento en sentido X-X

- Sección de columna de amarre y viga solera = 0.15 m. x 0.35 m.
- Distribución de los aceros: 4 @ 3/8"
- Distribución de estribos: 2@0.05m, 4@0.10m y rst @0.20 m

Elementos de confinamiento en sentido Y-Y

- Sección de columna de amarre y viga solera = 0.15 m. x 0.40 m.
- Distribución de los aceros: 4 @ 3/8"
- Distribución de estribos: 2@0.05m, 4@0.10m y rst @0.20 m

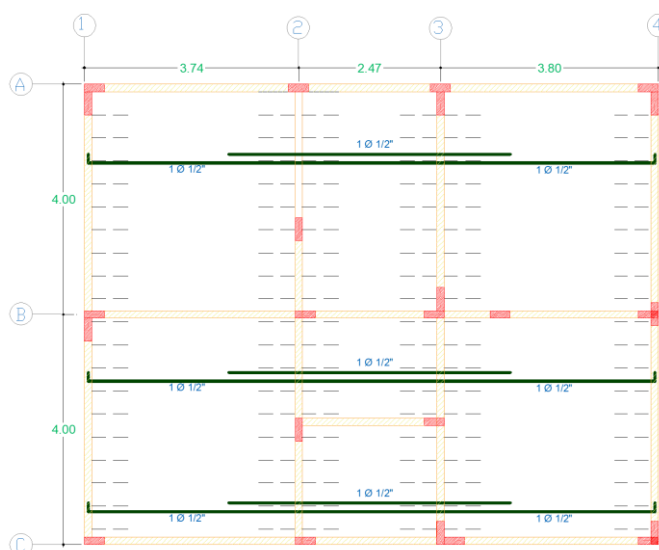
Cimentación

- Cimiento ciclópeo: 0.60 x 0.80
- Sobrecimiento: 0.4 * 0.4

Losa aligerada

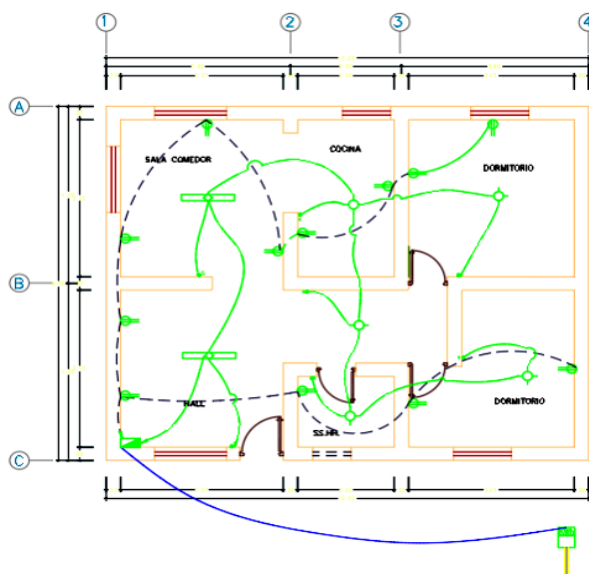
- Espesor = 0.17 m
- Distribución de aceros: 1 @ 1/2" en apoyos y claros
- Distribución de acero de temperatura: 1 @ 1/4"

Imagen 19 Detalles de losa aligerada



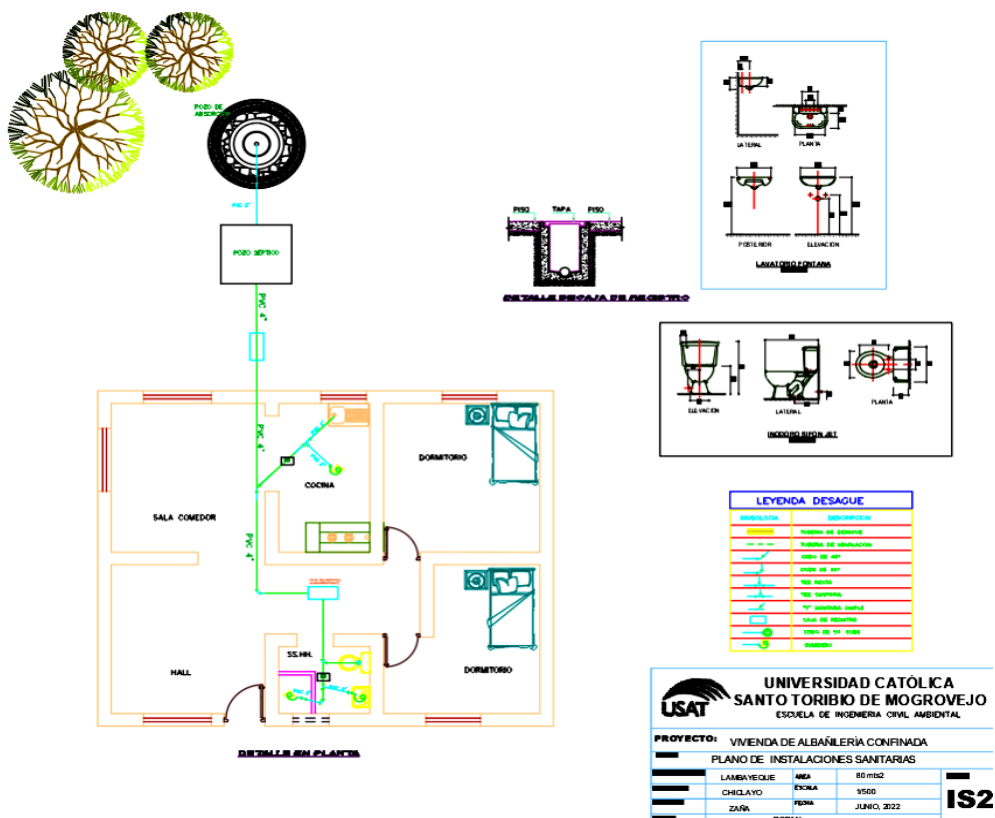
Fuente: Elaboración propia

Imagen 20 Plano de Instalaciones Eléctricas



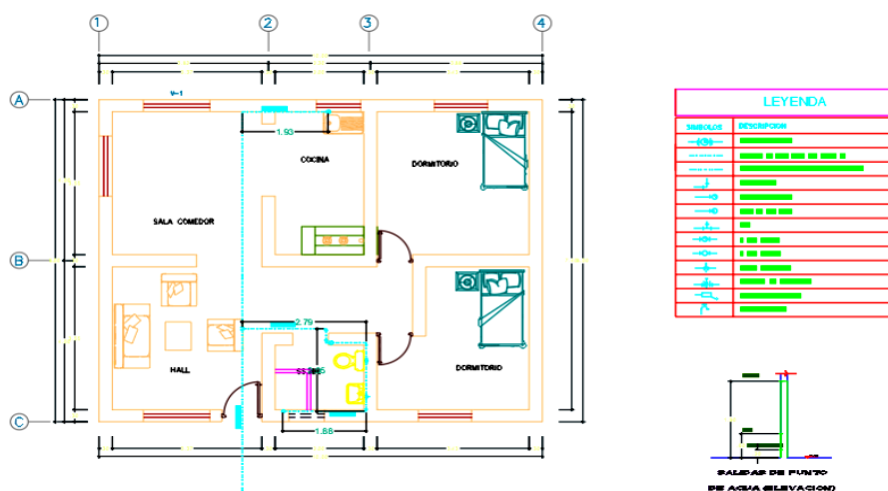
Fuente: Elaboración propia

Imagen 21 Plano de Instalaciones Sanitarias - Desagüe



Fuente: Elaboración propia

Imagen 22 Plano de Instalaciones Sanitarias - Agua potable



Fuente: Elaboración propia

Presupuesto por especialidades

Habiendo realizado el diseño para la vivienda de albañilería confinada se procedió a realizar el metrado, análisis de costos unitarios y presupuesto respectivo. Cabe mencionar que para los precios de los insumos en cada partida se ha realizado visitas a la zona de estudio para que en el expediente se vea reflejada la realidad así como también precios de tiendas especializadas en construcción. A continuación se muestran un cuadro resumen de los presupuestos de cada especialidad: Estructuras, Arquitectura, Instalaciones sanitarias e Instalaciones eléctricas.

Tabla 33 Presupuesto total por especialidad – vivienda de albañilería confinada

PARTIDA N°	DESCRIPCION	UNIDAD
1	PRESUPUESTO ESTRUCTURAS	S/ 37,502.50
2	PRESUPUESTO ARQUITECTURA	S/ 54,541.87
3	PRESUPUESTO INSTALACIONES SANITARIAS	S/ 5,754.84
4	PRESUPUESTO INSTALACIONES ELECTRICAS	S/ 6,551.73
TOTAL		S/ 104,350.95

Fuente: Elaboración propia

Insumos por especialidades

Teniendo en cuenta los análisis de costos unitarios se extajo los insumos necesarios para la construcción de la vivienda de albañilería confinada. En el anexo se muestra un cuadro con los insumos por cada especialidad: Estructuras, Arquitectura, Instalaciones sanitarias e Instalaciones eléctricas

Huella ecológica relacionada al consumo de energía – combustible

Cómo se ha explicado en el apartado de metodología se realizó el conteo del consumo total de combustible empleado por los equipos en sus diferentes especialidades, estas son: Estructuras, Arquitectura, Instalaciones sanitarias e Instalaciones eléctricas. A continuación, en la tabla 34 se muestran los equipos considerados:

Tabla 34 Consumo de combustible por maquinaria durante toda la obra – vivienda de albañilería confinada

Recurso	Unidad	Cantidad	Consumo en litros	Consumo por recurso en L
MEZCLADORA DE CONCRETO DE 9 -11p3	hm	70.52	2.70 ●	190.41
VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.50"	hm	70.52	1.50 ●	105.78
CORTADORA	hm	45.76	1.50 ●	68.64
Consumo total de gasolina en L				364.83 L

Fuente: Elaboración propia

Después de aplicar la metodología explicada con anterioridad se obtuvo una huella ecológica de 0.65 Hag (hectáreas globales de ecosistema).

Huella ecológica relacionada al consumo de energía – electricidad

Como se puede evidenciar en la tabla 35 sólo se empleó un equipo que consume energía eléctrica en la construcción de la vivienda de albañilería confinada. Después de aplicar la metodología explicada con anterioridad se obtuvo una huella muy baja de 0.0005 Hag (hectáreas globales de ecosistema).

Tabla 35 Consumo total de kWh por maquinaria en obra – vivienda de albañilería confinada

Recurso	Unidad	Cantidad	Consumo en KW	Consumo total de energía en KWH
CIZALLA PARA CORTE	hm	22.50	2.40 ●	54.00
Consumo total en KWH				54.00 KWH

Fuente: Elaboración propia

Huella ecológica relacionada al agua

Se calculó el total de agua empleada entre todas las especialidades de la vivienda de albañilería y de la misma manera se cuantificó el agua destinada al aseo de trabajadores para la construcción de la vivienda propuesta. En la tabla 36 se puede ver un resumen de las cantidades totales:

Tabla 36 Consumo total de agua por mano de obra – vivienda de albañilería confinada

Total de agua en construcción	74.04 m ³
Total de agua para el aseo de los trabajadores	9.27 m ³
Agua para otros usos	7.40 m ³
Agua total empleada en obra	90.72 m³

Fuente: Elaboración propia

Después de aplicar la metodología explicada se logró obtener una huella muy baja de 0.15 Hag (hectáreas globales de ecosistema).

Huella ecológica relacionada a los alimentos

Se halló la huella de cada uno de los elementos de un menú típico para la jornada de los trabajadores. En primer lugar a huella fósil que se muestra en la tabla 37 donde se evidencia que los cereales tienen un mayor impacto.

Tabla 37 Huella fósil por tipo de alimentos – vivienda de albañilería confinada

Huella Fósil	hag/comida
Cereales	0.00159
Legumbres, raíces y tubérculo	0.00024
Carnes	0.00056
Pescado	0.00055
Aceites	0.00006
Lacteos	0.00020
Refresco	0.00004
Azúcar	0.00001

$$HE_{ft} = 0.0033 \text{ hag/comida}$$

Fuente: Elaboración propia

También se ha realizado el cálculo de la huella de pastos para las carnes y lácteos, teniendo como mayor impacto al consumo de carnes. A continuación se detalla en la tabla 38.

Tabla 38 Huella de pastos – vivienda de albañilería confinada

Huella Fósil	hag/comida
Carnes	0.00194387
Lacteos	0.00018066

$$HE_{pas} = 0.0021 \text{ hag/comida}$$

Fuente: Elaboración propia

Así mismo, con también en el menú promedio se ha considerado alimentos marinos, se debió calcular la huella de mar. Teniendo una huella de 0.0014 Hag/comida.

En lo concerniente a la huella de cultivos, se aprecia que son los impactos mas grandes y que aportan mayor relevancia para la huella de alimentos. En la tabla 39 se hizo un resumen de las huellas encontradas:

Tabla 39 Huella de cultivo – vivienda de albañilería confinada

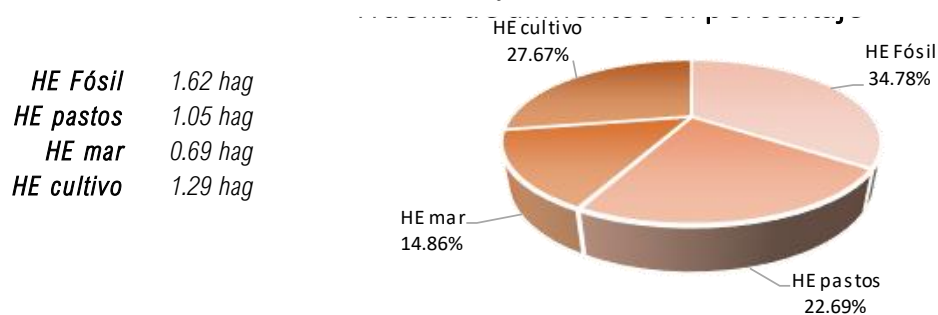
<i>Huella de tierras de cultivo</i>	<i>hag/comida</i>
<i>Cereales</i>	0.00233763
<i>Legumbres, raíces y tubérculo</i>	0.00017551
<i>Refresco</i>	0.00001422
<i>Aceites</i>	0.00005452
<i>Azúcar</i>	0.00000977

$$HE_{cul} = 0.00259 \text{ hag/comida}$$

Fuente: Elaboración propia

Por último calculamos las huellas parciales fósiles, de pastos, de mar y de cultivo totales y se multiplica por la cantidad de jornadas necesarias. Estos resultado se han plasmado en la imagen 20. Se evidencia que la huella de cultivos es la más impactante en este apartado, además obtenemos una huella total de alimentos de 4.65 Hag.

Imagen 23 Cuadro resumen de las huellas relacionada al consumo de alimentos – vivienda de albañilería confinada



$$HE_{alim} = 4.65 \text{ hag}$$

Fuente: Elaboración propia

Huella ecológica relacionada a la movilidad

Al analizar la mano de obra que se emplearía para construir esta vivienda podemos decir que la cantidad promedio de trabajadores al día sería de 6 personas al día. El personal que más incurrencia tiene es el peón seguido por el operario y con una menor participación tenemos a los oficiales.

Tabla 40 Número de trabajadores promedio en una día de trabajo en obra. – vivienda de albañilería confinada

Mano de Obra			
	HH	Duración de la obra	Personas por día
Operario	945.35	2 meses	2.46
Oficial	318.04		0.83
Peón	1,209.83		3.15
Numero de trabajadores en un día			6 Personas/Día

Fuente: Elaboración propia

Teniendo en cuenta los vehículos y las rutas que usan los trabajadores para llegar a la zona se obtuvo una distancia promedio de 11.83 km de recorrido tanto ida como regreso a la zona de proyecto. En la tabla 41 se hizo un resumen de los destinos y distancias tomadas en cuenta.

Tabla 41 Destino, tipo de movilidad y distancias – vivienda de albañilería confinada

Zona	Tipo de movilidad	Distancia a obra
SALTUR	MOTOTAXI	10.20
	MOTO LINEAL	10.20
	BICICLETA	10.20
CAYALTI	MOTOTAXI	7.11
	MOTO LINEAL	7.11
	BICICLETA	7.11
SIPAN	MOTOTAXI	13.40
	MOTO LINEAL	13.40
	BICICLETA	13.40
COLLIQUE	MOTOTAXI	16.60
	MOTO LINEAL	16.60
	BICICLETA	16.60
DESPLAZAMIENTO MEDIO (km)		11.8275

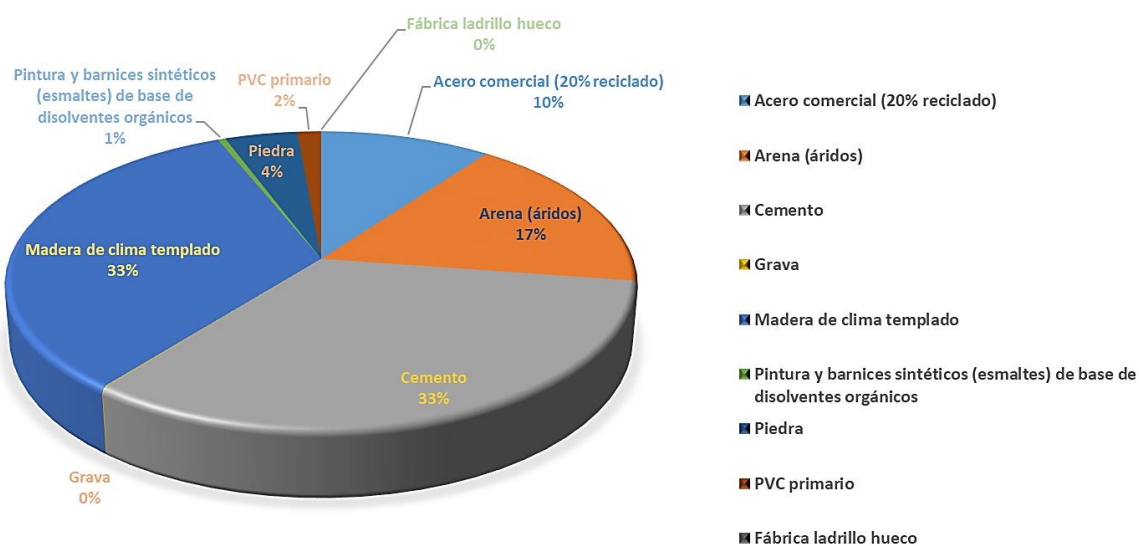
Fuente: Elaboración propia

Se hizo el análisis que le corresponde a cada una de las consideraciones anteriormente mencionadas y se pudo obtener como resultado el cálculo de la huella ecológica de movilidad siendo 3.80 Hag..

Huella ecológica relacionada a los materiales

Una vez teniendo claro cuáles son los insumos necesarios y la cantidad de cada uno de ellos, se procedió a obtener su energía incorporada como se muestra en la imagen 21 donde se evidencia cuáles son los materiales que tienen un mayor impacto en el cálculo de la huella ecológica.

Imagen 24 Porcentaje de energía incorporada



Fuente: Elaboración propia

Por último se tomó en cuenta a los 94 insumos extraído de las partidas y costos unitarios para la construcción de la vivienda y se logró calcular la huella relacionada a los materiales siendo de 54.91 Hag.

Huella ecológica relacionada residuos

Para este cálculo se tomó en cuenta dos tipos de residuos: RSU y RCD. Para los RSU se obtuvo resultados de su generación en toneladas durante la ejecución de la obra y todos los trabajadores. En la tabla 42, se puede apreciar la clasificación de RSU y debemos tener en cuenta que corresponde a materia orgánica son los residuos que más se generan en la zona de estudio.

Tabla 42 Generación de RSU durante toda la duración de la obra y por todos los trabajadores– vivienda de albañilería confinada

RSU	Peso
MATERIA ORGÁNICA	0.83 Tn
PAPEL	0.16 Tn
PLÁSTICOS	0.18 Tn
VIDRIO	0.04 Tn

Fuente: Elaboración propia

En cuanto a los RCD se observó que los volúmenes de tierras de excavación son los que más importancia tienen, en este apartado se consideró también la generación de residuos por m² de construcción, los cuales tienen un aporte significativo.

Tabla 43 Generación de RCD durante toda la duración de la obra y por todos los trabajadores – vivienda de albañilería confinada

RCD (Según el tipo de Construcción)	
Tipo	M3 RCD
Área Construida Total	12.48 m3
Tierras de Excavación	33.40 m3
TOTAL	45.88 m3

Fuente: Elaboración propia

Por último se realizó la tabla 44 y se plasmó un resumen de la a huella relacionada a la producción de residuos en obra, los cuales el rubro de RCD, genera un mayor impacto.

Tabla 44 Huella ecológica de residuos– vivienda de albañilería confinada

ORGÁNICO	PAPEL	PLÁSTICO	VIDRIO	RCD
0.36 hag	0.21 hag	0.14 hag	0.02 hag	8.185 hag

Fuente: Elaboración propia

Huella ecológica relacionada a la superficie construida

Se realizó la revisión de los planos para poder diferenciar a los tipos de ambientes que se han construido, los cuales se muestran en la tabla 45, para así poder hacer el cálculo y obtener el resultado de la huella relacionada a la superficie construida.

Tabla 45 Área total construida - – vivienda de albañilería confinada

Ambientes	Área
Vivienda unifamiliar	80.00
Pozo percolador	4.00
Caja de lodos	0.50
Biodigestor	4.62
Área total construida	89.1225

Fuente: Elaboración propia

Una vez se tuvo en claro cuanta área sería la ocupada para la construcción, se aplicó la metodología expuesta y se obtuvo una huella de 0.02 Hag (hectáreas globales de ecosistema).

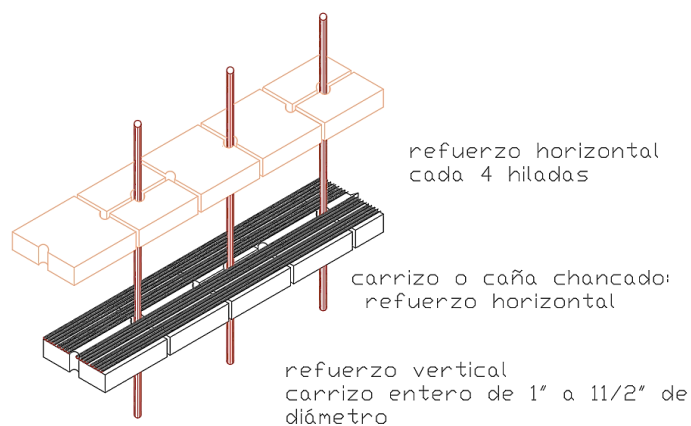
VIVIENDA DE ADOBE

Propuesta estructural

Para que la vivienda resista a los sismos se ha planteado que los muros tengan un espesor de 0.40 m.. Los adobes serán puestos como se especifican en los planos teniendo en cuenta que se necesitaran dos tipos de adobes, uno de 40x40x10 y otro de 40x20x10. Además los muros tendrán los siguientes refuerzos:

- Refuerzo horizontal conformado por una cama de caña cada cuatro hiladas
- Refuerzo vertical conformado por carrizo de 1"

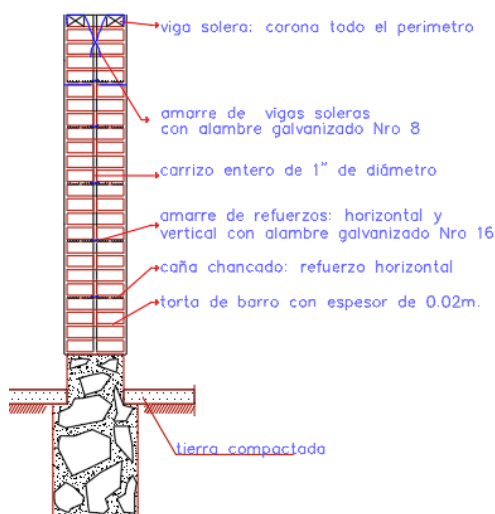
Imagen 25 Detalle de muros de adobe



Fuente: Elaboración propia

Se tiene que mencionar que todos los refuerzos, tanto verticales como horizontales, serán debidamente amarados con alambre galvanizado N° 16. Los detalles se muestran en la imagen 23.

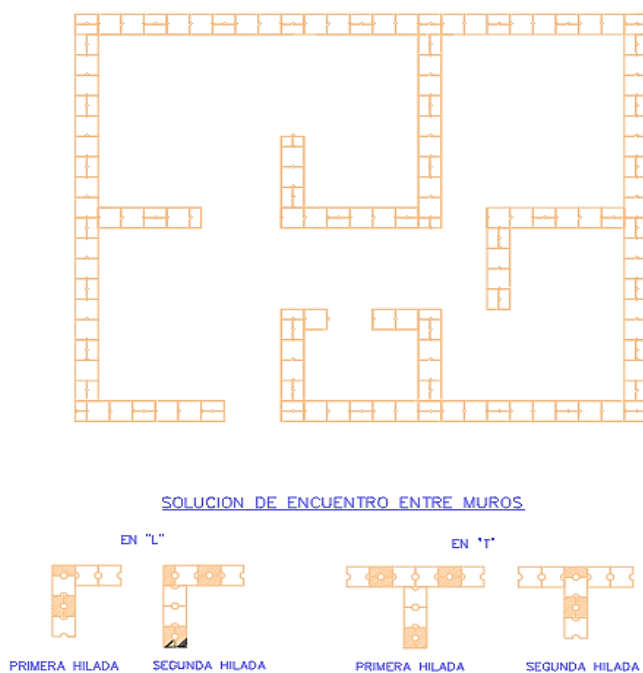
Imagen 26 Vista de perfil de muros de adobe



Fuente: Elaboración propia

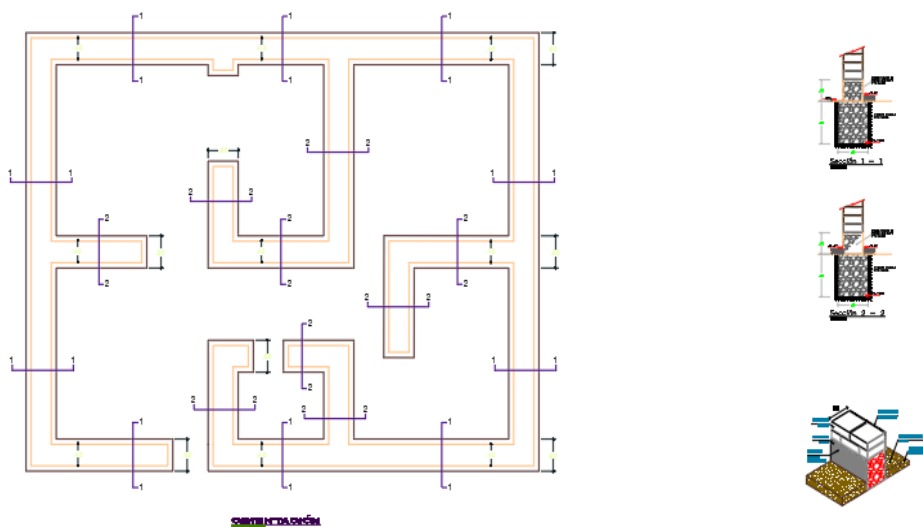
Además para a cimentación se está tomando la misma que para la vivienda de albañilería confinada, para que al comparar la huella ecológica de ambas viviendas sean más realistas. A continuación la propuesta de cimentación es cimiento ciclópeo de 0.60 m. x 0.80 m. y un sobrecimiento de 0.4 m. x 0.4 m.

Imagen 27 Plano de muros de Adobe



Fuente: Elaboración propia

Imagen 28 Planos de Cimentación



Fuente: Elaboración propia

Presupuesto por especialidades

Habiendo realizado el diseño para la vivienda de adobe se procedió a realizar el metrado, análisis de costos unitarios y presupuesto respectivo. Cabe mencionar que para los precios de los insumos en cada partida se ha realizado visitas a la zona de estudio para que en el expediente se vea reflejada la realidad así como también precios de tiendas especializadas en construcción. A continuación se muestran un cuadro resumen de los presupuestos de cada especialidad: Estructuras, Arquitectura, Instalaciones sanitarias e Instalaciones eléctricas.

Tabla 46 Presupuesto total por especialidad de la vivienda de adobe

PARTIDA N°	DESCRIPCION	UNIDAD
1	PRESUPUESTO ESTRUCTURAS	S/ 12,452.76
2	PRESUPUESTO ARQUITECTURA	S/ 60,777.47
3	PRESUPUESTO INSTALACIONES SANITARIAS	S/ 5,754.54
4	PRESUPUESTO INSTALACIONES ELECTRICAS	S/ 6,731.54
TOTAL		S/ 85,716.32

Fuente: Elaboración propia

Insumos por especialidades

Teniendo en cuenta los análisis de costos unitarios se extajo los insumos necesarios para la construcción de la vivienda de adobe. En los anexis se muestra un cuadro con los insumos por cada especialidad: Estructuras, Arquitectura, Instalaciones sanitarias e Instalaciones eléctricas.

Huella ecológica relacionada al consumo de energía – combustible

Cómo se ha explicado en el apartado de metodología se realizó el conteo del consumo total de combustible empleado por los equipos en sus diferentes especialidades, estas son: Estructuras, Arquitectura, Instalaciones sanitarias e Instalaciones eléctricas. A continuación, en la tabla 544 se muestran los equipos considerados:

Tabla 47 Consumo de combustible por maquinaria durante toda la obra - vivienda de adobe

Recurso	Unidad	Cantidad	Consumo en litros	Consumo por recurso en L
MEZCLADORA DE CONCRETO DE 9 -11p3	hm	56.81	2.70	153.38
VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.50"	hm	56.79	1.50	85.18
Consumo total de gasolina en L				238.57 L

Fuente: Elaboración propia

Despues de aplicar la metodología explicada con anterioridad se obtuvo una huella ecológica de 0.42 Hag (hectáreas globales de ecosistema).

Huella ecológica relacionada al consumo de energía – electricidad

En este apartado se tiene que mencionar que para la construcción de la vivienda de adobe no se consumirá energía eléctrica principalmente debido a que se quiere que la construcción sea lo menos contaminante posible. Debido a lo mencionado la huella es de 0.000 Hag (hectáreas globales de ecosistema).

Huella ecológica relacionada al agua

Se calculó el total de agua empleada entre todas las especialidades de la vivienda de albañilería y de la misma manera se cuantificó el agua destinada al aseo de trabajadores para la construcción de la vivienda propuesta. En la tabla 48 se puede ver un resumen de las cantidades totales:

Tabla 48 Consumo total de agua por mano de obra - vivienda de adobe

Total de agua en construcción	41.36 m ³
Total de agua para el aseo de los trabajadores	8.91 m ³
Agua para otros usos	4.14 m ³
Agua total empleada en obra	54.40 m³

Fuente: Elaboración propia

Después de aplicar la metodología explicada se logró obtener una huella muy baja de 0.09 Hag (hectáreas globales de ecosistema).

Huella ecológica relacionada a los alimentos

Se halló la huella de cada uno de los elementos de un menú típico para la jornada de los trabajadores. En primer lugar a huella fósil que se muestra en la tabla 49 donde se evidencia que los cereales tienen un mayor impacto.

Tabla 49 Huella fósil por tipo de alimentos - vivienda de adobe

<i>Huella Fósil</i>	<i>hag/comida</i>
Cereales	0.00159
Legumbres, raíces y tubérculo	0.00024
Carnes	0.00056
Pescado	0.00055
Aceites	0.00006
Lacteos	0.00020
Refresco	0.00004
Azúcar	0.00001

$$HE_{ft} = 0.0033 \text{ hag/comida}$$

Fuente: Elaboración propia

También se ha realizado el cálculo de la huella de pastos para las carnes y lácteos, teniendo como mayor impacto al consumo de carnes. A continuación se detalla en la tabla 50.

Tabla 50 Huella de pastos

<i>Huella Fósil</i>	<i>hag/comida</i>
<i>Carnes</i>	0.00194387
<i>Lacteos</i>	0.00018066

$$HE_{pas} = 0.0021 \text{ hag/comida}$$

Fuente: Elaboración propia

Así mismo, también en el menú promedio se ha considerado alimentos marinos, se debió calcular la huella de mar. Teniendo una huella de 0.0014 Hag/comida.

En lo concerniente a la huella de cultivos, se aprecia que son los impactos mas grandes y que aportan mayor relevancia para la huella de alimentos. En la tabla 51 se hizo un resumen de las huellas encontradas:

Tabla 51 Huella de cultivo – vivienda de adobe

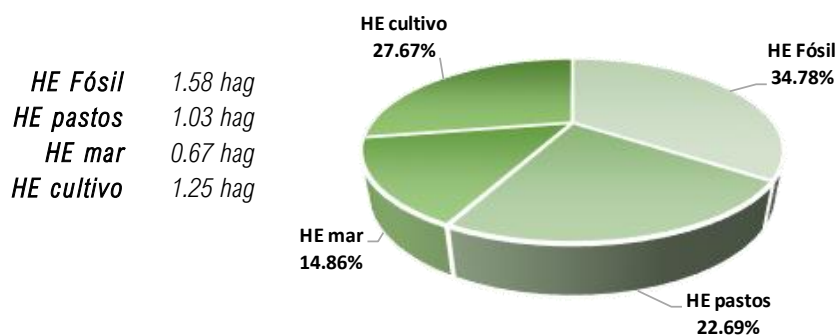
<i>Huella de tierras de cultivo</i>	<i>hag/comida</i>
<i>Cereales</i>	0.00233763
<i>Legumbres, raíces y tubérculo</i>	0.00017551
<i>Refresco</i>	0.00001422
<i>Aceites</i>	0.00005452
<i>Azúcar</i>	0.00000977

$$HE_{cul} = 0.00259 \text{ hag/comida}$$

Fuente: Elaboración propia

Por último calculamos las huellas parciales fósiles, de pastos, de mar y de cultivo totales y se multiplica por la cantidad de jornadas necesarias. Estos resultado se han plasmado en la imagen 24. Se evidencia que la huella de cultivos es la más impactante en este apartado, además obtenemos una huella total de alimentos de 4.53 Hag.

Imagen 29 Cuadro resumen de las huellas relacionada al consumo de alimentos



$$HE_{alim} = 4.53 \text{ hag}$$

Fuente: Elaboración propia

Huella ecológica relacionada a la movilidad

Al analizar la mano de obra que se emplearía para construir esta vivienda podemos decir que la cantidad promedio de trabajadores al día sería de 6 personas al día. El personal que más incidencia tiene es el peón seguido por el operario y con una menor participación tenemos a los oficiales.

Tabla 52 Número de trabajadores promedio en una día de trabajo en obra. - vivienda de adobe

Mano de Obra			
	HH	Duración de la obra	Personas por día
Operario	1,491.70	2 meses	3.88
Oficial	60.67		0.16
Peón	823.07		2.14
Numero de trabajadores en un día			6 Personas/Día

Fuente: Elaboración propia

Teniendo en cuenta los vehículos y las rutas que usan los trabajadores para llegar a la zona se obtuvo una distancia promedio de 11.83 km de recorrido tanto ida como regreso a la zona de proyecto. En la tabla 53 se hizo un resumen de los destinos y distancias tomadas en cuenta.

Tabla 53 Destino, tipo de movilidad y distancia

Zona	Tipo de movilidad	Distancia a obra
SALTUR	MOTOTAXI	10.20
	MOTO LINEAL	10.20
	BICICLETA	10.20
CAYALTI	MOTOTAXI	7.11
	MOTO LINEAL	7.11
	BICICLETA	7.11
SIPAN	MOTOTAXI	13.40
	MOTO LINEAL	13.40
	BICICLETA	13.40
COLLIQUE	MOTOTAXI	16.60
	MOTO LINEAL	16.60
	BICICLETA	16.60
DESPLAZAMIENTO MEDIO (km)		11.8275

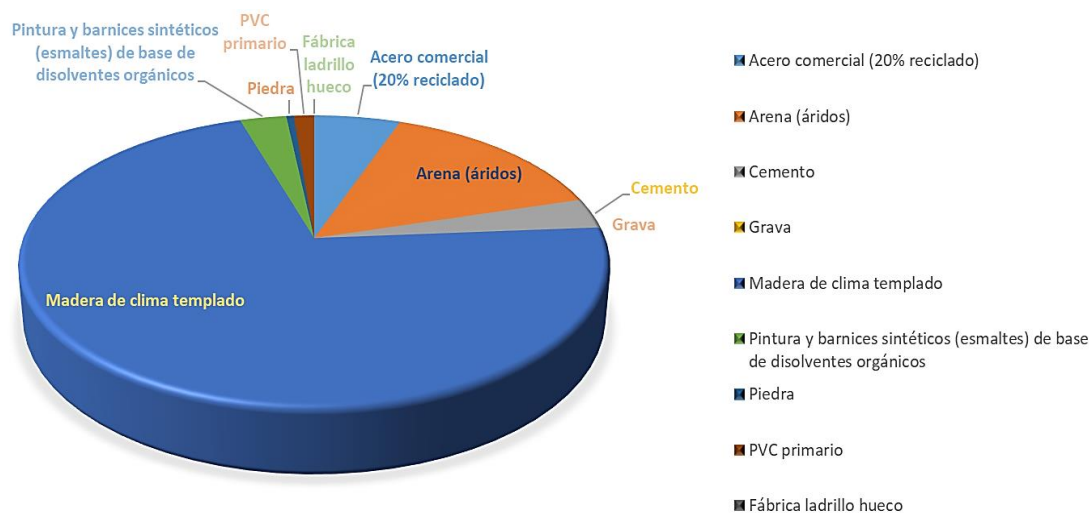
Fuente: Elaboración propia

Se hizo el análisis que le corresponde a cada una de las consideraciones anteriormente mencionadas y se pudo obtener como resultado el cálculo de la huella ecológica de movilidad siendo 3.602 Hag..

Huella ecológica relacionada a los materiales

Una vez teniendo claro cuáles son los insumos necesarios y la cantidad de cada uno de ellos, se procedió a obtener su energía incorporada como se muestra en la imagen 25 donde se evidencia cuáles son los materiales que tienen un mayor impacto en el cálculo de la huella ecológica.

Imagen 30 Porcentaje de energía incorporada



Fuente: Elaboración propia

Por último se tomó en cuenta a los 102 insumos extraído de las partidas y costos unitarios para la construcción de la vivienda y se logró calcular la huella relacionada a los materiales siendo de 34.89 Hag.

Huella ecológica relacionada residuos

Para este cálculo se tomó en cuenta dos tipos de residuos: RSU y RCD. Para los RSU se obtuvo resultados de su generación en toneladas durante la ejecución de la obra y todos los trabajadores. En la tabla 54, se puede apreciar la clasificación de RSU y debemos tener en cuenta que corresponde a materia orgánica son los residuos que más se generan en la zona de estudio.

Tabla 54 Generación de RSU durante toda la duración de la obra y por todos los trabajadores - vivienda de adobe

RSU	Peso
MATERIA ORGÁNICA	0.79 Tn
PAPEL	0.15 Tn
PLÁSTICOS	0.17 Tn
VIDRIO	0.04 Tn

Fuente: Elaboración propia

En cuanto a los RCD se observó que los volúmenes de tierras de excavación son los que más importancia tienen, en este apartado se consideró también la generación de residuos por m² de construcción, los cuales tienen un aporte significativo.

Tabla 55 Generación de RCD durante toda la duración de la obra y por todos los trabajadores - vivienda de adobe

<i>RCD (Según el tipo de Construcción)</i>	
Tipo	M ³ RCD
Área Construida Total	12.48 m ³
Tierras de Excavación	33.40 m ³
TOTAL	45.88 m³

Fuente: Elaboración propia

Por último se realizó la tabla 56 y se plasmó un resumen de la huella relacionada a la producción de residuos en obra, los cuales el rubro de RCD, genera un mayor impacto.

Tabla 56 Huella ecológica de residuos - vivienda de adobe

ORGÁNICO	PAPEL	PLÁSTICO	VIDRIO	RCD
0.35 hag	0.20 hag	0.14 hag	0.02 hag	8.18 hag

HE_{rc} : 8.89 hag

Fuente: Elaboración propia

Huella ecológica relacionada a la superficie construida

Se realizó la revisión de los planos para poder diferenciar a los tipos de ambientes que se han construido, los cuales se muestran en la tabla 57, para así poder hacer el cálculo y obtener el resultado de la huella relacionada a la superficie construida.

Tabla 57 Área total construida - vivienda de adobe

Ambientes	Área
Vivienda unifamiliar	80.00
Pozo percolador	4.00
Caja de lodos	0.50
Biodigestor	4.62
Área total construida	89.1225

Fuente: Elaboración propia

Una vez se tuvo en claro cuánta área sería la ocupada para la construcción, se aplicó la metodología expuesta y se obtuvo una huella de 0.02 Hag (hectáreas globales de ecosistema).

HUELLA ECOLÓGICA TOTAL

A manera de resumen se elaboró la tabla 58 donde se pueden ver cada una de las huellas calculadas tanto para la vivienda de albañilería confinada como para la vivienda de adobe. Si queremos saber la huella ecológica total de las viviendas porpuestas lo que se hace es sumar cada una de las huellas obtenidas.

Tabla 58 Huella ecológica total de ambas viviendas

ITEM		Vivenda de Albañilería Confinada	Vivienda de Adobe
HE - Energía	<i>HE - Energía - Combustible</i>	<i>0.647 hag</i>	<i>0.423 hag</i>
	<i>HE - Energía - Energía Eléctrica</i>	<i>0.001 hag</i>	<i>0.000 hag</i>
HE - Agua		<i>0.151 hag</i>	<i>0.091 hag</i>
HE - Mano de Obra	<i>HE - Alimentos</i>	<i>4.648 hag</i>	<i>4.533 hag</i>
	<i>HE - Movilidad</i>	<i>3.797 hag</i>	<i>3.602 hag</i>
HE - Materiales		<i>54.914 hag</i>	<i>34.987 hag</i>
HE - Residuos		<i>8.919 hag</i>	<i>8.890 hag</i>
HE - Superficie Construida		<i>0.022 hag</i>	<i>0.022 hag</i>
HE - Total		<i>73.099 hag</i>	<i>52.550 hag</i>

Fuente: Elaboración propia

DISCUSIÓN

Las investigaciones sobre huella ecológica están enfocados principalmente a escala urbana, lo que dificulta la búsqueda de información que permita una metodología aplicable para viviendas.

Al analizar la huella ecológica perteneciente al consumo de energía, en específico sobre el combustible, se tiene que mencionar que se consideró un gasto adicional del 1% para así acercarnos más a la realidad vivida en nuestro país ya que en la metodología empleada por Jaime Solís [17] no toma en cuenta ningún desperdicio

Al analizar la huella ecológica perteneciente al consumo de energía eléctrica nos enfocamos en la metodología brindada por Jaime Solís [17] la cual no se considera tiempos donde los equipos o maquinarias empleadas están sin ejecutar alguna función. En esta investigación se consideró aumentar un 1% como “desperdicio” de energía. Se uso un valor muy bajo puesto que este recurso es uno de los más bajos.

Si hablamos de la huella ecológica perteneciente al consumo de agua adicional al consumo de agua destinada para la construcción también se ha considerado el consumo que corresponde al aseso personal de la mano de obra empleada. Esto sería un gasto adicional de 30 Lts por trabajador (lo equivalente a 2 baldes) porque ellos utilizan este recurso de manera continua a lo largo de la jornada.

Si hablamos de la huella ecológica perteneciente a la movilidad. Se planteó que los trabajadores asisten diariamente a la zona del proyecto a diferencia de la teoría de [17] que sólo plantea una ruta de ida al inicio de la obra y otra ruta de regreso al culminar el proyecto ya que en su análisis los trabajadores se quedaban en un campamento. Además, algunos de los trabajadores emplearon el uso de bicicleta para su traslado a la zona del proyecto, caso que se ha tenido en cuenta para el cálculo de la huella.

Si hablamos de la huella ecológica perteneciente a los reiduos se siguió la metodología planteada por Jaime Solis [17] y se hizo un estudio de la caracterización de los residuos sólidos urbanos, RSU, y su respectivo porcentaje de reciclaje. Se obtuvieron los datos que más se acercan al entorno de la zona de estudio para que la huella hallada sea la verdadera. Por otro lado, para los RCD fue necesario buscar información sobre su caracterización y densidad para poder aplicar la metodología brindada por EEE

CONCLUSIONES

Se encuestaron 24 viviendas en Popan de las cuáles se verificó los materiales de construcción, número de pisos, acabados y servicios básicos. Teniendo en cuenta esos punto se concluye que la vivienda típica en la zona está construida de adobe, es de un solo piso, no cuenta con ningún acabado y los servicios con los que cuenta son luz eléctrica y agua potable.

La vivienda propuesta es unifamiliar y tiene una extensión superficial de 80 m². y un perímetro de 36 ml. Cuenta con los siguientes ambientes: sala de estar, sala comedor, cocina, baño, dormitorio 01 y dormitorio 02. Además Las instalaciones de evacuación de aguas residuales serán utilizando biodigestor con pozo de percolación para emplear el agua en áreas verdes y la energía que se empleará será la eléctrica

Para la vivienda de albañilería confinada se han considerado columnas de 0.15 m. x 0.35 m. y 0.15 m. x 0.40 m. Además, la losa considerar fue de un espesor de 0.17 m.

Para que la vivienda de adobe los muros son de un espesor de 0.40 m. Los adobes serán de dos tipos: uno de 40x40x10 y otro de 40x20x10. Además, los muros tendrán los siguientes refuerzos: refuerzo horizontal conformado por una cama de caña cada cuatro hiladas y refuerzo vertical conformado por carrizo de 1". Se tiene que mencionar que todos los refuerzos, tantos verticales como horizontales, serán debidamente amarados con alambre galvanizado N° 16.

El presupuesto total para la vivienda de adobe asciende a S/85,716.32. Esto quiere decir que el costo por m² es de S/1,071.45. Mientras que el presupuesto total para la vivienda de albañilería confinada asciende a S/104,350.95. Esto quiere decir que el costo por m² es de S/1,304.39.

Para la huella ecológica del consumo de energía – Combustible: En el caso de la vivienda de albañilería confinada se obtuvo una huella de 0.647 Hag, debido principalmente a la mayor cantidad de volumen de concreto empleado para su construcción. En cuanto a la vivienda de adobe se obtuvo una huella de 0.423 Hag y salió en menor cantidad el impacto que produce porque el uso del concreto se limita a las bases de la vivienda.

Para la huella ecológica del consumo de energía – Energía eléctrica: En el caso de la vivienda de albañilería confinada se obtuvo una huella de 0.0005 Hag porque sólo se ha planteado el uso de una cizalla. En el caso de la vivienda de adobe, la huella salió de 0 Hag porque no se emplean ningún equipo que necesite energía eléctrica para su funcionamiento.

Para la huella ecológica del consumo de agua: Para la vivienda de albañilería confinada la huella fue de 0.151 Hag mientras que para la vivienda de adobe fue de 0.091 Hag. Esto se debe porque para la construcción de la vivienda de albañilería se ha empleado una mayor cantidad del recurso hídrico en las partidas de concreto.

Para la huella ecológica del consumo de alimentos: En la vivienda de albañilería se obtuvo una huella ecológica de 4.648 hag y para la vivienda de adobe una huella ecológica de 4.533 hag. Esto es principalmente porque para el primer caso, es necesario más mano de obra y por ende mayor consumo en insumos destinados a la alimentación.

Para la huella ecológica de movilidad: La huella obtenida para la vivienda de albañilería es de 3.797 Hag mientras que para la vivienda de adobe fue de 3.602 Hag; el parecido cuantitativo de las huellas es porque las rutas, vehículos y cantidad de trabajadores que son necesarios son parecidos para ambas viviendas.

Para la huella ecológica de materiales de construcción: En la vivienda de albañilería se obtuvo una huella ecológica de 54.914 hag. En esta vivienda el cemento tiene una participación del 24.95% en el impacto de la huella, seguido por la madera con un 24.79%. En el caso de la vivienda de adobe, se obtuvo una huella ecológica de 34.987 Hag siendo la madera el insumo con mayor porcentaje de importancia, siendo su aporte un 53.13%.

Para la huella ecológica de residuos: Lo concerniente a la huella de residuos, para la vivienda de albañilería se obtuvo 8.919 Hag y para la vivienda de adobe fue de 8.89 Hag. Esto se debe a que la cantidad de trabajadores es muy similar entre ambas viviendas; además las áreas que se construirán son las mismas, es por eso que los resultados de ambas huella son muy parecidos

Para la huella ecológica de superficie construida: En este caso en particular, tanto para la vivienda de albañilería como para la vivienda de adobe, se obtuvo una huella de superficie construida de 0.002 Hag. Esto se debe a que ambos proyectos comparten la misma arquitectura y por ende la misma cantidad de área.

La huella ecológica total para la vivienda de albañilería confinada fue de 77.099 Hag y el aporte que tiene mayor impacto es de la huella relacionada a materiales de la construcción con una huella de 54.91 Hag. ya que equivale a un 75.12% de la huella total.

La huella ecológica total para la vivienda de adobe fue de 52.55 Hag y el aporte que tiene mayor impacto es de la huella relacionada a materiales de la construcción con una huella de 34.99 Hag. ya que equivale a un 66.58% de la huella total.

Con esta investigación se demostró que el indicador huella ecológica permite obtener datos medibles y entendibles para entender que tan sostenible es el construir viviendas en zonas rurales. En esta investigación en específico, podemos decir que construir una vivienda de adobe es mucho más sostenible que construir una vivienda de albañilería confinada.

RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar un estudio profundo enfocado sólo en la energía incorporada de cada uno de los materiales que abarca el sector construcción.

Esta tesis se realizó en la zona de la costa, se recomienda buscar opciones para seguir con esta línea investigación en zonas de la sierra.

La propuesta de refuerzo en adobe se puede mejorar pero se ve limitada al no usar materiales que sean amigables con el ambiente. Se recomienda buscar nuevas formas de reforzamiento en los muros.

Se recomienda buscar otros indicadores ambientales que permitan una mejor comprensión para la comunidad no científica en cuanto la sostenibilidad en el sector construcción.

Para siguientes investigaciones se recomienda buscar otro tipo de construcciones para poder tener base de datos diferentes según el tipo de edificación. Esto principalmente porque en nuestro país no cuenta con indicadores ambientales que nos permitan entender que tan sostenible son las obras en el sector construcción.

También es importante tener en cuenta no sólo los materiales en la construcción, sino que también es muy importante las características con las que cuentan las diferentes estructuras a la hora de realizar el cálculo de huella ecológica.

REFERENCIAS

- [1] Global Alliance for Buildings and Construction, Global Status Report, 2018.
- [2] Cámara chilena de la construcción, «El sector de la construcción ante el desafío global,» Santiago, 2019.
- [3] Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, «Código Técnico de Construcción Sostenible,» *El Peruano*, pp. 42-56, 26 Julio 2021.
- [4] Gobierno regional de Lambayeque, «Estrategia regional para la cobertura universal, calidad y sostenibilidad de los servicios de saneamiento en el ámbito rural del departamento de Lambayeque,» 2020.
- [5] A. Freire Guerrero, «PRESUPUESTO AMBIENTAL. EVALUCIÓN DE LA HUELLA ECOLÓGICA DEL PROYECTO A TRAVÉS DE LA CLASIFICACIÓN DE LA BASE DE COSTES DE LA CONSTRUCCIÓN DE ANDALUCÍA,» Andalucía, 2017.
- [6] A. GISBERT NIETO, El adobe, una oportunidad de desarrollo sostenible para la región ixil: Proyecto para la recuperación de técnicas tradicionales de construcción en las comunidades de Nebaj, Guatemala, Nebaj, 2020.
- [7] B. Dejene Tesema y A. Tibebe , «Analyzing ecological footprint of residential building construction in Adama city, Ethiopia,» *Environmental Systems Research*, 2019.
- [8] J. Hong y L. Wein , «External wall structure of green rural houses in Daqing, China, based on life cycle and ecological footprint theories,» *Frontiers of Architectural Research*, 2015.
- [9] K. Garces, J. Delgado, R. Lozano, E. Y. Mamani, E. Gutiérrez, A. Najar y A. Reynaga, «Variación de la Huella ecológica de los estudiantes de Ingeniería Ambiental de la Universidad Andina del Cusco durante la pandemia del COVID-19,» *Revista científico cultural de la Universidad Andina del Cusco, YACHAY*, pp. 548-562, 2020.
- [10] L. L. Jaimes Gutierrez, ESTIMACIÓN DE LA HUELLA ECOLÓGICA DE LA UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN, Lima, 2019.
- [11] W. BULEGE GUTIÉRREZ, BIOCAPACIDAD Y HUELLA ECOLÓGICA EN EL CONTEXTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO DE LA CIUDAD DE HUANCAYO AL 2016, HUANCAYO, 2016.
- [12] G. M. Perez Santa Cruz, CÁLCULO DE LA HUELLA ECOLÓGICA DE TRES INSTITUCIONES EDUCATIVAS, EN ETAPA DE CONSTRUCCIÓN Y


OPERACIÓN, UBICADAS EN LA PROVINCIA DE CHICLAYO, A TRAVÉS DE LA CLASIFICACIÓN DE LA BASE DE COSTOS DE LA CONSTRUCCIÓN, 2020, Chiclayo, 2021.

- [13] K. N. Carrasco Capo, ANÁLISIS DE LA HUELLA ECOLÓGICA COMO INDICADOR DE ANÁLISIS DE LA HUELLA ECOLÓGICA COMO INDICADOR DE INSTITUCIONES EDUCATIVAS ESTATALES EN CHICLAYO, 2019, Chiclayo, 2021.
- [14] B. Ewing, D. Moore, S. Goldfinger, A. Oursler, A. Reed y M. Wackernagel, «ECOLOGICAL FOOTPRINT ATLAS 2010,» Global Footprint Network, California, 2010.
- [15] Ministerio del Ambiente, «Huella ecológica en el Perú. Cálculo nacional y departamental,» Lima, 2011.
- [16] J. L. Doménech Quesada, Huella ecológica y desarrollo sostenible, AENOR, 2007.
- [17] J. Solís Guzmán, «Evaluación de la Huella Ecológica del Sector Edificación (uso residencial) en la comunidad Andaluza, Sevilla, 2010.
- [18] MINISTERIO DE VIVIENDA, CONSTRUCCIÓN Y SANEAMIENTO, «NORMA E.080 DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN CON TIERRA REFORZADA,» El Peruano, 2017.
- [19] MINISTERIO DE VIVIENDA, CONSTRUCCIÓN Y SANEAMIENTO, «NORMA E-070 ALBAÑILERÍA,» El Peruano, 2016.
- [20] Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento, Reglamento Nacional de Edificaciones, Lima: Grupo Editorial MEGABYTE S.A.C., 2022.
- [21] F. Abanto, Análisis y diseño de edificaciones de albañilería, Lima: San Marcos, 2006.
- [22] Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, Edificaciones Antisísmicas de Adobe, Lima, 2010.
- [23] N. Castillo, «EVALUACIÓN DE LA UBICACIÓN, DISPOSICIÓN Y ACCESIBILIDAD EN EL DISEÑO DE UNA ESCOMBRERA COMO PRIMERA ETAPA EN EL TRATAMIENTO DE LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN PARA EL DISTRITO DE LAMBAYEQUE,» Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, Chiclayo, 2020.


- [24] L. Ming , Z. Baogang , R. Jingwei , G. Honglei y Y. Jie , «Sustainability Evaluation of the Ecological Footprint of Rural Residential Houses with Difference Materials,» *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 2018.
- [25] M. Hadzich, Manual de construcción. Vivienda antisísmica de adobe, Lima: Fondo Editorial 1999, 1999.
- [26] P. Gonzáles Vallejo, J. Solís Guzmán, R. Llácter y M. Marrero, «La construcción de edificios residenciales en España en el período 2007-2010 y su impacto según el indicador Huella Ecológica,» *Informes de la Construcción*, vol. 67, p. 539, 2015.
- [27] Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, «Reglamento Nacional de Edificaciones - RNE,» de *Norma E.020 - Cargas*.
- [28] Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, «Reglamento Nacional de Edificaciones - RNE,» de *Norma E.030 - Diseño Sismo Resistente*.
- [29] Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, «Reglamento Nacional de Edificaciones - RNE,» de *Norma E.050 – Suelos y Cimentaciones* .
- [30] Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, «Reglamento Nacional de Edificaciones - RNE,» de *Norma E.060 – Concreto Armado*.
- [31] Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, «Reglamento Nacional de Edificaciones - RNE,» de *Norma E.070 – Albañilería*.

ANEXOS


ANEXO 01: CUESTIONARIO 01: DATOS GENERALES

		EVALUACIÓN DEL IMPACTO SOBRE EL AMBIENTE Y LA SOSTENIBILIDAD MEDIANTE LA HUELLA ECOLÓGICA EN DOS EDIFICACIONES RURALES CONSTRUIDAS CON ADOBE Y LADRILLO ARTESANAL EN POPAN-ZAÑA, CHICLAYO, 2021	
DATOS GENERALES			
FECHA:			
NOBRE DEL PROPIETARIO:			
UBICACIÓN:		REGION: LAMBAYEQUE	
		PROVINCIA: CHICLAYO	
		DSTRITO: ZAÑA	
		LUGAR: POPAN	
ÁREA DEL TERRENO :			
N° DE PISOS :			
CUESTIONARIO N° 01			
TIPO DE VIVIENDA		RURAL	<input type="checkbox"/>
		URBANA	<input type="checkbox"/>
		OTROS	<input type="checkbox"/>
CANTIDAD DE HABITANTES			
INSTALACIONES:		AGUA	<input type="checkbox"/>
		ALCANTARILLADO	<input type="checkbox"/>
		ELECTRICIDAD	<input type="checkbox"/>
		ENERGÍA SOLAR	<input type="checkbox"/>
		OTROS:	
MATERIAL PREDOMINANTE EN LA CONSTRUCCIÓN:		LADRILLO	<input type="checkbox"/>
		ADOBE	<input type="checkbox"/>
		MADERA	<input type="checkbox"/>
ACABADO EXTERIOR DE LA VIVIENDA:		PINTURA	<input type="checkbox"/>
		LADRILLO CARAVISTA	<input type="checkbox"/>
		TARRAJEO	<input type="checkbox"/>
		OTROS:	
ACABADO INTERIOR DE LA VIVIENDA:		PINTURA	<input type="checkbox"/>
		LADRILLO CARAVISTA	<input type="checkbox"/>
		TARRAJEO	<input type="checkbox"/>
		OTROS:	
PROCEDENCIA DE LOS MATERIALES:		PUNTOS DE VENTA	<input type="checkbox"/>
		LADRILLERA ARTESANAL	<input type="checkbox"/>
		ELABORACIÓN PROPIA	<input type="checkbox"/>
		OTROS:	
SI LOS MATERIALES FUERON COMPRADOS EN PUNTOS LEJANOS			
PUNTO DE COMPRA		DISTRITO	
		NOMBRE DEL LUGAR	
		DISTANCIA (KM)	
MODO DE ENTREGA		CAMIÓN	<input type="checkbox"/>
		MOTOCARGUERA	<input type="checkbox"/>
		BESTIA	<input type="checkbox"/>
		OTROS	
OBSERVACIONES			
SI LOS MATERIALES FUERON ELABORADOS EN SITU			
MATERIALES EMPLEADOS			
EXTRACCIÓN DE MATERIALES			
OBSERVACIONES			

ANEXO 02: CUESTIONARIO 02

	EVALUACIÓN DEL IMPACTO SOBRE EL AMBIENTE Y LA SOSTENIBILIDAD MEDIANTE LA HUELLA ECOLÓGICA EN DOS EDIFICACIONES RURALES CONSTRUIDAS CON ADOBE Y LADRILLO ARTESANAL EN POPAN-ZAÑA, CHICLAYO, 2021	
CUESTIONARIO N° 02: FASE CONSTRUCCIÓN		
TIEMPO DE CONSTRUCCIÓN:		
PROCESO REALIZADO:		
PERSONAL EMPLEADO :		
TRASLADO A OBRA DEL PERSONAL:	DISTANCIA:	
	VEHÍCULO <input type="checkbox"/>	ESPECIFICAR:
	A PIE: <input type="checkbox"/>	
	OTROS:	
MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN EMPLEADOS:	<u>MATERIAL</u>	<u>CANTIDAD</u>
	<u>ORIGEN</u>	
ALIMENTACIÓN:	<u>HORA</u>	<u>ALIMENTO</u>
COMBUSTIBLE:	<u>ACTIVIDAD</u>	<u>CANTIDAD</u>
ENERGÍA ELÉCTRICA	<u>ACTIVIDAD</u>	<u>TIEMPO</u>
OBSERVACIONES		

ANEXO 03: CUESTIONARIO 03

	EVALUACIÓN DEL IMPACTO SOBRE EL AMBIENTE Y LA SOSTENIBILIDAD MEDIANTE LA HUELLA ECOLÓGICA EN DOS EDIFICACIONES RURALES CONSTRUIDAS CON ADOBE Y LADRILLO ARTESANAL EN POPAN-ZAÑA, CHICLAYO, 2021		
CUESTIONARIO N° 02: LADRILLERA ARTESANAL			
UBICACIÓN:	REGION: LAMBAYEQUE		
	PROVINCIA: CHICLAYO		
	DISTRITO: ZAÑA		
	LUGAR: POPAN		
PRODUCTO ELABORADO	LADRILLO ARTESANAL <input type="checkbox"/>		
	ADOBE <input type="checkbox"/>		
	OTROS:		
PRODUCCIÓN	<u>PRODUCTO</u>	<u>PRODUCCIÓN</u> <u>DIARIA/SEMANTAL</u>	
	LADRILLO ARTESANAL:		
	ADOBE:		
	OTROS:		
MATERIAS PRIMAS EMPLEADAS	<u>MATERIAL</u>	<u>CANTIDAD</u>	<u>ORIGEN</u>
PROCESO REALIZADO			
ALIMENTACIÓN	<u>HORA</u>	<u>ALIMENTO</u>	
COMBUSTIBLE	<u>ACTIVIDAD</u>	<u>CANTIDAD</u>	
ENERGÍA ELÉCTRICA	<u>ACTIVIDAD</u>	<u>TIEMPO</u>	
OBSERVACIONES			

ANEXO 04: PANEL FOTOGRÁFICO

Imagen 31 Casa rural 01 de adobe en Popán



Imagen 32: Casa rural 01 de adobe en Popán - vista lateral



Imagen 33 Casa rural 02 de adobe en Popán



Imagen 34 Casa rural 03 de adobe en Popán - Entrada



Imagen 35 Casa rural 03 de adobe en Popán - Vista lateral



Imagen 36 Casa rural 03 de adobe en Popán - Vista frontal



Imagen 37 Casa rural 04 de ladrillo en Popán



Imagen 38 Casa rural 05 de adobe en Popán - Entrada



Imagen 39: Casa rural 05 de adobe en Popán - Vista frontal



Imagen 40: Casa rural 05 de adobe en Popán - Vista lateral

ANEXO 05: ESTUDIO DE SUELOS



A&M GEOTECNICA Y MECANICA DE SUELOS S.A.C.
 ENSAYOS DE SUELOS - CONCRETO - ASFALTO - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES
 Av. Chiclayo Mz. 3 Lt. 62 - S. Cantoral Chiclayo, Telf. 074-237420 - Cel. 979644184 - RPM.#979644184

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

ASTM - D3080

OBRA : EVALUACION DEL IMPACTO SOBRE EL AMBIENTE Y LA SOSTENIBILIDAD MEDIANTE LA HUELLA
 : ECOLOGICA EN DOS EDIFICACIONES RURALES CONSTRUIDAS CON ADOBE Y LADRILLO
 ARTESANAL EN POPAN - ZAÑA - CHICLAYO - 2021

SOLICITANTE : LUCIA ANTONELLA SUAREZ IZASIGA

UBICACIÓN : ZAÑA - CHICLAYO - LAMBAYEQUE

FECHA : 18/03/2022

CALICATA N° : 1

PROFUNDIDAD : 1.50 m.

Velocidad: 0,25 mm/min

SUCS: CL

Estado: INALTERADA

Esfuerzo Normal (Kg/cm ²)	1 Kg/cm ²		2 Kg/cm ²		4 Kg/cm ²	
Etapa	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
Altura (cm)	2,1	2,05	2,00	1,96	1,99	1,81
Diámetro (cm)	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00
Humedad (%)	25,8	26,03	29,01	25,75	29,01	26,43
Densidad Seca (gr/cm ³)	1,41	1,44	1,37	1,50	1,36	1,59

1Kg/cm2			2Kg/cm2			4Kg/cm2		
Deformación (%)	Esf. de Corte (Kg/cm ²)	Esfuerzo Normaliz.	Deformación (%)	Esf. de Corte (Kg/cm ²)	Esfuerzo Normaliz.	Deformación (%)	Esf. de Corte (Kg/cm ²)	Esfuerzo Normaliz.
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,05	0,05	0,05	0,05	0,12	0,06	0,05	0,20	0,05
0,10	0,08	0,08	0,10	0,18	0,09	0,10	0,32	0,08
0,20	0,14	0,14	0,20	0,25	0,12	0,20	0,53	0,13
0,35	0,19	0,19	0,35	0,34	0,17	0,35	0,59	0,15
0,50	0,24	0,24	0,50	0,41	0,20	0,50	0,64	0,16
0,75	0,28	0,28	0,75	0,48	0,24	0,75	0,71	0,18
1,00	0,31	0,31	1,00	0,52	0,26	1,00	0,77	0,19
1,25	0,34	0,34	1,25	0,55	0,27	1,25	0,81	0,20
1,50	0,35	0,35	1,50	0,57	0,28	1,50	0,83	0,21
1,75	0,37	0,37	1,75	0,58	0,29	1,75	0,84	0,21
2,00	0,38	0,38	2,00	0,59	0,29	2,00	0,85	0,21
2,50	0,41	0,41	2,50	0,61	0,30	2,50	0,85	0,21
3,00	0,42	0,42	3,00	0,61	0,30	3,00	0,85	0,21
3,50	0,44	0,44	3,50	0,60	0,30	3,50	0,84	0,21
4,00	0,45	0,45	4,00	0,60	0,30	4,00	0,84	0,21
4,50	0,45	0,45	4,50	0,59	0,29	4,50	0,83	0,21
5,00	0,46	0,46	5,00	0,59	0,29	5,00	0,83	0,21
6,00	0,48	0,48	6,00	0,57	0,28	6,00	0,82	0,21
7,00	0,48	0,48	7,00	0,56	0,28	7,00	0,81	0,20
8,00	0,48	0,48	8,00	0,55	0,27	8,00	0,80	0,20
9,00	0,48	0,48	9,00	0,54	0,27	9,00	0,80	0,20
10,00	0,48	0,48	10,00	0,54	0,27	10,00	0,80	0,20
11,00	0,48	0,48	11,00	0,53	0,26	11,00	0,80	0,20
12,00	0,48	0,48	12,00	0,53	0,26	12,00	0,80	0,20

A & M GEOTECNICA Y MECANICA DE SUELOS S.A.C.

Mario Ortiz Puelles
 TCO. DE LABORATORIO

A & M GEOTECNICA Y MECANICA DE SUELOS S.A.C.

Juan Diego Martínez
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP. 112332



A&M GEOTÉCNICA Y MECÁNICA DE SUELOS S.A.C.
 ENSAYOS DE SUELOS - CONCRETO - ASFALTO - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES
 Av. Chiclayo Mz. 3 Lt. 62 - 5. Cantoral Chiclayo, Telf. 074-237420 - Cel. 979644184 - RPM. #979644184

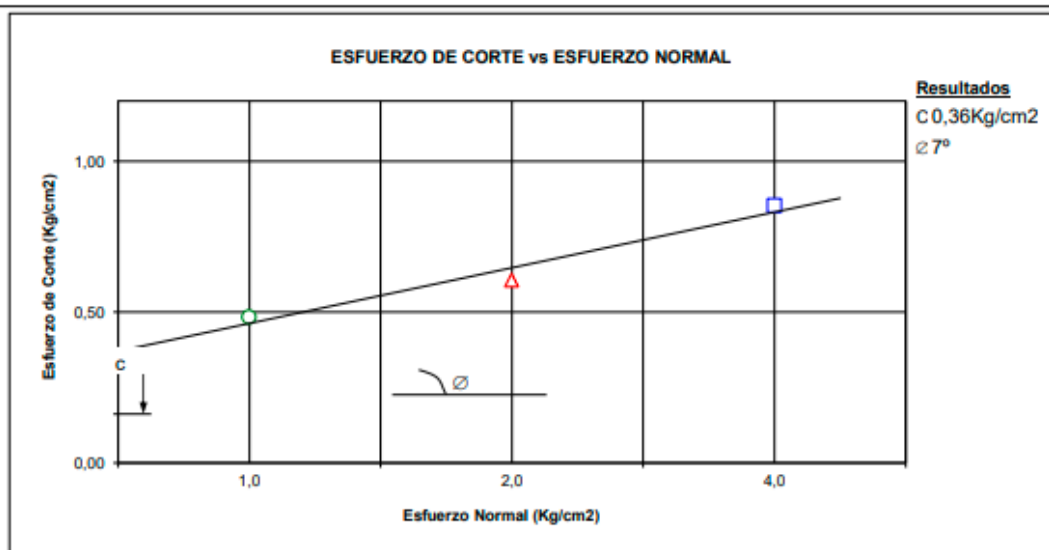
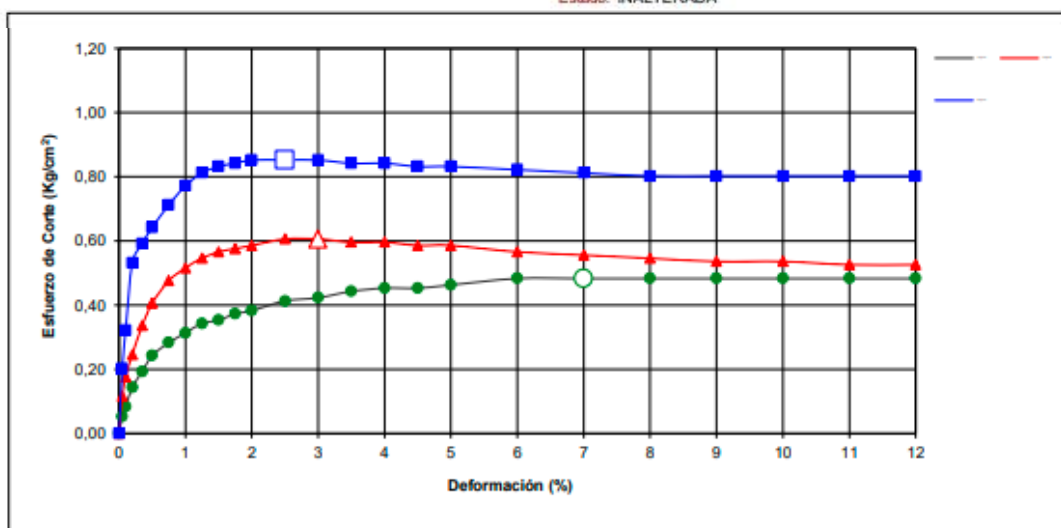
ENSAYO DE CORTE DIRECTO

ASTM - D3080

PROYECTO : EVALUACION DEL IMPACTO SOBRE EL AMBIENTE Y LA SOSTENIBILIDAD MEDIANTE LA HUELLA
 UBICACIÓN : ECOLOGICA EN DOS EDIFICACIONES RURALES CONSTRUIDAS CON ADOBE Y LADRILLO
 ARTESANAL EN POPAN - ZAÑA - CHICLAYO - LAMBAYEQUE
 SOLICITANTE : LUCIA ANTONELLA SUAREZ IZASIGA
 UBICACIÓN : ZAÑA - CHICLAYO - LAMBAYEQUE
 FECHA : 18/03/2022
 CALICATA N° : 1
 PROFUNDIDAD : 1.50 m.

SUCS: CL

Estado: INALTERADA



A & M GEOTÉCNICA Y MECÁNICA DE SUELOS S.A.C.

Mario Ortiz Puelles
 TCO. DE LABORATORIO

A & M GEOTÉCNICA Y MECÁNICA DE SUELOS S.A.C.

Juan Luis Martínez
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP. 112332



A&M GEOTECNICA Y MECANICA DE SUELOS S.A.C.
 ENSAYOS DE SUELOS - CONCRETO - ASFALTO - PAVIMENTOS - CIMENTACIONES
 Av. Chiclayo Mz. 3 Lt. 62 - S. Cantoral Chiclayo, Telf. 074-237420 - Cel. 979644184 - RPM.#979644184

**CAPACIDAD ADMISIBLE
 CIMENTACION CUADRADA
 FALLA LOCAL**

PROYECTO : EVALUACION DEL IMPACTO SOBRE EL AMBIENTE Y LA SOSTENIBILIDAD MEDIANTE LA HUELLA ECOLOGICA EN DOS EDIFICACIONES RURALES CONSTRUIDAS CON ADOBE Y LADRILLO ARTESANAL EN POPAN - ZAÑA - CHICLAYO - 2021

SOLICITANTE : LUCIA ANTONELLA SUAREZ IZASIGA

UBICACIÓN : ZAÑA - CHICLAYO - LAMBAYEQUE

FECHA : 18/03/2022

CALICATA : C-1

PROF. : 1.50 m.

ECUACIONES PARA LA CAPACIDAD DE CARGA SEGÚN TERZAGHI

FALLA LOCAL

$$q_u = 0.867 CN^c + qN^q + 0.4BN^y$$

$$q_a = q_u/3$$

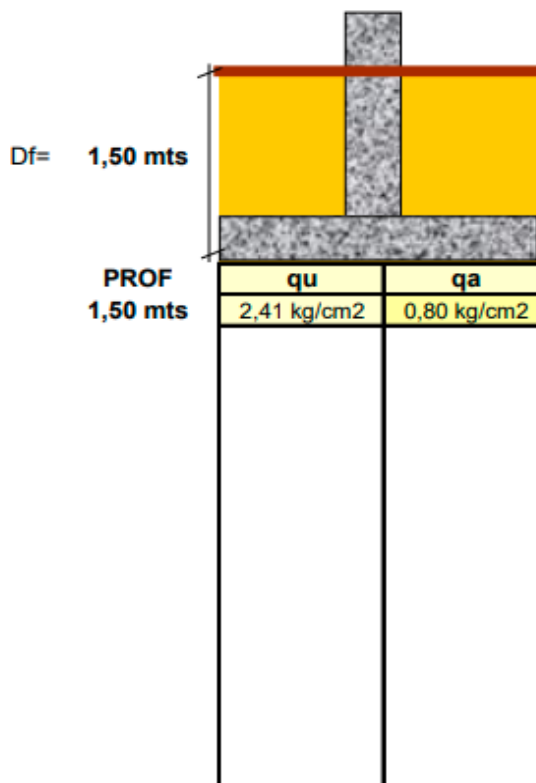
FACTOR DE SEGURIDAD = 3

FACTORES DE CAPACIDAD DE CARGA

FALLA LOCAL

N^c	N^q	N^y
6,39	1,52	0,41
Φ	7,00	
Φ'	4,68	
C	0,36	kg/cm ²
δ	1,76	t/m ³
B	1,00	mts
Df	1,50	mts

Φ	Angulo de friccion interna
Φ'	Angulo de friccion interna corregido por falla local
C	Cohesion del suelo kg/cm ²
δ	Densidad natural t/m ³
B	Ancho de cimentacion mts
Df	Nivel de cimentacion mts
q_u	Presion ultima kg/cm ²
q_a	Presion admisible kg/cm ²



A & M GEOTECNICA Y MECANICA DE SUELOS SAC

Mario Ortiz Puelles
 TCO. DE LABORATORIO

A & M GEOTECNICA Y MECANICA DE SUELOS SAC

Juan Luis Martinez
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP. 112332