



**INSTITUTO LATINO-AMERICANO DE
TECNOLOGIA, INFRAESTRUTURA E
TERRITÓRIO (ILATIT)**

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO Em
ENGENHARIA CIVIL (PPG ECI)**

**TIPOLOGÍA DE VIVIENDA POPULAR CON TÉCNICAS SOCIOAMBIENTALES
PARA ZONAS VULNERABLES DE LA CIUDAD DE LA PAZ, BOLIVIA**

LUIS CARLOS CHURA ALVAREZ



INSTITUTO LATINO-AMERICANO DE
TECNOLOGIA, INFRAESTRUTURA E TERRITÓRIO
(ILATIT)

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO Em
ENGENHARIA CIVIL (PPG ECI)

TIPOLOGÍA DE VIVIENDA POPULAR CON TÉCNICAS SOCIOAMBIENTALES PARA ZONAS VULNERABLES DE LA CIUDAD DE LA PAZ, BOLIVIA

LUIS CARLOS CHURA ALVAREZ

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal da Integração Latino-Americana, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. **Gabriel Rodrigues da Cunha**

Coorientadora: Profa. Dra. **Irma Miriam Chugar**

Foz do Iguaçu
Ano 2026

LUIS CARLOS CHURA ALVAREZ

**TIPOLOGÍA DE VIVIENDA POPULAR CON TÉCNICAS SOCIOAMBIENTALES PARA
ZONAS VULNERABLES DE LA CIUDAD DE LA PAZ, BOLIVIA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal da Integração Latino-Americana, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil.

BANCA EXAMINADORA

Orientador: Prof. Dr. Gabriel Rodrigues da Cunha
UNILA

Coorientadora: Profa. Dra. Irma Miriam Chugar
UCB

Prof. Dr. Noe Villegas Flores
UNILA

Profa. Dra. Scarlet Karina Montilla Barrios
CQU

Foz do Iguaçu, 22 de Julio de 2026.

Catálogo elaborado pelo Setor de Tratamento da Informação
Catálogo de Publicação na Fonte. UNILA - BIBLIOTECA LATINO-AMERICANA - CENTRAL

C561

Chura Alvarez, Luis Carlos.

Tipología de vivienda popular con técnicas socioambientales para zonas vulnerables de la ciudad de La Paz, Bolivia / Luis Carlos Chura Alvarez. - Foz do Iguaçu, 2026.

149 [6] f.: il., color.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal da Integração Latino-Americana, Instituto Latino-Americano de Tecnologia, Infraestrutura e Território, Pós-Graduação em Engenharia Civil. Foz do Iguaçu - PR, 2026.

Orientador: Gabriel Rodrigues da Cunha.

Coorientadora: Irma Miriam Chugar

1. Habitação popular. 2. Construção Civil - Materiais socioambientais. 3. Normas técnicas (Engenharia) - Projetos sísmo-resistentes. 4. Projeto arquitetônico - Tipologia progressiva. 5. La Paz (Bolívia). I. Cunha, Gabriel Rodrigues da. II. Chugar, Irma Miriam. III, Título.

CDU 69:728.1(1-21)(84)

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a la memoria de mi padre, Pacífico Chura, quien partió físicamente, pero permanece vivo en cada uno de mis pasos. Él fue quien sembró en mí la semilla del estudio y me dio los ánimos para seguir adelante aun en los momentos más difíciles. Su ejemplo de lucha y perseverancia me acompaña cada día.

A mi madrecita, Carmen Rosa Alvarez, mi pilar inquebrantable, quien, con su amor incondicional, su apoyo constante y su fortaleza silenciosa ha hecho posible que yo llegue hasta aquí. Gracias por estar siempre a mi lado, en cada ciclo, en cada desafío.

A mí mismo, por aguantar, por no rendirme y por tener el valor de cruzar la meta

AGRADECIMENTOS

En primer lugar, expreso mi más profundo agradecimiento a mi orientador, Prof. Dr. Gabriel Rodrigues da Cunha, no solo por su rigurosa dirección académica y sus valiosas observaciones a lo largo de esta investigación, sino también por su amistad sincera, su paciencia infinita y su confianza en mi trabajo. Sus enseñanzas trascienden las páginas de esta disertación.

A los profesores integrantes de la banca examinadora, Profesor Noe y Profesora Scarlet, por su generosidad al aceptar leer y evaluar este trabajo, por sus atentas observaciones y por las valiosas contribuciones que, sin duda, han enriquecido esta disertación. Su rigor académico y su compromiso con la excelencia son un ejemplo para mí.

A mi padre, Pacífico Chura (in memoriam), a quien debo el impulso inicial para estudiar y superarme. Aunque ya no está físicamente, su voz sigue resonando en mis decisiones. Este logro es también suyo.

A mi madre, Carmen Rosa Alvarez, mi mayor fortaleza. Gracias por sostener mis sueños con tus manos, por apoyarme en cada etapa de este camino y por enseñarme que el amor y la dedicación pueden mover montañas. No habría llegado hasta aquí sin ti.

A mis hermanos, Vaden, Bernard, Doris e Indira, por ser mi red de contención, mis cómplices y mis confidentes. Gracias por estar siempre disponibles para conversar, para escucharme y para tenderme la mano cuando más lo necesité. La distancia no ha sido obstáculo para sentir su apoyo incondicional.

A mis cuñados, Claudia y Yoandry, por su alegría contagiosa, sus constantes molestias que tanto me han hecho reír y su compañía incondicional en los momentos buenos y no tan buenos. Gracias por ser parte de esta familia y de este logro.

A mis sobrinas, las pequeñas grandes alegrías de la familia, por recordarme con su ternura y su energía cuál es la verdadera riqueza de la vida. Que este trabajo sea también un ejemplo para ellas de que los sueños, con esfuerzo y perseverancia, se alcanzan.

Por último, pero no menos importante, a mí mismo. Por aguantar las largas noches de estudio, por soportar la soledad del investigador, por no claudicar ante las dificultades y por tener el coraje de seguir adelante cuando todo parecía obstáculo. Llegar hasta aquí no fue fácil, pero valió la pena.

A TODOS, MI MÁS SINCERO Y ETERNO AGRADECIMIENTO.

*"Las favelas, las villas, los barrios populares no son un problema para erradicar. Son una oportunidad para repensar la ciudad desde la inclusión, la diversidad y la sostenibilidad social." **Jorge Mario Jáuregui, La ciudad posible (2008)***

*"La vivienda social no es un gasto, es una inversión en la ciudad. La periferia no debe ser sinónimo de exclusión, sino el espacio donde la ciudad crece con dignidad." **Joan Clos, ONU-Hábitat (2012)***

*"La periferia no es un error urbanístico, es un síntoma. Allí donde el mercado formal excluye, la autoconstrucción responde. La ciudad informal no es el problema: es la única solución posible para millones de familias." **Antoni Pigrau, La ciudad de los excluidos***

RESUMEN

Esta investigación desarrolla tipologías progresivas de vivienda popular con técnicas socioambientales para zonas vulnerables de la ciudad de La Paz, Bolivia, integrando criterios de sostenibilidad ambiental, materiales locales y normativas sismo-resistentes. El estudio utiliza un enfoque mixto, de tipo aplicada y alcance descriptivo-propositivo. La metodología comprende cinco fases: (1) diagnóstico contextual mediante revisión documental y observación directa de cinco viviendas representativas en laderas paceñas; (2) análisis de materiales socioambientales disponibles (adobe, ladrillo adobito, bloque de tierra comprimida, cubiertas metálicas y de fibrocemento, pisos de ladrillo cocido y revoques de cal); (3) sistematización de normativas nacionales (NBDS, 2023) e internacionales (Perú E-080, Chile NCh3332); (4) desarrollo de cuatro tipologías progresivas (T1 a T4) con módulo base de 3,78 m × 2,84 m; y (5) validación formal mediante listas de verificación. Los resultados principales incluyen: la identificación de irregularidades sísmicas en las tipologías oficiales del Viceministerio de Vivienda y Urbanismo (formas en L y T, esquinas entrantes); la selección del ladrillo adobito (resistencia 5,0 - 15,0 MPa) como material óptimo por su equilibrio entre costo, disponibilidad y comportamiento estructural; la definición de un sistema constructivo híbrido con confinamiento de madera y cimentación de hormigón ciclópeo; y la propuesta de tipologías que cumplen simultáneamente con la regularidad geométrica exigida por la NBDS, las condiciones mínimas de habitabilidad del VMVU y los principios de sostenibilidad. La investigación concluye que es posible diseñar viviendas sismorresistentes, habitables, progresivas y asequibles revalorizando materiales locales y técnicas tradicionales, aunque se requiere validación mediante ensayos de laboratorio y procesos participativos con comunidades de las laderas paceñas.

Palabras clave: Vivienda popular. Materiales socioambientales. Normativa sismo-resistente. Tipología progresiva. La Paz. Bolivia.

ABSTRACT

This research develops a typology of popular housing with socio-environmental techniques for vulnerable zones of the city of La Paz, Bolivia, integrating criteria of environmental sustainability, local materials, and earthquake-resistant regulations. The study uses a mixed approach, of applied type and descriptive-propositive scope. The methodology comprises five phases: (1) contextual diagnosis through documentary review and direct observation of five representative dwellings on La Paz hillsides; (2) analysis of available socio-environmental materials (adobe, adobito brick, compressed earth block, metal and fiber-cement roofing, fired brick flooring, and lime renders); (3) systematization of national (NBDS, 2023) and international regulations (Peru E-080, Chile NCh3332); (4) development of four progressive typologies (T1 to T4) with a base module of 3.78 m × 2.84 m; and (5) formal validation through checklists. The main results include: the identification of seismic irregularities in the official typologies of the Vice-Ministry of Housing and Urbanism (L and T shapes, reentrant corners); the selection of adobito brick (strength 5.0 - 15.0 MPa) as the optimal material due to its balance between cost, availability, and structural performance; the definition of a hybrid construction system with timber confinement and cyclopean concrete foundation; and the proposal of typologies that simultaneously comply with the geometric regularity required by NBDS, the minimum habitability conditions of VMVU, and the principles of sustainability. The research concludes that it is possible to design earthquake-resistant, habitable, progressive, and affordable housing by revaluing local materials and traditional techniques, although validation through laboratory testing and participatory processes with communities of the La Paz hillsides is required .

Keywords: Popular housing. Socio-environmental materials. Seismic-resistant regulation. Progressive typology. La Paz. Bolivia.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Mapa Hidrográfico de la ciudad de La Paz.....	21
Figura 2 - Desarrollo urbano de la ciudad de La Paz 1910	23
Figura 3 - Migración de las zonas rurales a áreas urbanas en 1950	23
Figura 4 - Crecimiento urbano de la ciudad de La Paz y expansión hacia la ciudad del Alto 1976.....	24
Figura 5 - Crecimiento urbano hacia las Periferias de la ciudad de La Paz y el Alto 1980	24
Figura 6 - Crecimiento actual de la ciudad de La Paz 2014 actualidad	25
Figura 7 – Crecimiento urbano de la ciudad de La Paz de 1877 a 2020	26
Figura 8 adobes en hileras	57
Figura 9 - Bloques de Ladrillo Adobito.....	58
Figura 10 Tipos de ladrillo ecológico	59
Figura 11- Piezas de BTC modulares.....	60
Figura 12 - Placa metálica ondulada - Calamina	62
Figura 13 - Placa ondulada de fibrocemento	63
Figura 14 - Teja cerámica de arcilla cocida.....	64
Figura 15- Piso de tierra apisonada.....	66
Figura 16 - Piso Cimentado	67
Figura 17- Piso de Ladrillo cocido	68
Figura 18 - Piso de cerámica roja.....	70
Figura 19 - Revoque de Tierra.....	72
Figura 20 - Revoque de cal / estuco	73
Figura 21 - Revoque cal-cemento	74
Figura 24 - vivienda aislada de 1 dormitorio	101
Figura 25 - Vivienda Aislada, Progresiva	101
Figura 26 - Vivienda Adosada 1, con 1 dormitorio	102
Figura 27 - Vivienda Adosada 1, Progresiva con 3 dormitorios	103
Figura 28 - Vivienda Adosada 2 de 1 dormitorio	104
Figura 29 - Vivienda Adosada 2 progresiva de 3 dormitorios	105
Figura 30 Tipología 1 planta baja	108
Figura 31 tipología 2 planta baja	109

Figura 32 tipología 3 planta baja	110
Figura 33 Tipología 4 planta baja.....	112
Figura 34 medidas mínimas de profundidad de la cimentación.....	113
Figura 35 Medidas utilizadas en las tipologías	115
Figura 36 Configuración estructural para tener baja vulnerabilidad.....	116
Figura 37 Formato regular de las tipologías	117
Figura 38 Ubicación del Perfil Topográfico	118
Figura 39 Perfil Topográfico de Google Earth.....	118
Figura 40 Perfil topográfico según las elevaciones de Google Earth	119
Figura 41 Continuidad Estructura según NBDS	120
Figura 42 tipología implantada en el terreno con pendiente.....	120
Figura 43 Tipología implantada en el terreno con pendiente.....	121
Figura 44 Distribución uniforme de los elementos estructurales	122
Figura 45 Distribución uniforme de los elementos estructurales en la tipología según los ejes	123
Figura 46 Regularidad en altura y continuidad estructural	124
Figura 47 Regularidad en altura y continuidad estructural en la tipología	124
Figura 48 Separación mínima entre edificaciones.....	125
Figura 49 Crecimiento progresivo y juntas de dilatación sísmica en las Tipologías	126
Figura 50 Implantación de las tipologías 3 y 4.....	128
Figura 51 Sección longitudinal mostrando las 2 tipologías	128

LISTA DE FOTOGRAFIAS

Foto 1 - Vivienda unifamiliar de un solo nivel en el barrio de Vino tinto	37
Foto 2 - Vivienda con construcción progresiva.....	38
Foto 3 - Vivienda autoconstruida de 2 niveles en pendiente	41
Foto 4 - Vivienda de 2 niveles autoconstruida de uso mixto	43
Foto 5 - Vivienda de 2 niveles construida en lo alto de una pendiente	46

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1 - Casos de Riesgos y vulnerabilidad en áreas de la ciudad de La Paz	28
Cuadro 2 – Análisis Comparativo de viviendas	48
Cuadro 3 Fases Metodológicas con relación al Objetivo específico	50
Cuadro 4 Técnicas e Instrumentos de Investigación.....	51
Cuadro 5 - Ficha técnica y propiedades constructivas del Adobe	57
Cuadro 6 - Ficha técnica y propiedades constructivas del ladrillo adobito	58
Cuadro 7 - Ficha técnica y propiedades constructivas del Ladrillo ecológico	59
Cuadro 8 - Ficha técnica y propiedades constructivas del BTC.....	60
Cuadro 9 - Ficha comparativa técnica: materiales de pared en La Paz.....	61
Cuadro 10 - Ficha técnica y propiedades constructivas de la Placa metálica.....	62
Cuadro 11 - Ficha técnica y propiedades constructivas de la Placa de fibrocemento.....	63
Cuadro 12 - Ficha técnica y propiedades constructivas de la teja cerámica.....	64
Cuadro 13 - Ficha comparativa técnica: materiales de cubierta.	65
Cuadro 14 - Ficha técnica y propiedades constructivas del piso de tierra apisonada.....	66
Cuadro 15 - Ficha técnica y propiedades constructivas del piso cimentado	67
Cuadro 16 - Ficha técnica y propiedades constructivas del piso de ladrillo cocido.....	68
Cuadro 17 - Ficha técnica y propiedades constructivas del piso de cerámica roja	70
Cuadro 18 - Ficha comparativa técnica: materiales para piso.	71
Cuadro 19 - Ficha técnica y propiedades constructivas del revoque de tierra	72
Cuadro 20 - Ficha técnica y propiedades constructivas del revoque de cal.....	73
Cuadro 21 - Ficha técnica y propiedades constructivas del revoque mixto.....	73
Cuadro 22 - Ficha comparativa técnica: materiales para revoque	75
Cuadro 23 Condiciones mínimas de soluciones habitacionales.	91
Cuadro 24 superficie mínima por ambiente, Plan de uso de suelo La Paz.....	92
Cuadro 25 - Síntesis de las cuatro tipologías de vivienda socioambiental.....	107
Cuadro 26 Parámetros utilizados en las tipologías	114

SUMARIO

INTRODUCCION	14
1. FUNDAMENTACION TEORICA Y CONCEPTUAL	20
1.1. EL CRECIMIENTO URBANO DE LA CIUDAD DE LA PAZ	22
1.2. RIESGOS Y VULNERABILIDAD EN ÁREAS PERIURBANAS DE LA CIUDAD DE LA PAZ	27
1.3. LA VIVIENDA POPULAR EN BOLIVIA.....	28
1.3.1. Políticas habitacionales del Estado y sus limitaciones	29
1.3.2. La autoconstrucción: estrategia predominante y sus implicaciones	31
1.3.3. Características, materialidad y aspiraciones de los moradores	31
1.3.4. La producción social del hábitat como alternativa	33
1.4. LA VIVIENDA POPULAR EN LA PAZ.....	34
2. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	50
2.1. ENFOQUE Y TIPO DE INVESTIGACIÓN	50
2.2. FASES METODOLÓGICAS	50
2.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	51
2.4. ESTRATEGIA DE ANALISIS DE DATOS	52
2.5. VALIDEZ Y CONFIABILIDAD	52
3. MATERIALES DE CONSTRUCCION SOCIOAMBIENTALES	53
3.1. MATERIALES SOCIOAMBIENTALES DE LA CIUDAD DE LA PAZ.....	53
3.1.1. Paredes:.....	56
3.1.2. Cubierta:.....	61
3.1.3. Piso:	66
3.1.4. Revoque exterior e interior:	71
4. NORMATIVAS DE CONSTRUCCIÓN SISMO-RESISTENTE.....	76
4.1. GUÍA BOLIVIANA DE DISEÑO SÍSMICO (2018 - 2020).....	76
4.2. NORMA BOLIVIANA DE DISEÑO SÍSMICO (NBDS, 2023)	78
4.3. NORMATIVAS INTERNACIONALES	79
4.3.1. Perú: Norma Técnica de Diseño y Construcción con Tierra Reforzada.	80
4.3.2. Chile: Norma Chilena NCh3332 (2013).....	81
4.3.3. Otras normativas internacionales relevantes en sustentabilidad.....	82
4.4. APLICACIÓN DE NORMATIVAS AL DISEÑO SISMO-RESISTENTE.....	83
4.4.1. Cimentaciones reforzadas: continuidad estructural y adaptación a la ladera.....	83
4.4.2.Reforzamiento de muros: mejora de la ductilidad y el comportamiento sísmico	85

4.4.3. Control de materiales: caracterización y dosificación para garantizar la resistencia.....	86
4.4.4. Elementos de amarre estructural: garantizando el comportamiento monolítico	87
4.5. NORMATIVAS DE VIVIENDA: CONDICIONES MÍNIMAS DE HABITABILIDAD	88
4.5.1. Condiciones mínimas de habitabilidad.....	89
4.5.2. Dimensiones mínimas y requerimientos espaciales.....	90
4.6. SÍNTESIS NORMATIVA: BASES PARA LA PROPUESTA DE TIPOLOGÍA ...	92
4.6.1. Síntesis e implicaciones para la propuesta	93
5. TIPOLOGIA DE VIVIENDA CON TECNICAS SOCIOAMBIENTALES.....	94
5.1. DIRECTRICES DE DISEÑO	94
5.1.1. Adaptación al territorio y gestión del riesgo.....	94
5.1.2. Materialidad y sistema constructivo: criterios de selección	95
5.1.3. Sistema estructural y elementos de refuerzo	97
5.1.4. Configuración espacial y crecimiento progresivo	99
5.2. DESARROLLO DEL PROYECTO	100
5.3. TIPOLOGIAS DE VIVIENDAS.....	106
5.4. APLICACIÓN DE LA NORMATIVA DE DISEÑO SISMORRESISTENTE EN LAS TIPOLOGIAS	112
5.5. IMPLEMENTACION DE LAS TIPOLOGIAS EN EL CONTEXTO URBANO.	127
6. CONCLUSIONES Y CONSIDERACIONES FINALES.....	129
6.1. CONCLUSIONES POR OBJETIVO ESPECÍFICO.....	129
6.1.1. Sobre la evaluación de las necesidades habitacionales de las zonas vulnerables de La Paz (OE1).....	129
6.1.2. Sobre la valoración del potencial de los materiales socioambientales disponibles (OE2)	129
6.1.3. Sobre la revisión y sistematización de normativas nacionales e internacionales (OE3)	130
6.1.4. Sobre el desarrollo de una tipología de vivienda progresiva, socioambiental y popular (OE4)	131
6.2. LIMITACIONES DEL ESTUDIO.....	132
6.3. RECOMENDACIONES PARA INVESTIGACIONES FUTURAS	133
6.4. APORTES ORIGINALES DE LA INVESTIGACIÓN	135
6.5. APORTES EN INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD	136
6.6. REFLEXIÓN FINAL	138
REFERÊNCIAS	141

INTRODUCCION

El crecimiento urbano en las ciudades de América Latina se ha caracterizado principalmente por un proceso de expansión incontrolada en un contexto de vulnerabilidad socioambiental. En tales circunstancias, los sectores de bajos ingresos se enfrentan a condiciones físicas, ambientales y sociales precarias. La ciudad de La Paz, en Bolivia, constituye un caso típico de este problema debido a su compleja topografía de valles y colinas, la presión demográfica derivada de la migración interna y las restricciones institucionales frente a la planificación y provisión de soluciones de vivienda seguras y adecuadas.

En este contexto, la presente investigación aborda el tema **“Tipología de vivienda popular con técnicas socioambientales para zonas vulnerables de la ciudad de La Paz, Bolivia”**, con el propósito de aportar lineamientos conceptuales y técnicos que contribuyan al diseño de soluciones habitacionales más seguras, sostenibles e inclusivas.

La relevancia de esta investigación se fundamenta en tres dimensiones principales. En primer lugar, responde a la necesidad urgente de las familias que residen en áreas ubicadas en laderas, quebradas, márgenes de torrentes u otras zonas de riesgo que carecen de servicios e infraestructura adecuados; en segundo lugar, cuestiona las deficiencias históricas de la planificación urbana de la ciudad de La Paz, que ha tendido a relegar a estas áreas, profundizando las desigualdades socioespaciales; en tercer lugar, destaca el potencial de las técnicas socioambientales para optimizar el uso de los recursos locales, disminuir el consumo energético, mejorar el confort térmico y ambiental, reducir la exposición a desastres y favorecer un modelo de desarrollo urbano más equitativo y sostenible.

Desde una perspectiva teórica, esta investigación articula aportes de estudios nacionales e internacionales sobre vulnerabilidad urbana, vivienda popular, asentamientos informales y resiliencia, con el fin de construir un marco conceptual que sustente el análisis de la realidad local. Estos enfoques permiten comprender la vivienda no solo como un objeto físico, sino como un sistema complejo donde convergen factores sociales, ambientales y técnicos que determinan la calidad de vida y la seguridad de sus habitantes.

OBJETIVO GENERAL:

Desarrollar una **tipología de vivienda popular con técnicas socioambientales para zonas vulnerables de la ciudad de La Paz, Bolivia**, que integre criterios de sostenibilidad ambiental, uso de materiales locales y aplicación de normativas sismo-resistentes, a fin de mejorar las condiciones de habitabilidad y contribuir a un desarrollo urbano más resiliente e inclusivo.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

Evaluar las necesidades habitacionales de las zonas vulnerables de la ciudad de La Paz, considerando aspectos espaciales, funcionales y de resiliencia ante desastres naturales.

Valorar el potencial de los materiales de construcción socioambientales disponibles en el lugar como el adobe, el ladrillo adobito, las cubiertas ligeras, los pisos tradicionales y los revoques naturales en términos de, sostenibilidad y adaptabilidad a contextos vulnerables.

Revisar y sistematizar las normativas nacionales e internacionales de construcción sismo-resistente y de vivienda mínima, para establecer lineamientos técnicos aplicables al diseño de la vivienda popular en zonas vulnerables de la ciudad de La Paz.

Desenvolver y proponer una tipología de vivienda progresiva, socioambiental y popular que integre directrices de diseño basadas en la adaptación al terreno y la sostenibilidad, articulando el uso de materiales locales y el cumplimiento normativo.

JUSTIFICATIVA

El déficit habitacional en Bolivia constituye, desde hace décadas, uno de los principales desafíos para el desarrollo social y urbano del país. A pesar de los avances en las políticas públicas y en los programas de vivienda social, persisten limitaciones significativas tanto en el acceso a viviendas adecuadas como en la calidad constructiva de las mismas, especialmente en las áreas periurbanas y de ladera de la ciudad de La Paz. Según Gutiérrez Vacaflares (2013), el déficit habitacional en Bolivia superaba el millón de unidades a inicios de la segunda década del siglo XXI, lo que evidencia la insuficiencia de las políticas tradicionales para responder a la creciente demanda.

La expansión urbana acelerada de La Paz, acompañada por la migración interna y la carencia de suelo urbano seguro y asequible, ha llevado a amplios sectores de la población a asentarse en zonas de alto riesgo, caracterizadas por pendientes pronunciadas, suelos inestables y escasa cobertura de servicios básicos (CHUGAR, 2007). Estas condiciones, sumadas a la falta de asistencia técnica y a la práctica generalizada de la autoconstrucción, han derivado en edificaciones con bajos niveles de habitabilidad y alta vulnerabilidad frente a deslizamientos, erosión del suelo, lluvias intensas y eventos sísmicos.

En este contexto, la incorporación de criterios socioambientales en la vivienda popular representa una alternativa viable para mejorar la calidad habitacional, disminuir la vulnerabilidad física y ambiental, y reducir la huella ecológica de los asentamientos. Experiencias previas, como las impulsadas por la Fundación Abril (2013), destacan la pertinencia de soluciones habitacionales que combinan los principios del “Vivir Bien” con tecnologías apropiadas y el uso de materiales locales.

El uso de materiales disponibles en la región andina como el adobe estabilizado, el ladrillo adobito, las cubiertas livianas y los revestimientos de bajo impacto ambiental, cuando se integran a técnicas constructivas mejoradas y al cumplimiento de normativas sismo-resistentes (AEVIVIENDA, 2017), puede contribuir a generar viviendas más seguras, confortables y económicamente accesibles para la población de bajos ingresos. Al mismo tiempo, estas soluciones fortalecen la identidad cultural y reducen la dependencia de materiales industriales de alto costo y mayor huella de carbono.

Asimismo, la dimensión sociocultural es determinante. La

autoconstrucción progresiva constituye la estrategia predominante de las familias populares (CHUGAR, 2007), lo que con frecuencia da lugar a viviendas fragmentadas y carentes de control técnico. Desarrollar una tipología habitacional con enfoque socioambiental, adaptada a las realidades locales, puede orientar los programas públicos y las iniciativas comunitarias, ofreciendo modelos flexibles que respeten los modos de vida tradicionales y promuevan la participación de los propios habitantes en el proceso constructivo.

Por estas razones, el presente estudio se justifica como una contribución académica y práctica a la búsqueda de soluciones habitacionales integrales para las zonas vulnerables de la ciudad de La Paz. Al articular conocimientos técnicos sobre construcción socioambiental, criterios de resiliencia frente a riesgos y aportes normativos vigentes, esta investigación pretende fortalecer el vínculo entre la vivienda popular, el contexto territorial y el bienestar de las familias, contribuyendo a la reducción del déficit cualitativo y a la promoción de un desarrollo urbano más justo, sostenible y seguro.

ESTRUCTURA DEL TRABAJO

La estructura del trabajo se organiza en cinco capítulos que permiten abordar de manera progresiva y articulada la problemática de la vivienda popular en zonas vulnerables de la ciudad de La Paz, desde su contextualización urbana hasta la formulación de tipologías habitacionales con enfoque socioambiental.

El capítulo I presenta la fundamentación teórica y conceptual del estudio, con énfasis en el crecimiento urbano de la ciudad de La Paz y los procesos de expansión territorial que han configurado su morfología actual. Se analizan los riesgos y la vulnerabilidad presentes en las áreas periurbanas, sistematizando casos recientes de deslizamientos e inundaciones. Asimismo, se aborda el desarrollo histórico de la vivienda popular en Bolivia, las limitaciones de las políticas habitacionales estatales y la consolidación de la autoconstrucción como estrategia predominante. El capítulo concluye con una caracterización de la vivienda popular paceña a partir de la observación directa de cinco casos representativos, estableciendo las bases conceptuales para el resto de la investigación.

El capítulo II expone la metodología de la investigación, definiendo el enfoque mixto (cualitativo y cuantitativo), de tipo aplicada y con alcance descriptivo-propositivo. Se describen las cinco fases metodológicas sucesivas, asociadas a cada objetivo específico, así como las técnicas e instrumentos de recolección de datos empleados: revisión bibliográfica sistemática, análisis documental normativo, observación directa no participante con registro fotográfico propio, y fichaje técnico de materiales. Finalmente, se detalla la estrategia de análisis de datos (cualitativa, cuantitativa y comparativa) y se declaran explícitamente las limitaciones del estudio y los criterios de validez y confiabilidad.

El capítulo III aborda los materiales de construcción socioambientales disponibles en la ciudad de La Paz, considerando sus propiedades físicas, disponibilidad local, pertinencia cultural y desempeño técnico. Se describen y comparan mediante fichas técnicas los principales componentes constructivos: paredes (adobe, ladrillo adobito, ladrillo ecológico, bloque de tierra comprimida), cubiertas (placa metálica, fibrocemento, teja cerámica), pisos (tierra apisonada, piso cimentado, ladrillo cocido, cerámica roja) y revoques (tierra, cal, mixto cal-cemento). El capítulo concluye con una síntesis comparativa que fundamenta la selección de materiales para la propuesta tipológica.

El capítulo IV se centra en las normativas de construcción sismo-

resistente y de habitabilidad que orientan el diseño estructural en zonas expuestas a movimientos sísmicos. Se revisan documentos técnicos vigentes en Bolivia, como la Guía Boliviana de Diseño Sísmico (2018) y la Norma Boliviana de Diseño Sísmico (NBDS, 2023), así como normativas de referencia de Perú (Norma E-080) y Chile (NCh3332). Además, se presentan criterios de aplicación práctica que incluyen cimentaciones reforzadas, reforzamiento de muros, control de materiales y elementos de amarre estructural. El capítulo concluye con la revisión de las condiciones mínimas de habitabilidad establecidas por el Viceministerio de Vivienda y Urbanismo (VMVU, 2020) y una síntesis normativa que integra todos estos referentes como base para el diseño de las tipologías.

El capítulo V desarrolla las tipologías de vivienda con técnicas socioambientales, estableciendo directrices de diseño basadas en la adaptación al territorio, la materialidad seleccionada, el sistema estructural con elementos de refuerzo, y la configuración espacial con crecimiento progresivo. Se presenta un análisis crítico de las tipologías oficiales del Manual VMVU (2020), identificando sus irregularidades sísmicas, y se formulan cuatro tipologías propias (T1, T2, T3, T4) que integran los criterios normativos y materiales previamente analizados. El capítulo describe en detalle cada tipología, verifica su cumplimiento con la NBDS (2023) en aspectos como cimentación, regularidad estructural, adaptación a pendientes y juntas sísmicas, y finalmente presenta un ejemplo de implementación en un perfil topográfico representativo de la zona de ladera de La Paz.

Las conclusiones y recomendaciones derivadas del análisis realizado. Se sintetizan los principales hallazgos sobre la relación entre vivienda popular, vulnerabilidad urbana y calidad de vida, organizados por cada objetivo específico. Se declaran explícitamente las limitaciones del estudio (ausencia de ensayos de laboratorio, estudios geotécnicos y validación participativa) y se formulan recomendaciones concretas para investigaciones futuras, incluyendo la necesidad de caracterización de materiales locales, desarrollo de manuales constructivos y procesos de diseño participativo con comunidades de las laderas paceñas.

1. FUNDAMENTACION TEORICA Y CONCEPTUAL

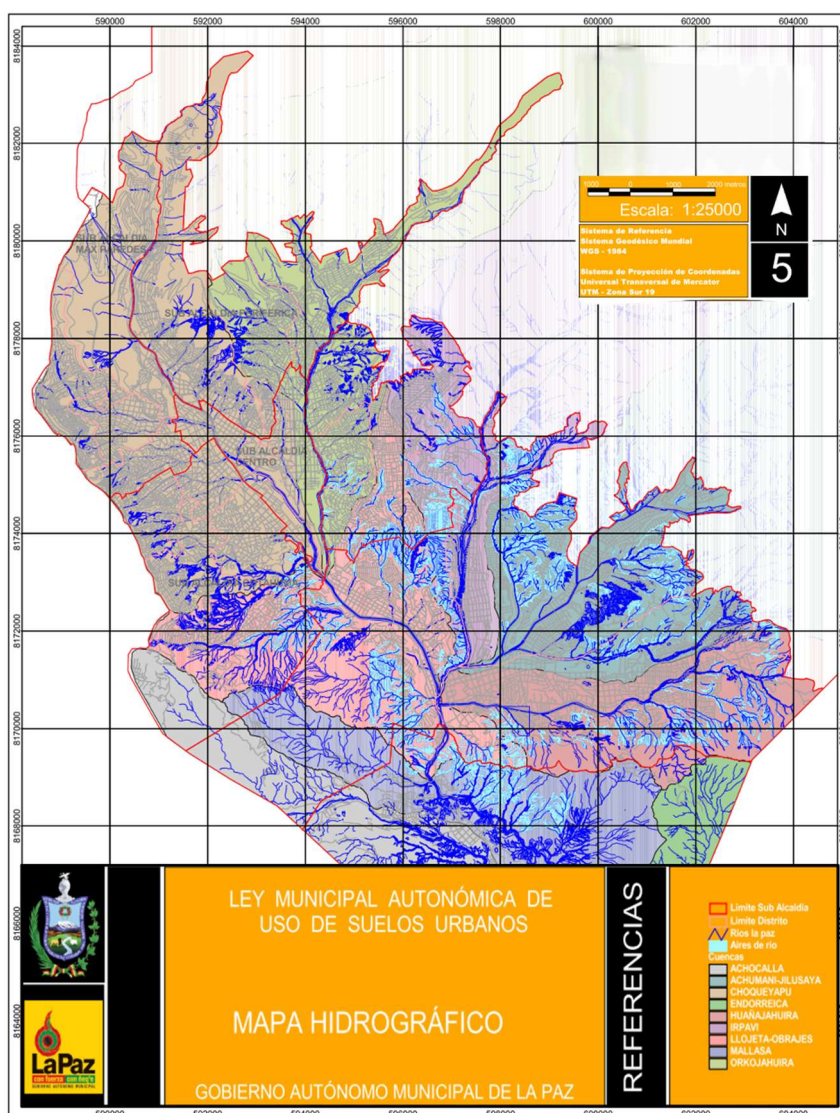
La fundamentación teórica se organiza en cuatro ejes: el crecimiento urbano de la ciudad, los riesgos y vulnerabilidades en áreas periurbanas, el desarrollo de la vivienda popular en Bolivia y las particularidades de esta en el contexto paceño.

La urbanización de La Paz se caracteriza por un proceso de expansión territorial no planificada, impulsado por la migración constante desde otros departamentos y áreas rurales, así como por la concentración de funciones administrativas y las presiones demográficas. Según la ONU-Hábitat (2022), más del 70% de la población boliviana reside actualmente en zonas urbanas, y se estima que esta cifra alcanzará el 80% para el año 2050. En el caso de La Paz, el 96% de la población se concentra en siete macro distritos urbanos que representan solo el 9% del área total de la ciudad.

Esta situación evidencia una alta densidad poblacional y una distribución territorial desigual, generando fragmentación urbana y la formación de asentamientos informales en áreas de difícil acceso, frecuentemente carentes de servicios básicos e infraestructura adecuada.

Las áreas periurbanas de La Paz presentan una marcada vulnerabilidad física y social. La ciudad cuenta con más de 350 ríos muchos de ellos subterráneos Figura 1, lo que plantea desafíos significativos para la gestión del suelo y la mitigación de riesgos. Además, aproximadamente el 70% del territorio urbano se encuentra en zonas clasificadas con riesgo medio, alto o muy alto, lo que incrementa la exposición de la población a desastres como deslizamientos, sismos e inundaciones.

A estas condiciones se suman la tenencia informal de la tierra, las construcciones inestables y las limitaciones institucionales para implementar políticas efectivas de uso de suelo. En este contexto, la Política Nacional de Desarrollo Integral Urbano (PNDIC, 2024) reconoce dichos desafíos y propone fortalecer la planificación urbana mediante instrumentos técnicos y normativos orientados a promover ciudades más resilientes, inclusivas y sostenibles.

Figura 1- Mapa Hidrográfico de la ciudad de La Paz

Fuente: SITSERVICIOS.LAPAZ.BO, 2025

La vivienda en Bolivia para personas de bajos ingresos ha funcionado históricamente como una respuesta social frente a la exclusión del mercado inmobiliario formal. Desde el siglo XIX, especialmente en las áreas urbanas, la autoconstrucción se ha consolidado como el principal medio de acceso a la vivienda para los sectores populares. Este proceso ha incorporado las costumbres comunitarias, el conocimiento constructivo tradicional y estrategias de adaptación al entorno. Aunque muchas veces presenta condiciones estructurales precarias, ha dado lugar a tipologías habitacionales propias y culturalmente significativas. El Gobierno Autónomo Municipal de La Paz (GAMLP) reconoce que la vivienda constituye un elemento de cohesión socioeconómica y que su adecuada provisión

debe integrarse con la estructura urbana y los servicios públicos¹.

En este contexto, la vivienda en La Paz presenta características particulares derivadas de las condiciones geográficas de la hoyada, la cultura arquitectónica local y las limitaciones económicas de sus habitantes. La construcción predominante se realiza con materiales como ladrillos artesanales y adobe estabilizado, combinando técnicas tradicionales adaptadas a las condiciones climáticas y topográficas. Sin embargo, aunque estas soluciones responden a las prácticas culturales locales, no siempre cumplen con los estándares mínimos de seguridad estructural, especialmente en zonas de alto riesgo sísmico. De este modo, la autoconstrucción sin acompañamiento técnico y la insuficiencia de regulaciones apropiadas incrementan la vulnerabilidad de las viviendas en la ciudad.

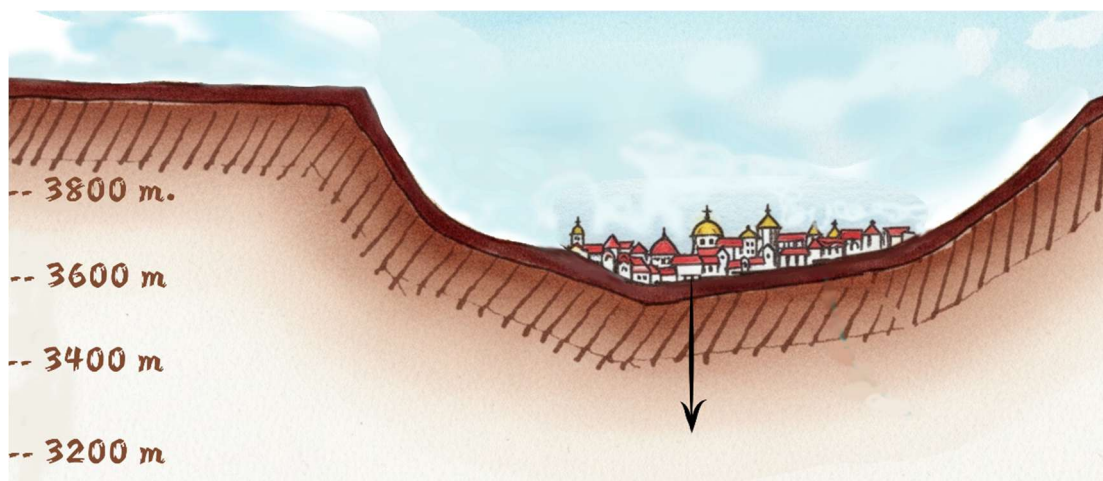
La base teórica desarrollada permite comprender la problemática de la vivienda en su complejidad, al reconocer la interacción entre factores urbanos, sociales, tecnológicos y culturales. Este enfoque integral resulta fundamental para abordar de manera adecuada la situación de las zonas vulnerables de La Paz y para formular propuestas arquitectónicas que integren criterios de sostenibilidad ambiental, seguridad estructural y justicia espacial.

1.1. EL CRECIMIENTO URBANO DE LA CIUDAD DE LA PAZ

El desarrollo de la ciudad ha estado fuertemente influenciado por la topografía. Como se muestra en la figura 2, en 1910, el desarrollo urbano se concentraba en el fondo del valle a una altitud de aproximadamente 3,200 metros, con edificios bajos, y el crecimiento era limitado. Para 1950 figura 3, la densidad urbana había aumentado significativamente, con la construcción de edificios altos en el centro y la expansión hacia las laderas. Durante este período, también comenzó el proceso de agrupación de pequeñas comunidades en la meseta superior, que más tarde se integrarían para conformar la ciudad de El Alto, y la diferenciación de las dos zonas urbanas se volvió evidente.

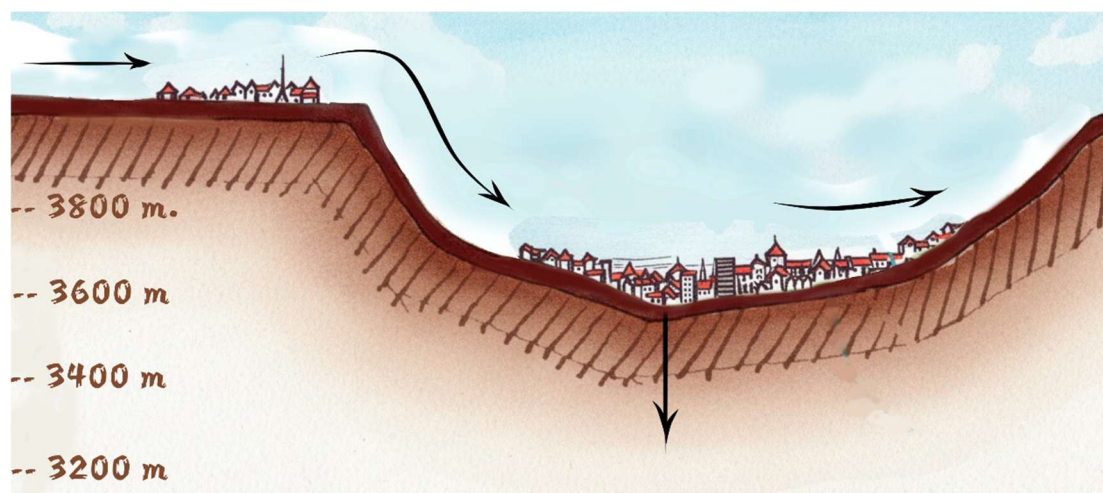
¹ Gobierno Autónomo Municipal de La Paz. *Diagnóstico de la vivienda adecuada en el municipio de La Paz*. Disponible en: sitservicios.lapaz.bo

Figura 2 - Desarrollo urbano de la ciudad de La Paz 1910



Fuente: Diseño del autor en base al diseño del GAMLP, 2025

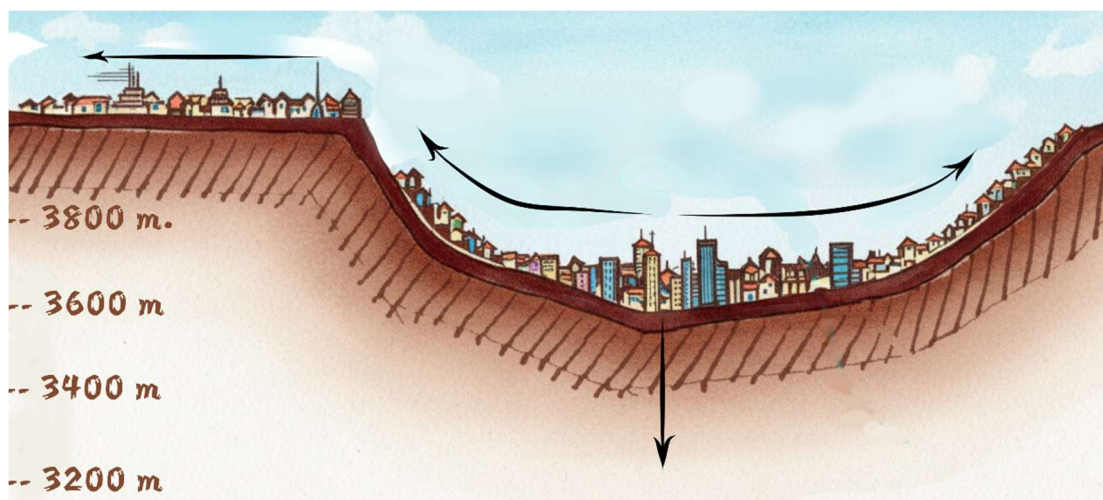
Figura 3 - Migración de las zonas rurales a áreas urbanas en 1950



Fuente: Diseño del autor en base al diseño del GAMLP, 2025

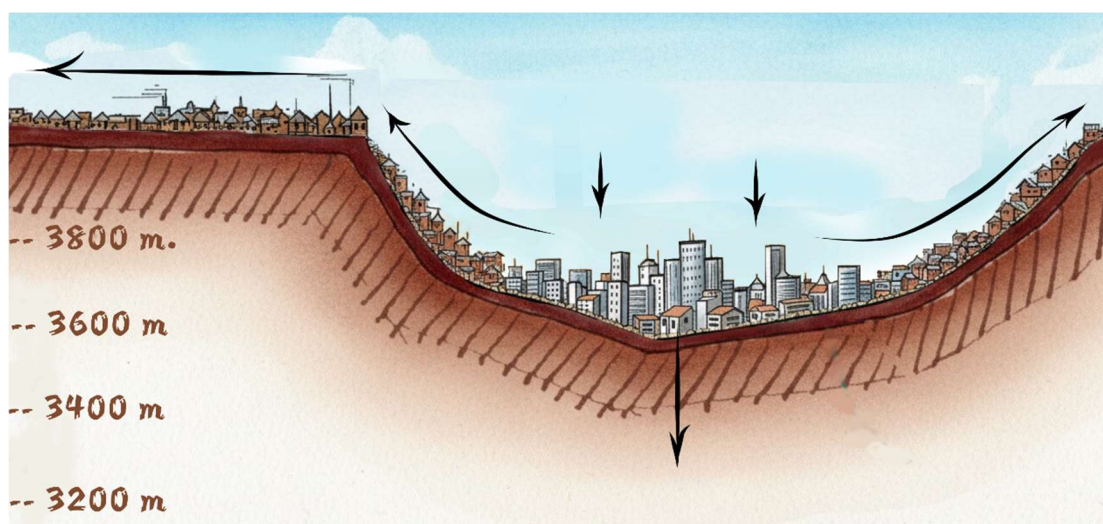
Entre 1976 y 1980 figuras (4 y 5), el crecimiento urbano se intensificó con la verticalización en el valle y la acelerada ocupación de las laderas, impulsada por la migración y el aumento demográfico. Muchas comunidades de bajos ingresos, provenientes de zonas rurales, se establecieron en áreas con suelos inestables y sin planificación urbana, lo que incrementó su vulnerabilidad ante desastres naturales (GAMLP, 2018). Paralelamente, El Alto continuó expandiéndose hasta convertirse en una ciudad independiente con dinámicas urbanas propias, aunque con desafíos en infraestructura y acceso a servicios esenciales.

Figura 4 - Crecimiento urbano de la ciudad de La Paz y expansión hacia la ciudad del Alto 1976



Fuente: Diseño del autor en base al diseño del GAMLP, 2025

Figura 5 - Crecimiento urbano hacia las Periferias de la ciudad de La Paz y el Alto 1980



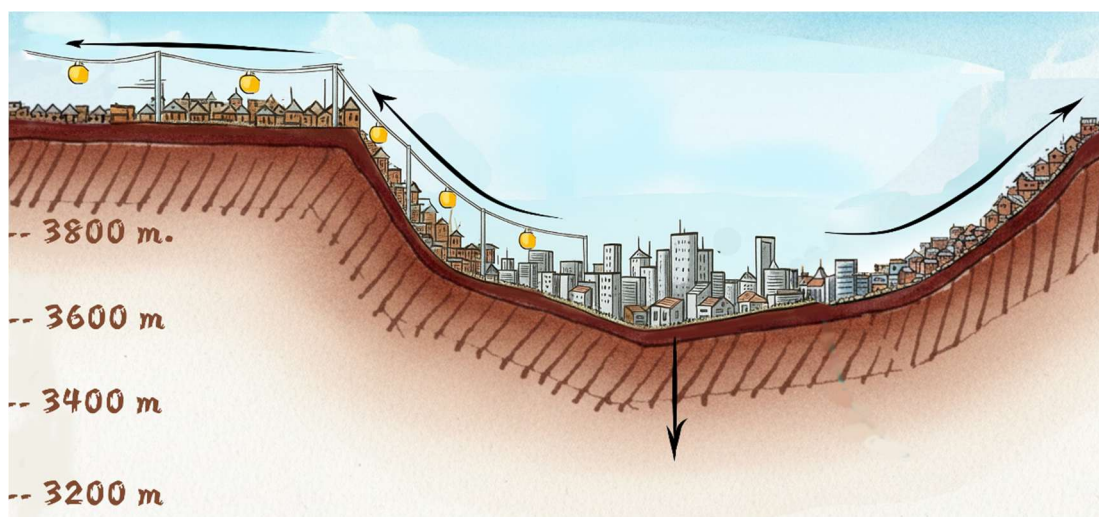
Fuente: Diseño del autor en base al diseño del GAMLP, 2025

Los asentamientos en las laderas, caracterizados por suelos frágiles y pendientes pronunciadas, representan una de las principales preocupaciones urbanísticas. Estas áreas, habitadas por la población de bajos ingresos, muchos de estos provenientes de áreas rurales, carecen de planificación urbana y de acceso a servicios básicos, lo que agrava la vulnerabilidad de sus residentes.(GAMLP, 2020).

En la actualidad, el crecimiento urbano de la ciudad de La Paz figura 6 evidencia una consolidación de los patrones de expansión observados desde mediados del siglo XX, caracterizados por una densificación del valle central y una ocupación casi total de las laderas circundantes, que ahora se extienden hasta altitudes superiores a los 3.800 metros sobre el nivel del mar. Este proceso ha generado una mancha urbana continua que desborda los límites naturales del

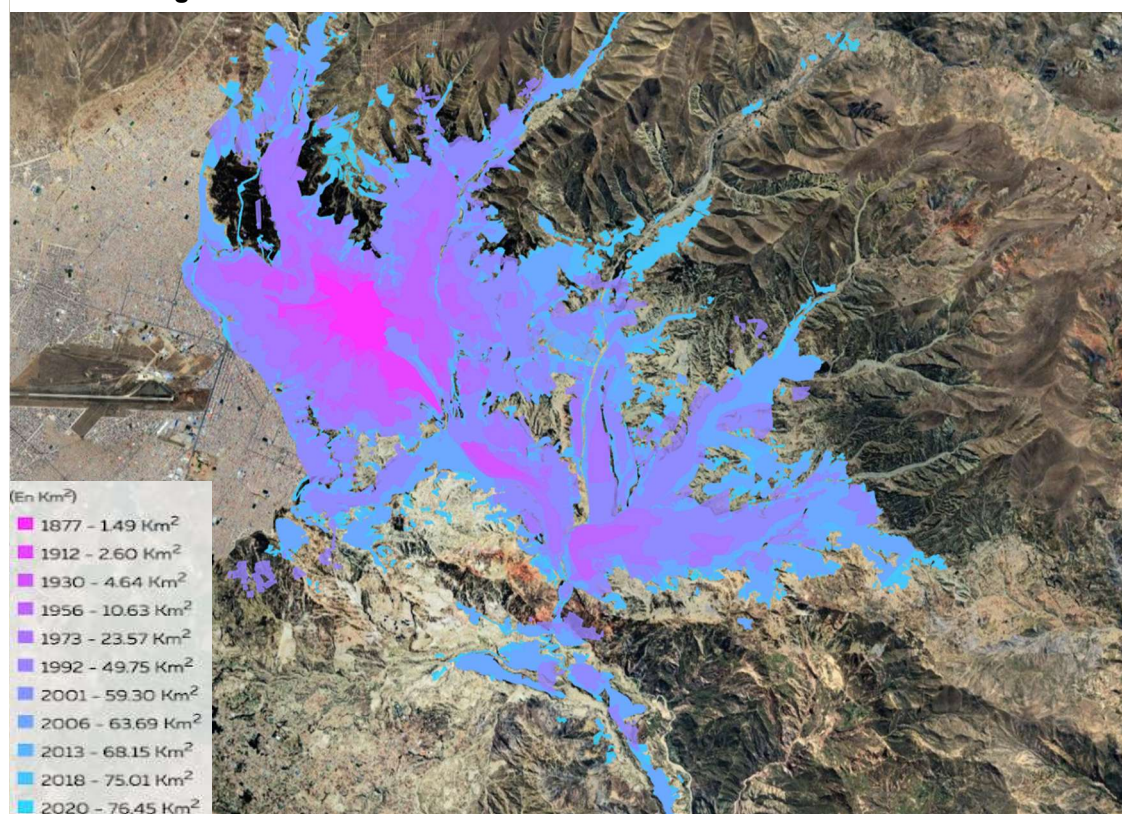
altiplano, conectándose funcionalmente con la ciudad de El Alto, la cual se ha consolidado como una urbe independiente con dinámicas socioeconómicas propias. Una innovación significativa en esta etapa es la implementación de la red de teleféricos, que se constituye como una alternativa de transporte masivo y sostenible, actuando como un eje de conexión física y simbólica entre ambas ciudades.

Figura 6 - Crecimiento actual de la ciudad de La Paz 2014 actualidad



Fuente: Diseño del autor en base al diseño del GAML, 2025

Según el Plan Territorial de Desarrollo Integral (PTDI, 2016) del municipio de La Paz, se reconoce la necesidad de urbanizar áreas fuera de zonas de riesgo, permitiendo la construcción de viviendas dignas, seguras y planificadas, articuladas e inclusivas, especialmente dirigidas a sectores de interés social. Esto pone de manifiesto la necesidad urgente de soluciones habitacionales que no solo sean accesibles económicamente, sino también seguras y resilientes ante desastres.

Figura 7 – Crecimiento urbano de la ciudad de La Paz de 1877 a 2020

Fuente: SITSERVICIOS.LAPAZ.BO, (2025)

La evolución Urbana de La Paz (figura 7), muestra un crecimiento acelerado desde 1877 hasta 2020, pasando de 1.49 km² a 76.45 km². Durante el siglo XX, la expansión urbana estuvo marcada por un incremento significativo entre 1956 y 1973, cuando la superficie construida pasó de 10.63 km² a 23.57 km², reflejando un proceso de urbanización intensiva. A partir de 1992, la ciudad continuó expandiéndose rápidamente, impulsada por el crecimiento poblacional y el déficit habitacional, alcanzando 49.75 km². Este fenómeno no solo ha transformado el paisaje, sino que también ha generado desafíos en infraestructura, movilidad y sostenibilidad.

El patrón de crecimiento muestra una tendencia de ocupación de las laderas y zonas de difícil acceso, lo que incrementa los riesgos geológicos y dificulta la provisión de servicios básicos. Asimismo, en las últimas décadas, el desarrollo urbano ha seguido un esquema de dispersión con un fuerte impacto ambiental, afectando la estabilidad del suelo y la disponibilidad de recursos naturales.

1.2. RIESGOS Y VULNERABILIDAD EN ÁREAS PERIURBANAS DE LA CIUDAD DE LA PAZ

La ciudad de La Paz se expandió hacia laderas de pendientes pronunciadas, lechos de ríos intermitentes y suelos con limitada capacidad de retención. Gran parte de estas áreas de topografía accidentada fueron ocupadas por asentamientos informales, lo que generó una alta vulnerabilidad frente a deslizamientos, inundaciones y otros fenómenos asociados a eventos climáticos extremos.

En los últimos diez años, se han evidenciado diversos casos de riesgo que no constituyen eventos aislados, sino que reflejan patrones estructurales de vulnerabilidad recurrentes. Por ejemplo, en 2011, el deslizamiento de Pampahasi Bajo provocó el colapso de más de 800 viviendas y obligó a la evacuación de aproximadamente 5.000 personas. A pesar de los trabajos de mitigación, la misma ladera se reactivó en 2019, confirmando la persistencia de los riesgos (ARIAS, 2020). Ese mismo año, el deslizamiento de Carapá evidenció problemáticas similares.

De forma similar, en Kupini II y Valle de las Flores (2019), las lluvias intensas provocaron el colapso de 60 viviendas y la evacuación de 400 familias. Informes técnicos registraron desplazamientos del terreno de hasta 20 cm semanales antes del colapso, lo que revela fallas en el monitoreo y en la implementación de obras preventivas (AMUN, 2019).

En el ámbito hidrológico, las inundaciones constituyen otra amenaza relevante. En agosto y noviembre de 2024, lluvias torrenciales ocasionaron el desborde de un río en Bajo Llojeta, dañando más de 40 viviendas y afectando directamente a decenas de familias (REUTERS, 2024).

Recientemente, en 2025, se registraron deslizamientos en la urbanización Codavisa (zona Sur), con la afectación de 80 viviendas, y en el macrodistrito de San Antonio, donde estudios identificaron desplazamientos de hasta 18 cm cada dos semanas, lo que obligó a declarar la emergencia en barrios completos (LA RAZÓN, 2025; EL DEBER, 2025).

Estos casos demuestran que la vulnerabilidad en La Paz es el resultado de múltiples factores convergentes: la geología inestable de las laderas, la ausencia de sistemas de drenaje pluvial adecuados, la ocupación informal en áreas de riesgo y la debilidad de la gobernanza urbana para controlar el uso del suelo. A ello se suman las precarias condiciones socioeconómicas de los habitantes de estas

zonas, que limitan su capacidad de respuesta y recuperación ante los desastres.

Cuadro 1- Casos de Riesgos y vulnerabilidad en áreas periurbanas de la ciudad de La Paz

Año	Lugar / Sector periurbano	Tipo de riesgo / evento	Impactos observados	Factores de vulnerabilidad
2025	Urbanización Codavisa, zona Sur	Deslizamientos / caída de talud por lluvias	Afectadas 80 viviendas; evacuación de familias; daños estructurales en calles y viviendas.	- Construcción en pendientes; - mala infraestructura de drenaje; - suelo saturado; - asentamientos en zonas sin planificación urbana adecuada.
2025	La Hoyada Norte Calvario de Periférica	Riesgo inminente de deslizamiento por sobrecarga de taludes	Evacuación de 27 familias (55 personas); identificación de predios con edificaciones comprometidas por sobrecarga; peligro por lluvias y administración de aguas superficiales.	- Edificaciones ilegales - rellenos sobre taludes - falta de drenaje adecuado
2025	Barrios <i>Cervecería y Metropolitano</i> , Macrodistrito San Antonio	Movimiento de masa lento / deslizamientos progresivos	Deslizamientos detectados con desplazamientos de hasta 18 cm cada dos semanas; declaratoria de emergencia en los barrios; ejecución de obras preventivas: galerías filtrantes, pilotes antideslizantes; manejo de aguas superficiales.	-Pendientes elevadas -asentamientos sobre terrenos con baja estabilidad - escaso control sobre el uso del suelo - deficiente infraestructura de mitigación.
2024	Zona de Bajo Llojeta, periferia de La Paz	Inundación por desborde de río tras lluvias intensas	Daños en más de 40 viviendas; personas atrapadas; lesiones reportadas; riesgo humanitario alto.	- Proximidad a cauces no regulados o no suficientemente canalizados - autoconstrucción - drenaje deficiente - acumulación de agua de lluvia.

Fuente: Periódicos, La Razón, 2025, El Deber, 2024

1.3. LA VIVIENDA POPULAR EN BOLIVIA

La vivienda popular en Bolivia constituye un fenómeno complejo que trasciende la mera edificación para convertirse en un proceso social, económico y cultural que responde a la necesidad fundamental de abrigo de amplios sectores de la población. Su estudio requiere comprender no solo el objeto construido, sino también las lógicas productivas, los valores simbólicos y las estrategias de supervivencia que las familias despliegan para acceder a un lugar donde habitar (CHUGAR, 2007). Lejos de ser una alternativa marginal, la producción social del

hábitat se ha consolidado como la principal respuesta al déficit habitacional, especialmente al de carácter cualitativo, que aqueja al país desde mediados del siglo XX.

El problema de la vivienda popular en Bolivia tiene raíces profundas que se remontan a principios del siglo XX. Durante el período republicano, las ciudades bolivianas heredaron una estructura urbana de origen colonial, donde coexistían diferentes tipologías habitacionales que reflejaban una marcada estratificación social. Solares (1999 apud CHUGAR, 2007) documenta cómo, en ciudades como La Paz y Cochabamba, las élites habitaban en "casas de altos" o "casonas" de dos plantas con influencia neoclásica, mientras que los estratos medios ocupaban "casas de bajos" o casas térreas, y la población de bajos recursos se hacinaba en "casas de vecindad", "cortijos" y "tambos". Estas últimas eran edificaciones precarias, con deficiencias críticas en ventilación, iluminación y servicios sanitarios, convirtiéndose en focos de insalubridad y enfermedad (CHUGAR, 2007).

La crisis de inquilinato de las décadas de 1920 y 1930 agravó la situación. La especulación inmobiliaria y los aumentos descontrolados de los alquileres generaron protestas sociales y las primeras intervenciones estatales, como el congelamiento de alquileres en 1936 (CHUGAR, 2007). Sin embargo, estas medidas fueron insuficientes. La Guerra del Chaco (1932-1935) provocó migraciones masivas del campo a la ciudad, incrementando la demanda habitacional y consolidando la periferia urbana como espacio de asentamiento para los sectores populares. Chugar (2007, p. 39) señala que "finalizada la Guerra del Chaco, aumentó el déficit habitacional provocado por el crecimiento demográfico y por las migraciones de antiguos campesinos convertidos en soldados durante la guerra que optaron por quedarse en los centros urbanos".

1.3.1. Políticas habitacionales del Estado y sus limitaciones

A lo largo del siglo XX, el Estado boliviano implementó diversas políticas habitacionales con resultados limitados. En 1939, durante el gobierno de Germán Busch, se crearon la "Caja de Crédito Hipotecario" y la "Caja de Seguro y Ahorro Obrero", entidades destinadas a financiar la construcción de vivienda económica para la clase trabajadora (CHUGAR, 2007). No obstante, estos esfuerzos fueron tímidos y no lograron cubrir la creciente demanda.

La Revolución Nacional de 1952 trajo consigo transformaciones significativas, incluyendo la Reforma Urbana de 1954, que buscaba expropiar latifundios urbanos no edificados para destinarlos a la construcción de viviendas para obreros y clases medias (CHUGAR, 2007). En 1956 se creó el Instituto Nacional de Vivienda (INAVI), posteriormente reemplazado por el Consejo Nacional de Vivienda (CONAVI) en 1964, con financiamiento del Banco Interamericano de Desarrollo (BID). Sin embargo, Chugar (2007, p. 51) sostiene que "estas políticas no objetivaban encarar con seriedad el problema de habitación social, pues este era un instrumento de promoción política y control social, sometido completamente a los designios del Poder Ejecutivo".

Durante las dictaduras militares (1964-1980), las políticas urbanas se centraron en la represión de las invasiones y en la promoción de la vivienda para sectores medios y altos, mediante la creación del Banco de la Vivienda y el fomento del "boom inmobiliario" (SOLARES, 1999 apud CHUGAR, 2007). Mientras tanto, la población de bajos recursos continuaba autoconstruyendo sus viviendas en la periferia, en condiciones de informalidad y carencia de servicios.

Con el retorno a la democracia en los años 80 y la implementación de políticas neoliberales (Decreto Supremo 21060 de 1985), se agudizó la crisis habitacional. La relocalización de mineros y trabajadores estatales generó nuevas oleadas migratorias hacia las ciudades, intensificando la autoconstrucción y el crecimiento de asentamientos informales (CHUGAR, 2007). Programas como el "Fondo Social de Emergencia" y posteriormente el "Fondo de Vivienda Social" (FONVIS) intentaron canalizar recursos hacia la vivienda popular, pero sus resultados fueron magros. Chugar (2007, p. 64) señala que, en muchos casos, "los beneficiarios se negaban a realizar los pagos mensuales" debido a la insatisfacción con las viviendas entregadas, que no respondían a sus necesidades culturales y funcionales.

Ya en el siglo XXI, los programas de vivienda social continuaron sin lograr cubrir la demanda. Según Chugar y López (2017), entre 1998 y 2017, los sucesivos programas estatales (PNSV, PFV, PVS y AEVIVIENDA) construyeron alrededor de 120.000 viviendas a nivel nacional, una cifra claramente insuficiente frente a un déficit estimado de un millón de unidades. En Santa Cruz, el déficit alcanza las 100.000 viviendas, con una demanda anual de 8.000 unidades nuevas. Los autores concluyen que estos programas "no consiguieron cubrir el déficit

cuantitativo, mucho menos el déficit cualitativo" (CHUGAR; LÓPEZ, 2017, p. 1).

1.3.2. La autoconstrucción: estrategia predominante y sus implicaciones

Frente a la ineficacia estatal, la autoconstrucción se ha consolidado como la principal estrategia de acceso a la vivienda para la población de bajos recursos. Chugar (2007, p. 83) señala que esta modalidad implica que "la vivienda es construida por los propios usuarios como una necesidad de abrigo, muchas veces con recursos técnicos y económicos tan limitados que comprometen la calidad de la edificación asociada a la insatisfacción del usuario".

Sin embargo, más allá de sus limitaciones, la autoconstrucción es un procedimiento que Rivera (1991 apud CHUGAR, 2007, p. 61) califica como "relativamente eficaz", ya que se adapta a las economías familiares urbanas al considerar los recursos económicos disponibles en cada momento y aprovechar recursos no convencionales como la solidaridad, la cooperación y el intercambio recíproco. Rivera (1991 apud CHUGAR, 2007, p. 61) profundiza en esta idea al afirmar que:

Más que el costo, lo que explica la relativa importancia de la autoconstrucción como mecanismo de acceso a la vivienda es su versatilidad. Permite producir la vivienda en condiciones de cuidadoso riesgo calculado, apelando a tecnologías apropiadas de fácil acceso y materiales de bajo costo, es una programación que considera los recursos económicos disponibles por la familia en cada momento, y que aprovecha los recursos no convencionales de las familias como la solidaridad, la cooperación y el intercambio recíproco. (CHUGAR, 2007, p. 61)

En este sentido, la autoconstrucción no es solo una técnica constructiva, sino una expresión de la capacidad de las familias para producir su hábitat en condiciones adversas, movilizando redes sociales y saberes tradicionales. No obstante, Chugar (2007) advierte que, si bien es eficaz para satisfacer necesidades urgentes, a menudo impide la satisfacción de otras necesidades igualmente importantes relacionadas con la calidad espacial, el confort y la salubridad.

1.3.3. Características, materialidad y aspiraciones de los moradores

La vivienda popular en Bolivia se distingue por un proceso de construcción progresivo que refleja la capacidad de ahorro y las prioridades de cada familia. El estudio de caso realizado por Chugar (2007) en la Comunidad "Maria

Auxiliadora" de Cochabamba es ilustrativo de este proceso. Esta comunidad, fundada en 1999 por un grupo de mujeres líderes preocupadas por la violencia intrafamiliar y el derecho a una vivienda digna, se desarrolló mediante la compra colectiva de terrenos y la autoconstrucción por ayuda mutua (CHUGAR, 2007).

En esta comunidad, las edificaciones suelen iniciar con un ambiente de usos múltiples y un baño provisional, para luego, con el tiempo y el esfuerzo, ir incorporando nuevos espacios como dormitorios, cocina y sala. Este proceso, sin embargo, no está exento de problemas. La falta de planificación y asistencia técnica a menudo resulta en una "falta total de organización para la apropiación de espacio" (CHUGAR, 2007, p. 121), generando tipologías como las "medias aguas" o los ambientes "tipo puxado" que derivan en la superposición de actividades cotidianas y una sensible pérdida de confort.

En cuanto a los materiales, predomina el uso de aquellos disponibles localmente y de bajo costo. Chugar (2007) documenta que, en "Maria Auxiliadora", el 69% de las viviendas utilizan ladrillo macizo en las paredes, un 11% adobe y un 7% piedra. Para las cubiertas, el 69% emplea placa metálica ondulada (calamina) y el 16% teja cerámica (CHUGAR, 2007). En Santa Cruz, Chugar y López (2017) confirman esta tendencia, observando en la Urbanización Vallecito II un uso predominante de ladrillo hueco (96%) y teja de arcilla (76%), aunque también registran una diversidad de materiales producto de la autoconstrucción y la falta de recursos.

Esta elección de materiales no es aleatoria; responde a una compleja evaluación por parte de los moradores. Chugar (2007, p. 105) señala que "los habitantes afirman que la preferencia por determinados materiales en detrimento al uso de otros es establecida en función de las siguientes características: tradición, durabilidad, precio bajo, fácil acceso y, sobre todo, que no sea necesaria mano de obra calificada en la construcción". Los propios habitantes reconocen las ventajas y desventajas de cada material: el adobe es económico pero propenso a fisuras; la calamina es económica y duradera, pero genera calor y ruido; la teja cerámica es estética pero costosa (CHUGAR, 2007).

La aspiración última de los habitantes, revelada a través de la Teoría de las Representaciones Sociales, es la "casa propia" y la "casa concluida". Aplicando esta teoría en "Maria Auxiliadora", Chugar (2007) identificó que el núcleo central de la representación social de la vivienda es la palabra "casa", asociada a un

"lugar íntimo donde se desarrolla la familia", una "necesidad indispensable para el hombre" y un "lugar de reposo y descanso". La "casa propia", por su parte, aparece en el sistema periférico y se asocia a "vivir con tranquilidad", "vivir en libertad" y al "sueño de la familia". Representa un bien económico y, sobre todo, un refugio que otorga seguridad y dignidad (CHUGAR, 2007).

La "casa concluida" está directamente vinculada a la noción de confort, entendida como la posibilidad de "tener todos los ambientes básicos" y "morar con dignidad" (CHUGAR, 2007, p. 124). El estado de "obra" permanente, con espacios inconclusos, polvo y falta de privacidad, es una fuente significativa de insatisfacción y malestar. Chugar (2007, p. 117) destaca que "MORADIA asociada a 'obra' es lo que hay de más presente en el cotidiano de los moradores de la Comunidad, sea por la necesidad de ampliación de espacios, por la necesidad de concluir las obras sea por la aspiración de construir la casa propia".

En el estudio realizado en Santa Cruz, Chugar y López (2017) encuentran resultados similares. Los moradores de Vallecito II y San Jorge asocian el "vivir bien" con "tener todos los servicios básicos", "vivir en comodidad", "estar en familia" y "tener tranquilidad". Estas respuestas, que combinan lo objetivo (servicios, vivienda adecuada) con lo subjetivo (armonía familiar, felicidad), confirman la multidimensionalidad del concepto de bienestar vinculado a la vivienda.

1.3.4. La producción social del hábitat como alternativa

Frente a las limitaciones de las políticas habitacionales estatales, la producción social del hábitat se presenta no solo como una realidad ineludible, sino como una alternativa viable y necesaria. Experiencias como la de la Comunidad "Maria Auxiliadora" demuestran que es posible acceder a una vivienda digna mediante esquemas cooperativos, de ayuda mutua y con una fuerte perspectiva de género. El proyecto "Hábitat para la Mujer", que dio origen a esta comunidad, nació para garantizar el derecho a una vivienda digna a mujeres jefas de hogar, con el objetivo de protegerlas de la violencia intrafamiliar y de la inseguridad jurídica del alquiler (CHUGAR, 2007). En esta comunidad, los títulos de propiedad se emiten a nombre de la mujer y la propiedad de la tierra es colectiva, concibiendo la vivienda "como un bien social y no, así como bien económico" (CHUGAR, 2007, p. 97).

Estas iniciativas se basan en mecanismos de financiamiento solidario como el "pasanaku" (ahorro colectivo rotatorio) y en el trabajo comunitario

o ayuda mutua, que permiten a las familias de bajos recursos construir sus viviendas de manera progresiva, movilizando sus propios recursos y capacidades (CHUGAR, 2007). Organizaciones como PROCASHA en Cochabamba han demostrado que esta vía, la producción social del hábitat, puede constituirse en un camino efectivo para garantizar viviendas dignas, articulando el conocimiento técnico con las prácticas y saberes de la población (FUNDACIÓN PROCASHA, 2019).

1.4. LA VIVIENDA POPULAR EN LA PAZ

La producción y consolidación de la vivienda popular en la ciudad de La Paz está intrínsecamente ligada a sus características geográficas y a los procesos socioeconómicos que la han moldeado. Lejos de ser un fenómeno homogéneo, la ocupación del suelo urbano en la urbe alteña presenta desafíos únicos, derivados de una topografía accidentada y una historia de asentamientos marcada por la migración y la autogestión. Autores como Medinaceli (2017) afirman que la morfología de la ciudad, definida por sus laderas y quebradas, ha condicionado históricamente la localización de los sectores populares, a menudo relegados a zonas de alto riesgo geotécnico y con un déficit crónico de infraestructura urbana básica.

El acelerado crecimiento de La Paz, particularmente desde la segunda mitad del siglo XX, ha estado profundamente vinculado a los flujos migratorios del área rural. Este proceso no planificado derivó en una expansión periférica basada casi exclusivamente en la autoconstrucción. Al respecto, un diagnóstico del Instituto de Investigaciones de la Facultad de Arquitectura, Artes, Diseño y Urbanismo de la Universidad Mayor de San Andrés (UMSA) revela que "más del 60% de las viviendas asentadas en las laderas fueron edificadas por sus propios ocupantes sin ningún tipo de asistencia técnica profesional", lo que incrementa exponencialmente su vulnerabilidad frente a fenómenos como deslizamientos y sismos (UMSA, 2019, p. 45). Esta situación configura un escenario donde la necesidad de un techo propio prima sobre las consideraciones técnicas y de seguridad.

En este contexto, la vivienda popular paceña puede ser caracterizada a partir de tres dimensiones fundamentales:

Ocupación del territorio y riesgo: El principal rasgo distintivo es su localización. La presión por el acceso al suelo urbano, sumada a la inaccesibilidad

del mercado formal, ha empujado a las familias de bajos recursos a asentarse en las laderas, ocupando suelos inestables y quebradas, desafiando a menudo las restricciones normativas y técnicas (Medinaceli, 2017). Como señala Mamani (2020), esta ocupación no es anárquica, sino que responde a una lógica de supervivencia y a una "economía moral del territorio", donde el riesgo geotécnico es un costo asumido frente a la certeza del desalojo o el alquiler en la ciudad formal.

Procesos de consolidación y agencia social: La consolidación de estos barrios no es obra de la planificación estatal, sino de la organización vecinal y la autogestión. A través de mecanismos como las juntas vecinales, los habitantes negocian la introducción de servicios básicos, gestionan la titulación de tierras y definen los trazados urbanos. Quisbert (2022) destaca que esta "ciudadanía constructora" ha sido fundamental para la integración de las laderas a la mancha urbana, generando un tejido social denso y resiliente, aunque con profundas carencias materiales.

Hibridación constructiva y cultura material: La vivienda popular paceña es también una mezcla de técnicas y materiales. Combina el uso del adobe, una herencia constructiva andina, con sistemas modernos como el hormigón armado y el ladrillo. Esta hibridación, sin embargo, no siempre responde a un criterio de eficiencia estructural. Un estudio de Condori (2021) advierte que la mezcla de sistemas constructivos sin supervisión técnica suele traducirse en patologías constructivas graves, comprometiendo la seguridad de las edificaciones, especialmente en un contexto sísmico como el del altiplano. La casa propia, en este sentido, es un proyecto en perpetua construcción, un reflejo de las capacidades económicas y saberes de sus habitantes, pero también de sus limitaciones (Mamani, 2020).

La vivienda popular paceña puede ser caracterizada a partir de tipologías recurrentes que evidencian las lógicas de autoconstrucción y apropiación del espacio:

Casas de un solo nivel con ampliaciones progresivas: Una de las tipologías más comunes es la vivienda que inicia como una construcción de una sola planta, frecuentemente ejecutada con materiales básicos como ladrillo o adobe y cubierta de teja o calamina. La característica fundamental de este patrón es su carácter diacrónico: mientras la familia habita el espacio básico, se inicia la construcción de una segunda planta, revelando una lógica de acumulación gradual

de recursos. Esta dinámica de construcción por etapas, en la que se "habita el espacio básico mientras se acumulan recursos para ampliar", refleja la aspiración constante de mejora. Tal como señala Chugar (2007), la "casa concluida" es percibida como fundamental "para tener un mínimo de confort" (p. 114), y su búsqueda se manifiesta en esta lucha permanente por concluir la obra.

Edificaciones de dos niveles con mezcla de materiales: Otra tipología representativa es la vivienda de dos plantas que evidencia una marcada hibridación constructiva. Es frecuente observar combinaciones de ladrillo visto con estructuras de hormigón armado y elementos metálicos como balcones o puertas enrollables. Esta mixtura, si bien responde a la disponibilidad y asequibilidad de los materiales, no está exenta de problemas. Condori (2021) advierte que esta hibridación de sistemas, al realizarse sin supervisión técnica, genera patologías estructurales graves, especialmente en un contexto sísmico como el del altiplano, comprometiendo la seguridad de la edificación a largo plazo.

Viviendas en pendiente con accesibilidad limitada: La ocupación de las laderas impone una tipología adaptada a la topografía, donde las viviendas se asientan sobre terrenos inclinados. Esta condición, visible en las calles empinadas y erosionadas que las circundan, refleja la dificultad de urbanizar estos sectores y la consecuente precariedad de los accesos y la falta de pavimentación. Mamani (2020) interpreta esta ocupación como una "economía moral del territorio", un mecanismo mediante el cual las familias de bajos recursos asumen el riesgo geotécnico de vivir en laderas como un costo inevitable frente a la alternativa de exclusión total del mercado formal del suelo y la vivienda.

Casas coloridas y personalizadas: Más allá de las carencias materiales, las viviendas populares paceñas son también un lienzo para la expresión simbólica. Las fachadas pintadas en tonos vivos —rojos, rosas, blancos con detalles decorativos— son una muestra palpable de cómo los habitantes buscan dotar de identidad y dignidad a su morada. Esta apropiación estética del espacio va más allá de la mera función de abrigo. En este acto de personalizar la fachada, el morador transforma su casa en un "lugar íntimo donde se desenvuelve la familia" (CHUGAR, 2007, p. 114), afirmando su presencia y su historia en el paisaje urbano.

Foto 1- Vivienda unifamiliar de un solo nivel en el barrio de Vino tinto



Fuente: Foto del Autor (2026)

La fotografía 1 presenta una vivienda unifamiliar autoconstruida, emplazada en un contexto urbano periférico caracterizado por procesos de urbanización informal y consolidación progresiva. La edificación corresponde a una tipología de un solo nivel, resuelta en mampostería de ladrillo visto, con cubierta a dos aguas y base de concreto ciclópeo o sobrecimiento simple, lo que sugiere una estrategia constructiva orientada a garantizar estabilidad estructural básica frente a un terreno posiblemente irregular o en pendiente.

La materialidad predominante ladrillo cerámico sin revestimiento, evidencia una fase intermedia del proceso de consolidación. En términos de producción social del hábitat, esta condición puede interpretarse como parte de la lógica de la autoconstrucción progresiva, donde la vivienda no se concibe como un objeto terminado, sino como un proceso en permanente transformación (ORTIZ FLORES, 2015). La ausencia de revoques o acabados finales no necesariamente implica precariedad absoluta, sino una etapa dentro de un ciclo incremental en el que las mejoras dependen de la disponibilidad de recursos económicos y del tiempo de la familia propietaria. Al respecto, Chugar (2007, p. 117) señala que, en comunidades autoconstruidas, "MORADIA asociada a 'obra' es lo que hay de más presente en el cotidiano de los moradores, sea por la necesidad de ampliación de espacios, por la necesidad de concluir las obras sea por la aspiración de construir la casa propia".

El diseño formal es sencillo y funcional. La simetría relativa en la disposición de las ventanas y la puerta principal, así como la incorporación de un pequeño alero metálico sobre el acceso, revelan una intención de protección climática y de jerarquización del ingreso. Estos elementos, aunque modestos, forman

parte de lo que Abramo (2016) denomina "micro-decisiones de mejora", mediante las cuales los hogares populares introducen progresivamente adaptaciones que incrementan la habitabilidad y refuerzan el sentido de apropiación del espacio. Esta apropiación, como advierte Chugar (2007, p. 84), está estrechamente vinculada a la identidad cultural y a los valores simbólicos que los habitantes proyectan sobre su vivienda, constituyéndose en un "espejo del self" que refleja cómo el individuo se ve a sí mismo y a su familia.

Asimismo, la vivienda refleja una racionalidad económica propia de los sectores populares urbanos: se prioriza la consolidación del cerramiento perimetral y la cubierta garantizando protección inmediata antes que la inversión en acabados estéticos. Esta lógica responde a lo que Rivera (1991 apud CHUGAR, 2007, p. 61) describe como un procedimiento "relativamente eficaz" que permite a las familias "producir la vivienda en condiciones de cuidadoso riesgo calculado, apelando a tecnologías apropiadas de fácil acceso y materiales de bajo costo". Según Torres-Tovar (2021), en los procesos de autoproducción del hábitat en América Latina, la seguridad de la tenencia y la posibilidad de ampliación futura son factores más determinantes que la calidad técnica inicial de la construcción.

Foto 2 - Vivienda con construcción progresiva



Fuente: Foto del Autor (2026)

La vivienda de la foto 2 corresponde a un proceso de autoconstrucción progresiva emplazado en un contexto urbano de ladera, característico de procesos de expansión periférica. La configuración espacial, el sistema constructivo y la relación con la topografía permiten interpretarla no como

una edificación aislada, sino como parte de una lógica más amplia de producción social del hábitat que, como señala Chugar (2007, p. 83), constituye la principal alternativa de acceso a la vivienda propia para la población de bajos recursos en Bolivia.

La edificación se desarrolla en un terreno donde se resuelve la ocupación mediante plataformas escalonadas y circulación vertical exterior. Según Artículos sobre urbanización informal en laderas andinas, la ocupación escalonada constituye una respuesta técnica y económica frente a la escasez de suelo urbanizado y a la imposibilidad de acceder al mercado formal (ROJAS; PINO, 2019; UN-HABITAT, 2020). En este caso, la presencia de un nivel semienterrado sugiere tanto aprovechamiento máximo del lote como estrategia de ampliación futura o generación de renta complementaria.

La escalera lateral de hormigón y los muros de contención parciales reflejan intervenciones sucesivas que consolidan progresivamente la estabilidad del conjunto, aunque sin evidenciar necesariamente un diseño estructural integral. Esta lógica constructiva responde a lo que Rivera (1991 apud CHUGAR, 2007, p. 61) describe como un procedimiento que permite a las familias "producir la vivienda en condiciones de cuidadoso riesgo calculado, apelando a tecnologías apropiadas de fácil acceso y materiales de bajo costo".

El sistema predominante es mampostería de ladrillo cerámico, con sectores parcialmente revocados y otros en obra. La cubierta liviana metálica responde a criterios de economía y rapidez constructiva, mientras que la coexistencia de elementos de hormigón armado en escaleras y losas indica fases diferenciadas de consolidación. Esta diversidad material y técnica es característica de los procesos de autoconstrucción, donde, como documenta Chugar (2007, p. 105) en su estudio sobre la Comunidad "Maria Auxiliadora", los moradores seleccionan los materiales "en función de las siguientes características: tradición, durabilidad, precio bajo, fácil acceso y, sobre todo, que no sea necesaria mano de obra calificada en la construcción".

Este patrón coincide con lo que Ortiz Flores (2015) denomina "proceso incremental consolidado", en el cual la vivienda evoluciona por etapas según la disponibilidad de recursos. Más que una precariedad estructural absoluta, se trata de una racionalidad progresiva donde primero se garantiza el cerramiento y la protección climática, y posteriormente se incorporan mejoras técnicas.

No obstante, desde una perspectiva de resiliencia sísmica, la aparente ausencia de un sistema claramente confinado, columnas y vigas estructurales visibles puede representar vulnerabilidad, especialmente en la región de La Paz, caracterizada por actividad sísmica moderada. Investigaciones recientes subrayan que la autoconstrucción en laderas incrementa el riesgo cuando no se integran criterios básicos de confinamiento y anclaje (TORRES-TOVAR, 2021; CALDERA; LIZÁRRAGA, 2018). Esta situación refleja una de las limitaciones de la autoconstrucción sin asistencia técnica, que, como advierte Chugar (2007, p. 83), implica que la vivienda sea edificada "con recursos técnicos y económicos tan limitados que comprometen la calidad de la edificación".

El patio central funciona como articulador espacial y climático. Este vacío garantiza iluminación y ventilación natural, además de servir como espacio multifuncional para actividades domésticas, almacenamiento o interacción social. La presencia de este elemento remite a la tipología hispano-colonial de la "casa alrededor del patio", que, según Chugar (2007, p. 77), persiste en la vivienda popular como "un espacio fundamental, pues en torno a ese ambiente se construyen todos los demás".

La disposición de accesos independientes hacia distintos niveles sugiere una posible subdivisión funcional del inmueble, práctica frecuente en contextos de densificación familiar o alquiler informal. Abramo (2016) señala que la vivienda popular latinoamericana no responde únicamente a necesidades habitacionales, sino también a estrategias económicas familiares, donde la ampliación vertical se convierte en mecanismo de capitalización progresiva. La fragmentación volumétrica visible en la imagen evidencia un crecimiento no lineal, sino adaptativo, condicionado por necesidades cambiantes del grupo doméstico.

Uno de los elementos más significativos es la lectura temporal del edificio. Los distintos acabados, la presencia de muros recientes y la coexistencia de técnicas constructivas revelan una superposición de etapas. La vivienda se configura como proceso y no como producto terminado. Esta cualidad es central para comprender la vivienda popular, pues, como afirma Lemos (1994 apud CHUGAR, 2007, p. 72), "lo que interesa es comprender mejor la casa popular auténtica, dentro del cuadro de nuestra sociedad, aquella construida por el propio morador".

Foto 3 - Vivienda autoconstruida de 2 niveles en pendiente



Fuente: Foto del Autor (2026)

La edificación observada en la fotografía 3 corresponde a una vivienda autoconstruida de dos niveles implantada en un terreno con pendiente pronunciada. Su configuración volumétrica, sistema estructural y materialidad permiten interpretarla como una fase avanzada de consolidación dentro de los procesos de producción social de la vivienda en contextos urbanos periféricos. Como señala Chugar (2007, p. 83), la autoconstrucción constituye la principal alternativa de acceso a la vivienda propia para la población de bajos recursos, y en este caso se evidencia un proceso que ha logrado superar las etapas iniciales de precariedad para alcanzar un grado significativo de consolidación.

La vivienda se adapta a una topografía inclinada mediante un basamento estructural que regulariza parcialmente el terreno. El nivel inferior actúa como plataforma de apoyo, generando un plano horizontal que sostiene el volumen superior. Esta estrategia, frecuente en asentamientos de ladera, responde a la necesidad de maximizar el aprovechamiento del lote y garantizar estabilidad mínima frente a pendientes pronunciadas. En la ciudad de La Paz, la ocupación de laderas constituye una estrategia recurrente de acceso al suelo urbano, aunque conlleva riesgos geotécnicos asociados a deslizamientos y erosión (ROJAS; PINO, 2019).

La estructura combina mampostería de ladrillo cerámico portante con elementos de hormigón armado en columnas, vigas y losa intermedia, y cubierta aparentemente plana o losa superior sin culminación final. La presencia visible de vigas y columnas indica un sistema parcialmente confinado, lo que representa un avance respecto a soluciones puramente empíricas. Esta evolución constructiva

responde a la lógica de la autoconstrucción progresiva descrita por Rivera (1991 apud CHUGAR, 2007, p. 61), donde las familias producen la vivienda "en condiciones de cuidadoso riesgo calculado", incorporando mejoras técnicas a medida que los recursos económicos lo permiten.

La resiliencia sísmica en vivienda autoconstruida destaca que la incorporación de marcos de hormigón mejora significativamente el desempeño estructural, siempre que exista adecuada conexión entre elementos (CALDERA; LIZÁRRAGA, 2018; TORRES-TOVAR, 2021). En el contexto boliviano, esta consideración es particularmente relevante, pues como advierte Chugar (2007, p. 132), "el hecho de construir sin previo planeamiento y asistencia técnica, además de comprometer la calidad de la edificación genera pérdidas económicas irreversibles".

Sin embargo, la ausencia de revoque y protección superficial revela que la edificación aún se encuentra en proceso de consolidación. La exposición directa del ladrillo puede generar deterioro progresivo si no se aplican acabados impermeabilizantes adecuados. Esta condición de "obra" inconclusa es, según Chugar (2007, p. 117), "lo que hay de más presente en el cotidiano de los moradores" de comunidades autoconstruidas, manifestándose como una fuente permanente de insatisfacción vinculada a la aspiración de alcanzar la "casa concluida" que proporcione "un mínimo de confort" (CHUGAR, 2007, p. 115).

El nivel inferior presenta accesos independientes tipo portón metálico, lo que sugiere posible uso comercial, almacenamiento o alquiler. Esta configuración evidencia una estrategia de diversificación económica familiar, donde la vivienda no cumple únicamente función residencial, sino también productiva. Abramo (2016) sostiene que en los procesos de autoproducción urbana latinoamericana la vivienda se convierte en activo económico progresivo. La incorporación de espacios comerciales en planta baja constituye un mecanismo de capitalización que fortalece la sostenibilidad económica del hogar. Esta práctica es frecuente en contextos populares, donde, como documenta Chugar (2007, p. 97) en la Comunidad "Maria Auxiliadora", la vivienda se concibe no solo como espacio habitacional sino también como sustento económico familiar.

El nivel superior, destinado probablemente a uso habitacional, mantiene una organización simple con vanos rectangulares distribuidos según criterios funcionales más que compositivos. La volumetría compacta favorece eficiencia estructural y reducción de costos constructivos. Esta racionalidad funcional

responde a lo que Chugar (2007, p. 77) describe como la persistencia de un esquema funcional básico en la vivienda popular, donde las "funciones de habitación" estar, reposo nocturno y servicio, organizan la distribución espacial según las necesidades cotidianas de la familia.

A diferencia de viviendas en etapas iniciales, esta edificación refleja un grado mayor de inversión y planificación. La alineación estructural, el uso de losa de hormigón y la definición clara de dos niveles indican transición hacia una fase de consolidación estable. Desde la perspectiva de la producción social del hábitat, este tipo de vivienda representa un estadio intermedio-avanzado donde la informalidad inicial evoluciona hacia formas semiconsolidadas, aunque aún fuera de estándares técnicos completos (HIDALGO; JANOSCHKA, 2017; GILBERT, 2019).

El crecimiento vertical responde tanto a limitaciones de suelo como a procesos de densificación familiar. En el contexto de La Paz, esta estrategia permite mantener arraigo territorial sin desplazamiento hacia nuevas periferias. Como señala Chugar (2007), la vivienda popular no es solo un objeto físico, sino un proceso donde confluyen "necesidades y deseos de apropiación" (p. 83), que trascienden lo meramente funcional para abarcar dimensiones simbólicas y afectivas. La decisión de crecer en vertical, manteniendo la ubicación original, refleja precisamente esta búsqueda de arraigo y permanencia territorial que caracteriza a los sectores populares urbanos.

Foto 4 - Vivienda de 2 niveles autoconstruida de uso mixto



Fuente: Foto del Autor (2026)

La edificación observada en la foto 4 corresponde a una vivienda

autoconstruida de dos niveles, ubicada en un contexto urbano consolidado de la periferia y con clara vocación de uso mixto. Su configuración formal, sistema estructural y tratamiento de fachada evidencian un estadio avanzado, donde la vivienda ha evolucionado desde una solución básica hacia una estructura semi-consolidada con integración económica.

A diferencia de los casos emplazados en ladera pronunciada, esta vivienda se sitúa sobre una vía pavimentada, con alineación directa al espacio público. La continuidad de fachada y la presencia de acera formal indican un grado mayor de consolidación urbana. El retiro frontal mínimo y la ocupación total del lote responden a patrones típicos de densificación en barrios populares, donde el aprovechamiento máximo del suelo constituye una estrategia frente a su escasez y valorización progresiva (UN-HABITAT, 2020). La inserción en trama urbana regular sugiere transición desde condiciones de informalidad inicial hacia mayor integración morfológica, reflejando lo que Chugar (2007, p. 60) describe como el proceso mediante el cual "la autoconstrucción fue motivando grandes contingentes de la población para crear su propio espacio de reproducción".

La edificación presenta mampostería de ladrillo cerámico aparente, estructura de hormigón armado visible en vigas y columnas, losa intermedia de concreto, y vanos amplios con carpintería metálica y vidrio. La presencia clara de marcos estructurales de hormigón indica un sistema parcialmente confinado, lo cual mejora el comportamiento sísmico respecto a construcciones puramente empíricas. Esta evolución constructiva responde a la lógica de la autoconstrucción progresiva descrita por Rivera (1991 apud CHUGAR, 2007, p. 61), donde las familias producen la vivienda "en condiciones de cuidadoso riesgo calculado", incorporando mejoras técnicas a medida que los recursos económicos lo permiten.

La vivienda autoconstruida en la ciudad de La Paz destaca que la incorporación de elementos de hormigón armado incrementa la capacidad resistente ante cargas laterales, siempre que exista adecuada conexión entre mampostería y estructura (CALDERA; LIZÁRRAGA, 2018; TORRES-TOVAR, 2021). En el contexto boliviano, esta consideración es particularmente relevante, pues como señala Chugar (2007, p. 132), "el hecho de construir sin previo planeamiento y asistencia técnica, además de comprometer la calidad de la edificación genera pérdidas económicas irreversibles".

El ladrillo sin revestimiento exterior revela que, aunque

estructuralmente consolidada, la vivienda permanece en proceso de acabado. Esta condición es característica de la progresividad constructiva descrita por Ortiz Flores (2015), donde el aspecto estético se posterga frente a la prioridad estructural y funcional. Al respecto, Chugar (2007, p. 117) observa que, en comunidades autoconstruidas, la asociación de la vivienda con la "obra" es permanente, manifestándose "sea por la necesidad de ampliación de espacios, por la necesidad de concluir las obras sea por la aspiración de construir la casa propia".

El nivel inferior incorpora un amplio portón metálico y un acceso secundario con cortina enrollable, lo que sugiere uso comercial, garaje o taller. Esta disposición confirma la coexistencia de función residencial y productiva. Abramo (2016) sostiene que en contextos de economía popular urbana la vivienda se convierte en plataforma económica familiar. La incorporación de espacios comerciales en planta baja permite generar ingresos complementarios y fortalecer la resiliencia económica del hogar. Esta lógica de "vivienda-productiva" constituye una estrategia recurrente en barrios consolidados, y en el caso boliviano se observa también en comunidades como "Maria Auxiliadora", donde, según Chugar (2007, p. 101), "el uso predominante del suelo urbano es residencial, siendo poco expresivas las viviendas con características de uso mixto (comercio y servicios)".

El nivel superior, caracterizado por amplios ventanales horizontales, evidencia intención de mejorar iluminación natural y estatus formal. La modulación repetitiva de los vanos sugiere una búsqueda de simetría y representación, elemento relevante en procesos de ascenso socioeconómico simbólico (HIDALGO; JANOSCHKA, 2017). Esta preocupación por la fachada y la imagen de la vivienda responde a lo que Lemos (1994 apud CHUGAR, 2007, p. 72) identifica como la necesidad de comprender "los anhelos del proletariado, las expectativas concernientes a la noción de confort y bienestar", donde la apariencia externa de la casa juega un papel fundamental en la construcción de identidad y prestigio social.

La fachada evidencia una composición más elaborada respecto a etapas iniciales de autoconstrucción. Los ventanales amplios, la alineación estructural y la continuidad horizontal de vigas generan una lectura formal coherente. El portón pintado con degradado cromático introduce un componente identitario y de personalización. Este gesto estético refuerza la idea de apropiación territorial y consolidación simbólica. Investigaciones recientes subrayan que, en procesos de autoproducción urbana, la fachada adquiere un rol central como expresión de

progreso y estabilidad familiar (GILBERT, 2019).

Se observan indicadores claros de fase avanzada de consolidación: dos niveles estructuralmente definidos, integración funcional comercial-residencial, inserción en vía pavimentada e infraestructura urbana básica visible. No obstante, la ausencia de revoque final y la posible falta de impermeabilización adecuada de la losa superior sugieren que el proceso constructivo permanece abierto. Como señalan estudios sobre crecimiento urbana, la vivienda popular rara vez se considera terminada; permanece en estado dinámico de mejora continua (ORTIZ FLORES, 2015; TORRES-TOVAR, 2021).

Foto 5 - Vivienda de 2 niveles construida en lo alto de una pendiente



Fuente: Foto del Autor (2026)

La edificación observada en la fotografía 5 corresponde a una vivienda autoconstruida de dos niveles, implantada en un terreno con cierta pendiente y resuelta mediante estrategias constructivas incrementales típicas de los procesos de autoproducción de la vivienda en contextos urbanos periférico. Su volumetría prismática y la superposición de cuerpos evidencian un crecimiento paulatino, característico de fases intermedias de consolidación técnica y espacial. Como señalan Calderón Paniagua et al. (2025, p. 2), "la autoconstrucción informal representa una de las principales formas de acceso a la vivienda en sectores de bajos recursos", fenómeno que adquiere especial relevancia en contextos de urbanización acelerada donde la demanda habitacional supera la capacidad de respuesta del mercado formal.

La autoconstrucción constituye una de las principales vías de acceso a la vivienda en sectores de bajos recursos debido a la exclusión de los mercados formales de suelo y servicios (VERGARA-PERUCICH et al., 2025; SALAS ROA,

2024). Este fenómeno es especialmente relevante en contextos montañosos, donde las laderas urbanas suelen ser ocupadas de manera informal como estrategia para acceder al suelo urbano en ausencia de alternativas formales. Salas Roa (2024, p. 15) documenta que, en países como Perú, "aproximadamente 80.000 viviendas se construyeron mediante la autoconstrucción, pero la mitad de estas construcciones no tienen ninguna seguridad ni calidad en la construcción", realidad que encuentra paralelismos en el contexto andino boliviano.

La implantación de la vivienda en una pendiente se resuelve mediante una plataforma que estabiliza parcialmente el terreno y genera un frente continuo hacia la vía. Estrategias similares han sido documentadas por estudios que analizan la adaptación morfológica de viviendas autoconstruidas en pendientes pronunciadas, donde el nivel inferior actúa como basamento de apoyo y el superior como espacio habitable consolidado (CARDENAS-CONDORI et al., 2025; CASTILLO et al., 2023). Castillo et al. (2023, p. 72) destacan que "la arquitectura vernácula y autoproducida en contextos de ladera desarrolla soluciones empíricas de adaptación topográfica que, aunque carecen de cálculo estructural formal, responden a un conocimiento acumulado transmitido generacionalmente".

Desde el punto de vista estructural, la vivienda combina mampostería de ladrillo con elementos de hormigón armado en vigas y columnas, configurando una estructura parcialmente confinada. Este tipo de sistematización técnica ha sido observado en investigaciones sobre mejoramiento progresivo de viviendas autoconstruidas, donde se incorporan elementos estructurales convencionales conforme se consolidan los procesos constructivos (SILVA; RODRIGUEZ, 2024). La presencia de marcos de confinamiento, aunque no necesariamente calculados según normativa sismorresistente, representa un avance significativo respecto a soluciones puramente empíricas.

Además, la materialidad de fachada con revestimientos, carpinterías metálicas ornamentadas y tratamientos formales apunta no solo a la funcionalidad, sino también a la dimensión simbólica de la vivienda como expresión de identidad familiar y consolidación socioeconómica, una dimensión ampliamente discutida en estudios sobre producción social del hábitat (MARTINEZ; RAMIREZ, 2022). La fachada, en este sentido, se constituye como el principal dispositivo de representación social, donde las familias materializan visualmente su progreso y su pertenencia al tejido urbano consolidado. Como advierten Martínez y Ramírez (2022,

p. 145), "la vivienda autoproducida no es solo refugio, sino también un texto donde se inscribe la trayectoria familiar y se proyecta una imagen de estabilidad y ascenso social ante la comunidad".

Cuadro 2 – Análisis Comparativo de viviendas

	Tipología	Sistema y Material constructivo	Estrategia de crecimiento	Uso y función
	Unifamiliar, un nivel.	Mampostería de ladrillo cerámico visto. Cubierta a dos aguas. Base de concreto ciclópeo.	Progresivo, horizontal.	Residencial.
	Unifamiliar, dos niveles	Mampostería de ladrillo cerámico con sectores revocados y otros en obra. Cubierta metálica liviana. Escalera y losas de hormigón armado.	Progresivo y vertical, con crecimiento adaptativo y posible subdivisión funcional.	Residencial con posible subdivisión para alquiler informal.
	Unifamiliar, dos niveles	Mampostería de ladrillo cerámico portante. Estructura de hormigón armado en columnas, vigas y losa intermedia. Cubierta de losa sin culminación final.	Progresivo y vertical, con alta inversión y planificación.	Residencial con posible uso comercial o productivo en nivel inferior (accesos independientes).
	Unifamiliar de uso mixto, dos niveles.	Mampostería de ladrillo cerámico aparente. Estructura de hormigón armado visible en vigas y columnas. Losa intermedia. Vanos amplios con carpintería metálica y vidrio.	Progresivo y vertical, con clara vocación de densificación y uso mixto.	Uso mixto consolidado (comercial/taller en planta baja, residencial en alta).

	Unifamiliar, dos niveles.	Mampostería de ladrillo. Elementos de hormigón armado en vigas y columnas (estructura parcialmente confinada). Fachada con revestimientos y carpinterías ornamentadas.	Incremental, con superposición de cuerpos y crecimiento no lineal.	Residencial, aunque la complejidad formal sugiere posibles estrategias de crecimiento familiar futuro.
---	--------------------------------------	---	---	---

Fuente: Elaborado por el autor (2026)

2. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

La presente investigación se estructuró a partir de un enfoque mixto (cualitativo y cuantitativo), de tipo aplicada y con un alcance descriptivo-propositivo. El objetivo central fue desarrollar una tipología de vivienda popular que integrara criterios socioambientales y normativa sismo-resistente para zonas vulnerables de La Paz. A continuación, se detalla el proceso metodológico aplicado para cumplir con cada uno de los objetivos específicos.

2.1. ENFOQUE Y TIPO DE INVESTIGACIÓN

Enfoque mixto: Se combinó el análisis cualitativo (para comprender las percepciones, dinámicas sociales y procesos de autoconstrucción de los habitantes) con el análisis cuantitativo (para evaluar propiedades de materiales, dimensiones de espacios y parámetros normativos).

Tipo aplicada: La investigación no solo buscó generar conocimiento teórico, sino proponer una solución práctica y viable para un problema real: el déficit habitacional cualitativo en laderas de La Paz.

Alcance descriptivo-propositivo: Primero, se describió el estado actual de la vivienda popular, los materiales disponibles y las normativas vigentes. Luego, con base en esa descripción, se elaboró una propuesta concreta de tipologías habitacionales.

2.2. FASES METODOLÓGICAS

El trabajo se desarrolló en cinco fases sucesivas, cada una asociada a uno o más objetivos específicos:

Cuadro 3 Fases Metodológicas con relación al Objetivo específico

Fase	Objetivo específico asociado		Descripción
Fase Diagnóstico contextual	1: OE1: necesidades habitacionales	Evaluar	Revisión documental y observación directa de la vivienda popular en laderas de La Paz, identificando patrones espaciales, funcionales y de riesgo.
Fase 2: Análisis de materiales	OE2: materiales socioambientales	Valorar	Revisión sistemática de literatura técnica y fichas de proveedores locales para evaluar propiedades (resistencia, conductividad, costo, impacto ambiental) de adobe, ladrillo adobito, calamina,

				revoques de cal, etc.
Fase 3: Sistematización normativa	OE3: normativas resistentes	Revisar sismo-		Análisis comparativo de la NBDS 2023 (Bolivia), E-080 (Perú) y NCh3332 (Chile), extrayendo criterios aplicables a vivienda de 1-2 pisos en ladera.
Fase 4: Desarrollo tipológico	OE4: tipología de vivienda	Proponer		Síntesis de las fases anteriores para generar 4 tipologías (T1, T2, T3, T4), aplicando principios de regularidad estructural, modularidad y crecimiento progresivo.
Fase 5: Validación formal	(Transversal)			Contrastación de las tipologías propuestas con la normativa de habitabilidad del VMVU (2020) y la NBDS (2023), mediante listas de verificación (<i>checklists</i>).

Fuente: Autor (2026)

2.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Se utilizaron las siguientes técnicas, todas basadas en fuentes secundarias y observación directa, dado el alcance de la investigación (no se realizaron ensayos de laboratorio ni encuestas por limitaciones de tiempo y recursos, lo cual se reconoce como una limitación).

Cuadro 4 Técnicas e Instrumentos de Investigación

TÉCNICA	APLICACIÓN	INSTRUMENTO / FUENTE
Revisión bibliográfica sistemática	Construcción del marco teórico (Cap. I, II, III)	Bases de datos: SciELO, Google Scholar, repositorios de la UMSA, UNILA. Palabras clave: "vivienda popular Bolivia", "autoconstrucción La Paz", "adobe sismo-resistente".
Análisis documental normativo	Capítulo III (NBDS, E-080, NCh3332) y Cap. IV (VMVU)	Textos oficiales: NBDS 2023, Manual VMVU 2020, Norma Peruana E-080 (2017), Norma Chilena NCh3332 (2013).
Observación directa no participante	Caracterización de viviendas existentes.	Registro fotográfico propio (2026) en barrios de ladera: Vino Tinto, Kupini, Callapa, zonas periurbanas de La Paz. Se seleccionaron 5 viviendas representativas por su tipología, nivel de consolidación y adaptación a la pendiente.
Fichaje técnico de materiales	Análisis de materiales (Cuadros 3 al 20, Cap. III)	Fichas técnicas elaboradas por el autor, sintetizando información de: normas (ISO 21930), manuales de construcción, catálogos de proveedores (Duralit, Incerpaz) y literatura especializada.

Fuente: Autor (2026)

2.4. ESTRATEGIA DE ANALISIS DE DATOS

Análisis cualitativo (para fases 1 y 2): Se utilizó la triangulación de fuentes. Por ejemplo, para evaluar el adobe, se cruzó información de: (a) fichas técnicas normativas (NBDS, E-080), (b) literatura académica (Chugar, 2007; Ledezma, 2024), y (c) observación directa de su uso en viviendas paceñas. Esto permitió construir una valoración integral (ventajas/desventajas) para cada material.

Análisis cuantitativo (para fase 3 y 4): Se establecieron parámetros numéricos de diseño a partir de las normativas:

- Dimensiones mínimas de ambientes (VMVU, 2020): sala $\geq 12 \text{ m}^2$, dormitorio $\geq 9 \text{ m}^2$, etc.
- Parámetros sísmicos (NBDS, 2023): aceleración máxima del suelo (PGA) para La Paz: 0.12g a 0.14g, ancho mínimo de cimentación según tipo de suelo (Tabla 12 de NBDS).
- Resistencia mínima de materiales: ladrillo adobito $\geq 5.0 \text{ MPa}$ (Cuadro 4).

Análisis comparativo simple: Se elaboraron cuadros comparativos (Cuadros 7, 11, 16, 20) para enfrentar las propiedades de los diferentes materiales de pared, cubierta, piso y revoque, facilitando la selección final.

2.5. VALIDEZ Y CONFIABILIDAD

Para garantizar la validez interna de la investigación, se aplicaron los siguientes principios:

- Coherencia teórico-práctica: Cada decisión de diseño en las tipologías (T1-T4) está explícitamente justificada con base en el marco normativo (NBDS, VMVU) o en el análisis de materiales (Cap. III).
- Transparencia en las fuentes: Todas las citas, referencias y fichas técnicas indican su origen, permitiendo la trazabilidad de la información.
- Contraste crítico: Se confrontaron las tipologías oficiales del VMVU con los criterios sísmicos, identificando sus debilidades (irregularidades en planta), lo que demuestra un análisis crítico y no una aceptación acrítica de las fuentes.

En cuanto a la validez externa, las tipologías propuestas son específicas para zonas de ladera de La Paz con condiciones similares de suelo, clima y cultura constructiva. Su extrapolación a otras ciudades andinas (Cochabamba, Quito, Cusco) requeriría ajustes normativos y materiales.

3. MATERIALES DE CONSTRUCCION SOCIOAMBIENTALES

3.1. MATERIALES SOCIOAMBIENTALES DE LA CIUDAD DE LA PAZ

La ciudad de La Paz, asentada en una topografía accidentada que oscila entre los 3.200 y los 4.000 metros sobre el nivel del mar, presenta condiciones geográficas y climáticas extremas que han determinado históricamente la selección de materiales constructivos en la vivienda popular. Las amplias variaciones térmicas diarias, la intensa radiación solar y la disponibilidad de recursos locales han configurado un repertorio material diverso, que no solo cumple funciones estructurales, sino que también responde a criterios de sostenibilidad ambiental y arraigo cultural.

Abordar esta materialidad implica, como señala Chugar Zubieta (2007, p. 84), aproximarse a los valores simbólicos que los habitantes proyectan sobre su morada. En este sentido, la elección de cada elemento constructivo constituye un acto de apropiación cultural y territorial. De esta manera, la materialidad de la vivienda popular paceña no es únicamente el resultado de condicionantes físicos y económicos, sino también la expresión tangible de una identidad y una forma de habitar el mundo.

La literatura científica sobre bioarquitectura y construcción sostenible en Bolivia enfatiza que los materiales tradicionales, como el adobe, el ladrillo adobito y la arcilla, no solo poseen ventajas ambientales inherentes, sino que también constituyen un patrimonio cultural que ha permitido la adaptación de la vivienda al entorno andino a lo largo de siglos (LEDEZMA, 2024). Ledezma (2024, p. 45) afirma que "el adobe, con su alta inercia térmica y capacidad para regular la humedad interior, representa una solución constructiva perfectamente adaptada a las condiciones climáticas del altiplano, donde las oscilaciones térmicas diarias pueden superar los 20°C". El autor añade que estas propiedades son "fundamentales para la resiliencia habitacional en contextos de cambio climático, pues permiten mantener temperaturas interiores estables sin recurrir a sistemas de climatización artificial" (LEDEZMA, 2024, p. 48).

Sin embargo, Ledezma (2024, p. 52) advierte que "el uso del adobe ha disminuido progresivamente en las últimas décadas, no por deficiencias técnicas, sino por una percepción social que lo asocia con lo precario y lo rural, en contraste con el ladrillo, que simboliza progreso y modernidad". Esta situación refleja lo que

Chugar (2007, p. 105) documentó en su estudio sobre la Comunidad "Maria Auxiliadora", donde los moradores afirmaban que "la preferencia por determinados materiales en detrimento al uso de otros es establecida en función de las siguientes características: tradición, durabilidad, precio bajo, fácil acceso y, sobre todo, que no sea necesaria mano de obra calificada en la construcción".

Paralelamente a la persistencia de técnicas ancestrales, materiales industrializados como las placas de fibrocemento² y las láminas metálicas³ han sido incorporados masivamente en las viviendas de La Paz debido a su bajo costo, disponibilidad comercial y facilidad de instalación. Este fenómeno no es exclusivo del contexto paceño, sino que responde a una tendencia más amplia observada en la producción social del hábitat en Bolivia, donde la elección de materiales se encuentra condicionada por factores económicos, culturales y de acceso.

Chugar (2007, p. 105), en su estudio sobre la Comunidad "Maria Auxiliadora" en Cochabamba, documenta esta lógica de selección material al señalar que "los moradores afirman que la preferencia por determinados materiales en detrimento al uso de otros es establecida en función de las siguientes características: tradición, durabilidad, precio bajo, fácil acceso y, sobre todo, que no sea necesaria mano de obra calificada en la construcción". Esta racionalidad, profundamente pragmática, explica la masiva adopción de la calamina en las cubiertas de las viviendas populares, pues este material cumple con varios de estos criterios: su precio es accesible, se encuentra disponible en cualquier ferretería y su instalación no requiere conocimientos técnicos especializados.

La autora profundiza en esta cuestión al presentar los resultados de su investigación de campo, donde "un alto porcentual de los moradores menciona haber utilizado placa metálica ondulada (69%), teja cerámica (16%), placa de fibrocemento (3%) y laje (3%)" (CHUGAR, 2007, p. 105). Estos datos evidencian el predominio de la calamina como material de cubierta en la vivienda autoconstruida, una tendencia que, como se ha visto, se reproduce también en La Paz con porcentajes aún más elevados.

Más allá de la cuantificación, Chugar (2007, p. 105) indaga en las percepciones de los moradores sobre los materiales empleados, revelando una evaluación compleja que considera tanto ventajas como desventajas. Así, "expresan

² En Bolivia las placas de fibrocemento son conocidas como placas de Duralit, en mención a la marca.

³ Comúnmente conocidas como "calaminas"

que en las PAREDES el adobe es económico, pero en corto plazo presenta fisuras, desgaste o nido de insectos.

La autora concluye que "los moradores afirman que la preferencia por determinados materiales en detrimento al uso de otros es establecida en función de las siguientes características: tradición, durabilidad, precio bajo, fácil acceso y, sobre todo, que no sea necesaria mano de obra calificada en la construcción" (CHUGAR, 2007, p. 105), reiterando la centralidad de estos criterios en la toma de decisiones constructivas de las familias de bajos recursos.

En el caso específico de La Paz, los datos del Gobierno Autónomo Municipal confirman esta tendencia, indicando que para 2016 "más de 81% de los techos de las viviendas particulares del municipio fueron de calamina", con porcentajes que alcanzan el 94% en distritos como el distrito Max Paredes (GAMLP, 2020, p. 15). Este predominio evidencia una tendencia creciente, ya que "entre 2001 y 2016 se incrementó el uso de la calamina en 4,0%" (GAMLP, 2020, p. 15).

En cuanto a los muros, el material predominante es el ladrillo, utilizado en el 73,7% de las viviendas del municipio, con un incremento del 20,5% entre 2001 y 2016 (GAMLP, 2020). Este fenómeno refleja lo que Chugar (2007, p. 105) ya observaba en su estudio: la preferencia por materiales que, como el ladrillo, ofrecen durabilidad y no requieren mantenimiento constante, aunque su comportamiento térmico sea inferior al de alternativas tradicionales como el adobe.

Sin embargo, Medinaceli (2017, p. 92) advierte que estas soluciones constructivas presentan "limitaciones significativas en términos de confort térmico, especialmente en climas de altura con oscilaciones extremas de temperatura". El autor explica que "la baja inercia térmica del ladrillo hueco y la alta conductividad de las cubiertas metálicas generan viviendas que se enfrían rápidamente durante la noche, obligando a las familias a utilizar sistemas de calefacción que incrementan tanto los gastos familiares como la huella de carbono" (MEDINACELLI, 2017, p. 95).

La vivienda popular en La Paz se caracteriza actualmente por una mezcla de materiales, donde conviven técnicas ancestrales y materiales prefabricados, generando un mosaico constructivo que refleja tanto la resiliencia de las comunidades como las tensiones entre sostenibilidad ambiental y accesibilidad económica. Valverde y Tapia (2022, p. 156) sostienen que "esta coexistencia no debe leerse como una contradicción, sino como una estrategia adaptativa de los sectores populares para maximizar los beneficios de cada material según sus posibilidades y

necesidades". Los autores añaden que "la vivienda popular contemporánea es, ante todo, un ensamblaje pragmático donde cada material cumple una función específica: el ladrillo en la fachada principal para proyectar una imagen de solvencia, el adobe en las ampliaciones posteriores por su confort térmico y bajo costo, la calamina en la cubierta por su rapidez de instalación" (VALVERDE; TAPIA, 2022, p. 160).

Esta lógica de hibridación responde a lo que Rivera (1991 apud CHUGAR, 2007, p. 61) describió como un procedimiento de "riesgo calculado", donde las familias producen su vivienda "apelando a tecnologías apropiadas de fácil acceso y materiales de bajo costo". En el contexto contemporáneo, sin embargo, las decisiones sobre materiales se ven condicionadas no solo por la economía familiar, sino también por la disponibilidad en el mercado, las políticas públicas de vivienda y las cambiantes aspiraciones sociales.

Chugar (2007, p. 105) ya observaba esta complejidad en su estudio, señalando que "los habitantes afirman que la preferencia por determinados materiales en deterioro al uso de otros es establecida en función de las siguientes características: tradición, durabilidad, precio bajo, fácil acceso y, sobre todo, que no sea necesaria mano de obra calificada en la construcción". La autora concluye que "esta racionalidad, aunque pragmática, a menudo entra en conflicto con criterios técnicos de confort térmico y durabilidad a largo plazo" (CHUGAR, 2007, p. 106).

3.1.1. Paredes:

Las paredes constituyen un elemento fundamental en la configuración de la vivienda, no solo desde el punto de vista estructural como soporte y cerramiento, sino también desde la perspectiva del confort térmico, la sostenibilidad ambiental y la identidad cultural. En el contexto de la ciudad de La Paz, caracterizada por un clima frío y de gran altitud, con temperaturas que oscilan entre valores extremos y una intensa radiación solar, la selección de materiales para la construcción de paredes ha estado históricamente condicionada por la necesidad de garantizar protección térmica, durabilidad y accesibilidad económica.

Chugar (2007, p. 105), en su estudio sobre la Comunidad "Maria Auxiliadora", que comentamos arriba, documenta cómo los moradores evalúan los materiales de paredes según criterios empíricos derivados de la experiencia cotidiana, donde tradición, durabilidad, precio bajo, fácil acceso y, sobre todo, dispensando mano de obra calificada en la construcción. Esta racionalidad

pragmática explica la persistencia de ciertos materiales en la vivienda popular, así como la progresiva sustitución de otros.

Cuadro 5 - Ficha técnica y propiedades constructivas del Adobe

ADOBE			
Figura 8 adobes en hileras  Fuente: Revista de Arquitectura (2020)		El adobe es un bloque de construcción macizo, elaborado a partir de una mezcla homogénea de arcilla (aglutinante), arena (estructura), agua y fibras naturales como paja o estiércol animal. Estas fibras actúan como armadura interna para mejorar su resistencia a la tracción y controlar el secado. Su característica esencial es que es un material sin cocer: se endurece exclusivamente mediante el secado al sol durante varias semanas, lo que lo convierte en una opción altamente sustentable, ya que su fabricación evita emisiones contaminantes y, al final de su vida útil, puede reintegrarse a la tierra sin generar residuos tóxicos (GAREACA APAZA; ANDRADE CUETO, 2024; CARRASCO BELTRÁN et al., 2021). En la construcción contemporánea, el adobe destaca por su excepcional comportamiento térmico. Gracias a su alta densidad, posee una gran inercia térmica que le permite absorber calor durante el día y liberarlo lentamente durante la noche, regulando la temperatura interior de forma pasiva. Estudios experimentales realizados en la región altoandina han demostrado que la conductividad térmica del adobe varía entre 0,25 y 0,33 W/mK, valores que lo posicionan como un material con propiedades aislantes naturales similares a las del aire (HOLGUINO HUARZA et al., 2018).	
Formato			
Dimensiones	variables generalmente en proporción 1:2 entre ancho y largo, con espesor entre 6 y 10 cm. Medidas comunes: 6 × 15 × 30 cm, 7 × 20 × 40 cm, 10 × 30 × 60 cm		
Características técnicas y mecánicas			
Densidad (kg/ m3) ρ	Conductividad térmica (W/m. K) λ	Resistencia a Compresión (MPa)	Factor de resistencia a la difusión del vapor de agua μ
1500 - 1800	0,25 0,33	1.0 - 2.0 MPa	-
Propiedades			
Excelente aislante térmico y acústico, alta porosidad, capacidad de regular la humedad interior, material transpirable, gran inercia térmica.			
Ventajas		Desventajas	
Ecológico, fabricado con materiales naturales y sin procesos contaminantes buen aislamiento térmico y acústico fabricación y secado sencillo bajo costo permite la autoconstrucción regula la temperatura interior		Poca resistencia a golpes o erosión alta capilaridad (absorción de humedad) vulnerable a la humedad y a la lluvia requiere mantenimiento continuo alta vulnerabilidad sísmica proceso de fabricación lento (requiere 2-3 semanas de secado)	

Fuente: Elaborado en base a HOLGUINO HUARZA et al. (2018), GAREACA APAZA et al. (2021) y Revista de Arquitectura (2020).

Cuadro 6 - Ficha técnica y propiedades constructivas del ladrillo adobito

LADRILLO ADOBITO			
Figura 9 - Bloques de Ladrillo Adobito  Fuente: Revista de Arquitectura (2020)		El ladrillo adobito se posiciona como un material de transición entre el adobe tradicional (crudo) y el ladrillo de arcilla cocida. Se elabora moldeando la mezcla de arcilla y arena de forma similar al adobe, para luego someterlo a un proceso de cocción en horno. Este tratamiento térmico, aunque artesanal, le otorga una mayor resistencia estructural y durabilidad que el adobe sin cocer, a la vez que conserva un acabado más rústico y poroso que el ladrillo industrial de alta cocción. (INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGÍA Y CAMBIO CLIMÁTICO, 2016 apud UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA, 2015). Desde una perspectiva sustentable, el ladrillo adobito representa un equilibrio entre tradición y eficiencia. Al requerir una cocción menos intensiva que la del ladrillo convencional, su proceso de fabricación consume menos energía y genera menores emisiones contaminantes. Investigaciones sobre eficiencia energética en hornos ladrilleros artesanales han determinado un consumo energético promedio de 1,99 GJ por tonelada de ladrillo producido (UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA, 2015), evidenciando el alto impacto del proceso de cocción. Esta característica, sumada a la posibilidad de producción local con materiales de cercanía, reduce su huella ecológica y lo convierte en una alternativa viable dentro de la bioconstrucción, combinando la calidez estética del adobe con una vida útil prolongada.	
Formato Altura: oscila entre 4.5 cm y 6 cm . Ancho (o sogá): entre 10 cm y 12.5 cm . Largo (o tizón): varía entre 20 cm y 26.5 cm			
Características técnicas y mecánicas			
Densidad (kg/ m3) ρ	Conductividad térmica (W/m. K) λ	Resistencia a Compresión (MPa)	Factor de resistencia a la difusión del vapor de agua μ
1900 - 2040	0,30 0,35	5.0 - 15.0 MPa	10
Propiedades			
Solidez estructural por ser macizo. Proporciona un buen aislamiento térmico gracias a su inercia (masa), pero no es un aislante en sí mismo. Ofrece un aislamiento acústico medio. Su acabado rústico es muy apreciado en construcciones de estilo tradicional. Su color terracota es natural y no requiere pintura.			
Ventajas		Desventajas	

Acabado estético rústico y natural. Mayor durabilidad y resistencia mecánica. Buena inercia térmica. Es un material más ecológico y con menor huella de carbono que los ladrillos de alta cocción industrial. Su fabricación artesanal puede fomentar economías locales.	Mayor peso que los ladrillos huecos, lo que requiere estructuras de cimentación más robustas. Su menor cocción lo hace más poroso y vulnerable a la humedad que los ladrillos industriales, pudiendo presentar eflorescencias (manchas de sales).
---	---

Fuente: Elaborado en base al Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (2016), Universidad de San Carlos de Guatemala (2015) y Revista de Arquitectura (2020).

Cuadro 7 - Ficha técnica y propiedades constructivas del Ladrillo ecológico

LADRILLO ECOLÓGICO (suelo-cemento + PET)			
Figura 10 Tipos de ladrillo ecológico  Fuente: Revista de Arquitectura (2020)	El ladrillo ecológico de suelo-cemento con PET es un material de construcción compuesto por una mezcla de suelo natural (tierra común), cemento como aglomerante y tereftalato de polietileno (PET) reciclado triturado. Esta combinación aprovecha la resistencia del cemento y el aporte estructural de las fibras plásticas, resultando en piezas moldeadas que no requieren cocción, sino que endurecen mediante un proceso de compactación y curado con humedad. Su verdadero valor reside en su carácter altamente sustentable. Al no someterse a cocción, su fabricación evita por completo las emisiones de CO₂ a la atmósfera, reduciendo significativamente su huella de carbono en comparación con los ladrillos cerámicos convencionales. Además, incorpora residuos plásticos reciclados (PET), contribuyendo activamente a la economía circular al darle un nuevo uso a materiales que de otro modo terminarían en vertederos. Esta doble ventaja ambiental, ahorro energético y reciclaje de desechos lo posiciona como una alternativa ecológica, accesible y de bajo impacto para la construcción contemporánea.		
	Formato		
	Medidas estándar: 25 x 12.5 x 7 cm. Variaciones: existen bloques de: 25 x 12 x 5 cm.		
Características técnicas y mecánicas			
Densidad (kg/ m3) ρ	Conductividad térmica (W/m. K) λ	Resistencia a Compresión (MPa)	Factor de resistencia a la difusión del vapor de agua μ
1443	0,15 0,25	3.7 MPa	10
Propiedades			
Excelente aislamiento térmico; ligereza; reciclaje de residuos plásticos; producción sin cocción (cero emisiones de CO ₂); uso racional del cemento; potencial para ser utilizado en mampostería no portante o como aislante complementario			
Ventajas		Desventajas	

Acabado estético rústico y natural. Mayor durabilidad y resistencia mecánica. Buena inercia térmica. Es un material más ecológico y con menor huella de carbono que los ladrillos de alta cocción industrial. Su fabricación artesanal puede fomentar economías locales.	Mayor peso que los ladrillos huecos, lo que requiere estructuras de cimentación más robustas. Su menor cocción lo hace más poroso y vulnerable a la humedad que los ladrillos industriales, pudiendo presentar eflorescencias (manchas de sales).
---	---

Fuente: Elaborado en base a la Revista de Arquitectura (2020) y literatura técnica sobre ladrillos ecológicos suelo-cemento con PET reciclado. (2026)

Cuadro 8 - Ficha técnica y propiedades constructivas del BTC

BLOQUE DE TIERRA COMPRIMIDA (BTC)			
Figura 11- Piezas de BTC modulares  Fuente: Revista de Arquitectura (2020)	El bloque de tierra comprimida (BTC) es un material de construcción elaborado a partir de tierra húmeda compactada mediante presión mecánica, que puede ser estabilizada con pequeñas proporciones de cemento, cal u otros aglomerantes para mejorar sus propiedades (CLASEN, 2018). Su carácter altamente sustentable radica en que no requiere cocción, evitando así emisiones de CO₂, y permite utilizar tierra del mismo sitio de obra, reduciendo drásticamente la huella de carbono asociada al transporte (CLASEN, 2018). Al final de su vida útil, además, puede reintegrarse a la tierra sin generar residuos tóxicos (GONZÁLEZ et al., 2018). A diferencia del adobe tradicional, el BTC se produce con maquinaria que permite obtener piezas uniformes, de alta densidad y en diversos formatos modulares (macizos, semi huecos o con sistemas de encastré tipo machihembrado) (GONZÁLEZ et al., 2018). Esta versatilidad dimensional combina las ventajas ambientales de la construcción con tierra con la precisión y rapidez de ejecución propias de los sistemas industrializados, posicionándolo como una evolución tecnificada ideal para proyectos de bioconstrucción contemporánea.		
Formato			
Medidas estándar: 25 x 12.5 x 7 cm. Variaciones: existen bloques de: 25 x 12 x 5 cm.			
Características técnicas y mecánicas			
Densidad (kg/ m3) ρ	Conductividad térmica (W/m. K) λ	Resistencia a Compresión (MPa)	Factor de resistencia a la difusión del vapor de agua μ
1700 - 2200	0,5 1	9 MPa	5 -10
Propiedades			
Excelente aislamiento térmico y acústico, alta inercia térmica que regula la temperatura interior, capacidad de absorber y devolver humedad al ambiente, generando condiciones de higrotérmicas óptimas, uniformidad dimensional que facilita la construcción, producción sin emisiones de CO ₂ , resistencia al fuego, posibilidad de estabilización para mejorar prestaciones, materia prima local y abundante			

Ventajas	Desventajas
Sostenibilidad ambiental: No requiere cocción, evitando emisiones de CO₂ y consumo energético. Utiliza materia prima local y abundante, reduciendo el impacto del transporte. Es 100% reciclable al final de su vida útil. Eficiencia energética: Proporciona excelente confort térmico. Rapidez constructiva Versatilidad: Puede utilizarse en mampostería estructural (hasta dos o tres pisos) Admite diferentes acabados estéticos Alcanza resistencias comparables o superiores al ladrillo convencional.	Limitaciones normativas Vulnerabilidad a la humedad El mantenimiento periódico es necesario para garantizar su durabilidad Mano de obra especializada Limitaciones estructurales: Para edificaciones en altura, requiere sistemas estructurales complementarios Tiempo de producción: la producción de los bloques requiere maquinaria específica (prensas hidráulicas)

Fuente: Elaborado en base a CLASEN (2018), GONZÁLEZ et al. (2018) y Revista de Arquitectura (2020).

Cuadro 9 - Ficha comparativa técnica: materiales de pared en La Paz

Material	Conductividad térmica (W/m·K)	Resistencia a compresión (MPa)	Durabilidad	Impacto ambiental
Adobe	0,25 0,33	1.0 - 2.0	Media (requiere protección contra humedad)	Muy bajo (producción artesanal, sin cocción)
Ladrillo adobito	0,30 0,35	5.0 - 15.0	Media-alta	Bajo
Ladrillo ecológico (suelo-cemento + PET)	0,15 0,25	3.7	Alta	Bajo (no requiere cocción, incorpora reciclaje)
Bloque de tierra comprimida (BTC)	0,5 1	9	Media-alta	Muy bajo (producción artesanal, sin cocción)

Fuente: Elaborado por el autor (2026)

3.1.2. Cubierta:

La cubierta constituye un elemento estructural y constructivo fundamental de la vivienda, pues forma parte de la envolvente superior cuya principal función es proteger el interior de los agentes climáticos, lluvia, radiación solar, viento y variaciones térmicas, garantizando condiciones de habitabilidad y confort para sus ocupantes. Como parte integrante del sistema constructivo, la cubierta no solo cumple una función protectora, sino que también contribuye a la estabilidad estructural del conjunto y define, en gran medida, la imagen formal y el carácter arquitectónico de la edificación. En contextos de producción social del hábitat, la

elección del tipo de cubierta y de los materiales que la componen responde a una compleja evaluación donde convergen criterios de economía, disponibilidad local, tradición constructiva y aspiraciones simbólicas de las familias.

Chugar (2007, p. 105), en su estudio sobre la Comunidad "Maria Auxiliadora" en Cochabamba, documenta la diversidad de materiales empleados en las cubiertas de viviendas autoconstruidas. La autora profundiza en las percepciones de los habitantes sobre estos materiales, registrando que "expresan que en cuanto a la COBERTURA dicen que la placa metálica ondulada es económica, durable, pero produce calor y ruido; la teja cerámica es bonita, pero es costosa; la placa de fibrocemento es frágil; ya la loza presenta fugas con frecuencia" (CHUGAR, 2007, p. 105). Esta evaluación empírica revela que la selección de la cubierta no responde únicamente a consideraciones técnicas, sino que incorpora dimensiones experienciales derivadas del habitar cotidiano, donde el confort térmico, la percepción estética y la durabilidad se entrelazan con las posibilidades económicas de cada familia.

Cuadro 10 - Ficha técnica y propiedades constructivas de la Placa metálica

PLACAS METÁLICAS (calamina o zinc)	
Figura 12 - Placa metálica ondulada - Calamina  Fuente: Todo techo Bolivia (2023)	La placa metálica para cubiertas, comúnmente conocida como calamina o chapa, es una lámina fabricada predominantemente en acero galvanizado o prelacado, caracterizada por su estructura perfilada (ondulada o grecada) que le otorga resistencia y rigidez (FLORES, 2021). Se presenta como una solución de cubierta de rápida instalación y bajo costo, ampliamente utilizada en viviendas populares, naves industriales y construcciones temporales (FLORES, 2021). Históricamente, en el municipio de La Paz, las piezas de 1.80 x 0.80 m han rondado los Bs. 51.42 según registros municipales, lo que confirma su posición como la opción más económica frente a alternativas como la teja cerámica o el fibrocemento (GOBIERNO AUTÓNOMO MUNICIPAL DE LA PAZ, 2020).
Formato Metros Ancho: 0.80, 1.00, 1.20 Largo: 1.80, 2.00, 3.00 Espesor 0.5 mm, 0.8 mm, 1.0 mm	Su principal ventaja es la relación costo-beneficio para proyectos con presupuesto ajustado, aunque debe considerarse que su comportamiento térmico es limitado, el metal conduce fácilmente el calor y el frío, por lo que en climas de altura como el de La Paz se recomienda complementarla con sistemas de aislamiento o cielos falsos para mejorar el confort interior (RAMÍREZ, 2016; GIVONI, 1998).
Características técnicas y mecánicas	

Densidad (kg/ m3) ρ	Conductividad térmica (W/m. K) λ	Resistencia a Compresión (MPa)	Factor de resistencia a la difusión del vapor de agua μ
7850 - 8050	50 65	140 - 380 MPa	-
Propiedades			
Ligereza, alta durabilidad, resistencia a la corrosión (galvanizado), incombustibilidad, rapidez y facilidad de instalación, gran ductilidad, amplia variedad de colores y acabados, y 100% reciclable. Puede ser curvada para adaptarse a formas arquitectónicas complejas			
Ventajas		Desventajas	
Longevidad excepcional de 40 a 80 años. Alta durabilidad y resistencia a vientos, granizo, fuego e impactos. Eficiencia energética potencial: con la pintura adecuada puede reflejar hasta el 90% de la radiación solar, reduciendo costos de refrigeración hasta un 40%. Bajo mantenimiento y resistencia a la corrosión. Rapidez constructiva por ser elementos prefabricados de gran tamaño. Económica: coste inicial más bajo en comparación con otros sistemas de cubierta		Alta conductividad térmica: sin aislamiento, genera interiores muy calientes. Posible ruido: la lluvia y el granizo pueden ser ruidosos si no se instala con un aislamiento acústico adecuado. Dilatación térmica: el metal se expande y contrae con los cambios de temperatura, lo que puede aflojar fijaciones. Posibles abolladuras	

Fuente: Elaborado en base a FLORES (2021), Gobierno Autónomo Municipal de La Paz (2020), RAMÍREZ (2016), GIVONI (1998) y Todo Techo Bolivia (2023).

Cuadro 11 - Ficha técnica y propiedades constructivas de la Placa de fibrocemento

PLACAS DE FIBROCEMENTO (Duralit)	
Figura 13 - Placa ondulada de fibrocemento  Fuente: Duralit (2026)	La placa de fibrocemento, comercialmente conocida como Duralit, es un material de construcción compuesto que se utiliza principalmente para cubiertas y cerramientos (INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN, 2013). Se presenta en forma de láminas onduladas diseñadas para ser livianas, resistentes y de fácil instalación, lo que la convierte en un producto ampliamente utilizado en viviendas, naves industriales y construcciones agrícolas (FLORES, 2021). En términos económicos, se posiciona como una opción de costo medio, siendo más económica que las tejas cerámicas (RAMÍREZ, 2016).
Formato Metros	
Ancho: 1.00 Largo: 0.60, 0.90, 1.22, 1.52, 1.83, 2.44, 3.05 Espesor 5 mm, 6 mm	Su popularidad radica precisamente en ese equilibrio entre precio accesible y prestaciones técnicas: ofrece mayor durabilidad y mejor comportamiento térmico que las chapas metálicas simples, sin llegar a los valores de aislamiento de materiales (GIVONI, 1998). Esta relación costo-beneficio la mantiene como una alternativa recurrente en proyectos donde se busca un rendimiento aceptable sin realizar grandes inversiones (FLORES, 2021).

Características técnicas y mecánicas			
Densidad (kg/ m3) ρ	Conductividad térmica (W/m. K) λ	Resistencia a Compresión (MPa)	Factor de resistencia a la difusión del vapor de agua μ
1350-1650	0.28-0.35	12-18 MPa	-
Propiedades			
Ligereza, facilidad de corte e instalación, resistencia a la intemperie, incombustibilidad, costo económico y disponibilidad generalizada en el mercado.			
Ventajas		Desventajas	
Bajo costo: es uno de los materiales para cubierta más económicos del mercado.		Fragilidad: puede ser quebradizo y fisurarse con facilidad.	
Fácil instalación: se puede cortar y fijar con herramientas básicas.		Porosidad: con el tiempo, puede absorber humedad, lo que deriva en filtraciones.	
Resistencia al fuego: aporta seguridad a la edificación.		Mantenimiento: requiere mantenimiento periódico	
Disponibilidad: es un producto ampliamente comercializado.		Menor durabilidad: su vida útil es más corta en comparación con cubiertas metálicas o cerámicas de calidad.	

Fuente: Elaborado en base al *INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN*, (2013), RAMÍREZ (2016), GIVONI (1998) y FLORES (2021).

Cuadro 12 - Ficha técnica y propiedades constructivas de la teja cerámica

TEJA CERÁMICA	
Figura 14 - Teja cerámica de arcilla cocida  Fuente: todo techo Bolivia (2023)	La teja cerámica es una pieza de arcilla cocida utilizada para la formación de cubiertas inclinadas en edificaciones, siendo uno de los materiales de construcción más tradicionales y valorados por su durabilidad, estética atemporal y excelente comportamiento frente a agentes climáticos (VILLEGAS et al., 2018). Su fabricación consiste en la mezcla de agua y arcilla, moldeada y posteriormente cocida a altas temperaturas, lo que le otorga su característica resistencia y porosidad controlada (VILLEGAS et al., 2018). En términos económicos, la teja cerámica se posiciona como una opción de costo elevado dentro del mercado de cubiertas (VILLEGAS et al., 2018). Este precio superior se justifica por su larga vida útil, su capacidad para regular térmicamente la vivienda (gracias a su inercia térmica) y el valor estético que aporta a la construcción, convirtiéndola en una inversión a largo plazo más que en un gasto inicial (VILLEGAS et al., 2018; ALTERMAN et al., s.d.).
Formato Metros	
Teja curva: Ancho: 0.15, 0.20 Largo: 0.40, 0.50 Espesor: 30 mm, 32 mm	
Características técnicas y mecánicas	

Densidad (kg/ m3) ρ	Conductividad térmica (W/m. K) λ	Resistencia a Compresión (MPa)	Factor de resistencia a la difusión del vapor de agua μ
2000	1.0	-	30
Propiedades			
Excelente durabilidad, alta inercia térmica, baja absorción de agua, resistencia a la intemperie (heladas, viento, radiación UV), aislamiento acústico, incombustibilidad, material natural y reciclable, estética noble y versátil, mínimo mantenimiento.			
Ventajas		Desventajas	
Larga durabilidad: vida útil superior a 50 años, con mínimas tareas de reparación. Eficiencia energética: su inercia térmica reduce la necesidad de calefacción y refrigeración. Material natural y sostenible: fabricada con arcilla y agua, 100% reciclable. Resistencia climática: excelente comportamiento frente a lluvia. Bajo mantenimiento: su durabilidad y resistencia minimizan las intervenciones posteriores a la instalación. Estética y valor arquitectónico: aporta un acabado noble y tradicional que realza la imagen de la vivienda.		Mayor peso: Requiere una estructura de cubierta más robusta. Coste inicial más elevado en comparación con cubiertas de fibrocemento o chapas metálicas simples. Instalación especializada: necesita mano de obra con experiencia para garantizar una correcta colocación. Riesgo de rotura puntual: aunque son muy resistentes, una teja puede romperse por un impacto muy fuerte, requiriendo una sustitución individual.	

Fuente: Elaborado en base a *VILLEGAS et al.*, (2018), y Todo Techo Bolivia (2023).

Cuadro 13 - Ficha comparativa técnica: materiales de cubierta.

Material	Aislamiento térmico	Aislamiento acústico	Peso relativo	Durabilidad	Costo relativo	Observaciones
Placas metálicas (calamina/zinc)	Bajo (sobrecalentamiento diurno, pérdida de calor nocturna)	Bajo	Muy liviano	Media (corrosión frecuente, requiere mantenimiento)	Muy bajo	Opción más económica, requiere aislantes complementarios
Duralit (fibrocemento)	Medio	Medio	Liviano	Alta (resistente al fuego y humedad si se instala correctamente)	Bajo	Muy difundido en barrios populares, fácil instalación
Teja cerámica	Alto (excelente inercia térmica)	Medio-alto	Pesado	Alta (requiere mantenimiento regular)	Medio- alto	Tradicional, estético, usado en sectores consolidados

Fuente: Elaborado por el autor (2026)

3.1.3. Piso:

El piso constituye la superficie horizontal inferior de un espacio arquitectónico, el "lugar que se pisa", desempeñando un papel fundamental tanto en la funcionalidad como en la estética de la vivienda (SALAZAR, 2014). Más allá de su definición elemental como elemento de terminación o acabado, el piso cumple una función estructural y protectora, pues su superficie está sometida permanentemente a "la abrasión o desgaste causado por el rozamiento de cuerpos móviles y al efecto erosivo de agentes externos" (PISOS/SUELOS, 2025). En el contexto de la ciudad de La Paz, las condiciones climáticas de altura con temperaturas extremas y variaciones térmicas pronunciadas han influido históricamente en la selección de materiales para pisos, privilegiando aquellas soluciones que ofrecen inercia térmica, bajo costo y disponibilidad local.

Cuadro 14 - Ficha técnica y propiedades constructivas del piso de tierra apisonada

PISO DE TIERRA APISONADA			
Figura 15- Piso de tierra apisonada  Fuente: Revista digital de arquitectura (2025)	El piso de tierra apisonada, también conocido como tapial, es una técnica constructiva ancestral que consiste en compactar una mezcla húmeda de arcilla, limo y arena, a veces con grava dentro de un encofrado hasta lograr una superficie densa y firme (VELA FERREIRO, 2024; ECOHABITAR, 2022). Este sistema es profundamente sustentable porque utiliza materiales del propio sitio (reduciendo drásticamente la huella de carbono por transporte), no requiere cocción ni procesos industriales contaminantes y, al final de su vida útil, puede reintegrarse a la tierra sin generar residuos tóxicos (VELA FERREIRO, 2024; FAST COMPANY MÉXICO, 2025; ECOHABITAR, 2022).		
	Además, su alta masa térmica le permite absorber calor durante el día y liberarlo lentamente por la noche, regulando la temperatura interior de forma pasiva (FAST COMPANY MÉXICO, 2025; ECOHABITAR, 2022; FERROVIAL, 2014). Actualmente, aunque su aplicación en pisos es menos común que en muros, el tapial sigue siendo una alternativa viable para proyectos de bioconstrucción en áreas periurbanas o rurales del altiplano, especialmente cuando se busca minimizar el impacto ambiental y aprovechar recursos locales (VELA FERREIRO, 2024; ARQUITECTURA Y DISEÑO, 2023).		
Características técnicas y mecánicas			
Densidad (kg/ m3) ρ	Conductividad térmica (W/m. K) λ	Resistencia a Compresión (MPa)	Factor de resistencia a la difusión del vapor de agua μ
Variable según el grado de	0.6 1.5	4	

compactación			
Propiedades			
Alta inercia térmica; capacidad de regular la humedad interior (filtración natural del aire), material inerte y no tóxico, resistencia al fuego, aprovechamiento de material local, mínima emisión de CO ₂ durante su fabricación y vida útil, reinserción de la materia prima sin impacto ambiental al término de su vida útil			
Ventajas		Desventajas	
Sostenibilidad ambiental: Material con mínima huella de carbono, fabricado con recursos locales y completamente reciclable.		Vulnerabilidad al agua: Propenso a la erosión por humedad.	
Confort térmico: Excelente regulación de la temperatura interior.		Proceso de construcción lento: Requiere tiempo para el apisonado por capas y el curado adecuado.	
Economía: Bajo costo de producción al utilizar suelo del lugar.		Limitaciones estructurales: No apto para cargas muy elevadas o grandes luces sin refuerzos.	
Disponibilidad: Material abundante y accesible en casi cualquier región.		Mano de obra: Requiere conocimiento específico de la técnica.	

Fuente: Elaborado en base a VELA FERREIRO (2024), ECOHABITAR (2022), y FAST COMPANY MÉXICO (2025).

Cuadro 15 - Ficha técnica y propiedades constructivas del piso cimentado

PISO CIMENTADO			
Figura 16 - Piso Cimentado 		El piso cimentado, también conocido como firme de concreto o piso de mortero de cemento, es una superficie horizontal continua elaborada a partir de una mezcla de cemento, arena y agua, que se vierte y se nivela para crear una base resistente y duradera (LI et al., 2024; SHAFIGH et al., 2020). Desde una perspectiva ambiental, este piso no se considera sustentable debido a que el cemento, su componente principal, tiene un proceso de fabricación altamente contaminante (genera aproximadamente el 8% de las emisiones globales de CO₂) y requiere la extracción de áridos (LI et al., 2024). Sin embargo, en la ciudad de La Paz es una opción ampliamente utilizada por su bajo costo relativo, rapidez de ejecución y resistencia a la humedad y el tránsito, siendo común en viviendas de interés social, garajes y áreas de servicio donde la estética no es prioritaria pero sí la funcionalidad y durabilidad (GOBIERNO AUTÓNOMO MUNICIPAL DE LA PAZ, 2020).	
Fuente: Revista digital de arquitectura (2025)			
Formato			
Superficie continua y monolítica, construida in situ mediante vaciado, nivelado y llaneado. Generalmente se divide en paños mediante juntas de dilatación para controlar el fisuramiento por contracción.			
Características técnicas y mecánicas			
Densidad (kg/ m3) ρ	Conductividad térmica (W/m. K) λ	Resistencia a Compresión (MPa)	Factor de resistencia a la difusión del vapor de agua μ

2000-2200 kg/m ³	0.87 2.79	5 15 MPa	
Propiedades			
Alta resistencia mecánica, durabilidad, impermeabilidad relativa (puede mejorarse con aditivos), facilidad de limpieza, versatilidad para recibir todo tipo de acabados (pintura, pulido, texturizado), capacidad de nivelación de superficies, resistencia al desgaste.			
Ventajas		Desventajas	
Resistencia estructural: Proporciona una base sólida y resistente para soportar cargas. Durabilidad: Larga vida útil con mínimo mantenimiento. Versatilidad: Puede utilizarse como superficie final o como base para otros revestimientos. Impermeabilidad: Con la dosificación adecuada, ofrece buena protección contra la humedad ascendente. Facilidad de limpieza: Su superficie lisa permite una limpieza sencilla. Economía: Relación costo-beneficio favorable para grandes superficies. Rapidez constructiva: Ejecución relativamente rápida en comparación con otros sistemas.		Bajo aislamiento térmico: Su alta conductividad térmica puede generar superficies frías. Fisuración: Propenso a fisuras por contracción si no se controla adecuadamente con juntas y curado. Rigidez: Su naturaleza rígida puede transmitir movimientos estructurales. Impacto ambiental: La producción de cemento genera emisiones significativas de CO ₂ .	

Fuente: Elaborado en base a SHAFIGH et al. (2020), y GOBIERNO AUTÓNOMO MUNICIPAL DE LA PAZ (2020).

Cuadro 16 - Ficha técnica y propiedades constructivas del piso de ladrillo cocido

PISO DE LADRILLO COCIDO	
Figura 17- Piso de Ladrillo cocido  Fuente: Revista digital de arquitectura (2025)	El piso de ladrillo cocido es una superficie horizontal construida con piezas de arcilla moldeada sometidas a cocción a altas temperaturas (900°C a 1100°C), asentadas sobre una base de mortero (ZAPATA-AMPUERO et al., 2021). Este material tradicional, utilizado por siglos en la construcción, se caracteriza por su apariencia rústica, durabilidad y capacidad de regular la temperatura interior gracias a su inercia térmica, que ayuda a mantener ambientes frescos en verano y cálidos en invierno (VALDA ROMERO, 2019). En términos de sustentabilidad, este piso presenta un impacto ambiental moderado. Si bien la arcilla es un recurso natural abundante y local, el proceso de cocción requiere combustibles fósiles que generan emisiones de
Formato	

Piezas individuales de dimensiones variables, generalmente rectangulares, con espesores entre 2 y 4 cm para pisos. Se asientan sobre una base de mortero y se colocan con juntas de separación que luego se rellenan con mezcla similar o arena.	CO ₂ , aunque en menor escala que la producción industrial de cemento (GONZALES GARAY; PÉREZ ÁLVAREZ, 2021). En la ciudad de La Paz, es una opción tradicional y aún vigente, visible en viviendas antiguas de Sopocachi o San Jorge y en proyectos de restauración del casco histórico, donde se valora su estética cálida y su vínculo con la arquitectura patrimonial paceña, aunque su uso ha disminuido frente a opciones más económicas como el cemento pulido (GONZALES GARAY; PÉREZ ÁLVAREZ, 2021; VALDA ROMERO, 2019).		
Características técnicas y mecánicas			
Densidad (kg/ m3) ρ	Conductividad térmica (W/m. K) λ	Resistencia a Compresión (MPa)	Factor de resistencia a la difusión del vapor de agua μ
1800-2000 kg/m³	0.36 0.85	Alta resistencia a la compresión	
Propiedades			
Excelente durabilidad, inercia térmica, estética natural con tonos cálidos y textura única, capacidad de absorción de humedad reguladora del ambiente, resistencia al desgaste, aislamiento acústico moderado, material transpirable, compatible con diversos acabados (selladores, aceites, ceras).			
Ventajas		Desventajas	
Durabilidad excepcional: Resiste el paso del tiempo con mínimo deterioro. Aislamiento térmico: Su masa ayuda a regular la temperatura interior, reduciendo necesidades de climatización. Estética natural: Aporta calidez, carácter rústico y autenticidad a los espacios. Sostenibilidad: Material natural, reciclable y de bajo impacto ambiental. Versatilidad: Adecuado para interiores y exteriores, con mantenimiento adecuado.		Porosidad: Requiere tratamientos protectores. Mantenimiento: Necesita mantenimiento periódico de juntas y sellado. Riesgo de eflorescencias: Pueden aparecer manchas blanquecinas por sales. Superficie irregular: Las piezas pueden presentar variaciones dimensionales y de tonalidad distintas.	

Fuente: Elaborado en base a ZAPATA-AMPUERO et al. (2021), VALDA ROMERO (2019), y GONZALES GARAY; PÉREZ ÁLVAREZ (2021).

Cuadro 17 - Ficha técnica y propiedades constructivas del piso de cerámica roja

PISO DE CERÁMICA ROJA			
Figura 18 - Piso de cerámica roja 		El piso de cerámica roja es un material de construcción producido a partir de arcillas seleccionadas de yacimientos específicos, moldeadas industrialmente y sometidas a cocción a muy alta temperatura (1200-1250°C) para obtener baldosas de alta densidad y acabado uniforme (VIJERATHNE et al., 2025; ALVES et al., 2025). Es importante aclarar que su proceso de fabricación no tiene relación con el ladrillo común de campo ya que emplea tecnología industrial avanzada que garantiza piezas calibradas, resistentes y con baja absorción de agua (VIJERATHNE et al., 2025). Desde una perspectiva ambiental, este piso no es considerado sustentable. Su producción requiere altísimo consumo energético en hornos continuos, emite cantidades significativas de CO₂ por la combustión y el transporte de arcillas especiales, y utiliza materias primas no renovables (ALVES et al., 2025; VIJERATHNE et al., 2025). Además, al final de su vida útil, las baldosas no se reintegran al suelo y su reciclaje es complejo (ALVES et al., 2025). En la ciudad de La Paz, su uso está ampliamente extendido en viviendas de clase media, oficinas y locales comerciales, donde se valora su estética, fácil limpieza y durabilidad, aunque su impacto ambiental es superior al de opciones como la tierra apisonada o el ladrillo cocido tradicional (GOBIERNO AUTÓNOMO MUNICIPAL DE LA PAZ, 2020).	
Fuente: Revista digital de arquitectura (2025)			
Formato			
Baldosas de dimensiones estandarizadas, generalmente cuadradas o rectangulares, con espesores uniformes. Pueden presentar acabados esmaltados (brillantes) o naturales (mates), y una amplia variedad de tonalidades rojizas.			
Características técnicas y mecánicas			
Densidad (kg/ m3) ρ	Conductividad térmica (W/m. K) λ	Resistencia a Compresión (MPa)	Factor de resistencia a la difusión del vapor de agua μ
Alta densidad	1,3	Alta resistencia a la compresión	
Propiedades			
Excelente durabilidad, resistencia mecánica, inercia térmica, aislamiento acústico (las paredes no suenan a "hueco"), resistencia a insectos y roedores, estabilidad del color y brillo ante radiación UV, no requiere barnices ni protecciones especiales, fácil limpieza, amplia disponibilidad comercial, variedad de formatos, colores y texturas.			
Ventajas		Desventajas	

Durabilidad: Resistente al paso del tiempo. Mínimo mantenimiento: No requiere tratamientos especiales ni protectores. Resistencia a agentes externos: No le afectan insectos, roedores, rayos UV ni humedad. Estabilidad estética: No pierde el brillo ni el color con el tiempo. Aislamiento acústico: Excelente comportamiento frente al ruido. Economía: Costo competitivo debido a la abundancia de arcillas de alta calidad en la región y a la automatización industrial.	Sensación térmica fría. Rigidez: transmite movimientos estructurales y ser susceptible al fisuramiento. Fragilidad ante impactos puntuales: Puede fracturarse si recibe golpes muy fuertes, requiriendo reemplazo de piezas.
--	--

Fuente: Elaborado en base a VIJERATHNE et al. (2025), ALVES et al. (2025), y GOBIERNO AUTÓNOMO MUNICIPAL DE LA PAZ (2020).

Cuadro 18 - Ficha comparativa técnica: materiales para piso.

Material	Ventajas principales	Limitaciones	Durabilidad	Impacto ambiental
Tierra apisonada	bajo costo, disponibilidad inmediata	Problemas de salubridad, poca resistencia	Baja	Muy bajo
Ladrillo cocido	Accesible, resistente, tradición constructiva	Consumo de leña en hornos artesanales	Alta	Medio-alto
Cerámica roja	Durabilidad, estética, fácil mantenimiento	Requiere energía en producción	Alta	Medio
Piso cimentado (cemento)	Resistencia, fácil limpieza, mejora progresiva	Alto impacto ambiental por producción de cemento	Media-alta	Alto

Fuente: Elaborado por el autor (2026)

3.1.4. Revoque exterior e interior:

El revoque, también denominado revoco, constituye un revestimiento continuo de mortero de cal, cemento, tierra o mixto que se aplica como acabado sobre paramentos previamente enfoscados, cumpliendo un doble objetivo fundamental: proteger las paredes exteriores del edificio de las inclemencias climáticas y asegurar un entorno interior con condiciones adecuadas de temperatura y humedad. Su importancia se acentúa especialmente en climas fríos y de gran altitud como el de La Paz, donde la radiación solar es intensa y las diferencias térmicas diarias son pronunciadas, exigiendo soluciones que garanticen tanto la durabilidad de los muros como el confort habitacional.

Cuadro 19- Ficha técnica y propiedades constructivas del revoque de tierra

REVOQUES BASADOS EN TIERRA (BARRO)		
Figura 19 - Revoque de Tierra  Fuente: Revista digital de arquitectura (2025)	El revoque de barro es un revestimiento continuo para muros elaborado a partir de una mezcla natural de arcilla, arena y agua, al que pueden incorporarse fibras vegetales como paja o cáñamo para mejorar su cohesión y resistencia a la fisuración (CHEN et al., 2024; JIA QUANQUAN et al., 2024). Se trata de uno de los materiales de construcción más antiguos de la humanidad, que está siendo redescubierto por sus excepcionales cualidades ecológicas y su capacidad para generar ambientes interiores saludables (JIA QUANQUAN et al., 2024).	
Formato	Este revestimiento es altamente sustentable porque utiliza materias primas locales y abundantes, no requiere cocción ni procesos industriales contaminantes, y al final de su vida útil puede reintegrarse a la tierra sin generar residuos tóxicos (GODOY et al., 2025; JIA QUANQUAN et al., 2024). Su principal aporte al confort habitacional es su capacidad reguladora de la humedad ambiental: absorbe el exceso de vapor en ambientes húmedos y lo libera cuando el aire está seco, creando un equilibrio higroscópico natural que mejora la calidad del aire y previene problemas de condensación y hongos (JIA QUANQUAN et al., 2024; GREEN BUILDING ENCYCLOPAEDIA, 2025; MOTHER EARTH NEWS, 2014)	
Se presenta en forma de polvo en sacos o, más raramente, en formato húmedo. La aplicación puede ser en una sola capa para superficies lisas con buena absorción (como ladrillos tradicionales o adobe), o en dos capas (base y acabado).		
Composición		
Compuesto principalmente por arena, barro y arcilla. Una receta típica para revoque base puede ser 2 partes de barro en polvo, 4 partes de arena (0-2 mm), para revoque de acabado, 2 partes de barro y 5-6 partes de arena.		
Propiedades		
Excelente regulador de humedad, altamente transpirable, capacidad de fijar contaminantes y olores del aire interior, hipoalergénico, inhibe la radiación electromagnética, aislante acústico, resistente al fuego, material 100% reciclable y de bajo impacto ambiental		
Ventajas	Desventajas	
Fácil aplicación sobre prácticamente cualquier superficie material eficiente desde el punto de vista de los recursos costes de material reducidos (aproximadamente 3-10 euros/m²) capacidad de conservar el calor contribuye a un clima interior saludable	Superficie más blanda y delicada que otros revoques sensible a la humedad directa o prolongada uso limitado en exteriores y en cuartos húmedos como baños requiere protección mediante aleros anchos o mantenimiento periódico si se expone a lluvias intensas	

Fuente: Elaborado en base a CHEN et al. (2024), JIA QUANQUAN et al. (2024), GODOY et al. (2025), y MOTHER EARTH NEWS (2014).

Cuadro 20 - Ficha técnica y propiedades constructivas del revoque de cal

REVOQUES DE CAL AÉREA (ESTUCO / YESO)	
Figura 20 - Revoque de cal / estuco  Fuente: Revista digital de arquitectura (2025)	El revoque de cal aérea, también conocido como estuco tradicional, es un revestimiento continuo elaborado a base de cal (hidróxido de calcio), arena y agua (MALLADI; SELVARAJ, 2024). Se caracteriza por su elevado pH, que le confiere propiedades antisépticas y fungicidas naturales, y por su peculiar proceso de endurecimiento: fragua lentamente mediante la absorción de dióxido de carbono del aire (carbonatación), recuperando así su composición pétreo original (MALLADI; SELVARAJ, 2024; RODRÍGUEZ-NAVARRO et al., 2023). Este material es altamente sustentable porque la cal requiere temperaturas de cocción más bajas que el cemento (900°C frente a 1450°C), lo que reduce significativamente su huella de carbono, y al final de su ciclo de vida puede ser reutilizada o reintegrada al medio sin toxicidad (MALLADI; SELVARAJ, 2024). Además, su permeabilidad al vapor de agua permite que los muros "respiren", evitando condensaciones internas y contribuyendo a la regulación natural de la humedad ambiental (RÖFIX, 2025; TECNOCANAPA, 2024). En la ciudad de La Paz, su uso es valorado y está siendo redescubierto en proyectos de bioconstrucción contemporánea, donde se busca combinar tradición, salud ambiental y durabilidad.
Formato	La cal aérea se comercializa en forma de polvo (cal apagada) en sacos o como cal en pasta. Los revoques se aplican generalmente en dos capas: una base de 10-20 mm y un acabado de 3-5 mm
Composición	
Compuesto por hidróxido de calcio y agua.	
Propiedades	
Altamente permeable al vapor de agua, elevado pH (alcalinidad) que evita la formación de moho y destruye gérmenes, protección eficaz contra parásitos, capacidad de fijar contaminantes y olores, buena capacidad de conservar el calor.	
Ventajas	Desventajas
Excelente transpirabilidad propiedades antisépticas naturales durable y resistente a la intemperie compatible con sustratos históricos de tierra permite acabados estéticos de alta calidad	Proceso de aplicación más lento que otros revoques requiere un grosor mínimo de 15 mm para tener efecto en el clima interior costes de material relativamente elevados fragua muy lentamente

Fuente: Elaborado en base a MALLADI; SELVARAJ (2024), RODRÍGUEZ-NAVARRO et al. (2023), RÖFIX (2025), y TECNOCANAPA (2024).

Cuadro 21 - Ficha técnica y propiedades constructivas del revoque mixto

REVOQUES MIXTOS (CAL-CEMENTO)

Figura 21 - Revoque cal-cemento



Fuente: Revista digital de arquitectura (2025)

Los revoques mixtos de cal y cemento son revestimientos continuos que combinan ambos conglomerantes para aprovechar las ventajas de cada uno: el cemento aporta dureza, rapidez de fraguado y alta resistencia mecánica, mientras que la cal proporciona flexibilidad, trabajabilidad y permeabilidad al vapor de agua (GOŁASZEWSKI; BOCHEN; CYGAN, 2022; FONTOLAN et al., 2024). La proporción de cada componente determina las características finales del producto, permitiendo adaptar la mezcla a diferentes necesidades constructivas y condiciones ambientales (FONTOLAN et al., 2024). Desde una perspectiva ambiental, estos revoques presentan un impacto moderado. Si bien la cal es menos contaminante que el cemento, la presencia de este último implica emisiones de CO ₂ asociadas a su fabricación y un menor nivel de transpirabilidad que un revoque puro de cal (FONTOLAN et al., 2024; MENESES ROMERO, 2017). Sin embargo, resultan una opción ampliamente utilizada en La Paz por su versatilidad y equilibrio prestacional: ofrecen mayor durabilidad y resistencia que la cal sola (GOBIERNO AUTÓNOMO MUNICIPAL DE LA PAZ, 2020; GOBIERNO AUTÓNOMO MUNICIPAL DE LA PAZ, 2019). Son comunes en fachadas expuestas a la intemperie, muros de contención y rehabilitación de edificios, donde se busca compatibilizar la tradición constructiva local con exigencias técnicas contemporáneas (GOBIERNO AUTÓNOMO MUNICIPAL DE LA PAZ, 2019).	
Formato	
Se comercializan como morteros premezclados en polvo o pueden prepararse in situ. Existen productos específicos para revoco de fachadas exteriores e interiores, como el mortero Proyec Cal CX5, diseñado para rehabilitación ecológica con alta versatilidad y estética	
Composición	
Compuesto por cemento, cal, arena y aditivos. La proporción varía según la aplicación, pudiendo ser 1 parte de cemento, 1 de cal y 6 de arena (1:1:6) para revoques exteriores, u otras dosificaciones según la dureza y permeabilidad deseadas	
Propiedades	
Mayor dureza y resistencia mecánica que la cal pura; fraguado más rápido; buena adherencia; permeabilidad al vapor de agua variable según la proporción de cal; resistencia a la intemperie; durabilidad; posibilidad de utilizar como acabado estético final sin pintura	
Ventajas	Desventajas
Incremento de la capacidad adhesiva reducción de la fisuración y aumento de la deformabilidad, lo que protege contra la penetración de agua mejora en rendimiento y trabajabilidad, facilitando la aplicación con máquinas de proyección Calidad estética superficial y homogeneidad de	Menor transpirabilidad que los revoques de cal pura o barro pueden presentar fisuras por retracción si la dosificación no es adecuada mayor impacto ambiental por el contenido de cemento.

color existen versiones con reducción de emisiones de CO ₂ superior al 25%	
--	--

Fuente: Elaborado en base a GOLASZEWSKI; BOCHEN; CYGAN (2022), FONTOLAN et al. (2024), GOBIERNO AUTÓNOMO MUNICIPAL DE LA PAZ (2020; 2019), y MENESES ROMERO (2017).

Cuadro 22 - Ficha comparativa técnica: materiales para revoque

Sistema de revoque	Permeabilidad al vapor	Comportamiento térmico	Durabilidad exterior	Impacto ambiental	Costo relativo	Mantenimiento
Barro (tierra-arenas-fibras)	Muy alta	Muy buen amortiguamiento	Media (mejora con aleros y estabilización)	Muy bajo	Muy bajo	Bajo
Estuco, cal	Alta	Homogeneiza superficie, buen confort	Alta	Bajo	Medio	Bajo
mixto cal-cemento	Media	Amortiguamiento moderado	Alta	Medio	Bajo-medio	Medio

Fuente: Elaborado por el autor (2026)

4. NORMATIVAS DE CONSTRUCCIÓN SISMO-RESISTENTE

El desarrollo de normativas sismo-resistentes en Bolivia constituye un proceso fundamental para garantizar la seguridad estructural de las edificaciones, en particular debido a la ubicación geográfica del país. Las regiones occidentales del territorio nacional se encuentran en una zona de alta actividad sísmica, producto de la interacción y subducción de las placas tectónicas de Nazca y Sudamérica (Ministerio de Obras Públicas, Servicios y Vivienda [MOPSV], 2023, p. 3).

La consolidación de un marco normativo sismo-resistente responde a la necesidad imperiosa de mitigar el riesgo sísmico mediante criterios unificados de análisis, diseño y detallado estructural. Este marco articula lineamientos para la evaluación de la peligrosidad sísmica, la definición de espectros de respuesta por zonas, la clasificación de sistemas estructurales y los requisitos de desempeño. Su objetivo central, como lo establece la reciente normativa, es "salvaguardar la vida e integridad física de las personas, reduciendo a un mínimo la posible pérdida de vidas humanas, reducir daños materiales y pérdidas económicas producidas por sismos" (MOPSV, 2023, p. 1). En 2023 se presentó la primera "Norma Boliviana de Diseño Sísmico" (NBDS), fruto de un comité técnico interinstitucional y de un proceso público de socialización, que marca un hito en la estandarización nacional del diseño sísmico.

4.1. GUÍA BOLIVIANA DE DISEÑO SÍSMICO (2018 - 2020)

La "Guía Boliviana de Diseño Sísmico" (GBDS), desarrollada en su primera versión el año 2018 y aprobada mediante Resolución Ministerial N° 177 en septiembre de 2020, constituye el antecedente técnico más inmediato de la normativa actual. Elaborada por un Comité Técnico conformado por delegados de Colegios Departamentales de Ingenieros Civiles y universidades públicas y privadas, esta guía se concibió como "un documento técnico de alto nivel que permitirá preparar a las estructuras para que resistan sismos acordes a la amenaza sísmica del país" (MOPSV, 2020, p. 7). Su propósito fue unificar criterios de diseño, construcción y evaluación de edificaciones, proporcionando herramientas a los profesionales del sector para mejorar la respuesta estructural ante terremotos, basándose en principios modernos de la ingeniería sísmica.

La importancia de la GBDS radica en haber servido como un

documento puente entre criterios internacionales y la realidad nacional, orientando la práctica profesional hacia parámetros de análisis más rigurosos. En términos sustantivos, la guía puso énfasis en varios aspectos clave que sentaron las bases para la futura norma:

Zonificación sísmica y espectros de respuesta: Adoptó el Mapa Probabilístico de Amenaza Sísmica para Bolivia (PSHBO, 2019), desarrollado por el Observatorio San Calixto, el cual identificó 13 zonas sísmicas y proporcionó valores de aceleración máxima del suelo (PGA) para periodos de retorno de 475 y 2475 años (MOPSV, 2020, p. 83). A partir de estos datos, la guía estableció procedimientos para la construcción de espectros de diseño que consideran tanto la peligrosidad regional como las condiciones geotécnicas locales, definidas a través de la clasificación de suelos (Tipos S0 a S5).

Diseño por capacidad y sistemas estructurales: La guía introdujo conceptos fundamentales como el diseño por capacidad en sistemas de pórticos, muros y duales, priorizando la jerarquía de resistencias y la formación controlada de rótulas plásticas. Se definieron coeficientes de modificación de respuesta (R_0 y C_{d0}) para diferentes sistemas estructurales, los cuales dependen de la ductilidad, sobre resistencia y redundancia de la estructura (MOPSV, 2020, p. 28).

Componentes no estructurales y evaluación de existentes: La GBDS también incorporó lineamientos para la verificación de componentes no estructurales críticos, como anclajes de equipos y tabiques, reconociendo su impacto en la seguridad funcional de las edificaciones, especialmente en aquellas de uso público. Asimismo, proporcionó criterios iniciales para la evaluación y el refuerzo de edificaciones existentes, un aspecto crucial para la gestión del riesgo en el parque inmobiliario ya construido.

Estos contenidos fueron, en lo esencial, retomados y sistematizados por la NBDS 2023, que los transforma en exigencias normativas de cumplimiento obligatorio a escala nacional⁴. Asimismo, la socialización técnica abierta realizada en 2023 por el comité de la NBDS confirma la transición desde guías de buenas prácticas hacia un cuerpo normativo formal y consensuado.

⁴ En contextos locales como La Paz, caracterizados por topografías complejas y tipologías mixtas de vivienda y equipamiento, la aplicación rigurosa de la NBDS 2023 exige especial atención a la clasificación del sitio, la regularidad en planta y altura, el control de torsión y el detallado de elementos críticos

4.2. NORMA BOLIVIANA DE DISEÑO SÍSMICO (NBDS, 2023)

La "Norma Boliviana de Diseño Sísmico" (NBDS) de 2023, aprobada por Resolución Ministerial el 27 de noviembre de 2023, representa el primer cuerpo normativo nacional que establece requisitos y criterios de diseño sísmico de aplicación obligatoria para edificaciones en Bolivia (MOPSV, 2023). Su elaboración, a cargo del Comité Técnico de la Norma Boliviana de Diseño Sísmico (CTNBDS) con la participación del MOPSV, universidades públicas, la Sociedad de Ingenieros de Bolivia (SIB) y colegios profesionales, constituye un hito en la ingeniería nacional, fruto de un proceso de más de una década de trabajo y de una consulta pública que le otorga legitimidad técnica y social. El viceministro de Vivienda y Urbanismo, Lic. Alberto Saucedo, destacó que este documento oficial "será de gran utilidad a los profesionales, técnicos, constructores y población en general para un correcto diseño y construcción de edificaciones más seguras ante posibles movimientos telúricos" (MOPSV, 2023, p. 5).

La NBDS 2023 consolida un estándar nacional alineado con prácticas internacionales contemporáneas, como la ASCE/SEI 7, pero adaptado a la realidad geotécnica y constructiva del Estado Plurinacional. Entre sus componentes sustantivos, la norma incorpora:

Aplicación, alcance y objetivos de desempeño: Define la obligatoriedad del cumplimiento para nuevas edificaciones y establece lineamientos para la intervención en estructuras existentes. Los criterios de desempeño están orientados a lograr que, bajo el sismo de diseño (con periodo de retorno de 475 años), las estructuras "podrían experimentar daños considerables con baja probabilidad de colapso", mientras que, bajo sismos frecuentes, "podrían presentar daños menores dentro de límites aceptables" (MOPSV, 2023, p. 1).

Zonificación sísmica y espectros de diseño: La norma adopta oficialmente las 13 zonas sísmicas y el mapa de amenaza probabilística desarrollado por el Observatorio San Calixto. Establece espectros de respuesta elásticos y de diseño, parametrizados por la aceleración máxima del suelo (S_0) y los coeficientes de sitio F_a y F_v , que dependen del tipo de suelo (S_0 a S_5). Para su uso en análisis estáticos equivalentes y dinámicos (modal espectral), la norma prescribe procedimientos detallados para el cálculo del cortante basal, la combinación de modos y la consideración de efectos direccionales y torsionales (MOPSV, 2023, p. 34-45).

Sistemas estructurales y diseño por capacidad: La NBDS tipifica los sistemas estructurales para acción lateral en hormigón armado (pórticos, muros, duales, sistemas de ductilidad limitada) y acero, fijando para cada uno coeficientes de reducción de respuesta (R), amplificación de desplazamientos (C_d) y límites de deriva. El diseño por capacidad se materializa en requisitos de jerarquía de resistencias, detallado de confinamiento, longitudes de anclaje y cuantías de refuerzo.

Componentes no estructurales y elementos secundarios: La norma incorpora exigencias específicas para el diseño de elementos no estructurales (arquitectónicos, mecánicos y eléctricos) basadas en la fuerza sísmica de diseño F_p . Este aspecto es crucial, ya que considera la interacción sísmica de estos elementos y su potencial de daño, que puede afectar la operatividad de la edificación, especialmente en aquellas de importancia tipo III y IV, como hospitales o centros de emergencia (MOPSV, 2023, p. 59-63).

Edificaciones existentes, vulnerabilidad y rehabilitación: La NBDS dedica un capítulo completo a la evaluación de la vulnerabilidad y el refuerzo sísmico de estructuras existentes. Propone criterios para la recopilación de información, la evaluación mediante métodos no lineales y el diseño de intervenciones (como encamisados o adición de muros) con el objetivo de alcanzar un nivel de desempeño predeterminado y garantizar la seguridad de los ocupantes (MOPSV, 2023, p. 65-71).

En síntesis, la NBDS 2023 no solo recoge y sistematiza los avances de la GBDS 2020, sino que los profundiza y transforma en un instrumento legal vinculante. Su proceso de construcción participativa y socialización pública refleja la convergencia entre academia, profesión y Estado para dotar al país de una herramienta fundamental para la seguridad sísmica, estableciendo un estándar nacional que, como se afirma en su presentación, "brinda los lineamientos para el correcto diseño y construcción de edificaciones sismorresistentes" (MOPSV, 2023, p. 4).

4.3. NORMATIVAS INTERNACIONALES

El análisis de normativas internacionales resulta fundamental para contextualizar los avances en materia de construcción sismo-resistente y sustentable en la región andina y latinoamericana. Países como Perú y Chile han desarrollado

marcos normativos específicos que regulan el uso de materiales tradicionales como la tierra y establecen criterios de seguridad estructural y sostenibilidad ambiental. Estas experiencias constituyen referentes relevantes para Bolivia, dado que comparten condiciones sísmicas, climáticas y socio-constructivas similares.

4.3.1. Perú: Norma Técnica de Diseño y Construcción con Tierra Reforzada.

La Norma Técnica E.080 forma parte del Reglamento Nacional de Edificaciones del Perú y fue actualizada en 2017 mediante la Resolución Ministerial N.º 121-2017-VIVIENDA. Esta norma tiene por objeto "establecer los requisitos mínimos para el diseño, la construcción y la supervisión técnica de edificaciones nuevas de adobe y tapial reforzado" (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento [MVCS], 2017, p. 4). Su importancia radica en que reconoce la construcción con tierra como una técnica válida y segura, siempre que se cumplan parámetros técnicos rigurosos, incorporando requisitos de materiales, configuración estructural y refuerzos obligatorios. Los aportes más relevantes de esta norma para la propuesta de tipologías son:

Caracterización y control de calidad de materiales: La norma E.080 exige la realización de ensayos de laboratorio para verificar la calidad de los materiales. Especifica que las unidades de adobe deben tener una resistencia mínima a la compresión de 1,2 MPa (12 kg/cm²) en área bruta y que el mortero de asiento debe alcanzar una resistencia a la compresión de al menos 0,4 MPa (4 kg/cm²) (MVCS, 2017, p. 10). Este rigor técnico es fundamental para superar la informalidad y la variabilidad de la autoconstrucción, permitiendo validar el uso de suelos locales y establecer controles de calidad accesibles.

Reforzamiento estructural obligatorio para garantizar la ductilidad: Reconociendo la fragilidad de la tierra no reforzada ante acciones sísmicas, la norma establece que "toda edificación de adobe y tapial deberá contar con refuerzos" (MVCS, 2017, p. 12). Estos refuerzos pueden ser horizontales y verticales, ejecutados con materiales como mallas de fibra sintética, sogas, caña, madera o acero. El objetivo es mejorar la ductilidad y el comportamiento integral del sistema, permitiendo que la estructura disipe energía sin colapsar de manera frágil. Para La Paz, esto abre la posibilidad de diseñar sistemas de refuerzo con materiales de bajo costo y fácil acceso, integrando técnicas como el "quincha" o el "bahareque" encementado.

Configuración estructural y criterios de regularidad: La norma peruana, al igual que la NBDS boliviana, establece criterios de configuración arquitectónica para reducir la vulnerabilidad sísmica. Limita la esbeltez de los muros, define longitudes máximas entre contrafuertes y exige la presencia de vigas collar o soleras de coronación que funcionen como diafragmas (MVCS, 2017, p. 16). Este aspecto es vital para las tipologías en laderas, ya que condiciona la forma, la proporción de los espacios y la ubicación de las aberturas, asegurando un comportamiento monolítico del conjunto.

4.3.2. Chile: Norma Chilena NCh3332 (2013)

La Norma Chilena NCh3332.Of2013, titulada Construcción, Requisitos de diseño y cálculo para edificaciones en tierra cruda reforzada, establece disposiciones técnicas para el diseño y construcción con tierra en uno de los países con mayor actividad sísmica del mundo. Su objetivo es "establecer los requisitos que deben cumplir los proyectos y construcciones de edificaciones de tierra cruda reforzada, con el fin de garantizar un comportamiento sísmico adecuado" (Instituto Nacional de Normalización [INN], 2013, p. 1). La norma compatibiliza la tradición constructiva con los más estrictos criterios de seguridad estructural, convirtiéndola en un modelo para Bolivia. Los principales aportes de la NCh3332 para las tipologías propuestas son:

Enfoque integral en el comportamiento sísmico: La norma chilena no solo define resistencias mínimas, sino que profundiza en el comportamiento dúctil de los refuerzos y en la necesidad de garantizar la integridad estructural mediante conexiones adecuadas. Exige que los refuerzos (metálicos, de madera o geomallas) estén correctamente anclados a la cimentación y a la viga de coronación, formando un sistema estructural continuo (INN, 2013, p. 18). Este enfoque es crucial para adaptar la norma a las condiciones de la NBDS 2023, asegurando que la "caja" de tierra reforzada se comporte como un sistema estructural sismo-resistente.

Clasificación detallada de materiales y ensayos: La norma proporciona una clasificación detallada de los tipos de tierra cruda (adobe, tapial, BTC) y establece requisitos precisos de granulometría, plasticidad y contenido de humedad (INN, 2013, p. 8). Además, exige ensayos mecánicos para validar la resistencia a compresión, flexión y corte de los elementos, proporcionando un protocolo de control de calidad adaptable a laboratorios locales.

Criterios de configuración arquitectónica y sísmica: Al igual que la norma peruana, la NCh3332 establece criterios de regularidad en planta y altura, limita las dimensiones de los paños de muro y exige la presencia de elementos de confinamiento y arriostramiento (INN, 2013, p. 22). Estos criterios deben ser incorporados en el diseño arquitectónico de las tipologías, evitando formas complejas que concentren esfuerzos y garantizando una distribución equilibrada de masas y rigideces.

Integración con normativas de sustentabilidad y habitabilidad: La NCh3332 se complementa con otras normativas chilenas de eficiencia energética y habitabilidad, como la NCh1079 (2014) sobre acondicionamiento térmico y la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (OGUC), que incorpora criterios de acondicionamiento ambiental y uso eficiente de recursos (INN, 2013, p. 2). Esta visión holística es un ejemplo para Bolivia, donde el desarrollo de tipologías socioambientales debe integrar no solo la seguridad sísmica, sino también el confort térmico, la eficiencia energética y el uso de energías renovables.

La norma chilena NCh3332 es el referente más avanzado en la región para la construcción con tierra en zonas de alta sismicidad. Su aplicación en La Paz, adaptada a los materiales y técnicas locales, permitiría desarrollar tipologías de vivienda que sean simultáneamente seguras, sostenibles y culturalmente apropiadas.

La norma está enfocada en materiales tradicionales y alternativos, esta norma regula las edificaciones de tierra cruda, estableciendo requisitos de resistencia a compresión y flexión para bloques de adobe. También incluye técnicas de refuerzo sismo-resistente mediante estructuras híbridas (madera y adobe).

4.3.3. Otras normativas internacionales relevantes en sustentabilidad

Además de las normas sismo-resistentes de Perú y Chile, existen otras normativas internacionales que refuerzan la perspectiva socioambiental y pueden complementar el desarrollo de tipologías sostenibles:

México: Norma Mexicana NMX-C-460-ONNCCE-2016: Esta norma establece las especificaciones y métodos de prueba para bloques de tierra comprimida (BTC) estabilizados. Su relevancia radica en que "promueve el uso de materiales locales y tecnologías de bajo impacto ambiental, al tiempo que establece requisitos de resistencia y durabilidad comparables a los de la mampostería

convencional" (Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación [ONNCCE], 2016, p. 1). Para La Paz, el BTC podría ser una alternativa al adobe tradicional, ofreciendo mayor uniformidad, resistencia y la posibilidad de estabilización con cal o cemento para mejorar su durabilidad en zonas de alta humedad o lluvia.

España: Norma UNE 41410:2008 Bloques de tierra comprimida para muros y tabiques: Esta norma regula la fabricación y el uso de BTC, estableciendo requisitos de resistencia a compresión, densidad, absorción de agua y durabilidad (Asociación Española de Normalización y Certificación [AENOR], 2008, p. 3). Al igual que la norma mexicana, proporciona una base técnica sólida para la incorporación del BTC en las tipologías, asegurando que su uso cumpla con estándares de calidad y comportamiento mecánico.

4.4. APLICACIÓN DE NORMATIVAS AL DISEÑO SISMO-RESISTENTE

El diseño de viviendas para zonas vulnerables de la ciudad requiere una adaptación rigurosa de las normativas bolivianas vigentes, particularmente la Norma Boliviana de Diseño Sísmico (NBDS, 2023), complementada con los aprendizajes y criterios técnicos provenientes de países vecinos con tradición sísmica y constructiva similar, como Perú y Chile. La integración de estos referentes normativos y académicos permite establecer estrategias de diseño que garanticen la seguridad estructural, la sostenibilidad y la pertinencia cultural de las tipologías propuestas. A continuación, se desarrollan las estrategias clave para cada componente estructural.:

4.4.1. Cimentaciones reforzadas: continuidad estructural y adaptación a la ladera

Los cimientos constituyen el elemento fundamental de la estabilidad estructural, al transmitir las cargas de la edificación hacia el terreno de fundación. En contextos urbanos como La Paz, caracterizados por suelos arcillosos de baja capacidad portante y pendientes pronunciadas, el diseño adecuado de cimientos adquiere especial relevancia para garantizar la seguridad estructural frente a sismos y asentamientos diferenciales.

La Norma Boliviana de Diseño Sísmico (NBDS, 2023) establece que las fundaciones deben ser diseñadas para resistir las fuerzas desarrolladas y distribuir los desplazamientos producidos por la acción sísmica de manera eficiente. En particular, la norma enfatiza que "las fundaciones serán diseñadas con relación a

su capacidad de soporte siguiendo métodos por esfuerzos admisibles o por factores de carga y resistencia" (Ministerio de Obras Públicas, Servicios y Vivienda [MOPSV], 2023, p. 47), lo que implica la necesidad de dimensionar los cimientos con un ancho superior al del muro portante para distribuir uniformemente las cargas verticales y horizontales. Esta condición resulta especialmente crítica en suelos de baja resistencia, donde la concentración de esfuerzos podría derivar en asentamientos diferenciales y fallas estructurales.

Para viviendas de uno y dos pisos, la experiencia constructiva local y las referencias internacionales coinciden en recomendar el uso de zapatas corridas de hormigón ciclópeo o mampostería de piedra asentada con mortero de cal o cemento. La elección de la zapata corrida se justifica por su capacidad de proporcionar una base continua y monolítica que sigue el trazado de los muros portantes, reduciendo la concentración de tensiones y mejorando el comportamiento conjunto frente a sollicitaciones sísmicas.

La NBDS 2023, al referirse a la interacción suelo-estructura, recomienda que, para garantizar la continuidad estructural, "los cabezales de pilotes individuales o de conjunto, las pilas y los cajones de cimentación deben estar interconectados mediante arriostres" (MOPSV, 2023, p. 52). Extrapolando este principio a las zapatas corridas, se deduce la necesidad de garantizar la conexión entre el cimiento, el sobrecimiento y el muro, mediante anclajes y refuerzos que aseguren el comportamiento monolítico de la base.

Por su parte, la Norma Técnica Peruana E-080 (2017), aplicable a edificaciones en tierra reforzada, complementa estos criterios al recomendar la construcción de cimientos rígidos y anchos, complementados con un sobrecimiento de concreto armado que actúe como barrera contra la humedad ascendente y refuerce la estabilidad de la base. La norma establece que, en zonas con pendientes o suelos susceptibles a erosión, "se deben incorporar drenajes perimetrales y sistemas de evacuación de aguas pluviales, con el fin de evitar la acumulación de humedad y la pérdida de capacidad portante del terreno" (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento [MVCS], 2017, p. 14). Este aspecto es de vital importancia para las laderas paceñas, donde la escorrentía superficial y la infiltración pueden comprometer la estabilidad del terreno y, por ende, de la cimentación.

Desde una perspectiva académica, diversos estudios han demostrado la importancia de una correcta concepción de la cimentación en

construcciones de tierra. Concha Bustamante (2016), en su investigación sobre diseño sismo-resistente de muros de adobe, señala que "el elemento estructural básico en una construcción de adobe es el muro" y que "su diseño se plantea para cargas verticales, cargas perpendiculares a su plano y cargas horizontales en su plano" (p. 2). Estas solicitaciones, que deben ser transmitidas adecuadamente al terreno, justifican la necesidad de una cimentación continua y rígida que garantice una distribución uniforme de tensiones y evite concentraciones de esfuerzo en puntos específicos.

En términos comparativos, tanto la NBDS como la E-080 coinciden en la importancia de cimientos robustos, anchos y rígidos, aunque la norma peruana enfatiza con mayor detalle la protección contra la humedad y la erosión, aspectos críticos en contextos de ladera. La incorporación de estos criterios en la práctica constructiva local no solo mejora la resiliencia sísmica, sino que también contribuye a la sostenibilidad de la vivienda popular, al reducir la necesidad de intervenciones correctivas posteriores.

4.4.2. Reforzamiento de muros: mejora de la ductilidad y el comportamiento sísmico

El refuerzo de los muros de adobe constituye una medida esencial para garantizar la seguridad ante sismos, dado que la tierra sin refuerzo presenta un comportamiento frágil y una baja resistencia a la tracción. La NBDS 2023, si bien no contempla específicamente el adobe, establece principios generales aplicables a sistemas de mampostería. La norma promueve la implementación de sistemas que doten de ductilidad a la estructura, entendida como la capacidad de deformarse inelásticamente sin colapso. Para ello, sería necesario extrapolar los requisitos de refuerzo de otros sistemas, como los "zunchos horizontales y verticales" utilizados en mampostería confinada, que deben colocarse a alturas estratégicas para amarrar los muros y mejorar su rigidez lateral (MOPSV, 2023, p. 19).

En este sentido, la Norma Técnica Peruana E-080 ofrece directrices precisas y técnicamente validadas. La norma establece la obligatoriedad de incorporar refuerzos en toda edificación de adobe, especificando que "los refuerzos pueden ser horizontales y verticales, ejecutados con materiales como mallas de fibra sintética, sogas, caña, madera o acero" (MVCS, 2017, p. 12). El objetivo fundamental es mejorar la ductilidad y el comportamiento integral del sistema, permitiendo que la estructura disipe energía sin colapsar de manera frágil. La norma peruana también

detalla la necesidad de que los refuerzos estén correctamente anclados a la cimentación y a la viga de coronación, formando un sistema estructural continuo.

Investigaciones experimentales respaldan la eficacia de estas estrategias de refuerzo. Ruiz Valencia et al. (2023), en un estudio sobre el reforzamiento de edificaciones patrimoniales en tierra aplicando la normativa colombiana AIS-610-EP-2017, concluyeron que "para cargas sísmicas solo el 24% de los muros sin refuerzo tendrían tensiones menores que la resistencia a la tracción de la tierra, mientras que en los muros reforzados este porcentaje es del 98%" (p. e488). Este hallazgo demuestra que la incorporación de refuerzos adecuados puede transformar radicalmente el comportamiento sísmico de los muros de adobe, llevándolos de una condición de alta vulnerabilidad a una de seguridad aceptable.

Asimismo, Vargas Neumann (1980), en un documento fundamental que sienta las bases para códigos sismo-resistentes de adobe, propuso "mejoras en la composición del adobe, el uso de morteros reforzados y la implementación de refuerzos estructurales como cañas, alambres y mallas metálicas" (p. 3). Estas recomendaciones, validadas por décadas de experiencia e investigación, constituyen la base técnica de las normativas actuales y deben ser incorporadas en el diseño de tipologías para La Paz.

4.4.3. Control de materiales: caracterización y dosificación para garantizar la resistencia

La selección y el control de calidad de los materiales es un aspecto determinante para la seguridad y durabilidad de las construcciones en. La norma peruana E-080 establece requisitos precisos para la caracterización del suelo, incluyendo la realización de "ensayos de granulometría, límites de consistencia y resistencia a la compresión antes de la fabricación de los bloques" (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento [MVCS], 2017, p. 8). Estos ensayos permiten verificar que el material cumple con los estándares mínimos de resistencia, fijados en 1,2 MPa (12 kg/cm²) para las unidades de adobe. La misma norma también recomienda el uso de fibras naturales, como paja o ichu, para reducir la fisuración durante el secado y mejorar la cohesión de la matriz.

En Chile, la Norma NCh3332.Of2013 complementa estos criterios al enfatizar "la importancia de utilizar tierra estabilizada, combinando materiales locales con estabilizantes como polímeros o fibras industriales, para adaptarse a las condiciones climáticas específicas de cada región" (Instituto Nacional de

Normalización [INN], 2013, p. 12). Este enfoque resulta particularmente relevante para contextos como el de La Paz, donde las variaciones climáticas y la humedad pueden afectar el comportamiento del adobe.

En el contexto de La Paz, una opción de particular interés es el denominado "ladrillo adobito", un bloque de arcilla cocida de dimensiones similares al adobe tradicional, pero con una mayor resistencia y durabilidad. Este material presenta una resistencia a la compresión que oscila entre 5,0 y 15,0 MPa muy superior a la del adobe convencional y una densidad relativa de 0,30 a 0,35 g/cm³, lo que lo sitúa en una categoría de media a alta capacidad portante. Su proceso de fabricación artesanal, que utiliza hornos de baja tecnología y combustibles locales como la leña o el gas, le confiere un impacto ambiental de bajo a moderado, significativamente inferior al del ladrillo industrial de arcilla cocida producido en hornos de túnel, los cuales requieren altas temperaturas sostenidas y consumen grandes cantidades de gas natural. Además, al tratarse de un material ampliamente disponible y de bajo costo en el mercado local, el ladrillo adobito puede ser una alternativa viable para la mejora progresiva de la vivienda popular, especialmente en zonas donde la disponibilidad de suelo apto para la fabricación de adobe es limitada o la demanda de resistencia es mayor.

4.4.4. Elementos de amarre estructural: garantizando el comportamiento monolítico

Los amarres estructurales son esenciales para evitar que los elementos de la vivienda se desplacen o colapsen durante un sismo, asegurando que la estructura actúe como un conjunto unificado frente a las fuerzas horizontales. La Norma Boliviana de Diseño Sísmico (NBDS 2023), en sus disposiciones sobre diafragmas de piso, establece que "se debe verificar que los diafragmas tienen la rigidez y la resistencia suficiente para lograr la distribución de las fuerzas inerciales entre los planos o subestructuras verticales resistentes" (Ministerio de Obras Públicas, Servicios y Vivienda [MOPSV], 2023, p. 33). Este principio puede extenderse a la conexión entre muros y cubiertas, recomendándose el uso de amarres de madera o acero que vinculen los muros entre sí y con la estructura del techo.

La norma peruana E-080 desarrolla con mayor detalle este aspecto, sugiriendo "la incorporación de amarres de madera tratada, colocados en las esquinas y uniones de los muros, para reforzar la estabilidad general" (Ministerio de

Vivienda, Construcción y Saneamiento [MVCS], 2017, p. 18). Estos elementos, que pueden ser vigas de madera o soleras de concreto armado, cumplen la función de "viga collar" o "solera de coronación", distribuyendo las cargas y confinando la parte superior de los muros.

Concha Bustamante (2016, p. 3), en su propuesta de procedimiento racional de diseño, incluye específicamente "procedimientos para la verificación de los esfuerzos en los encuentros de muros, para el diseño de llaves de amarre y dinteles". Este enfoque integral reconoce que los puntos de encuentro y conexión son zonas de concentración de esfuerzos y, por tanto, requieren un diseño y detallado cuidadoso para garantizar la integridad del conjunto.

Para proyectos de vivienda de interés social o autoconstrucción asistida, donde el costo es un factor determinante, se pueden implementar soluciones de bajo costo sin sacrificar la funcionalidad. Una alternativa viable es el uso de elementos de madera aserrada de producción local, como la madera de eucalipto rolliza o escuadrada, convenientemente tratada para resistir la humedad y el ataque de insectos. Esta madera puede ser empleada para crear una solera de coronación continua sobre los muros, anclada a ellos mediante mortero de cemento o "llaves" de madera embebidas en el muro durante su construcción. Asimismo, para conectar muros perpendiculares en las esquinas, se pueden colocar "horquillas" o grapas metálicas hechas con varilla corrugada reciclada o alambre grueso, fijadas con mortero. Estos elementos, al estar disponibles localmente y requerir mano de obra de calificación media, reducen significativamente los costos de transporte y fabricación en comparación con perfiles metálicos industrializados o soleras de concreto armado con encofrado y acero de refuerzo, garantizando así un comportamiento monolítico accesible para la economía familiar.

4.5. NORMATIVAS DE VIVIENDA: CONDICIONES MÍNIMAS DE HABITABILIDAD

Las Normas Técnicas de Vivienda en Bolivia constituyen un conjunto de regulaciones que establecen las condiciones mínimas de calidad y habitabilidad para garantizar un entorno seguro y saludable para la población. Estas normas adquieren particular relevancia en un país donde la vivienda es considerada un derecho humano fundamental y un bien social que influye directamente en la calidad de vida de las familias (Constitución Política del Estado, 2009, Art. 19). El marco legal que las respalda incluye la Ley de Organización del Poder Ejecutivo y el Decreto

Supremo N° 29894, que define las funciones del Viceministerio de Vivienda y Urbanismo como la entidad encargada de "formular, promover y ejecutar políticas y normas de mejoramiento urbano y rural en vivienda y servicios de competencia del Ministerio" (Decreto Supremo N° 29894, 2009, Art. 73).

La creciente demanda de vivienda y la necesidad de regular su diseño y construcción, especialmente en áreas de escasos recursos, impulsan la implementación de estas normas. Su objetivo principal es evitar distorsiones en el mercado inmobiliario, asegurando que se respeten criterios de calidad, seguridad y disponibilidad de servicios básicos. En un contexto donde muchas propuestas de vivienda carecen de criterios técnicos adecuados, estas normas se convierten en un instrumento referencial para entidades financieras, constructoras y gobiernos municipales, garantizando así los derechos y la dignidad humana de los habitantes (Viceministerio de Vivienda y Urbanismo [VMVU], 2018).

4.5.1. Condiciones mínimas de habitabilidad

Las condiciones mínimas de habitabilidad abordadas por la normativa boliviana abarcan diversos aspectos esenciales que toda vivienda digna debe cumplir. En primer lugar, se establece que una vivienda adecuada debe contar con un espacio vital suficiente y funcional, asegurando el uso ergonómico y eficiente de cada ambiente. La normativa del VMVU especifica que "la vivienda debe ofrecer seguridad ante desastres naturales, garantizando estabilidad estructural y resistencia a condiciones climáticas adversas" (VMVU, 2018, p. 12), lo que implica la obligatoriedad de aplicar criterios de diseño sismo-resistente como los establecidos en la NBDS 2023.

Asimismo, la normativa boliviana exige la disponibilidad de servicios básicos esenciales, incluyendo acceso a agua potable, electricidad y sistemas de saneamiento. Estos requisitos se complementan con la necesidad de garantizar una ventilación adecuada, iluminación natural suficiente y aislamiento térmico y acústico, elementos indispensables para lograr un ambiente interior saludable y confortable (VMVU, 2018, p. 15). En este sentido, las condiciones de habitabilidad trascienden la mera provisión de un techo, abordando aspectos de salubridad y bienestar que inciden directamente en la calidad de vida de los ocupantes.

El manual del VMVU (2020) establece las condiciones mínimas que toda vivienda social debe cumplir para ser considerada adecuada. Estos estándares

responden directamente al diagnóstico del déficit habitacional en Bolivia, que según datos del INE (2018) citados por el manual, afecta a un porcentaje significativo de la población: el 30% de las familias bolivianas vive en condiciones de hacinamiento, el 31% de la población reside en viviendas con materiales inadecuados, y el 35% de las viviendas en el país carece de servicios básicos (MOPSV, 2020, p. 1).

En coherencia con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), particularmente el ODS 11 sobre "Ciudades y Comunidades Sostenibles", y con el mandato constitucional del Artículo 19 que consagra el derecho a un hábitat y vivienda adecuada, el manual operacionaliza este derecho a través de criterios técnicos precisos. Siguiendo los lineamientos de la ONU-HABITAT, una vivienda adecuada debe cumplir con siete criterios fundamentales: seguridad jurídica de la tenencia, disponibilidad de servicios, asequibilidad, habitabilidad, accesibilidad, ubicación y adecuación cultural (MOPSV, 2020, p. 6-7).

4.5.2. Dimensiones mínimas y requerimientos espaciales

Las condiciones mínimas de habitabilidad en Bolivia especifican que las viviendas deben contar con una superficie mínima construida que varía según el número de dormitorios. De acuerdo con las tablas técnicas publicadas por el Viceministerio de Vivienda y Urbanismo, una vivienda de un dormitorio debe tener una superficie útil comprendida entre 45 y 55 m², figura 22, mientras que una de tres dormitorios debe alcanzar entre 65 y 78 m² (VMVU, 2018, p. 11). Estas dimensiones buscan asegurar que los espacios sean suficientes para el desarrollo de las actividades cotidianas de la familia, evitando condiciones de hacinamiento.

Asimismo, la normativa establece dimensiones mínimas para cada ambiente específico figura 23, garantizando su funcionalidad y confort. Entre los requisitos más relevantes se encuentran:

Baño: superficie mínima de 3,5 a 4,0 m², con dimensiones que permitan la instalación de los aparatos sanitarios básicos (inodoro, lavamanos y ducha) y el libre desplazamiento.

Cocina: superficie mínima de 6,0 m², con espacio suficiente para la instalación de la cocina, mesada de trabajo y almacenamiento de alimentos y utensilios.

Dormitorio principal: superficie mínima de 9,0 m², con capacidad para albergar una cama doble, circulaciones y mobiliario básico.

Estar-comedor: superficie mínima de 12,0 m², dimensionada para permitir la reunión familiar y recibir visitas (VMVU, 2018, p. 11).

Estos requerimientos dimensionales responden a la necesidad de combatir el deficiente estado habitacional en Bolivia, donde estudios oficiales indican que un porcentaje significativo de la población vive en condiciones inadecuadas. Según datos del Instituto Nacional de Estadística, "un 30% de las familias vive en condiciones de hacinamiento y un 35% carece de servicios básicos" (Instituto Nacional de Estadística [INE], 2017, p. 45), cifras que subrayan la urgencia de implementar soluciones habitacionales que cumplan con estándares mínimos de calidad.

Las alturas mínimas útiles también se encuentran diferenciadas por región geográfica, considerando las condiciones climáticas particulares: 2,20 a 2,50 metros para el Altiplano, 2,40 a 2,60 metros para los Valles, y 2,60 a 2,80 metros para el Trópico (MOPSV, 2020, p. 17). Este criterio, que incorpora la variable climática en el diseño, es fundamental para garantizar el confort térmico y la adecuación cultural de las viviendas en cada región.

En síntesis, las Normas Técnicas de Vivienda en Bolivia establecen un marco regulatorio que trasciende la mera provisión de un techo, abordando aspectos constructivos, de salubridad, accesibilidad y seguridad jurídica. Su aplicación en el diseño de tipologías para zonas vulnerables de La Paz resulta indispensable para garantizar que las propuestas no solo sean sísmicamente seguras y ambientalmente sostenibles, sino también dignas, funcionales y adecuadas a las necesidades reales de sus habitantes.

Cuadro 23 Condiciones mínimas de soluciones habitacionales.

Dormitorios	Superficie (m ²)
1 dormitorio	45,00 a 55,00 m ²
2 dormitorios	55,00 a 65,00 m ²
3 dormitorios	65,00 a 78,00 m ²

Fuente: VMVU, 2020

Cuadro 24 superficie mínima por ambiente, Plan de uso de suelo La *Paz*

ESPACIOS DE LA VIVIENDA	VMVU Sup. Mínima (m ²)	Norma LP Sup. Mínima (m ²)
Sala de estar	-	12,00
Cocina	6,00	3,00
Sala de estar-cocina	-	14,00
Sala de estar-comedor	18,00 a 25,00	22,00
Dormitorio principal	12,00	10,00
Otros dormitorios c/u	9,50	8,00
Dormitorio de servicio (por/cama)	-	3,60
Sala común, estar comedor	-	25,00
Baño	3,50 a 4,00	4,00

Fuente: VMVU, 2020

4.6. SÍNTESIS NORMATIVA: BASES PARA LA PROPUESTA DE TIPOLOGÍA

El análisis desarrollado a lo largo del presente capítulo evidencia la existencia de un marco normativo robusto y articulado que debe orientar el diseño de tipologías de vivienda popular para las zonas vulnerables de la ciudad de La Paz. Dicho marco integra, de manera concurrente y complementaria, disposiciones de carácter estructural, ambiental y habitacional, cuya observancia resulta ineludible para garantizar la viabilidad técnica, la seguridad sísmica y la pertinencia social de las propuestas.

En primer término, la Norma Boliviana de Diseño Sísmico (NBDS, 2023) se constituye como el referente técnico obligatorio que define los criterios de configuración estructural, dimensionamiento de elementos resistentes, espectros de diseño por zonas y tipologías de suelo, así como las exigencias de ductilidad, regularidad y detallado del refuerzo (MOPSV, 2023). Su aplicación rigurosa asegura que las viviendas propuestas respondan adecuadamente a la amenaza sísmica característica de la región paceña, con aceleraciones máximas del suelo entre el 12% y el 14% de $*g*$, reduciendo el riesgo de colapso y protegiendo la vida de los ocupantes.

Complementariamente, el "Manual de Construcción de Viviendas Sociales" del Viceministerio de Vivienda y Urbanismo (VMVU, 2020) se consolida como un instrumento técnico de referencia a nivel nacional. Su importancia radica en que, por primera vez, se establecen parámetros unificados para el diseño y la construcción de vivienda social, abordando de manera integral aspectos de diseño arquitectónico, especificaciones de materiales, procesos constructivos y presupuestos referenciales (MOPSV, 2020).

Finalmente, un aspecto crucial abordado por el manual es el proceso

de obtención del permiso de construcción ante los Gobiernos Autónomos Municipales. Se detalla la documentación requerida certificado de catastro vigente, folio real de Derechos Reales, proyecto arquitectónico firmado por profesional, y, en zonas de riesgo, estudio geológico-geotécnico, así como los procedimientos para la autorización de obras menores (MOPSV, 2020, p. 8-9). Esta información es de vital importancia para la implementación práctica de cualquier propuesta habitacional, ya que la regularidad urbanística es el primer paso hacia la seguridad jurídica de la tenencia, uno de los pilares de la vivienda adecuada.

4.6.1. Síntesis e implicaciones para la propuesta

En consecuencia, la propuesta de tipologías de vivienda popular con técnicas socioambientales para zonas vulnerables de la ciudad de La Paz, que se desarrollará en el capítulo siguiente, será elaborada en estricta conformidad con el marco normativo aquí analizado. Dicha propuesta integrará de manera armónica:

Los criterios de seguridad sísmica establecidos por la NBDS 2023, garantizando la protección de los ocupantes ante eventos telúricos.

Las directrices de construcción con tierra reforzada provenientes de las normas peruana (E-080) y chilena (NCh3332), que proporcionan estrategias validadas para el confinamiento de mampostería con materiales de bajo costo.

Las condiciones mínimas de habitabilidad definidas por el VMVU (2020), asegurando que las viviendas cumplan con los estándares nacionales de superficie, altura, iluminación, ventilación y funcionalidad.

Los lineamientos del manual del VMVU sobre selección de materiales, procesos constructivos y gestión municipal, que aportan viabilidad técnica y administrativa a la propuesta.

Este enfoque normativo integral permitirá garantizar que las tipologías resultantes sean técnicamente viables, estructuralmente seguras, ambientalmente sostenibles, culturalmente pertinentes y socialmente inclusivas, contribuyendo así a la generación de soluciones habitacionales dignas y resilientes para la población más vulnerable de la ciudad. La articulación de la normativa sísmica con los estándares de habitabilidad y las directrices de diseño del VMVU proporciona una base sólida para avanzar hacia la concreción de una tipología de vivienda que responda a las necesidades reales de las familias paceñas, en el marco de sus posibilidades económicas y de su identidad cultural.

5. TIPOLOGIA DE VIVIENDA CON TECNICAS SOCIOAMBIENTALES.

El desarrollo de tipologías de vivienda para zonas vulnerables de La Paz requiere un proceso metodológico que articule el conocimiento empírico de la autoconstrucción popular con los criterios técnicos provenientes de la investigación académica y el marco normativo vigente. La fundamentación teórica desarrollada en los capítulos precedentes permitió, en primer lugar, comprender las dinámicas de ocupación del territorio y las lógicas de producción social del hábitat en contextos de riesgo. A partir de esta base, el análisis detallado de los materiales socioambientales disponibles (Capítulo 3) y de las normativas de construcción sismo-resistente (Capítulo 4) proporcionó los instrumentos necesarios para una evaluación integral de la vulnerabilidad de las soluciones habitacionales existentes y para la definición de estrategias de refuerzo y mejora.

Este proceso de evaluación permitió identificar las principales debilidades estructurales, térmicas y funcionales de la vivienda autoconstruida en laderas, así como las potencialidades de los materiales y técnicas locales. En consecuencia, fue posible establecer una selección fundamentada de materiales y un sistema constructivo que optimiza la relación entre seguridad sísmica, confort habitacional, sostenibilidad ambiental y viabilidad económica para la población de bajos ingresos.

5.1. DIRECTRICES DE DISEÑO

Las directrices de diseño constituyen el puente entre la fundamentación teórica y la propuesta arquitectónica concreta. Emergen de la síntesis de los capítulos previos y se organizan en tres dimensiones fundamentales: la adaptación al territorio y la gestión del riesgo, la materialidad y el sistema constructivo, y la configuración espacial y el crecimiento progresivo.

5.1.1. Adaptación al territorio y gestión del riesgo

La condición de ladera y la vulnerabilidad sísmica e hidrogeológica de amplias zonas de La Paz imponen la primera y más importante directriz: la implantación respetuosa con la topografía y la mitigación de riesgos debe ser el punto de partida de todo diseño. Esto implica:

Minimización de movimientos de tierra: La vivienda debe adaptarse a la pendiente natural mediante estrategias de desnivelación interior, plataformas

escalonadas o sistemas de pilotaje, evitando grandes cortes o rellenos que puedan desestabilizar el terreno. Se priorizarán las soluciones que trabajen con la topografía existente, como las tipologías en "escalera" observadas en la autoconstrucción local. El manual del VMVU (MOPSV, 2020, p. 13) recomienda que, en casos de construcción en pendiente alta, el emplazamiento de la edificación debe alejarse por lo menos 3 metros de un talud o del extremo del predio, y que en lugares de relleno es necesario excavar hasta encontrar terreno firme.

Manejo integral de aguas: Es imperativo diseñar sistemas de drenaje pluvial y superficial que protejan tanto la edificación como el terreno circundante. Esto incluye la canalización de aguas de cubierta mediante canaletas y bajantes, la construcción de cunetas perimetrales y, en casos necesarios, la implementación de drenajes profundos para controlar el nivel freático y la erosión. Como señala la Norma Técnica Peruana E-080 (2017), en zonas de pendiente "se deben incorporar drenajes perimetrales y sistemas de evacuación de aguas pluviales" para preservar la capacidad portante del terreno. El manual del VMVU (MOPSV, 2020, p. 66) describe detalladamente la función de los aleros como prolongación de la cubierta para proteger muros, puertas y ventanas de la intemperie, así como la necesidad de pendientes adecuadas en cubiertas (20-30% para calamina y 30-60% para teja) para asegurar un rápido desalojo del agua.

Análisis geotécnico y franjas de seguridad previo: Ninguna tipología debe aplicarse sin un estudio básico del suelo que determine su capacidad portante y la necesidad de cimentaciones especiales. La zonificación de amenazas debe ser el primer filtro para la localización de las viviendas. El manual del VMVU (MOPSV, 2020, p. 14) advierte explícitamente: "No construir en zonas deslizables", y recomienda mantener una franja de seguridad de 25 metros si el predio se encuentra cerca de ríos, quebradas y cauces. En lugares con pendientes pronunciadas, se deben construir taludes y realizar obras de estabilización.

5.1.2. Materialidad y sistema constructivo: criterios de selección

La evaluación de vulnerabilidad realizada a partir del estudio de los materiales y normativas condujo a una selección fundamentada de los componentes constructivos. Se priorizaron aquellos materiales que, cumpliendo con los requisitos de resistencia y durabilidad, ofrecen ventajas en términos de costo accesible, disponibilidad local, bajo impacto ambiental y compatibilidad con las prácticas

constructivas tradicionales.

Muros: ladrillo "adobito" como material principal. Tras evaluar las alternativas disponibles (adobe tradicional, BTC, ladrillo ecológico), se seleccionó el ladrillo "adobito" por presentar un equilibrio óptimo entre cualidades. Este material, de arcilla cocida de forma artesanal, ofrece una resistencia a la compresión (5,0 - 15,0 MPa) muy superior a la del adobe convencional, garantizando una mayor capacidad portante y durabilidad. Su proceso de fabricación, al requerir una cocción menos intensiva que la del ladrillo industrial, reduce significativamente su huella de carbono. Además, su formato y textura, similares al adobe, lo hacen culturalmente aceptado y de fácil manejo para la autoconstrucción asistida.

Cubiertas: placas metálicas (calamina) con aislamiento complementario. La elección de la placa metálica ondulada responde fundamentalmente a criterios de bajo costo, durabilidad y accesibilidad generalizada. Como evidencian los datos del GAML P (2020), más del 81% de las viviendas paceñas utilizan este material, y el manual del VMVU (MOPSV, 2020, p. 44) ratifica que, a nivel nacional, el 54,32% de los hogares emplea calamina o planchas en sus techos, siendo el material predominante en áreas rurales (69,74%) y el segundo más usado en áreas urbanas (47,28%). Conscientes de sus limitaciones térmicas (alta conductividad que genera sobrecalentamiento diurno y pérdida de calor nocturna), la propuesta incorpora como elemento indispensable un cielo raso con aislamiento térmico (de fibra de vidrio, lana de roca o incluso tierra alivianada) que mitigue estas deficiencias y garantice condiciones de confort interior. El manual describe el cielo raso como la capa de mezcla de yeso o estuco bajo la losa, y el cielo falso como elementos suspendidos que pueden incluir aislamiento (MOPSV, 2020, p. 43).

Pisos: ladrillo cocido como opción de bajo costo y confort térmico. Para las superficies de piso, se opta por el ladrillo cocido tradicional. Esta elección se justifica por su bajo costo relativo, su disponibilidad en el mercado local y sus excelentes propiedades térmicas. Su alta inercia térmica, derivada de su densidad (1800-2000 kg/m³), contribuye a la regulación pasiva de la temperatura interior, manteniendo los ambientes más cálidos durante la noche y frescos durante el día, una ventaja crucial en el clima altiplánico. Asimismo, su estética natural y durabilidad lo convierten en una opción culturalmente pertinente y de bajo mantenimiento. El manual del VMVU (MOPSV, 2020, p. 65) detalla el proceso constructivo del piso, que incluye un empedrado (soladura) con piedras manzano de 8 a 10 cm de espesor,

una capa de hormigón de proporción 1:3:4 de 5 cm, y una capa fina de enlucido de 5 mm, destacando la importancia de las juntas de dilatación cada metro para evitar agrietamientos por cambios de temperatura.

Revoques: estuco de cal como protección y regulador ambiental. Para el revestimiento de muros, tanto interiores como exteriores, se selecciona el estuco de cal aérea. Esta elección se fundamenta en su costo moderado, su excelente comportamiento como regulador de la humedad ambiental y su alta transpirabilidad, que permite a los muros de ladrillo "adobito" "respirar", evitando condensaciones internas y la aparición de hongos. Además, su elevado pH le confiere propiedades antisépticas naturales, contribuyendo a un ambiente interior más saludable. Desde una perspectiva estructural, su flexibilidad lo hace compatible con los movimientos propios de la mampostería, reduciendo la fisuración. El manual del VMVU (MOPSV, 2020, p. 66-68) proporciona una guía detallada para la ejecución de revoques, incluyendo la colocación de hilos, puntos guía (botones) y fajas, así como las proporciones recomendadas de la mezcla (1 ½ balde de cal, ¼ de cemento, 3 baldes de arena) y la importancia de humedecer previamente el muro y proteger el revoque de temperaturas extremas.

5.1.3. Sistema estructural y elementos de refuerzo

La propuesta estructural se define a partir de los principios de la NBDS 2023 y las normativas internacionales de construcción con tierra reforzada. El objetivo es garantizar un comportamiento monolítico y dúctil de la edificación frente a solicitaciones sísmicas.

Cimentación monolítica y continua: Se proyecta una cimentación de zapata corrida de hormigón ciclópeo con 50% a 60% de concreto (dosificación 1:2:3) y 40% a 50% de piedra desplazadora (bolón), tal como recomienda el manual del VMVU (MOPSV, 2020, p. 57-58). Esta tipología, ampliamente utilizada en la construcción local, proporciona una base sólida y continua que distribuye uniformemente las cargas de los muros portantes y resiste los asentamientos diferenciales. El sobrecimiento de hormigón ciclópeo (MOPSV, 2020, p. 58-59) actuará como barrera contra la humedad ascendente y como elemento de anclaje para los refuerzos verticales. Sobre este, se colocará una capa aislante (impermeabilización) con alquitrán, manta de polietileno o membrana asfáltica para evitar el ascenso de la humedad del terreno hacia los muros (MOPSV, 2020, p. 59-

60).

Muros portantes de ladrillo "adobito": Los muros serán los elementos estructurales principales, diseñados para soportar cargas verticales y horizontales. El manual del VMVU (MOPSV, 2020, p. 60-61) detalla el proceso de asentado de ladrillos, recomendando humedecer las piezas antes de su colocación, mantener juntas de 1,5 cm, y no exceder una altura de 1,3 m por jornada de trabajo para evitar deformaciones. Se emplearán aparejos adecuados (soga, tizón o mixtos) según la función estructural del muro.

Elementos de amarre estructural para el confinamiento de muros: Siguiendo las recomendaciones de las normas peruana (E-080) y chilena (NCh3332), se incorporarán elementos de amarre de madera tratada para confinar la mampostería y mejorar su comportamiento sísmico. Esta solución, de bajo costo y fácil ejecución, utiliza madera aserrada de producción local para crear una estructura de confinamiento perimetral, complementando las vigas de encadenado de hormigón armado descritas en el manual (MOPSV, 2020, p. 61-62). Se dispondrán:

Soleras o vigas de coronación (de madera u H°A°) en la parte superior de todos los muros, ancladas a ellos mediante mortero de cemento o llaves de madera embebidas. Esta solera actuará como diafragma, distribuyendo las cargas de la cubierta y confinando la parte superior de los muros.

Refuerzos verticales en esquinas y encuentros, conectando la cimentación con la solera de coronación, para garantizar la continuidad estructural.

Amarres horizontales a media altura en muros de gran longitud, para controlar la esbeltez y mejorar su resistencia a cargas perpendiculares al plano.

Dinteles de H°A° sobre vanos de puertas y ventanas, reforzados con dos varillas de fierro de 3/8" de 1,30 m de longitud, para distribuir las cargas superiores (MOPSV, 2020, p. 63).

Esta combinación de mampostería portante confinada con elementos de madera y una cimentación robusta busca optimizar la relación entre seguridad estructural, costo y facilidad constructiva, permitiendo su implementación en proyectos de autoconstrucción asistida o vivienda de interés social. El manual del VMVU (MOPSV, 2020, p. 44) recuerda que los materiales más utilizados en la construcción boliviana son, por orden, el ladrillo en muros, la calamina en techos y el cemento en pisos, lo que valida la pertinencia de las elecciones realizadas en esta

propuesta.

5.1.4. Configuración espacial y crecimiento progresivo

La vivienda popular no es un objeto estático, sino un proceso. Las directrices espaciales deben, por tanto, facilitar su evolución en el tiempo, en consonancia con las necesidades cambiantes de la familia y su capacidad de ahorro.

Diseño para la progresividad: La vivienda debe concebirse a partir de un módulo básico inicial que contenga los espacios indispensables: estar-comedor, cocina, baño y un dormitorio. Este núcleo debe estar estratégicamente ubicado en el lote para permitir ampliaciones futuras sin comprometer la iluminación, ventilación o la estructura original. El proyecto debe prever la localización de futuros dormitorios y espacios, así como las conexiones estructurales (como dejar armaduras de espera) para facilitar un crecimiento ordenado. El manual del VMVU (MOPSV, 2020, p. 17) establece las superficies mínimas que deben cumplir estos ambientes para garantizar condiciones dignas y evitar el hacinamiento.

Regularidad y simplicidad formal: La NBDS 2023 enfatiza la importancia de la regularidad en planta y altura para un buen comportamiento sísmico. Por ello, las tipologías propuestas tenderán a formas simples, ortogonales y simétricas, evitando entrantes y salientes pronunciados que concentren tensiones. La planta baja, de mayor solidez, puede albergar usos productivos o comerciales el manual del VMVU (MOPSV, 2020, p. 12) introduce explícitamente el concepto de "vivienda productiva", entendida como el desarrollo de actividades económico-productivas de bienes y servicios dentro de la vivienda, una estrategia común en la vivienda popular paceña que contribuye a la economía familiar y que debe ser considerada en el diseño, previendo ambientes de trabajo y accesos independientes.

Funcionalidad, orientación y condiciones de habitabilidad: Todos los espacios proyectados deberán cumplir con las dimensiones mínimas establecidas por las Normas Técnicas de Vivienda del Viceministerio de Vivienda y Urbanismo (2020) para garantizar condiciones dignas y evitar el hacinamiento. Se garantizará la iluminación y ventilación natural cruzada de todos los ambientes, así como su correcta orientación para maximizar el confort térmico pasivo. El manual del VMVU (MOPSV, 2020, p. 20-21) dedica una sección específica al asolamiento y la orientación, señalando que, para la región, la orientación óptima es aquella que maximiza la captación de radiación solar durante el día para mitigar las bajas

temperaturas nocturnas.

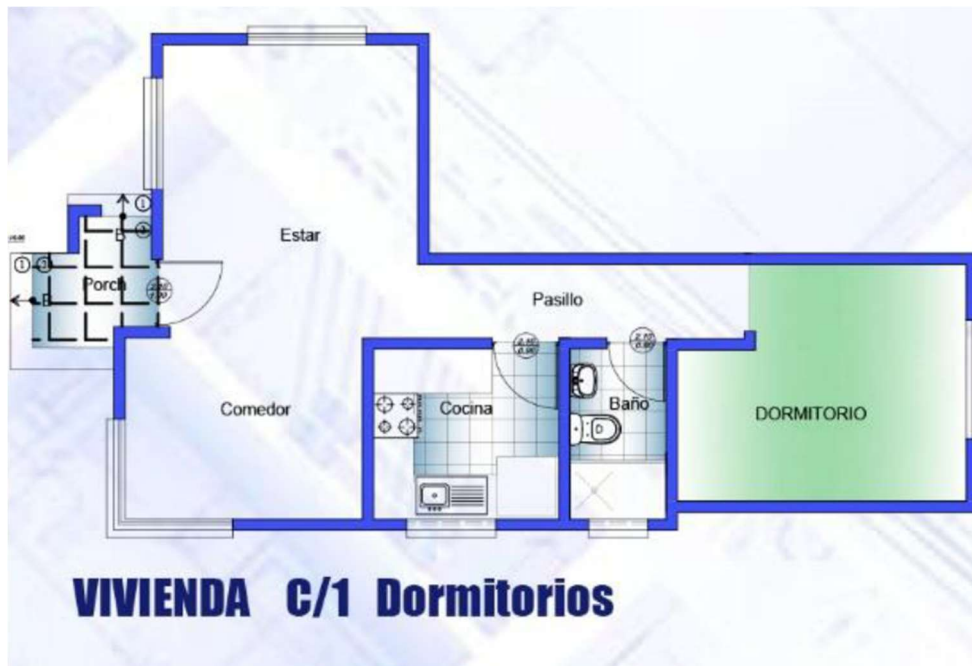
Circulaciones eficientes: La organización de los espacios debe contemplar una clara diferenciación entre las áreas social, íntima y de servicio, conectadas mediante circulaciones (horizontales y verticales) eficientes que no generen espacios residuales o de difícil aprovechamiento (MOPSV, 2020, p. 21).

5.2. DESARROLLO DEL PROYECTO

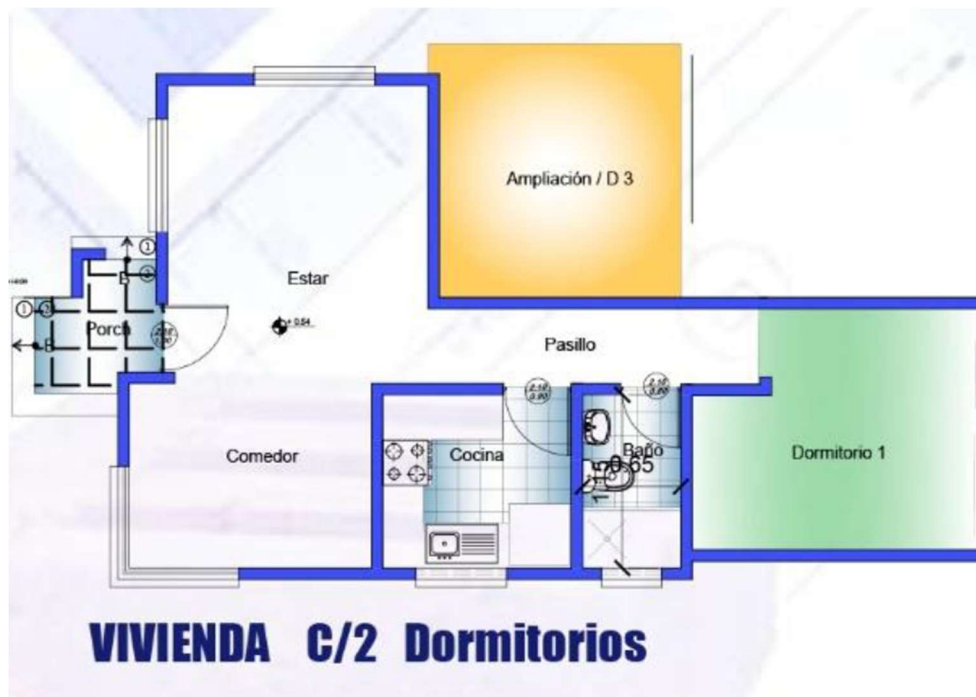
El desarrollo de la propuesta de tipologías ha seguido un proceso metodológico iterativo que integra los hallazgos de los capítulos precedentes.

Análisis y síntesis: El proceso de desarrollo de las tipologías se inició con un análisis de las características recurrentes de la vivienda autoconstruida en las laderas de La Paz, identificadas en la fundamentación teórica: implantación escalonada para adaptarse a la topografía, uso de una combinación de materiales locales e industrializados (materiales mixtos), y un patrón de crecimiento progresivo que responde a la capacidad de ahorro de las familias (CHUGAR, 2007). Este conocimiento empírico, sin embargo, debe ser contrastado con las exigencias del marco normativo vigente para garantizar la seguridad estructural.

En esta fase de síntesis, se procedió a evaluar críticamente las tipologías de vivienda social propuestas por el "Manual de Construcción de Viviendas Sociales" del Viceministerio de Vivienda y Urbanismo (MOPSV, 2020), documento de referencia oficial a nivel nacional. Si bien el manual constituye un avance significativo al establecer estándares de habitabilidad y proporcionar modelos para diferentes regiones del país, un análisis detallado de sus propuestas arquitectónicas a la luz de los principios de la NBDS 2023 y de la Guía Boliviana de Diseño Sísmico (GRANDI, 2018) revela configuraciones que podrían resultar perjudiciales para el comportamiento sísmico de las edificaciones.

Figura 22 - vivienda aislada de 1 dormitorio

Fuente: VMVU, 2020

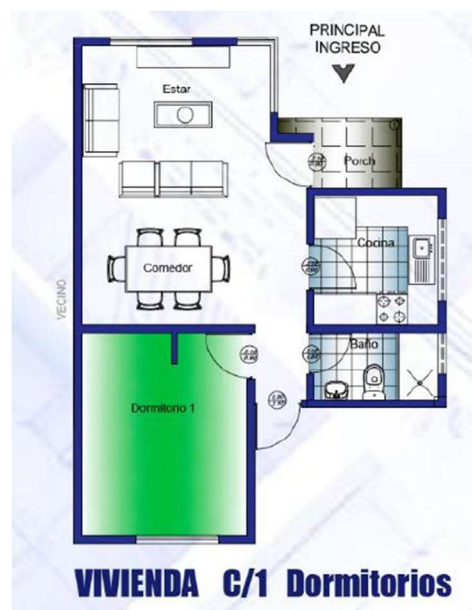
Figura 23 - Vivienda Aislada, Progresiva

Fuente: VMVU, 2020

La primera observación crítica se refiere a la configuración en planta de las tipologías presentadas en las figuras 25, 26, particularmente adoptan formas en "L" o presentan esquinas entrantes pronunciadas (MOPSV, 2020, p. 95-120). Esta configuración introduce una irregularidad geométrica significativa. La NBDS 2023, en

su Artículo 16, categoriza las "Esquinas Entrantes" como una irregularidad estructural en planta, estableciendo que "la estructura se califica como irregular cuando tiene esquinas entrantes cuyas dimensiones en ambas direcciones son mayores que 20 % de la correspondiente dimensión total en planta" (MOPSV, 2023, p. 25). La presencia de esta irregularidad obliga a la aplicación de un factor de reducción (FIT), que penaliza la capacidad de disipación de energía de la estructura. De manera similar, la Guía Boliviana de Diseño Sísmico (GRANDI, 2018, p. 21) advierte explícitamente sobre los peligros de las plantas irregulares, señalando que "se debe evitar tener plantas irregulares que puedan generar comportamientos difíciles de predecir con los modelos de análisis sísmicos disponibles". La forma en "L" tiende a concentrar esfuerzos en la esquina reentrante durante un sismo, generando torsión y daños localizados que pueden comprometer la integridad del conjunto.

Figura 24 - Vivienda Adosada 1, con 1 dormitorio



Fuente: VMVU, 2020

Figura 25 - Vivienda Adosada 1, Progresiva con 3 dormitorios

Fuente: VMVU, 2020

la tipología de vivienda adosada 1 figura 26 y 27 presenta una configuración en planta que se aproxima a una forma de "T", generada por entrantes y salientes en el volumen edificado. Esta configuración constituye una irregularidad geométrica significativa. La NBDS 2023, en su Artículo 16, clasifica explícitamente las "Esquinas Entrantes" como una irregularidad estructural en planta (Ip), estableciendo que una estructura se califica como irregular cuando las dimensiones de dichas esquinas "en ambas direcciones son mayores que 20 % de la correspondiente dimensión total en planta" (MOPSV, 2023, p. 25). La presencia de esta irregularidad obliga a la aplicación de un Factor de Irregularidad Total (FIT) menor a la unidad, lo que reduce la capacidad de disipación de energía de la estructura y exige un análisis y diseño más riguroso. La Guía Boliviana de Diseño Sísmico (GRANDI, 2018, p. 21) complementa esta advertencia, señalando que este tipo de configuraciones "pueden generar comportamientos difíciles de predecir con los modelos de análisis sísmicos disponibles", principalmente debido a la concentración de esfuerzos y a la aparición de torsión.

Además de la forma general, se observa una distribución asimétrica de los muros y vanos. La rigidez torsional de una estructura depende en gran medida de la ubicación de sus elementos resistentes (muros y columnas) en relación con el centro de masas. La asimetría en planta, común en estas tipologías adosadas, desplaza el centro de rigidez respecto al centro de masas, generando

inevitablemente torsión bajo la acción sísmica. La Guía de Grandi (2018, p. 23-24) ilustra explícitamente cómo la incorrecta localización de muros de cortante o, en este caso, de la masa y la rigidez en general induce torsión, un efecto que puede amplificar los desplazamientos en los bordes del edificio y provocar daños concentrados en elementos estructurales.

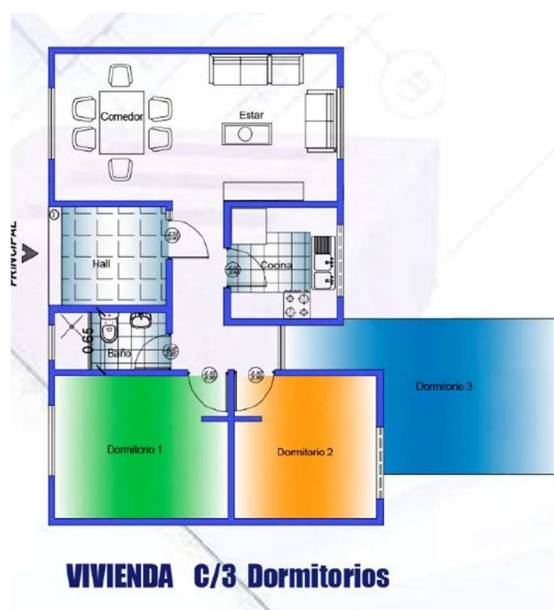
En esta misma tipología, se observa la colocación de vanos de ventanas o puertas muy próximos a las esquinas de los ambientes, o directamente en la intersección de dos muros. Esta disposición es estructuralmente desfavorable, ya que interrumpe la continuidad de los elementos de confinamiento como las columnas o los refuerzos verticales en muros portantes en puntos críticos para la estabilidad de la edificación. Las esquinas son zonas de concentración de esfuerzos, especialmente bajo solicitaciones sísmicas. La presencia de un vano en esa ubicación debilita la conexión entre los muros perpendiculares, reduce la capacidad del conjunto para resistir fuerzas cortantes y momentos flectores, y puede generar un punto de falla frágil. Aunque la NBDS 2023 no detalla este aspecto a nivel de vanos individuales, sus requisitos de regularidad y continuidad estructural, así como las recomendaciones de la Guía de Grandi (2018, p. 21) sobre "evitar la disposición de soportes verticales cortos" (un problema relacionado con la discontinuidad), subrayan la importancia de mantener la integridad de los elementos resistentes en las zonas más solicitadas.

Figura 26 - Vivienda Adosada 2 de 1 dormitorio



Fuente: VMVU, 2020

Figura 27 - Vivienda Adosada 2 progresiva de 3 dormitorios



Fuente: VMVU, 2020

La siguiente tipología analizada imagen 29 presenta un esquema de crecimiento progresivo que, si bien responde a una necesidad real de las familias, adolece de una falta de planificación estructural. El esquema muestra cómo la vivienda, inicialmente concebida quizás como un módulo de un dormitorio, puede expandirse mediante la adición de volúmenes. Sin embargo, esta adición no parece considerar la regularidad de la configuración final. La agregación de un nuevo dormitorio puede generar las mismas irregularidades en planta (formas en "L", esquinas entrantes) que se han identificado como peligrosas en la Imagen 1. Más crítico aún, la Guía de Grandi (2018, p. 21) advierte sobre los peligros de la "planta baja débil", un fenómeno que puede ocurrir si el crecimiento vertical no se prevé estructuralmente desde el inicio. Si la vivienda inicial no está diseñada para soportar un segundo piso, la adición posterior puede resultar en una estructura con una planta baja mucho más flexible (o débil) que la superior, creando una irregularidad en altura que la NBDS 2023 (Artículo 16, Tabla 9) también penaliza con un factor de irregularidad. La Guía (GRANDI, 2018, p. 21) es clara al respecto: "Se recomienda no tener soportes verticales más altos en la planta baja, caso contrario se los deberá reforzar adecuadamente". Un crecimiento vertical no contemplado en el diseño original conduce precisamente a esa situación, ya que las columnas y muros de la planta baja, dimensionados para una carga menor, pueden resultar insuficientes.

En consecuencia, el contraste entre las tipologías oficiales y el marco normativo sísmico permitió evaluar la vulnerabilidad de ciertas configuraciones comunes y extraer lecciones cruciales para el diseño. Se identificó que la simple provisión de espacios mínimos no es suficiente; es imperativo que la configuración arquitectónica, incluso en su estado inicial y en sus proyecciones de crecimiento, respete los principios de regularidad, simetría y continuidad estructural. Este análisis crítico sirvió como punto de partida para el desarrollo de las tipologías propias de esta investigación, las cuales buscan integrar la funcionalidad y la progresividad con un cumplimiento riguroso de los criterios de seguridad sísmica, evitando las configuraciones identificadas como potencialmente peligrosas.

5.3. TIPOLOGIAS DE VIVIENDAS

5.3.1. Respuesta al cuarto objetivo específico

En cumplimiento del cuarto objetivo específico de esta investigación "Desenvolver y proponer una tipología de vivienda progresiva, socioambiental y popular que integre directrices de diseño basadas en la adaptación al terreno y la sostenibilidad, articulando el uso de materiales locales y el cumplimiento normativo", se han desarrollado cuatro tipologías de vivienda. Estas tipologías fueron concebidas a partir de los siguientes ejes estructurantes:

Normativa VMVU (2020): cumplimiento de superficies mínimas y máximas por número de dormitorios.

Norma Boliviana de Diseño Sísmico (NBDS, 2023): criterios de regularidad en planta, confinamiento de muros y cimentaciones continuas.

Materialidad seleccionada: muros en ladrillo adobito (5,0 15,0 MPa de resistencia a compresión), cubierta de calamina con aislamiento térmico complementario, pisos de ladrillo cocido, revoques de cal.

Adaptación a la topografía de ladera: las cuatro tipologías fueron diseñadas en formato modular con módulos base de 3,78 m de ancho por 2,84 m de fondo, lo que permite su implantación en terrenos con pendientes mediante estrategias de terraceo, escalonamiento de cimentaciones y sistemas de drenaje perimetral.

Las tipologías se organizan en función de su superficie construida y su capacidad de crecimiento progresivo, conforme al cuadro 25.

Cuadro 25- Síntesis de las cuatro tipologías de vivienda socioambiental.

Tipología	Superficie	Espacios	Modelo	Tipo de uso mixto
T1	49	Estar, cocina, baño, 1 dormitorio	Horizontal (básico)	No
T2	55 65	Estar, cocina, baño, 2 dormitorios	Horizontal (estándar)	No
T3	65 78	Estar, cocina, baño social, baño suite, 3 dormitorios	Horizontal progresivo (suite incorporada)	Sí (adaptable a comercio)
T4	65 78 (+PA)	PB: estar, cocina, baño, 2 dormitorios; PA: 2 dormitorios, 1 baño extra	Vertical progresivo (2 pisos)	Sí (PB comercio, PA residencial)

Fuente: elaboración propia.

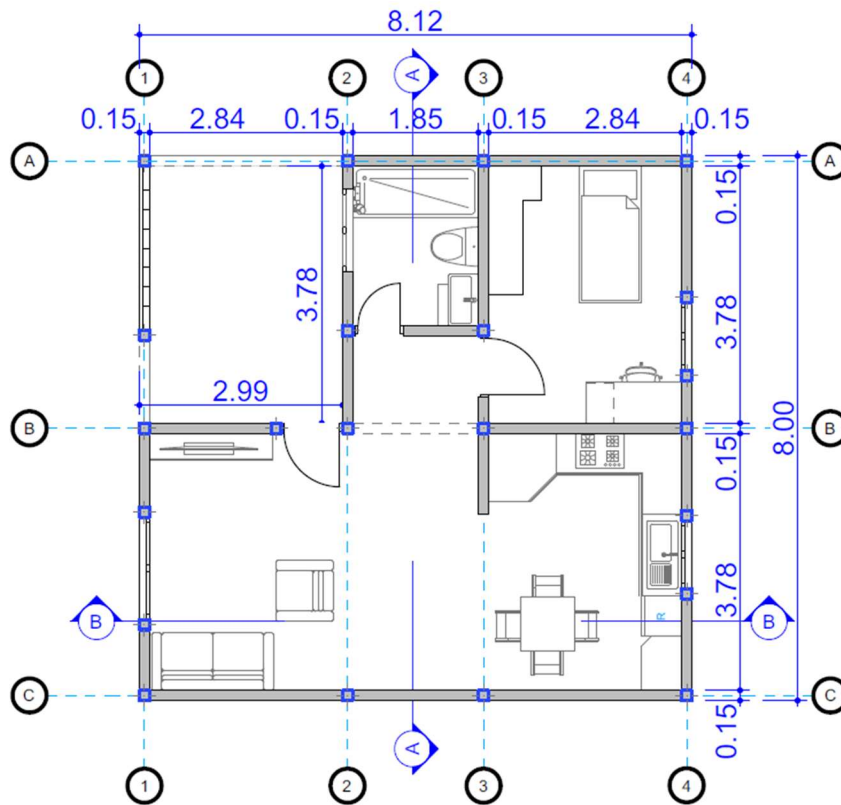
A continuación, se desarrolla cada tipología con el nivel de detalle requerido para su aplicación en zonas vulnerables de laderas de la ciudad de La Paz. La documentación gráfica completa —planos, cortes, fachadas y demás información técnica relevante— se incluye en el Apéndice del presente trabajo.

5.3.2. Tipología T1: módulo básico de 49 m² (1 dormitorio)

Caracterización general

La tipología T1 corresponde a una vivienda unifamiliar de 49 m² de superficie construida, dimensionada dentro del rango establecido por el Manual de Construcción de Viviendas Sociales del Viceministerio de Vivienda y Urbanismo (VMVU, 2020) para viviendas de un dormitorio (45 55 m²). Su programa arquitectónico comprende: sala-estar, cocina, baño completo y un dormitorio.

Esta tipología está concebida como módulo básico inicial para familias en etapa de consolidación habitacional, pudiendo funcionar como vivienda independiente o como núcleo para ampliaciones futuras (horizontal o vertical).

Figura 28 Tipología 1 planta baja

Fuente: Diseño del Autor 2026

Configuración espacial y dimensiones (según imagen)

A partir del análisis de la Figura 30, se identifican los siguientes módulos modulares:

Módulo base: ancho de 3,78 m por fondo de 2,84⁵ m (aproximadamente 10,74 m² por módulo).

Composición en planta (T1): 3 módulos en fondo × 1 módulo en ancho = 3 módulos totales $3 \times 10,74 \text{ m}^2 = 32,22 \text{ m}^2$ (área interior neta aproximada). Con muros y circulaciones, se alcanzan los 49 m² de superficie útil declarada.

5.3.3. Tipología T2: módulo estándar de 55 a 65 m² (2 dormitorios)**Caracterización general**

La tipología T2 corresponde a una vivienda de superficie variable entre 55 m² y 65 m², conforme a la normativa VMVU (2020) para dos dormitorios. Su programa incluye: sala-estar, cocina, baño completo y dos dormitorios.

⁵ Nota técnica: las dimensiones observadas en la imagen (3,78 m, 2,84 m, 0,15 m para muros divisorios) corresponden a una retícula modular de 0,15 m para elementos verticales (muros de ladrillo adobito de espesor nominal), lo que permite una coordinación dimensional exacta en obra.

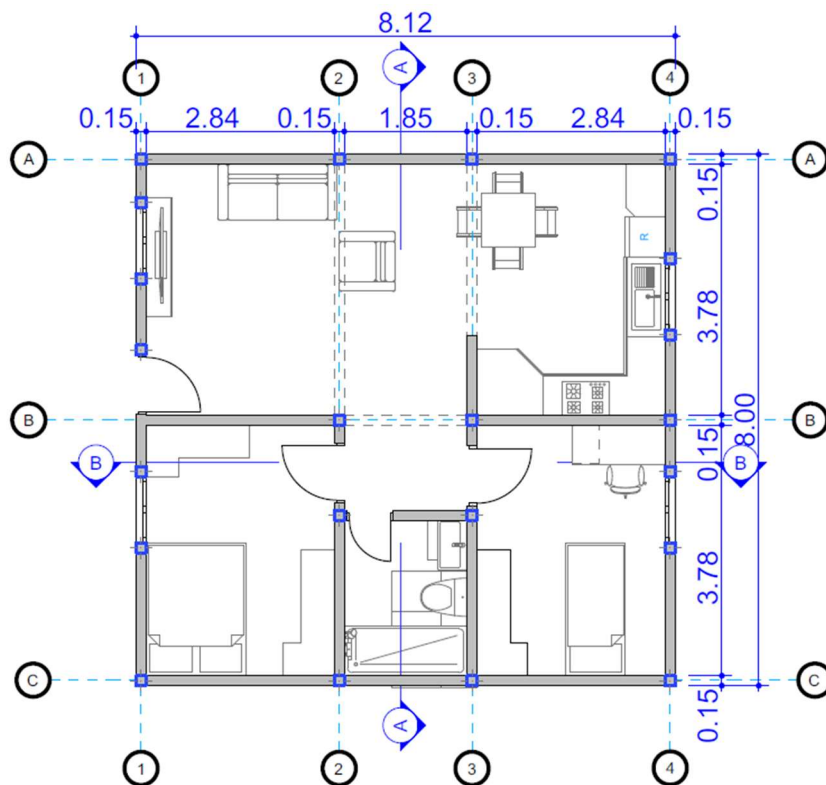
Esta configuración representa el estándar mínimo de habitabilidad para una familia de 3 a 4 personas (dos adultos y uno o dos hijos), sin hacinamiento. Configuración espacial y dimensiones (según imagen)

Módulo base: mismo reticulado de 3,78 m × 2,84 m.

Composición en planta (T2): 3 módulos en fondo × 2 módulos en ancho = 6 módulos totales $6 \times 10,74 \text{ m}^2 = 64,44 \text{ m}^2$ (área interior neta aproximada), compatibles con el rango normativo.

La organización espacial distribuye los dos dormitorios en el fondo de la planta, separados del área social por un pasillo distribuidor. El baño se ubica entre los dormitorios para optimizar la circulación y reducir la longitud de tuberías.

Figura 29 tipología 2 planta baja



Fuente: Diseño del Autor, 2026

5.3.4. Tipología T3: módulo progresivo horizontal de 65 78 m² (3 dormitorios, con suite)

Caracterización general

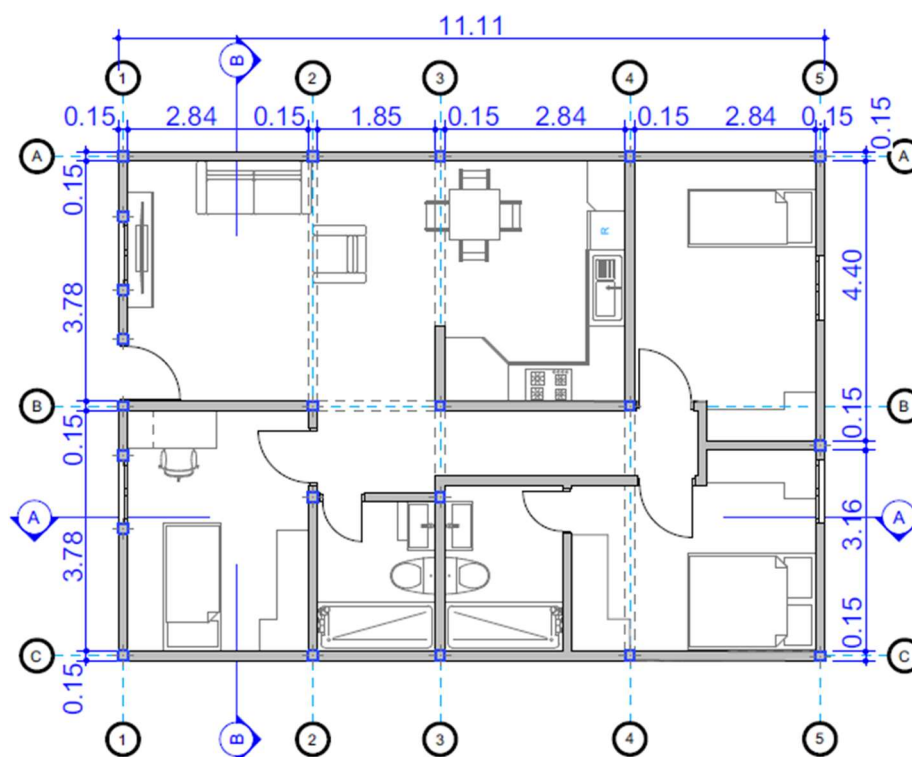
La tipología T3 corresponde a una vivienda de superficie variable entre 65 m² y 78 m², conforme a la normativa VMVU (2020) para tres dormitorios. Su

programa incluye: sala-estar, cocina, baño social, tres dormitorios uno de ellos configurado como suite con baño privado.

Esta tipología materializa el concepto de crecimiento progresivo horizontal: la vivienda inicia como T2 (78 m², dos dormitorios) y, mediante una ampliación planificada, se incorpora un tercer módulo que alberga la suite. Esta ampliación fue prevista en el diseño estructural original, dejando vigas de espera en la cimentación y muros de cierre temporales para facilitar la futura conexión.

Configuración espacial y dimensiones

Figura 30 tipología 3 planta baja



Fuente: Diseño del Autor, 2026

Módulo base: 3,78 m × 2,84 m.

Composición en planta (T3): 3 módulos en fondo × 3 módulos en ancho = 9 módulos totales → $9 \times 10,74 \text{ m}^2 = 96,66 \text{ m}^2$ (área bruta). Descontando muros y circulaciones, se obtienen los 65 78 m² útiles declarados.

La organización espacial distribuye:

- Zona social (sala-estar, cocina) en el frente.
- Zona íntima (dos dormitorios secundarios y baño social) en el centro.
- Suite principal (dormitorio + baño privado) en el fondo, con

acceso independiente desde el pasillo distribuidor.

La tipología T3 es fácilmente adaptable a uso mixto mediante las siguientes intervenciones (sin modificar la estructura portante):

Opción A (comercio en el frente): los primeros 2 módulos del frente (sala-estar y cocina) se destinan a pequeño comercio o taller, con acceso independiente desde la vía pública. La suite principal se mantiene como área residencial.

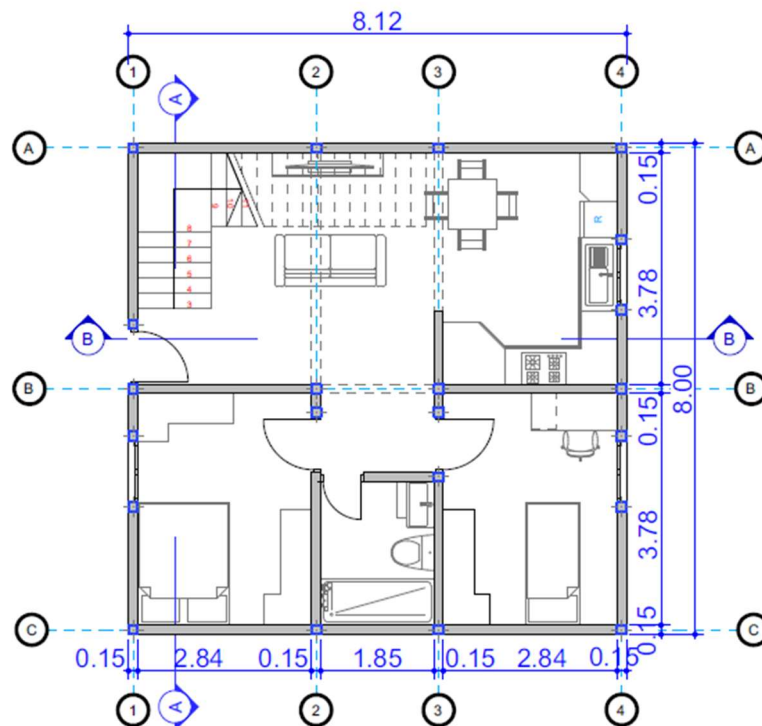
Opción B (comercio en todo el PB): toda la planta baja se destina a uso comercial (tienda, panadería, taller textil), y la residencia se traslada a una primera planta construida sobre los muros portantes confinados, siguiendo la lógica de crecimiento vertical de la tipología T4.

Esta flexibilidad funcional responde a la necesidad de vivienda productiva identificada en el diagnóstico (Chugar, 2007; Abramo, 2016), donde la vivienda popular opera también como plataforma de generación de ingresos familiares.

5.3.5. Tipología T4: módulo progresivo vertical de 2 pisos (4 dormitorios, con posibilidad de uso mixto)

Caracterización general

La tipología T4 corresponde a una vivienda de dos niveles, con superficie construida total de 65 m² por piso (33 en la parte superior con un total de 98 m² sumados ambos pisos). El programa se distribuye de la siguiente manera:

Figura 31 Tipología 4 planta baja

Fuente: Diseño del Autor, 2026

Módulo base: 3,78 m × 2,84 m.

Composición en PB (T4): 3 módulos en fondo × 2 módulos en ancho = 6 módulos (misma superficie que T2: 55 65 m² útiles).

Composición en PA: misma retícula que PB, con la siguiente redistribución:

Zona de circulación vertical (escalera de 0,90 m de ancho, ubicada en el frente o en el centro).

Dos dormitorios de 9 12 m² cada uno.

Un baño completo de 3,5 4,0 m², alineado verticalmente con el baño de PB para optimizar las instalaciones.

5.4. APLICACIÓN DE LA NORMATIVA DE DISEÑO SISMORRESISTENTE EN LAS TIPOLOGIAS

El diseño estructural de las tipologías propuestas se fundamenta en los preceptos de la Norma Boliviana de Diseño Sísmico (NBDS, 2023), complementada por las disposiciones del Manual de Construcción de Viviendas Sociales del Viceministerio de Vivienda y Urbanismo (VMVU, 2020) y, en lo pertinente, por la Norma Técnica Peruana E-080 (2017). La articulación de estos tres

referentes normativos permite garantizar que las tipologías T1, T2, T3 y T4 presenten un comportamiento sísmico adecuado, especialmente en el contexto de suelos de ladera característicos de las zonas periurbanas de La Paz.

5.4.1. Cimentación

a) Parámetros normativos de referencia

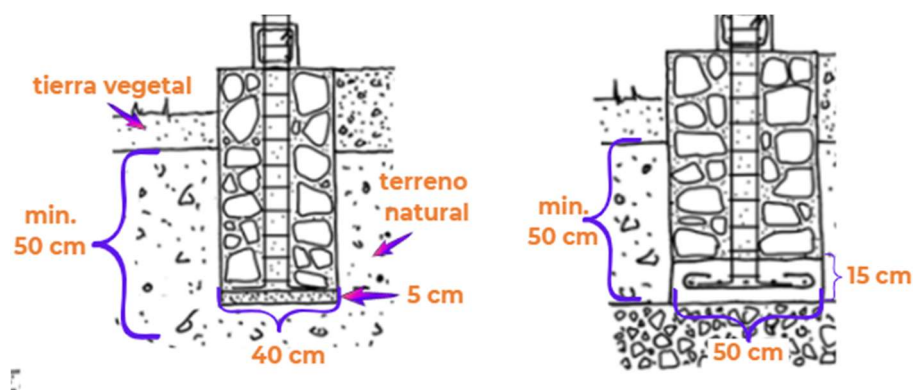
La NBDS (2023, Artículo 19) establece que las fundaciones deben ser dimensionadas en función de la capacidad de soporte del terreno, pudiendo emplearse métodos por esfuerzos admisibles o por factores de carga y resistencia (MOPSV, 2023, p. 47). En lo que respecta a las profundidades y anchos mínimos, la norma señala criterios diferenciados según la tipología de suelo:

Cuadro 22- criterios de las dimensiones para la cimentación.

Tipo de suelo	Caracterización	Profundidad mínima (m)	Ancho mínimo (m)
S0 Roca o suelo duro	Roca sana o muy dura, baja compresibilidad	0,50	0,40
S1 Suelo compactado	Gravas densas, arcillas duras	0,50	0,50
S2 Suelo de rigidez media	Arenas medianamente densas, arcillas medias	0,50	0,60
S3 Suelo blando	Arenas sueltas, arcillas blandas	0,50	0,70

Fuente: Elaboración propia con base en MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS, SERVICIOS Y VIVIENDA (MOPSV, 2023, Tabla 12), MANUAL VMVU (2020, p. 57-58).

Figura 32 medidas mínimas de profundidad de la cimentación



Fuente: Elaboración propia en base a la NBDS 2024

Por su parte, el Manual VMVU (2020, p. 57 58) recomienda, para viviendas de uno a dos pisos en suelos de capacidad portante media ($\geq 1,0 \text{ kg/cm}^2$), una profundidad mínima de 0,80 m bajo el nivel del terreno natural, criterio más conservador que el mínimo de 0,50 m establecido por la NBDS. Esta recomendación responde a la necesidad de:

Proteger la cimentación de las heladas (relevante en el altiplano paceño, donde la temperatura puede descender por debajo de 0°C).

Evitar el contacto de la cimentación con la capa vegetal superficial, que presenta baja capacidad portante y alta compresibilidad.

Alcanzar estratos más competentes en suelos de ladera, donde el perfil geotécnico es heterogéneo.

La Norma Peruana E-080 (2017, p. 14), aplicable a construcciones con tierra reforzada, complementa estos criterios al exigir que la cimentación sea corrida, rígida y provista de una barrera contra la humedad ascendente (sobrecimiento impermeabilizado), así como drenajes perimetrales para evacuar aguas superficiales que puedan comprometer la estabilidad del terreno.

b) Solución adoptada para las tipologías propuestas

A partir de la integración de los referentes normativos mencionados, se definió una cimentación tipo zapata corrida de hormigón ciclópeo, cuyas dimensiones y características se presentan en la Tabla 25.

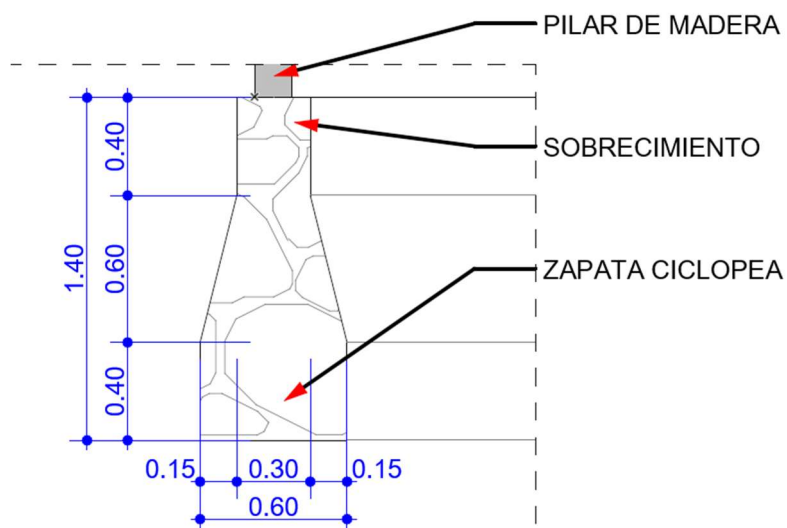
Cuadro 26 Parámetros utilizados en las tipologías

Parámetro	Dimensión / Especificación	Fundamento normativo
Profundidad de desplante	1.4 m bajo el nivel del terreno natural	VMVU (2020) recomienda 0,80 m; se adopta 0,90 m por seguridad en suelos de ladera
Ancho en la base (zapata)	0,60 m (forma trapezoidal)	NBDS: para suelo blando (S3), ancho mínimo 0,70 m; se adopta 0,80 m para distribución más uniforme de tensiones
Ancho en la parte superior (sobrecimiento)	0,30 m	Compatible con muros de ladrillo <i>adobito</i> de 0,15 m de espesor (incluyendo revoques)
Altura total del cimiento	1.20 m (desde la base hasta el sobrecimiento)	Estándar para viviendas de 1 2 pisos en suelos de capacidad portante media
Altura del sobrecimiento	0,40 m	Barrera contra humedad ascendente y elemento de transición
Dosificación del hormigón ciclópeo	1:3:6 (cemento:arena:grava) + 40% piedra bolón	Manual VMVU (2020, p. 58)

Barrera impermeabilizante	Capa de mortero impermeable o membrana asfáltica entre sobrecimiento y muro	Norma Peruana E-080 (2017, p. 14)
----------------------------------	---	-----------------------------------

Fuente: Elaboración propia 2026

Figura 33 Medidas utilizadas en las tipologías



Fuente: Elaborado por el autor, 2026

Justificación geométrica del perfil trapezoidal:

La zapata corrida presenta una forma trapezoidal ancho de 0,60 m en la base y 0,30 m en la coronación por las siguientes razones:

Distribución de tensiones: el mayor ancho en la base reduce la presión de contacto sobre el suelo ($\text{presión} = \text{carga} / \text{área}$), lo que resulta crítico en suelos de ladera con capacidad portante variable ($1,0 \text{ a } 2,0 \text{ kg/cm}^2$).

Resistencia al corte por punzonamiento: el hormigón ciclópeo (con piedra bolón de diámetro $\leq 15 \text{ cm}$) tiene buena resistencia a compresión, pero limitada resistencia a la tracción. La forma trapezoidal concentra el material en la zona de mayores esfuerzos (base).

Economía de materiales: la reducción del ancho en la parte superior (0,30 m) evita el uso innecesario de concreto en regiones de menor sollicitación, reduciendo costos sin comprometer la seguridad.

Compatibilidad con el muro: el ancho de 0,30 m en la coronación coincide exactamente con el espesor del muro portante de ladrillo adobito (incluyendo revoques interiores y exteriores de cal).

Consideración adicional para suelos blandos (S3) y pendientes $> 15\%$:

En terrenos clasificados como suelo blando (arenas sueltas, arcillas blandas) o en pendientes superiores al 15%, se recomienda:

Incrementar la profundidad de desplante a 1,20 m.

5.4.2. Configuración estructural sísmica

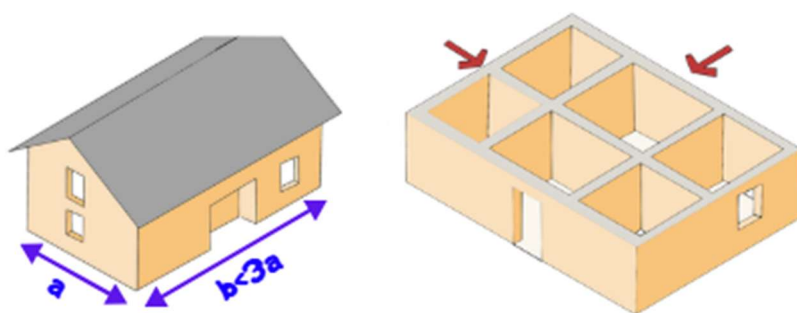
La NBDS (2023, Artículos 15 a 18) establece que la vulnerabilidad sísmica de una edificación está directamente relacionada con su regularidad en planta y en altura, así como con la adecuada configuración de sus elementos resistentes. La norma define dos categorías de irregularidad en planta y en altura, cada una con subcategorías que, de presentarse, obligan a aplicar factores de reducción de la capacidad de disipación de energía (Factores de Irregularidad Total, FIT, y Factores de Irregularidad en Altura, FIA).

Para lograr una vulnerabilidad sísmica baja (categoría de desempeño: colapso prevenido bajo el sismo de diseño con periodo de retorno de 475 años), la edificación debe cumplir con los siguientes requisitos, sintetizados a partir de la NBDS (2023, Tablas 8 y 9) y de la Guía Boliviana de Diseño Sísmico (GRANDI, 2018, p. 20 24):

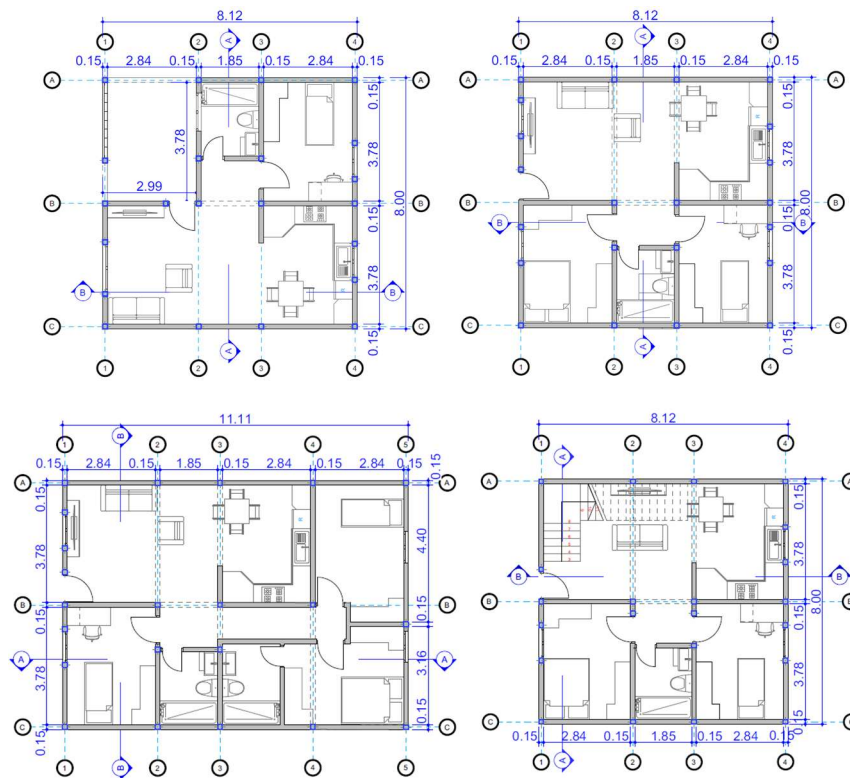
En un resumen sobre la configuración estructural la norma nos dice, que para tener una vulnerabilidad baja se debe cumplir con los siguientes requisitos.

- Debe ser una forma geométrica regular
- Si es largo debe ser 3 veces menor q el ancho
- No debe tener gran cantidad de aberturas
- Los muros deben ser confinados o reforzados
- Debe tener rigidez estructural en los sentidos X y Y

Figura 34 Configuración estructural para tener baja vulnerabilidad



Fuente: Elaboración propia en base a la NBDS 2024

Figura 35 Formato regular de las tipologías

Fuente: Elaborado por el autor, 2026

El diseño cumple con la normativa, todas las tipologías presentan formas regulares, con paredes confinadas y aberturas de ventanas dispuestas en un solo sentido.

5.4.3. Recomendaciones de configuración estructural sísmica

Para realizar el análisis de configuración estructural sísmica en relación con las tipologías propuestas en el presente trabajo, seleccioné un perfil topográfico representativo de una zona de ladera de la ciudad de La Paz. El área de estudio se ubica en la zona de Martínez Monje, específicamente sobre la Avenida 9 de Abril, en el Barrio Sagrado Corazón de Jesús.

Figura 36 Ubicación del Perfil Topográfico

Fuente: Elaborado por el autor, 2026

Cabe señalar que esta avenida constituye un eje vial de conexión entre las ciudades de La Paz y El Alto, siendo una vía de alta transitabilidad que evidencia, en su trazado, las condiciones topográficas propias de la transición entre el valle paceño y el altiplano. En este sector, la urbanización se ha dispuesto en manzanas que se adaptan a la pendiente natural del terreno, configurando un paisaje urbano donde las edificaciones se escalonan siguiendo la morfología inclinada del relieve.

Figura 37 Perfil Topográfico de Google Earth

Fuente: Google Earth

Según se observa en el perfil topográfico extraído de Google Earth, la altitud máxima del perfil alcanza los 3867 msnm, mientras que la altitud mínima se registra en 3815 msnm, lo que arroja una diferencia altitudinal de 52 metros, evidenciando una pendiente pronunciada característica de las zonas de ladera de La Paz.

Para el análisis de implantación de las tipologías propuestas (T1 a T4), adopté la Avenida 9 de abril como cota de referencia (cota 0). A partir de esta referencia, consideré la Calle Queipo de Llano, vía paralela a la avenida, la cual presenta una diferencia de nivel de 24 metros con respecto a la cota de referencia, condición representativa de los desniveles entre vías en los asentamientos de ladera del sector.

Figura 38 Perfil topográfico según las elevaciones de Google Earth



Fuente: Elaborado por el autor, 2026

Con base en los lineamientos establecidos por la Guía Boliviana de Diseño Sísmico (GBDS, 2018), la cual constituye la base técnica de la actual Norma Boliviana de Diseño Sísmico (NBDS, 2023), a continuación, se presentan las recomendaciones fundamentales para la configuración estructural de las tipologías de vivienda propuestas en zonas de ladera de la ciudad de La Paz.

5.4.4. Adaptación a la topografía de ladera y gestión de taludes

En terrenos con pendiente pronunciada, característicos de las zonas periurbanas de La Paz, la configuración estructural debe considerar obligatoriamente la interacción entre la edificación y el talud adyacente.

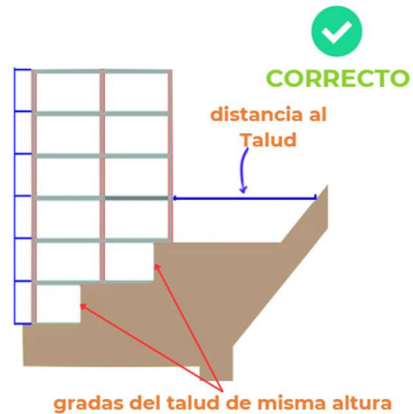
Escalonamiento de terrazas o gradas de talud: Cuando se requiera generar plataformas para la implantación de la vivienda, las gradas o terrazas del talud deben proyectarse con alturas uniformes y regulares, evitando desniveles bruscos que concentren tensiones o generen inestabilidad en el terreno (GBDS, 2018, p. 8-10).

Distancia de seguridad al talud: Toda edificación debe mantener una distancia mínima de seguridad respecto al borde superior del talud. En caso de que la proximidad sea inevitable, se deben ejecutar muros de contención de hormigón armado o gaviones debidamente dimensionados para contener y estabilizar el talud, evitando deslizamientos que comprometan la cimentación de la vivienda (GBDS, 2018, p. 11-12).

Continuidad estructural en pendiente: La cimentación debe ser

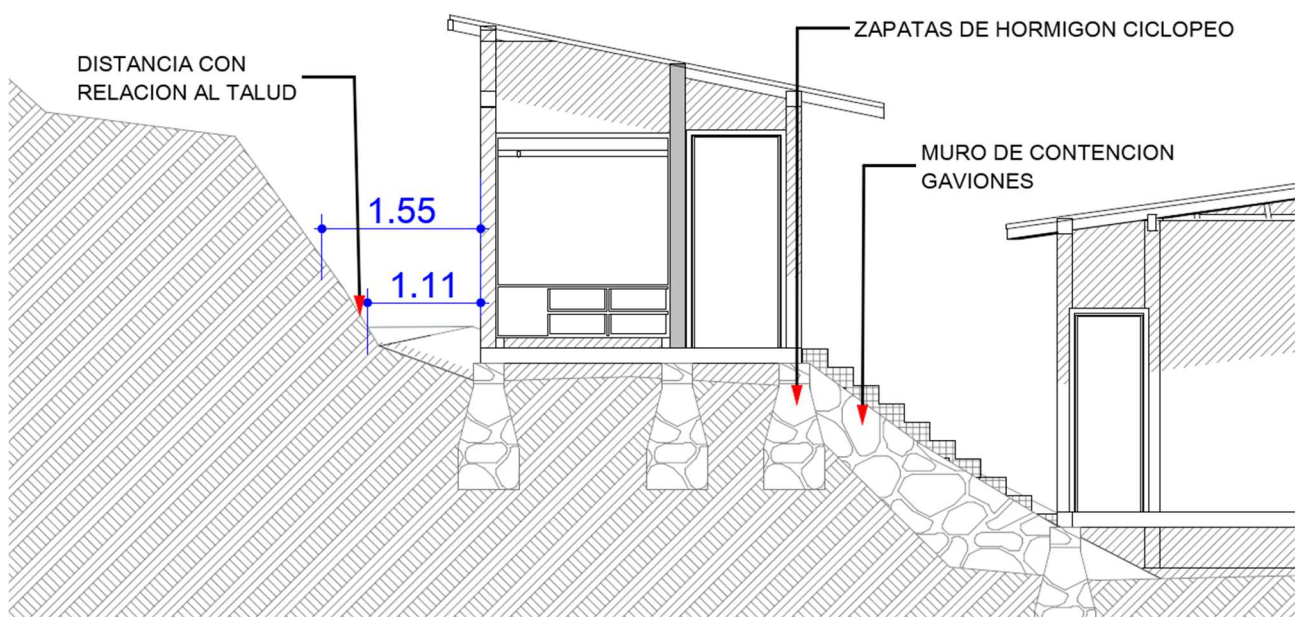
continua y escalonada, adaptándose a la topografía sin interrupciones que generen puntos débiles. Los muros portantes y pilares deben transmitir las cargas directamente hasta el estrato firme, sin apoyos intermedios sobre rellenos no consolidados (GBDS, 2018, p. 16-17).

Figura 39 Continuidad Estructura según NBDS

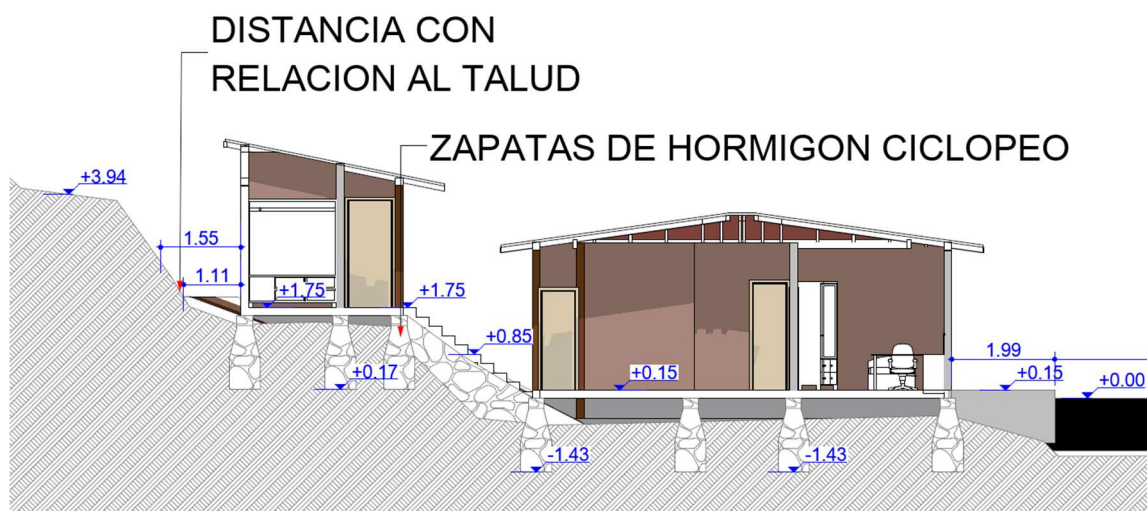


Fuente: Elaborado por el autor, 2026

Figura 40 tipología implantada en el terreno con pendiente



Fuente: Elaborado por el autor, 2026

Figura 41 Tipología implantada en el terreno con pendiente

Fuente: Elaborado por el autor, 2026

En el caso del desarrollo y ejemplo de implementación de una tipología en el terreno, se verifica el cumplimiento de la distancia de separación mínima con relación al talud, conforme a lo establecido en la normativa sísmica vigente. La cimentación se proyectó con zapatas corridas de 1,40 metros de profundidad, dimensionamiento que resulta especialmente necesario en el sector del talud donde se implementaron gradas escalonadas para adaptar la topografía. Asimismo, para garantizar la estabilidad del talud y mitigar riesgos de deslizamiento, se dispusieron muros de gaviones. Este sistema constructivo resulta particularmente adecuado para este tipo de terrenos debido a su eficiente capacidad de drenaje, que permite controlar la escorrentía superficial y evitar la saturación del suelo, reduciendo así la presión hidrostática sobre el talud.

5.4.5. Regularidad geométrica en planta y simetría estructural

La GBDS (2018, p. 8-10) clasifica la vulnerabilidad sísmica en función de la configuración geométrica de la edificación, estableciendo los siguientes criterios:

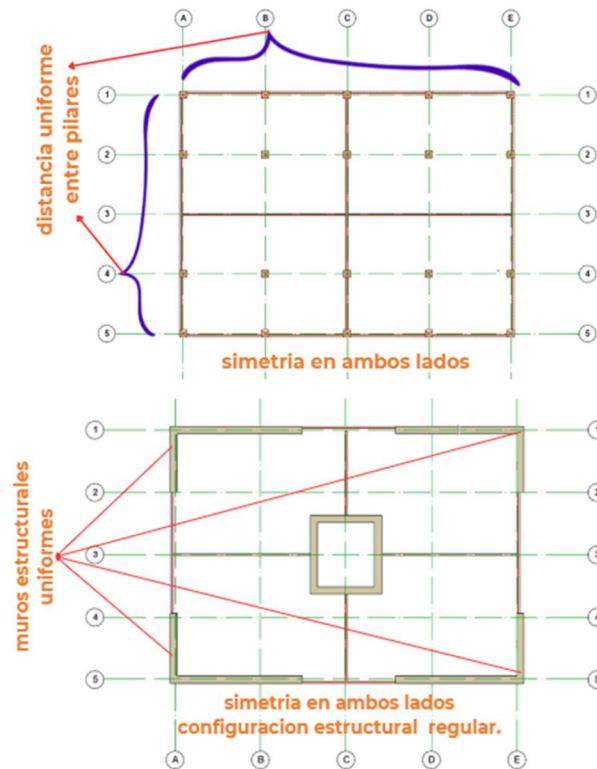
Vulnerabilidad baja (configuración óptima): La edificación debe presentar una forma geométrica regular, con una relación largo-ancho no superior a 3:1 (es decir, el largo no debe ser mayor a tres veces el ancho). Además, debe contar con una cantidad reducida de aberturas (puertas y ventanas) distribuidas de manera uniforme, sin concentrarse en zonas críticas como esquinas o encuentros de muros.

Simetría estructural obligatoria: La disposición de los elementos

resistentes (muros portantes, pilares y arriostramientos) debe ser lo más simétrica posible en ambas direcciones (ejes X e Y), buscando que el centro de rigidez coincida con el centro de masas para minimizar los efectos de torsión bajo solicitaciones sísmicas (GBDS, 2018, p. 9-10).

Distribución uniforme de pilares y muros: Los pilares principales deben mantener una distancia uniforme y equidistante entre sí. Se debe evitar la concentración de elementos resistentes en un solo sentido, garantizando que existan muros estructurales tanto en la dirección longitudinal como en la transversal (GBDS, 2018, p. 9-10).

Figura 42 Distribución uniforme de los elementos estructurales

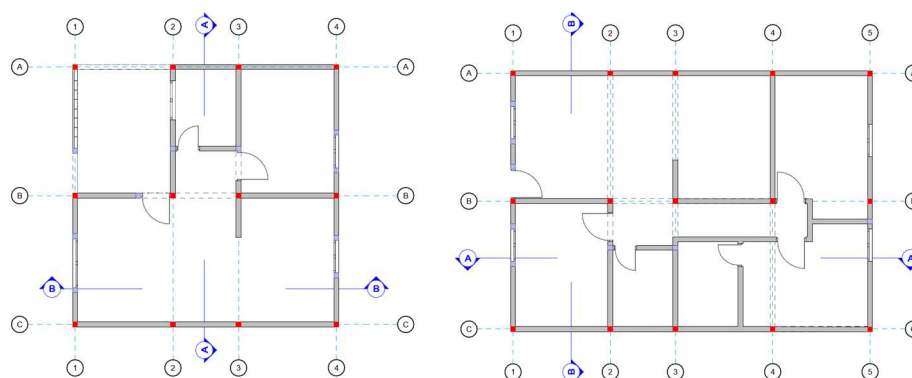


Fuente: Elaborado por el autor, 2026

En las plantas estructurales desarrolladas para las tipologías propuestas (T1 a T4), se verifica el cumplimiento de la distribución uniforme de los pilares dispuestos según los ejes principales de la edificación. Tal como se observa en la Figura 44, los pilares se organizan manteniendo una distancia equidistante entre sí, lo que contribuye a una repartición homogénea de las cargas verticales y horizontales. Adicionalmente, se incorporan muros estructurales tanto en la dirección longitudinal como en la transversal, garantizando la simetría en ambos lados del eje central de la planta. Esta configuración permite que el centro de rigidez se aproxime

al centro de masas, minimizando los efectos de torsión bajo solicitaciones sísmicas, en concordancia con los criterios de vulnerabilidad baja establecidos por la Guía Boliviana de Diseño Sísmico (GBDS, 2018, p. 8-10).

Figura 43 Distribución uniforme de los elementos estructurales en la tipología según los ejes



Fuente: Elaborado por el autor, 2026

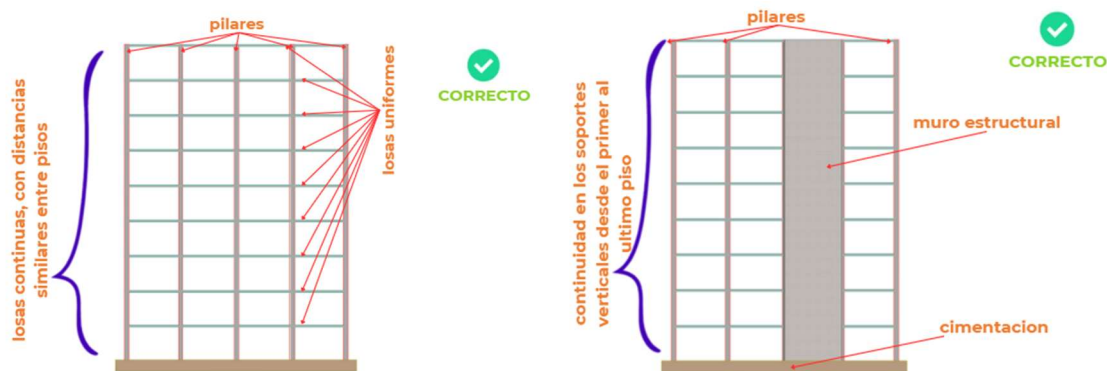
5.4.6. Regularidad en altura y continuidad estructural

La configuración en elevación es igualmente crítica para el comportamiento sísmico de la edificación:

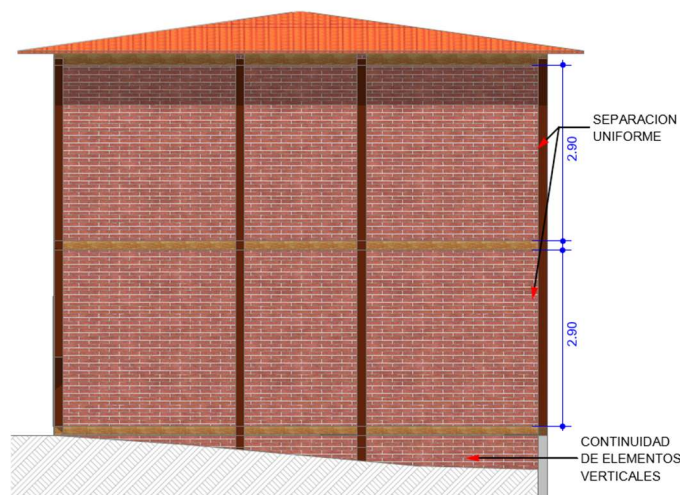
Dimensiones uniformes entre pisos: En viviendas de dos o más niveles, cada piso debe mantener dimensiones y proporciones similares entre sí. Se debe evitar cambios bruscos de rigidez o masa entre niveles consecutivos, ya que esto genera concentración de esfuerzos y puntos de falla (GBDS, 2018, p. 8-9).

Continuidad de elementos verticales: Todos los soportes verticales (pilares) y muros portantes deben ser continuos desde la cimentación hasta la cubierta. Queda terminantemente prohibido eliminar un soporte vertical o un muro portante en niveles intermedios, ya que las cargas sísmicas deben transmitirse directamente hasta la cimentación sin interrupciones. Únicamente se podría eliminar algún soporte en el último piso, y siempre bajo verificación estructural (GBDS, 2018, p. 16).

Uniformidad de losas y entrepisos: Las losas de entrepiso y cubierta deben ser uniformes, continuas y con luces similares entre sí. Se debe evitar la presencia de losas con formas complejas o con cambios bruscos de espesor que generen diafragmas flexibles (GBDS, 2018, p. 8-9).

Figura 44 Regularidad en altura y continuidad estructural

Fuente: Elaborado por el autor, 2024

Figura 45 Regularidad en altura y continuidad estructural en la tipología

Fuente: Elaborado por el autor, 2026

En las tipologías que contemplan crecimiento vertical (particularmente la Tipología T4), se verifica el cumplimiento de los criterios de regularidad en altura establecidos por la Guía Boliviana de Diseño Sísmico (GBDS, 2018). Tal como se ilustra en la Figura 45, la configuración estructural adopta el esquema "CORRECTO", garantizando la continuidad de los soportes verticales desde el primer hasta el último piso. Los pilares y muros estructurales se extienden de manera ininterrumpida desde la cimentación hasta la cubierta, sin interrupciones o cambios bruscos de rigidez entre niveles.

En lo que respecta a las alturas de entrepiso, la Figura 46 muestra la separación uniforme adoptada en las tipologías, con una altura constante de 2,90 metros entre niveles. Esta uniformidad dimensional evita transiciones bruscas de masa y rigidez en altura, reduciendo la concentración de esfuerzos y mejorando el comportamiento sísmico del conjunto. Asimismo, las losas de entrepiso se proyectan

como elementos uniformes y continuos, garantizando un diafragma rígido que distribuye eficientemente las fuerzas horizontales entre los elementos verticales resistentes.

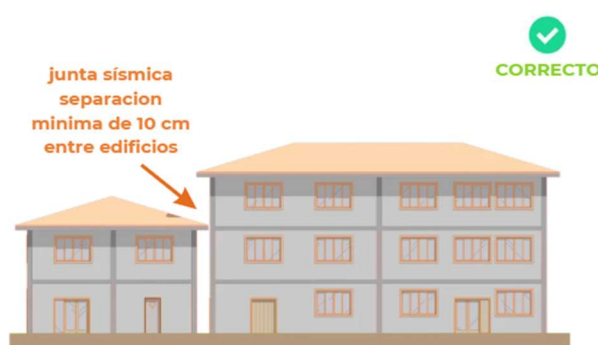
5.4.7. Crecimiento progresivo y juntas de dilatación sísmica

Dado que la vivienda popular en La Paz se caracteriza por un crecimiento progresivo, es fundamental planificar estructuralmente las futuras ampliaciones:

Mantenimiento de la regularidad en ampliaciones: Cualquier ampliación futura (horizontal o vertical) debe respetar el formato regular de la vivienda original. Si la ampliación genera una configuración irregular en planta (formas en "L", "T", "U" o con esquinas entrantes pronunciadas), se debe separar el nuevo cuerpo de la edificación original mediante una junta sísmica (GBDS, 2018, p. 13-14, 18).

Junta sísmica mínima: La separación entre dos cuerpos de una misma edificación, o entre edificaciones vecinas, debe ser de al menos 10 centímetros (GBDS, 2018, p. 18). Esta junta debe ser libre de obstáculos y permitir el desplazamiento relativo entre ambas estructuras durante un sismo, evitando el efecto de "golpeteo" que puede generar daños localizados.

Figura 46 Separación mínima entre edificaciones



Fuente: Elaborado por el autor, 2024

5.4.8. Consideraciones para edificaciones adosadas (construcción lado a lado)

En la ciudad de La Paz, debido a la alta densidad poblacional y al reducido tamaño de los lotes, es común que las viviendas se construyan adosadas unas a otras. En estos casos:

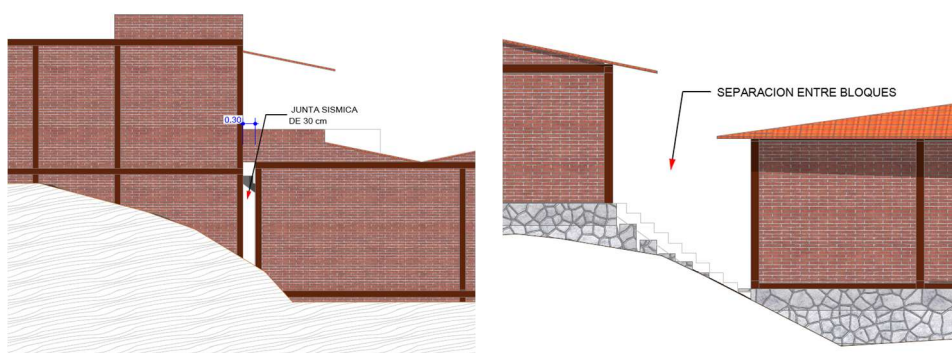
Junta sísmica obligatoria entre edificaciones vecinas: Siempre se debe respetar una junta sísmica mínima de 10 cm entre cualquier edificación y su vecina, independientemente de la altura o tipología constructiva. Esta junta debe

proyectarse desde la cimentación hasta la cubierta, sin excepciones (GBDS, 2018, p. 18).

Independencia estructural: Cada vivienda debe funcionar como una estructura independiente, sin apoyos ni elementos compartidos con la edificación vecina. La junta sísmica garantiza que, durante un sismo, cada edificación oscile libremente sin interferir con la colindante.

En las tipologías concebidas para crecimiento horizontal progresivo (particularmente en la evolución de la Tipología T2 hacia la T3), se ha previsto la incorporación de juntas de dilatación sísmica como estrategia para mantener la regularidad estructural durante el proceso de ampliación. Tal como se ilustra en la Figura 48, cuando la ampliación horizontal genera una configuración en planta que se aparta de la regularidad geométrica original (por ejemplo, formas en "L" o con esquinas entrantes pronunciadas), los nuevos cuerpos edificados se separan de la estructura existente mediante juntas sísmicas con una separación mínima de 10 centímetros, conforme a lo establecido por la Guía Boliviana de Diseño Sísmico (GBDS, 2018, p. 18). Esta junta, que debe ser continua desde la cimentación hasta la cubierta, permite que ambos cuerpos de la edificación oscilen de manera independiente durante un evento sísmico, evitando el efecto de "golpeteo" y la concentración de esfuerzos en las uniones. De esta forma, la vivienda puede crecer horizontalmente según las necesidades de la familia, sin comprometer su comportamiento sísmico

Figura 47 Crecimiento progresivo y juntas de dilatación sísmica en las Tipologías



Fuente: Elaborado por el autor, 2026

5.4.9. Distribución de masas y rigideces

Uniformidad de cargas y masas: Las cargas permanentes y vivas deben distribuirse de manera uniforme en el interior y exterior de la edificación,

evitando concentraciones de masa en un solo sector (NBDS, 2018, p. 19). Elementos como tanques de agua, chimeneas o acumulaciones de materiales deben ubicarse preferentemente en la planta baja y cerca de elementos estructurales resistentes.

Rigidez de elementos verticales versus vigas: La rigidez de los elementos verticales (pilares y muros portantes) debe ser similar o mayor a la rigidez de las vigas que conforman los pórticos. De esta manera, se favorece la disipación de energía en las vigas (comportamiento dúctil) y se reduce la probabilidad de falla frágil en las columnas (GBDS, 2018, p. 20).

En las tipologías desarrolladas (T1 a T4), se ha procurado una distribución uniforme de cargas y masas en toda la superficie de la edificación. Los ambientes se han organizado de manera equilibrada alrededor del eje central de la planta, evitando concentraciones de masa en sectores perimetrales o en voladizos. Elementos susceptibles de generar cargas concentradas, como tanques de agua o acumulaciones de materiales, se prevén preferentemente en la planta baja y próximos a los elementos estructurales resistentes (muros portantes y pilares), conforme a lo recomendado por la NBDS (2018, p. 19).

5.5. IMPLEMENTACION DE LAS TIPOLOGIAS EN EL CONTEXTO URBANO

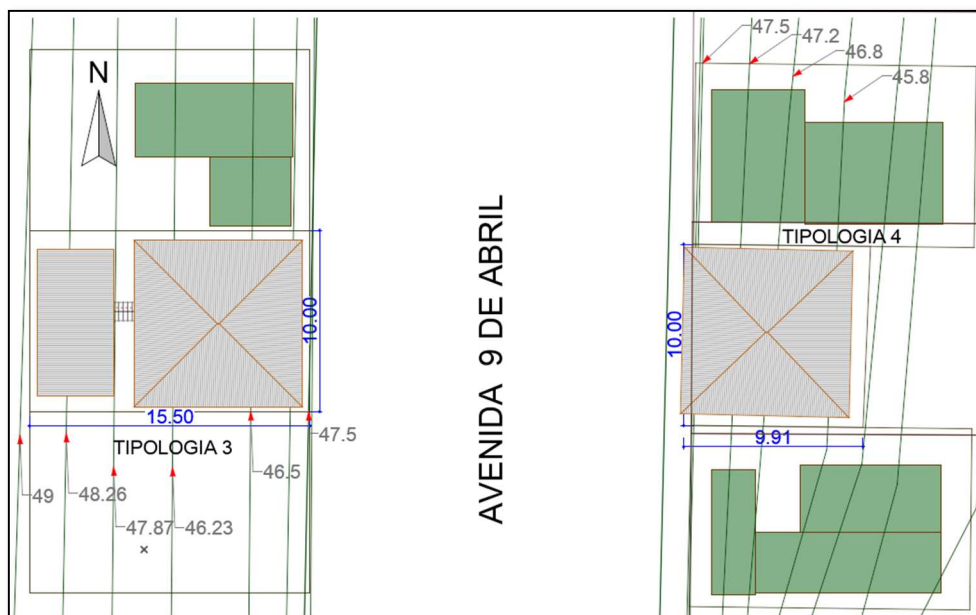
Como se anticipó en el subcapítulo de configuración estructural sísmica (apartado 5.3.9), seleccioné como área de estudio el perfil topográfico de la Zona Sagrado Corazón de Jesús, un sector representativo de la periferia de la ciudad de La Paz, caracterizado por su pronunciada pendiente y por la ocupación gradual de las laderas. En este entorno, decidí implantar tres ejemplos de tipologías con el propósito de evaluar, en condiciones reales de terreno, las distintas soluciones arquitectónicas y estructurales propuestas. La implantación permitió observar tanto la adaptación de la cimentación a la pendiente (mediante zapatas escalonadas y muros de gaviones), como la disposición horizontal de las viviendas en relación con la topografía existente.

Para efectos de comparación y análisis, dispuse dos tipologías frente a frente a lo largo del eje vial principal: la Tipología T3 al oeste y la Tipología T4 al este, ambas implantadas sobre la Avenida 9 de Abril, que constituye el límite norte del predio. Esta disposición permite contrastar, en una misma condición topográfica, el comportamiento de una tipología de crecimiento horizontal (T3) frente a una de crecimiento vertical (T4), así como evaluar sus respectivas relaciones con la vía

pública, los accesos y la continuidad del frente urbano.

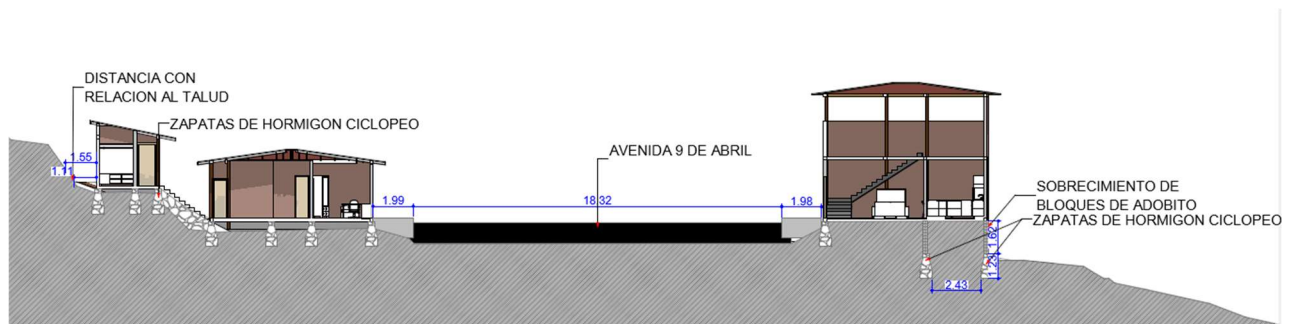
La Figura 50 presenta la planta de implantación de las tipologías en el lote seleccionado, donde se observa la organización de los volúmenes edificados en relación con la Avenida 9 de Abril (línea norte) y las cotas de terreno existentes. En esta misma figura se aprecian las distancias de separación entre tipologías.

Figura 48 Implantación de las tipologías 3 y 4



Fuente: Elaborado por el autor, 2026

Figura 49 Sección longitudinal mostrando las 2 tipologías



Fuente: Elaborado por el autor, 2026

6. CONCLUSIONES Y CONSIDERACIONES FINALES

6.1. CONCLUSIONES POR OBJETIVO ESPECÍFICO

6.1.1. Sobre la evaluación de las necesidades habitacionales de las zonas vulnerables de La Paz (OE1)

El diagnóstico contextual realizado permite afirmar que la vivienda popular en las laderas de La Paz se caracteriza por un proceso de autoconstrucción progresiva, sin asistencia técnica, que responde a la exclusión de las familias de bajos ingresos del mercado formal del suelo y la vivienda. Esta dinámica, ampliamente documentada por Chugar (2007) y revalidada mediante la observación directa de cinco casos representativos (Fotos 1 a 5, Cuadro 2), genera edificaciones con las siguientes particularidades:

- Implantación en pendientes pronunciadas, resuelta mediante plataformas escalonadas y muros de contención empíricos, lo que incrementa la exposición a deslizamientos y erosión.
- Hibridación constructiva, combinando ladrillo cerámico, adobe, hormigón armado y cubiertas metálicas ligeras, sin criterios estructurales unificados.
- Crecimiento vertical no planificado, que en muchos casos genera irregularidades en altura (planta baja débil) y concentración de esfuerzos.
- Déficit cualitativo persistente, evidenciado en la ausencia de revoques, pisos adecuados y sistemas de aislamiento térmico, lo que afecta directamente el confort habitacional.

Se concluye, por tanto, que las necesidades habitacionales de estas zonas trascienden la mera provisión de un techo, abarcando dimensiones de seguridad estructural frente a sismos y deslizamientos, confort térmico en un clima de altura, y flexibilidad para el crecimiento progresivo de la vivienda en el tiempo.

6.1.2. Sobre la valoración del potencial de los materiales socioambientales disponibles (OE2)

El análisis técnico y comparativo de los materiales de construcción disponibles en el contexto paceño (Capítulo III, Cuadros 3 al 20) permitió identificar que el ladrillo adobito (arcilla cocida artesanal) presenta el equilibrio más favorable entre resistencia mecánica (5,0 15,0 MPa), costo accesible, disponibilidad local, bajo impacto ambiental relativo y aceptación cultural. Este material supera en resistencia

al adobe tradicional (1,0 2,0 MPa) y en sostenibilidad al ladrillo industrial de alta cocción, consolidándose como la opción óptima para los muros portantes de las tipologías propuestas.

En cuanto a las cubiertas, si bien la placa metálica ondulada (calamina) es el material predominante en la vivienda popular (más del 81% en La Paz según GAMLP, 2020), su alta conductividad térmica exige la incorporación obligatoria de un sistema de aislamiento complementario (cielo raso con aislante) para garantizar condiciones de confort interior.

Para los pisos, el ladrillo cocido destaca por su inercia térmica (1800 2000 kg/m³), su bajo costo y su durabilidad, constituyendo una solución culturalmente pertinente y de bajo mantenimiento. Finalmente, el estuco de cal aérea se posiciona como el revoque más adecuado por su capacidad reguladora de la humedad, su transpirabilidad y sus propiedades antisépticas naturales.

Se concluye que existe un repertorio material local suficiente y técnicamente viable para desarrollar viviendas socioambientales en La Paz, siempre que se complemente con criterios de confinamiento sísmico y aislamiento térmico que actualmente están ausentes en la autoconstrucción empírica.

6.1.3. Sobre la revisión y sistematización de normativas nacionales e internacionales (OE3)

El análisis normativo desarrollado en el Capítulo IV permitió establecer un marco de referencia articulado para el diseño de viviendas en zonas vulnerables. Se identificó que la Norma Boliviana de Diseño Sísmico (NBDS, 2023) constituye el instrumento obligatorio de aplicación nacional, definiendo criterios de zonificación sísmica, espectros de diseño, sistemas estructurales y requisitos de regularidad en planta y altura.

Sin embargo, se constató que la NBDS (2023) no contempla especificidades para la construcción con tierra o materiales alternativos, lo que obliga a complementarla con normativas internacionales de países con tradición sísmica y constructiva similar. En este sentido, la Norma Peruana E-080 (2017) y la Norma Chilena NCh3332 (2013) ofrecen directrices precisas para el confinamiento de muros de adobe y tierra comprimida, incluyendo refuerzos horizontales y verticales, anclajes a cimentación y vigas de coronación, elementos que pueden ser adaptados al ladrillo adobito.

Asimismo, el Manual de Construcción de Viviendas Sociales del Viceministerio de Vivienda y Urbanismo (VMVU, 2020) establece condiciones mínimas de habitabilidad (superficies por ambiente, alturas, ventilación, iluminación) que deben ser cumplidas para garantizar viviendas dignas. No obstante, el análisis crítico de las tipologías oficiales contenidas en dicho manual reveló configuraciones espaciales con irregularidades sísmicas significativas (formas en "L" y "T", esquinas entrantes, vanos próximos a esquinas), lo que demuestra una desarticulación entre los criterios de habitabilidad y los de seguridad sísmica.

Se concluye que la propuesta de tipologías debe integrar de manera explícita los tres cuerpos normativos: la NBDS (2023) para la seguridad estructural, las normas E-080 y NCh3332 para el confinamiento de mampostería con materiales locales, y el manual VMVU (2020) para las condiciones de habitabilidad, superando las deficiencias identificadas en las tipologías oficiales.

6.1.4. Sobre el desarrollo de una tipología de vivienda progresiva, socioambiental y popular (OE4)

En cumplimiento del cuarto objetivo específico, se desarrollaron cuatro tipologías de vivienda (T1, T2, T3, T4) que integran los hallazgos de los capítulos precedentes. Las tipologías se concibieron a partir de los siguientes ejes estructurantes:

Regularidad geométrica en planta: formas rectangulares puras, sin entrantes ni salientes, que minimizan la concentración de esfuerzos y la torsión sísmica, en cumplimiento del Artículo 16 de la NBDS (2023).

Modulación y crecimiento progresivo: módulo base de 3,78 m × 2,84 m, que permite ampliaciones horizontales (T2 a T3) y verticales (T4) manteniendo la regularidad estructural, con juntas sísmicas de 10 cm entre cuerpos independientes.

Materialidad seleccionada: muros de ladrillo adobito (5,0 15,0 MPa), cimentación de zapata corrida de hormigón ciclópeo (1,4 m de profundidad), cubierta de calamina con aislamiento térmico complementario, pisos de ladrillo cocido y revoques de estuco de cal.

Confinamiento sísmico: incorporación de soleras de coronación (madera u hormigón armado), refuerzos verticales en esquinas y encuentros, y dinteles sobre vanos, siguiendo las recomendaciones de las normas E-080 y NCh3332.

Adaptación a la topografía de ladera: cimentación escalonada,

muros de gaviones para estabilización de taludes, distancia mínima de seguridad de 3 m al borde del talud.

Las tipologías T1 (49 m², 1 dormitorio) y T2 (55 65 m², 2 dormitorios) constituyen módulos básicos para familias en etapa de consolidación inicial. La tipología T3 (65 78 m², 3 dormitorios con suite) materializa el crecimiento horizontal progresivo, con capacidad de adaptación a uso mixto (comercio en planta baja). La tipología T4 (130 156 m² sumados, 4 dormitorios en dos pisos) representa la solución de mayor densidad, con planta baja destinada a uso productivo o comercial y planta alta para uso residencial, respondiendo a la necesidad de "vivienda productiva" identificada en el diagnóstico.

Se concluye que las tipologías propuestas cumplen con los criterios de regularidad estructural establecidos por la NBDS (2023), con las condiciones mínimas de habitabilidad del VMVU (2020) y con los principios de sostenibilidad derivados del análisis de materiales. No obstante, se reconoce que el nivel de desarrollo actual corresponde a un anteproyecto o estudio de prefactibilidad, requiriendo fases posteriores de detalle constructivo y validación participativa.

6.2. LIMITACIONES DEL ESTUDIO

El presente trabajo de investigación presenta las siguientes limitaciones, que deben ser consideradas para la correcta interpretación de sus resultados y conclusiones:

Ausencia de ensayos de laboratorio para caracterización de materiales: No se realizaron ensayos de compresión, tracción, conductividad térmica o absorción de humedad sobre muestras de ladrillo adobito, adobe, BTC o revoques obtenidos directamente de proveedores o canteras de La Paz. Los valores de resistencia y conductividad reportados en las fichas técnicas (Cuadros 3 al 20) son referenciales, extraídos de la literatura internacional y de manuales técnicos, y no han sido validados experimentalmente para el contexto local.

Falta de estudios geotécnicos específicos: No se realizaron sondeos, ensayos de penetración estándar (SPT) o análisis de capacidad portante en los perfiles de ladera seleccionados como caso de estudio (Zona Sagrado Corazón de Jesús, Avenida 9 de Abril). Las recomendaciones sobre profundidad de cimentación (1,4 m) y tipo de suelo se basan en clasificaciones generales de la NBDS (2023) y no en datos empíricos del sitio.

Inexistencia de validación participativa con habitantes de zonas vulnerables: Las tipologías propuestas (T1 a T4) fueron desarrolladas exclusivamente con criterios técnicos y normativos, sin realizar talleres participativos, encuestas o entrevistas con familias residentes en las laderas paceñas. No se ha verificado si las configuraciones espaciales, las superficies propuestas o las estrategias de crecimiento progresivo responden efectivamente a las necesidades, aspiraciones y prácticas cotidianas de los usuarios finales.

Nivel de desarrollo gráfico de las tipologías: Las tipologías se presentan en esquemas de planta básicos (Figuras 30 a 33), sin incluir planos de cortes constructivos, fachadas, detalles de encuentros estructurales (cimentación-muro, muro-cubierta, esquinas confinadas), isometrías explicativas del crecimiento progresivo, o perspectivas que permitan una comprensión espacial integral. Este nivel de detalle es suficiente para una propuesta conceptual o de prefactibilidad, pero insuficiente para su implementación directa en programas de vivienda social o para su difusión entre auto constructores.

Alcance geográfico limitado: El estudio se circunscribe a la ciudad de La Paz y, dentro de ella, a zonas de ladera con características topográficas y climáticas específicas (altitud entre 3.200 y 4.000 msnm, pendientes pronunciadas, suelos de origen sedimentario o volcánico). La extrapolación de los resultados a otras ciudades andinas (Cochabamba, Quito, Cusco, Bogotá) requeriría ajustes normativos, materiales y tipológicos.

6.3. RECOMENDACIONES PARA INVESTIGACIONES FUTURAS

A partir de las limitaciones identificadas y de los hallazgos del estudio, se formulan las siguientes recomendaciones para investigaciones futuras:

Campaña de caracterización de materiales locales: Se recomienda desarrollar un proyecto de investigación aplicada que realice ensayos de laboratorio normalizados (compresión, flexión, conductividad térmica, absorción capilar, resistencia a la intemperie acelerada) sobre muestras de ladrillo adobito, adobe estabilizado con fibras naturales (ichu, paja), bloque de tierra comprimida (BTC) con estabilización de cal al 5-10%, y revoques de cal con diferentes dosificaciones. Los ensayos deben realizarse en laboratorios acreditados de la Universidad Mayor de San Andrés (UMSA) o de la Universidad Católica Boliviana (UCB).

Estudios geotécnicos en transectos representativos de laderas

paceñas: Se recomienda seleccionar tres transectos representativos (por ejemplo, Kupini, Pampahasi y Vino Tinto) y realizar campañas de sondeos, ensayos SPT, análisis de granulometría, límites de Atterberg, corte directo y permeabilidad. Los resultados permitirían ajustar las profundidades de cimentación, los anchos de zapata y los sistemas de drenaje a las condiciones reales del terreno, reduciendo los actuales factores de seguridad sobredimensionados.

Diseño participativo con organizaciones comunitarias y juntas vecinales: Se recomienda implementar un proceso de investigación-acción participativa que involucre a las juntas vecinales, a las organizaciones de mujeres y a los gremios de albañiles y constructores de las zonas de ladera. Mediante talleres de co-creación, maquetas y asambleas comunitarias, se podrían ajustar las tipologías T1 a T4 a las prácticas reales de autoconstrucción, a los patrones de uso del espacio y a las aspiraciones de "casa propia" y "casa concluida" documentadas por Chugar (2007).

Desarrollo de un manual constructivo ilustrado para autoconstructores: Con base en las tipologías validadas participativamente, se recomienda elaborar un manual técnico de fácil lectura, con ilustraciones paso a paso, que explique: (a) cómo construir la cimentación escalonada en pendiente, (b) cómo fabricar o adquirir ladrillo adobito con control de calidad, (c) cómo colocar los refuerzos de confinamiento (soleras de madera, anclajes), (d) cómo instalar la cubierta de calamina con aislamiento térmico, y (e) cómo aplicar revoques de cal. El manual debería ser validado por albañiles locales y distribuido a través de los gobiernos municipales y las organizaciones vecinales.

Modelación numérica del comportamiento sísmico de las tipologías: Se recomienda realizar modelos numéricos mediante elementos finitos (software como SAP2000, ETABS o Abaqus) para evaluar el desempeño sísmico de las tipologías T3 y T4 bajo los espectros de diseño de la NBDS (2023) para la zona de La Paz ($PGA = 0,12g$ a $0,14g$). Los modelos deberían considerar la interacción suelo-estructura, la no linealidad de los materiales y los efectos de la pendiente.

Evaluación del confort térmico mediante simulación dinámica: Se recomienda realizar simulaciones térmicas dinámicas (software como EnergyPlus, DesignBuilder o THERM) para cuantificar el comportamiento de la envolvente propuesta (ladrillo adobito + revoque de cal + calamina con aislante) bajo las condiciones climáticas extremas de La Paz (temperaturas medias anuales entre $3^{\circ}C$

y 17°C, radiación solar intensa, oscilaciones diarias > 20°C). Las simulaciones permitirían optimizar los espesores de aislamiento y la orientación de las viviendas.

6.4. APORTES ORIGINALES DE LA INVESTIGACIÓN

A pesar de las limitaciones señaladas, el presente trabajo de investigación realiza los siguientes aportes originales al conocimiento sobre vivienda popular en zonas vulnerables de La Paz:

Identificación crítica de irregularidades sísmicas en las tipologías oficiales del VMVU (2020): Por primera vez en la literatura académica boliviana, se analizan sistemáticamente las tipologías del Manual de Construcción de Viviendas Sociales a la luz de los criterios de regularidad en planta y altura de la NBDS (2023), demostrando que configuraciones en "L", "T" y con esquinas entrantes constituyen irregularidades que penalizan el comportamiento sísmico. Este hallazgo tiene implicaciones directas para la política pública de vivienda social en Bolivia.

Propuesta de un módulo base (3,78 m × 2,84 m) para crecimiento progresivo con regularidad estructural: Se define un reticulado modular que permite ampliaciones horizontales y verticales manteniendo la simetría y la continuidad de los elementos resistentes, superando las prácticas actuales de autoconstrucción que generan irregularidades progresivas.

Integración explícita de normativas internacionales (E-080, NCh3332) con la NBDS (2023) para el diseño con materiales locales: Se articulan por primera vez en un documento de maestría los requisitos de confinamiento de muros de tierra de las normas peruana y chilena con los espectros de diseño y criterios de regularidad de la norma boliviana, generando un marco de referencia aplicable a la vivienda popular paceña.

Definición de un sistema constructivo híbrido de bajo costo y sismorresistente: Se propone una combinación de ladrillo adobito (material de transición entre el adobe tradicional y el ladrillo industrial), confinamiento con soleras de madera (de bajo costo y fácil ejecución), cimentación de hormigón ciclópeo (técnica ampliamente difundida en La Paz), y revoques de cal (material tradicional, pero con prestaciones técnicas superiores). Este sistema es económico, culturalmente aceptado y cumple con los estándares de seguridad sísmica.

Ejemplo de implantación en un perfil topográfico real: A diferencia de estudios previos que presentan tipologías abstractas, este trabajo incluye un ejemplo

de implantación de las tipologías T3 y T4 en un perfil topográfico real (Zona Sagrado Corazón de Jesús, Avenida 9 de Abril), verificando distancias de seguridad al talud, profundidades de cimentación y disposición de muros de gaviones.

6.5. APORTES EN INNOVACIÓN Y SOSTENIBILIDAD

La presente investigación se desarrolló en el marco del Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da UNILA, con énfasis en la subárea Sustentabilidade e Inovação. En coherencia con esta orientación, el trabajo no solo diagnostica un problema estructural y habitacional, sino que propone soluciones técnicamente innovadoras y ambientalmente sostenibles, aplicables a contextos de vulnerabilidad en la ciudad de La Paz. A continuación, se explicitan los principales aportes en cada una de estas dos dimensiones.

En el eje de la sostenibilidad

a) Uso de materiales locales con bajo impacto ambiental

La propuesta tipológica prioriza materiales disponibles en el entorno regional, evitando la huella de carbono asociada al transporte de larga distancia. El ladrillo adobito, fabricado artesanalmente con arcilla local y sometido a una cocción de baja intensidad (en comparación con el ladrillo industrial de hornos de túnel), reduce significativamente las emisiones de CO₂ por unidad producida. Al no requerir procesos industriales de alta energía, este material se alinea con los principios de la economía circular y la construcción de baja emisión de carbono.

b) Eficiencia energética pasiva mediante inercia térmica

La combinación de muros de ladrillo adobito (densidad 1900 2040 kg/m³, conductividad térmica 0,30 0,35 W/m·K) con revoques de cal (alta permeabilidad al vapor de agua y capacidad reguladora de humedad) genera un envolvente con alta inercia térmica. Esta propiedad permite amortiguar las oscilaciones térmicas diarias características del altiplano ($\Delta T > 20^{\circ}\text{C}$), manteniendo temperaturas interiores más estables sin recurrir a sistemas de climatización activa. La incorporación de un cielo raso con aislamiento térmico bajo la cubierta de calamina mitiga la alta conductividad del metal (50 65 W/m·K), reduciendo las pérdidas de calor nocturnas y el sobrecalentamiento diurno. En conjunto, estas estrategias pasivas disminuyen la demanda energética para calefacción, contribuyendo a la mitigación del cambio climático y al ahorro económico familiar.

c) Reducción del déficit cualitativo con materiales de bajo costo

El estudio demuestra que es posible mejorar la calidad habitacional sin recurrir a materiales industrializados de alto costo y alta huella ecológica. El piso de ladrillo cocido, por ejemplo, ofrece una durabilidad superior a 30 años, inercia térmica y un costo inicial accesible, en contraste con opciones como la cerámica roja esmaltada (alto consumo energético en su fabricación) o el cemento pulido (alta emisión de CO₂ por producción de clinker). Esta elección representa un equilibrio entre prestaciones técnicas, sostenibilidad ambiental y asequibilidad económica.

En el eje de la innovación

a) Integración de tres cuerpos normativos en una propuesta unificada

La innovación principal de esta investigación reside en la articulación explícita de la Norma Boliviana de Diseño Sísmico (NBDS, 2023), las condiciones de habitabilidad del manual VMVU (2020) y las normativas internacionales de construcción con tierra reforzada (Perú E-080, Chile NCh3332). Esta integración no existía previamente en la literatura técnica boliviana. La propuesta demuestra que es posible diseñar viviendas que cumplan simultáneamente con los tres marcos regulatorios, superando la desarticulación actual entre seguridad sísmica, habitabilidad y uso de materiales alternativos.

b) Módulo base dimensionado para regularidad estructural y crecimiento progresivo

Se define un módulo base de 3,78 m × 2,84 m (aproximadamente 10,74 m²) que responde a dos criterios simultáneamente: (I) cumple con las dimensiones mínimas de ambientes del VMVU (sala ≥ 12 m², dormitorio ≥ 9 m², cocina ≥ 6 m²), y (II) permite ampliaciones horizontales y verticales manteniendo la regularidad en planta y altura exigida por la NBDS (2023) para una vulnerabilidad sísmica baja. Esta solución innovadora resuelve la tensión histórica entre la necesidad de crecimiento progresivo de las familias populares y los requisitos de configuración estructural para seguridad sísmica.

c) Sistema de confinamiento híbrido (ladrillo adobito + soleras de madera)

Se propone un sistema constructivo de bajo costo y fácil ejecución que combina mampostería de ladrillo adobito con soleras de madera tratada en la coronación de muros y refuerzos verticales en esquinas. Este sistema, inspirado en las normas E-080 y NCh3332, se adapta a la capacidad técnica de los albañiles locales y a la disponibilidad de materiales en el mercado paceño. La innovación consiste en reemplazar el acero corrugado (costoso y requiere mano de obra especializada) por madera aserrada (económica, disponible y fácil de trabajar) para

el confinamiento sísmico de viviendas de uno a dos pisos, sin comprometer la ductilidad ni la capacidad de disipación de energía.

d) Tipologías diseñadas para uso mixto (vivienda productiva)

A diferencia de los programas tradicionales de vivienda social que conciben la vivienda exclusivamente como espacio residencial, las tipologías T3 y T4 incorporan la flexibilidad funcional para albergar actividades productivas (comercio, taller, panadería, consultorio) en planta baja, con accesos independientes. Esta innovación responde a una realidad documentada en el diagnóstico: la vivienda popular funciona también como plataforma de generación de ingresos familiares (Abramo, 2016; Chugar, 2007). Al prever estructuralmente esta posibilidad desde el diseño original, se evitan las adaptaciones empíricas que suelen comprometer la seguridad de la edificación.

e) Verificación de implantación en pendiente real mediante perfil topográfico

El trabajo incluye un ejemplo de implantación verificado sobre un perfil topográfico real extraído de Google Earth (Zona Sagrado Corazón de Jesús, Avenida 9 de Abril, desnivel de 52 metros). Se verifican distancias de seguridad al talud (3 m), profundidades de cimentación escalonada (1,4 m), disposición de muros de gaviones y continuidad estructural en pendiente. Esta metodología de verificación espacial es innovadora en el contexto de las tesis de maestría en ingeniería civil en Bolivia, donde las propuestas tipológicas suelen presentarse de manera abstracta, sin anclaje territorial.

6.6. REFLEXIÓN FINAL

La presente investigación ha demostrado que es posible desarrollar tipologías de vivienda popular para las zonas vulnerables de La Paz que integren, de manera articulada, criterios de sostenibilidad ambiental basados en materiales locales y de bajo impacto, seguridad estructural frente a sismos expresada en regularidad geométrica, confinamiento de muros y cimentaciones continuas, y condiciones de habitabilidad digna garantizadas mediante superficies suficientes, iluminación natural y confort térmico con aislamiento complementario.

La ingeniería civil contemporánea enfrenta el desafío de conciliar dos imperativos aparentemente contradictorios: por un lado, la necesidad de construir infraestructura y vivienda para una población urbana creciente; por el otro, la urgencia de reducir la huella ambiental de un sector responsable de

aproximadamente el 39% de las emisiones globales de CO₂ y del 36% del consumo de energía final (ONU Medio Ambiente, 2022; dato referencial, pendiente de verificación en fuente original). En este contexto, la sustentabilidad no puede ser un añadido estético o una certificación de fachada, sino un principio estructurante del diseño y la ejecución.

Esta investigación demuestra que, para el caso de la vivienda popular en zonas vulnerables de La Paz, la sustentabilidad no implica necesariamente tecnologías complejas, costosas o importadas. Por el contrario, las soluciones más sostenibles pueden emerger de la revalorización de materiales locales y técnicas tradicionales como el ladrillo adobito, revoques de cal, piedra para gaviones combinadas con innovaciones de bajo costo, tales como: confinamiento con madera, módulo base regular y aislamiento térmico con cielos rasos accesibles. Este enfoque, que podría denominarse innovación frugal, resulta particularmente pertinente en contextos de recursos limitados como el boliviano.

La innovación en ingeniería civil no se limita al desarrollo de nuevos materiales o algoritmos de cálculo. También puede consistir en la recombinación creativa de saberes existentes: la normativa sísmica internacional con la realidad constructiva local; los principios de regularidad estructural con las lógicas de crecimiento progresivo de la autoconstrucción; el conocimiento técnico de los ingenieros con las prácticas empíricas de los albañiles. Esta tesis ha ensayado precisamente esa recombinación, y sus resultados las tipologías T1 a T4 constituyen un modelo conceptual validado que demuestra la viabilidad de diseñar viviendas sismorresistentes, habitables, sostenibles, progresivas y asequibles de manera simultánea.

Sin embargo, el trabajo también revela una tensión irresuelta: la regularidad estructural exigida por la NBDS (2023) plantas rectangulares, simetría, ausencia de entrantes colisiona con la complejidad morfológica de los lotes de ladera irregulares, con pendientes variables, accesos restringidos. Resolver esta tensión requerirá investigaciones futuras que exploren estrategias de descomposición de volúmenes irregulares en submódulos regulares separados por juntas sísmicas, manteniendo la seguridad sin sacrificar la adaptación topográfica.

En última instancia, esta tesis aspira a contribuir, desde el ámbito académico y técnico, a la construcción de ciudades más justas, resilientes e inclusivas, donde el derecho a una vivienda adecuada deje de ser una aspiración y

se convierta en una realidad para las familias que habitan las laderas de La Paz. El presente trabajo, desarrollado en el marco de la Maestría en Ingeniería Civil con énfasis en Sustentabilidade e Inovação, reafirma el compromiso de la ingeniería civil con los sectores populares, con los materiales locales y con las técnicas ancestrales, demostrando que la innovación y la sustentabilidad son, ante todo, posturas éticas frente al ejercicio profesional.

REFERÊNCIAS

- ABRAMO, P. **A cidade com-fusão: a invenção da cidade latino-americana**. Rio de Janeiro: Letra Capital, 2016.
- AEVIVIENDA. **Memoria Institucional 2017**. La Paz: Ministerio de Obras Públicas, Servicios y Vivienda, 2017.
- AEVIVIENDA. **Guía Boliviana de Diseño Sísmico de Edificaciones**. La Paz: Ministerio de Obras Públicas, Servicios y Vivienda, 2018.
- ALTERMAN, D. et al. **Manual de tejas cerámicas**. Santiago: [s.n.], s.d.
- ALVES, A. et al. Impacto ambiental de la producción de cerámica roja en hornos industriales. **Revista de Ingeniería y Construcción**, v. 40, n. 2, p. 112-128, 2025.
- AMUN Agencia Municipal de Noticias. **Municipio de La Paz: Informe sobre deslizamientos en Kupini II y Valle de las Flores**. La Paz: Gobierno Autónomo Municipal de La Paz, 2019.
- ARIAS, G. Gestión de riesgos en áreas periurbanas de La Paz: un análisis post-desastre. **Revista Boliviana de Geociencias**, v. 12, n. 2, p. 45 62, 2020.
- ARISPE, M. Vivienda popular y autoconstrucción en Bolivia: una mirada crítica. **Revista de Arquitectura y Urbanismo**, La Paz, v. 15, n. 2, p. 45 62, 2019.
- ARQUITECTURA Y DISEÑO. Pisos de tierra apisonada: técnicas y aplicaciones contemporáneas. **Revista Digital de Arquitectura**, Madrid, 2023.
- ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN AENOR. **UNE 41410: Bloques de tierra comprimida para muros**. Madrid: AENOR, 2008.
- BOLIVIA. Ministerio de Obras Públicas, Servicios y Vivienda (MOPSV). **Norma Boliviana de Diseño Sísmico (NBDS 2023)**. La Paz: MOPSV, 2023. Disponible en: <https://www.oopp.gob.bo/wp-content/uploads/2024/02/NORMA-BOLIVIANA-DE-DISENO-SISMICO-2023.pdf>. Acesso em: 12 ago. 2025.
- CALDERA, J.; LIZÁRRAGA, J. Resiliencia sísmica en viviendas autoconstruidas de zonas periurbanas. **Revista Latinoamericana de Ingeniería Sísmica**, v. 5, n. 2, p. 33-50, 2018.
- CALDERÓN PANIAGUA, R. et al. Autoconstrucción informal como estrategia de acceso a la vivienda en sectores de bajos recursos. **Revista de Estudios Urbanos**, v. 15, n. 1, p. 1-18, 2025.
- CARDENAS-CONDORI, D. et al. Adaptación morfológica de viviendas autoconstruidas en pendientes pronunciadas. **Arquitectura y Territorio**, v. 8, n. 3, p. 67-85, 2025.

CARRASCO BELTRÁN, J. et al. Propiedades físicas y mecánicas del adobe estabilizado con fibras naturales. **Materiales de Construcción**, v. 71, n. 342, p. 1-12, 2021.

CASTILLO, L. et al. Arquitectura vernácula y autoproducida en contextos de ladera: soluciones empíricas de adaptación topográfica. **Revista de Arquitectura Andina**, v. 9, n. 2, p. 68-84, 2023.

CHEN, Y. et al. Revoques de tierra con fibras vegetales: propiedades y aplicaciones. **Construction and Building Materials**, v. 412, p. 134-145, 2024.

CHILE. Instituto Nacional de Normalización (INN). **NCh3332: Construcciones con Tierra Estabilizada**. Santiago de Chile: INN, 2013.

CHILE. Instituto Nacional de Normalización (INN). **NCh1079.Of2014: Eficiencia energética en edificaciones**. Santiago de Chile: INN, 2014.

CHOQUEHUANCA, R. **Estudio geotécnico del deslizamiento de Callapa, La Paz**. 143 f. Disertación (Maestría en Ingeniería Civil) Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, 2015.

CHUGAR ZUBIETA, Irma Miriam. **A Representação Social da Moradia: Estudo de Caso da Comunidade Maria Auxiliadora, Cochabamba - Bolívia**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.

CHUGAR, J.; LÓPEZ, M. Programas estatales de vivienda social en Bolivia: alcances y limitaciones (1998-2017). **Revista Hábitat y Sociedad**, n. 10, p. 1-18, 2017.

CLASEN, M. **Manual de construcción con bloques de tierra comprimida**. Santiago: Editorial Universitaria, 2018.

CONDORI, F. Patologías constructivas en viviendas de autoconstrucción en La Paz. **Investigaciones en Ingeniería Civil**, v. 14, n. 2, p. 89-104, 2021.

Constitución Política del Estado Plurinacional de Bolivia. La Paz: Gaceta Oficial, 2009.

Decreto Supremo N° 29894. Organización del Poder Ejecutivo. La Paz: Gaceta Oficial, 2009.

DURALIT S.A. **Historia y producción de materiales de construcción en Bolivia**. Cochabamba: Duralit, 2023. Disponible en: <https://www.boliviaentusmanos.com/amarillas/businesscard/duralit.html>. Acceso em: 10 ago. 2025.

DURÁN ANTEZANA, Daniela Erika. **Directrices de diseño para la vivienda unifamiliar de bajo impacto ambiental en Santa Cruz de la Sierra, Bolivia**. Trabalho de Graduação (Licenciatura em Arquitetura) Universidad Católica Boliviana "San Pablo", Santa Cruz de la Sierra, 2020.

ECOHABITAR. **Manual de construcción con tierra: tapial, adobe y BTC**. Buenos Aires: EcoHabitar Ediciones, 2022.

EL DEBER. La Paz: por deslizamientos evacuan familias de la urbanización Codavisa. **El Deber**, Santa Cruz de la Sierra, 2025. Disponible en: https://eldeber.com.bo/pais/la-paz-por-deslizamientos-evacuan-familias-de-la-urbanizacion-codavisa_506237. Acceso em: 30 set. 2025.

ESPAÑA. Asociación Española de Normalización (AENOR). **UNE 41410: Bloques de tierra comprimida para muros**. Madrid: AENOR, 2008.

FAST COMPANY MÉXICO. La tierra apisonada como material sostenible para la construcción contemporánea. **Fast Company México**, Ciudad de México, 15 ene. 2025. Disponible em: www.fastcompany.com.mx. Acceso em: 20 fev. 2026.

FERROVIAL. **Manual de construcción sostenible: materiales y técnicas**. Madrid: Fundación Ferrovial, 2014.

FLORES, R. Materiales para cubiertas en vivienda popular: análisis comparativo de costos y prestaciones. **Construcción y Tecnología**, v. 23, n. 4, p. 34-48, 2021.

FONTOLAN, P. et al. Morteros mixtos de cal y cemento: propiedades y aplicaciones en rehabilitación. **Materiales de Construcción**, v. 74, n. 2, p. 1-15, 2024.

FUNDACIÓN ABRIL. Escuela del Pueblo El concepto de vivienda social para vivir bien. **Fundación Abril**, Cochabamba, 22 mar. 2013. Disponible en: <http://www.fundacionabril.org/areas-de-trabajo/escuela-del-pueblo/el-concepto-de-vivienda-social-para-vivir-bien-2/>. Acceso em: 27 set. 2025.

FUNDACIÓN PROCASHA. **Producción social del hábitat en Cochabamba: aprendizajes y desafíos**. Cochabamba: PROCASHA, 2019.

GARECA APAZA, Mireya Lauren; ANDRADE CUETO, Marcial. Material ecológico: ladrillos elaborados con suelo-cemento y PET. **Revista Ciencia, Tecnología e Inagoación**, Chuquisaca, v. 22, n. 31, 2024. Disponible en: http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2225-87872024000300015. Acceso em: 14 ago. 2025.

GAREACA APAZA, M.; ANDRADE CUETO, M. Comportamiento térmico del adobe en climas de altura. **Revista de la Construcción**, v. 23, n. 1, p. 45-60, 2024.

GILBERT, A. La vivienda popular en América Latina: entre la autoconstrucción y el mercado. **Revista INVI**, v. 34, n. 95, p. 9-38, 2019.

GIVONI, B. **Climate considerations in building and urban design**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1998.

GOBIERNO AUTÓNOMO MUNICIPAL DE LA PAZ (GAMLP). **Memoria Institucional 2020: Modelo de planificación y desarrollo municipal**. La Paz: GAMLP, 2020a.

GOBIERNO AUTÓNOMO MUNICIPAL DE LA PAZ (GAMLP). **Diagnóstico de la vivienda adecuada en el municipio de La Paz**. La Paz: GAMLP, 2020b. Disponible en: <https://sitservicios.lapaz.bo/viviendaods>. Acceso en: 27 set. 2025.

GOBIERNO AUTÓNOMO MUNICIPAL DE LA PAZ (GAMLP). **Diagnóstico de la vivienda adecuada en el municipio de La Paz**. La Paz: GAMLP, 2023. Disponible en: <https://sitservicios.lapaz.bo/viviendaods>. Acceso en: 25 set. 2025.

GOBIERNO AUTÓNOMO MUNICIPAL DE LA PAZ GAMLP. **Plan Territorial de Desarrollo Integral (PTDI) 2016-2020**. La Paz: GAMLP, 2016.

GOBIERNO AUTÓNOMO MUNICIPAL DE LA PAZ GAMLP. **Atlas urbano de La Paz: crecimiento y ocupación del suelo**. La Paz: GAMLP, 2018.

GOBIERNO AUTÓNOMO MUNICIPAL DE LA PAZ GAMLP. **Manual de revoques para fachadas en edificaciones patrimoniales**. La Paz: GAMLP, 2019.

GODOY, A. et al. Revoques de tierra: sostenibilidad y confort ambiental. **Revista de Bioconstrucción**, v. 12, n. 1, p. 23-36, 2025.

GOLASZEWSKI, J.; BOCHEN, J.; CYGAN, M. Morteros de cal-cemento: propiedades mecánicas y durabilidad. **Construction and Building Materials**, v. 314, p. 125-140, 2022.

GONZALES GARAY, A.; PÉREZ ÁLVAREZ, D. Pisos de ladrillo cocido en la arquitectura tradicional paceña. **Revista de Patrimonio Arquitectónico**, v. 7, n. 2, p. 55-70, 2021.

GONZÁLEZ, M. et al. Bloques de tierra comprimida estabilizados: caracterización técnica y ambiental. **Informes de la Construcción**, v. 70, n. 549, p. 1-10, 2018.

GRANDI, R. **Guía Boliviana de Diseño Sísmico (GBDS)**. La Paz: Ministerio de Obras Públicas, Servicios y Vivienda, 2018.

GREEN BUILDING ENCYCLOPAEDIA. Earth plasters: properties and applications. **Green Building Encyclopaedia**, 2025. Disponible en: www.greenbuildingencyclopaedia.com. Acceso en: 15 fev. 2026.

GUTIÉRREZ VACAFLORES, Álvaro. **El déficit habitacional en Bolivia y la política de vivienda social**. La Paz: Instituto de Investigaciones de la Facultad de Arquitectura, Universidad Mayor de San Andrés, 2013.

HAMLP. **Historia del desarrollo urbano de La Paz**. La Paz: Honorable Alcaldía Municipal de La Paz, 2010.

HIDALGO, R.; JANOSCHKA, M. La producción social del hábitat en América Latina: conceptos, experiencias y desafíos. **Revista de Geografía Norte Grande**, n. 67, p. 15-34, 2017.

HOLGUINO HUARZA, S. et al. Propiedades térmicas del adobe para la región altoandina. **Revista de Materiales y Estructuras**, v. 8, n. 3, p. 78-92, 2018.

IBNORCA. **Norma Boliviana de Diseño Sismo-Resistente NBDS 2023**. La Paz: Instituto Boliviano de Normalización y Calidad, 2023.

INCERPAZ. **Catálogo de productos cerámicos y pisos**. La Paz: Incerpaz Bolivia, 2021. Disponible en: <https://scz.tienda.incerpaz.com/>. Acceso em: 1 ago. 2025.

INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGÍA Y CAMBIO CLIMÁTICO. **Eficiencia energética en hornos ladrilleros artesanales**. Guatemala: INECC, 2016.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA INE. **Encuesta de Hogares 2017: condiciones habitacionales en Bolivia**. La Paz: INE, 2017.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). **ISO 21930: Sustainability in buildings and civil engineering works Environmental product declarations**. Ginebra: ISO, 2017.

JIA QUANQUAN et al. Earth-based plasters for healthy indoor environments: a review. **Journal of Cleaner Production**, v. 450, p. 141-158, 2024.

LA RAZÓN. De 737 OTB en La Paz, 506 están en zonas de riesgo. **La Razón**, La Paz, 2023. Disponible en: <https://hemeroteca.larazon.bo/ciudades/2023/11/20/de-737-otb-en-la-paz-506-estan-en-zonas-de-riesgo/>. Acceso em: 30 set. 2025.

LA RAZÓN. Deslizamiento en la urbanización Codavisa: 80 viviendas afectadas en la zona Sur de La Paz. **La Razón**, La Paz, 10 ene. 2025. Disponible em: www.larazon.com.bo. Acceso em: 15 jan. 2025.

LEDEZMA, R. Bioarquitectura y materiales sostenibles en Bolivia: el adobe como patrimonio cultural. **Revista de Arquitectura y Sostenibilidad**, v. 10, n. 1, p. 42-58, 2024.

LI, J. et al. Environmental impact of cement production: a global review. **Cement and Concrete Research**, v. 175, p. 107-122, 2024.

MALLADI, G.; SELVARAJ, T. Lime-based plasters for sustainable construction: a review. **Materials Today: Proceedings**, v. 89, p. 45-56, 2024.

MAMANI, F. Economía moral del territorio: ocupación de laderas en La Paz. **T'inkazos: Revista Boliviana de Ciencias Sociales**, n. 47, p. 89-106, 2020.

MEDINACELI, Ximena. Asentamientos en laderas de La Paz: riesgos y políticas urbanas. **Revista Boliviana de Urbanismo**, La Paz, v. 5, n. 1, p. 77-94, 2017.

MEDINACELI, X. **La Paz: morfología urbana y asentamientos populares**. La Paz: Plural Editores, 2017.

MENESES ROMERO, J. Revocos de cal: ventajas y desventajas frente al cemento. **Revista de Edificación**, n. 43, p. 27-36, 2017.

MÉXICO. Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación (ONNCCE). **NMX-C-460-ONNCCE: Bloques de tierra comprimida para muros**. Ciudad de México: ONNCCE, 2016.

MINISTERIO DE VIVIENDA, CONSTRUCCIÓN Y SANEAMIENTO (MVCS). **Norma Técnica E.080: Diseño y Construcción con Tierra Reforzada**. Lima: MVCS, 2017. Disponible en: https://cdn-web.construccion.org/normas/rne2012/rne2006/files/titulo3/02_E/E_080.pdf. Acceso em: 19 ago. 2025.

MOTHER EARTH NEWS. Natural plasters for your home. **Mother Earth News**, 2014. Disponible em: www.motherearthnews.com. Acceso em: 10 fev. 2026.

ONU-HABITAT. Bolivia lanza política urbana nacional para transformar sus ciudades. **ONU-Habitat**, 2021. Disponible en: <https://onu-habitat.org/index.php/bolivia-lanza-politica-urbana-nacional-para-transformar-sus-ciudades>. Acceso em: 27 set. 2025.

ONU-HABITAT. Bolivia lanza política urbana nacional para transformar sus ciudades. **ONU-Habitat**, 2024. Disponible en: <https://onu-habitat.org/index.php/bolivia-lanza-politica-urbana-nacional-para-transformar-sus-ciudades>. Acceso em: 25 set. 2025.

ONU-HÁBITAT. **Estado de las ciudades de América Latina y el Caribe 2022**. Nairobi: ONU-Hábitat, 2022.

ORTIZ FLORES, E. Autoconstrucción y mejoramiento de vivienda: hacia una política de apoyo progresivo. **Hábitat INVI**, v. 30, n. 83, p. 9-38, 2015.

PISOS/SUELOS. Conceptos básicos de pavimentos y solados. **Enciclopedia de la Construcción**, 2025. Disponible em: www.construccionenciclopedia.com. Acceso em: 20 fev. 2026.

PNUD BOLIVIA. La Paz y El Alto en la senda del desarrollo integral urbano: un relato de ciudades resilientes. **PNUD Bolivia**, 2023. Disponible en: <https://www.undp.org/es/blog/la-paz-y-el-alto-en-la-senda-del-desarrollo-integral-urbano-un-relato-de-ciudades-resilientes>. Acceso em: 30 set. 2025.

QUISBERT, R. Ciudadanía constructora: organización vecinal y autogestión en las laderas de La Paz. **Revista de Sociología Urbana**, v. 6, n. 1, p. 55-74, 2022.

RAMÍREZ, J. **Materiales para cubiertas en climas de altura**. La Paz: Editorial Universitaria UMSA, 2016.

REUTERS. Lluvias torrenciales causan inundaciones en Bajo Llojeta, La Paz. **Reuters**, Londres, 25 nov. 2024. Disponible em: www.reuters.com. Acceso em: 30 nov. 2024.

RODRÍGUEZ-NAVARRO, C. et al. Carbonation process in lime-based mortars: a review. **Cement and Concrete Composites**, v. 136, p. 104-118, 2023.

RÓFIX. Revoques de cal: permeabilidad y confort ambiental. **Rófix Technical Bulletin**, 2025. Disponible em: www.rofix.com. Acceso em: 15 fev. 2026.

ROJAS, J.; PINO, S. Urbanización informal en laderas andinas: patrones de ocupación y riesgos. **Revista de Geografía Aplicada**, v. 14, n. 2, p. 87-104, 2019.

RUIZ VALENCIA, D. et al. Reforzamiento sísmico de edificaciones patrimoniales en tierra: aplicación de la norma AIS-610-EP-2017. **Revista de Ingeniería Sísmica**, n. 108, p. 45-65, 2023.

SALAS ROA, J. Autoconstrucción y calidad habitacional en Perú: desafíos para la política pública. **Revista de Vivienda y Ciudad**, v. 8, n. 1, p. 12-28, 2024.

SALAZAR, G. **Manual de pisos y acabados en construcción**. Bogotá: Escala Editorial, 2014.

SHAFIGH, P. et al. Cement-based materials: properties and environmental impact. **Journal of Cleaner Production**, v. 258, p. 120-135, 2020.

SITSERVICIOS.LAPAZ.BO. Mapa hidrográfico y mancha urbana de la ciudad de La Paz. **Sistema de Información Territorial**, 2025. Disponible em: www.sitservicios.lapaz.bo. Acceso em: 10 jan. 2026.

TECNOCANAPA. Revoques de cal: transpirabilidad y durabilidad. **Tecnocañapa Technical Guide**, 2024. Disponible em: www.tecnocanapa.com. Acceso em: 15 fev. 2026.

TORRES-TOVAR, C. Producción social del hábitat en América Latina: trayectorias y perspectivas. **Revista INVI**, v. 36, n. 102, p. 9-38, 2021.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA. **Eficiencia energética en hornos ladrilleros artesanales**. Guatemala: USAC, 2015.

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS UMSA. **Diagnóstico de la vivienda en laderas de La Paz**. La Paz: Instituto de Investigaciones FAADU, 2019.

VALDA ROMERO, X. Pisos de ladrillo cocido: tradición y durabilidad en la arquitectura boliviana. **Revista de Arquitectura Boliviana**, n. 12, p. 34-48, 2019.

VALVERDE, E.; TAPIA, D. Hibridación constructiva en la vivienda popular contemporánea de La Paz. **Revista Hábitat Sustentable**, v. 12, n. 2, p. 152-168, 2022.

VARGAS NEUMANN, J. **Código sismo-resistente para construcciones de adobe**. Lima: PUCP, 1980.

VELA FERREIRO, C. La tierra apisonada como técnica constructiva contemporánea. **Arquitectura y Construcción Sostenible**, v. 11, n. 1, p. 22-38, 2024.

VENDRAMI, J. **Análisis de la resistencia a compresión del adobe a partir de la caracterización del suelo**. Trabajo final de grado. Córdoba: Universidad Nacional de Córdoba, 2018.

VERGARA-PERUCICH, J. et al. Acceso a la vivienda en sectores de bajos recursos: autoconstrucción y políticas públicas. **Revista de Estudios Urbanos Regionales**, v. 51, n. 1, p. 1-22, 2025.

VICEMINISTERIO DE VIVIENDA Y URBANISMO VMVU. **Normas Técnicas de Vivienda: condiciones mínimas de habitabilidad**. La Paz: VMVU, 2018.

VICEMINISTERIO DE VIVIENDA Y URBANISMO VMVU. **Manual de Construcción de Viviendas Sociales**. La Paz: VMVU, 2020.

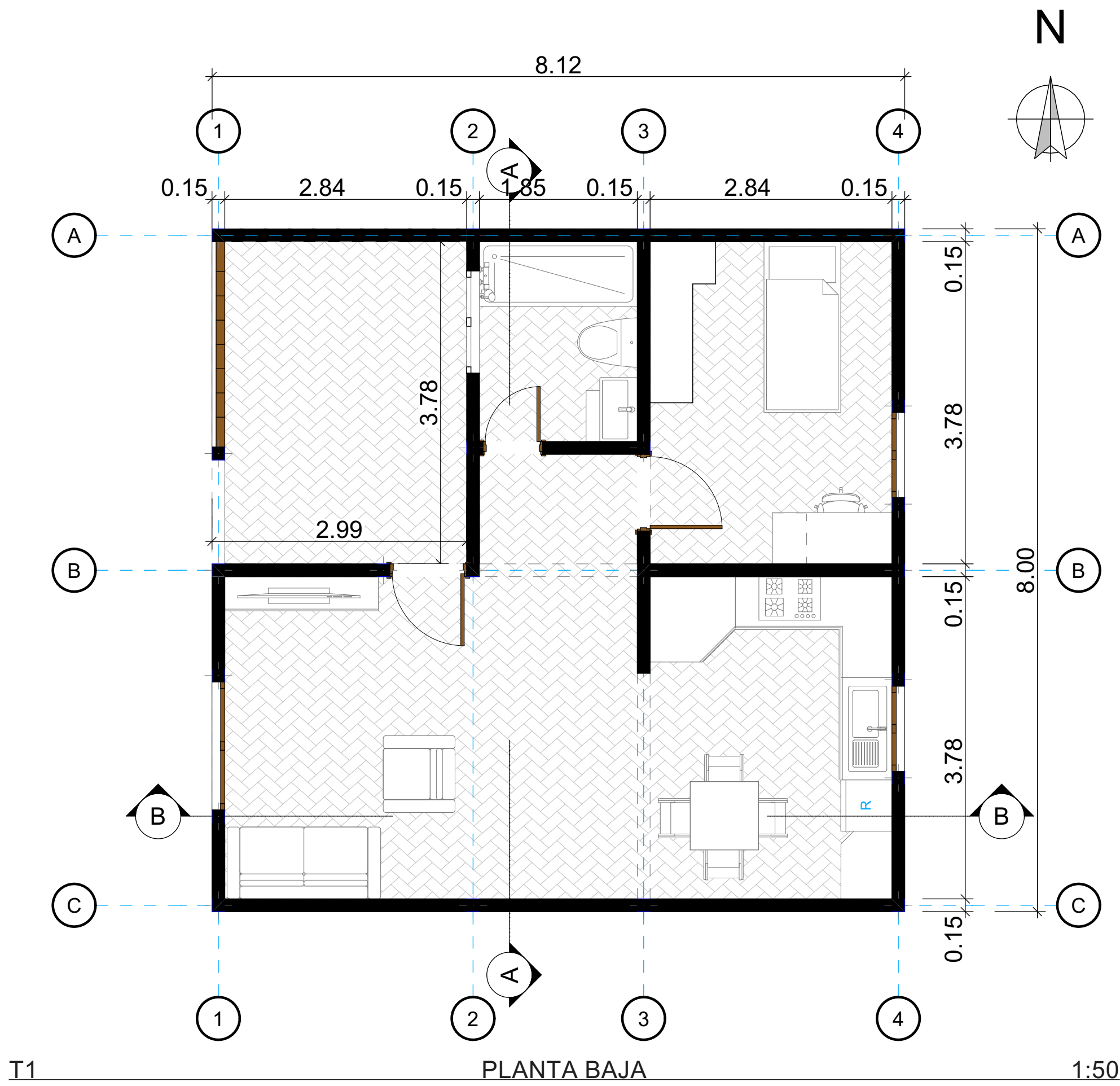
VIJERATHNE, A. et al. Modern ceramic tile production: energy efficiency and environmental impacts. **Journal of the European Ceramic Society**, v. 45, n. 2, p. 234-248, 2025.

VILLEGAS, D. et al. Tejas cerámicas: fabricación, propiedades y aplicaciones. **Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio**, v. 57, n. 4, p. 145-158, 2018.

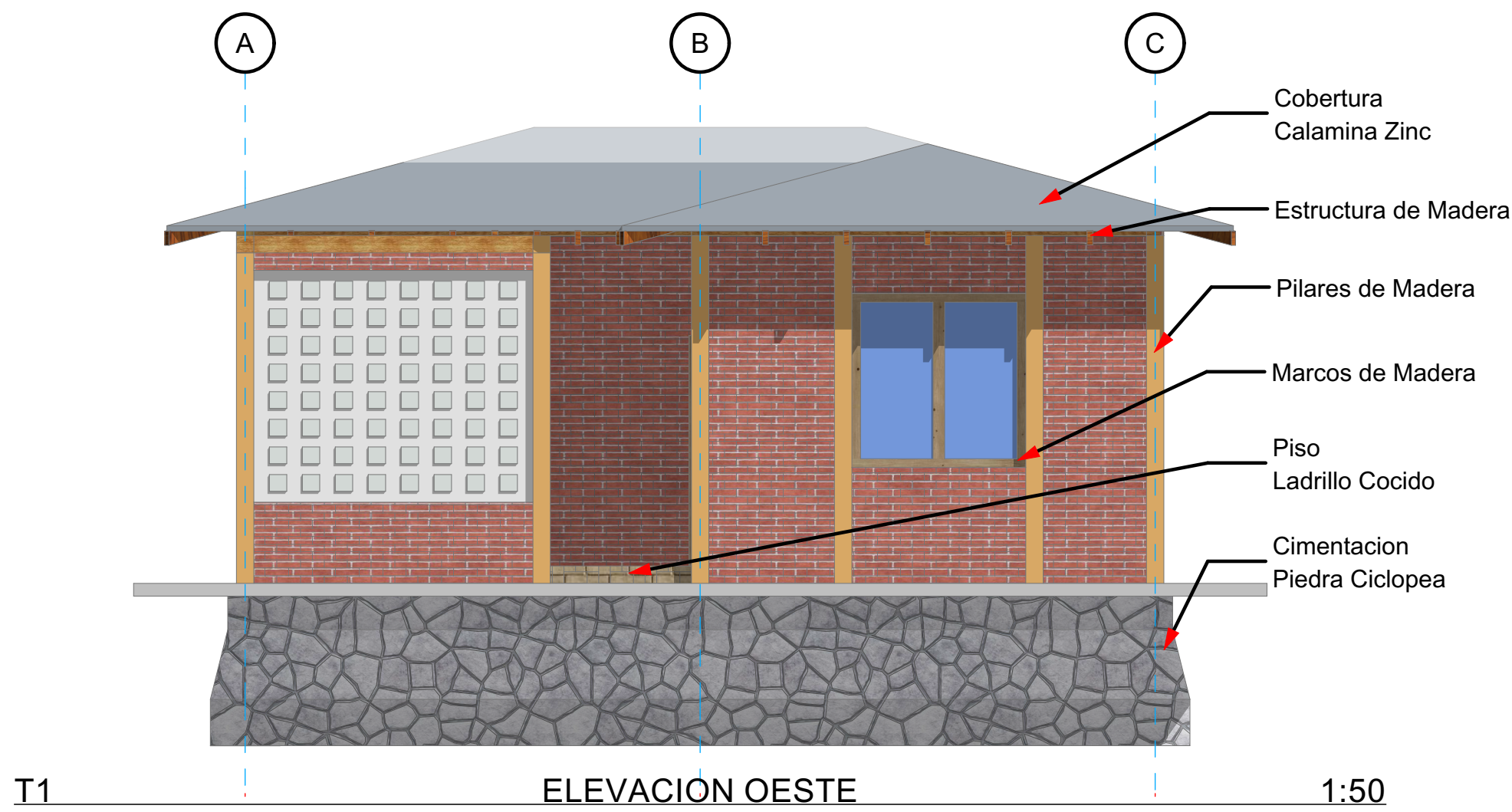
ZAPATA-AMPUERO, A. et al. Propiedades mecánicas de pisos de ladrillo cocido. **Materiales de Construcción**, v. 71, n. 343, p. 1-12, 2021.

APÊNDICES

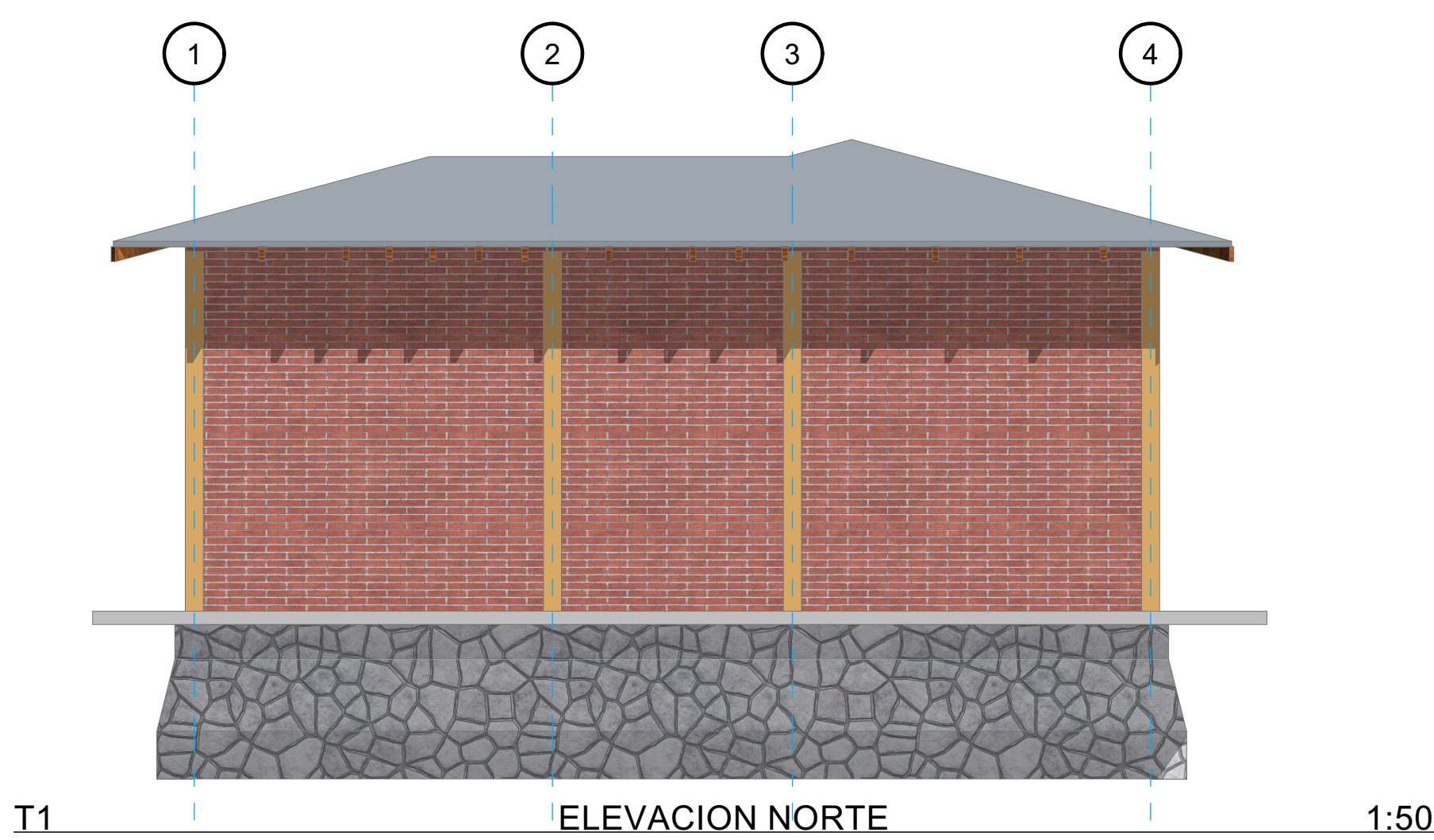
TIPOLOGIA 1 49m²



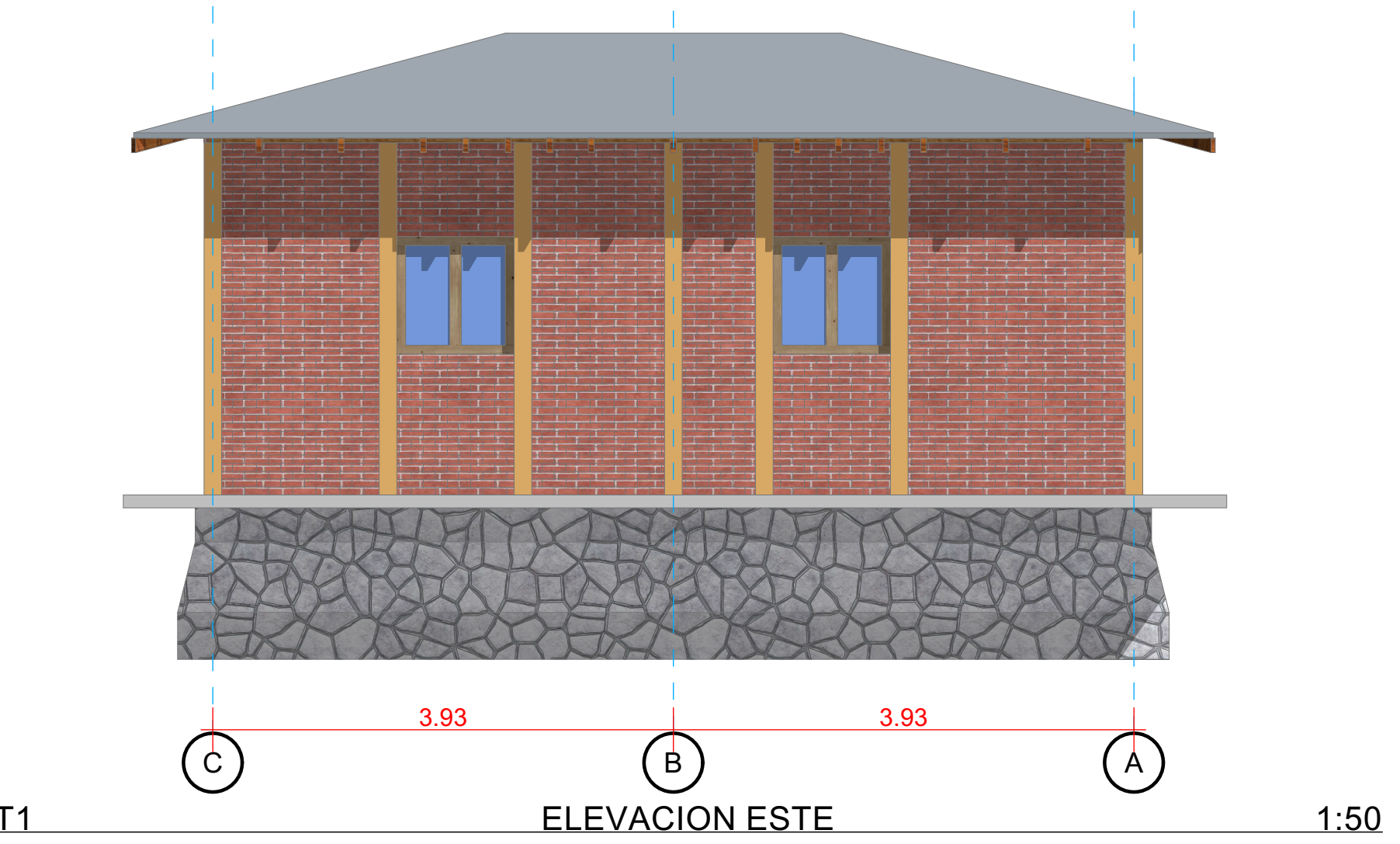
T1 PLANTA BAJA 1:50



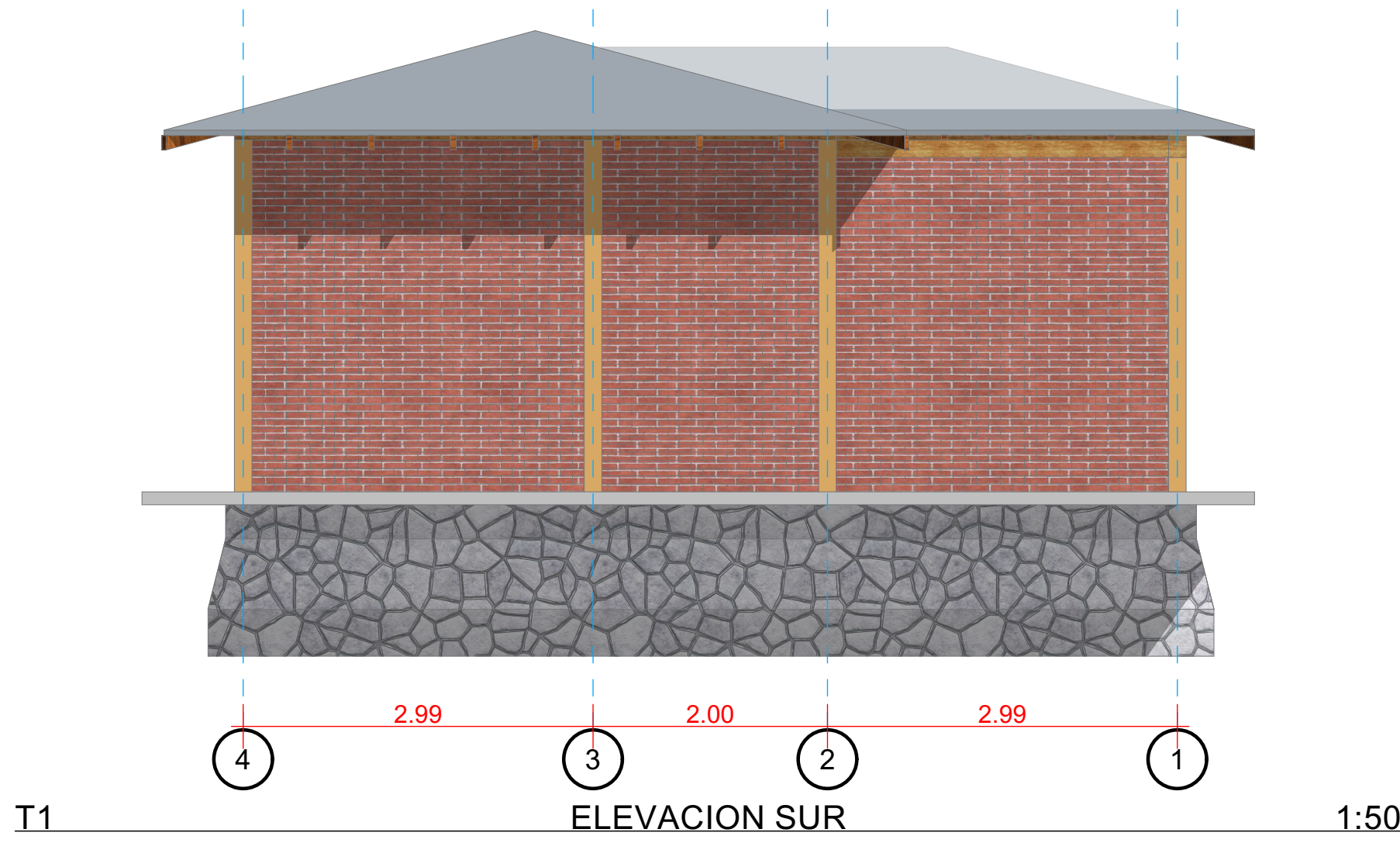
T1 ELEVACION OESTE 1:50



T1 ELEVACION NORTE 1:50



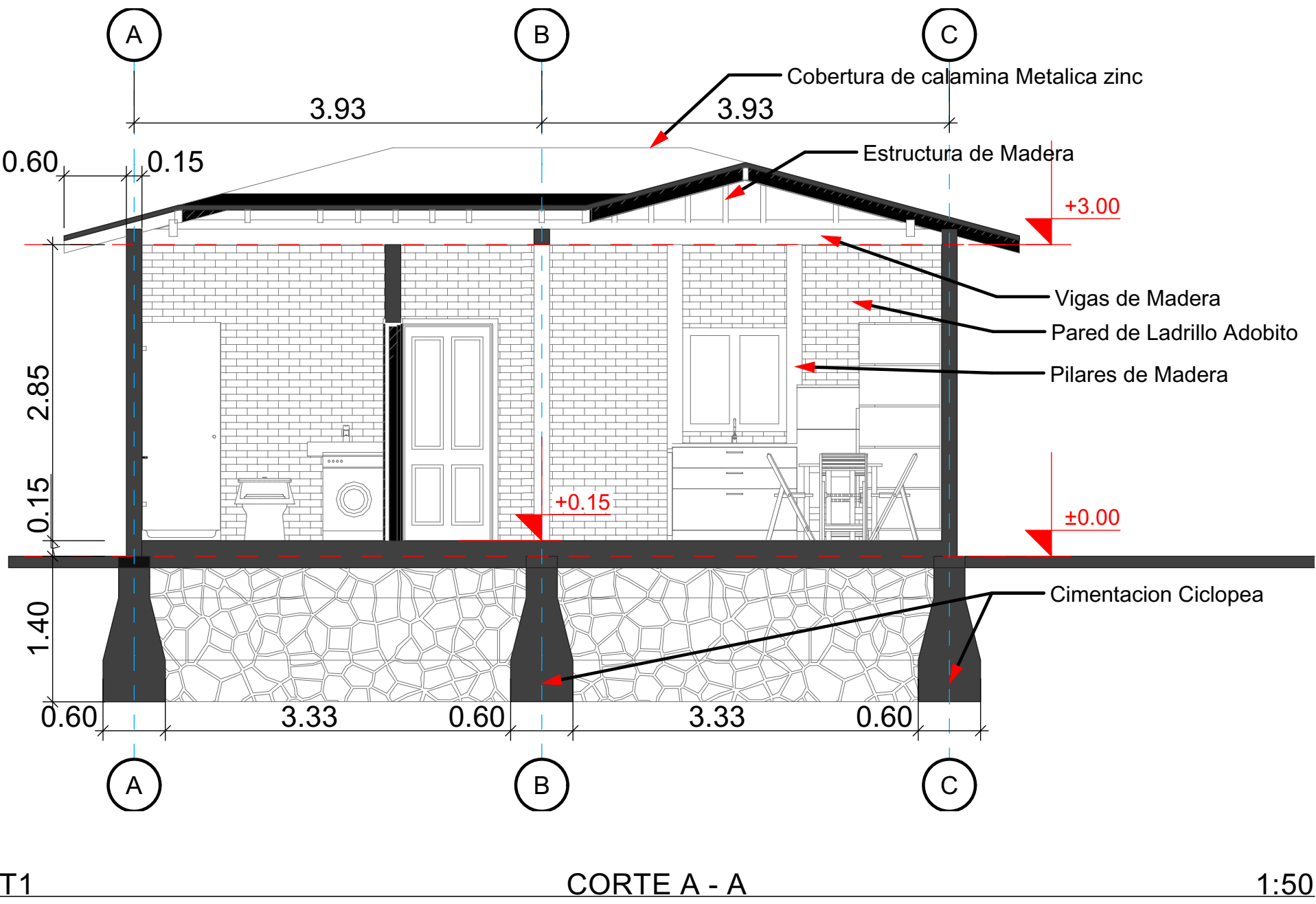
T1 ELEVACION ESTE 1:50



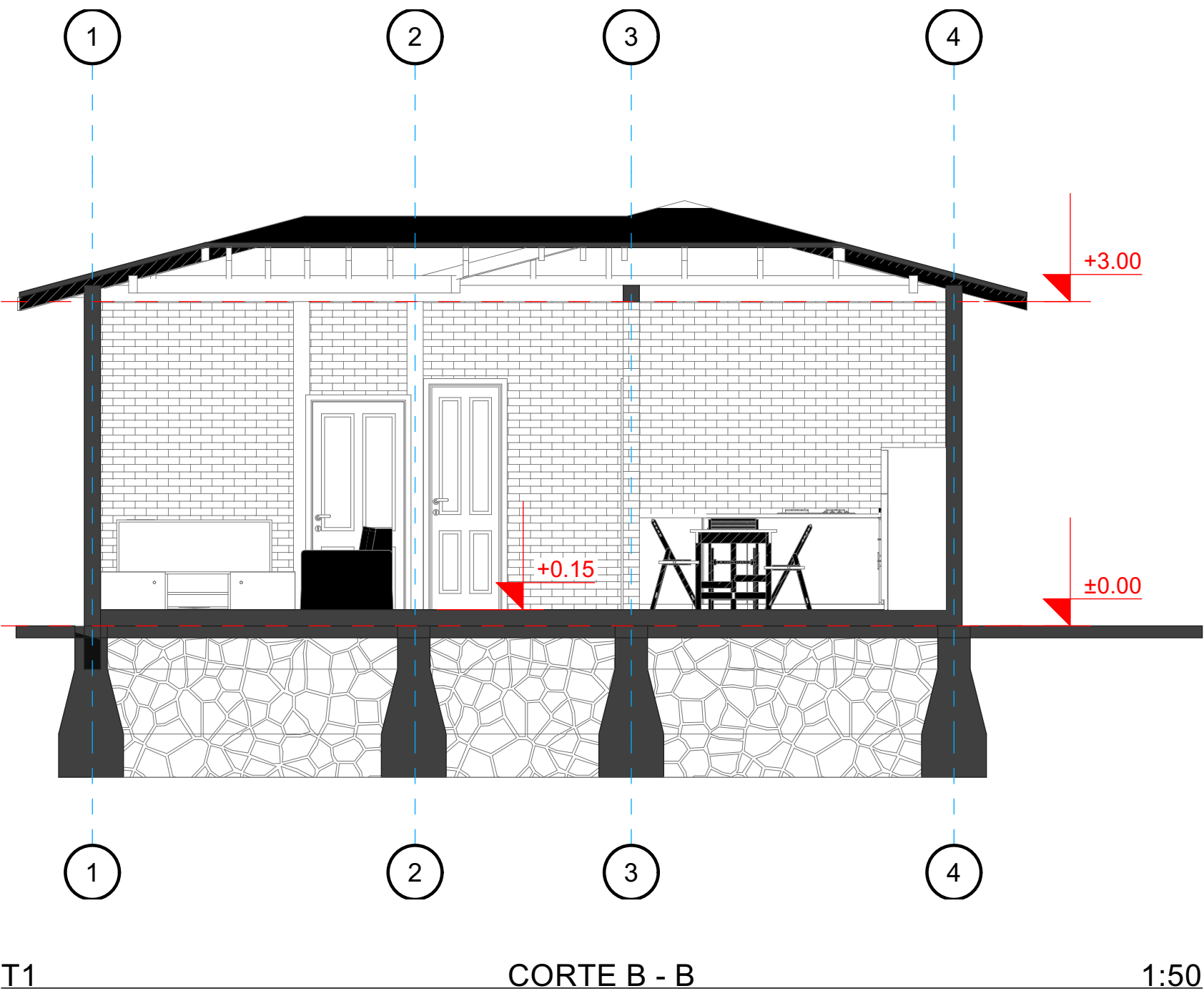
T1 ELEVACION SUR 1:50



UNIVERSIDAD FEDERAL DE LA INTEGRACIÓN LATINOAMERICANA		
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO Em ENGENHARIACIVIL (PPG ECI)		
UNILA		
Tipología de vivienda popular con técnicas socioambientales para zonas vulnerables de la ciudad de La Paz, Bolivia.		
LÁMINA: Plantas, Cortes, Elevaciones y 3D	Nº: 01/06	ESC: 1:50
AUTOR: Luis Carlos Chura Alvarez	LOCALIZACIÓN: Foz do iguazu - Parana, Brasil]	FECHA: Junio/2026
ORIENTADOR: Prof. Dr. Gabriel Rodrigues da Cunha		COORIENTADOR: Prof. Dr. Irma Miriam Chugar

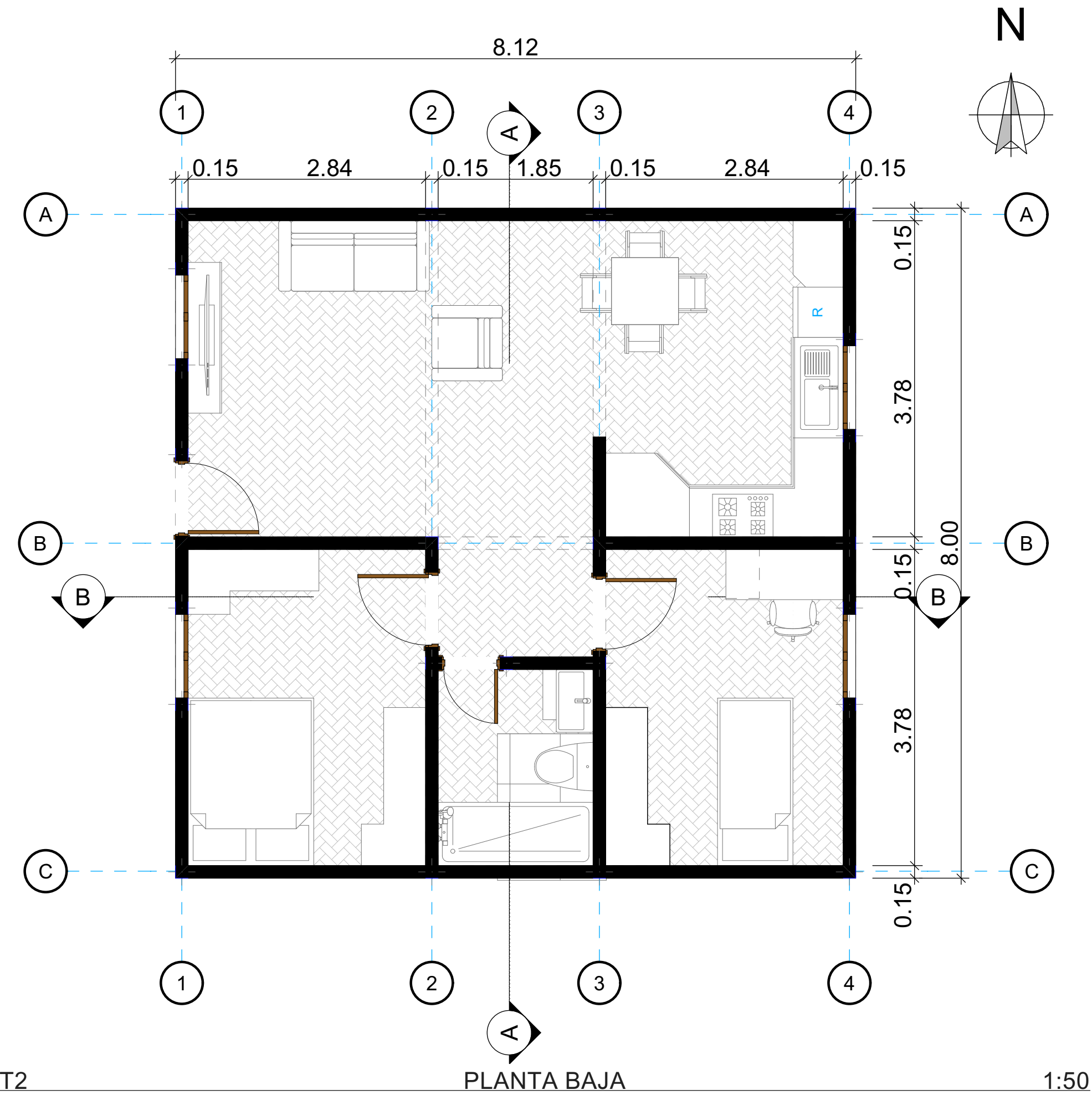


T1 CORTE A - A 1:50

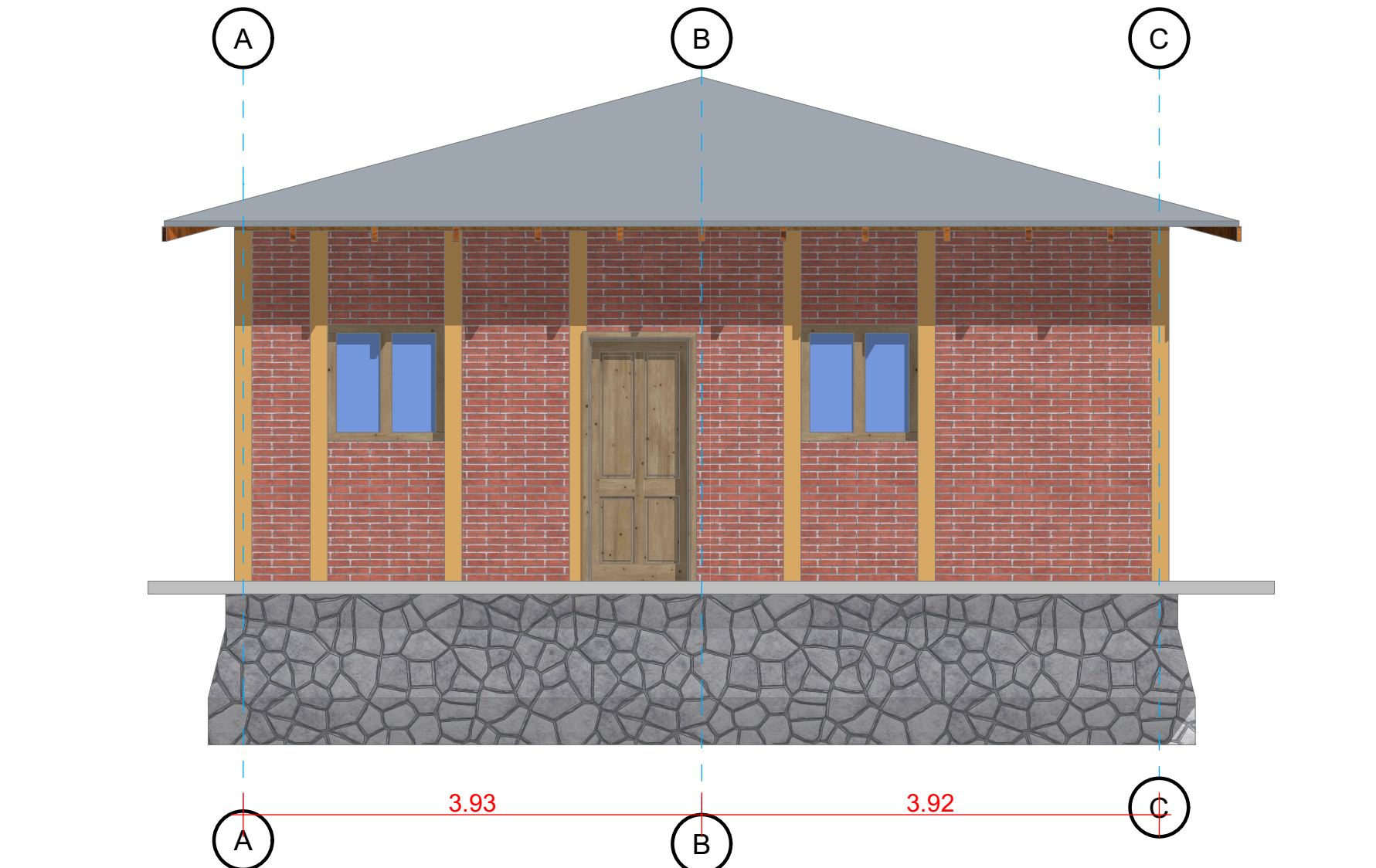


T1 CORTE B - B 1:50

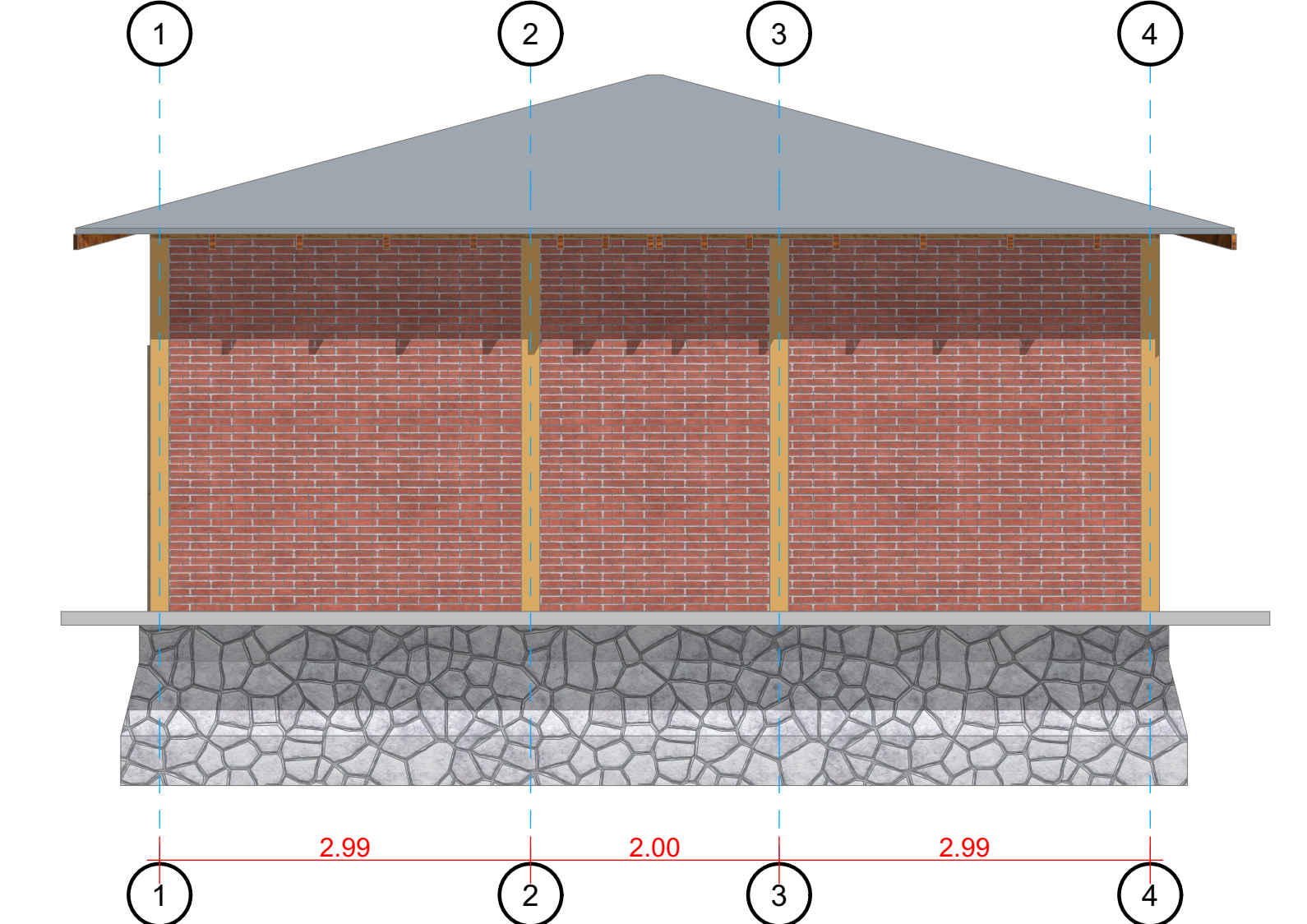
TIPOLOGIA 2 65 m2



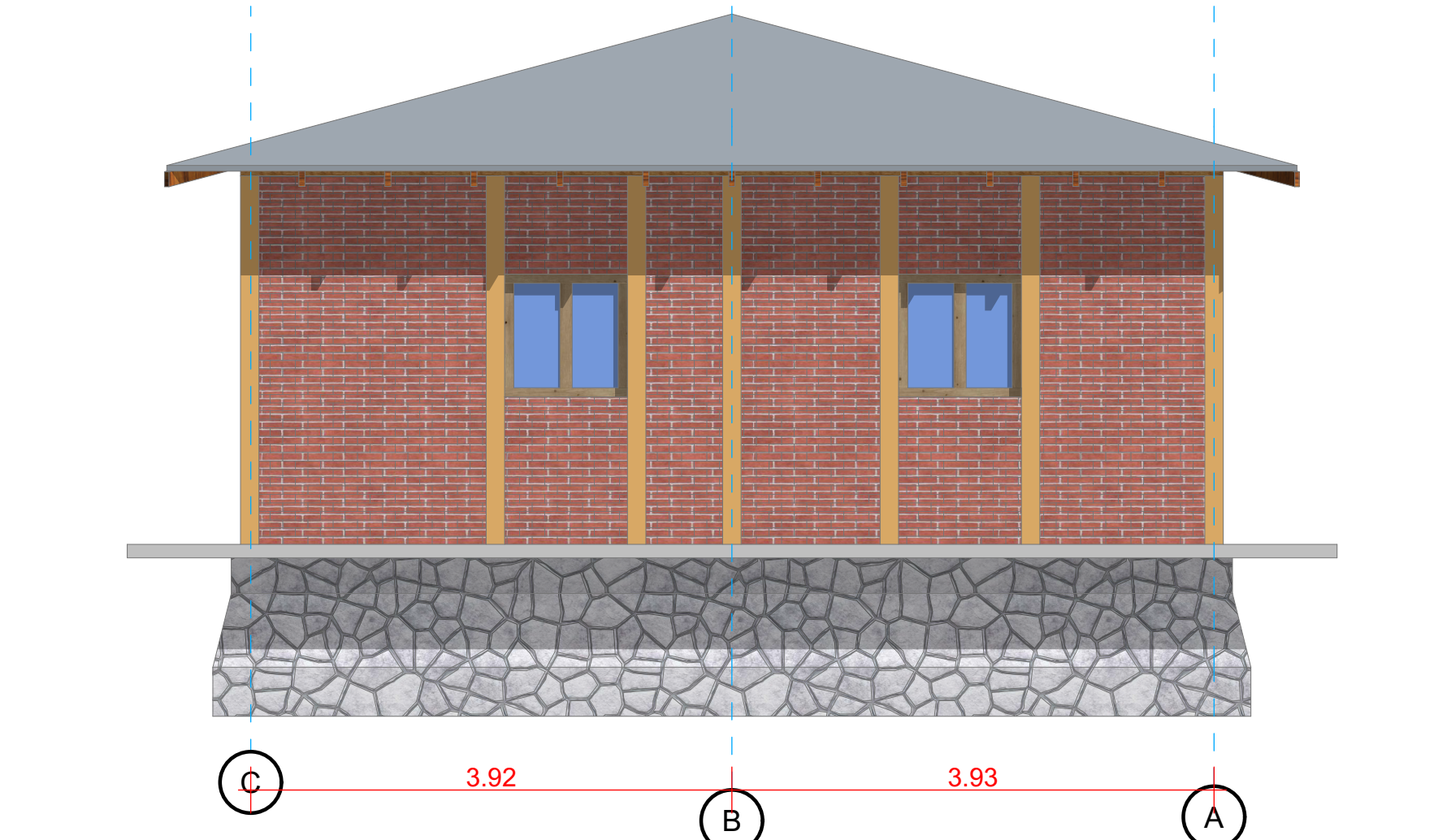
T2 PLANTA BAJA 1:50



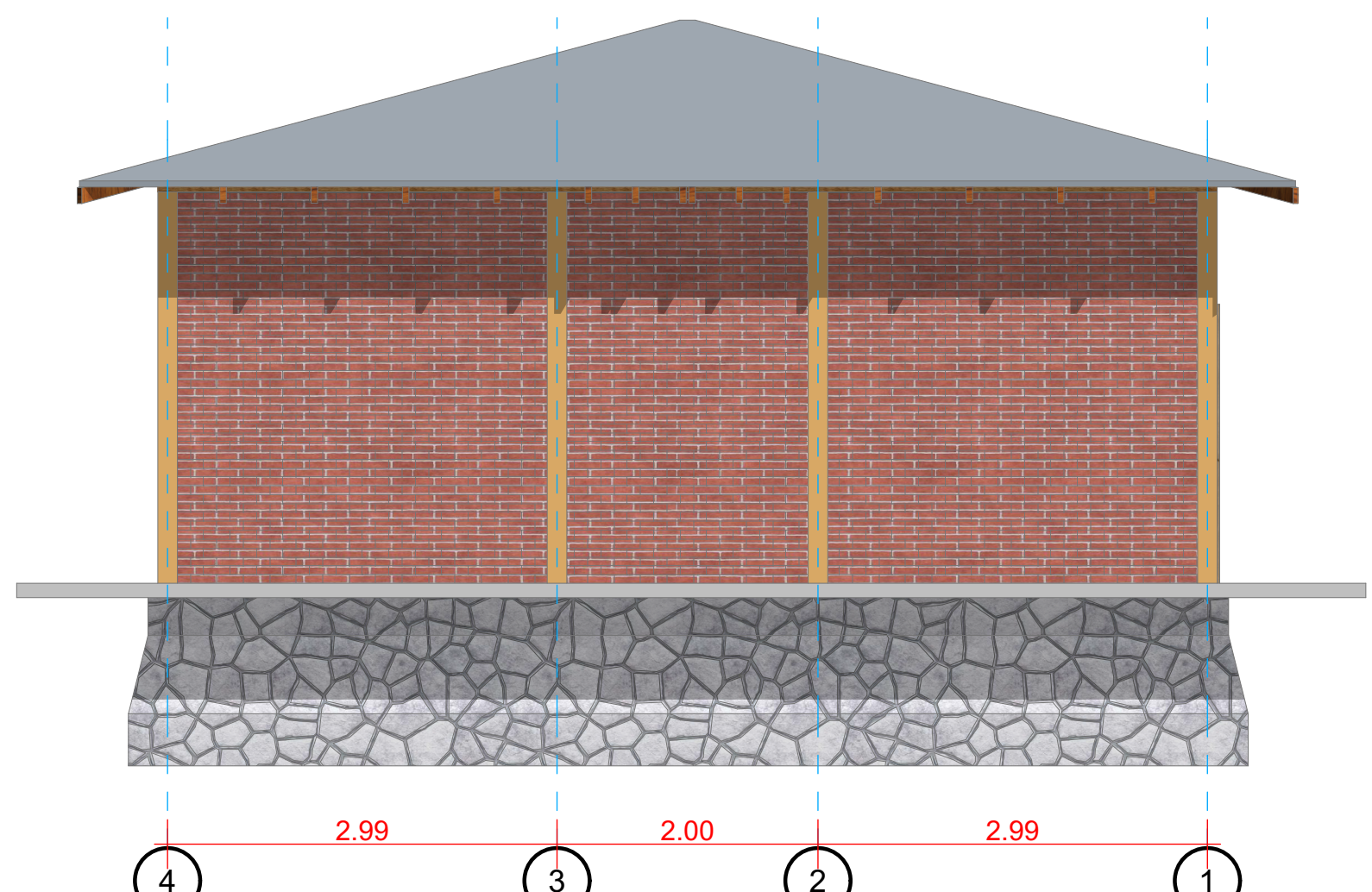
T2 ELEVACION OESTE 1:50



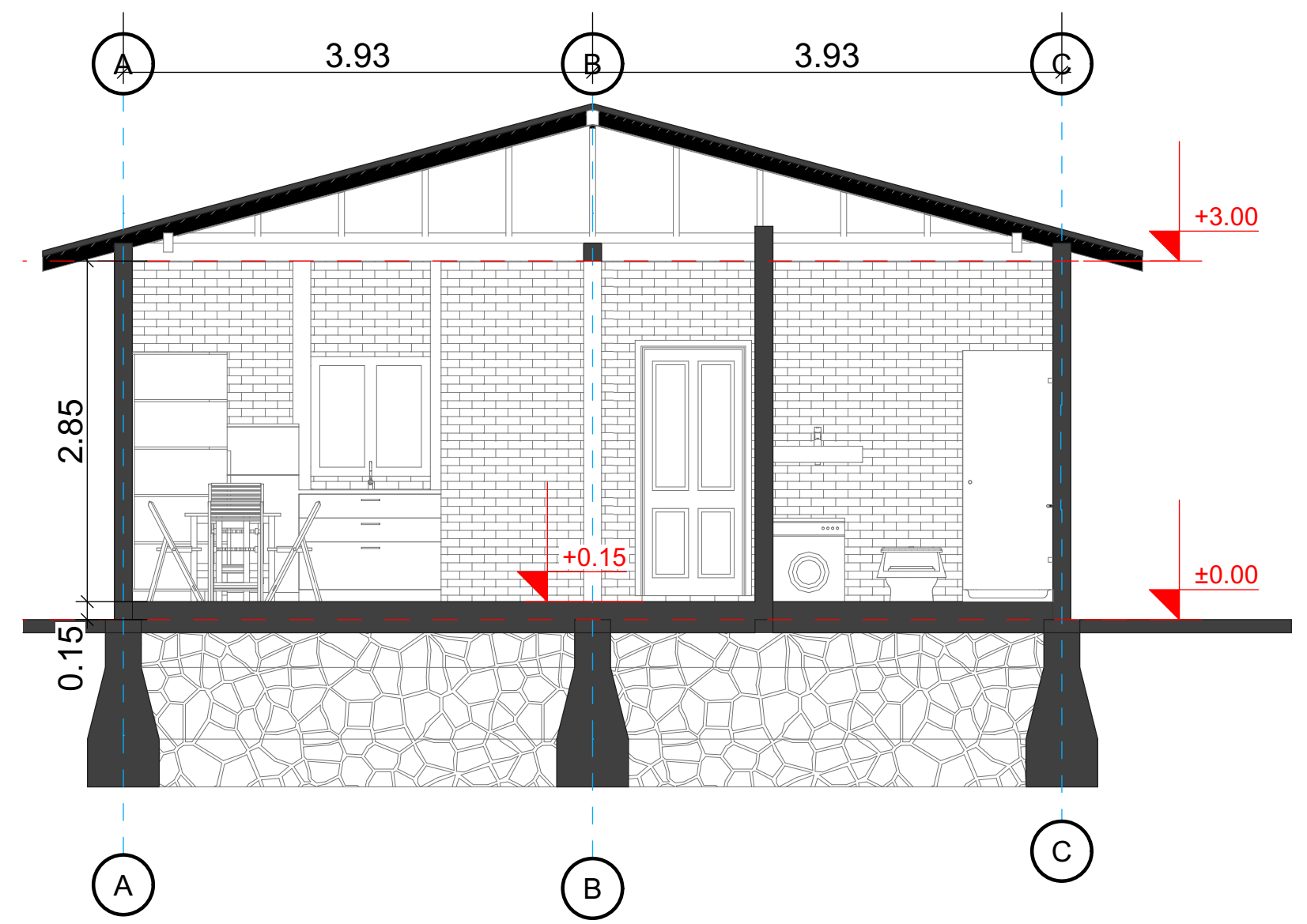
T2 ELEVACION NORTE 1:50



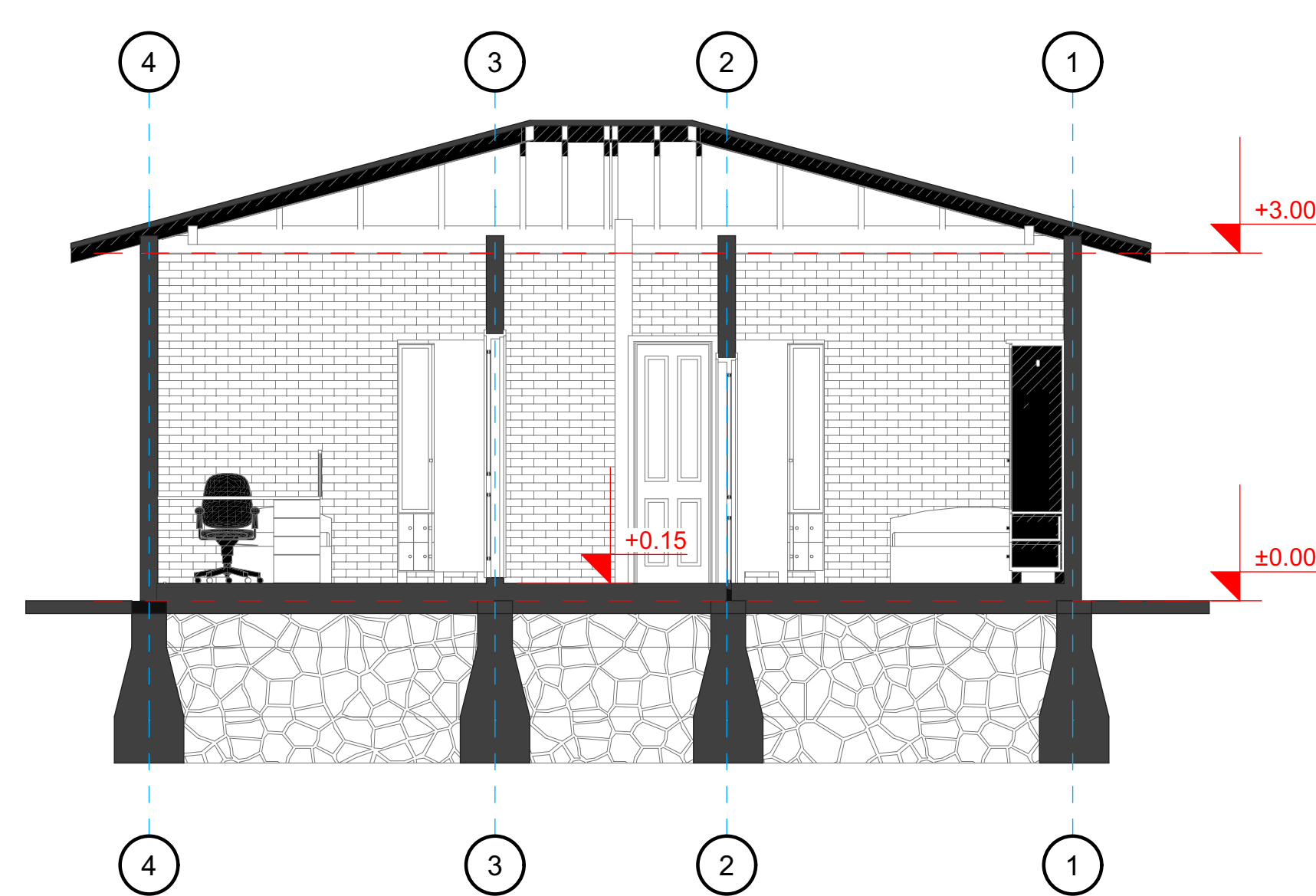
T2 ELEVACION ESTE 1:50



T2 ELEVACION SUR 1:50



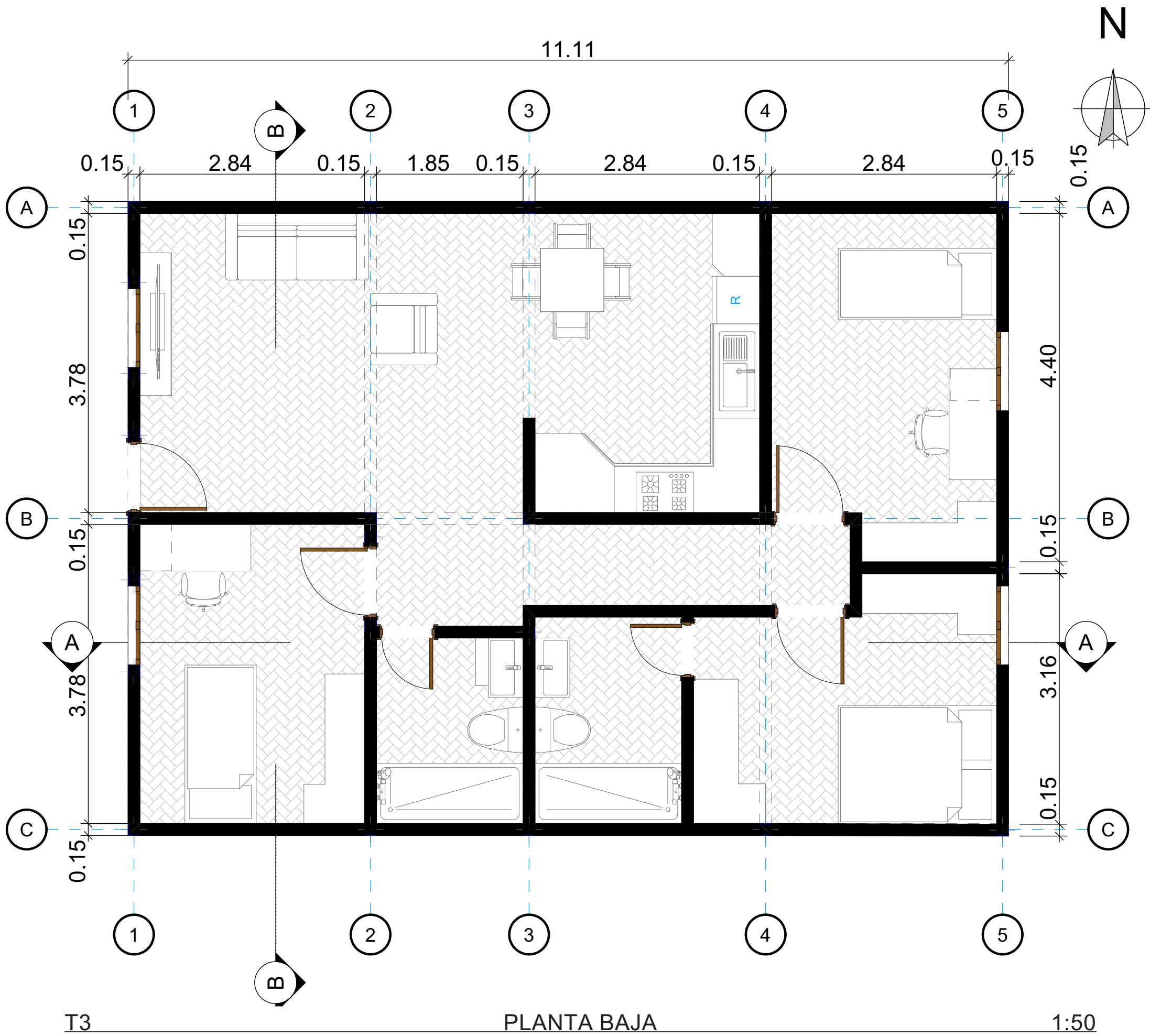
T2 CORTE A - A 1:50



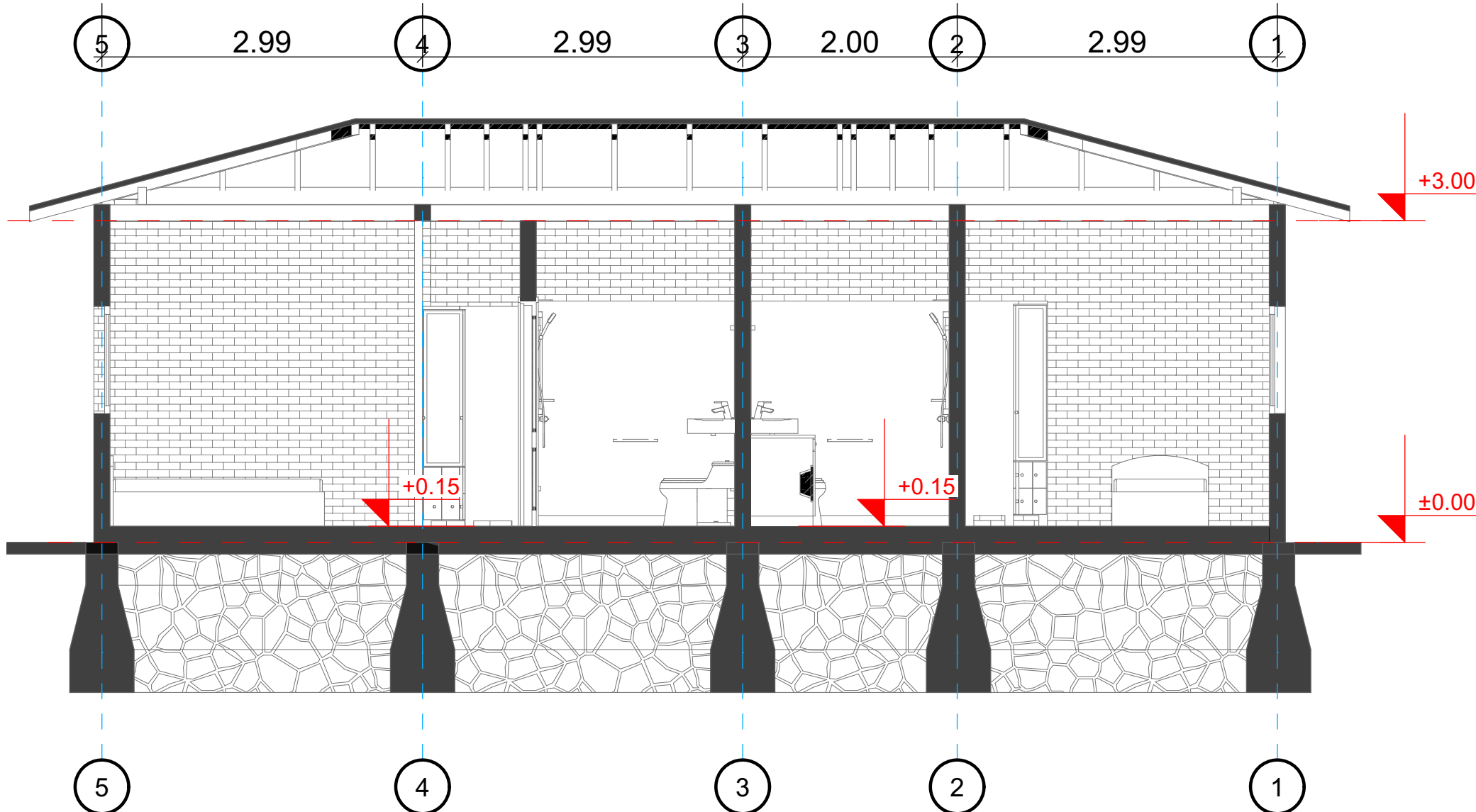
T2 CORTE B - B 1:50

UNIVERSIDAD FEDERAL DE LA INTEGRACIÓN LATINOAMERICANA		
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO Em ENGENHARIA CIVIL (PPG ECI)		
UNILA		
Tipología de vivienda popular con técnicas socioambientales para zonas vulnerables de la ciudad de La Paz, Bolivia.		
LÁMINA: Plantas, Cortes, Elevaciones y 3D	Nº: 02/06	ESC: 1:50
AUTOR: Luis Carlos Chura Alvarez	LOCALIZACIÓN: Foz do iguazu - Parana, Brasil]	FECHA: Junio/2026
ORIENTADOR: Prof. Dr. Gabriel Rodrigues da Cunha		COORDINADOR: Prof. Dr. Irma Miriam Chugar

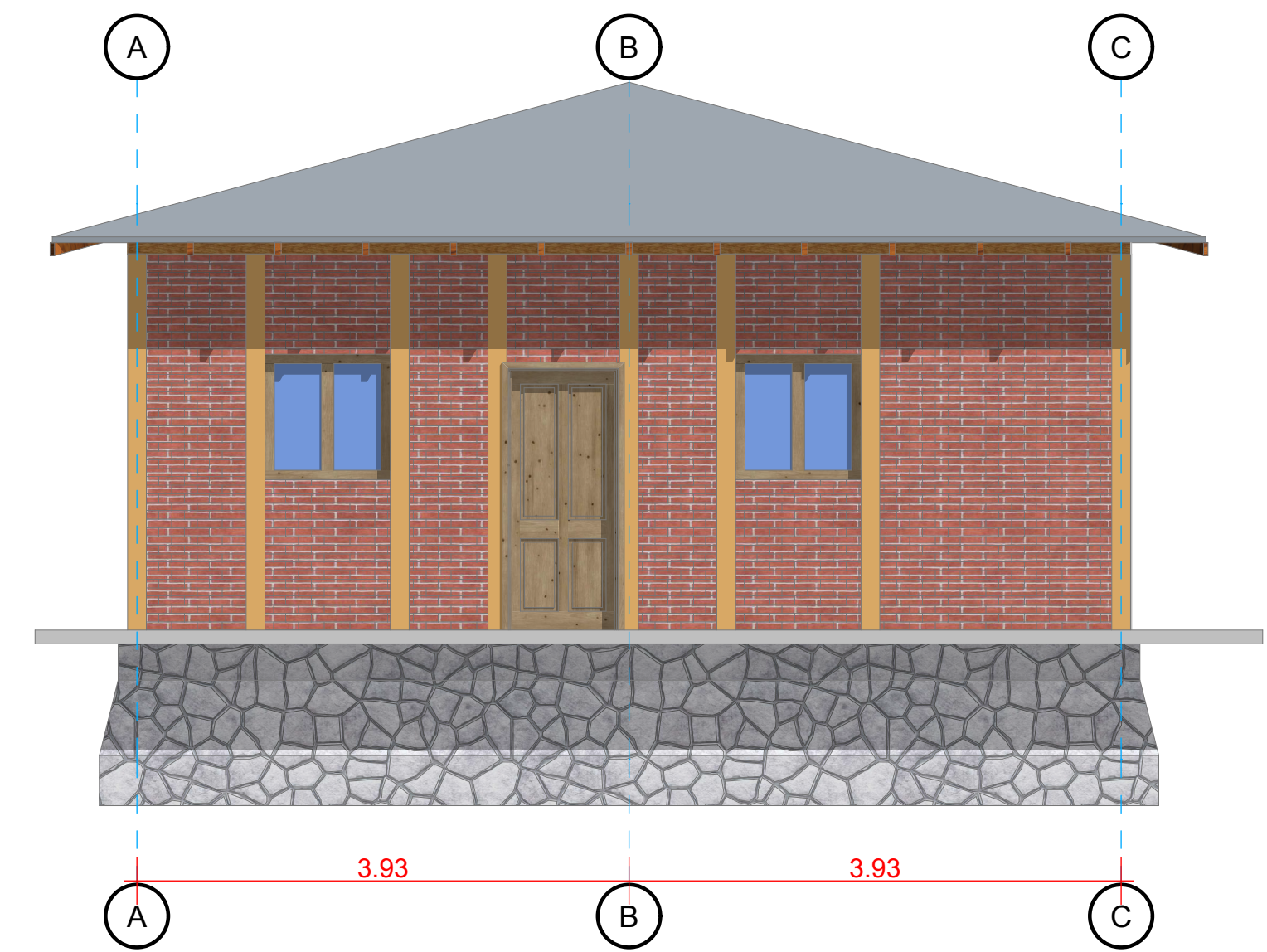
TIPOLOGIA 3 78 m2
PROGRESIVA HORIZONTAL



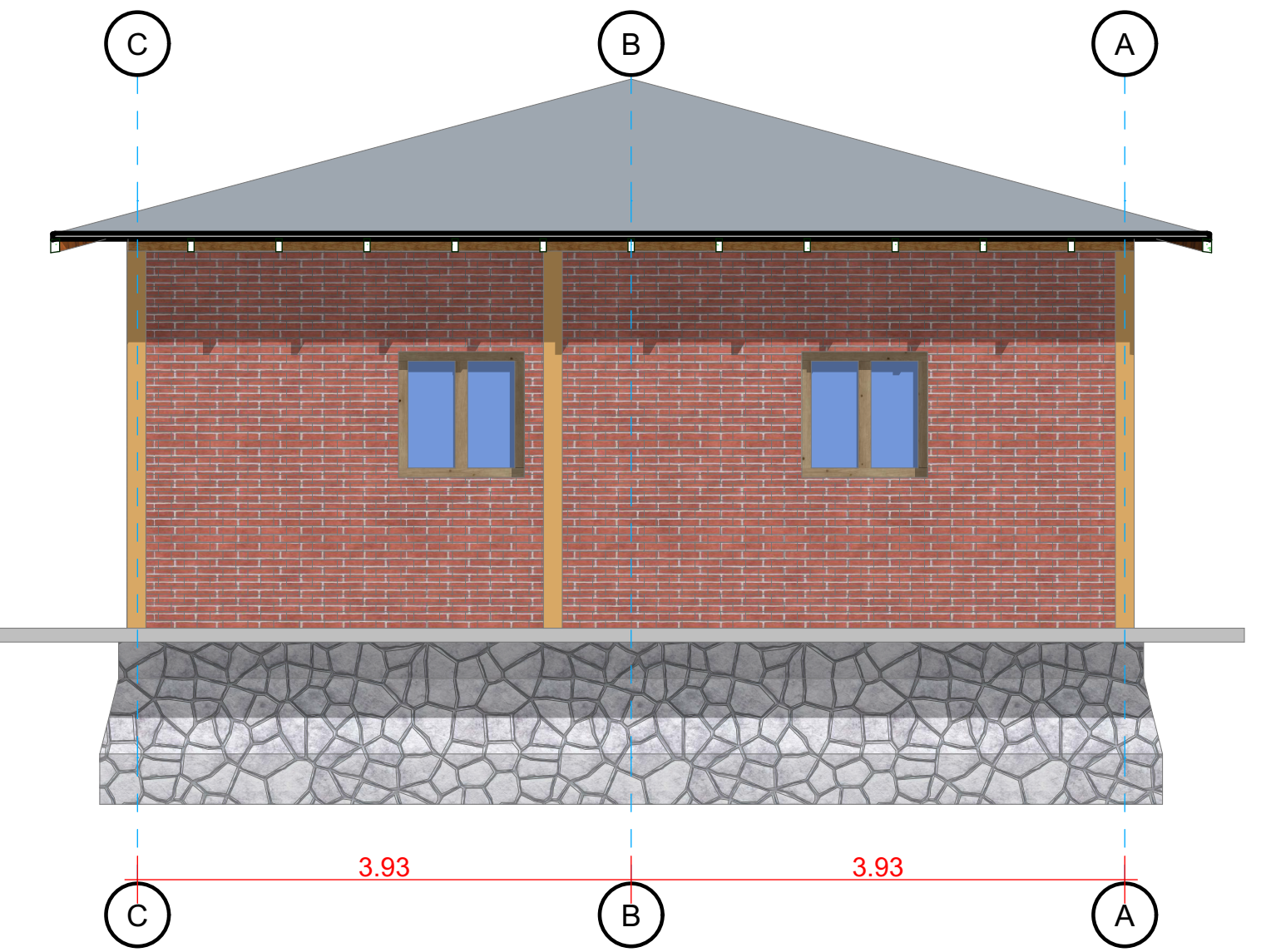
T3 PLANTA BAJA 1:50



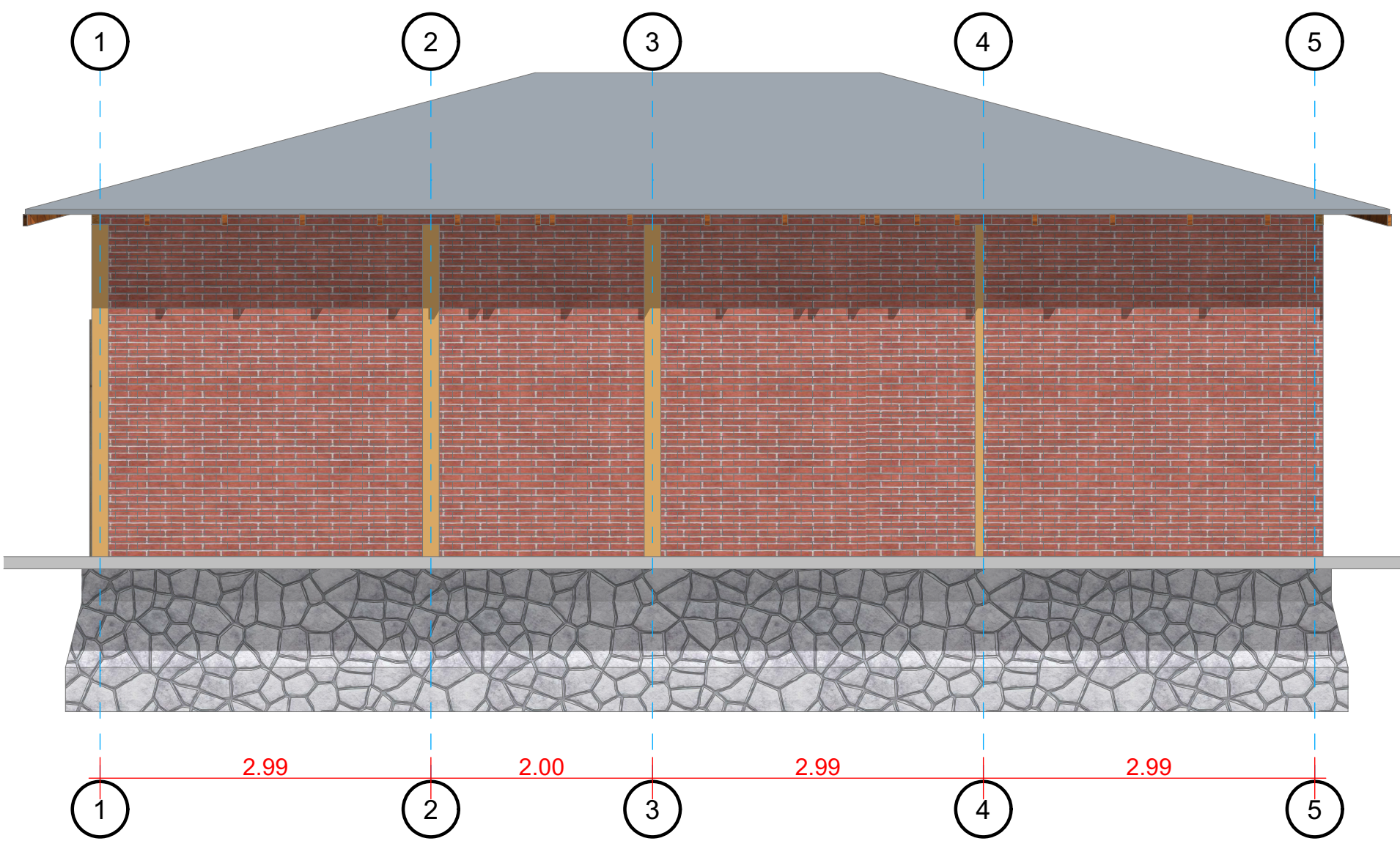
T3 CORTE A - A 1:50



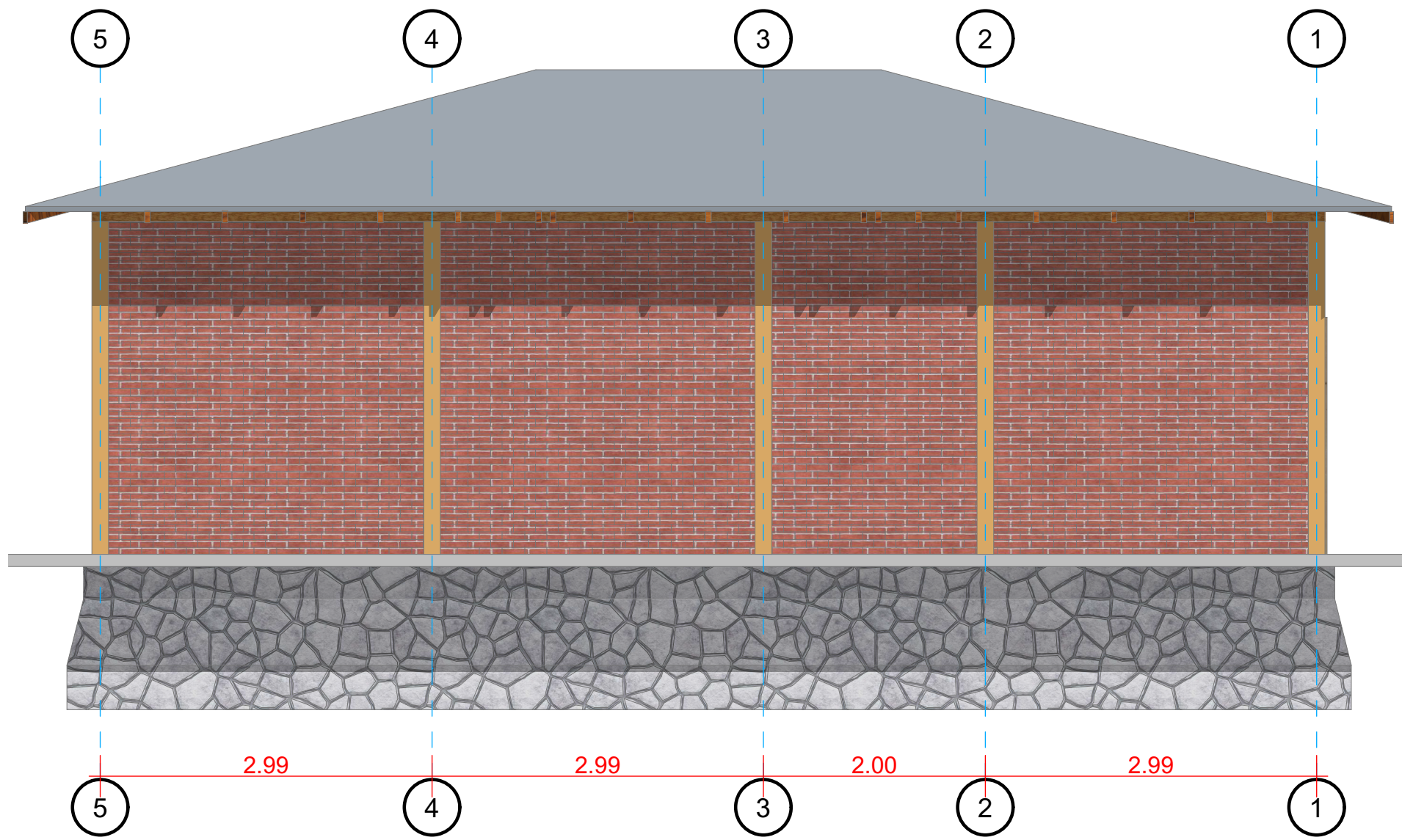
T3 ELEVACION OESTE 1:50



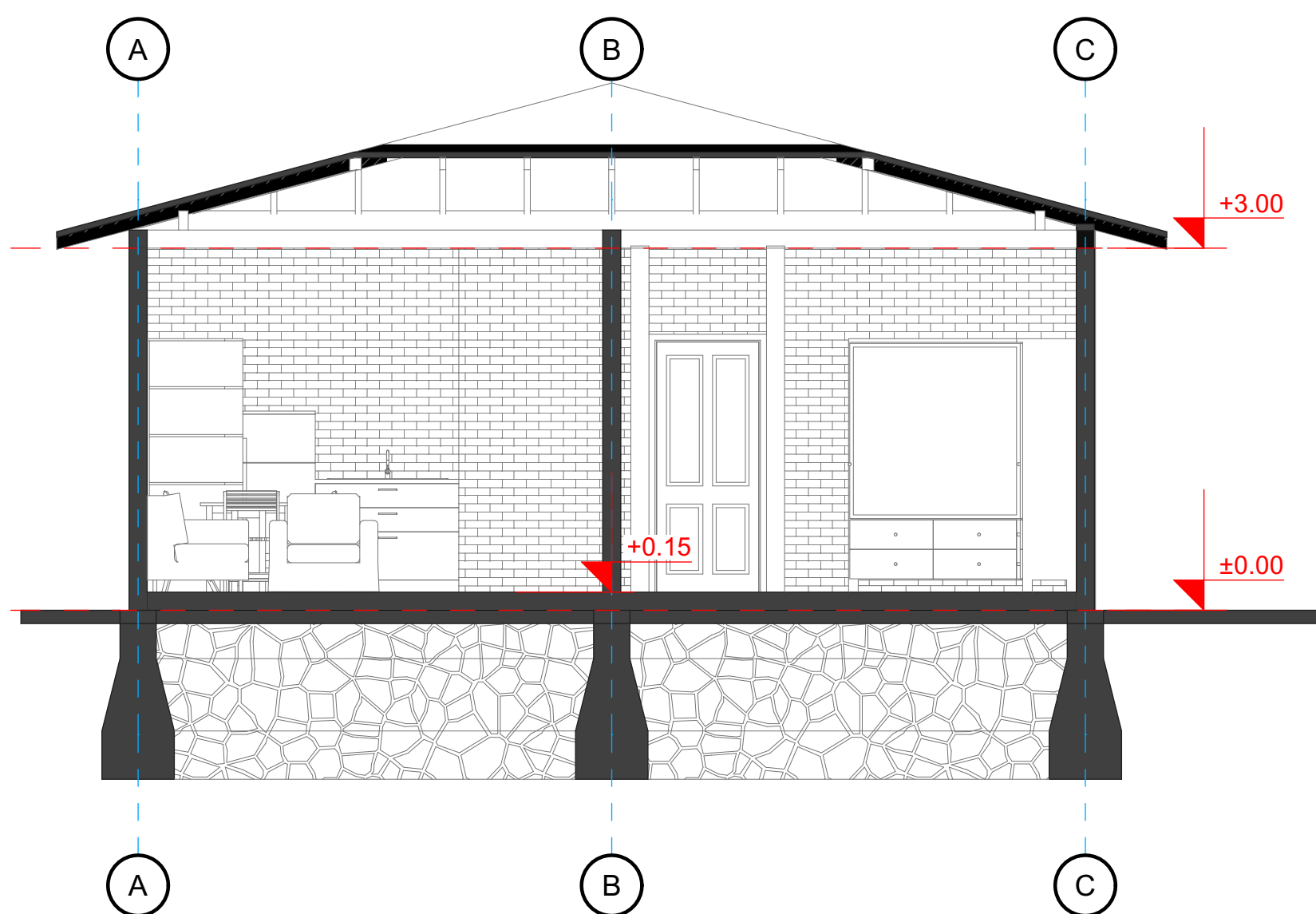
T3 ELEVACION ESTE 1:50



T3 ELEVACION NORTE 1:50



T3 ELEVACION SUR 1:50



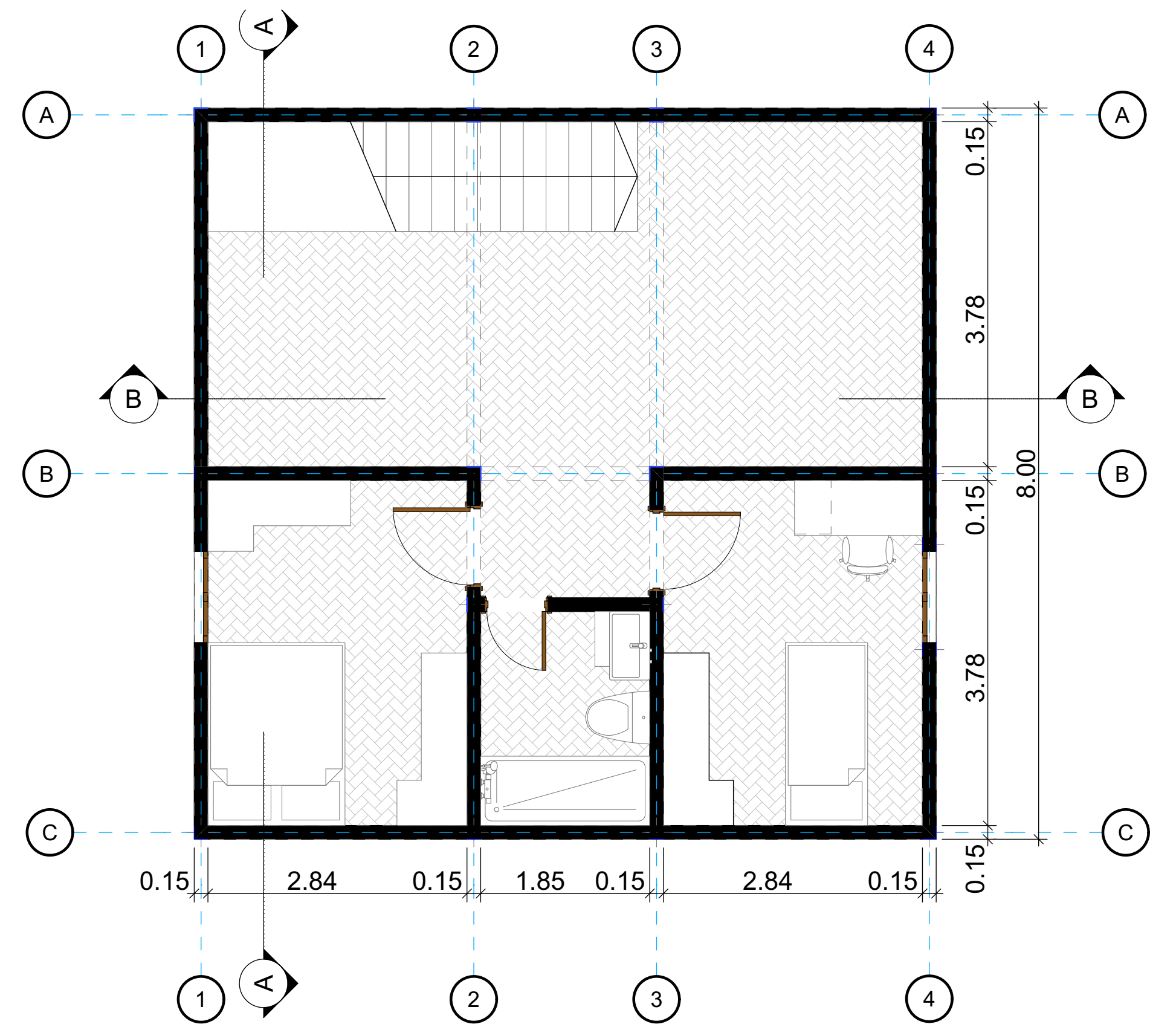
T3 CORTE B - B 1:50

UNIVERSIDAD FEDERAL DE LA INTEGRACIÓN LATINOAMERICANA		
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO Em ENGENHARIA CIVIL (PPG ECI)		
UNILA		
Tipología de vivienda popular con técnicas socioambientales para zonas vulnerables de la ciudad de La Paz, Bolivia.		
LÁMINA: Plantas, Cortes, Elevaciones y 3D	Nº: 03/06	ESC: 1:50
AUTOR: Luis Carlos Chura Alvarez	LOCALIZACIÓN: Foz do iguazu - Parana, Brasil]	FECHA: Junio/2026
ORIENTADOR: Prof. Dr. Gabriel Rodrigues da Cunha		COORDINADOR: Prof. Dr. Irma Miriam Chugar

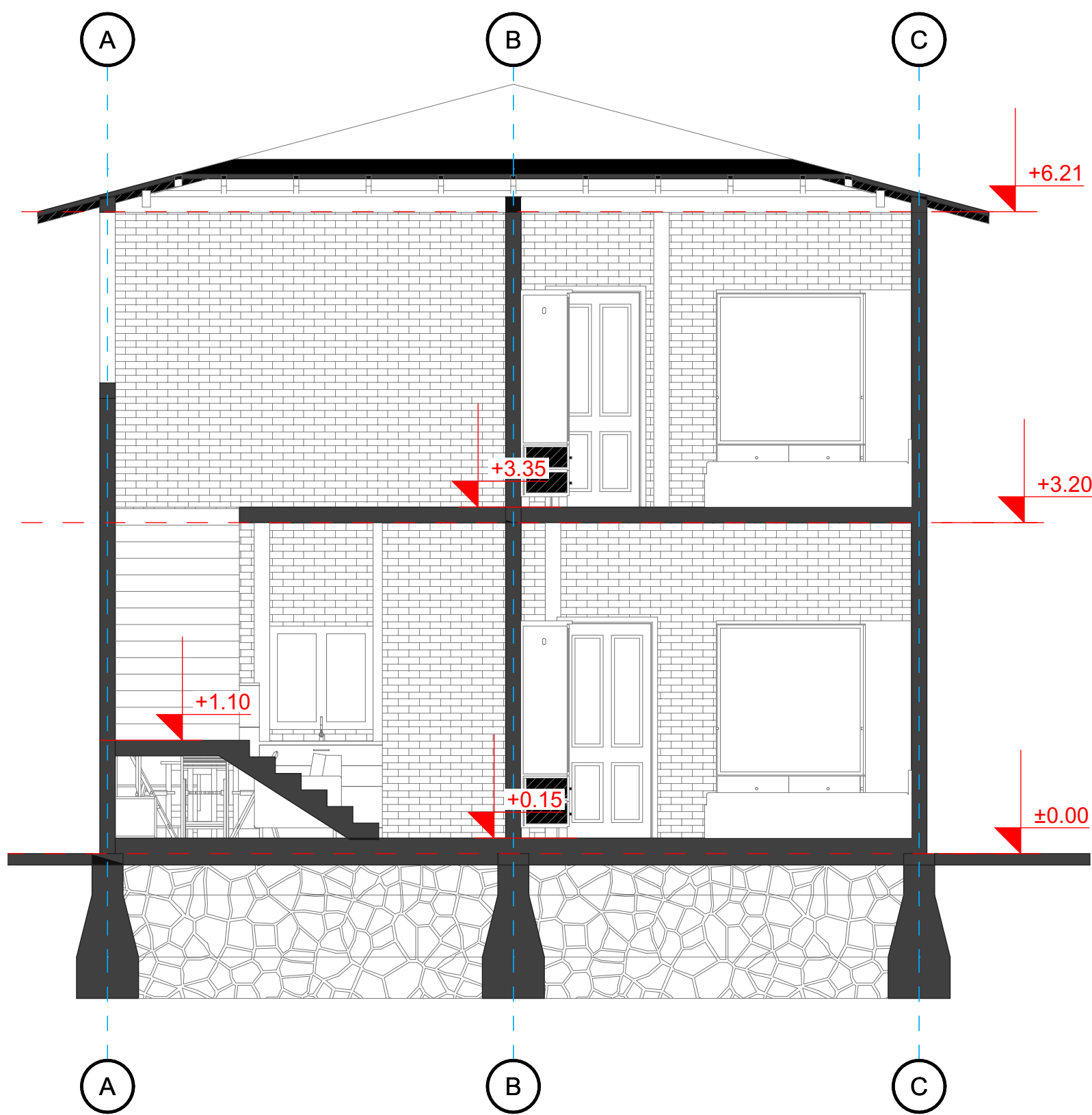
TIPOLOGIA 4 98 m2
PROGRESIVA VERTICAL



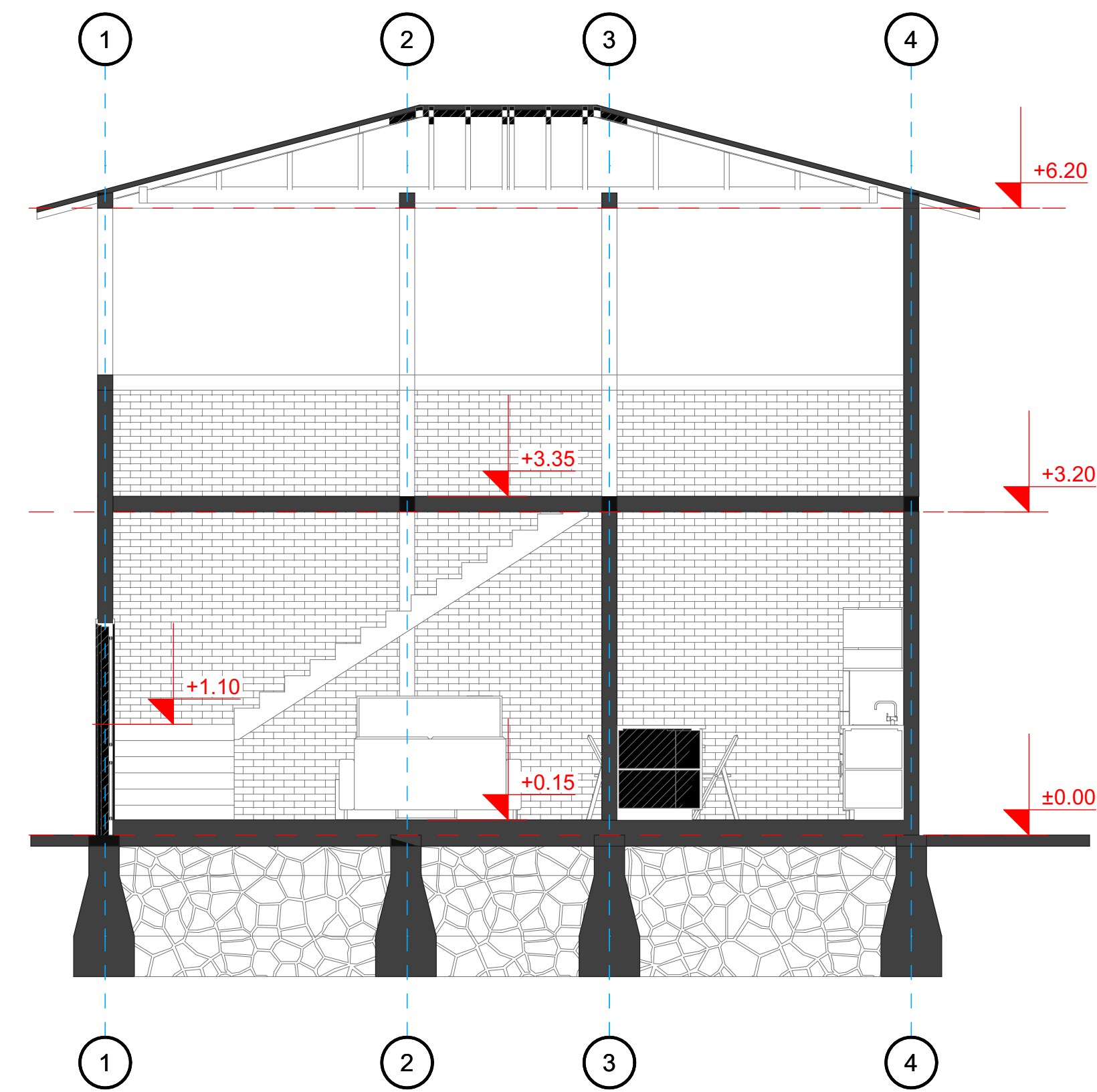
T4 PLANTA BAJA 1:50



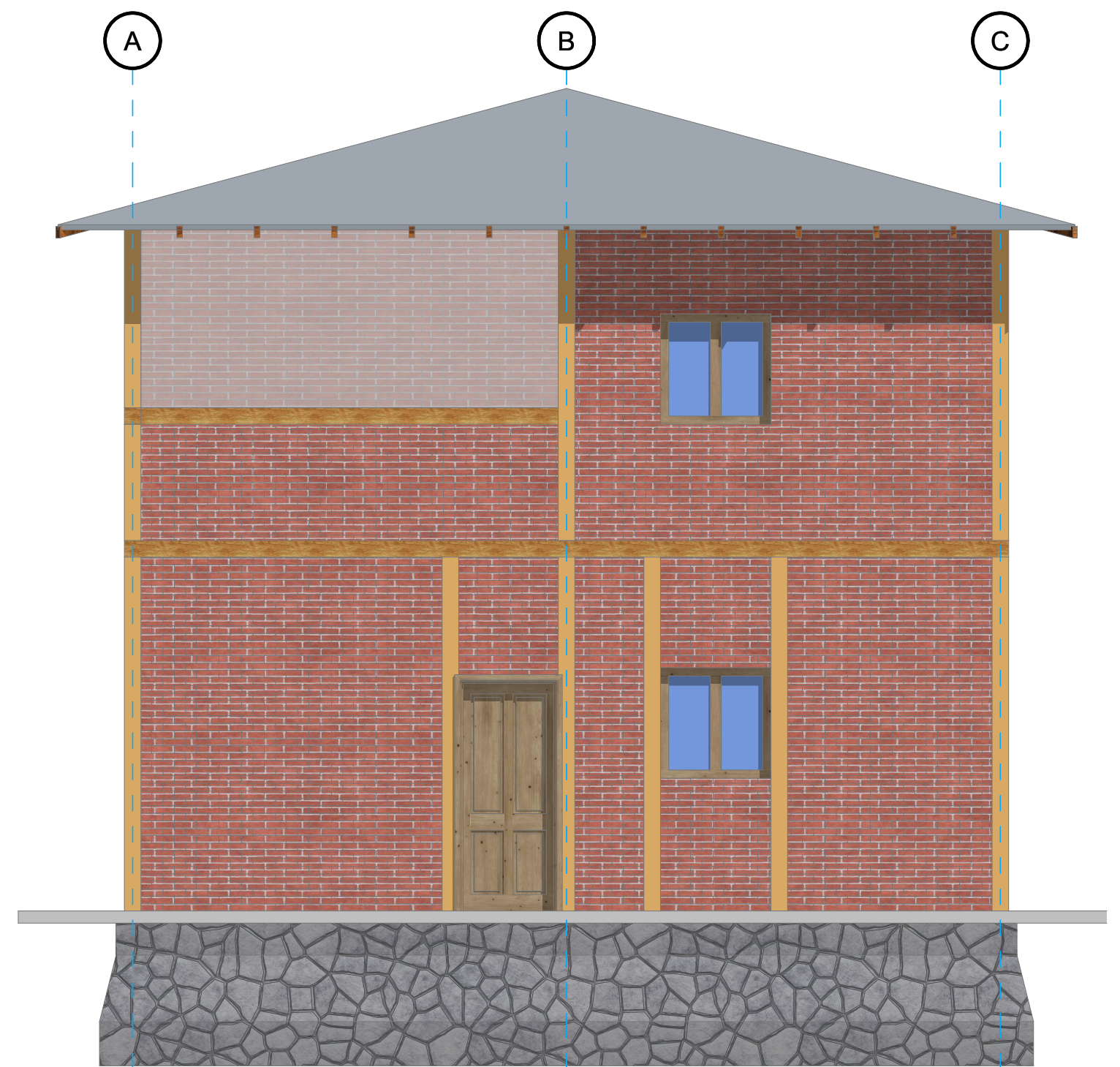
T4 PRIMERA ALTA 1:50



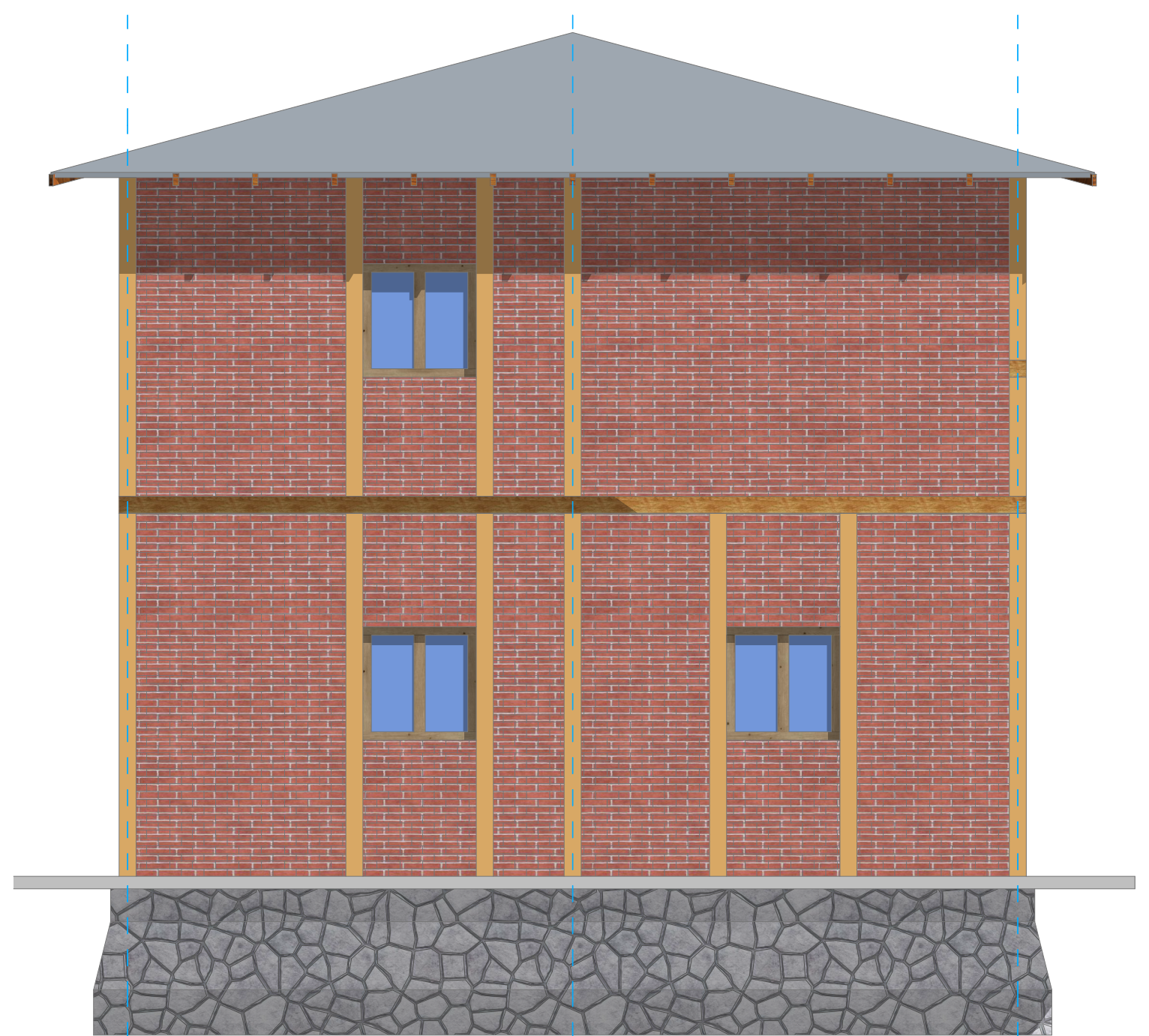
T4 CORTE A - A 1:50



T4 CORTE B - B 1:50

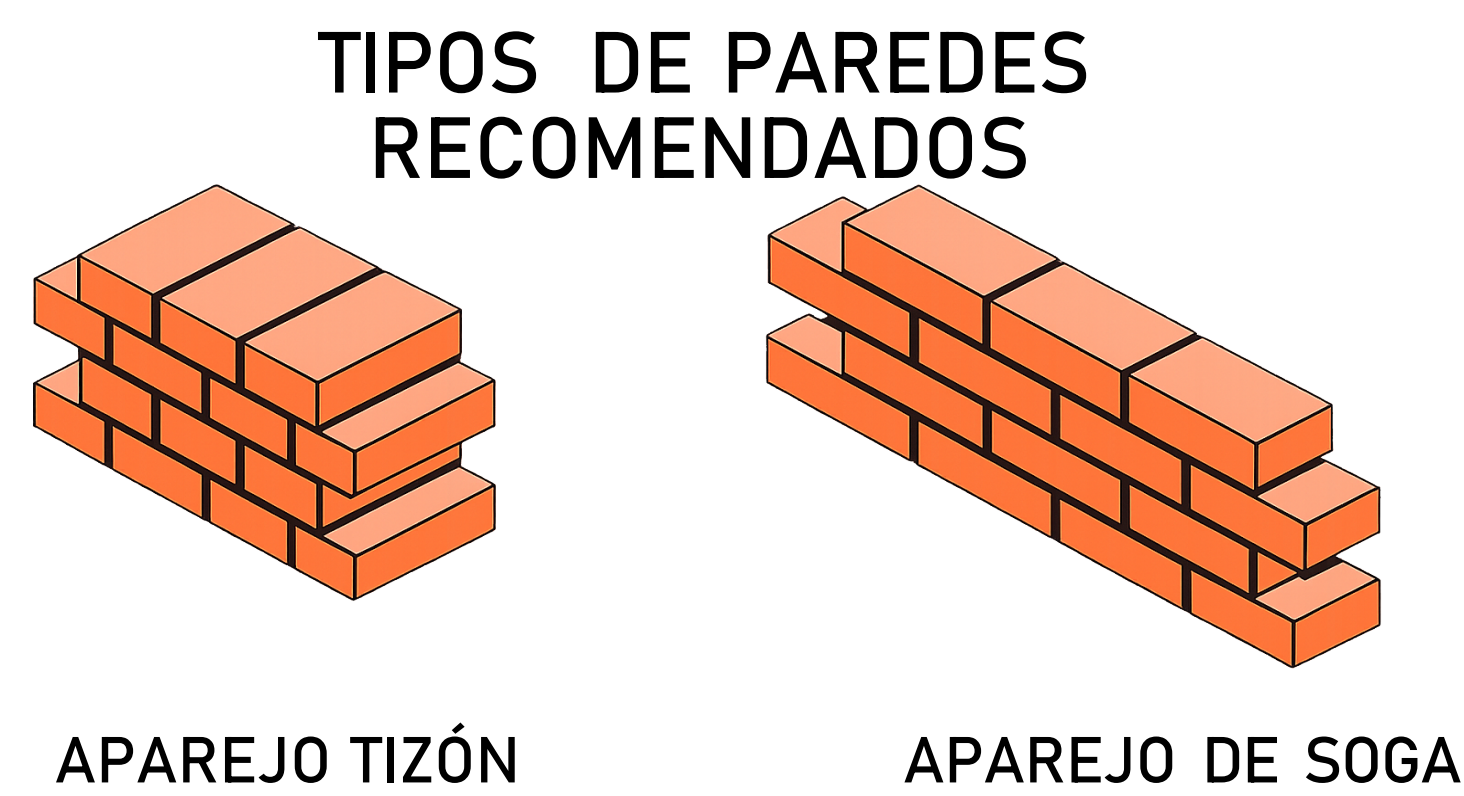
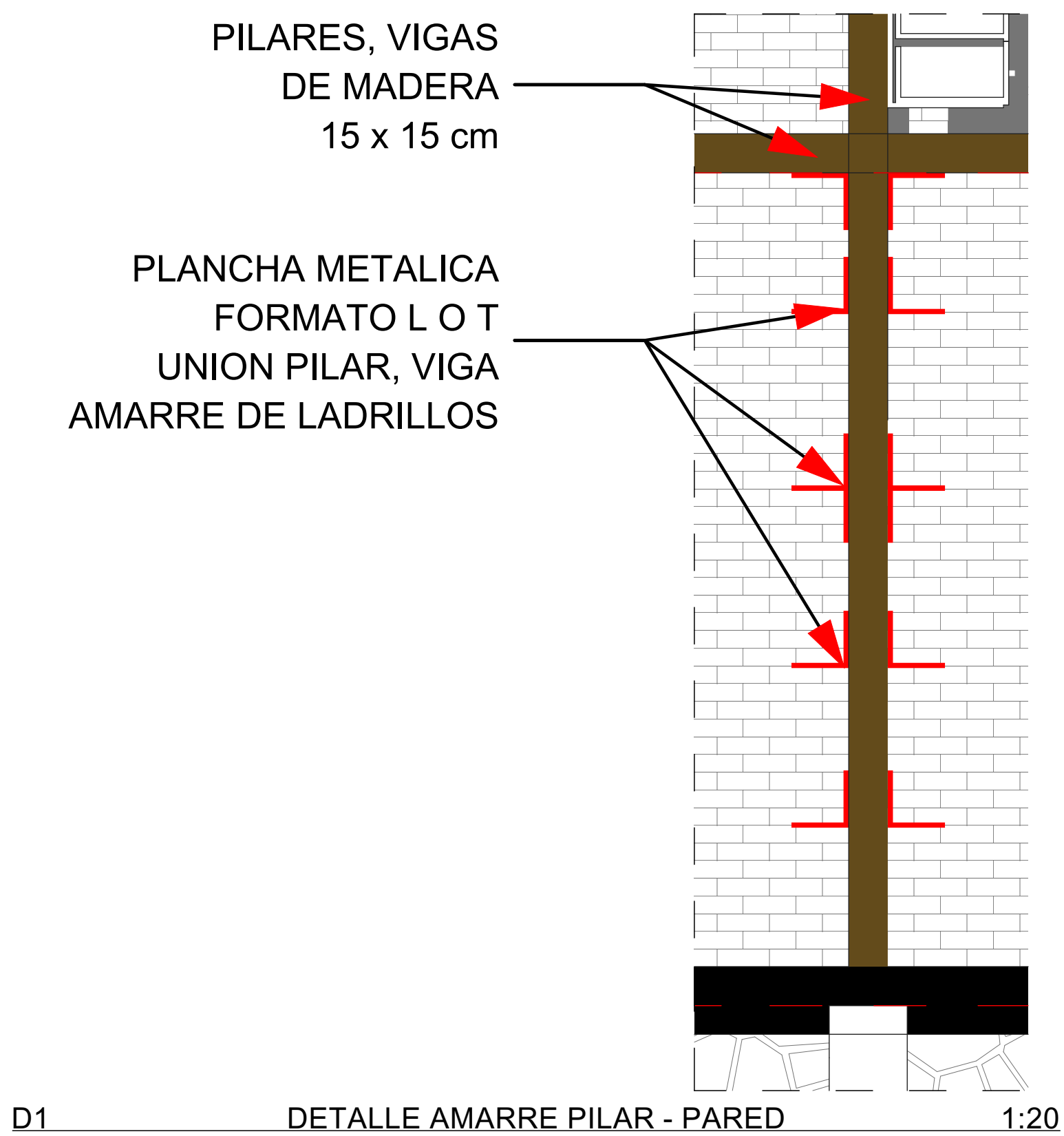
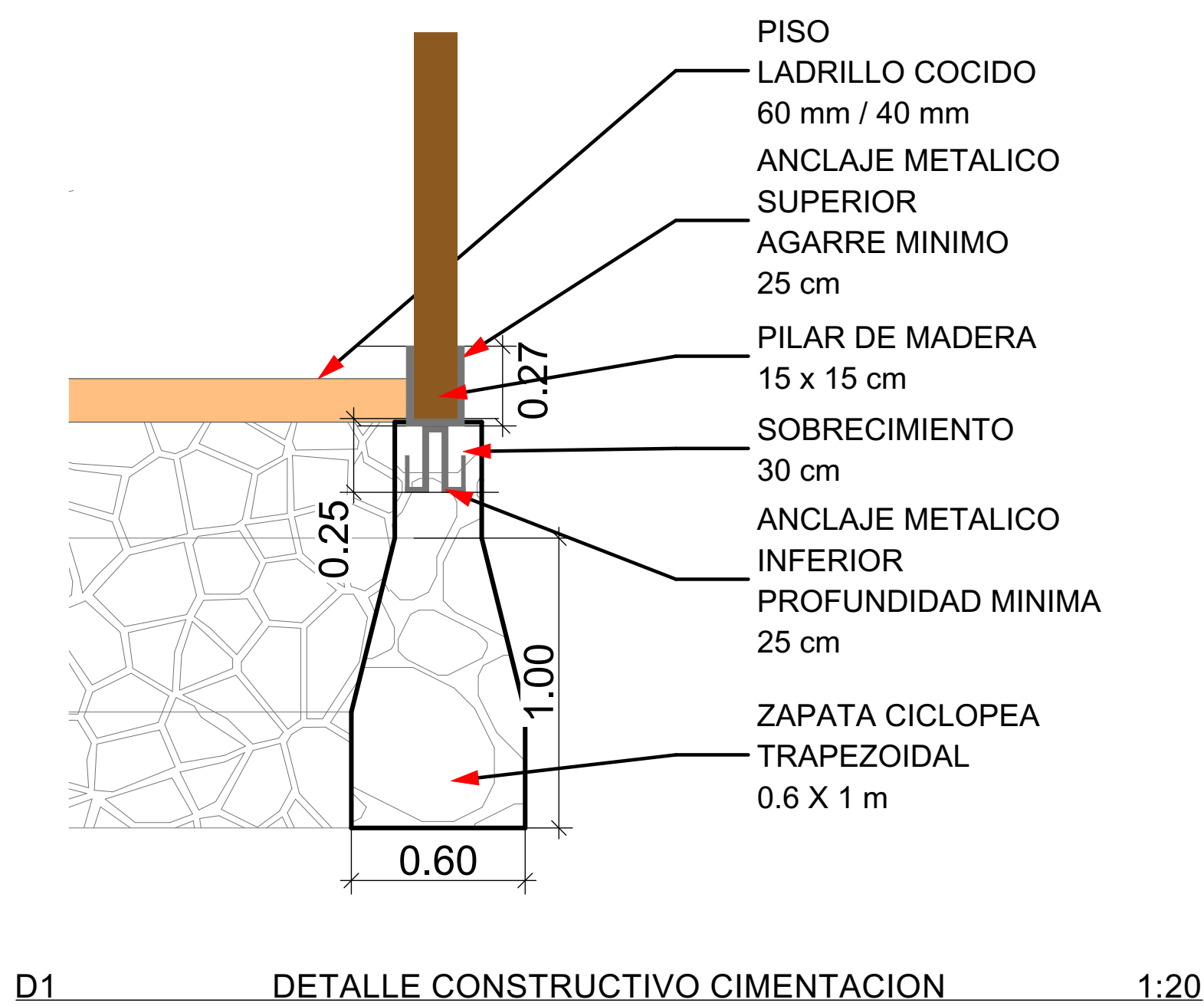
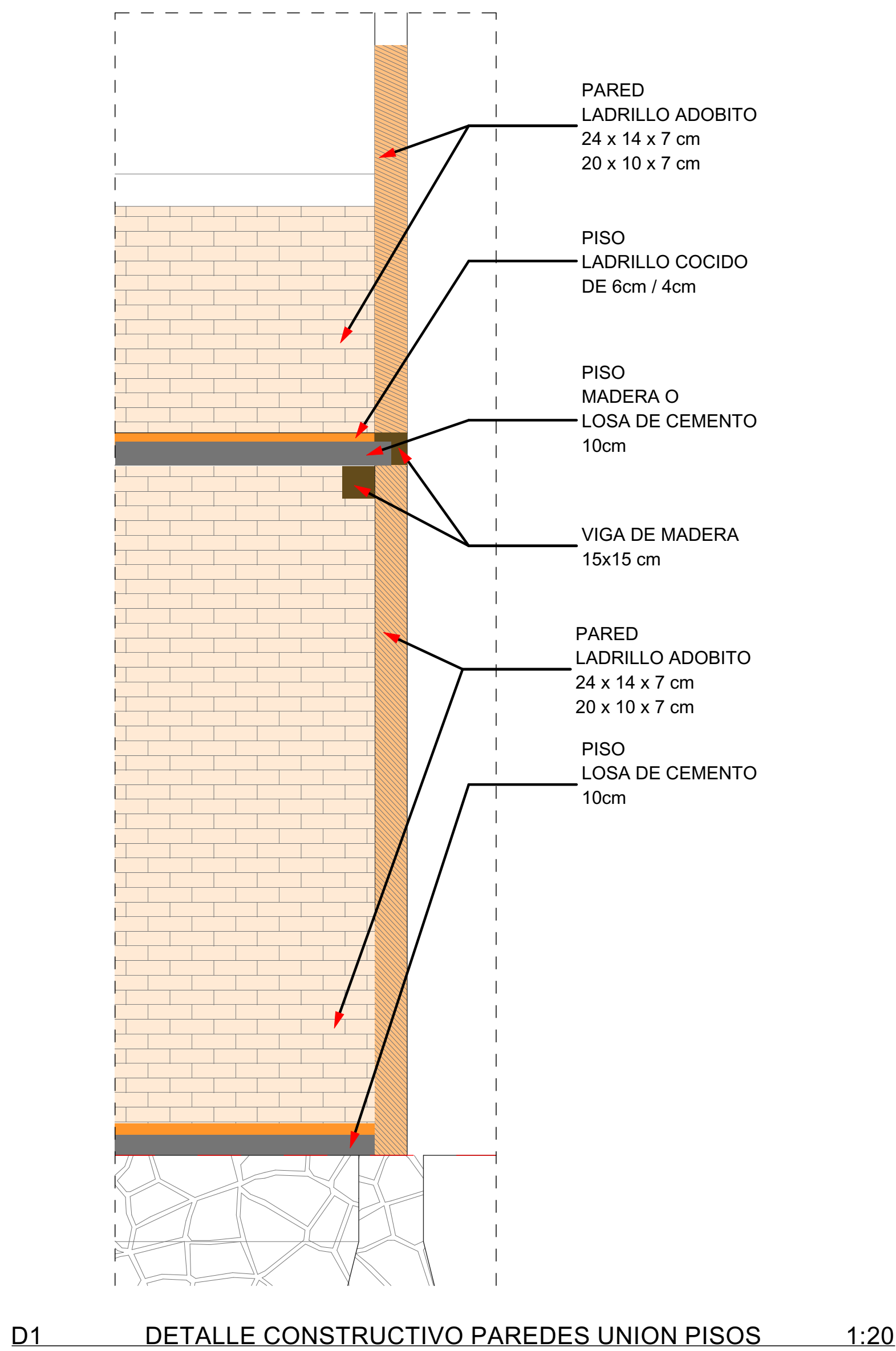


T3 ELEVACION OESTE 1:50



T3 ELEVACION ESTE 1:50

UNIVERSIDAD FEDERAL DE LA INTEGRACIÓN LATINOAMERICANA		
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO Em ENGENHARIA CIVIL (PPG ECI)		
UNILA		
Tipología de vivienda popular con técnicas socioambientales para zonas vulnerables de la ciudad de La Paz, Bolivia.		
LÁMINA: Plantas, Cortes, Elevaciones y 3D	Nº: 04/06	ESC: 1:50
AUTOR: Luis Carlos Chura Alvarez	LOCALIZACIÓN: Foz do iguazu - Parana, Brasil]	FECHA: Junio/2026
ORIENTADOR: Prof. Dr. Gabriel Rodrigues da Cunha		COORDINADOR: Prof. Dr. Irma Miriam Chugar

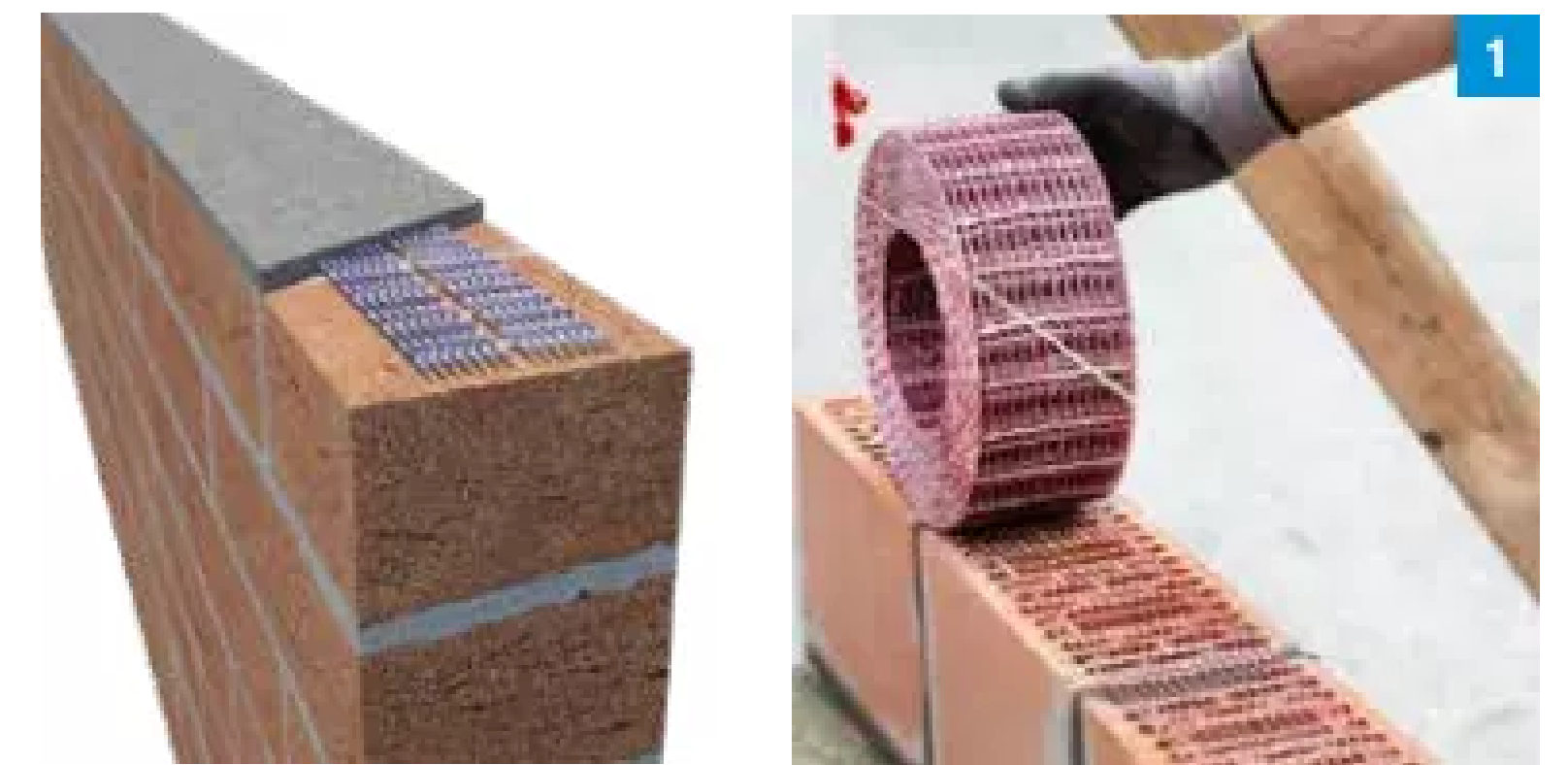


OTROS CONECTORES MADERA / CONCRETO

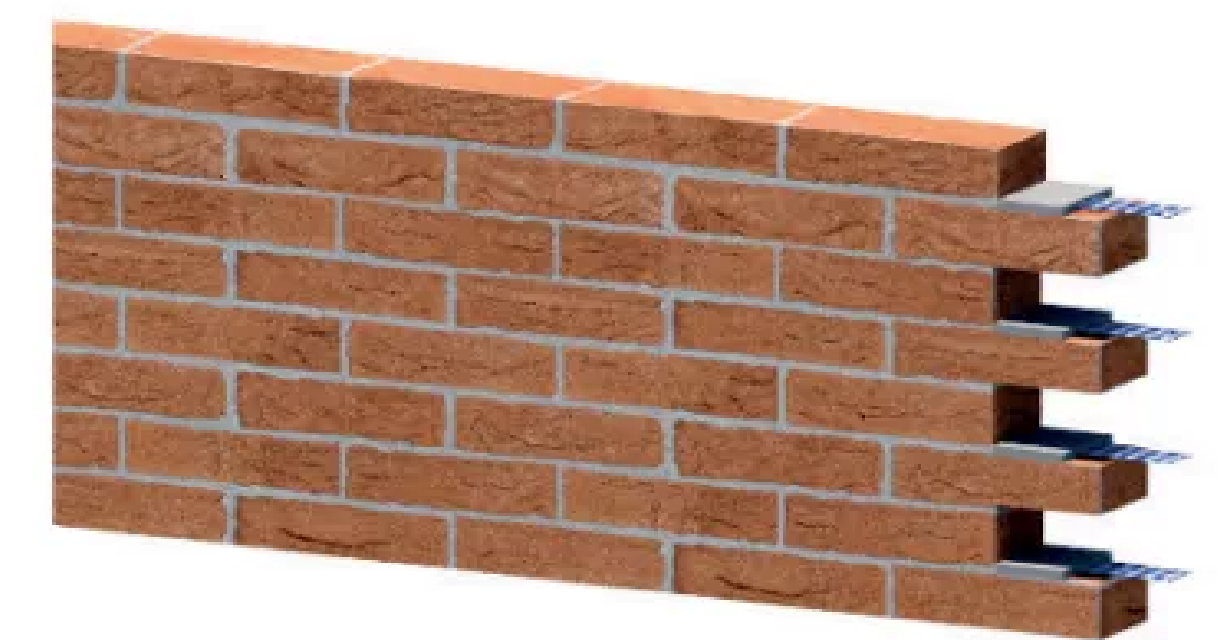


fuelle: strongtie.cl 2021

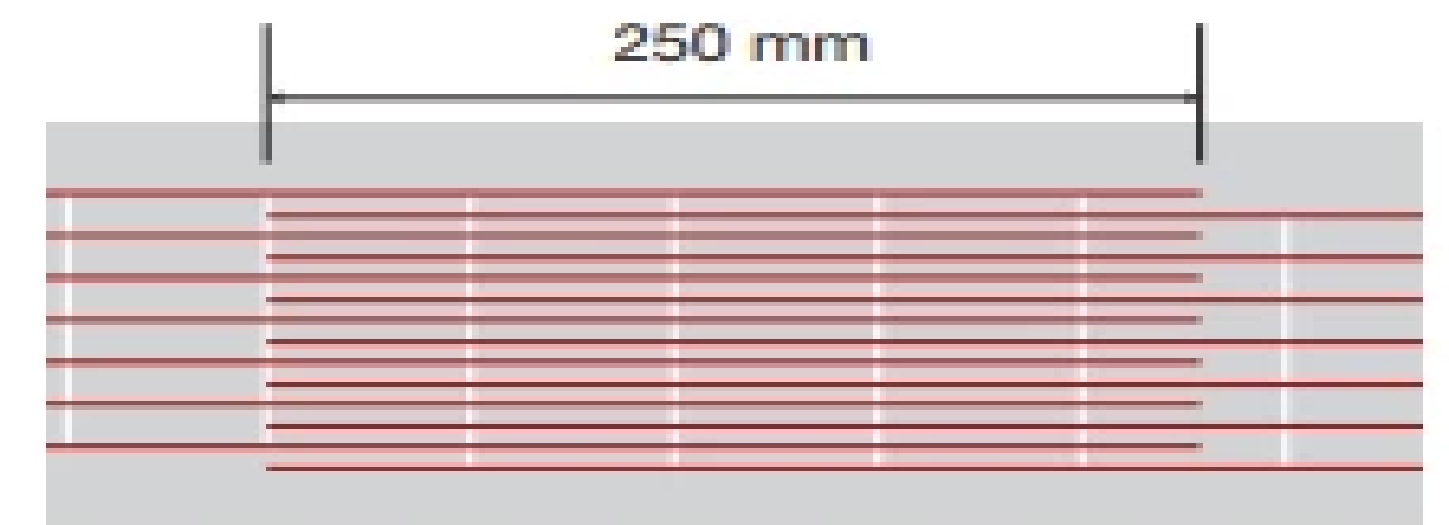
OTROS TIPO DE REFUERZO, AMARRE PILAR DE MADERA - PARED



MALLA DE ALAMBRE INOXIDABLE



COLOCAR CADA 1 HILERA, INTERCALANDO LOS LADOS



RECOMENDABLE 25cm MINIMO SEGUN NORMA E 0.70

fuelle: Bekaert, E030, 2019

UNIVERSIDAD FEDERAL DE LA INTEGRACIÓN LATINOAMERICANA		
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO Em ENGENHARIA CIVIL (PPG ECI)		
UNILA		
Tipología de vivienda popular con técnicas socioambientales para zonas vulnerables de la ciudad de La Paz, Bolivia.		
LÁMINA: DETALLES CONSTRUCTIVOS	Nº: 05/06	ESC: 1:50
AUTOR: Luis Carlos Chura Alvarez	LOCALIZACIÓN: Foz do iguazu - Parana, Brasil]	FECHA: Junio/2026
ORIENTADOR: Prof. Dr. Gabriel Rodrigues da Cunha		COORDINADOR: Prof. Dr. Irma Miriam Chugar

Imagen1: Perspectiva de la tipología 1



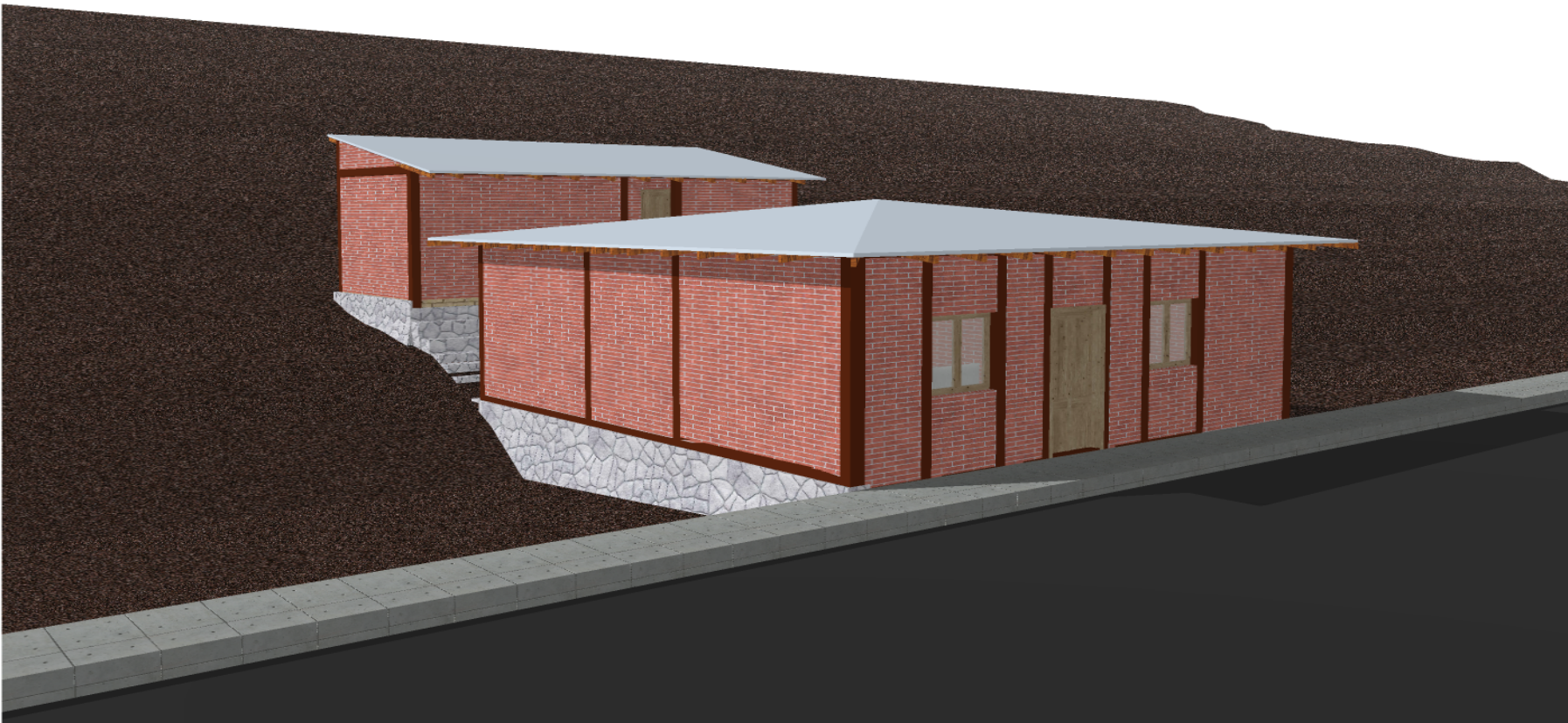
fuente: Elaborado por el Autor

Imagen 2: Perspectiva artística con las tipologías 3 y 4



fuente: Elaborado por el Autor

Imagen3: Perspectiva de la tipología 3
implantacion sobre pendiente



fuente: Elaborado por el Autor

Imagen 4: Implantación en pendiente – adaptación topográfica T.3, T.4



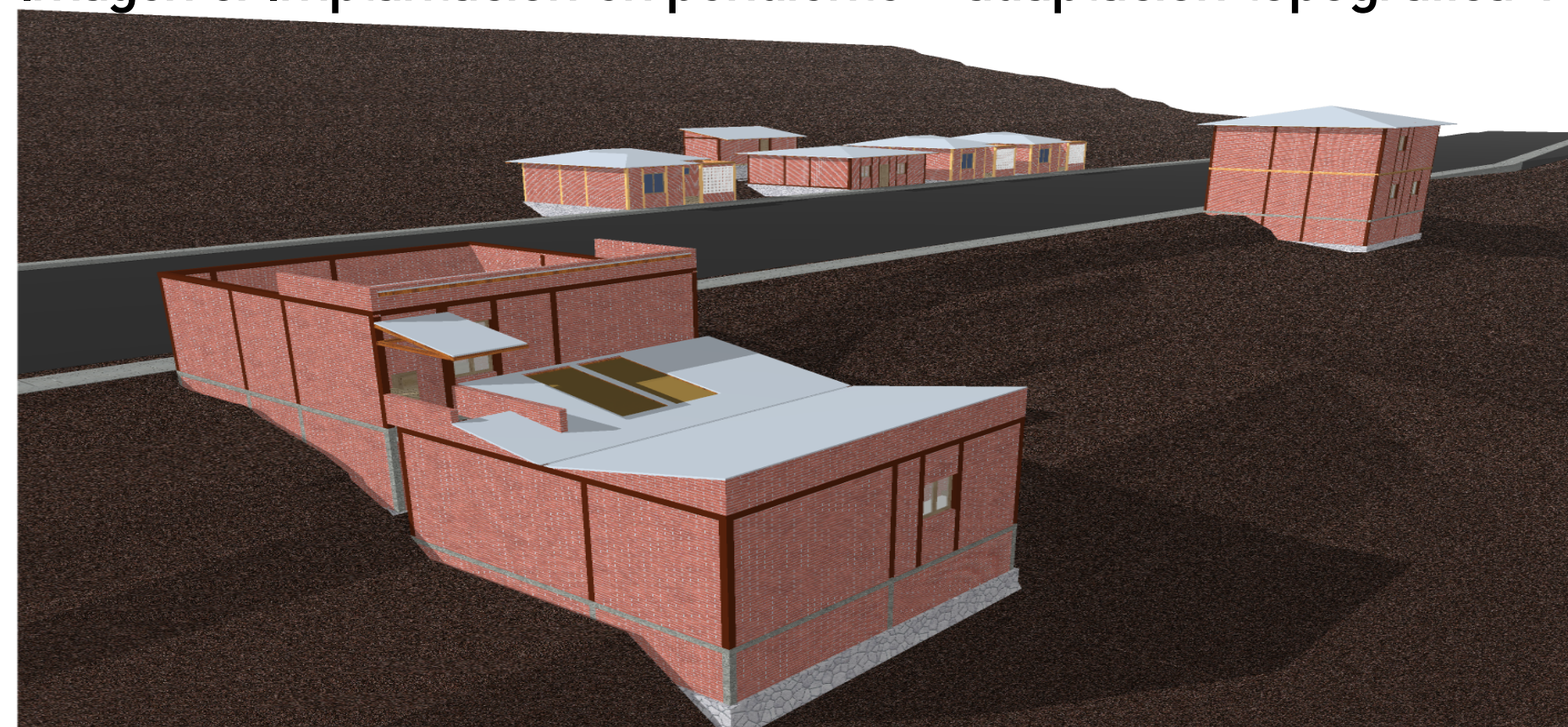
fuente: Elaborado por el Autor

Imagen 5: Vista de la calle con las Tipologías implantadas



fuente: Elaborado por el Autor

Imagen 6: Implantación en pendiente – adaptación topográfica T.3, T.4



fuente: Elaborado por el Autor

Imagen 7: Integración con la pendiente natural



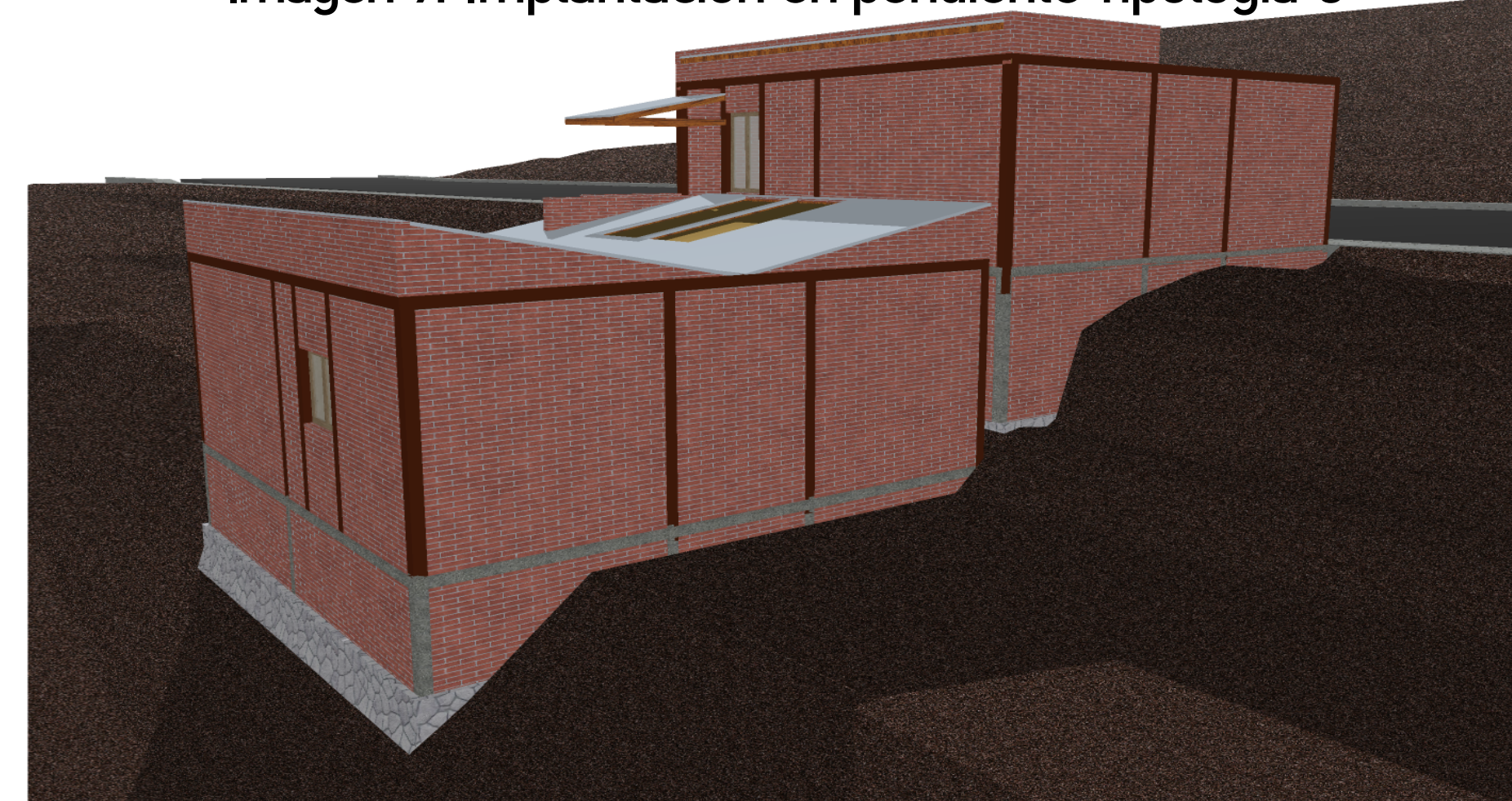
fuente: Elaborado por el Autor

Imagen 8: Vista de la calle con las Tipologías implantadas



fuente: Elaborado por el Autor

Imagen 9: Implantación en pendiente Tipología 3



fuente: Elaborado por el Autor

Imagen 10: Vista aérea – inserción urbana y paisajística



fuente: Elaborado por el Autor

Imagen 11: Vista de la calle con las Tipologías implantadas



fuente: Elaborado por el Autor

UNIVERSIDAD FEDERAL DE LA INTEGRACIÓN LATINOAMERICANA		
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO Em ENGENHARIA CIVIL (PPG ECI)		
UNILA		
Tipología de vivienda popular con técnicas socioambientales para zonas vulnerables de la ciudad de La Paz, Bolivia.		
LÁMINA: RENDERS Y 3D	Nº: 06/06	ESC: 1:50
AUTOR: Luis Carlos Chura Alvarez	LOCALIZACIÓN: Foz do iguazu - Parana, Brasil]	FECHA: Junio/2026
ORIENTADOR: Prof. Dr. Gabriel Rodrigues da Cunha	COORDINADOR: Prof. Dr. Irma Miriam Chugar	