

VIVIENDA RESILIENTE AL AUMENTO DEL NIVEL DEL MAR

Quintana Roo, México.

UNAM
Facultad de Arquitectura
Laboratorio de Arquitectura +
Diseño y Tecnología Experimental LATE

Asesores:
Arq. Claudia Ortiz Chao
Arq. Ronan Bolaños Linares
Arq. Marcos Ontiveros Hernández

Tesis que para obtener el título de
arquitecta presenta:

Ciudad Universitaria. CDMX, Octubre 2019

MARIANA BOBADILLA GARCÍA
311151060



FA LATE



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

VIVIENDA RESILIENTE AL AUMENTO DEL NIVEL DEL MAR

Quintana Roo, México.

UNAM
Facultad de Arquitectura
Laboratorio de Arquitectura +
Diseño y Tecnología Experimental LATE

Asesores:
Arq. Claudia Ortiz Chao
Arq. Ronan Bolaños Linares
Arq. Marcos Ontiveros Hernández

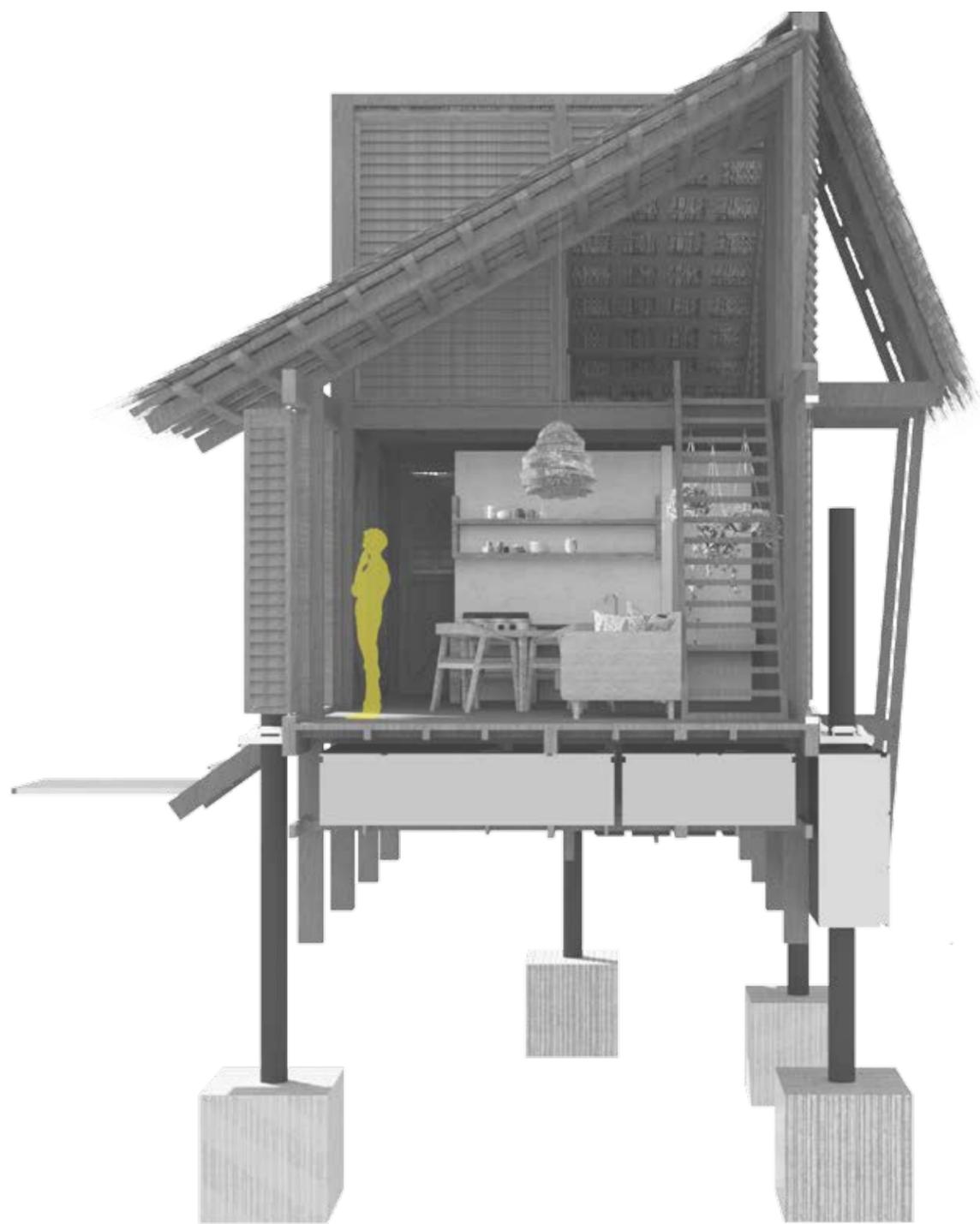
Tesis profesional que para obtener el
título de arquitecta presenta:

MARIANA BOBADILLA GARCÍA





Para mi familia, para quienes
creyeron en este proyecto y para
quienes no.



ÍNDICE

- 9 Introducción
- 13 Cambio climático en la Península de Yucatán
- 21 Asentamientos humanos ante el cambio climático
- 31 La costa Norte de la Península de Yucatán
- 44 Marco conceptual
- 57 Proyecto arquitectónico
- 141 Conclusiones
- 144 Anexos
- 157 Bibliografía

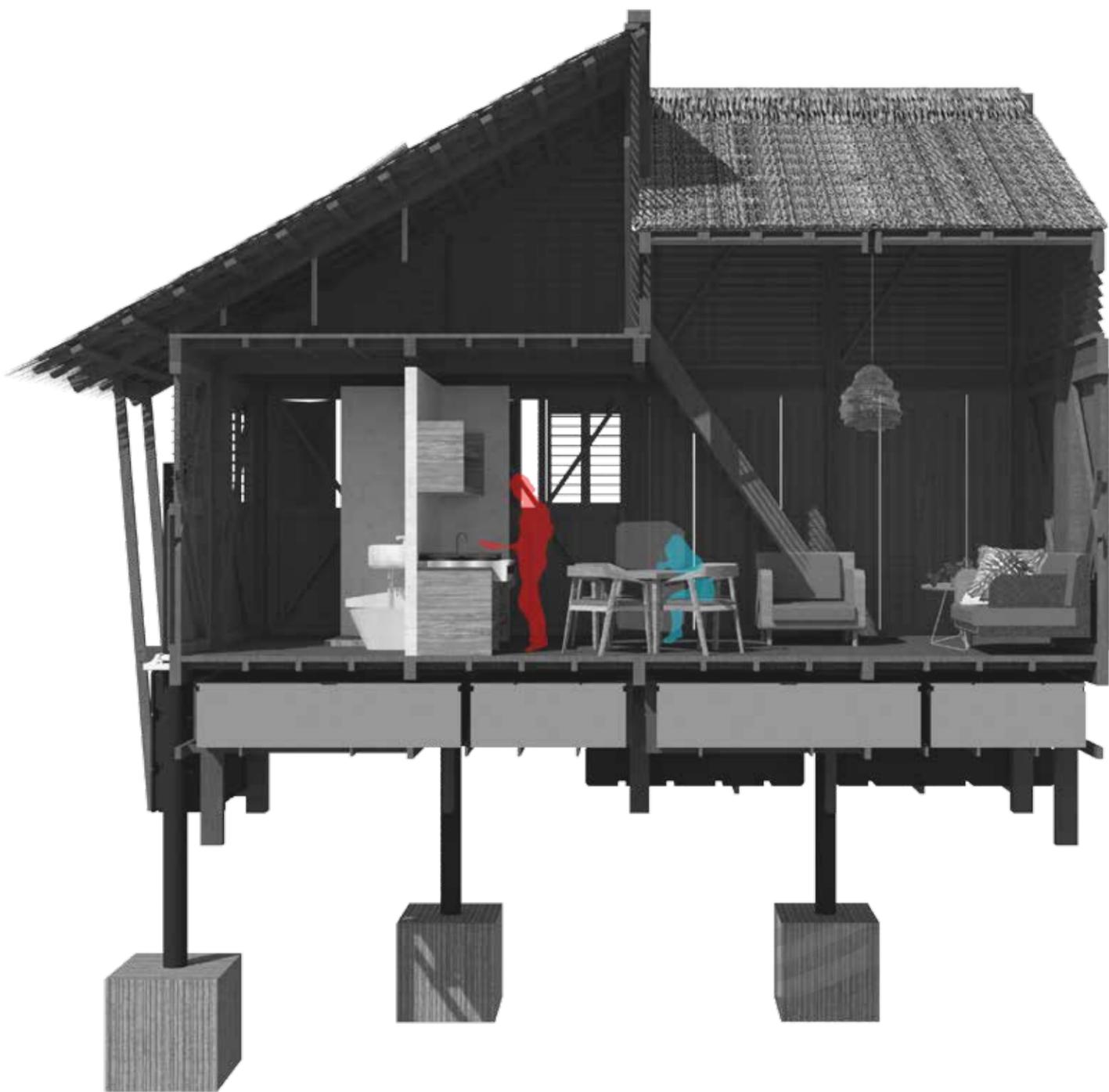


Imagen 1. Corte longitudinal del modelo de vivienda resiliente.
Elaboración propia.

INTRODUCCIÓN

El presente proyecto propone un modelo de vivienda modular como medio de respuesta al riesgo de pérdida de hábitat por efecto del aumento del nivel del mar (ANM) en la Península de Yucatán.

Para este fin se han revisado las causas y consecuencias del calentamiento global, las características de la Península, las líneas de investigación y evidencia que llevan a la decisión de adaptar o reubicar a una comunidad vulnerable al ANM, la comparación de estas evidencias con lo observado y previsto en la comunidad de Holbox como piloto, y los elementos del estilo de vida en la zona que sería fundamental conservar en una vivienda modular para la región. A partir de la información recabada, se ha desarrollado un modelo de vivienda resiliente a inundaciones por marea de tormenta, vientos de huracán, y el aumento gradual y permanente del nivel del mar, a consecuencia del cambio climático.

El fin del actual siglo promete traer consigo cambios trascendentales en la estructura de las sociedades humanas como se conocen hoy en día. De todas las problemáticas que nos amenazan, pocas serán tan tangibles e inevitables como las derivadas del Calentamiento Global (CG) y el Cambio Climático

(CC). La necesidad del ser humano contemporáneo por conservar su estilo de vida a costa de su propia permanencia pone en riesgo no solo los escenarios más optimistas en cuanto al CG y CC, pone en riesgo incluso a los más permisivos, dejando poco más que las predicciones más extremas, dignas de la Ciencia Ficción de otros tiempos.

De todas las potenciales consecuencias, es probable que no haya una más tangible que el ANM por efecto del derretimiento de las masas polares y la expansión térmica del agua marina gracias a la absorción oceánica del calor atmosférico. Este fenómeno cambiará la morfología de las costas continentales en todo el mundo, y promete incluso desaparecer aquellas regiones cercanas al nivel del mar, donde falten las tecnologías y recursos para permanecer. Todo esto afectará inevitablemente la ordenación de los asentamientos humanos tanto sobre las costas y territorios vulnerables, así como los alrededores de los asentamientos que se verán forzados a albergar a quienes deban desplazarse de las regiones cedidas al mar. Así, se verán alteradas también las dinámicas económicas y sociales de las comunidades que deban encontrarse entre sí al perder unas su hábitat y estilo de vida y al ver las otras sus servicios e infraestructura rebasados por el influjo de las primeras. El amortiguamiento de este escenario se dará a través de la prevención del desplazamiento descontrolado de las comunidades más vulnerables, por medio de su adaptación a las nuevas condiciones de vida allá donde las características físicas del sitio y los recursos lo permitan, y su reubicación allá donde no.

Una ventaja, si se la puede llamar así, que ofrece el ANM frente a otras consecuencias del CC es que este se puede medir y anticipar como un proceso del medio físico, y por lo tanto, cuentan tanto comunidades como gobierno con el tiempo para anticipar sus consecuencias, y actuar a corto, mediano y largo plazo conforme a ellas. Si bien se prevé que el ANM se dé en un mínimo realista de 1 metro hacia el año 2100, esto no quiere decir que el proceso sea inofensivo e intangible durante los años que faltan de aquí a ese momento. Las regiones más vulnerables del mundo han ya comenzado a resentir dicho proceso, y corren el riesgo de verse desaparecidas antes de verse inundadas por el ANM tan solo gracias a sus efectos secundarios. De estos efectos, las tormentas tropicales serán de los más destructivos. Naturalmente acompañadas de mareas de tormenta y fuertes vientos, se prevé que aunque los huracanes y tifones podrán volverse menos frecuentes, el aumento de

la temperatura atmosférica y del volumen de agua disponible en el mar las volverán más agresivas y potentes. Las consecuencias directas del paso de las tormentas por tierra firme será la inundación por mareas de tormenta de alturas hasta tres veces superiores a las actuales, con equiparables proporciones de daños.

Una región particularmente vulnerable a todas estas posibilidades es la costa de la Península de Yucatán (PY), sobre cuyo perímetro radica actualmente el 80% de la población de la región, y cuyas características físicas permiten contadas alternativas de adaptación al inminente futuro. La PY carece de relieve, su estructura de roca caliza porosa deja al agua filtrarse a través del suelo y, por su forma, no es apta para la implementación de sistemas de diques que prevengan su inundación. Esto quiere decir que la inundación de sus costas será inevitable, aunque aún no se sabe la dimensión total de sus consecuencias. Además, la región es naturalmente propensa a recibir el embate de tormentas tropicales por su posición geográfica.

Aún más vulnerables serán las comunidades que, sobre suelos de arena, deberán enfrentar la crónica erosión de sus costas y, en consecuencia de la propia superficie donde habitan. Estas comunidades sufrirán además eventos de erosión simultánea como consecuencia de los huracanes, cuyas mareas de tormenta podrán desaparecer en cuestión de días grandes volúmenes de arena y por consecuencia de superficie habitable que cada vez serán más difíciles de recuperar. Esto sin mencionar los riesgos crecientes que implicará permanecer en sitios que puedan repentinamente inundarse muy por encima de los niveles normales y seguros del nivel del mar. Estas poblaciones serán las que eventualmente se verán obligadas a adaptar sus estilos de vida al interior de sus asentamientos originales para garantizar su supervivencia en el sitio, o a buscar su evacuación y reasentamiento en otros sitios, conforme el progresivo ANM y la erosión vuelvan a sus pueblos inhabitables o los desaparezcan.

Existen diferencias fundamentales en las medidas de formación de resiliencia comunitaria ante el ANM, a partir de la conformación de una comunidad como rural o urbana. La abundancia de recursos, servicios e infraestructura, sumada a la cantidad de habitantes y el valor de la localización del asentamiento tienden a hacer la inversión en la adaptación in situ de los asentamientos urbanos más factible, mientras la misma suma de factores, que resulta en valores mucho menores para los asentamientos rurales, termina por volverlos candidatos a proyectos de reubicación.

La factibilidad de reponerse ante crisis ambientales, económicas y sociales en el sitio es clave en la elección de alternativas para la supervivencia de las comunidades vulnerables. Aunque la reubicación es la respuesta más extrema y agresiva a un evento desestabilizador, la literatura indica que las comunidades costeras con suelos de arena carecen de otra alternativa, ante la inminente desaparición de su medio por efecto del ANM. En el futuro esto implicará la movilización masiva de cientos de miles de personas que requerirán de proyectos gubernamentales extensivos, cuyo objetivo será buscar su reubicación sin perturbar las dinámicas de los centros urbanos a los que podrían desplazarse, u ocupando territorios que les permitan conservar su estilo y medios de vida en la mayor medida posible.

Las experiencias de comunidades que en la actualidad se han visto ya obligadas a desplazarse muestran que, al identificarse la inminencia de la evacuación, la organización social procura desplazamientos grupales y a sitios cercanos al original. Por carencia de tiempo, tecnología o información, los procesos de reubicación ya completados o en proceso de, han carecido de una respuesta sistematizada a la demanda de vivienda que acompaña al proceso de reubicación. Los proyectos que se llevan a cabo en la actualidad se encuentran en proceso de desarrollar dichas propuestas, aunque son aún para comunidades particulares.

Existe aún un margen de tiempo antes de que las consecuencias últimas de los fenómenos aquí mencionados se hagan presentes, pero las consecuencias de sus efectos secundarios se podrán sentir a mediano y corto plazo, con la mencionada posibilidad de que estas hagan colapsar a los asentamientos vulnerables mucho antes del año 2100. Si bien no es posible calcular cuándo esto ocurrirá, la disponibilidad de tiempo hace indispensables al análisis de las posibilidades y la proyección de estrategias de respuesta lo antes posible, para que la reubicación, cuando sea necesaria, pueda ser lo más ordenada y amable posible para todos los involucrados. Para ese mismo fin, proyectar una respuesta sistematizada a la demanda de vivienda que acompañará al desplazamiento será crucial, con el beneficio de reducir costos y tiempos para las organizaciones y comunidades involucradas en la creación, extensión o adaptación de los asentamientos. Esta vivienda deberá poder replicarse en cada sitio, ofreciendo los estándares mínimos de habitabilidad a sus usuarios y una resistencia a los riesgos ambientales que la reubicación no pueda evitar.

Al tratarse de una región con características particulares relacionadas a su propio clima, cultura, historia y medio ambiente, la PY requiere una aproximación particular al momento de proponer la vivienda modular que podría atender a sus futuras necesidades. Afortunadamente, estas características pueden generalizarse a lo largo y ancho del perímetro de la península y, dada la generalidad de las problemáticas que afronta, sus soluciones a nivel arquitectónico pueden abarcarse con un solo sistema también. Para el análisis y selección de las características generalizadas de la vivienda en la costa de la PY se seleccionó una comunidad piloto, vulnerable a los riesgos físicos y ambientales del ANM y susceptible a reubicación. De esta comunidad y vecinas se revisaron las costumbres, métodos constructivos, modo de vida, y tipologías arquitectónicas de las viviendas de la zona, para obtener una imagen general de lo que significa una vivienda en la costa de la Península de Yucatán.

La comunidad seleccionada fue el poblado de Holbox, ubicado al interior de la isla del mismo nombre, que inicialmente fue seleccionada por su baja altitud y consecuente vulnerabilidad al aumento progresivo del nivel del mar, para posteriormente mostrar una variedad de características que pese al análisis de todas las posibles métodos de adaptación para evitar la especulación en torno a la reubicación de su población, la vuelven una comunidad calificada para su reubicación sin oportunidades de adaptación in situ a largo plazo, especialmente por su constante exposición a tormentas tropicales. Entre las otras características está su suelo de arena, ya en proceso de erosionarse, y el pronóstico de inundación de hasta 3 metros durante la temporada de huracanes, en un relieve que no rebasa los 5 metros de altura en sus zonas más altas. Su baja población y su poco equipamiento urbano reducen las potenciales pérdidas económicas en cuanto a la pérdida de infraestructura que supondría su reubicación, sin embargo, la dependencia generalizada de la población hacia el ecoturismo, la mayor actividad económica de la región, obligan a pensar en soluciones a su reubicación que les permitan conservar ese estilo de vida.

La distribución del territorio no habitado en la zona se divide entre territorios federales, ejidales y zonas de conservación, por lo que no es posible designar en este simulacro las áreas candidatas para nuevos asentamientos. Sin embargo, se puede sugerir la integración de las comunidades desplazables a otras comunidades vecinas que, con similares características y densidades puedan permitirse una expansión urbana controlada.

En el caso de Holbox, dicha comunidad vecina sería su propio puerto, el pueblo de Chiquilá, que a 10 kilómetros de distancia, es la comunidad más cercana a la isla sobre la península y tiene también una relación económica importante con la industria del turismo. Las características particulares de ambas poblaciones se revisarán en el capítulo sobre Holbox y Chiquilá.

Conforme a las características de las viviendas en esta región y las amenazas a las que se enfrentan y enfrentarán, es que en los últimos capítulos del documento se expone la propuesta de vivienda que toma en cuenta estos factores en su diseño, partiendo de un programa arquitectónico que respeta los valores demográficos, culturales y normativos de la zona, hasta elementos estructurales que asimilan a las hostilidades de su medio como factores de diseño. La principal característica de esta vivienda modular será su capacidad de mantener a su planta baja por encima del nivel del mar, gracias a un sistema de flotación en su base. Siendo esta flotabilidad crítica para la permanencia de la vivienda y sus habitantes, el diseño de la vivienda en torno solo a los elementos más esenciales para garantizar su habitabilidad, sin comprometer la calidad de vida ni el peso del proyecto, está directamente ligado a la supervivencia. Los criterios de autosuficiencia y responsabilidad ambiental, social y económica, se revisan en el capítulo dedicado a la Península, conforme a las necesidades específicas de la vivienda en directa relación con la supervivencia de su comunidad.

El proyecto final no debe verse, sin embargo, como la conclusión del marco teórico. Si bien funciona como una respuesta integral a las problemáticas planteadas, el análisis de estas demuestra también que la adaptación de los seres humanos al futuro que nosotros mismos hemos fabricado, es algo que apenas empieza a revisarse en el ámbito académico y profesional, y se volverá vital en los próximos años. Es así que este proyecto no es sino un comienzo.

Como nunca antes en la historia, el análisis prospectivo de riesgos intangibles puede servir como herramienta de planeación y diseño, y por la misma razón debe aprovecharse. Durante la segunda mitad del año 2018, la organización Build Academy, en conjunto con ONU Hábitat, lanzaron la convocatoria para el Resilient Homes Challenge, en donde invitaban a proponer modelos de vivienda resilientes a tres escenarios, el tercero de ellos, el de tormentas tropicales e inundaciones. Dado el estado de avance y las características particulares del presente proyecto, este se presentó el día 30 de Noviembre de 2018 junto con los materiales gráficos y

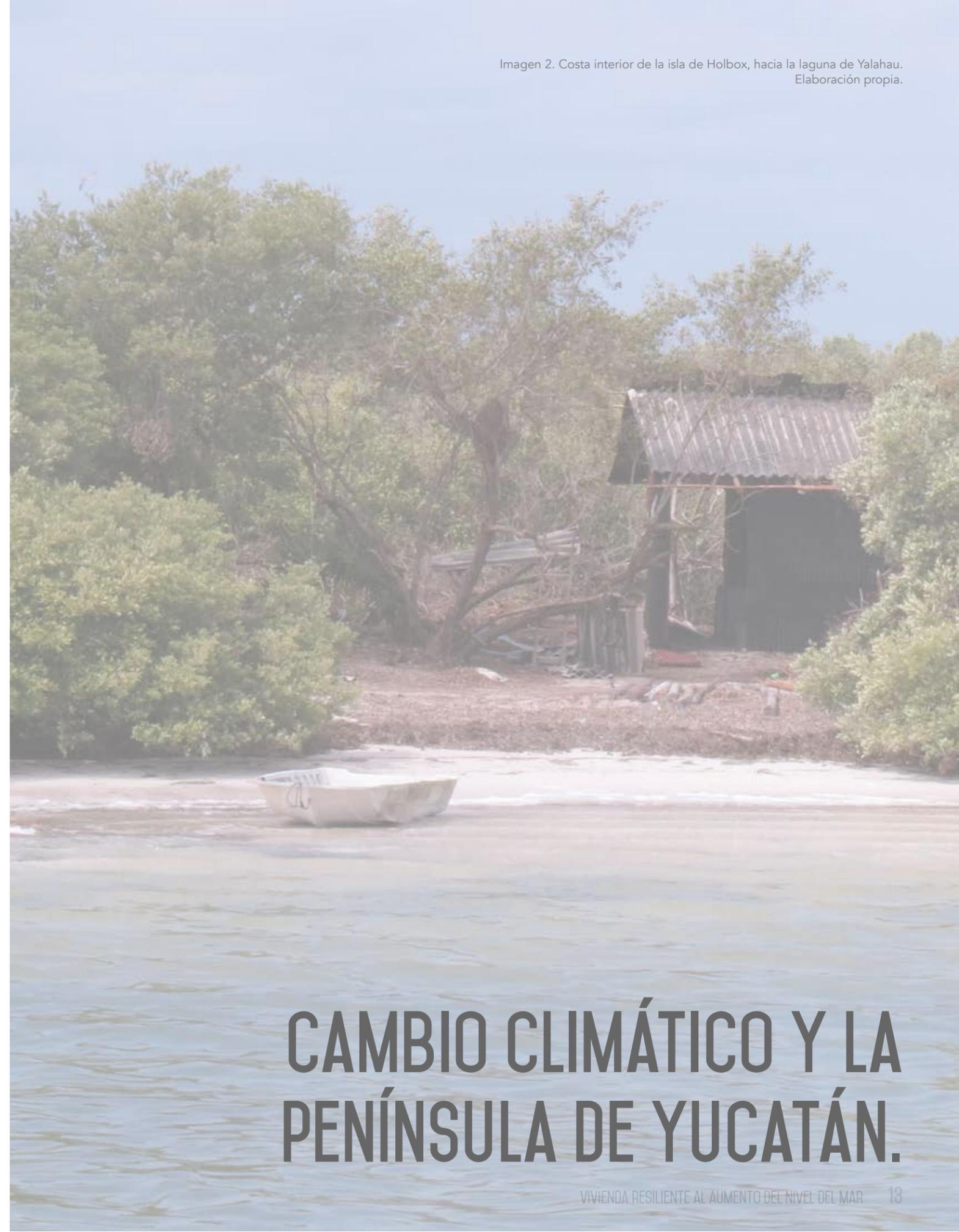
la información que hoy componen a este documento de tesis, en su nivel conceptual. En el concurso participaron más de 1000 personas de todo el mundo, distribuidas entre alrededor de 300 equipos. Todos los equipos debían contar al menos con un profesionalista titulado, por lo que el proyecto se inscribió contando con la participación de los sinodales de esta tesis, la maestra Claudia Ortiz, y el doctor Ronan Bolaños, quienes no participaron directamente en el desarrollo del proyecto ni los entregables, pero sí fungieron como asesores y supervisores del mismo, de la misma forma y con el mismo compromiso e interés con que apoyaron a la presente tesis.

El día 15 de Diciembre de 2018, se dieron a conocer a los participantes, a través de un correo electrónico, los resultados del concurso. El presente proyecto se colocó entre los 10 finalistas de su categoría, sin alcanzar los tres primeros lugares ni mención honorífica, pero fue seleccionado para ser uno de los 6 proyectos de la categoría a publicarse en un libro que resumirá los aprendizajes de los organizadores y de los mejores 18 proyectos de todo el concurso. Al momento de esta edición, dicho libro seguía en proceso de producción. El concurso invitaba a diseñar proyectos fáciles de construir, con materiales locales y un presupuesto limitado de 10,000 USD. La adaptabilidad y resistencia del proyecto a fenómenos naturales fueron los principales factores a considerar en su juicio, seguidos de los factores antes mencionados, además de la capacidad de integración cultural y urbana. Dado que al momento del lanzamiento de la convocatoria el proyecto apenas estaba planteándose, muchas de sus características se definieron parcialmente por las demandas del concurso, entre ellas el presupuesto y el programa arquitectónico, que exigía una vivienda de entre 40 y 50 metros cuadrados, con al menos un baño, una cocina, y una sala de estar que podía ser multiusos, para albergar a por lo menos 5 personas. También debía ser un edificio de fácil reparación, lo que influyó en la selección de materiales y el diseño del sistema constructivo.

El concurso permitió comparar al proyecto con otras aproximaciones contemporáneas al problema de las inundaciones y el ANM, a los que por cierto, ningún equipo reaccionó de la misma manera. La comparación del proyecto con los ganadores también permite observar no solo los elementos en los que podría mejorar, también permitió ver aquellos factores culturales y ambientales que afectan a la resiliencia de un modelo a partir del modo en el que se puede habitar. Restricciones como la carencia de espacio para expandir a la vivienda horizontalmente, y la

prohibición de construcciones de más de 3 niveles, limitaron la posibilidad de expansión que otros proyectos sí aprovecharon. Asimismo, la abundancia de otros materiales más resistentes y ligeros, como el bambú, en proyectos situados en países productores de la planta, representaron ventajas con las que este proyecto no cuenta. A pesar de esto, la profundidad del análisis previo de las características particulares de la zona y de las posibilidades de solución del problema, fueron los factores que eventualmente proporcionaron una ventaja al proyecto de esta tesis respecto a otros concursantes, lo que resalta la importancia de las investigaciones a profundidad, previas al diseño de la solución de un problema de esta magnitud.

Imagen 2. Costa interior de la isla de Holbox, hacia la laguna de Yalahau. Elaboración propia.



CAMBIO CLIMÁTICO Y LA PENÍNSULA DE YUCATÁN.

CALENTAMIENTO GLOBAL Y AUMENTO DEL NIVEL DEL MAR

A lo largo del siglo XX se comenzaron a identificar patrones climáticos a nivel global que han demostrado un claro aumento en la temperatura media de la Tierra, con una marcada tendencia a la alza. En 2013, el Panel Intergubernamental para el Cambio Climático concluyó que es "extremadamente posible" que las actividades humanas a partir de la Revolución Industrial sean la principal causa de dicho cambio. A partir de la emisión de gases de efecto invernadero, tales como el dióxido de carbono (CO₂) y el metano, combinada con la deforestación, se han alterado los ciclos naturales de carbono que tradicionalmente contribuirían a mantener la temperatura normal del planeta. Dichos gases, producidos en su mayoría por el consumo humano de hidrocarburos, provocan el llamado "efecto invernadero" que al acumularse estos impide que se libere o se absorba la energía en forma de calor recibida por el sol y producida por los asentamientos humanos, derivando en un calentamiento anormal de la atmósfera.

Este calentamiento no solo altera significativamente los patrones climáticos a nivel global, también contribuye al derretimiento progresivo de las masas de hielo en los polos y en las regiones de alta montaña alrededor del mundo. Tal derretimiento también es causado por la expansión térmica del agua de los océanos, los cuales han sufrido igualmente un aumento gradual en su temperatura al absorber buena parte del calor retenido en la atmósfera. Al derretirse estas masas, o al fracasar en regenerarse cada invierno, el agua dulce que habría de conformar su volumen se incorpora al agua en los océanos, contribuyendo al aumento global del nivel del mar. Al inicio del siglo XXI dicho aumento no había presentado tendencias significativas, pero se espera un crecimiento gradual que podría alcanzar hasta los dos metros para finales del siglo XXI. Si bien el IPCC (Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático por sus siglas en inglés) sugiere un aumento promedio de 1 metro por cada grado Celsius que aumente la temperatura global del planeta, un creciente número de investigadores y modelos consideran esta referencia no solo conservadora, sino errónea, al fallar en calcular la expansión térmica en

modelos que normalmente solo calculan la suma del volumen del hielo polar al volumen de agua marina. También es considerada conservadora en el sentido de que las prácticas internacionales de reducción de emisión de gases de efecto invernadero orientadas a ralentizar el calentamiento global no han probado aún ser suficientes.

Aún así, la proyección más aceptada y más utilizada en los diversos modelos para estudios regionales es la del IPCC, que proyecta un aumento mínimo de entre 0.28 y 0.60 metros, y un aumento máximo de 0.52 a 0.98 metros. Cabe notar que aún en los escenarios más optimistas, no se prevé una ralentización en el ANM y solo se espera que continúe durante siglos, alcanzando un aumento promedio de hasta 6 metros por encima del nivel actual, aún si se llegara a estabilizar la temperatura global.¹ De hecho, la mayoría de los valores promedio de ANM para el Golfo de México y el Océano Pacífico ya habían rebasado en 2018 las estimaciones del IPCC que en 2007 calculaba un incremento de 1.8 mm/año, alcanzando los 2.7 mm/año en el promedio global nacional.

Considerando la expansión térmica, la distribución de las corrientes marinas y la variedad de temperaturas por ubicación geográfica, está también previsto que este ANM no sea uniforme, sino que varíe de región a región, siendo más agresivo en unas que en otras. Además, existe evidencia creciente de que el derretimiento de los icebergs que componen a las capas polares de la Antártica no será completamente gradual, sino que podría volverse paulatino llegado cierto punto de quiebre, donde temperatura y estructura no le permitan contenerse en una sola masa, y los lleven a deshacerse a velocidades exponenciales.² Esto quiere decir que la inundación de las costas del mundo será gradual previo este punto, seguida de posibles aumentos repentinos hasta la desaparición completa de las masas polares.

Durante el período Cretácico, la última época durante la cual se tuvieron los mismos niveles de dióxido de Carbono que se tienen hoy en día, el nivel del mar en promedio rebasaba el nivel actual por casi 6 metros. Aunque ese nivel llegará dentro de siglos aún ante los peores pronósticos, será el escenario más probable e inevitable.³

Respecto a la República Mexicana, se prevé un aumento desigual entre las costas del Océano Pacífico,⁴ el Golfo de México y el Mar Caribe, gracias a la actividad tectónica sobre el Pacífico y la interacción entre corrientes marinas. Se ha identificado en los estados del Golfo de México (Tamaulipas, Veracruz, Tabasco, Campeche y Yucatán) y el Caribe (Quintana Roo) a las regiones más vulnerables al ANM.⁵

INUNDACIONES POR MAREAS DE TORMENTA

Quizá el mayor peligro para las zonas costeras a causa del cambio climático, las tormentas y huracanes son un fenómeno cuya intensidad se prevé aumente conforme al ANM y el calentamiento global. Si bien siguen siendo eventos esporádicos, el riesgo recae en la fuerza y dimensiones de los fenómenos, ya que estos implican mareas más grandes y más potentes, que al chocar con las masas continentales someten a su población, su fauna y su flora, a condiciones difíciles de soportar y sobrevivir. La cantidad de agua recibida por las lluvias de tormenta, aunada a la introducida por las mareas, suponen riesgos de inundación que se hacen aún más severos en regiones con poca elevación.⁶

Las inundaciones de agua marina, a diferencia de una inundación por lluvias, acarrearán masas desde el interior del mar hasta tierra firme, muchas veces incursionando en ella cientos de metros hasta donde la potencia del huracán y la composición del relieve lo permitan. Las masas de agua proceden a arrastrar consigo materia tanto originaria del mar como aquella cuya fuerza es capaz de levantar a su paso al interior de la zona continental. Una vez pasado el temporal la masa de agua puede permanecer sobre tierra durante días o semanas. Entre más rápida sea su retirada, más agresiva será conforme a la fuerza del agua, pero una retirada lenta también implica una interacción más prolongada de las infraestructuras y ecosistemas no acostumbrados al agua salina, con ella. Las defensas naturales con las que cuentan las superficies continentales a este tipo de inundaciones son las barreras de coral y las barreras de arena alrededor de las costas. Este tipo de estructuras formadas a lo largo de extensos períodos de tiempo pueden absorber hasta el 90% de la fuerza de las olas de tormenta, disminuyendo radicalmente la vulnerabilidad de las costas. Desafortunadamente,

las barreras de coral a nivel mundial sufren procesos de blanqueamiento por su incapacidad de soportar los cambios de temperatura en el agua derivados del calentamiento global, y sus ritmos de recuperación son radicalmente inferiores a sus ritmos de mortalidad. La formación de cúmulos o barreras de arena es un proceso independiente del ANM y tiene más que ver con las corrientes marinas y su acarreo de sedimentos. Sin embargo, en zonas vulnerables a tormentas tropicales, su embate repentino puede debilitarlas a niveles por debajo de sus ritmos de acumulación de sedimentos. El incremento en la fuerza de las tormentas tropicales a causa del ANM hace estos escenarios aún más posibles.

1, SECTUR. (2018) Estudio de la Vulnerabilidad y Programa de Adaptación Ante la Variabilidad Climática y el Cambio Climático en Diez Destinos Turísticos Estratégicos, Así Como Propuesta de un Sistema de Alerta Temprana a eventos Hidrometeorológicos Extremos-Resumen Ejecutivo. SEMARNAT.

2 HOLTHAUS, Eric. (Noviembre 21, 2017) Ice Apocalypse. Rapid collapse of Antarctic glaciers could flood coastal cities by the end of this century. GRIST. Grist.org.

3 GOODELL, Jeff. (Mayo 9, 2017) The Doomsday Glacier. Revista Rolling Stone. Estados Unidos.

4 La región de choque entre las placas tectónicas Americana y de Cocos, ubicada sobre la costa del Estado de Guerrero, presenta una disminución del nivel del mar gracias a la elevación de la superficie terrestre por efecto de la fricción entre placas.

6 Hinojosa, Appendini, Mexicano, Meza. Estudio Para la Incorporación de Nuevas Variables en los Escenarios de Cambio Climático para México Utilizados en la Quinta Comunicación Nacional. 2014. SEMARNAT, INECC. México.

EROSIÓN COSTERA

La degradación progresiva de la materia por efecto de factores externos, en las costas se presenta a través de la pérdida de masa sedimentaria o continental a causa del constante embate del oleaje marino, que no solo impone la fuerza del agua sobre el terreno, sino lo expone también a las sales y el oxígeno que esta contiene, los cuales contribuyen a su descomposición química.

Este fenómeno en otras circunstancias es considerado normal, parte de un ciclo interminable de erosión, sedimentación y compactación de materia que ha contribuido a conformar continentes, océanos y playas. Sin embargo, el ANM conlleva en sus etapas tempranas el aumento del oleaje marino frente a las costas continentales, por lo que la erosión costera es una consecuencia directa de éste. Esta erosión se puede ver también incrementada por las inundaciones por mareas de tormenta. Al ritmo que suponen las actuales predicciones de ANM y las consecuencias esperadas de tormentas tropicales sobre las costas, la erosión costera es una potencial amenaza a la conformación actual de la morfología terrestre. Esto porque en aquellas regiones costeras con un historial de erosión y acumulación de sedimentos negativa (pérdida de arena en playas) la intensificación de dicho proceso solo ha mostrado señales de incrementarse (ver capítulo 2, apartado 2.2: "Comunidades y desplazamientos forzados").

LA PENÍNSULA DE YUCATÁN

La plataforma peninsular de Yucatán es un "bloque tectónico único" que no presenta elevaciones ni plegamientos, que surgió durante el Paleozoico (esto quiere decir que es una plataforma relativamente joven, carente de depósitos de sedimentos que contribuyan a enriquecer su subsuelo). Hace alrededor de 200 millones de años comenzó su separación de la sección de la placa Norteamericana de Louisiana-Texas

dando lugar al Golfo de México. Desde el cretácico comenzó la acumulación de sedimentos marinos que hoy en día conforman a la plataforma continental, principalmente calizas de entre 144 y 165 millones de años. La plataforma refleja una emergencia paulatina en sentido norte-sur. Entre sus particularidades destaca que su costa noroeste es aceptada generalmente como el sitio del impacto del asteroide de Chicxulub hace alrededor de 65 millones de años, fenómeno que provocó (probablemente) la extinción masiva de la vida en la Tierra y dio paso a la evolución de los mamíferos como especies dominantes, y eventualmente a la evolución del ser humano. El norte de la península está formado por karsts⁷ que en su interior contienen a la red hidrológica de la península, que es incapaz de albergar ríos en su superficie dada la permeabilidad de su suelo calizo. Los ríos y cavernas subterráneos que conectan a esta red se comunican con la superficie a través de los famosos cenotes.⁸ El volumen de los ríos se obtiene de la filtración del agua de origen meteorítico que tiende a acumularse por encima de las masas de agua salada, de mayor densidad, provenientes de las conexiones de dichos ríos con el océano. Tal conexión da lugar también a una intrusión subterránea de agua salina desde el océano, pero la proporción entre agua salada y dulce varía dependiendo del nivel del mar y la precipitación temporal.⁹

La conservación de los cuerpos de agua dulce, aún en donde interactúan con salina, se debe a las diferencias químicas entre ambas, que mantienen a la salina, de mayor densidad, por debajo del nivel de los depósitos de agua dulce. Cabe destacar que la totalidad de las reservas de agua dulce de esta región de la península se encuentran dentro de este sistema. En general no presenta elevaciones superiores a los 6 o 10 msnm. Sus suelos contienen escasos nutrientes y son poco capaces de retener sedimentos.

El clima de la península es predominantemente cálido, con lluvias en verano e inviernos secos. Su temperatura anual ronda los 26° C. Conforme a la clasificación de Köppen, es un clima "cálido subhúmedo con lluvias en verano". Su precipitación pluvial promedio es de 800 mm, y se divide en dos estaciones de lluvias, una en verano y la segunda en invierno por efecto de las temporadas de huracanes.

En la región soplan los vientos dominantes alisios desde el sureste durante la primavera y el verano, mientras que en otoño e invierno se registran vientos desde el norte y noroeste. La velocidad promedio del viento a nivel de la costa es de 18 km/hr.

Vulnerabilidad de la península al aumento del nivel del mar

El suelo de la península, al ser altamente permeable, es capaz de absorber agua a través de sus canales subterráneos. Esta característica vuelve a la plataforma una suerte de esponja que en el evento de un aumento progresivo del nivel del mar absorbería a través de sus redes subterráneas parte del volumen del agua marina creciente, provocando no la pérdida de dicho volumen, sino su inevitable incursión en tierra firme. Este fenómeno, al igual que en la península de Florida, que comparte sus características geológicas, impide que la zona sea candidata a controlar el ingreso del agua por medio de diques, una medida popular en otras regiones vulnerables, pues las dimensiones necesarias para que este tipo de barrera resultara útil son incosteables en términos económicos.

La otra limitante para la implementación de diques es la fragilidad de los ecosistemas costeros en la zona, aunada a su estrecha relación con las actividades económicas de la población local. Tanto las actividades pesqueras como de turismo dependen directamente de la conservación de los ecosistemas y patrones migratorios y reproductivos de la fauna de la zona, que requiere de la conexión directa entre la costa y el mar abierto para cumplir con sus actividades naturales. La conservación de la costera a costa de los valiosos ecosistemas locales perjudicaría eventualmente a la primera. Además, el constante flujo de naves a lo largo de la costa y entre sus puertos, tanto turísticos como industriales, obligaría a mantener cualquier sistema de contención de aguas abierto durante la mayor parte del año, haciéndose a sí mismo inútil. Aunque no se sabe cómo reaccionarán las especies oriundas de la zona al CC, y existe la posibilidad de que éste altere sus estilos de vida y patrones migratorios, la preservación de sus ecosistemas a nivel abiótico será vital también para su eventual migración a otros sitios.

La región es vulnerable al embate de tormentas tropicales entre los meses de verano e invierno. Por su fisonomía, la punta noreste de la península recibe el oleaje y lluvias más intensas, pero aún así es vulnerable el resto de la península. El Instituto Nacional de Ecología considera que el nivel del mar aumentará el riesgo de la península de sufrir consecuencias devastadoras a

causa del aumento de la intensidad de las tormentas, que sumado al aumento del volumen de agua marina disponible intensificará su potencial agresividad sobre la costa y el perímetro aledaño a ésta. Sin embargo, la península cuenta con una protección natural en sus arrecifes de coral y bancos submarinos de arena, que pueden contener hasta el 90% de la fuerza de los ciclones tropicales cuando se acercan estos a tierra firme. Por esta razón, la conservación de estos elementos es vital para la estabilidad de los ecosistemas sobre la costa. Respecto a la vulnerabilidad de la península al CC, la literatura consultada en general considera que su costa se encuentra en riesgo moderado a alto al ANM, inundaciones y pérdida de territorio por erosión costera. Esto aunado a su forma, que impide su protección del oleaje o el ANM por medio de barreras artificiales.

7 GARCÍA, GRANIEL. (Noviembre, 2010). *Biodiversidad y Desarrollo en la Península de Yucatán*. Capítulo 1, El Estado. SEDUMA, México. (Pp.4-6)

8 Del maya ts'ono'ot, (caverna con depósito de agua) son depresiones del terreno bajo el cual corren cavernas y ríos subterráneos, frutos del desplome de las bóvedas que los cubren a causa de la disolución lenta de las rocas calizas por el agua y el ácido sulfhídrico surgido de la interacción entre agua dulce y salada. Fuente: Schmitter-Soto. *Los Cenotes de la Península de Yucatán*. Colegio de la Frontera Sur. 2001. <http://www.jornada.unam.mx/2001/07/30/eco-b.html>

9 Beddows, Blanchon, Escobar, Torres Talamante. *Los Cenotes de la Península de Yucatán*. SEDUMA. FUENTE: <http://www.seduma.yucatan.gob.mx/cenotes-grutas/documentos/cenotes-peninsula.pdf>

Zonas Susceptibles a Inundación 1 y 2 m



Imagen 3. Zonas Susceptibles de inundarse bajo escenarios del ascenso estático del nivel del mar de 1 y 2 m en la Península de Yucatán. Fuente: Reporte Final de Actividades CICESE-INECC, Parte II, 24 de noviembre 2014.

En la Imagen 1, se pueden observar las regiones de la península más vulnerables al ANM en los escenarios de 1 y 2 metros. Aunque el interior de la Península se ve libre de amenazas, toda su costa se verá eventualmente afectada por el ANM en mayor o menor medida. En muchos sentidos, su fisonomía es extremadamente similar a la de la península de Florida, desde su composición geológica hasta su bajo nivel superficial y el latente riesgo de inundación y pérdida de territorio por erosión costera. Esta relación hace relevante en comparación a las expectativas de dicho estado para las siguientes décadas. Aunque los condados de Orlando y Miami-Dale cuentan ya con elaborados y exitosos programas de adaptación al CC, sus zonas rurales destacan por carecer de ellos y por tener ante sí pronósticos más bien pesimistas: se prevé una pérdida de los cuerpos de agua dulce por intrusión del agua salina ya sea por inundaciones por ANM, y las expectativas de supervivencia de las comunidades rurales costeras son bajas.

Otro proyecto de adaptación al CC, el de la ciudad de Nueva York, descarta la construcción de barreras o diques al ser estos inútiles en una zona donde es requerida la permanente conexión del interior con el mar abierto.

En 2018 se publicó el “Estudio de la Vulnerabilidad y Programa de Adaptación Ante la Variabilidad Climática y el Cambio Climático en Diez Destinos Turísticos Estratégicos, Así como Propuesta de un Sistema de Alerta Temprana a Eventos Hidrometeorológicos Extremos”.¹⁰ Este estudio es el análisis más significativo que se tiene a la fecha de las vulnerabilidades de la península al CC, aún si solo contempla los destinos turísticos. Entre sus conclusiones para la zona turística de Cancún, confirma el alto riesgo de inundaciones por mareas de tormenta y erosión costera. El interés gubernamental en los destinos turísticos está conectado al papel de la industria turística en la composición del Producto Interno Bruto a nivel nacional: 8.7% (SECTUR,

Conclusiones del capítulo

2014), mientras los empleos de industrias directamente involucradas en el turismo abarca el 4.8 % del total nacional. En el estado de Quintana Roo, el 15% de la población económicamente activa está empleada en sectores ligados directamente con el turismo. Siendo que en esta región dicha actividad económica está directamente ligada al aprovechamiento y explotación del litoral y la costera, la vulnerabilidad de uno está vinculada a la vulnerabilidad del otro. El mencionado estudio es tan solo uno de los primeros pasos por parte del gobierno federal y local, así como de los intereses particulares involucrados en el desarrollo de las zonas costeras, para crear proyectos de adaptación al CC en estas regiones tan vulnerables y al mismo tiempo tan significativas para el desarrollo económico del país.

Existe una certeza de que la Tierra se encuentra en un proceso gradual de calentamiento global que está derivando directamente en un cambio climático que afecta a los diferentes sistemas ambientales del mundo de formas variadas. Entre sus consecuencias, el ANM por efecto del derretimiento de los polos y la multiplicación del volumen por la expansión térmica del agua de mar es un fenómeno ya palpable y evidente alrededor del mundo. También es un fenómeno el cual se prevé no podrá ralentizarse ni evitarse en el futuro, aún si se lograra estabilizar la temperatura media del planeta. Sus consecuencias físicas más directas sobre las masas continentales y sus asentamientos humanos serán la erosión costera, la inundación de zonas costeras bajas, la contaminación de cuerpos de agua dulce con agua salina y la alteración de la morfología de los continentes. En regiones subtropicales, estas consecuencias podrán presentarse repentinamente gracias a la intervención de las tormentas tropicales que si normalmente los provocan en menor escala, podrán aumentar su intensidad gracias a la alteración de las dinámicas de la atmósfera y del mismo ANM. En México, la región más vulnerable a estos fenómenos será la costera de la Península de Yucatán, que por su composición geológica, bajo relieve y vulnerabilidad a tormentas por efecto de su morfología y localización, carece de elementos naturales para prevenirlos. Esto no solo amenaza la estabilidad de sus ecosistemas, también es un riesgo latente para su población, concentrada sobre el perímetro de las costas gracias a la oferta de servicios y empleo que implica la industria del turismo, ligada directamente a los sistemas costeros y su mantenimiento.

Considerando las dimensiones de las regiones amenazadas por el CC y el ANM en la Península, producir proyectos de adaptación a las nuevas realidades ambientales y geomorfológicas será vital para la permanencia de las sociedades oriundas de la zona

¹⁰ ANIDE. Estudio de la vulnerabilidad y Programa de Adaptación Ante la Variabilidad Climática y el Cambio Climático en Diez Destinos Turísticos Estratégicos, así Como Propuesta de un Sistema de alerta Temprana a Eventos Hidrometeorológicos Extremos. SECTUR.

ASENTAMIENTOS HUMANOS ANTE EL CAMBIO CLIMÁTICO

El sedentarismo humano está tradicionalmente ligado a la abundancia de recursos y la capacidad de una comunidad para aprovecharlos en su sitio, así como a las condiciones naturales que ofrezcan un entorno apto para habitarlo.

El cambio climático al que se somete hoy en día el planeta está en proceso de alterar en diferentes escalas todos y cada uno de los sistemas ambientales y físicos, que inevitablemente afectarán la estructura y medios de vida de cada una de las sociedades del orbe.

En el gradiente de consecuencias, habrán aquellas comunidades que se verán beneficiadas por dichos cambios, como aquellas regiones donde el clima se volverá menos frío o menos seco. Sin embargo serán estas una minoría, y se prevé que en conjunto con el resto de los seres vivos y sus ecosistemas, sufran impactos negativos en sus medios de vida. Los menos negativos variarán entre eventos temporales como el aumento de lluvias, olas de calor, olas de frío, y demás fenómenos que alterarán solo por temporadas a los asentamientos más afortunados, dejándoles retomar sus vidas cotidianas el resto del tiempo.

Las otras consecuencias menos amables serán los cambios graduales hacia temperaturas más altas, la alteración extrema de ciclos de lluvia y por ende de ciclos agrícolas, y la desestabilización parcial o total de ecosistemas por el cambio de sus factores climáticos. Entre las consecuencias más agresivas se encontrarán la pérdida masiva de hábitat, tanto natural como humano, por efecto del ANM y, además, por efecto de las potenciales reorganizaciones en los asentamientos y estructuras humanos que se verán obligados a desplazarse o alterar aún más su entorno para permanecer.

RESILIENCIA

La resiliencia en su sentido más amplio se puede interpretar como la capacidad de un cuerpo estresado de recuperar su tamaño y forma antes de una deformación, causada especialmente por un estresor, o la habilidad de recuperarse o ajustarse fácilmente al misfortunio o el cambio.

El término es comunmente utilizado en el campo de la psicología refiriéndose a la capacidad de un individuo de sobreponerse a las adversidades. En años recientes ha comenzado a aplicarse a otros campos cuyas áreas de estudio involucran la interacción de sistemas con factores estresores. Particularmente en el campo de las Ciencias Ambientales, el término ha ganado popularidad como la definición de las capacidades de los ecosistemas de recuperarse de sus perturbaciones periódicas. En este aspecto se ha vuelto un tema de interés la ahora llamada “resiliencia climática”, la cual se refiere a la habilidad de un sistema de adaptarse a un cambio climático.

El término es también pertinente en los campos de la arquitectura y el urbanismo, si se considera la capacidad de superar eventos estresores como elementos de un objeto arquitectónico o un conjunto urbano. La resiliencia como tal, vista como característica, es relativamente nueva y hay quien la considera la heredera de la sustentabilidad como tendencia de diseño. Si la primera década del siglo XXI se vio sumergida en las nuevas teorías y tecnologías de construcción y diseño sostenibles, aún sin realmente abarcar los alcances que el término implica, la segunda década ha visto que no solo hace falta hacer obras conscientes de su entorno, ahora hace falta que sean obras capaces de sobrevivir a él.

No existen guías o manuales específicos para diseñar la resiliencia de un sitio, pues esta depende de sus características específicas y de los medios que tienen sus habitantes al alcance para adaptarse.

La resiliencia de un sitio puede depender de 4 factores esenciales:

- 1. su contexto: la resiliencia necesita un elemento respecto al cual serlo. Su relación también permite especializar su análisis. Por lo tanto, los elementos sociales, políticos, económicos, ambientales etc. que rodean al sitio deben evaluarse y tenerse en cuenta al medir su capacidad.**
- 2. El elemento perturbador: un desastre natural, un conflicto social o político, una crisis económica, alimentaria, social, ambiental, etc. Los perturbadores se dividen en aquellos de efecto y/o origen repentino y aquellos de largo plazo. ~**
- 3. Capacidad de responder al elemento perturbador: compuesta de su sensibilidad al fenómeno y a su adaptabilidad.**
- 4. Reacción al elemento perturbador: ya sea su supervivencia, su recuperación, su aprendizaje posterior, su transformación o su colapso.**

Este factor es un elemento clave en la definición de las medidas de mitigación de un evento estresor, estando directamente ligada a las capacidades y necesidades de la comunidad y su sitio para sobrevivirlo.

REUBICACIÓN Y ADAPTACIÓN.

Reubicación de comunidades vulnerables en riesgo de pérdida de patrimonio y migración en el siglo

La selección de un sitio para el emplazamiento de una comunidad suele estar relacionado con la disponibilidad de recursos a su alrededor. Dichos recursos, sumados a las características ambientales del sitio, sus ventajas y desventajas, y su ubicación geográfica, contribuyen a la creación de identidades íntimamente ligadas a estas propiedades de la tierra. La identidad moldea la cultura y las tradiciones de cada comunidad, la dota de un carácter propio que a la vez contribuye a su resiliencia ante las desventajas del sitio o los eventos extraordinarios que puedan poner en riesgo su estabilidad. El ser humano como ente social requiere este tejido social para prosperar. Entre los eventos extraordinarios a los que puede hacer frente este tejido que conforma a la comunidad se pueden contar desastres como sequías, inundaciones, tormentas, deslaves, heladas, crisis económicas, crisis de seguridad, etc. con la constante de que todos estos fenómenos suelen ser pasajeros. Provocarán daños que alterarán la dinámica establecida de la comunidad, pero si esta cuenta con estructuras sociales y económicas bien definidas, así como una infraestructura urbana suficiente para la supervivencia mínima de la comunidad durante el evento de crisis, podrá esta sobrevivir y superar el evento, dejando que este pase a formar parte de las experiencias que fortalecen su identidad. La prolongación o repetición de estos fenómenos en períodos de tiempo cercanos entre sí, ante comunidades sin los recursos para hacerles frente constantemente, pueden ser las causas de la desintegración de su tejido social, su desplazamiento y/o colapso según su capacidad de respuesta.¹¹

El siglo XXI ha dado lugar a algunos de los fenómenos migratorios más agresivos en la historia de la humanidad, que además, a diferencia de los acontecidos en otros momentos, están sucediendo simultáneamente. Mientras en 1990 existían en el mundo 153 millones de migrantes, en 2015 se contabilizaron alrededor de 244 millones. De estos, 22.5 millones están catalogados como refugiados¹² o desplazados. Conflictos sociales, políticos, económicos, raciales, de seguridad y

conflictos armados son la principal causa de estos desplazamientos, pero existe otro fenómeno global que se prevé movilice a cientos de millones más en las próximas décadas.

El CC, junto con sus efectos secundarios, podría llegar a desplazar hasta a un billón de personas a finales del siglo XXI, los llamados desplazados climáticos,¹³ quienes verán en la normalización de eventos climáticos extremos¹⁴ la imposibilidad de permanecer en sus lugares de origen, ya sea por la pérdida de sus fuentes de empleo, los riesgos de seguridad y sanidad, el compromiso de sus fuentes de alimento y/o la pérdida del hábitat, este último a causa del ANM. La Organización Internacional para la Migración (OMI) considera que las migraciones por efecto del CC serán mayoritariamente de carácter regional¹⁵ y que afectará principalmente a las comunidades rurales, más propensas a ver perjudicados sus recursos y a carecer de las herramientas para conservarlos.

Asimismo, simulacros de reubicación como lo desarrollado por Ryan, Vega Barachowitz y Perkins-High en la península de Boston prevén que aquellas comunidades alejadas de los núcleos urbanos serán las más propensas a verse sujetas a políticas de reubicación, ya que a diferencia de estos núcleos urbanos, carecerán de la densidad poblacional y de servicios, así como la identidad urbana e importancia económica que harían valiosa la inversión en su permanencia y en acciones de mitigación del CC. La posibilidad de no contar con un plan de adaptación para estas comunidades, que eventualmente se verían forzadas a desplazarse aún en contra de sus deseos, podría derivar en la migración masiva y descontrolada a los núcleos urbanos, que en la actualidad enfrentan

¹¹ Jared Diamond en Colapso: Por qué unas sociedades perduran y otras desaparecen; numera 5 causas principales para la permanencia o colapso de una civilización: deterioro medioambiental, cambio climático, vecinos hostiles, relaciones comerciales sanas y la capacidad de respuesta de las sociedades a sus problemas medioambientales. Dichas respuestas, acorde a Diamond, “...dependen de sus instituciones políticas, económicas y sociales y de sus valores culturales. Estas instituciones y valores influyen en si la sociedad resuelve (o siquiera trata de resolver) sus problemas.”

¹² UN Migration Agency. World Migration Report 2018. International Organization for Migration. 2018. Suiza.

¹³ Desplazado climático: “...personas o grupos de personas quienes, debido a razones de cambios progresivos o repentinos en el ambiente, que afectan adversamente sus vidas o condiciones de vida, son obligados a abandonar sus hogares habituales, o eligen hacerlo temporal o permanentemente...”

¹⁴ El IPCC considera extremadamente probable que los eventos climáticos extremos como sequías, inundaciones, súper huracanes, heladas y ondas de calor, que históricamente son eventos poco comunes, se volverán cada vez más y más comunes conforme progresa el calentamiento global y el cambio climático.

crisis de vivienda que les impiden siquiera ofrecer los espacios y servicios suficientes para sus habitantes y se verían asfixiadas ante el influjo de refugiados en busca de vivienda, empleo, educación y servicios básicos para los que quizá ninguna ciudad en la Tierra podría estar preparada jamás. Además, la dispersión de los integrantes de dichas comunidades en diversos centros urbanos provocaría la destrucción de su cultura, tradiciones, y el sentido de pertenencia e identidad de cada individuo.¹⁶

En la actualidad esta dispersión de migrantes a causa de fenómenos climáticos es persistente en países subdesarrollados,¹⁷ aunque una fracción, particularmente las islas de Sao Tome y Príncipe, Salomón y las Maldivas, así como Mozambique y Tuvalu, ya tienen identificada y prevista la necesidad a futuro de plantear políticas de reubicación ordenada.

Políticas y sistemas de Reubicación.

Si bien la reubicación controlada¹⁸ es considerada la opción menos deseable ante el embate del cambio climático¹⁹ o de cualquier fenómeno vulnerador, sí es plausible y la única en algunos casos. Las comunidades de los proyectos actualmente en desarrollo comparten ciertas características que han sido las principales causas de su actividad en torno a la reubicación, características que comparten con muchas otras comunidades alrededor del mundo, las cuales en un futuro cercano comenzarán a verse en la misma situación que las primeras y deberán trabajar en conjunto, comunidad y gobierno, para encontrar la mejor alternativa ante la inminente pérdida de su patrimonio.

Ante la reubicación como única alternativa, no todos los gobiernos ni comunidades del mundo optan por trasladar a una comunidad completa a otro sitio. Existen las posibilidades de ofrecerles a estas reubicaciones individuales en otras localidades, así como reubicaciones grupales para familias, la reubicación integral de una comunidad fusionándola con otra ya existente o con otra comunidad reubicada.

La reubicación es un proceso, y como tal consiste de pasos que, si bien pueden variar en las metodologías de sus organizadores, coinciden en lo complejo y largo de cada una de sus etapas. Esta alternativa es, de todas las medidas de respuesta al CC, sin duda la más costosa. No solo implica la adquisición de tierras y/o construcción de viviendas, infraestructura y equipamiento para la población afectada, implica también la pérdida de todo lo anterior en las regiones abandonadas. Las comunidades, además, ven vulnerado su tejido social mientras las amistades, familiares y conocidos se ven forzosamente separados entre sí, separados temporal o totalmente de sus fuentes de empleo, y en alto riesgo de perder las raíces de sus costumbres y tradiciones al carecer de un sentido de comunidad que las sustente. Es por esta razón que la reubicación es la última y menos impulsada forma de adaptación al CC. Sin embargo, existe un número creciente de comunidades que tras

evaluar todas las demás alternativas, se han visto a ver la reubicación como su único recurso. Este número de comunidades es aún pequeño, y sus sistemas de reubicación están en desarrollo o derivaron en comunidades de refugiados sin esquemas que previeran la posibilidad de recuperar o conservar su tejido social y características.

De igual forma, sus proyectos de reubicación comparten elementos que presentan un patrón, entre errores y aciertos, que permite postular las características generales:

Los movimientos controlados de refugiados climáticos más significativos a nivel mundial en la actualidad se limitan a comunidades cuyos asentamientos contaron en algún momento con todas o algunas de las siguientes características:

- Comunidades Rurales
- Menos de 2,000 habitantes (a excepción de la nación de Kiribati, que debe movilizar 40,000 a largo plazo)
- Comunidades costeras o ubicadas en islas/islotes
- Suelos propensos a erosionarse y/o niveles de terreno muy cercanos al del nivel del mar.
- Poca elevación o pocos accidentes topográficos.
- Suelos de composición cárstica, porosos de alta permeabilidad.
- Implementación previa de sistemas fallidos de adaptación, como diques y siembra artificial de arena.
- Salinización de cuerpos de agua
- Alta vulnerabilidad a tormentas tropicales e inundaciones.

-Procesos a largo plazo subestructurados en etapas de: análisis, planeación y reubicación.

Análisis: se analizan las características del entorno geográfico y ambiental, los riesgos y posibilidades de adaptación in situ, así como las características de la población: sus elementos sociales, económicos y culturales. Se sintetizan las características más importantes a conservar de su estilo de vida y se buscan sitios apropiados para reubicarlos.

Planeación: se selecciona el sitio de reubicación, las etapas en las que será movilizad la población, se decide si se tratará de una reubicación general o parcial, si se integrarán a una comunidad o se construirá una nueva, y sus características. En caso de que se deba producir una nueva comunidad o nuevos asentamientos, multi o plurifamiliares, se desarrollan en esta etapa. Es la más tardada y en la que se encuentran actualmente muchos proyectos, entre ellos el de la Isle de Jean Charles, en Lousina, los proyectos en Alaska, y Kiribati.

Reubicación: dividido en fases para atender a toda la población afectada, generalmente respecto a su nivel individual de vulnerabilidad e interés por desplazarse. Se da antes, durante o después de construirse o adquirirse sus nuevos asentamientos, con supervisión del gobierno y apoyo comunitario para su fácil reintegración social. La población de las islas Charteret y la comunidad de Taro, en Fiji, han superado estas etapas.

-Esfuerzos de igual interés comunitario y gubernamental.

-Financiamiento por parte de autoridades gubernamentales y organizaciones internacionales.

Como un campo de reciente creación, la formulación institucionalizada de proyectos de reubicación dependen inevitablemente de estos primeros esfuerzos, de su análisis a corto, mediano y largo plazo, y de tomarlos en cuenta para ejercicios futuros, con el objetivo de crear marcos de trabajo y metodologías estandarizados.

Para mayor información sobre las comunidades desplazadas por el ANM, ver Anexo 1.

15 "...movements are most likely to be internal or to the closest international border within a región..."

16 El Seattle Journal for Social Justice en el reporte Funding Alaska Village Relocation Caused by Climate Change and Preserving Cultural Values During Relocation refiere que la reubicación ordenada es la mejor alternativa para conservar la identidad de las poblaciones afectadas por la pérdida del hábitat ante el cambio climático.

17 La OMI señala que al menos Bangladesh, Camboya, Cabo Verde, Eritrea, Etiopía, Gambia, Haití, Mali, Mauritania, Sudán, Tanzania y Uganda tienen identificadas migraciones locales o internacionales a causa del cambio climático.

18 Reubicación controlada: se entiende como el proceso a través del cual se organiza la migración de una comunidad de un sitio a otro, considerando etapas para la selección del nuevo asentamiento, su planeación urbana, la construcción o adquisición de nuevas viviendas y equipamiento, y su eventual traslado al nuevo lugar.

19 Tanto el UNHCR como la OMI consideran que debe ser la última alternativa para la resiliencia de una comunidad, habiéndose descartado antes todas las posibilidades de adaptación y mitigación in situ para una comunidad.

COMUNIDADES Y DESPLAZAMIENTOS FORZADOS.

Políticas de adaptación al ANM en zonas costeras.

Aunque la mayoría de los esfuerzos de adaptación a nivel internacional en la actualidad se encuentran en proceso de diseño, las políticas de las que han nacido sirven como referentes para buscar otras referencias y ejemplos de aplicación de las medidas que sugieren.

A nivel internacional se revisaron las políticas de adaptación para los estados de Florida, Alaska y Nueva York en Estados Unidos, así como las estrategias que tras cientos de años de experiencia han dado a los Países Bajos la vanguardia en la lucha contra el embate del mar. Simulacros hechos en Boston y Colombia se presentan como referencias de las pautas tomadas para establecer medidas de adaptación en escenarios hipotéticos. Muchas de las comunidades que cuentan con proyectos de reubicación están aún así implementando proyectos de adaptación, con la esperanza de reducir la cantidad de población desplazada y por supuesto disminuir la proporción de superficie perdida. Sus políticas y proyectos también se presentan en este análisis.

Cabe aclarar que tanto el municipio de Benito Juárez como la ciudad de Cancún cuentan con condiciones socioeconómicas y una infraestructura muy diferentes a las del municipio de Lázaro Cárdenas y las comunidades de Holbox y Chiquilá. Sin embargo, su cercanía y similitud geográficas hacen a las medidas de adaptación establecidas por la Sectur un referente confiable.

Entre otras regiones que han identificado el riesgo de ANM y pérdida de territorio por erosión costera están el Norte de Rusia, en el cual no se han realizado estudios, políticas, planes o proyectos de adaptación, pero existe una preocupación creciente entre la población respecto a sus perspectivas a futuro.

Las medidas de adaptación suelen venir relacionadas con las características económicas, físicas, ambientales y sociales de cada asentamiento:

Comunidades Rurales:

Técnicas pasivas.
Medidas de bajo costo financiadas por entidades gubernamentales y organizaciones sin fines de lucro.

- Fijación de dunas mediante rehabilitación o restauración de manglares
- Distribución de costales de arena o revestimientos de roca a lo largo de la costera para prevenir erosión masiva.

Medidas comunes:

- Identificación y evacuación de zonas de riesgo.
- Implementación de sistemas de recolección de agua pluvial.
- Restricción del crecimiento hacia la línea costera.

Asentamientos urbanos.

Técnicas pasivas y activas.
Medidas de altos costos con fuertes inversiones privadas y gubernamentales.

- Prevención de desarrollo de infraestructura en zonas críticas para ecosistemas que contribuyen a la contención del cambio climático.
- Implementación de sistemas de protección hidrodinámicos (espigones y rompeolas)
- restauración de playas erosionadas.

Es común confundir a una víctima de un desplazamiento forzado con un migrante en busca de mejores oportunidades de desarrollo. La palabra "forzado" implica que estas personas han sido desplazadas en contra de su voluntad, independientemente de la estabilidad económica, social, ambiental o política que tuvieran en su lugar de origen, aunque a causa de la desestabilización de una o varias de las razones anteriores.

Un migrante es un individuo que busca mejorar su calidad de vida en un sitio cuyas características parecen poder permitirselo, mientras un desplazado o refugiado, es aquel cuya seguridad humana se compromete al permanecer en su lugar de origen. El Banco Mundial identifica que el primero es movido por un "factor de atracción", mientras el segundo está respondiendo a un "factor de empuje". El migrante se mueve a pesar de las condiciones de su lugar de origen y el desplazado lo hace a pesar de las condiciones que le pueda imponer su destino. Las crisis sociales, políticas y económicas son difícilmente predecibles y por lo tanto no es posible generar mecanismos de respuesta, mucho menos gestionar las diferentes respuestas que la población pueda tener a ellas, entre ellas, su desplazamiento.

En el caso del CC y los desastres naturales, estos son fenómenos cuyas consecuencias o efectos secundarios pueden en buena parte predecirse, gestionarse, e incluso mitigarse. Un gobierno puede saber la vulnerabilidad de una comunidad costera al embate de un huracán, aún sin saber cuándo y con qué intensidad golpeará el meteoro. Pueden saber qué hacer antes, durante y después, y pueden educar a la gente al respecto. Pueden desplegar infraestructuras que permitan a la comunidad adaptarse al embate de las amenazas y a prevenir que estos fenómenos afecten irremediablemente sus estilos de vida. Sin embargo, a lo largo del tiempo hay fenómenos que no se pueden predecir o prevenir. Las sequías, las plagas, las lluvias extraordinarias y sus inundaciones, por decir algunos, pueden desestabilizar a un asentamiento humano por suficiente tiempo o con la suficiente fuerza como para obligar a una parte de sus habitantes a abandonarlo,

cuando los recursos se vuelvan insuficientes para todos, o cuando sus viviendas se vuelvan inhabitables. El CC hoy en día se manifiesta a través de eventos extraordinarios que se traducen en tendencias, a través de los cuales se puede predecir su desarrollo en el futuro y las consecuencias que acarrearán. Sequías, inundaciones, olas de calor, olas de frío, derretimiento de glaciares, ANM, entre otros, son fenómenos de los que se tiene cierta seguridad, sufrirán asentamientos alrededor del mundo entero, en todas las latitudes.

Sabiendo que son ya inevitables, se pueden plantear panoramas de cómo será cada región afectada por ellos y las medidas que deberán tomar para sobrevivirlos. La supervivencia se puede prever de dos formas: la adaptación o la reubicación. La primera, la más deseable por todos los involucrados como se ha mencionado, tan solo implica la actualización de la infraestructura y formas de vida para hacerlos compatibles con las nuevas características del entorno. La reubicación sin embargo, es un tema más delicado que solo se toma en cuenta cuando todos los esfuerzos o posibilidades de adaptación se prueban ineficaces y los pronósticos no son sino pesimistas. La reubicación es también una consecuencia de la inacción de sociedad y/o gobierno ante las amenazas. Esto puede ser por carencia de información, la elección de ignorarla, o la incapacidad de adoptar las medidas de adaptación necesarias.

En todos los casos, este tipo de desplazamientos forzados implican consecuencias en menor o mayor medida para la estructura interna de las comunidades desplazadas. Estos se pueden clasificar en los siguientes categorías:

- **Relaciones de género**
- **Dinámicas de género**
- **Salud y bienestar de la población desplazada**
- **Demografía, fertilidad y salud mental**
- **Desarrollo Infantil**

La reubicación por si misma es la consecuencia de un largo proceso que será el desplazamiento forzado, el cual puede dividirse en muchas etapas, las cuales dependiendo de la atención gubernamental y recursos a disposición de la comunidad en cuestión, serán más o menos difíciles y más o menos soportables para ésta.

En un contexto general de desplazamientos forzados, existen diversos niveles de integración entre una comunidad desplazada y el sitio donde se reubica. El más extremo implica su total aislamiento de su entorno y el desarrollo de sus actividades sociales más básicas, como el intercambio de bienes y servicios, estrictamente al interior de su sitio de concentración. Esto suele relacionarse con la incapacidad de la comunidad receptora y la comunidad inmigrante de establecer una relación entre las tradiciones y costumbres de ambas, así como una carencia aparente de oportunidades económicas para los segundos. Esto suele darse cuando la población inmigrante arriba a un país o continente ajenos, que suelen coincidir con valores y religiones ajenos por igual.

En el gradiente de tipos de reubicación, dichos tipos cambian conforme los ya mencionados valores y costumbres de ambas comunidades que se asemejan entre si, y van aumentando corelativamente, hasta llegar al nivel donde la comunidad receptora y la inmigrante son parcialmente capaces de convivir en un espacio compartido, con costumbres y tradiciones similares, y medios de vida que permiten una inserción relativamente segura a la fuerza laboral local. La integración es "parcial," porque un grupo ajeno no puede integrarse inmediatamente a otro, y ese es un proceso que puede llevar generaciones.

Todo proceso es más o menos complicado dependiendo de la cantidad de inmigrantes involucrados en el desplazamiento. Un individuo o incluso una familia encontrarán mucho más fácil la labor de adaptarse a un nuevo entorno, bajo el riesgo de dejar sus costumbres en favor de las locales, pero con el beneficio de una asimilación mucho más rápida y más benévola para todos los involucrados.

En el marco del CC, se estima que por lo menos 25 millones de personas a nivel mundial podrían llegar a verse desplazadas sin opción por efecto de eventos ambientales que comprometan su seguridad humana en sus lugares de origen. Sin embargo, las características de las migraciones por efecto de fenómenos naturales y sus consecuencias tienden a mostrar similitudes entre si y diferencias respecto a las características de otros movimientos migratorios como aquellos provocados por crisis económicas o políticas. Su previsibilidad debe aprovecharse como una ventaja en el diseño de la misma supervivencia de los asentamientos humanos, como un elemento de facto. De esa forma podrán contenerse las movilizaciones y dirigirse con objetivos fijos y responsables.

Conclusiones del capítulo.

Los eventos estresores capaces de vulnerar la permanencia de una comunidad en su sitio deben ser monitoreados por la administración de las comunidades y las secciones gubernamentales involucradas en la estabilidad y bienestar de sus habitantes. Conocer sus debilidades y fortalezas, así como a las amenazas a las que se enfrentan y enfrentarán en un futuro es fundamental para garantizar su supervivencia, ya sea a través de la mejora de sus fortalezas y su capacidad de resiliencia, o de su adaptación a dichos estresores que, en el caso del CC, podrían volverse más agresivos y más constantes en el futuro.

Fenómenos como el ANM han ya cambiado radicalmente los modos de vida de diversas comunidades alrededor del mundo, en lo que es tan solo el preámbulo de los cambios que están por venir. La resiliencia de dichas comunidades ha dependido de la correcta y oportuna identificación de sus vulnerabilidades y fortalezas, sus características más importantes, y la factibilidad de sus alternativas. Cada día se hacen más claras las pautas a seguir para cada tipo de asentamiento, dependiendo de su medio físico, medio natural, medio artificial y medio socio-económico, pero sigue siendo pertinente la exploración de todas las alternativas posibles a la hora de proponer proyectos de adaptación, especialmente en el caso de los asentamientos que parezcan susceptibles a reubicación.

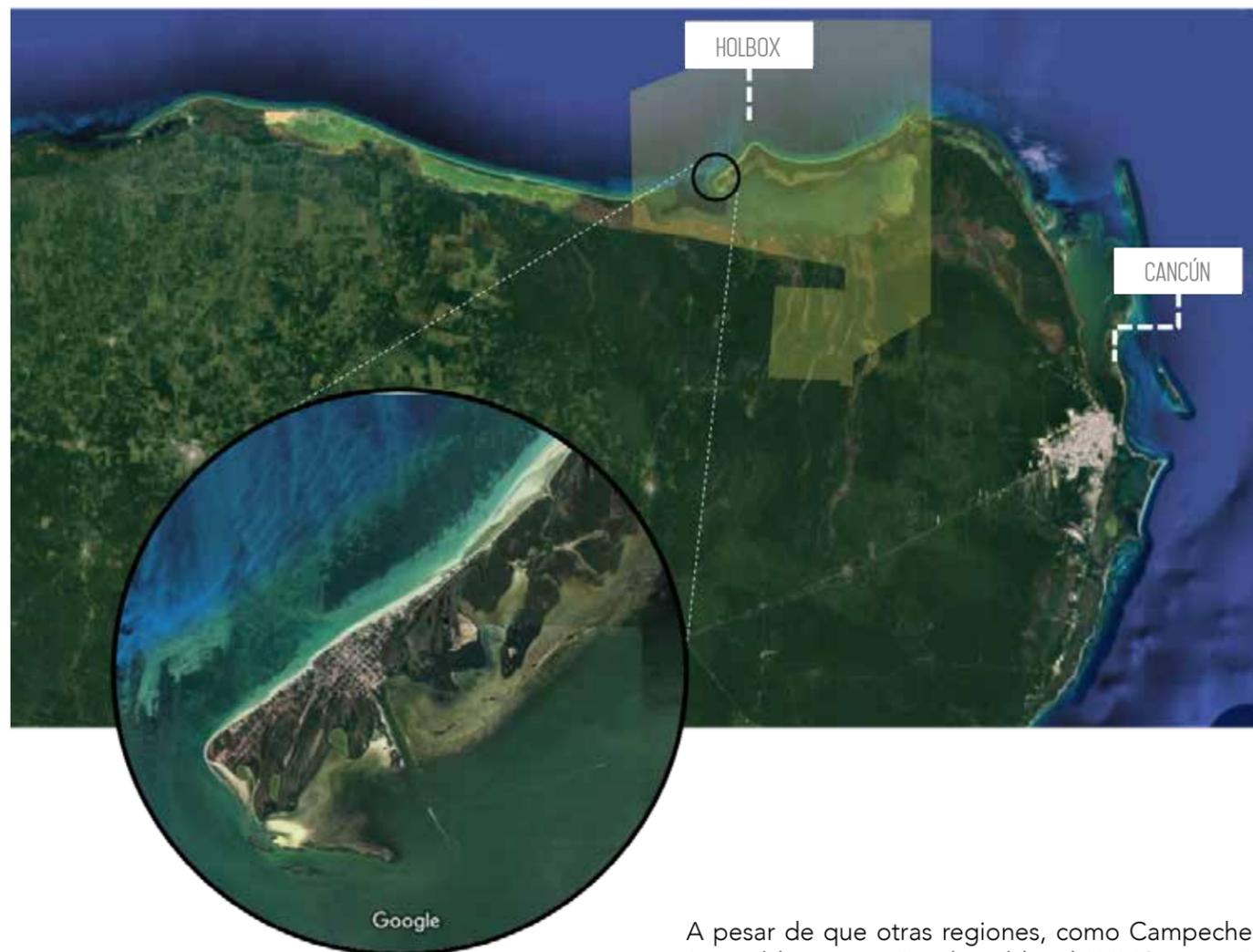
Ahora como nunca, será vital comprender las estrechas relaciones que cada asentamiento humano tiene con su entorno y cómo puede valerse de esta relación, o verse afectado por ella, frente a eventos que serán inevitables.

Considerando que el ANM es un fenómeno de largo plazo que, sin embargo, requiere de una planeación prospectiva muy elaborada para la formación de resiliencia ya sea por medio de la adaptación, o la reubicación de las comunidades, incluso aquellas candidatas a políticas de reubicación tardarán décadas en verse obligadas a abandonar sus lugares de origen, por lo que los esquemas de resiliencia a los que se sometan podrían llegar a requerir de aproximaciones multilaterales, que no solo ataquen las problemáticas derivadas de los procesos de desplazamiento forzado, sino que también ayuden a las comunidades a adaptarse al cambio in situ, independientemente de su eventual movilización.

LA COSTA NORTE DE LA PENÍNSULA DE YUCATÁN.



Imagen 5. Costa de la Isla de Holbox, desahucada, en proceso de erosionarse. Costa exterior, hacia la laguna de Tixahau.



EL ÁREA PROTEGIDA DE YUM BALAM

Sería irresponsable tratar las características de la zona sin hacer énfasis en la importancia de los ecosistemas locales en la supervivencia de las comunidades de la costa. No solo es la península una región complicada para la agricultura intensiva, privando a las comunidades locales de fuentes más comunes de ingreso, sino es la composición natural de la zona un atractivo importante para el turismo a nivel internacional, especialmente el ecoturismo. Tanto la preservación de la reserva Yum Balam como la de la zona de avistamiento del tiburón ballena son motivos de orgullo entre los pobladores de la zona, quienes han logrado hacer al ecoturismo y la concientización sobre la importancia ambiental de la zona sus mayores fuentes de ingresos, por encima de la pesca.

El Área de Protección de Flora y Fauna (APFF) Yum Balam tiene una extensión territorial de 154,052 hectáreas, y se encuentra entera dentro del municipio de Lázaro Cárdenas. Es vecina de la APFF de Ría Lagartos, ya en el estado de Yucatán, y juntas componen el sistema de humedales del norte de la península, y albergan al conjunto de selva baja tropical más septentrional de México, y por lo tanto de América. Dentro de su área de protección se encuentran también la laguna de Yalahau (también conocida como Conil), la barrera de islas de Holbox, y la sección de litoral que corresponde a la zona de avistamiento de tiburón ballena.

La vegetación de la reserva se divide en doce tipos de vegetación: selva baja caducifolia, selva medianasubcaducifolia, selva medianasubperennifolia, selva baja inundable, pastizal inundable, tasistal, vegetación de duna costera, manglar de cuenca baja, manglar de franja, manglar de salitral, petenes, vegetación secundaria y agricultura.

La región concentra los siguientes hábitats: dunas costeras, humedales, petenes, playas, estuarios y pastos marinos. Aunque los humedales son uno de los hábitats críticos para la conservación de la flora y fauna en la zona, estos cubren tan solo el 6% de la reserva, casi en su totalidad alrededor del perímetro de la laguna. Las secciones de manglar asentadas

frente a mar abierto actúan como defensa frente al embate de tormentas tropicales, pero al mismo tiempo resultan vulnerables a éste y en eventos extremos han resultado críticamente dañados por dichos fenómenos meteorológicos. Entre 1981 y 2005 se registró una pérdida del 16% de su superficie de manglar, tanto sobre la costa como alrededor de la laguna. Entre 2005 y 2010 se registró un importante esfuerzo de recuperación que produjo la ganancia de un 2% de territorios de mangle sobre las regiones perdidas frente a una reducción de pérdidas al 1%.²⁰

Durante la visita al sitio durante Marzo de 2018 se atestiguaron las consecuencias del aumento de la fuerza de las tormentas tropicales sobre los ecosistemas, particularmente sobre la región norponiente de la isla, donde la población local explicó cómo las playas y manglares de esta zona perdieron hasta 100 metros de profundidad hacia la isla tan solo durante la temporada de huracanes de 2015. Asimismo, la zona de la Reserva de la Biosfera Tiburón Ballena se considera relevante para la migración, la reproducción, la anidación y el crecimiento de crustáceos de importancia comercial, como camarón y langosta espinosa (*Panulirus argus*), y zona de tránsito para la migración de tortuga de carey, tortuga blanca, caguama y esporádicamente tortugas lora y laúd, todas ellas en peligro de extinción. La popularidad del tiburón ballena entre turistas y expertos en la materia se debe a ser esta la única región del mundo donde la especie muestra apariciones periódicas establecidas, es decir temporadas. El resto de los sitios de avistamiento del mundo carece de dichas temporadas establecidas y aunque se pueden rastrear y pronosticar sus apariciones, suelen estar sujetos a muchas variables.

Está considerada como una de las APFF de mayor diversidad biológica y como zona de anidación y refugio para aves, de alimentación y reproducción de peces, tortugas y mamíferos marinos.

A pesar de que otras regiones, como Campeche, serán posiblemente más vulnerables al ANM (imagen 1) y verán una mayor proporción de su superficie afectada y potencialmente inundada, las áreas afectadas de la Península abarcarán la totalidad de su perímetro, sobre el cual se encuentra la mayoría de su población. Esto sumado a la homogeneidad relativa de los estilos de vida, materiales y vulnerabilidad de sus asentamientos, genera un escenario en el que posiblemente se podría aplicar una respuesta sistematizada y generalizada a la relación de las comunidades costeras con el ANM, específicamente para efectos de este trabajo, la relación de sus viviendas con él.

Para desarrollar un marco contextual más puntual sobre las características de un proyecto de reubicación y/o adaptación, se buscó una comunidad relativamente vulnerable al ANM, que pudiera tener características similares a aquellas de las comunidades revisadas en el Capítulo 2, específicamente las comunidades rurales, para poder entonces tener un asentamiento piloto al cual aplicar una solución arquitectónica a la demanda de vivienda que su posible reubicación e inevitable adaptación a consecuencia del ANM, requerirá en un futuro.

A continuación se presenta un análisis de las características ambientales, naturales, sociales y artificiales de la costa norte de la península de Yucatán, México, particularmente la punta nororiente, donde se enfocaron los análisis personales de dichas características, y que es una zona de particular interés para organismos académicos, gubernamentales y de interés privado, por su valor turístico, por lo que existe abundante información no solo sobre su estado actual, también sobre los potenciales escenarios a los que se enfrentará en el futuro gracias al Cambio Climático.

²⁰ Vázquez-Lule, A. D.; J. R. Díaz-Gallegos y M. F. Adame. Caracterización del sitio de manglar Yumbalam, en Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). 2009. Sitios de manglar con relevancia biológica y con necesidades de rehabilitación ecológica. CONABIO, México, D.F.

HOLBOX Y CHIQUILÁ.

La isla de barrera de Holbox se localiza en la costa norte de la Península de Yucatán en el Golfo de México. Unida a tierra firme por series de bancos de arena, la separa de esta la Laguna de Yalahau (Conil). Aunque se encuentra sobre la plataforma de la península de Yucatán, su superficie se compone principalmente de regosoles²² y solonchaks²³ condicionados al aporte de sedimentos de arena. Sus playas orientales están en proceso de erosión, mientras su extremo oeste se encuentra en crecimiento debido al flujo de sedimentos en dirección este-oeste.²⁴

Pertenece al municipio de Lázaro Cárdenas, dentro del estado de Quintana Roo, y cuenta con su propia alcaldía. La población de su localidad es de 1,515 habitantes.²⁵ Su única ruta de comunicación con el continente se da a través de una ruta de ferry que conecta a su puerto con el de la comunidad costera de Chiquilá, a 10 kilómetros de distancia cruzando la laguna de Yalahau.

Sus principales actividades económicas son la pesca y los servicios orientados al turismo ecológico. El litoral de la zona se caracteriza por ser rico en langostas, mojarra, mero, pulpo, abadejo y camarón entre otros,²⁶ además de ser una de las áreas más populares para el avistamiento del tiburón ballena, especie que acostumbra desovar y criar justo al norte de la isla.

Mientras la isla cuenta con poco más de 55 hectáreas de superficie, solo alrededor de 2.6 están habitadas. Como parte de la reserva de la biósfera Yum Balam, una fracción importante de la isla se encuentra ocupada por bosques de mangle, vitales para la subsistencia de las especies oriundas de la zona, y el resto se compone de selva baja y playas de arena. La plataforma continental en esta zona es muy extensa y con una pendiente muy suave. La isla presenta un relieve muy bajo, con valores máximos de aproximadamente 5 m sobre el nivel medio del mar, con lo cual es una zona muy vulnerable ante eventos extremos de oleaje y sobre elevación del nivel del mar.²⁷

Mientras Chiquilá forma parte de la plataforma continental, la composición geológica de Holbox corresponde a la de una isla de barrera, formada a partir de la acumulación de sedimentos sobre una irregularidad en el borde de la plataforma. La zona cuenta con dos climas cálidos subhúmedos con

lluvias en verano ligeramente diferentes. El primero, Ax'(wo) predominante en la franja costera, es más seco mientras el segundo, en el resto de la reserva, es más húmedo y presenta un alto porcentaje de lluvia invernal. Su temperatura media anual es de entre 24.6° y 27°.

La precipitación media anual es de entre 800 mm y 1249 cm al año y es provocada por la influencia de los vientos alisios dominantes de dirección sureste, principalmente durante verano y otoño, siendo la primavera su estación seca. El área está dentro de la zona de alto riesgo de huracanes provenientes del Atlántico y del Caribe y es vulnerable a cualquier huracán cuyo ojo pase por el Canal de Yucatán.

La zona urbanizada de la isla, de apenas 10 por 2 kilómetros, cuenta con los servicios básicos de electricidad y suministro de agua potable, y su red de drenaje se extiende y cubre el 95% de las viviendas de la población.²⁸ No se encuentra pavimentada, por lo que sus calles de arena son susceptibles a inundaciones y deformaciones frecuentes.

En los últimos años, el pueblo ha registrado un crecimiento exponencial en su recepción de turistas y en el desarrollo de comercios y servicios orientados a su atención. Esto se ha visto reflejado en la sobre explotación de su infraestructura, originalmente planeada para su escasa población promedio de 1500 personas, que en temporada alta puede llegar a duplicarse. Su administración sufre una constante presión de autoridades y locales para renovar sus redes hidráulicas y sanitarias, las últimas muy propensas a colapsar e inundar sus calles, sobre todo en época de lluvias.

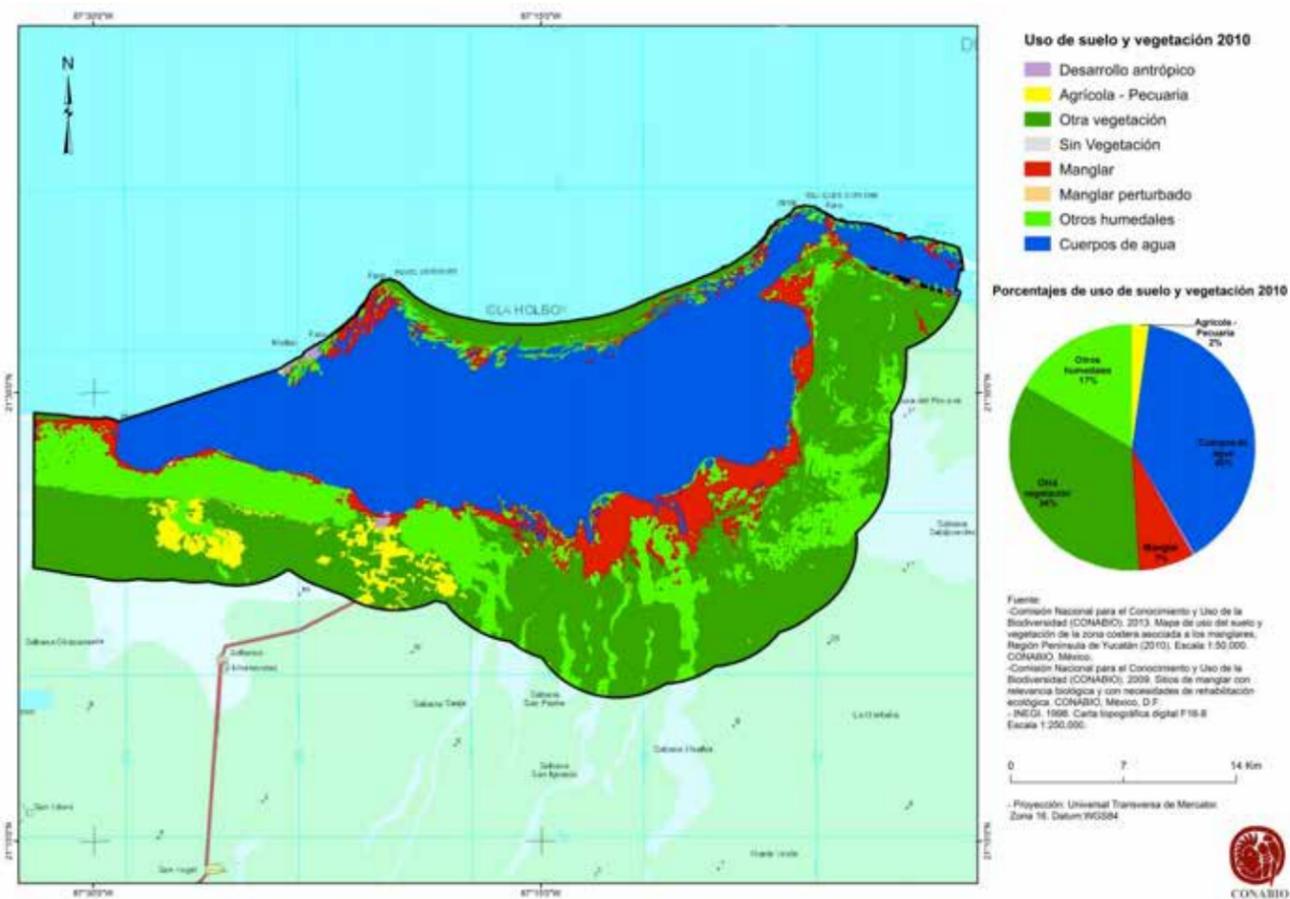


Imagen 8. Distribución de uso de suelo y vegetación en el Área Natural Protegida de Yum Balam. CONABIO. 2016.

La zona es también un sitio popular para la socialización y reproducción de manatíes, especie que apenas en 2017 logró superar el estado crítico de peligro de extinción, gracias a extensivos esfuerzos para su protección. Delfines, nutrias de río y flamingos son otras especies populares en la región, para las cuales es un sitio crucial de apareamiento y sociabilización.²¹

La laguna de Conil, que separa a la isla de Hollbox de tierra firme, se alimenta de las mareas del Golfo de México y los flujos de agua dulce subterránea que desembocan ahí desde la Península. Su ecosistema submarino de pastos contribuye a la retención y formación de sedimentos que ralentizan la erosión costera y funciona como sitio de anidación para diversas especies marinas, especialmente crustáceos. Sus aguas tranquilas son particularmente amigables a las poblaciones de manatíes. En sus zonas más profundas no rebasa los 23 metros.

21 Remolina Suárez, J. F. y S. Poot Balam, 2008. Atención de incendios en el Área de Protección de Flora y Fauna Yum Balam. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Dirección de Áreas Naturales Protegidas. Yum Balam A. C. Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. GR011. México D. F.

MANGLARES.

Formaciones vegetales compuestas predominantemente por mangles, árboles bajos cuyas raíces, llamadas neumatóforos, son resistentes a la salinidad del agua. Suelen desarrollarse en las planicies costeras de los trópicos, alrededor de esteros y lagunas costeras, y cerca de las desembocaduras de ríos y arroyos. Funcionan como transiciones entre los ecosistemas terrestres y marinos.

Todas las especies de mangle están sujetas a protección especial por la SEMARNAT, por su vital función biológica y por su vulnerabilidad.

Entre sus atributos, destaca su papel como zonas de anidación para especies de peces comerciales, lo que ratifica la estrecha relación de los manglares con la pesca en la zona.

Fuente: CONABIO, Manglares de México, Extensión y Distribución. CONABIO. México. 2009.

Características socio económicas

La visita preliminar al sitio en Marzo del 2018 ofreció una perspectiva generalizada de la organización económica de la isla que coincide con lo revisado en la literatura disponible. No solo depende la isla económicamente del turismo, también está destinando la infraestructura y nuevas edificaciones (cuyas obras son visiblemente abundantes) a su atención. Inclusive la comunidad de Chiquilá, de un alto grado de marginación, está transformando su avenida principal y su puerto hacia una imagen turística y orientada a mercados masivos e internacionales.

Principales Ocupaciones.

Sus principales actividades económicas son la pesca y el turismo, del que viven el 90% de sus habitantes.

El turismo se enfoca principalmente en el buceo sobre el litoral alrededor de la zona de avistamiento de tiburón ballena, y la laguna de Yalahau. El turismo de descanso también es popular, aunque la mayoría de los consumidores de las actividades de buceo provienen de destinos más grandes, como Cancún, y llegan a la isla para visitas de un día. Aún así, ambos están actualmente creciendo.

En 2015, la comunidad de Holbox contaba 56 hoteles de diversas categorías, mientras Chiquilá solo contaba con uno. Las normativas de desarrollo no permiten la construcción de hoteles de más de 20 habitaciones, y el total en 2015 era de 2,530 habitaciones de hotel en toda la isla. La mayoría de estos se anuncian como hostelería alternativa, ecológica o de bajo impacto ambiental, y se encuentran dispersos tanto al interior como en el perímetro del pueblo. Cabe destacar que de ese 90% de habitantes que dependen del turismo, las visitas al sitio dejan claro que una buena proporción no solo vive de él, sino vive en unidades físicamente conectadas a sus lugares de trabajo. Esto es particularmente visible en tiendas de artesanías o abarrotes, restaurantes, hoteles y demás comercios administrados por población local. (Ver capítulo Vivienda Contemporánea en el Norte de la Península...).

En 2018 la alcaldía del pueblo decidió aplicar en el concurso de ingreso al listado de Pueblos Mágicos de la Secretaría de Turismo, lo que le permitiría acceso al presupuesto estatal para mantenimiento de dichos sitios turísticos entre otras ventajas. Sin embargo, hasta Febrero de 2018, factores como la carencia de un hospital local y la existencia de tan solo 6 policías para la población de más de 2,000 personas (entre locales y turistas) prevalecían entre los mayores inhibidores para otorgarle esa clase de reconocimiento. Su mayor problema es la deficiencia de su sistema de drenaje, que en 2017 colapsó a la isla al verla inundada en aguas negras durante la temporada de lluvias. El desembolso del sistema sanitario de más de 30 años de antigüedad hacia el mar caribe, vulnera directamente el ecosistema del tiburón ballena y el litoral de la reserva de Yum Balam.²⁹ Dada su limitada capacidad de crecimiento por sus restricciones geográficas y ambientales, la comunidad se encuentra en un alto riesgo de colapsar ante las demandas de servicios y recursos de los crecientes números de visitantes, que aún en temporada baja mantienen una buena ocupación de la capacidad hotelera de la isla.

Respecto a la pesca, esta se da tanto para el autoconsumo de los locales, quienes están divididos en 7 cooperativas de pescadores, como para el suministro de los restaurantes y hoteles de la zona. La isla cuenta con una de las dos escuelas secundarias técnicas en el estado que imparten clases enfocadas a la especialización y actualización de las técnicas de pesca locales, con el objetivo de optimizar la práctica como medio de sustento. Las pescas comerciales más abundantes en la zona son la langosta, el pulpo, el pampano, el mero, el pargo, el bonito y el camarón.

La agricultura se da en tierra firme, alrededor de la comunidad de Chiquilá, donde se siembran 7,000 metros de maíz, frijol, chile habanero, chile serrano, hortalizas y sandía, naranja y limón. No se encuentra mecanizada.

²⁹ Varillas. Colapsa Holbox por Servicios. El Universal. Quintana Roo. 18 de Febrero del 2018.

Educación

La isla cuenta con una oferta educativa limitada que cubre desde preescolar hasta la educación media. Cuentan con una de las dos secundarias técnicas en el estado que ofrecen cursos de actualización de técnicas de pesca. Los jóvenes que busquen superar la educación media superior están obligados a emigrar hacia otras comunidades o a realizar un trayecto diario de tres horas entre el pueblo y la cabecera municipal de Kantunilkin.

La pesca comercial ha registrado una disminución en sus volúmenes de captura, principalmente por la ralentización de los ritmos de recuperación y reproducción de las especies locales.

La ganadería, también en tierra firme, es de tipo extensivo y se compone mayoritariamente de 10,000 cabezas de ganado, aunque también hay cría de ganado porcino, ovino, caprino y aves de corral, los últimos para consumo familiar.

Estructura Demográfica.³⁰

Indicadores de marginación.	Holbox		Chiquilá	
Población total	1,486		1,466	
	Porcentaje	Cantidad	Porcentaje	Cantidad
Población de 15 años o más analfabeta	2.15	32	12.91	189
Población de 15 años o más sin primaria completa	17.87	266	38.55	565
Viviendas particulares habitadas sin energía eléctrica	0.97	4	5.52	19
Viviendas particulares habitadas sin excusado	0.24	1	12.68	44
Viviendas particulares habitadas sin agua entubada	0.97	4	9.23	31
Viviendas particulares habitadas con piso de tierra	0.97	4	10.56	36
Viviendas particulares habitadas que no disponen de refrigerador	15.05	62	32.28	111
Ocupantes por cuarto en viviendas particulares habitadas	1.28		1.89	
Índice de marginación	-1.22		-0.42	
Grado de marginación	Bajo		Alto	

Fuente: INEGI, Catálogo de Localidades: Holbox/Chiquilá. 2010.

Equipamiento urbano

La isla no cuenta con un hospital, mercado, ni central de bomberos. Los servicios de salud se valen de un centro médico con personal de 3 personas. Los servicios de segundo nivel se deben atender en la cabecera municipal de Kantunilkin. En casos de emergencia los individuos deben recurrir al traslado por helicóptero hacia la ciudad de Cancún, que es la única que ofrece atención de tercer nivel en la zona. Tiene, sin embargo, una pista de aterrizaje para avionetas, al poniente de la isla.

La alcaldía se compone de 6 personas, y su cuerpo de seguridad por parte de la Policía del Estado es de también 6 miembros.

VULNERABILIDAD AL CAMBIO CLIMÁTICO

Aumento del Nivel del Mar

Conforme al Reporte Final de Actividades CICESE-INECC de 2014, el bajo relieve de la Peínsula le causará "problemas importantes" al pueblo con el ANM. Esto dada su altitud de no más de 1 msnm y la diversidad de escenarios de ANM, que en la actualidad no son menores a 30 cms en sus versiones más optimistas hacia el 2100, y podría llegar hasta los dos metros en los escenarios más pesimistas. Cualquiera de estos panoramas podría representar la inundación permanente de gran parte de su superficie, y todos apuntan a su desaparición por completo, considerando que se prevé que el ANM continúe su curso durante siglos aún si se logra frenar el calentamiento global. A mediano plazo, sin embargo, esta gradual desaparición se verá sujeta a las dinámicas y obstáculos que le imponga la acumulación natural de sedimentos alrededor de la masa del banco de arena. Asimismo, serán cruciales las medidas de adaptación que se implementen a nivel local para asegurar la supervivencia de la vida en la zona.

Aunque la tendencia actual apunta a un incremento estable de 3.69 mm del nivel del mar por año en Puerto Progreso, la posibilidad de que se alcancen hasta 2 metros de altura sobre el nivel actual hacia el 2100 obliga a revisar por lo menos los dos escenarios donde esto sería posible, el aumento promedio necesario para alcanzar ese nivel, y los años en los que se alcanzarían cifras iguales o menores pero igualmente relevantes.

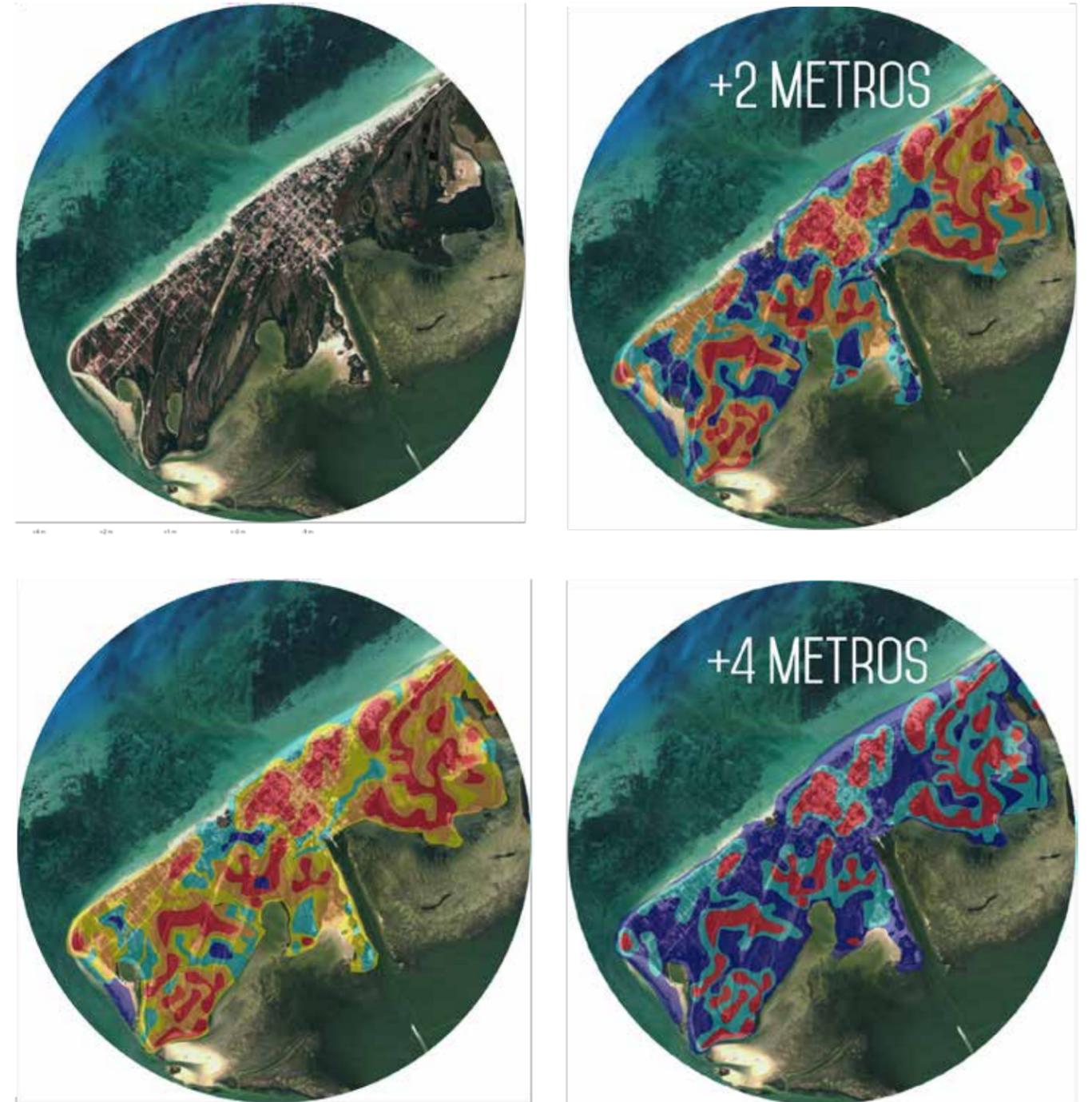
En las imágenes 9 y 10 se puede ver el estado actual de la topografía de la isla en su extremo surponiente, que es la zona poblada y a donde se restringe la extensión del asentamiento. Mientras se observa un bajo nivel del suelo respecto al mar en la periferia de la zona, ciertas regiones, particularmente al surponiente del núcleo poblacional y al nororiente del puerto, se perciben particularmente bajas incluso al interior de la isla. En el evento de una inundación temporal o del ANM, estas zonas serán las más afectadas del área habitada, junto con las viviendas en la periferia.

En la imagen 11 se ve la proyección en la misma zona

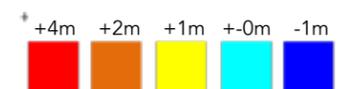
de un ANM de dos metros con el subsecuente cambio de la topografía de la isla. En dicho panorama se verían afectadas las regiones periféricas de la zona habitada, en particular las regiones más alejadas del núcleo y aquellas en la periferia, las cuales, por cierto, son en su mayoría hoteles. La inundación del suroriente del núcleo urbano podría aislar a la población de ese margen del poblado. Este escenario se podrá presentar en el panorama de crecimiento del nivel del mar hacia el año 2100, y ya es visible en escenarios de tormenta tropical.

En la imagen 11, también se ven los efectos de un ANM de 4 metros, que incluso en los escenarios más agresivos solo es posible en caso de embates de tormentas tropicales de más de 5 grados. En este caso, sin embargo, se puede ver inundada la mayoría de la superficie de la isla y a las regiones superficiales, aisladas entre sí.

Mientras tanto, en la tabla 1 se muestran los ritmos y tasas a los que tendría que aumentar el nivel del mar cada década para alcanzar 4 escenarios: la tendencia actual, 100 cms para 2100, 150 cms para 2100 y 200 cms para 2100.



Imágenes 9-12. Superposición de alturas de la topografía respecto a diversos niveles de mar sobre la cartografía de Holbox. Google Maps. y elaboración propia.



COMPARACIÓN DE POSIBLES ESCENARIOS DE AUMENTO DEL NIVEL DEL MAR EN LA PENÍNSULA DE YUCATÁN HACIA EL 2100

Año	Aumento estático del nivel del mar a 3.69 mm anuales según NOAA en Puerto Progreso.	Aumento hipotético para el año 2100 a:			
		100 cms	150 cms	200 cms	
1900	6.75	6.75	6.75	6.75	
1910	6.7869	6.7869	6.7869	6.7869	
1920	6.8238	6.8238	6.8238	6.8238	
1930	6.8607	6.8607	6.8607	6.8607	
1940	6.8976	6.8976	6.8976	6.8976	
1950	6.9345	6.9345	6.9345	6.9345	
1960	6.9714	6.9714	6.9714	6.9714	
1970	7.0083	7.0083	7.0083	7.0083	
1980	7.0452	7.0452	7.0452	7.0452	
1990	7.0821	7.08	7.08	7.08	
2000	7.119	7.1169	7.1169	7.1169	
2010	7.1559	7.1538	7.1538	7.1538	
2017	7.1832	7.1811	7.1811	7.1811	Nivel actual
2020	7.1928	7.213590361	7.231662651	7.24973494	
2030	7.2297	7.321891561	7.400204651	7.47851794	
2040	7.2666	7.430192761	7.568746651	7.70730094	
2050	7.3035	7.538493961	7.737288651	7.93608394	
2060	7.3404	7.646795161	7.905830651	8.16486694	
2070	7.3773	7.755096361	8.074372651	8.39364994	
2080	7.4142	7.863397561	8.242914651	8.62243294	
2090	7.4511	7.971698761	8.411456651	8.85121594	
2100	7.488	8.08	8.58	9.08	
		0.8989	1.3989	1.8989	diferencia (metros)
		0.01083012	0.016854217	0.022878313	tendencia (mm/año)

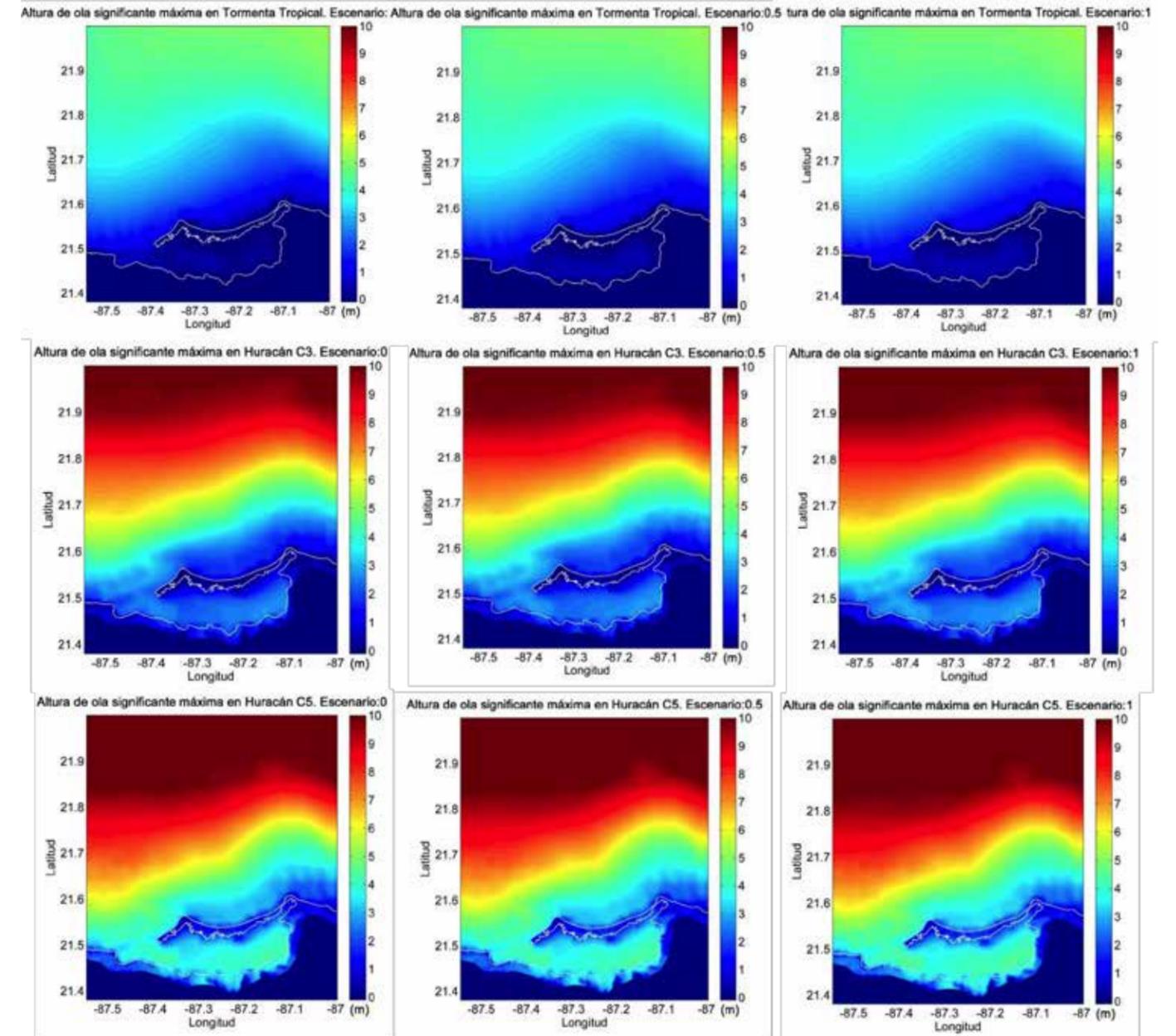
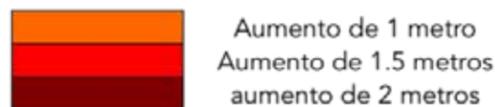


Imagen 12. Envoltura de altura de ola significativa máxima ante una tormenta tropical (arriba), ante un huracán de categoría 3 (en medio) y un huracán categoría 5 (abajo) en el escenario actual (izquierda), así como el escenario de aumento de 50 cms. y bajo escenario de ANM de 1 metro (derecha) en la zona de Holbox. Fuente: Hinojosa, et. Al.

Inundaciones por marea de tormenta.

El mismo "Reporte final..." revisa las posibles consecuencias del embate de un ciclón tropical de categorías 3, 4 y 5 en la zona, entre los cuales incluso el de categoría 3 podría llegar a generar fuertes oleajes y sobreelevaciones de la marea en toda la zona. Si en la actualidad el escenario de categoría 3 puede provocar valores de hasta 2 metros de altura, frente al ANM estos pueden alcanzar hasta los 4 metros. Estas inundaciones no solo aumentan el volumen de la laguna y pueden ser capaces de sumergir a la isla y las partes más bajas del puerto y los manglares que lo rodean, también generan corrientes que a la hora del regreso del agua al océano, pueden ser "más destructivas que la propia sobreelevación". En la imagen 5 se presenta una representación esquemática de la superficie vulnerable en escenarios de inundación de 2 y 4 metros respectivamente.

La simulación hecha por Hinojosa y Appendini en "Estudio para la incorporación..." utiliza la experiencia reciente de la isla con el paso del Huracán Wilma de categoría 4, en 2005, que en ese entonces llegó a inundar toda la isla y colapsar sus sistemas de infraestructura, además de contribuir a la erosión costera.³¹ Dicha simulación muestra gráficamente (ver IMAGEN 6) la vulnerabilidad de la isla a las olas de tormenta tanto en el escenario actual como en posibles escenarios futuros de 50 centímetros y 1 metro en el aumento promedio del nivel del mar. En todos los escenarios de comparación se pueden percibir aumentos en la altura del oleaje, partiendo de aumentos de un metro sobre el promedio actual en tormentas tropicales, hasta 6 en huracanes de categoría 5, incluso en el escenario de aumento de 50 cms sobre el nivel del mar. Conforme a la evidencia disponible, el escenario de aumento de 1 metro sobre el nivel del mar se podría esperar alrededor del año 2100, sin embargo, el escenario de 50 cms se presentará inevitablemente en algún punto de los próximos 80 años.

Erosión costera.

La isla de barrera de Holbox se conforma de una serie de líneas de playa que se acrecentaron a partir de la estabilización del mar en su nivel actual, y su crecimiento está condicionado al aporte de sedimentos de arena, las fluctuaciones del nivel del mar y las condiciones energéticas de la costa.³²

Existe evidencia circunstancial de que la acumulación de sedimentos en las playas de Holbox ha sido negativa en el suroeste y noroeste de la isla, mientras se presenta una acumulación positiva solo en la parte oriental. No existe evidencia de que la acumulación de sedimentos presente tasas lo suficientemente altas para la recuperación de la superficie perdida por la erosión costera, mientras sí hay testimonios de la pérdida progresiva de playas en el pasado reciente. La población local señala que la temporada de huracanes del año 2015 provocó la erosión simultánea e irreparable de al menos 50 metros de playa de arena y manglares. Aún así, la acumulación y residuos de arena por debajo del nivel del mar frente a la costa es un inhibidor importante de la fuerza de las tormentas tropicales al acercarse a tierra firme.

En comparación con el resto de las comunidades e islas seleccionadas para su análisis, la isla presenta las mismas características de aquellas que eventualmente han presentado erosión crónica de sus playas, la descomposición de la estructura de las islas, la corrosión de la cimentación de las estructuras

por efecto de la infiltración del agua en el suelo, y la eventual desaparición de las islas. Estas similitudes son la composición del suelo, su morfología, siendo una barrera de arena que es mucho más larga que ancha, su exposición al oleaje de mar abierto y su altura respecto al nivel del mar. Su línea costera norponiente, hacia el océano Atlántico, es en la actualidad víctima de un lento proceso de erosión (0.25 cms al año) que se acelera radicalmente en temporada de huracanes.

Al carecer de playa, Chiquilá no es vulnerable directamente a este fenómeno, pues cuenta con un malecón cuyo muro de contención aísla a la comunidad del embate del oleaje marino. Sin embargo, su perímetro, rodeado por petenes, presenta en la actualidad una salinización por intrusión de agua salina, consecuencia del ANM e inundaciones. Esta salinización presenta ya consecuencias como la pérdida de flora no resistente al agua marina y por lo tanto la vulneración de los ecosistemas de los que forma parte.

31 Hinojosa, Appendini, Mexicano, Meza. Estudio Para la Incorporación de Nuevas Variables en los Escenarios de Cambio Climático para México Utilizados en la Quinta Comunicación Nacional. 2014. SEMARNAT, INECC. México.

32 Remolina Suárez, J. F. y S. Poot Balam, 2008. Atención de incendios en el Área de Protección de Flora y Fauna Yum Balam. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Dirección de Áreas Naturales Protegidas. Yum Balam A. C. Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. GR011. México D. F.

Conclusiones del capítulo.

La suma de todos los elementos que intervienen en las dinámicas sociales y ambientales de la zona de estudio puede servir también como un diagnóstico de su resiliencia general. A pesar de que la APFF Yum Balam se encuentra en buenas condiciones y no presenta problemáticas de sobre-explotación del suelo, la flora ni del acuífero, y que sus especies animales terrestres no son vulnerables a ninguna amenaza de origen humano, un número de factores están comenzando a presentar problemáticas que podrían agravarse a largo plazo:

- Erosión de la costa de la isla de Holbox.**
- Salinización de petenes al interior de la reserva.**
- Pérdida de densidad de fauna marina por sobre-explotación.**

Asimismo la vulnerabilidad a tormentas tropicales y la inminente desaparición de la isla por efecto de la erosión, el ANM e inundaciones son amenazas ya latentes.

Respecto a su asentamiento humano, su acelerado crecimiento carece de una planificación, lo que ya deja secuelas en la insuficiencia de su infraestructura y ocupación ilegal de territorios fuera de la zona permitida. La administración de la isla, además, parece carecer del conocimiento y las herramientas para prevenir los riesgos que amenazan a la comunidad. No existen proyectos de contingencia ante inundaciones ni un mecanismo de respuesta a la problemática de erosión que vulnera la misma existencia de la isla. Todos estos problemas escapan a las capacidades de la población local, que mucho menos muestra condiciones para adaptarse a los cambios latentes. Los nuevos desarrollos, aún de inversionistas foráneos, carecen de medidas de adaptación y contingencia realistas.

Se puede concluir que la comunidad no es resiliente y en su carencia podría vulnerar consigo la estabilidad del resto de la APFF. Si la población local pretende permanecer en su sitio durante el resto del siglo, será vital la gestión de un plan de desarrollo que restrinja su crecimiento urbano, aún si

esto desacelera su crecimiento económico. También deberán considerar las adaptaciones necesarias para su arquitectura, medios y estilos de vida.

Cualquier proyecto que buscara la permanencia de la comunidad en la isla tendría que considerar la inminente desestabilización progresiva de sus suelos y su eventual desaparición, en una región cuyo suelo duro ronda los 28 metros de profundidad. Esto sumado a la constante exposición a tormentas tropicales, implicaría el diseño de estructuras con cimentaciones profundas y resistentes a vientos de más de 150 km por hora, soportando inundaciones de hasta 3 metros de altura sobre el nivel actual. Cabe destacar que las barreras naturales que históricamente defenderían al poblado: la barrera de arena 100 metros al interior del mar, y los bosques de mangle, también están en proceso de desaparecer.

Si bien tales estructuras no son imposibles de desarrollar, al momento de su análisis de factibilidad se tendría que sopesar si la forzosa permanencia de una comunidad de 1,500 personas en su sitio, ante otras posibilidades como la reubicación, en sitios tan próximos como su pueblo vecino, es tan valiosa como para valer tal inversión de recursos. Por supuesto, la posibilidad de expandir dicho sistema arquitectónico a otras comunidades vulnerables para mantenerlas en su sitio podría abaratar costos y hacer más justificable la inversión, considerando que el futuro podría deparar horizontes donde la vida en tierra firme ya no pueda/ tenga que ser la norma, y colonizar superficies marinas deba volverse una realidad.

Si el plan resultara insuficiente, la comunidad tendría, conforme al experimentado en casos similares, que comenzar a diseñar un proyecto de reubicación en conjunto con las autoridades correspondientes. Este escenario podrá muy seguramente verse antes del año 2100, pues la amenaza anual que representan los ciclones tropicales, aunque no se puede predecir con exactitud, persiste como un riesgo latente.

MARCO CONCEPTUAL

Para la propuesta de una vivienda atractiva y funcional para las comunidades de la zona y sus necesidades, se recurrió al análisis de diversas tipologías de vivienda, tanto en la República Mexicana como en el resto del mundo, con el objetivo de rescatar de cada una elementos tecnológicos, formales, constructivos y culturales que brinden un fundamento para el proyecto.

Se comenzó por la vivienda maya, el tipo más común y antiguo en la zona, seguida de la vivienda contemporánea de la península, que pese a la diversidad de tamaños y formas mantiene ciertas características valiosas; posteriormente ejemplos de vivienda modular en México y Sudamérica, y finalmente ejemplos de vivienda anfibia en otros sitios del mundo que ya han atacado exitosamente la problemática de las inundaciones y la interacción de las comunidades con el océano.

LA VIVIENDA MAYA TRADICIONAL COMO PRECEDENTE

La región, a diferencia del resto del país y las zonas donde antiguamente se desplantó Mesoamérica, ha logrado conservar a través de los siglos sus métodos de diseño y construcción de viviendas rurales, que hoy en día son visibles en todas las poblaciones de ascendencia maya o similitudes culturales. Esta vivienda está directamente ligada a la identidad cultural de la zona,³³ gracias a que su diseño y métodos constructivos siguen siendo respetuosos de las características ambientales y socioculturales tradicionales de la zona.

“En el entorno habitacional exterior (delimitado por el solar) se llevan a cabo las múltiples actividades cotidianas de los miembros de las familias: cocinar, lavar la ropa, criar animales domésticos, incluso cultivar algunas plantas y flores. El modo de habitar el exterior era socialmente complejo orquestado por las mujeres y se realizaba durante el día.

Dentro del espacio construido, que denomino la casa, se llevaban a cabo muy pocas actividades domésticas y prácticamente servía para el descanso y dormitorio de la familia. El interior de esta casa estaba dividido en una especie de estancia y un dormitorio que estaba ocupado por los camastros cubiertos con esteras hechas de henequén. Junto a la casa había otro espacio construido donde se localizaba el fogón, se cocinaba y la familia tomaba sus alimentos sentadas en un taburete, jamás alrededor de una mesa. El modo de habitar el espacio interior, mayormente utilizado por las noches, era más simple que habitar el exterior.”

Aunque es ampliamente aceptada la concepción de que la choza maya es una unidad de una sola habitación, existen numerosos ejemplos y referencias de viviendas multiespaciales, que podían depender del tamaño de la familia y su nivel socioeconómico en la época de la colonia.

Baños Ramírez en su “La Invención de la Casa Maya de Yucatán” propone que fue la introducción de la hamaca durante la colonia el evento que produjo la reducción de la choza a un solo espacio, donde carentes de privacidad, los integrantes de la familia tendrían como espacio personal solamente el de la

hamaca, cuya capacidad de compactación daría a la vez la posibilidad de hacer a ese único espacio más de una vocación durante el día, incluso como cocina.

La trabajosa y escasa productividad de la agricultura maya es una constante histórica de su incapacidad de ser autosuficientes, y es probablemente una de las razones de su baja densidad poblacional y una de las razones del declive de sus civilizaciones ancestrales, cuando la sobreexplotación del suelo combinada con sequías extraordinarias catapultó su colapso alimentario, político, económico y social.³⁴

El solar es una constante que sí prevalece en todas las descripciones de la vivienda y su estructura. Es evidente su papel en las actividades sociales de la comunidad maya, a la que le sería impráctico interactuar al interior de sus chozas, cuando su tamaño y la temperatura promedio de la zona durante el día harían mucho más confortable al solar arbolado.

Las dimensiones del solar varían a lo largo de la historia y conforme a la estructura de la familia que lo habita. Baños Ramírez menciona que durante la época precolombina las viviendas se distribuían de forma irregular en la selva sin la delimitación espacial del solar. Los alcances de su interacción diaria estaban sujetos a la ubicación de sus milpas, que estarían entonces sujetas a sistemas de agricultura nómada, sembrándose por periodos de no más de tres años para después dejarlos recuperarse, ocupar otros terrenos, y migrar en su dirección. Aún si estos sistemas parecían carecer de orden, Baños Ramírez los liga a los cuchabales, las unidades territoriales que estructuraban a las comunidades rurales.³⁵

33 Baños Ramírez. La invención de la Casa Maya. Revista de la Universidad Autónoma de Yucatán. Segundo y Tercer Trimestre del 2009.

34 Diamond. Colapso: Por qué unas sociedades perduran y otras desaparecen. 2007. Editorial Debate.

35 Un cuchabal estaría conformado por grupos de caseríos denominados batabiles, cuyas unidades, los caseríos se nombrarían cuchteel.

Los solares mayas.

El solar parece introducirse durante la Colonia, cuando las autoridades españolas deciden que la conformación de las comunidades rurales no tiene estructura alguna, y obligan a las comunidades a concentrarse en conjuntos divididos ahora sí, en solares, que podían depender del tamaño de la familia, pero sin otra alternativa debían dar a cada pareja de esta su propia vivienda. Entonces el solar se vuelve una transición entre la vivienda y la milpa, adquiere su carácter social y es una parte vital de su estructura el cultivo de hortalizas y henequenes y la cría de animales domésticos. Una referencia de Baños Ramírez señala la dimensión modular del solar en 4x5 mecatas, sea 20 mecatas cuadrados, o 20 x 20 metros. Se le habría denominado a este terreno *Kahtalil*. Sus límites se marcarían por cercas de piedra.

“El solar delimitaba un dominio privado de la familia, ahí los dos entornos se convertían en uno solo por lo general perteneciente a una familia compleja o compuesta de una comunidad, no obstante, la socialización y reproducción de la familia maya estaban ligadas a la milpa, y todos estos entornos juntos constituían el hábitat maya.”

La vivienda maya se debe comprender como un compuesto del solar y el área construída. El valor social del solar y los pórticos son equivalentes a la sala de reunión de una vivienda convencional occidental, por lo que sería inexacto manejar como vivienda exclusivamente al área cerrada, donde solo se dan las actividades de descanso.

Una variante de dicha construcción uniespacial es la que anexa una pequeña cocina a un costado del edificio, aunque a veces se muestra separada.

Técnica constructiva.

Aunque los materiales pueden depender del nivel socioeconómico de los habitantes de la vivienda, una constante en los edificios unifamiliares mayas es la sencillez constructiva de estos y la velocidad con que se erigen. Existen versiones de que esta se puede construir en tan solo dos días con la ayuda de vecinos, siguiendo estos pasos:

- 1) Se desplantaría una plataforma de caliza y una capa de estuco que no rebasaría los 60 cms. y cubriría alrededor de 14 metros cuadrados (esto en Campeche y Yucatán).**
- 2) Se cortan los 4 postes u horcones de las esquinas de la casa y las vigas que descansarán sobre ellos, así como los morillos de madera de la que se hará la estructura del techo. Al mismo tiempo, una comisión se encarga de recolectar bejuco y corteza que cubrirán los muros, y otra recolecta la palma de guano para la techumbre.**
- 3) Para el final del primer día se tendría la estructura sobre la que se montaría el techo.**
- 4) El segundo día se colocaría la techumbre y los muros, que son divisorios y no son de carácter estructural. Se tendría así la vivienda en dos días.**

Volviendo a los materiales, la variable se daría en los muros, que podrían estar cubiertos no solo de bejuco o henequén, sino podían ser de leña, cubiertos de cal, o mampostería y adobe para las familias más acomodadas.

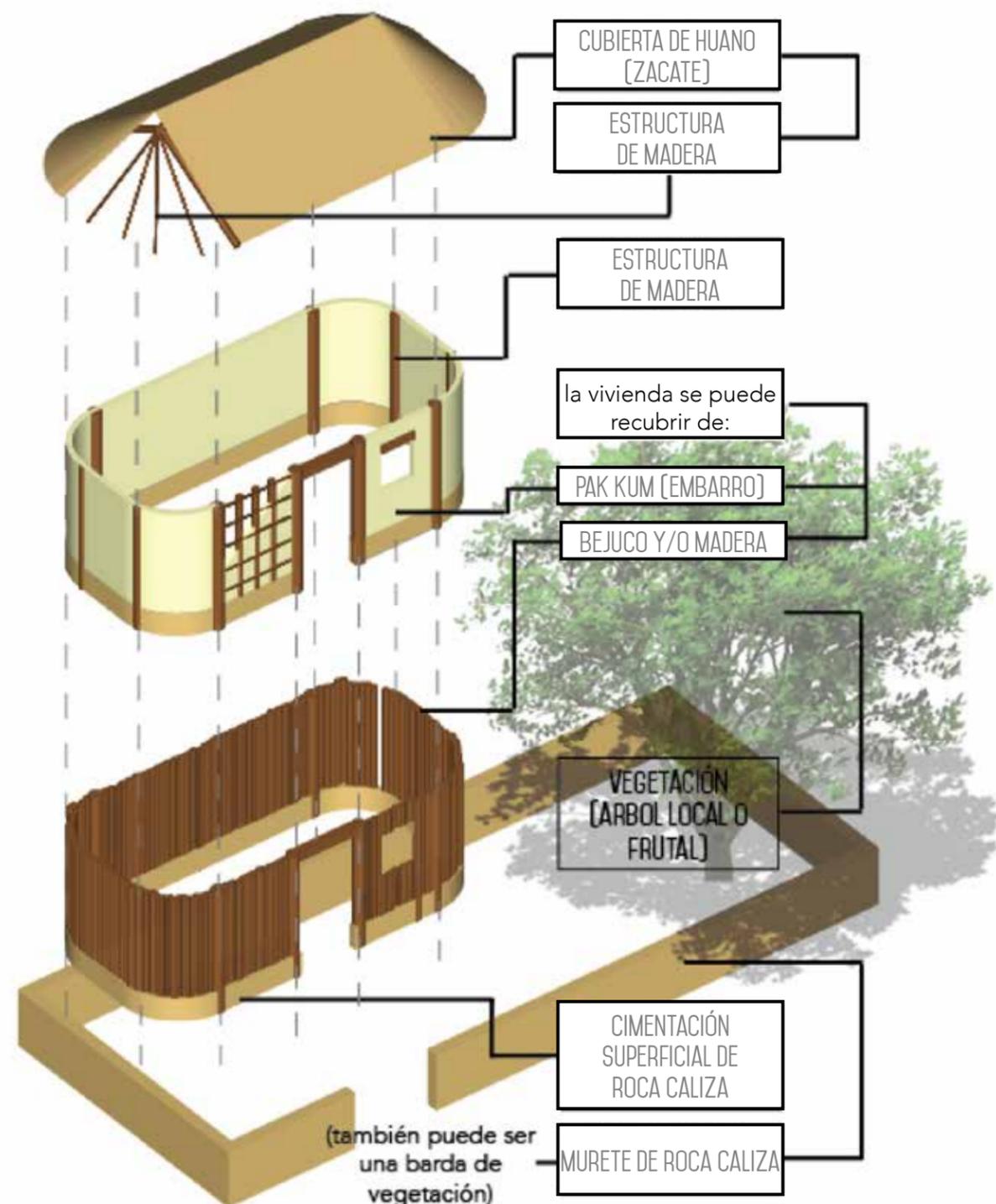


Imagen 13. Diagrama de la composición de la vivienda maya. Elaboración propia.

En el diagrama que se muestra arriba, se pueden ver las características más generales de una vivienda maya. No se debe asumir de esta imagen, sin embargo, que todas las viviendas luzcan igual. La diversidad de formas, tamaños y materiales es vasta, pero para este trabajo se ha seleccionado esta forma en particular, solo para demostrar un ejemplo conceptual de la vivienda.

VIVIENDA CONTEMPORÁNEA EN LA COSTA NORTE DE QUINTANA ROO.

Durante la visita a sitio de Marzo de 2018 se identificaron diversos tipos de vivienda tanto al interior de la Isla de Holbox como en comunidades cercanas (Solferino, Kantulkinkín y Chiquilá) de las cuales, por inspección visual del exterior, se procuró la selección de sus características más generales y significativas:

ADAPTACIONES CONTEMPORÁNEAS DE LA VIVIENDA MAYA

Conforme a la tradición local, es común observar viviendas unifamiliares con características tomadas de la vivienda maya tradicional que van desde su replicación total, tomando en cuenta materiales y métodos constructivos, hasta su replicación formal con mampostería o concreto como métodos y materiales principales. También existen viviendas que, con formas más afines a la vivienda común de mampostería y losa de concreto, variando sus materiales retoman elementos de la vivienda maya que la hacen la inspiración más evidente en su estilo arquitectónico.

CORREDORES, VESTÍBULOS ABIERTOS Y PORTICADOS

Como respuesta tanto a la temperatura ambiente como a la costumbre de llevar a cabo las interacciones sociales en el exterior como consecuencia del mismo clima, los corredores abiertos y los vestíbulos techados, así como amplios pórticos capaces de hacer las veces de sala de estar o comedor son adaptaciones que se pueden ver con frecuencia al frente de las viviendas de la zona, independientemente del nivel socioeconómico o la aparente marginación de las mismas.

NIVELES POR VIVIENDA

La reglamentación local prohíbe edificios de más de 2.5 niveles. Aunque existen construcciones por encima de dicho límite o aquellas que en sus dos niveles rebasan por mucho la altura promedio de un edificio más grande, la mayoría se someten a uno o dos niveles por vivienda sin rebasar la altura de la vegetación local, a no más de 3 metros por nivel. Las grandes alturas permiten interiores más frescos y son en consecuencia la norma en la zona.



Imagen 14



Imagen 15



Imagen 16



Imagen 17

CELOSÍAS

Otro legado de la arquitectura maya, en este caso de la ornamentación por mascarones, son comunes en ventanas, muros divisorios, bardas y barandales. A partir de moldes de concreto o arcilla, no existe un tipo generalizado de celosías.



Imagen 18

PATIOS O SOLARES

En conjunto con las adaptaciones de la vivienda maya vienen los espacios abiertos que perpetúan las costumbres locales. Ya sea explanadas de pasto o pobladas de árboles, las continuaciones de la vivienda en el exterior persisten a cambio de los pórticos y en algunas ocasiones en conjunto con ellos.



Imagen 19

CIMENTACIÓN

Dada su baja altura y las condiciones del suelo continental, las viviendas locales no requieren más que cimentaciones superficiales. Aquellas ubicadas cerca de la costera sin embargo recurren a la cimentación con pilotes superficiales para prevenir inundaciones y una estructura más resistente en suelos más susceptibles al movimiento.

Cabe señalar que la mayoría de los comercios establecidos en la zona, ya sean locales de oferta de servicios turísticos, tiendas de artesanías, restaurantes u hoteles, se acoplan o suelen acoplarse a estas características constructivas y arquitectónicas, muchas veces asimilándose como una parte más de las viviendas.

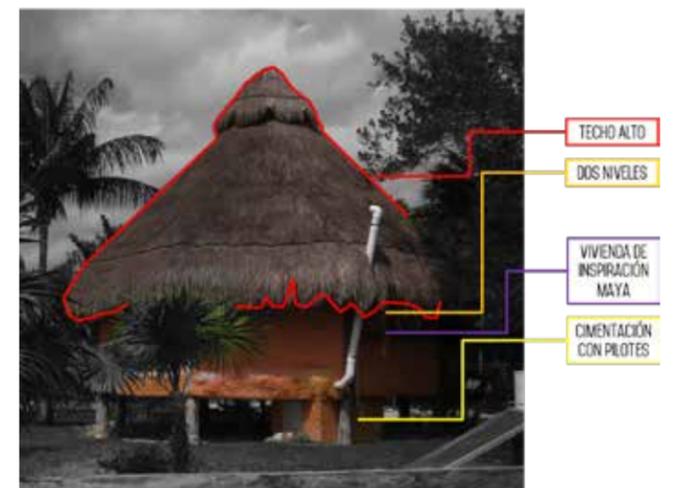


Imagen 20

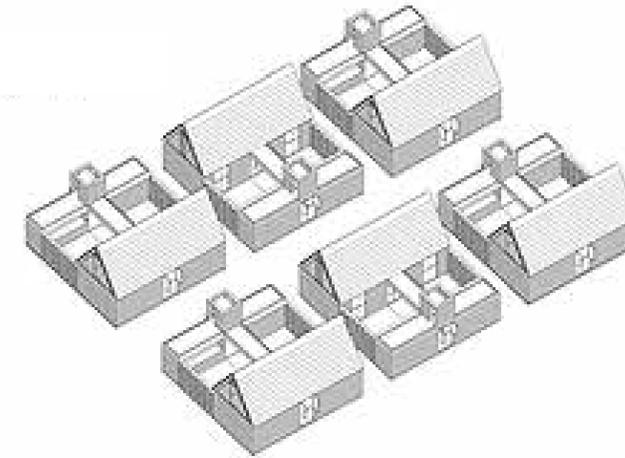
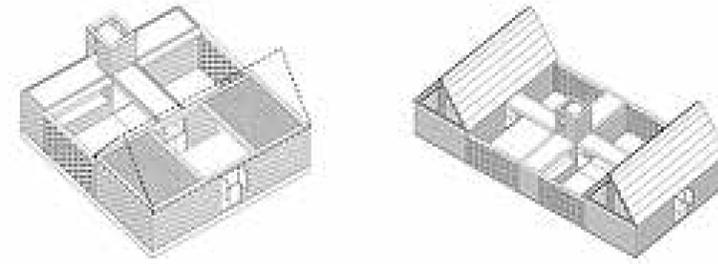
EJEMPLOS DE VIVIENDA.

A continuación se revisan diversos ejemplos de aproximaciones contemporáneas a los retos de la vivienda mínima y la vivienda modular. Tras el análisis comparativo de los objetos arquitectónicos y la metodología de su diseño, resulta evidente que ambos están sujetos no a las demandas de la población a la que atenderá la vivienda, sino a las características generales del modo de vida del total de la población. Entre más numerosa sea la población, y más variados sean los entornos donde habrá de aplicarse la vivienda, más flexible será su diseño tanto de estructuras como de espacios. Asimismo si una comunidad presenta una heterogeneidad en su composición demográfica y de sus núcleos familiares, debe considerarse una flexibilidad en los potenciales usos de sus espacios.

Aunque la facilidad constructiva suele ser una constante al hablar de vivienda mínima o vivienda modular, existen casos, como el visto en Chile, en los que la facilidad resulta irrelevante al tratarse de un desarrollo para una comunidad sin pretensiones de extenderse ni de replicar su estilo de vida, por lo que se aplicaron técnicas de construcción que no fueron ni de rápida ni fácil aplicación y montaje, pero aún así satisficieron las necesidades de la población con un solo módulo.

El ejemplo revisado en la misma península, desarrollado por Escobedo-Solís y COMUNAL: Taller de Arquitectura, sirve como referente en la metodología y conclusiones obtenidos del análisis de sitio, al recuperar los mismos elementos formales, arquitectónicos y constructivos que el presente papel rescata en el subcapítulo 4.1, "Vivienda Contemporánea...."

Aunque los resultados y reinterpretación de la vivienda local no corresponden a un tipo modular, ni coinciden con algunos criterios intrínsecos al modo de vida de la zona, como lo es carecer de muros divisorios altos y conservar una conexión directa con el entorno, el proyecto sí soluciona requerimientos de habitabilidad y conservación del modo de vida mínimos.



Imágenes 21-23. Descripción el proyecto.
Fuente: Escobedo Solís, Arquitectos. 2018



Del territorio al habitante. VIVIENDA EN MOTUL, YUCATÁN

Autor: Escobedo Solís + Comunal:
Taller de Arquitectura.
Ubicación: Motul, Yucatán
Año: 2016
Fuente: Sitio web de Comunal:
Taller de Arquitectura

OBJETIVOS

"...hacer una propuesta de vivienda para personas con ingresos menores a cinco salarios mínimos en zonas rurales." Esto en la región del Norte de Yucatán, respetando los modos de vida y sistemas constructivos locales

OBJETO

Propone una distribución independiente de los espacios en dos módulos dependiendo de su requerimiento de infraestructura: el módulo habitacional alberga las áreas sociales y de descanso, mientras el de servicios contiene cocina y baño, ambos conectados por un patio común.

MATERIALES

- Madera
- Huano
- Tabique blanco
- concreto
- sistemas de recolección de agua y energía solar

La disposición del techo y la barda perimetral pretenden una función de adaptación bioclimática, parcialmente tomados del diseño de la casa Maya



vivienda de autoproducción
asistida
VIVIENDA EN SELVA

Autor: CC Arquitectos
Ubicación: Palenque, Chiapas
Año: 2011
Fuente: Archdaily. (Fotos por Guy Wenborne)

OBJETIVOS

Módulos capaces de ofrecer vivienda digna a los trabajadores de las plantaciones de hule en Chiapas, con un diseño bioclimático, y respetuosas del ecosistema en que se deben desplantar

OBJETO

El módulo de un nivel presenta un programa y distribución fijos de recámara, área social y cocina. La disposición de la vivienda va directamente ligada a la orientación para lograr la eficiencia bioclimática

MATERIALES

- Marcos de concreto
- muros de tabique
- muros de materia vegetal
- viga estructural de madera (antisísmica)

El diseño responde a criterios de iluminación de carácter cultural. No existen requerimientos ni alcances de diseño sustentable.



Imágenes 24-26. Descripción el proyecto.
Fuente: Archdaily2018



vivienda de autoproducción
asistida
VIVIENDA EN SELVA

Autor: Ensamble de Arquitectura Integral
Ubicación: Fundación, Magdalena, Colombia
Año: 2016
Fuente: Archdaily.

OBJETIVOS

Un sistema arquitectónico flexible a los entornos y necesidades variados de las diferentes solicitantes de vivienda social en las zonas rurales de Colombia, de bajo costo y cubriendo los requerimientos básicos de la vivienda mínima.

OBJETO

Como sistema, permite la reconfiguración de sus partes para adpatar el prototipo a todo tipo de condiciones sociales, climáticas y topográficas por medio de dos módulos enfocados a dormitorios y áreas comunes, y otros tres módulos para espacios exteriores y techumbres.

MATERIALES

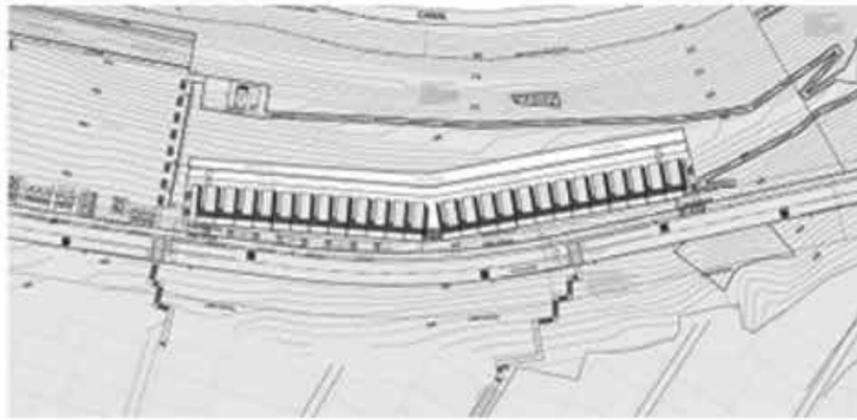
- Madera certificada
- lámina de añuminio
- cimentación de bajo impacto, ciclópea
- apto para implementación de sistemas de recolección de agua y energía solar

Se diseñó para producir el menor impacto ambiental posible y poder ser replicado por mano de obra no especializada.



Imágenes 27-32. Descripción el proyecto.
Fuente: Archdaily, 2018





RUCA DWELLINGS

Autor: Undurraga Deves Arquitectos
 Ubicación: La Pincoya, Santiago de Chile
 Año: 2011
 Fuente: Archdaily

OBJETIVOS

La creación de un módulo para 25 viviendas parte de las necesidades una comunidad Mapuche, para las que las viviendas debían adaptarse a los requisitos mínimos de habitabilidad normativos mostrando una integración urbana de las costumbres constructivas locales

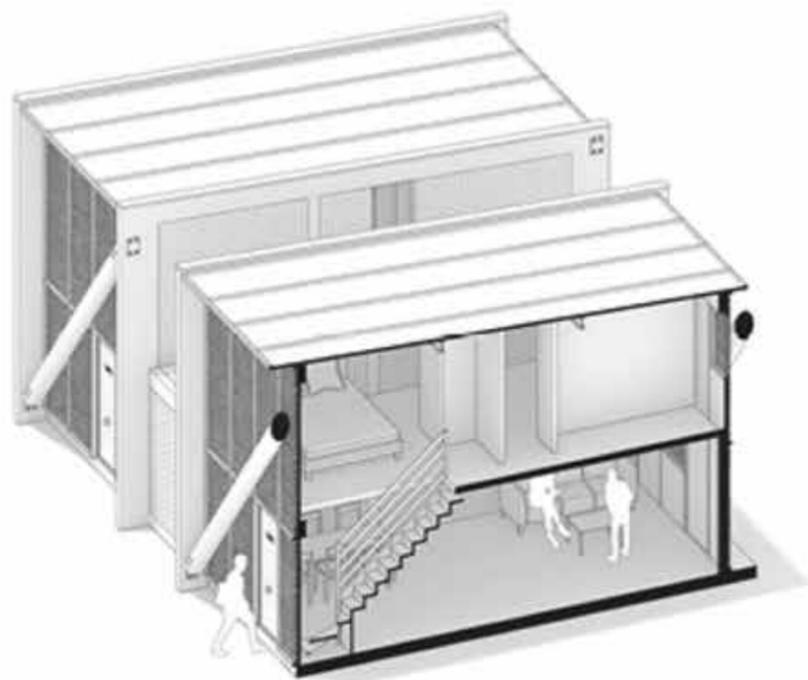
OBJETO

Los módulos de dos niveles carecen de un partido pre-establecido para permitir la distribución personalizada del espacio. Los accesos conectan el interior con espacios comunes entre viviendas, formando espacios comunales.

MATERIALES

- Marcos de concreto
- muros de tabique
- muros de materia vegetal
- viga estructural de madera (antisísmica)

El diseño responde a criterios de iluminación de carácter cultural. No existen requerimientos ni alcances de diseño sustentable.



Imágenes 33-35. Descripción el proyecto.
 Fuente: Archdaily 2018



VIVIENDA EN SELVA

Autor: CC Arquitectos
 Ubicación: Palenque, Chiapas
 Año: 2011
 Fuente: Archdaily. (Fotos por Guy Wenborne)

OBJETIVOS

Brindar a la población vulnerable a tormentas tropicales una estructura arquitectónica resistente a lluvias e inundaciones, con materiales sustentables y sistemas ambientalmente responsables

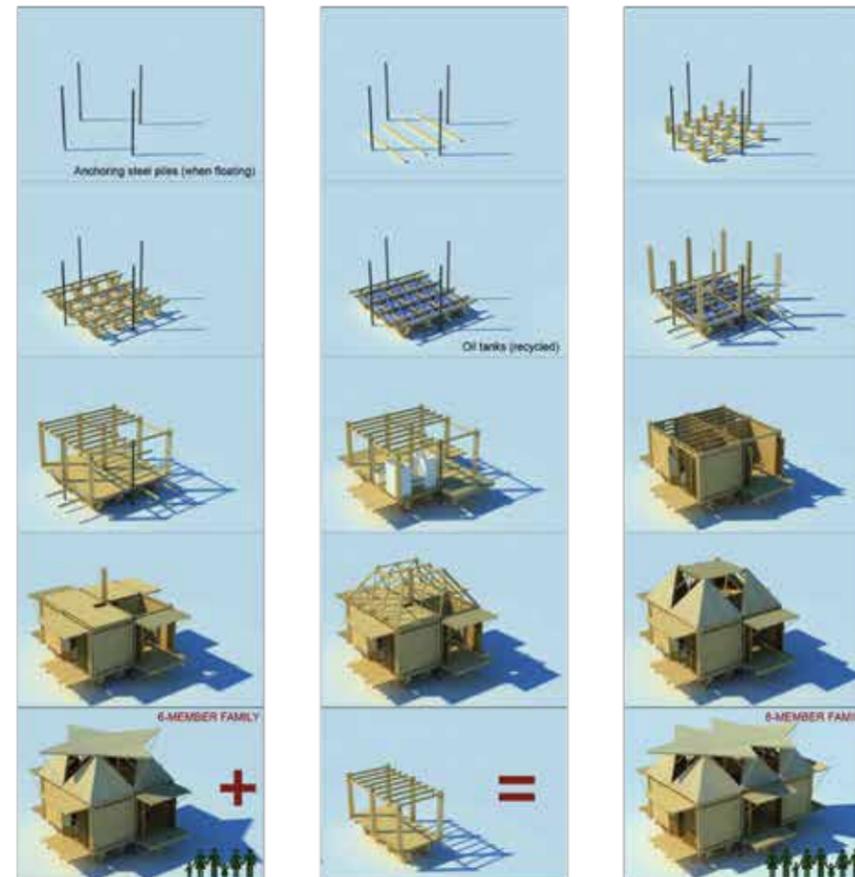
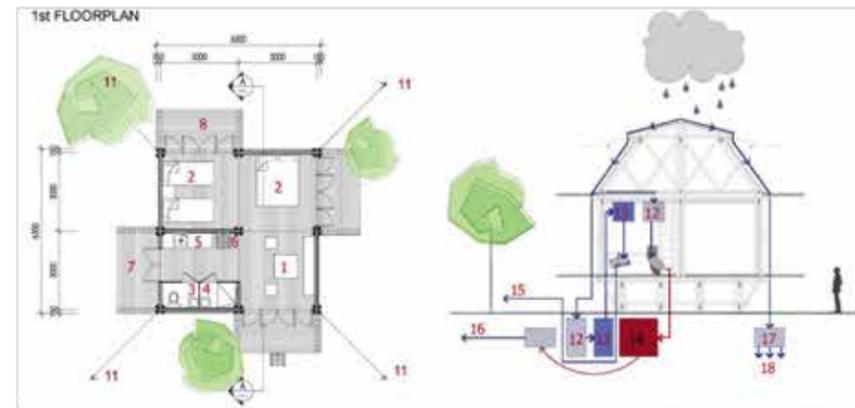
OBJETO

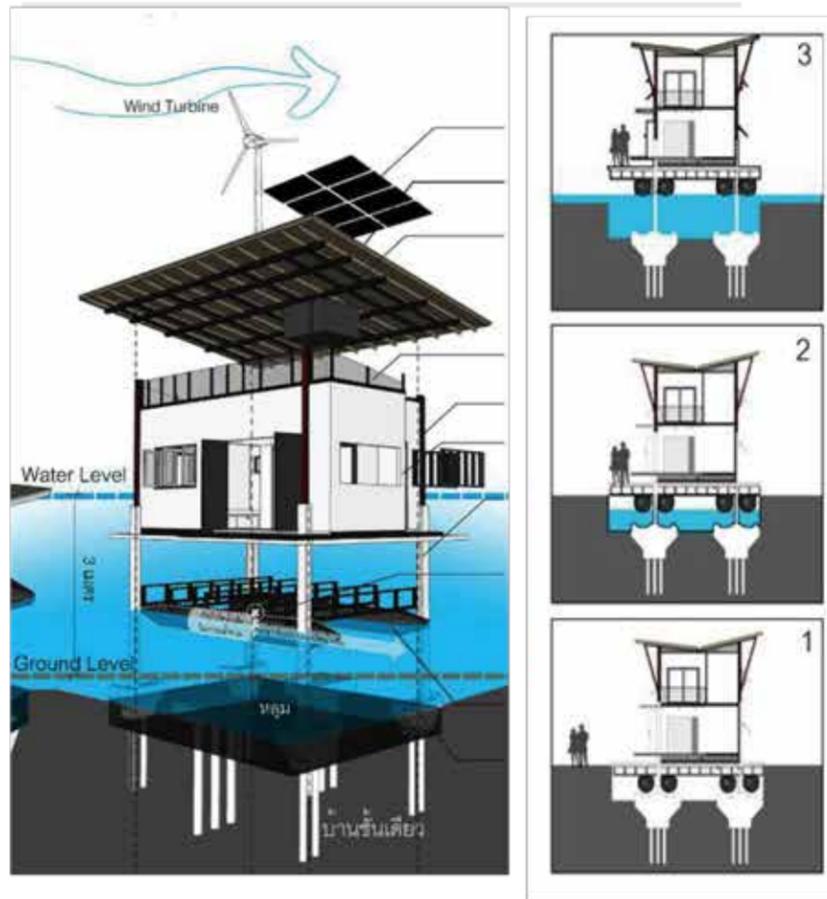
Una estructura arquitectónica modular, flotable a través de una cimentación superficial conectada a pilas de acero que no soportan sino dirigen la estructura ligera de madera durante inundaciones para devolverla eventualmente a su sitio.

MATERIALES

- Bambú, material local abundante en la zona.
- Madera, otro material local.
- Acero, para el anclaje.
- Barriles de petróleo (vacíos) reciclados, para sistema de flotación de la plataforma.

Imágenes 36-39. Descripción el proyecto.
 Fuente: Archdaily, 2018.





A site-specific experiment
AMPHIBIOUS HOUSE

Autor: Chuta Sinthuphan
 Ubicación: Bangkok
 Año: 2011
 Fuente: treehugger.com

OBJETIVOS

viviendas capaces de soportar las inundaciones periódicas del sudeste asiático, integradas entre sí generando clusters comunitarios para asegurar la supervivencia de la comunidad

OBJETO

4 tipos de edificaciones:

- Residenciales-el tamaño depende del número de habitantes.
- Comerciales
- Residencial con diseño
- Edificios de equipamiento

Pueden desplantarse en 1 o 2 niveles, dejando el segundo nivel habitable y el primero inundable.

OBJETIVOS

- Sistema de captación pluvial.
- Paneles solares.
- Paneles prefabricados con estructura de acero.

Imágenes 40-42. Descripción el proyecto.
 Fuente: Archdaily, 2018.



Imagen 43. Imagen del interior de un cluster de viviendas modulares desde el módulo común de acceso. Elaboración propia.

DEL PROYECTO ARQUITECTÓNICO

Una vez vistas las condiciones climáticas, geográficas, sociales, culturales y económicas que definen al modo de vida de la zona, así como las amenazas que ponen en riesgo la permanencia de los habitantes de la comunidad de Holbox en ella, en este capítulo se explicará cómo se asimilan en un solo proyecto arquitectónico, que dará como resultado una vivienda amigable para las comunidades de Holbox, Chiquilá, y el resto de la costa de la península, que además sea resiliente al ANM y los huracanes.

También se verán las características que harán al edificio apto para proyectos de reubicación, así como sus métodos de integración urbana.

La vivienda propuesta es un módulo de ocho por cuatro metros, de un nivel y medio, hecho a partir de madera y cubierto con hoja de palma. Su resiliencia

recae en su capacidad de flotar, gracias a una plataforma de flotadores de polietileno que cargan a toda la estructura sobre ellos, en caso de inundarse el suelo sobre el cual se desplante la vivienda. Sin anclarse al suelo, la vivienda conserva su posición gracias a un sistema de pilas cimentadas en el suelo a 3 metros de profundidad, y rieles conectados a la estructura del edificio que las recorren.

Su resistencia a los vientos de huracán y el embate irregular de los oleajes de tormenta se da por el refuerzo de sus módulos de pared en diagonal, la proximidad entre sí de sus elementos estructurales, y la inclinación de sus cubiertas, que impide la acumulación de presión en sus muros.

INTEGRACIÓN AL CONTEXTO

El poblado de Holbox cuenta con una traza urbana reticular, que procura manzanas de 70 x 70 metros. En cada uno de sus frentes, albergan a por lo menos 5 predios de 14 metros de frente, con entre 14 y 28 metros de profundidad.

A excepción de los contados hitos urbanos señalados en la imagen adyacente, el resto de las manzanas se conforman de mezclas homogéneas de viviendas particulares, viviendas combinadas con comercio, y otros edificios dedicados totalmente al comercio. Actualmente no existe una normativa que regule la densidad de comercios respecto a la de vivienda, pero hasta el momento esta no representa un problema, dada la tendencia a combinar la vivienda con el comercio.

Las viviendas, de 8 metros de frente por cuatro de fondo, se pueden organizar en ilimitados tipos de agrupaciones, conforme al crecimiento de los núcleos familiares o conforme a las necesidades económicas del dueño del predio, que puede ocupar la misma estructura de la vivienda para albergar comercios y negocios.

Mientras la distribución actual acomoda entre una y 4 viviendas en cualquiera de los predios, su intercambio por la estructura modular podría eficientar el uso del suelo.

Imagen 44. Imagen satelital de Holbox y sus puntos más importantes.

Imagen 45. Superposición de la retícula de la estructura urbana en la imagen satelital. Elaboración propia y Google Maps. 2018.



Cabe señalar que la vivienda, de implementarse en la zona, debe serlo como parte de un plan general de resiliencia para la comunidad que respete aspectos vitales para el cumplimiento de este fin:

Ninguna vivienda debe desplantarse sobre la línea de costa de la isla. Esto no solo responde a la alta vulnerabilidad que implica asentarse directamente frente al mar abierto, y por lo tanto directamente frente al potencial embate directo de tormentas tropicales, sus vientos de más de 250 kilómetros por hora y sus olas, que actualmente pueden alcanzar los 4 metros de altura. Mientras está comprobado que la presencia de barreras vegetales y de arena reducen el impacto de estos dos hasta en un 90%, el otro factor por el que se deben retirar de las costas de la isla, es la erosión progresiva de su suelo, de la que las zonas más proximas al mar son las más rápidas víctimas. retirarse tierra adentro de la isla pospone la potencial pérdida de territorio por erosión, aunque esto solo será mientras el nivel del mar no rebase al nivel del suelo.

En la imagen 10 se ve la composición urbana del núcleo urbano de Holbox, de aproximadamente 35 hectáreas, mientras en la imagen 11 se observa la contraposición de su estructura vial con la topografía de la isla. Mientras la zona más poblada se encuentra convenientemente en las regiones más altas, debe considerarse que la mayoría de los hoteles se encuentran sobre la costa, y que en el panorama de ANM por encima de dos metros, se perdería más de la mitad del área habitable de la isla.

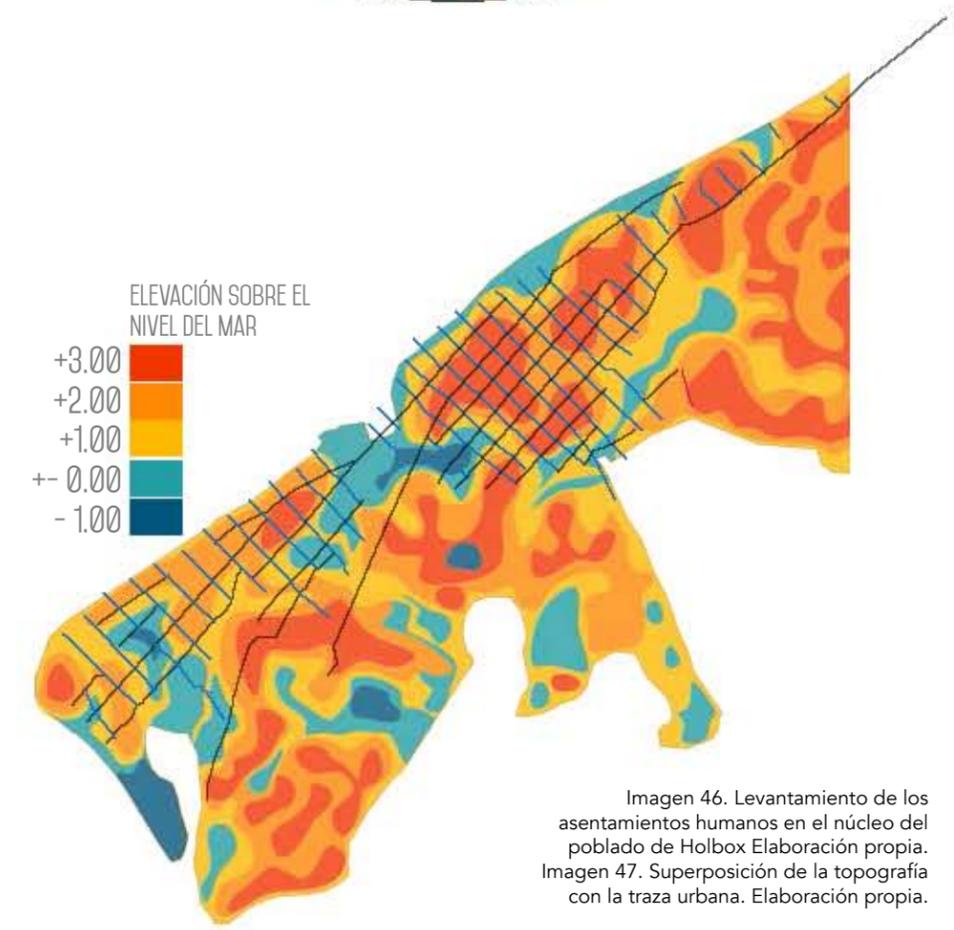


Imagen 46. Levantamiento de los asentamientos humanos en el núcleo del poblado de Holbox. Elaboración propia. Imagen 47. Superposición de la topografía con la traza urbana. Elaboración propia.

Imagen 48. Esquema de posible redistribución de la vivienda al interior de la isla. Elaboración propia.



Al contemplarse una eventual densificación al interior de la isla, esta se complementará con la estandarización de dimensiones no solo en viviendas, sino también en comercios, a los que también afectan las amenazas que trata esta tesis, y a las que también les beneficia la existencia de un módulo arquitectónico resistente a ellas.

El módulo es relativamente pequeño (30m²), pero la misma flexibilidad con la que se pueden conectar unos con otros dentro de un predio, permite la fácil expansión de su superficie de uso.

Cabe aclarar que los módulos no se conectan físicamente entre sí, especialmente para prevenir el choque de estructuras en el evento del embate de un huracán. Se deben colocar en proximidad para garantizar la conectividad entre unidades, que para los inquilinos se soluciona por la superposición de las escaleras de acceso diseñadas para volverse plataformas flotantes ante una inundación. El diseño de dichas conexiones dependerá directamente de los intereses de los habitantes del cluster, aunque el modelo inicial está diseñado para clusters de cuatro viviendas.

El crecimiento potencial de la comunidad está directamente ligado a su capacidad de ofrecer servicios básicos a sus habitantes e inquilinos, aunque actualmente esta capacidad suele pasarse de largo al momento de evaluar los pros y contras y visitar e invertir en la isla.

Considerando a la población actual de 1200 personas distribuidas entre las 26 hectáreas cuadradas actualmente ocupadas, y tomando en cuenta también que esta superficie contempla sus sitios de trabajo, educación y recreación, así como sus vialidades la ocupación de superficie promedio por persona es de 21 kilómetros cuadrados. Esto por la extensión de los solares en las viviendas, y su dispersión por el área poblada, en parte debida al aislamiento voluntario de los hoteles.

En el evento de una reorganización urbana para asegurar la supervivencia de la comunidad, se podría concentrar a la población, tanto permanente como temporal, en el núcleo urbano de la isla, que es la región más alta y con mejor infraestructura.

En sus 35000 m² podrían albergarse las 375 viviendas necesarias para la población (distribuida en núcleos de 4 personas) con una superficie de 40

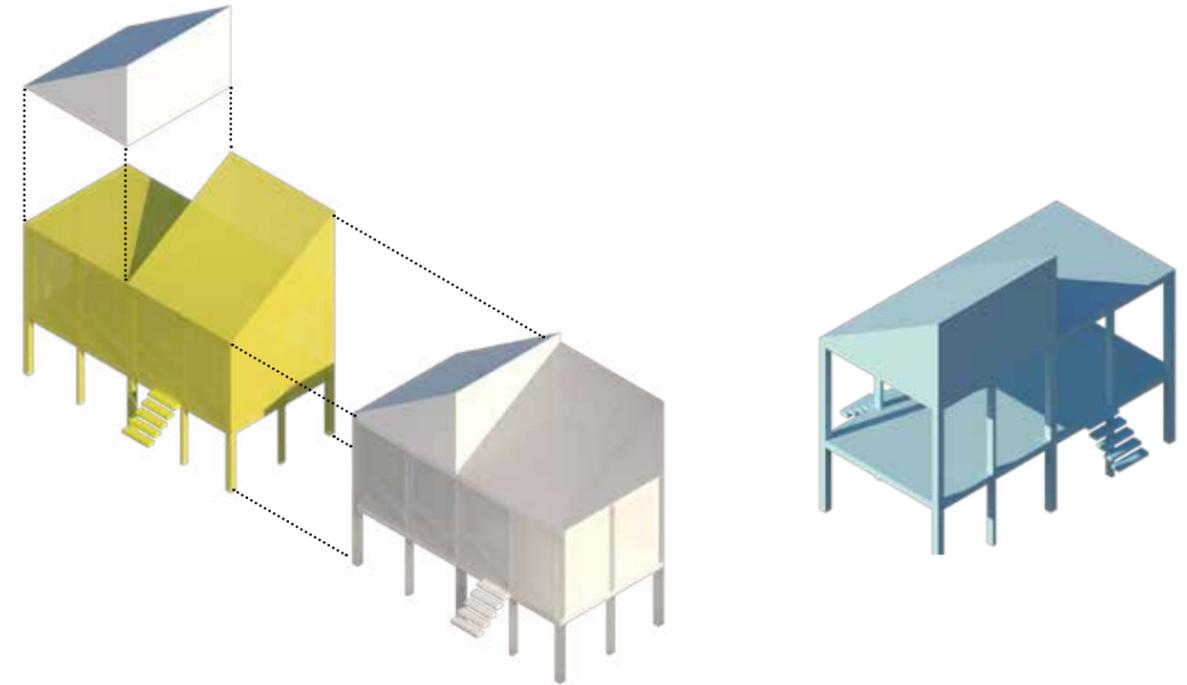


Imagen 49. Diferentes disposiciones de los módulos. Elaboración propia.

Imagen 50. Diferentes configuraciones de los clusters. Elaboración propia.

metros cuadrados por vivienda (15 Ha.) y las 330 necesarias para la población flotante de turistas pernoctantes (dividida en grupos de 6 personas a máxima capacidad, en una superficie de 13 Ha..

En el marco de este panorama es necesario recordar que la explotación actual de la isla es excesiva respecto a su oferta de infraestructura, y que aún en el mejor escenario, la afluencia de turistas se debe regular a números muy inferiores a los actuales para poder considerarse resiliente. No existe forma alguna de conservar su tasa de visitantes actual, incluso ahora.

En el caso de que se quisiera mantener a la población actual y continuar explotando a la isla como destino turístico con números similares a los actuales, se recomendaría desarrollar al poblado de Chiquilá como sitio de pernoctación, bajo una normativa de crecimiento urbano estricta.



JUSTIFICACIÓN DEL PROGRAMA Y PARTIDO ARQUITECTÓNICOS.

El proyecto se distribuye en un nivel y medio, con una superficie neta de 45 m². Se ha buscado la mayor compactación posible, para permitir la mayor densidad urbana posible.

Se divide en tres habitaciones, todas multiusos:

tapanco, 14 m²

Encima de la cocina y el cuarto de baño, el tapanco funge como dormitorio o como área de almacenamiento, conforme a los requerimientos del usuario. Se accede por medio de escaleras de servicio. En esta área se encuentra también el tinaco de 450 litros de capacidad, a la altura del muro húmedo de la planta baja.

Cuarto de baño, 8 m²

Este cuarto alberga al escusado, el lavabo y la regadera del cuarto de baño, además de contener también las instalaciones hidráulicas de la casa.

Sala principal, 24 m²

Esta sala funge como vestíbulo, sala de estar, pórtico, cocina, comedor, área de lavado y dormitorio. Todos los usos dependen del acomodo que se le dé a las ventanas de sus muros frontales y posteriores, que pueden abrirse o cerrarse para convertirla en una terraza techada o un cuarto completamente aislado del exterior.

La cocina está dispuesta para satisfacer las necesidades más elementales de una familia de 4 personas, con la menor cantidad de equipamiento posible. Una estufa eléctrica y una tarja dotan al área de sus elementos fundamentales, mientras que una serie de estantes a la altura de los ojos fungen como alacena. Las actividades de preparación deben darse sobre la mesa que la acompaña.

El cuarto de lavado se limita a un fregadero separado de la cocina por un muro, y aislado parcialmente del resto de la sala por las escaleras de servicio. Su único objetivo es proveer al habitador de un espacio diferente de la tarja de la cocina, para lavar otros objetos personales.

El área de estar puede albergar hasta 10 personas, contando la mesa de comedor en ella. Las ventanas modulares con persianas abatibles permiten manipular la permeabilidad del área de estar entera, llegando al máximo si se abren por completo al exterior.

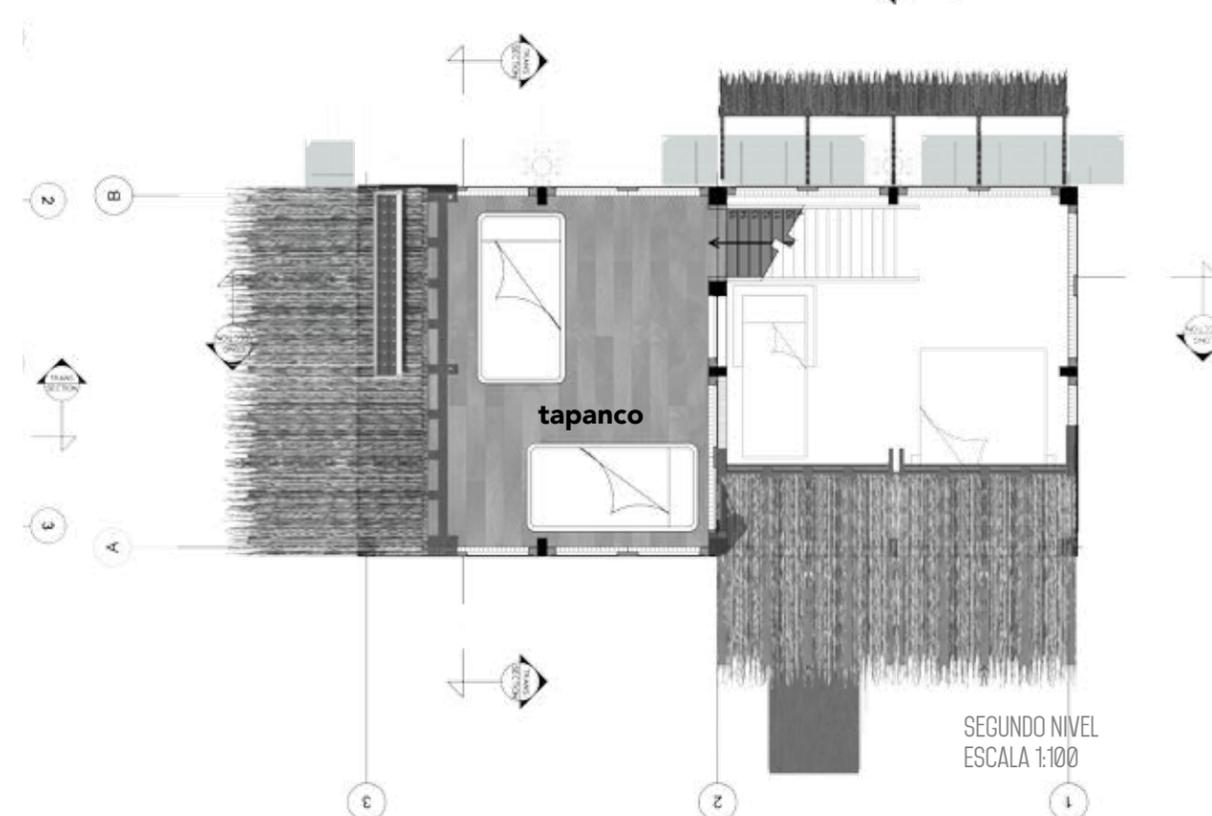
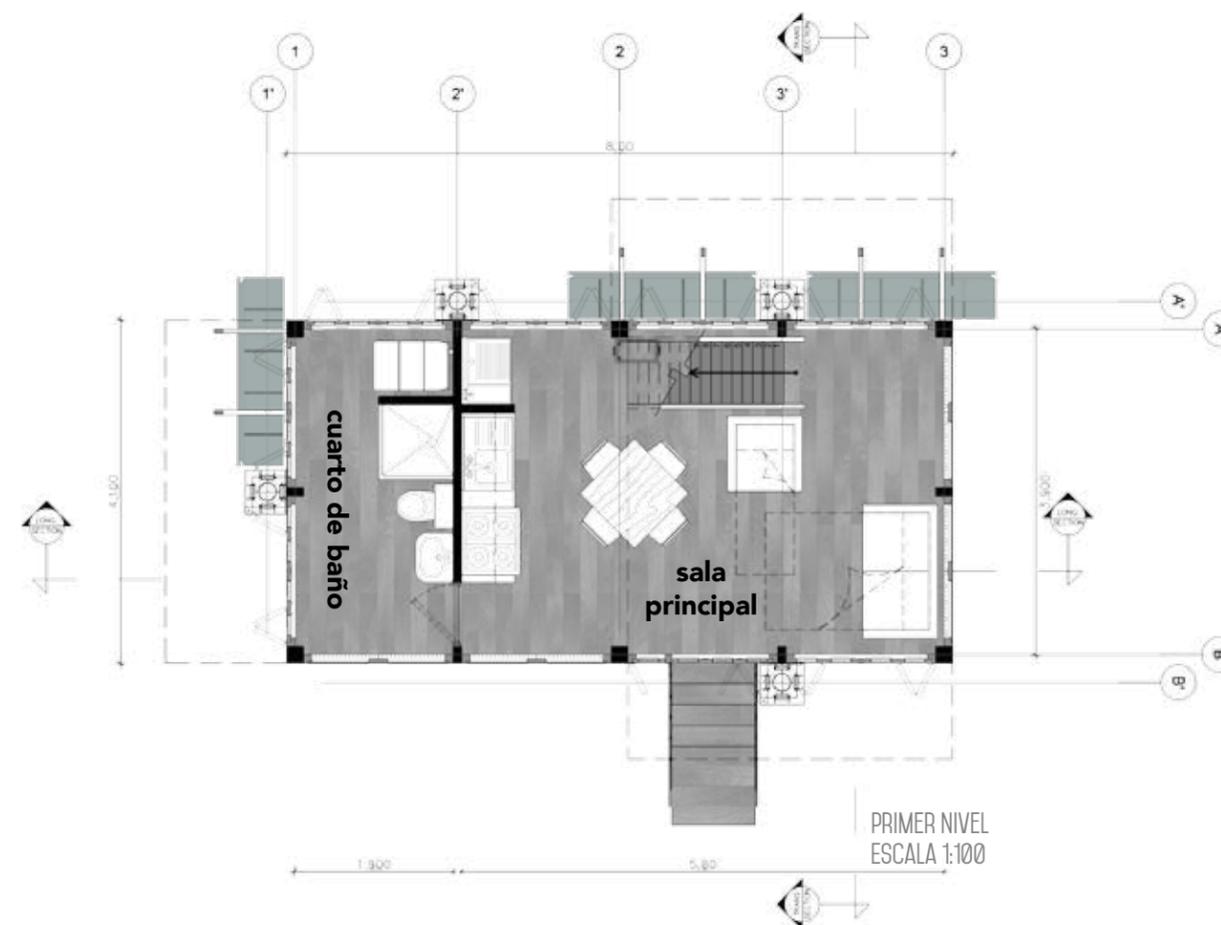
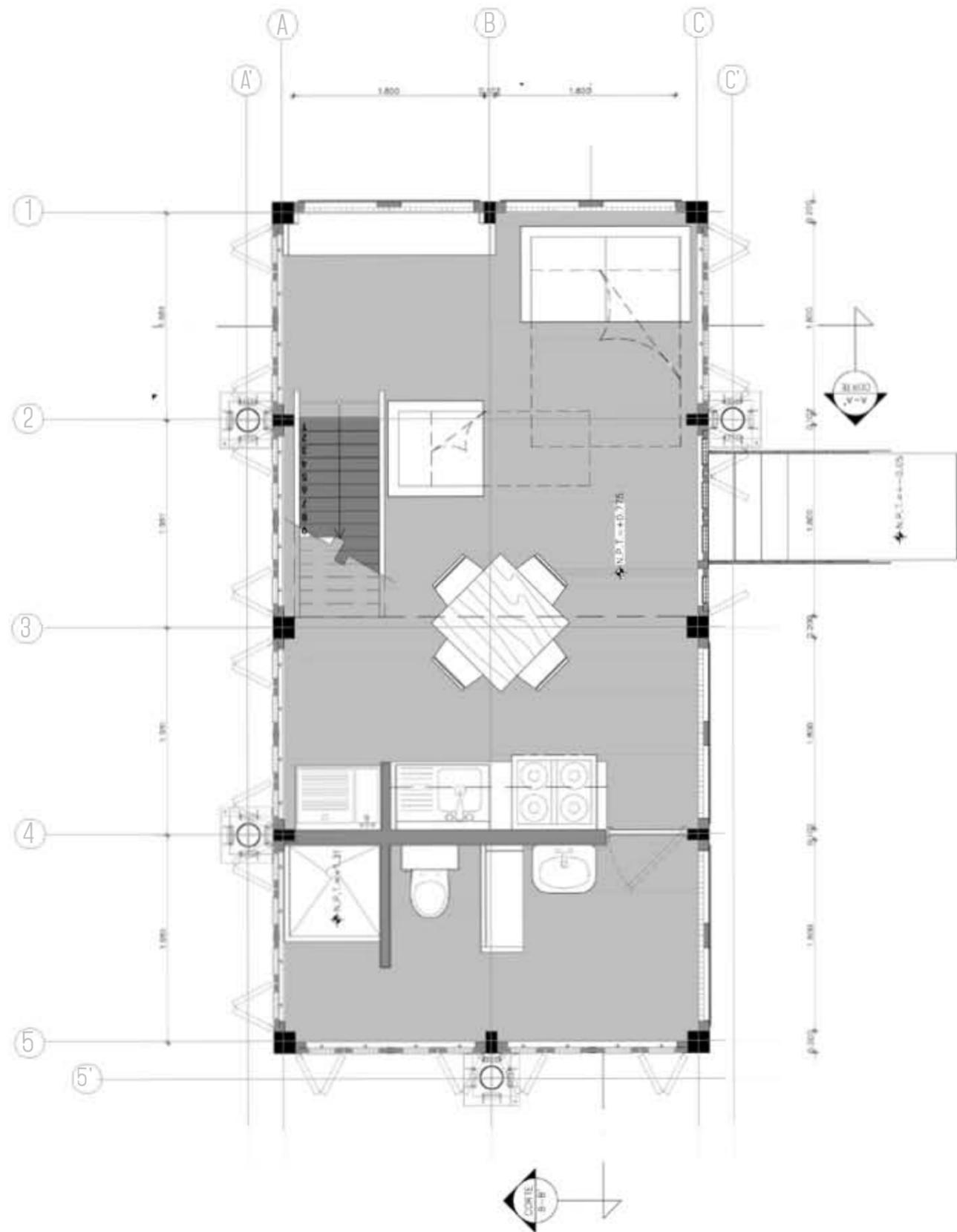
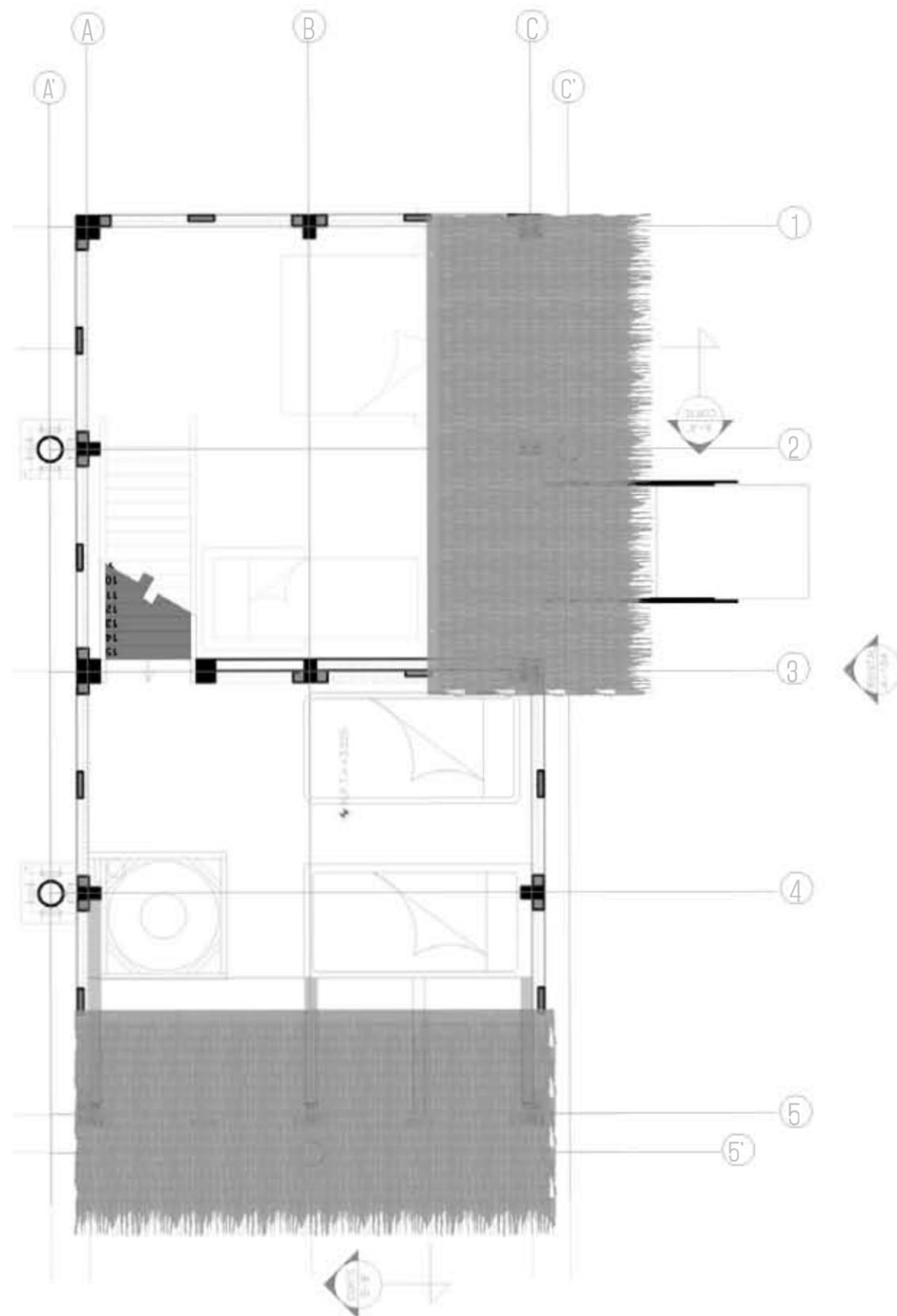


Imagen 51. Primer nivel
Imagen 52. Segundo Nivel.

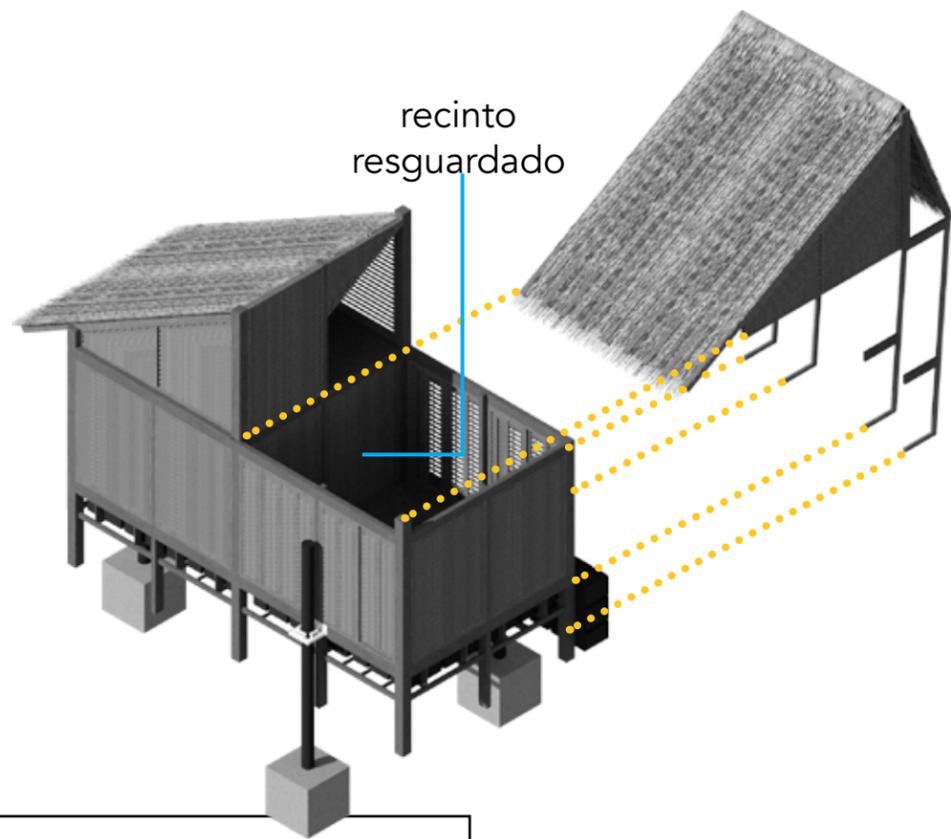
Elaboración propia.



TIPO DE PLANO: ARQ-001 ESCALA: 1:50
 NOMBRE: PLANTAS-PRIMER NIVEL (+0.75 M) & SEGUNDO NIVEL (+3.525 M)



TIPO DE PLANO: ARQ-001 ESCALA: 1:50
 NOMBRE: PLANTAS-PRIMER NIVEL (+0.75 M) & SEGUNDO NIVEL (+3.525 M)



recinto
resguardado

RESILIENCIA DEL EDIFICIO A PARTIR DE SU DISEÑO

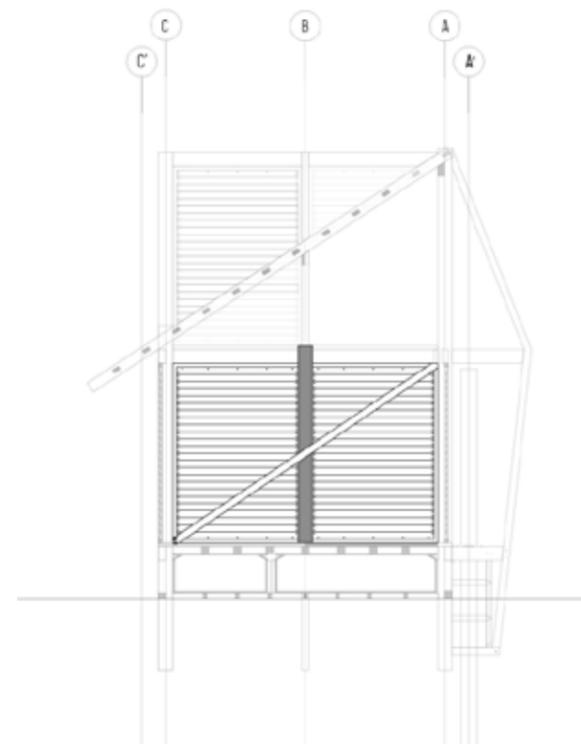
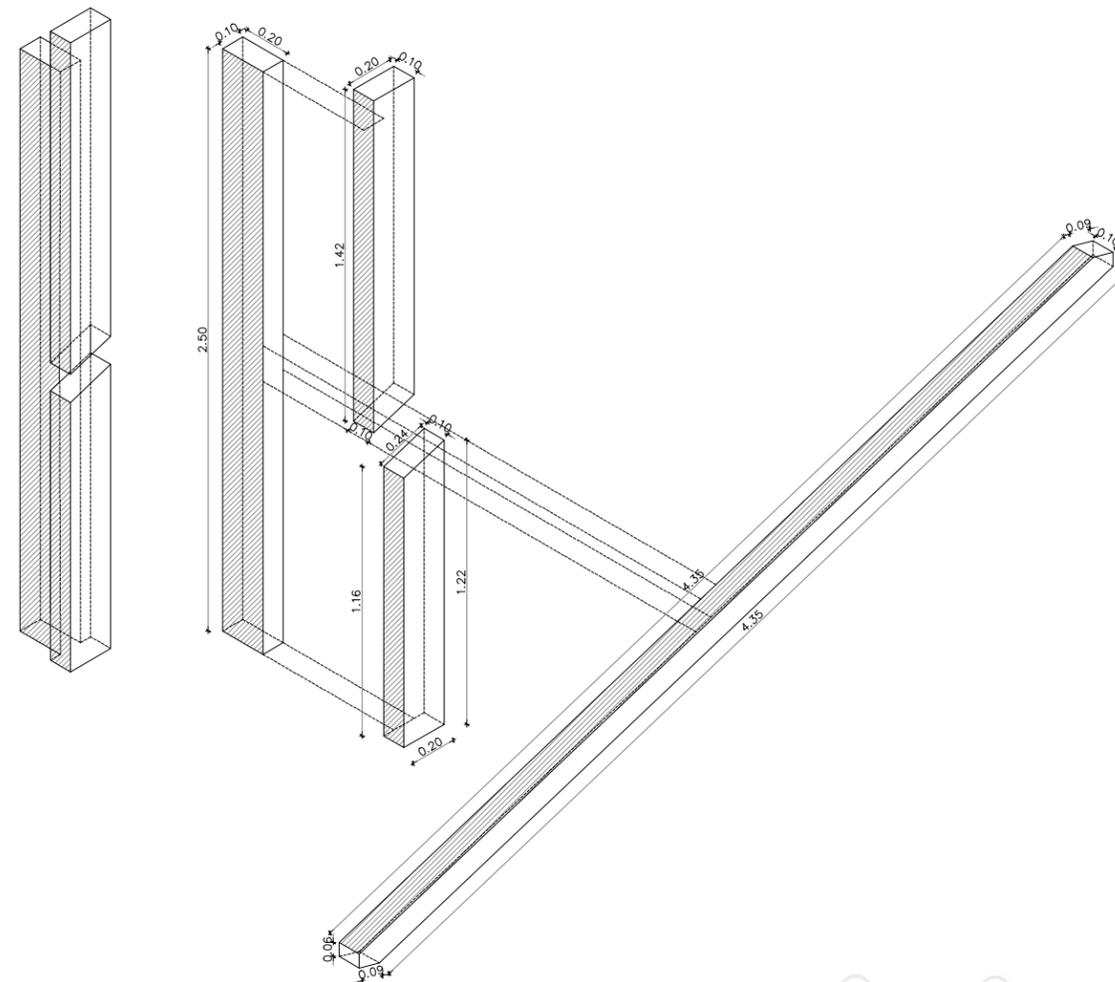
La principal característica del edificio es su capacidad de flotar durante inundaciones, o en el evento de un aumento permanente del nivel del mar. La siguiente, menos evidente, es la resistencia de la estructura a vientos de huracán. Aunque la inclinación de las cubiertas no previene la acumulación de presión en los muros, es la proximidad de los elementos estructurales entre sí y el refuerzo en diagonal con el que cuenta cada uno de los muros fijos, la que se traducen en un sistema compacto, resistente a empujes. Es importante recordar que la resiliencia del edificio depende inevitablemente de su ubicación lejos o protegida de la costa. La vivienda y su sistema de guías permiten que esta sea habitable hasta con una inundación de cuatro metros sobre el nivel del

suelo sin tormenta, y dos metros con tormenta. Esto debido a que una inundación de dos metros con tormenta implica oleajes de hasta 4 metros.

En cualquier escenario de tormenta, los muros se pueden cerrar por completo y se puede aislar la planta baja del exterior. En tales escenarios, la mitad izquierda de la planta baja deberá cubrirse con un par de muros ciegos iguales a los que se ocupan en la cara frontal izquierda del edificio, y una columna intermedia temporal. En el caso de una tormenta con inundaciones mayores a 4 metros de altura, la casa ya no es habitable, por el riesgo de separarse del sistema de pilas, y por las alturas del oleaje que ese tipo de tormenta podría implicar. Sin embargo, esto no representa

Imagen 52. Esquema de resguardo de sector derecho de la vivienda en escenario de tormenta. imágenes 53-56. Fachadas de la vivienda.

Elaboración propia.



una pérdida total del edificio. La estructura se puede aislar de la misma forma que con tormentas más pequeñas, y además, el área cubierta por el tapanco puede cubrirse por un muro secundario de paneles, que lo enclaustraría como a un búnker. Sería en este recinto resguardado donde el habitador puede guardar sus pertenencias temporalmente mientras es evacuado, para regresar a su patrimonio y a sus pertenencias una vez que ha pasado la emergencia.

TIPO DE PLANO: EST-001 ESCALA: 1:25
NOMBRE: ESTRUCTURA Y ESQUEMA DE SISTEMA DE AISLAMIENTO

factibilidad económica

El mercado inmobiliario en la Isla de Holbox es un ente voraz, que actualmente busca extenderse más allá de los límites permitidos al asentamiento por parte de las autoridades estatales y los supervisores del ANP. La gran mayoría de los predios en venta al interior de la isla se encuentran en zonas que aún son territorio virgen, que no solo siguen habitadas por flora y fauna endémicas, sino que no cuentan con una infraestructura que soporte las actividades humanas que pretenden desarrollar en ellas.³⁵

A pesar de que el área habitable ya está completamente ocupada, no está totalmente habitada, dada la extensión de los solares en los que se desplantan las casas. Contemplando la eventual pérdida de superficie por ANM y erosión, debe considerarse que el área no ocupada por edificios en la actualidad, será ocupada por aquellos desplazados del perímetro de la isla una vez que sus viviendas se vuelvan obsoletas, ya sea reubicándose con el modelo de vivienda presentado en esta tesis, o no. Esto, por supuesto, en el mejor escenario donde los dueños de los solares no los vendan a desarrolladores que los ocupen e incrementen la densidad habitacional. En el que sería el mejor escenario, sería imposible calcular el costo del suelo ante tal pérdida de patrimonio, que se dará entre los años 2060 y 2100. En ese sentido, es de poca utilidad calcular el costo del predio en el costo final de la vivienda.

Aunque la presente tesis no avala la incursión de un mercado inmobiliario en la isla, este factor depende enteramente de los intereses de los responsables de su control, en este caso los pobladores de la isla, que de la misma forma en que regulan al comercio y la pesca, son quienes deciden y permiten la incursión de personajes externos en la dinámica poblacional y económica de la isla.

Aunque la eficiencia de costos y materiales fue un factor determinante en el diseño del proyecto, este no fue planteado para ser parte de un esquema de negocios comercial rentable. El edificio es una propuesta alternativa a los medios de construcción y diseño empleados actualmente en la isla, y en caso de utilizarse esto se haría conforme al poder adquisitivo e intereses del dueño de la vivienda.

Por su composición de madera y la cantidad de elementos de diseño especializado (particularmente los pontones importados y los rieles de aluminio marino) que utiliza, la vivienda rebasa en más de 50% el límite de costo de una vivienda económica establecido por el INFONAVIT, que plante que ninguna vivienda económica puede rebasar las 180 VSM (veces en salario mínimo) que a la fecha rondan en total los

289,128 pesos mexicanos.³⁵ Asimismo, la vivienda solo es accesible para personas con un ingreso mensual mayor a 8,600 MXN. Considerando que la madera y los pontones son los elementos más costosos del proyecto, este requerirá inevitablemente una reconsideración de sus materiales en caso de que se busque extender su uso a sectores menos solventes. En este rubro, es posible que la compra al mayoreo tanto de los pontones como del sistema eléctrico, y la construcción en masa del modelo, sean la mejor forma de eficientar y reducir costos. Holbox en específico no tiene una problemática de pobreza y su población se encuentra dentro del rango de personas con una capacidad adquisitiva suficiente para construir una vivienda de este tipo eventualmente, pero cualquier otra comunidad rural de la península tendrá que revisar sus opciones antes de recurrir a este modelo sin modificaciones.

Inicialmente se contempló como presupuesto el límite establecido por el Resilient Homes Challenge al que se inscribió el proyecto durante la segunda mitad de 2018, cuyo tope de costo para materiales y construcción fue de 10,000 USD. Por las condiciones conceptuales del proyecto en esa etapa, se manejaron costos iniciales superficiales, por ejemplo, en el cálculo del costo de la madera de zapote se consideró el costo de aserradero, que es diferente del costo de las piezas de madera ya cortadas y trabajadas. Una vez revisados los costos para el presupuesto real, este costo realmente se duplica, al igual que el costo de la madera de parota. La tabla de la página siguiente refleja los costos reales, actualizados a Abril de 2019.

La palma de huano fue cotizada con proveedores del centro de México y con costos de proveedores de la península, con un costo promedio de 10 pesos mexicanos por unidad.

Cabe aclarar que el costo esperado de la construcción de la vivienda NO contempla el costo de la adquisición del terreno, bajo el supuesto de que no existe un mercado inmobiliario en la isla, ya que absolutamente toda su área construible está ya ocupada. Por lo tanto, cualquier vivienda que se construya en el futuro en la isla, con o sin el método propuesto en la tesis, se construirá en predios propiedad del dueño y usuario.

35. En abril de 2019, cada Uma o Unidad de Medida de Actualización estaba cotizada en 80.60 mxn, que mensualmente

36. Ofertas revisadas en sitio web de Viva Anuncios, revisado por última vez: 7 de Abril, 2019. Ver: <https://www.vivanuncios.com.mx/s-venta-terrenos/isla-holbox/v1c31114855p1>

RESUMEN DE COSTOS Todos los costos incluyen iva.

ELEMENTO	DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL	UNIDADES	COSTO POR UNIDAD (MXN)	CANTIDAD	COSTO TOTAL
COSTO ESTIMADO DE MATERIALES					
M1	Estructura de madera de zapote (suma del peso neto de columnas y vigas. Ver Anexo 3)	toneladas	\$8,900.00	5.45	\$48,505.00
M2	Módulos de madera de parota (suma de los marcos, tableado y sistema de persianas de cada uno. Ver Anexo 3)	toneladas	\$6,000.00	1.4	\$8,400.00
M3	Cubierta de palma de huano	piezas	\$10.50	320	\$3,360.00
M4	Plataforma de piso de madera de zapote	toneladas	\$8,900.00	1.56	\$13,884.00
M5	Pontones	piezas	\$4,200.00	11	\$46,200.00
M6	Escaleras de madera de zapote	toneladas	\$8,900.00	0.2	\$1,780.00
M7	Retardante de fuego	metros cúbicos	\$70.59	160	\$11,294.12
M8	Aluminio de grado marino (rieles de anclaje, tornillos)	toneladas	\$42,000.00	.1	\$4,200.00
M9	Pilas guía de aluminio	toneladas	\$42,000.00	2405	\$10,101.00
M10	Concreto resistente a sulfatos para cimentación de pilas	metros cúbicos	\$1,260.00	4	\$5,040.00
M11	Varillas de acero para cimentación	kilos	\$20.58	168	\$3,457.44
M12	Sistema hidráulico (incluye 2 lavabos, 1 fregadero, escusado, regadera, tubería y bomba)	suma global	\$6,300.00	1	\$6,300.00
M13	Sistema sanitario (incluye 3 coladeras y tubería para sistema de drenaje)	suma global	\$5,250.00	1	\$5,250.00
M14	Sistema eléctrico (incluye: 2 fotoceldas de 270 watts con cableado, estructura, controlador de 10 amperes, dos baterías de ciclo profundo, inversor, baterías)	suma global	\$27,573.00	1	\$27,573.00
M15	Tanque de agua	suma global	\$1,050.00	1	\$1,050.00
PRESUPUESTO FINAL PARA MATERIALES					\$196,394.56
T COSTO ESTIMADO DE TARIFAS DE TRANSPORTE Y CONSTRUCCIÓN					
T1	Costos de transporte				
T2	Importación de los pontones desde China	orden de 20 piezas	\$31,500.00	6	\$18,900.00
T3	Transporte de la madera desde el aserradero más cercano (Mérida, Yucatán)	metro cúbico por kilómetro (60 km)	\$1,680.00	6.3	\$10,584.00
T4	Transporte del material de construcción desde el poblado más cercano (Kantultikin, Lázaro Cárdenas, Quintana Roo.)	metro cúbico por kilómetro (40 km)	\$420.00	11	\$4,620.00
T5	Transporte en ferry de todos los materiales desde el puerto de Chiquilá hasta Holbox	viajes	\$5,250.00	2	\$10,500.00
PRESUPUESTO FINAL PARA TRANSPORTE Y CONSTRUCCIÓN					\$44,604.00
W LABOR					
W1	Excavación para cimentación	metro cúbico	\$104.04	17.84	\$1,856.12
W2	Construcción de dados de cimentación (incluye madera para cimbra, su construcción, colado del concreto, armado de la estructura de varilla)	metro cúbico	\$3,717.00	4	\$14,868.00
W3	Fabricación y armado de la estructura de madera	30% del costo de la madera	\$14,551.50	1	\$14,551.50
W4	Fabricación y armado de los módulos de madera	60% del costo de la madera	\$5,040.00	1	\$5,040.00
W5	Armado de los rieles de pilas guía	50% del costo del aluminio	\$2,100.00	8	\$16,800.00
W6	Armado de la techumbre de palma	30% del costo de la palma	\$3.15	320	\$1,008.00
PRESUPUESTO FINAL PARA OBRA					\$54,123.62
COSTO TOTAL					\$295,122.18

CONSTRUCCIÓN DEL MÓDULO DE VIVIENDA

TECNOLOGÍAS

El proyecto procura utilizar métodos de construcción convencionales y locales para mantenerse lo más accesible posible.

Los mayores aportes tecnológicos del diseño yacen en la incorporación de la tecnología para diseño de muelles, a la de una vivienda.

La incorporación de paneles captadores de luz solar permite independizar al proyecto de la oferta de red eléctrica local, que como el resto de los servicios de la isla, está cerca del colapso.

El módulo como unidad no es capaz de satisfacer por sí mismo las demandas mínimas de agua potable y drenaje de una vivienda para 4 ó 5 personas, pues los requerimientos de diseño esenciales para su resiliencia al ANM y otras amenazas físicas impiden dotarlo de la infraestructura que lo permitiría. Su independencia de la red hidro-sanitaria de la isla, que de por sí es deficiente, se puede alcanzar solamente al formar clústers entre módulos y al instalar la infraestructura complementaria (tanques de almacenamiento de agua, más paneles solares, una fosa séptica) en un módulo comunitario y en el área común entre viviendas.

La cubierta de la vivienda es poco amigable con los sistemas de recolección de agua pluvial, pero incluso con un techo de otro material, el usuario se enfrentaría a por lo menos tres meses anuales de sequía. Esto vuelve poco viable la incorporación de un sistema de recolección de agua de lluvia, aunque se puede lograr la independencia hídrica a través de un sistema comunitario de tratamiento de agua salina.

ESTRUCTURA, MATERIALES Y CONSTRUCCIÓN DEL MÓDULO.

La resistencia de la vivienda al ANM y las inundaciones depende directamente de su ligereza, ya que el peso que el sistema de flotación soporta, es limitado.

Cada uno de los materiales ha sido seleccionado en función de su disponibilidad local, su precio, la facilidad para utilizarlo por parte de la población de la zona, su peso, y las consecuencias sociales, ambientales y económicas que implica su uso.

El edificio no tiene ventanas de vidrio, y el único acabado general es el recubrimiento con retardante de fuego.

La selección de materiales para esta vivienda fue el resultado de análisis extensivos de las características que debería tener la estructura y los recubrimientos, en relación con los materiales disponibles en la zona, su resistencia, su facilidad de manejo, su popularidad en la industria de la construcción a nivel local, y finalmente pero sin ser el factor predominante, el precio.

Ninguno de los materiales fue seleccionado fortuitamente, y varios pueden ser intercambiados por alternativas locales o foráneas, a juicio del constructor y de los recursos disponibles.

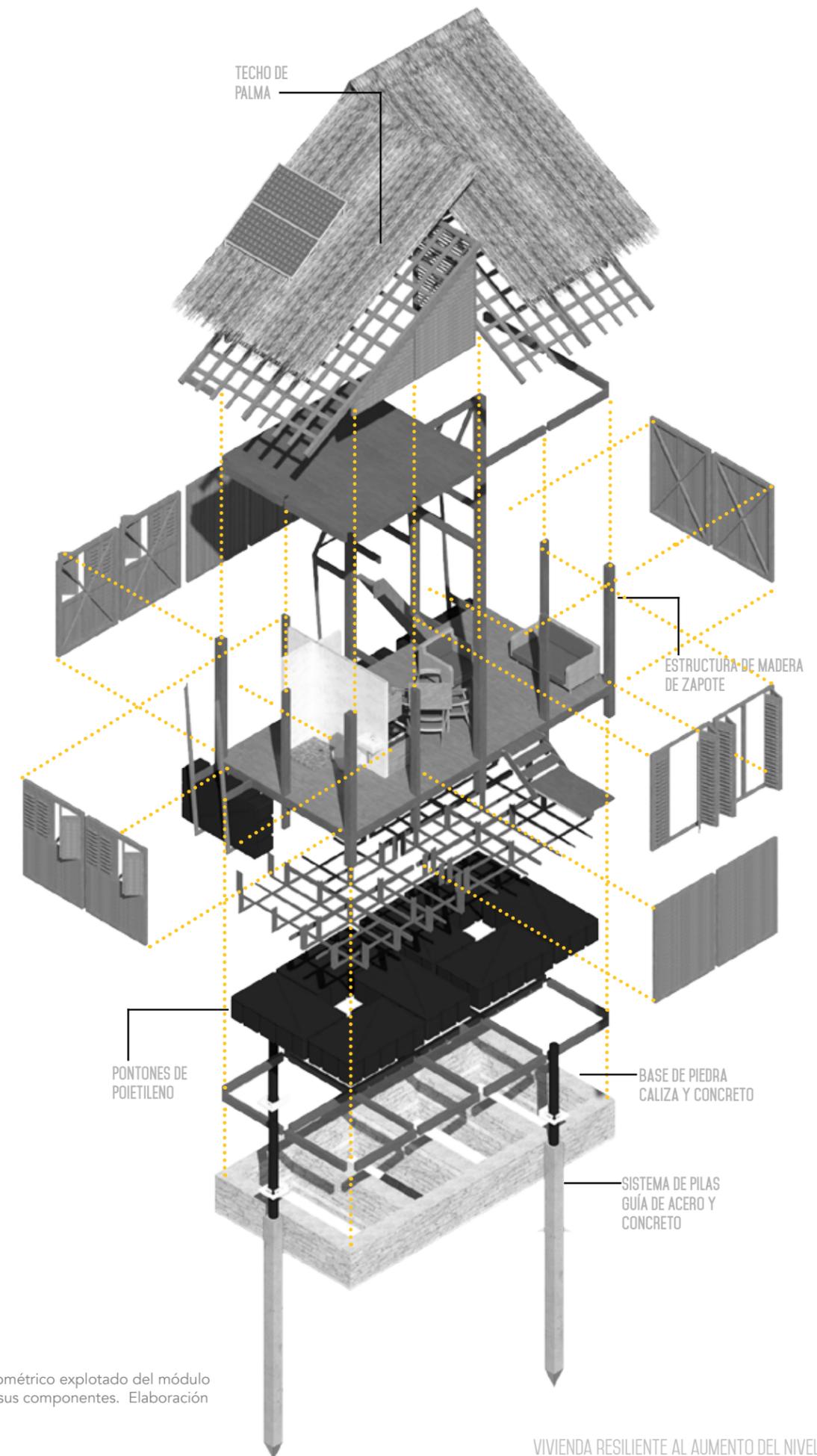


Imagen 57. Isométrico explotado del módulo de vivienda y sus componentes. Elaboración propia.

FLOTACIÓN DE LA ESTRUCTURA

Un aspecto clave del diseño de la vivienda fue el peso de cada uno de sus elementos. Siendo que su capacidad de flotación está directamente ligada a su ligereza, la selección de elementos en consideración de su peso fue fundamental: ningún espacio, ni sus materiales o mobiliario, fueron proyectados para la vivienda sin tomar en cuenta su peso en relación con su relevancia en la habitabilidad del edificio. Existe una selección de elementos indispensables para el funcionamiento y habitabilidad del proyecto, cuyos pesos se consideran por lo tanto inevitables. Opuestos a estos son los elementos no esenciales, cuyo peso solo se puede asumir dentro del límite asignado para la carga viva.

Con 11 pontones de una capacidad de 1.5 toneladas cada uno, la estructura es capaz de soportar por encima del agua un peso total de 16.5 toneladas. Como se muestra en la tabla, el peso final del edificio, considerando estructura, muros, instalaciones, y mobiliario indispensable, es de 11.47 toneladas. Para ver qué elementos componen a cada uno de estos rubros, véase el Anexo 4. Aunque esto parece indicar que el usuario podría cargarle hasta 5 toneladas de carga viva al edificio, se recomienda que esta carga jamás rebase las 2 toneladas. Esto se debe a que 3 de los pontones de la estructura son tan solo perimetrales y no reciben en ningún momento la carga vertical del edificio, por lo que esa "buoyancia" potencial es técnicamente inútil. El objetivo de estos pontones es en realidad el de servir como respaldo para daños eventuales a otros pontones de la plataforma de flotación, y para servir como rompe-olas en el evento de una inundación. Además, mantener ese peso límite en dos toneladas impedirá que la plataforma del piso entre en contacto con el agua.

Es así que mientras la estructura se compone de una madera "pesada", pues esta es una de las cualidades inherentes a su resistencia estructural, los muros se hicieron de una madera ligera que además resulta fácil de manejar para el nivel de detalle que requiere el diseño de sus persianas. Al reducir al mínimo indispensable los elementos estructurales con un sistema de columnas, se redujo el peso potencial

Peso de la estructura

Elemento	Peso (toneladas)
Estructura general	3.81
Estructura de la cubierta	1.64
Instalación eléctrica	0.10
Plataforma de flotación	1.43
Plataforma de piso	1.56
Cubierta de la techumbre (palma)	0.03
Mobiliario	1.17
Escaleras	0.20
Muros	1.32
Instalación hidráulica	0.20
total	11.5

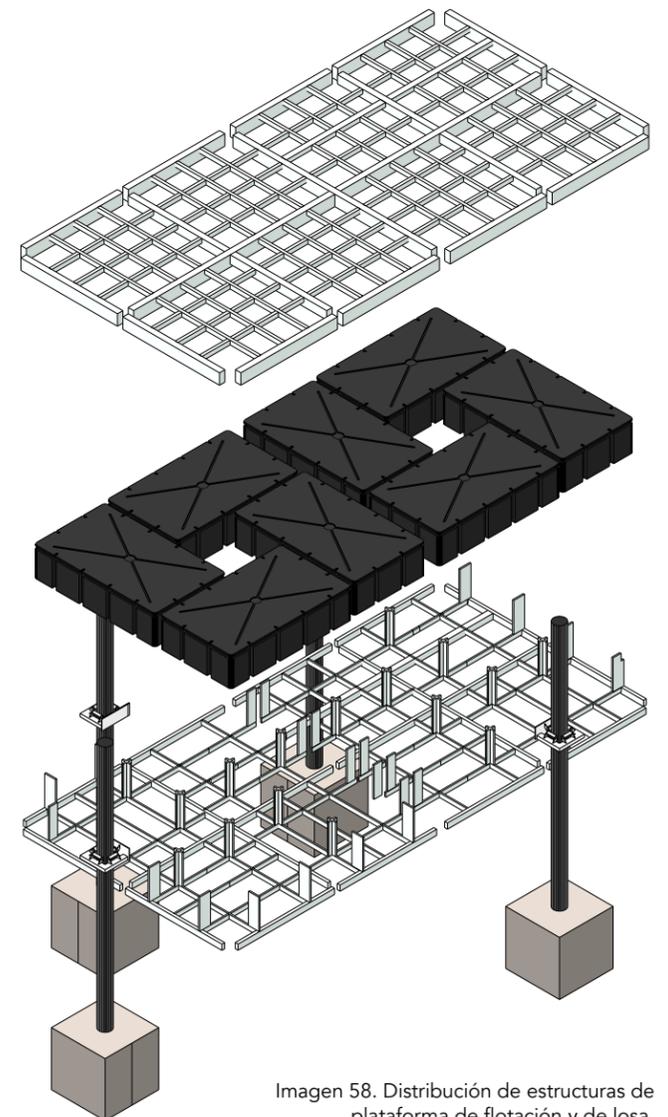
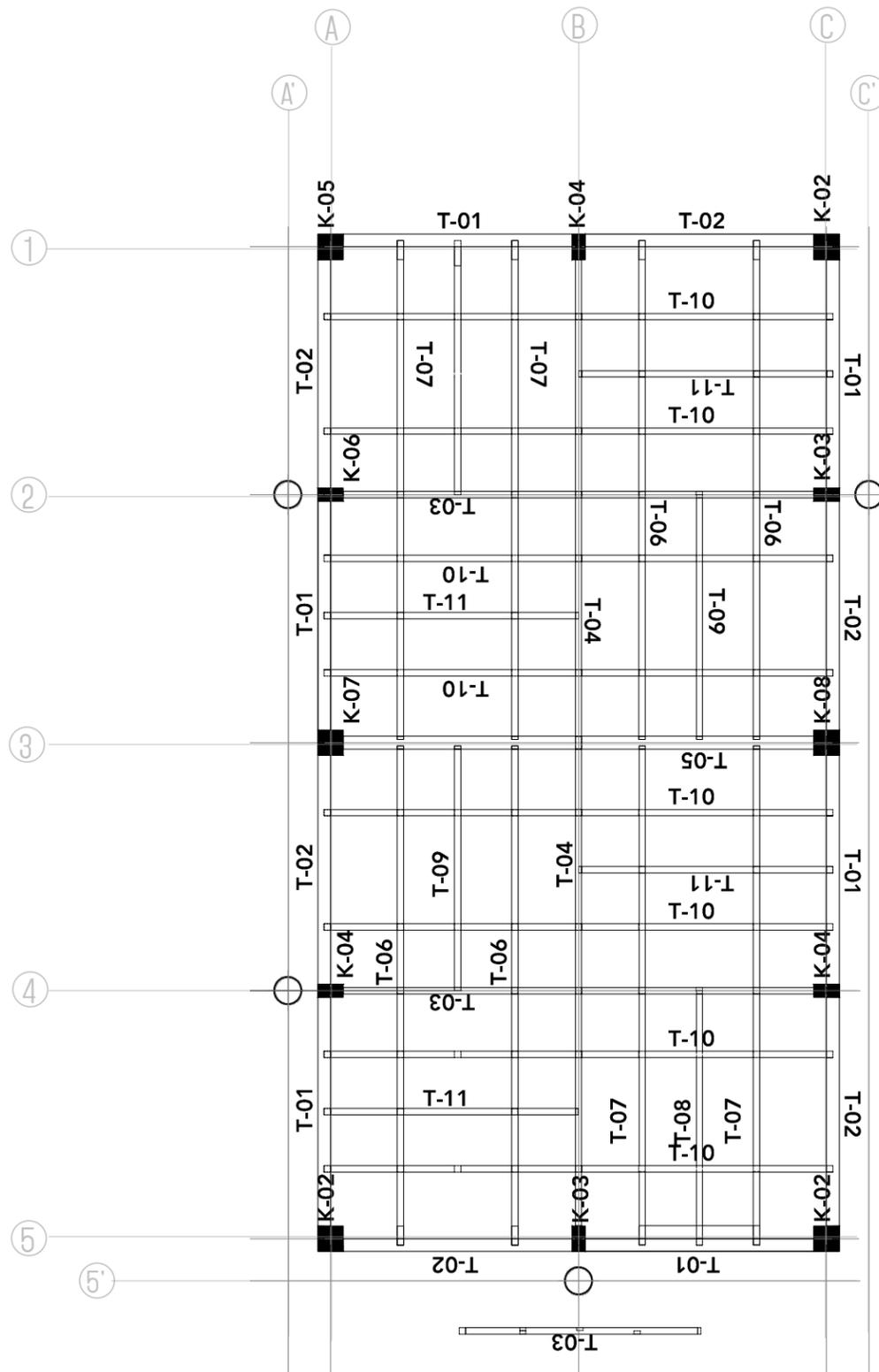
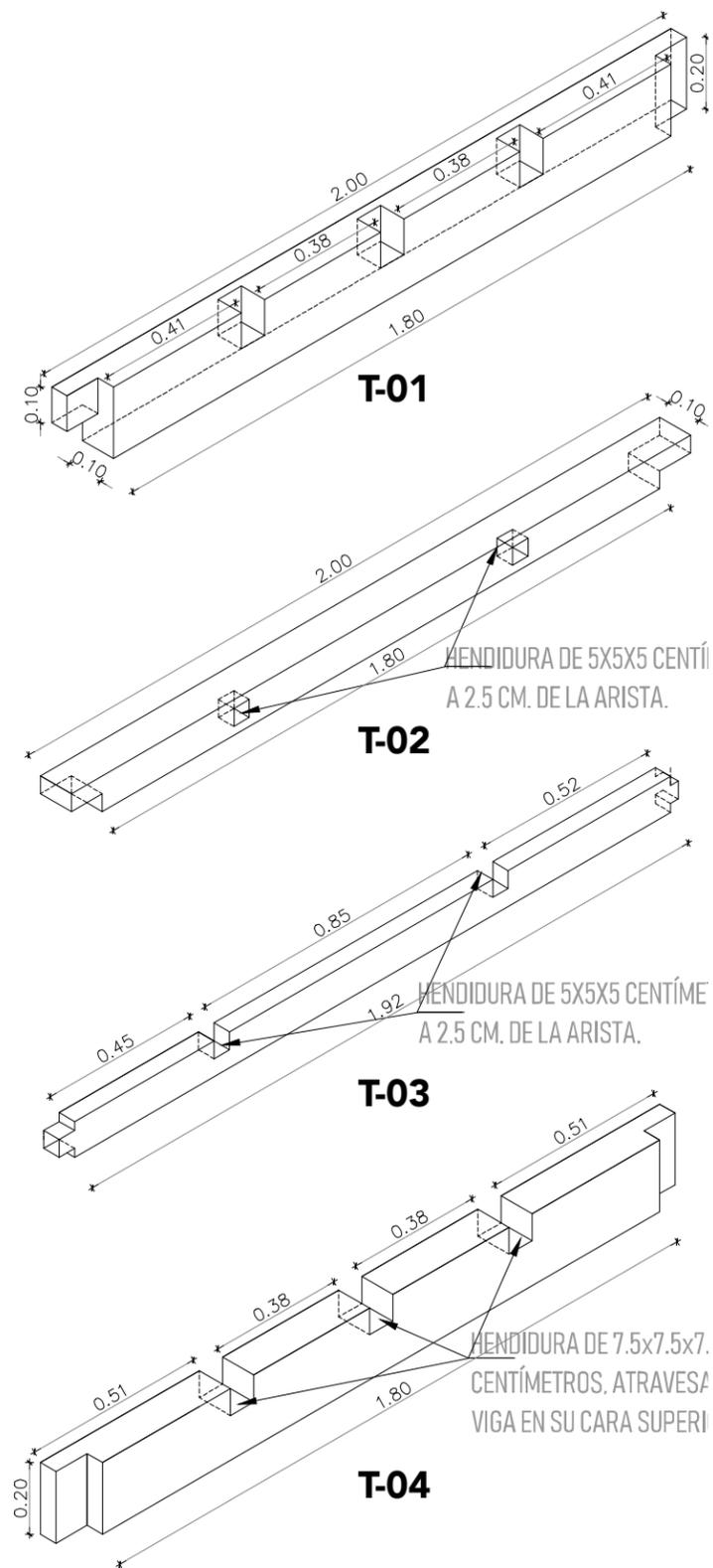


Imagen 58. Distribución de estructuras de plataforma de flotación y de losa.





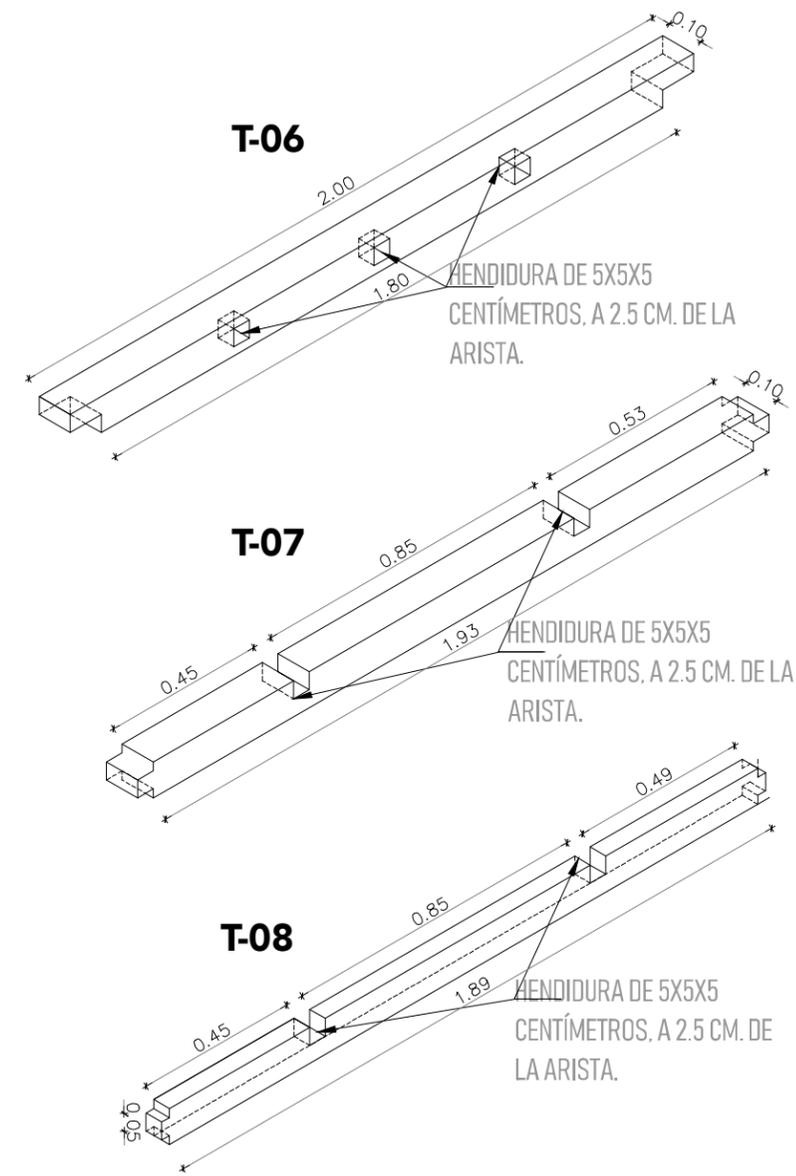
final de la estructura. La relativa debilidad estructural de la madera de parota se complementa, en el caso de los muros, con el refuerzo que implica la superposición de las tablas entre sí en el diseño de las persianas.

En el diseño de las cubiertas inclinadas, no hay una selección particular de materiales pues tanto la palma de huano disponible en la zona como la palma "Palmex", artificial, tienen ventajas y desventajas que en el caso de construirse la vivienda, deberán sortearse por el dueño de la vivienda. Mientras la palma de huano es mucho más económica (\$4 MXN la pieza) que la palma Palmex (\$4 USD por pieza) la primera es mucho más pesada (40 kg/m²) que la segunda (20kg/m²).

Aunque el peso de la opción más económica dobla al de la más costosa, este se puede aceptar en el presupuesto de peso de la vivienda si se asume la importancia de economizar en pesos no indispensables para la vivienda.

Esto querría decir que si se quisiera ocupar palma de huano en vez de palma sintética, se tendría que reducir el límite de carga viva de tres toneladas, a solo 2.4. Esto sigue siendo suficiente para las actividades diarias de los habitantes de la vivienda.

Dado que el tapanco está contemplado para servir como almacén para todas las pertenencias que no tienen lugar en la planta baja, también se debe considerar que los dos pontones superficiales colocados en el perímetro del extremo izquierdo de la vivienda, están previstos para amortiguar

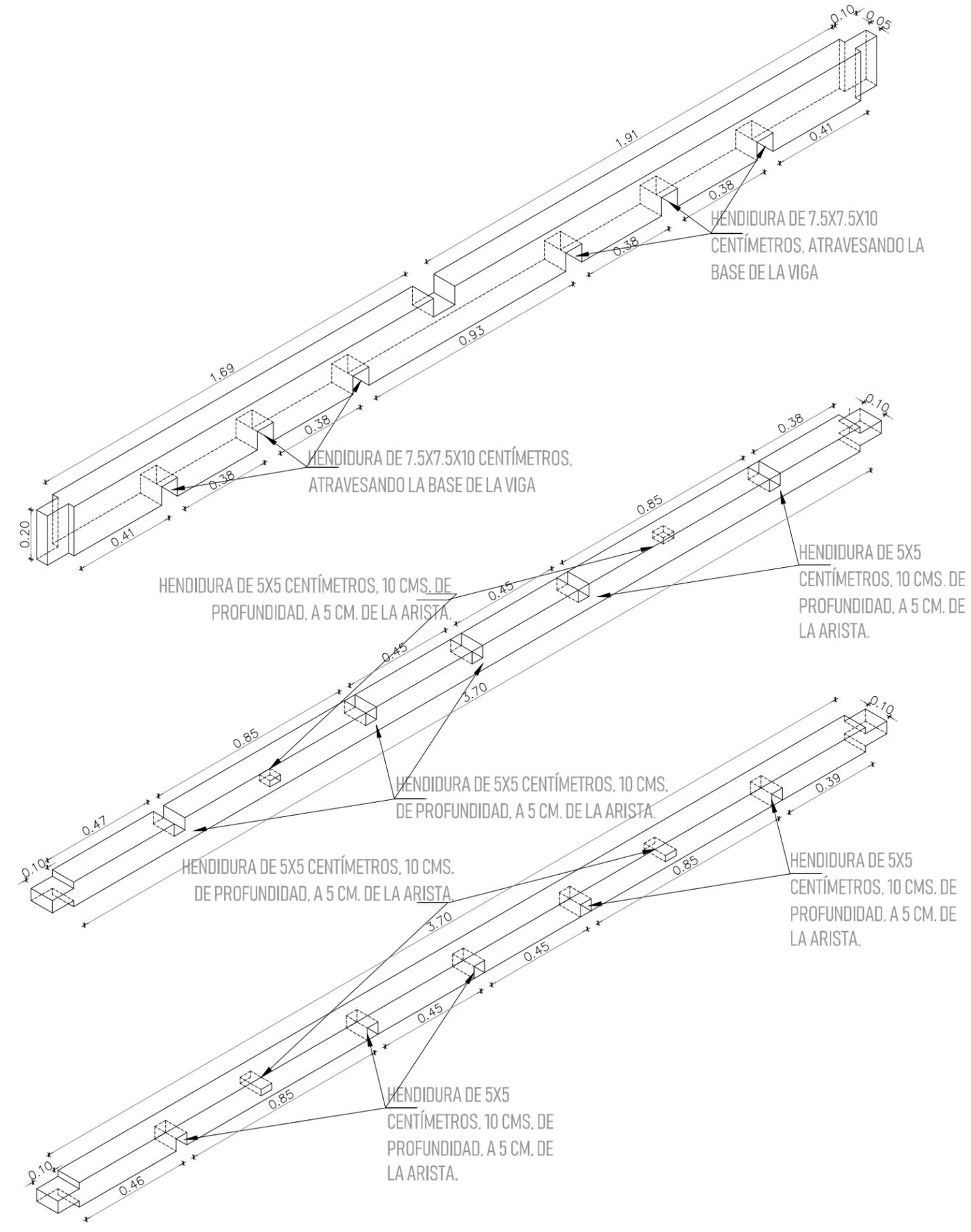
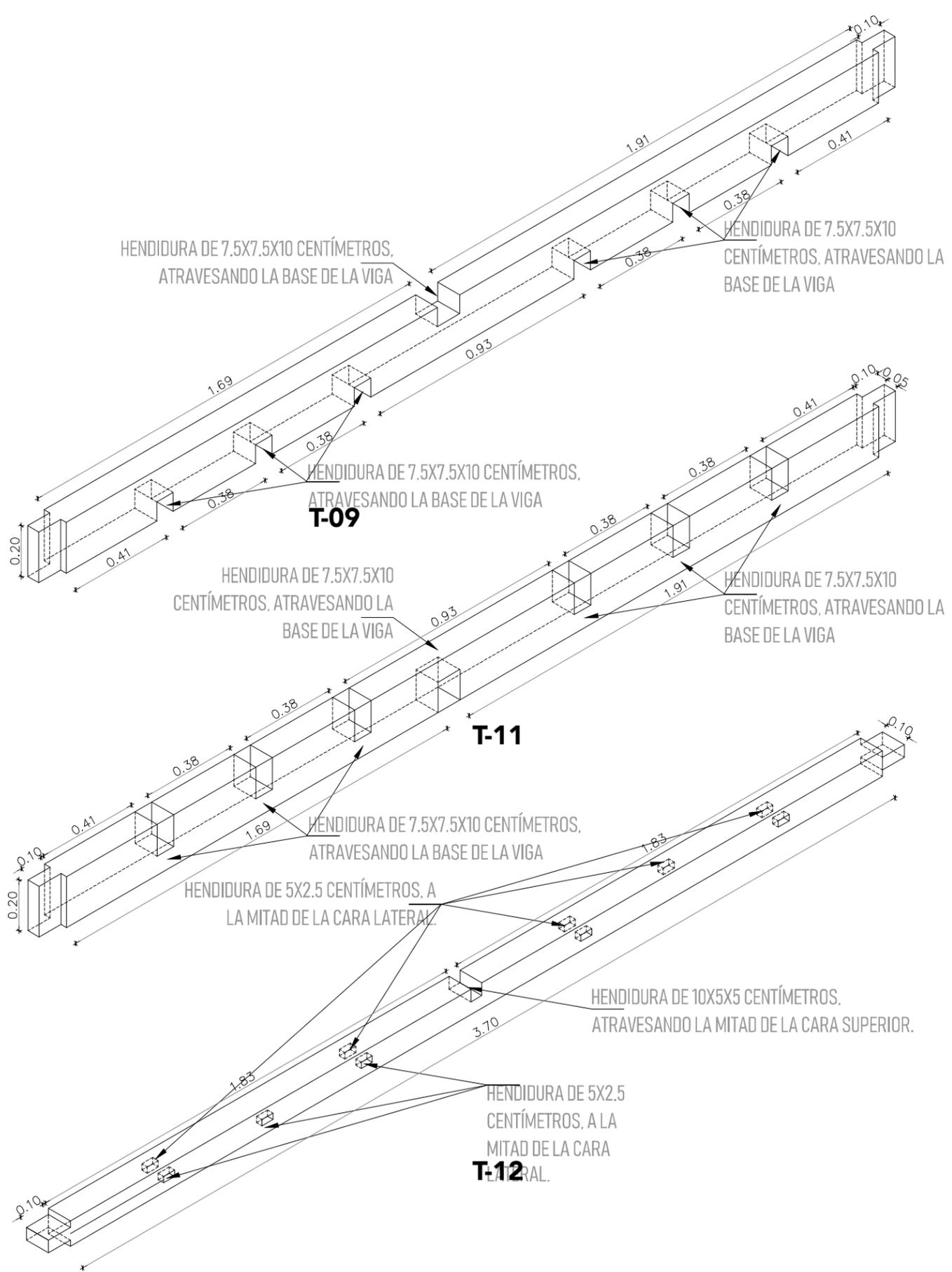


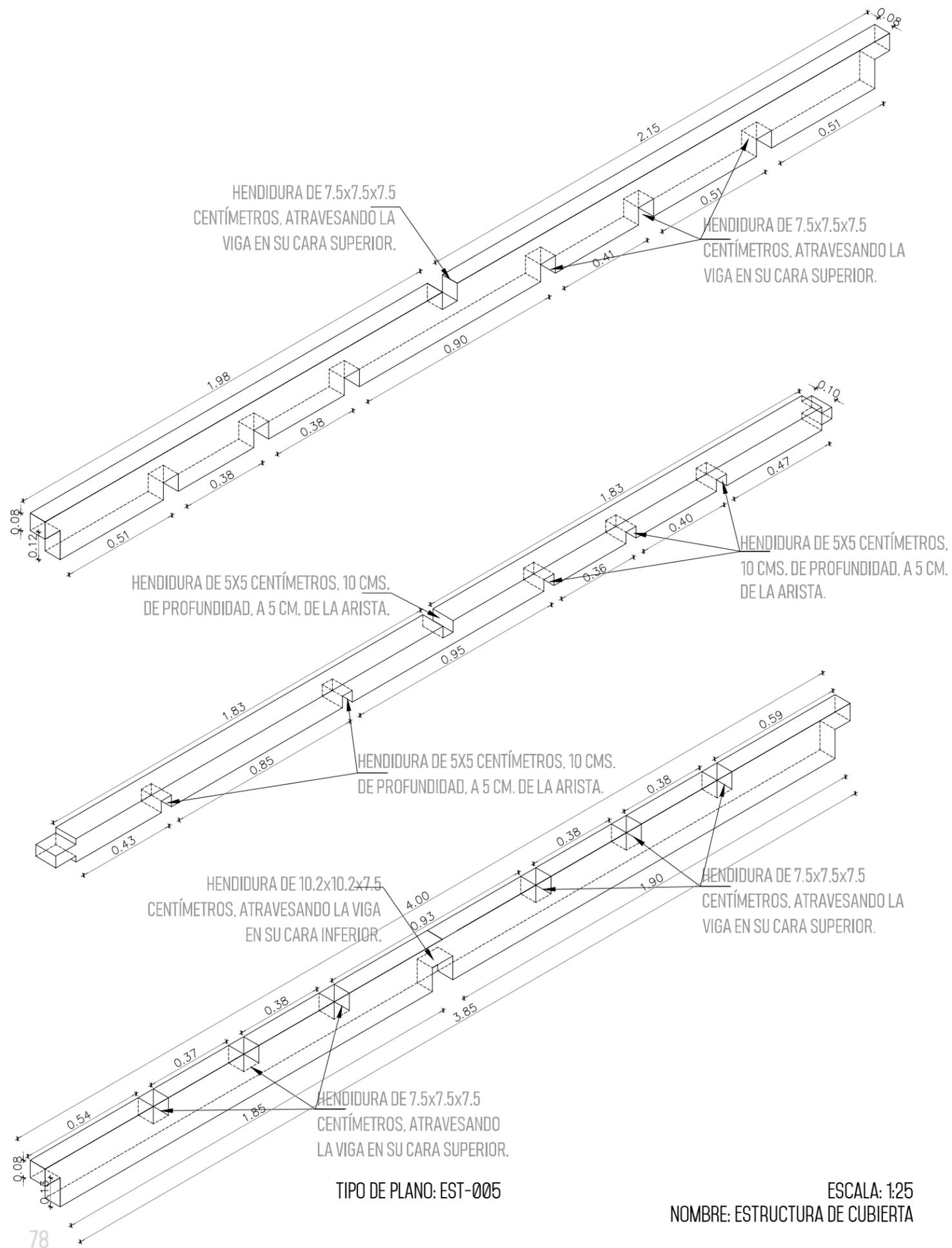
la diferencia de pesos entre ese extremo y el otro.

Es importante que el usuario considere la relevancia de sus pertenencias en su vida diaria, no solo por el peso de cada una y su consecuente relación con la capacidad de supervivencia del hábitat. La cantidad de efectos personales presentes al momento del embate de un huracán no solo incrementa la conexión emocional a la vivienda que probablemente debe ser evacuada, también incrementa los daños potenciales.

CARACTERÍSTICAS GENERALES:

TRABE DE MADERA DE PAROTA DE 2X4 PULGADAS, ACOPLADA POR TORNILLOS DE ALUMINIO GRADO MARINO DE 1/2".





ESCALA: 1:25
 NOMBRE: ESTRUCTURA DE CUBIERTA

DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE LA CUBIERTA

CARACTERÍSTICAS DE LA ESTRUCTURA:

MADERA DE ZAPOTE TRABAJADA EN TALLER CON HERRAMIENTA ELÉCTRICA. UNIDA ENTRE SÍ CON PEGAMENTO BLANCO Y TORNILLOS DE ALUMINIO GRADO MARINO DE 1/2". COLOCADOS AL CENTRO DE CADA UNIÓN ENTRE PARTES.

Las dos cubiertas se diseñaron con elementos comunes, sus únicas diferencias son los medios de anclaje al resto de la estructura, por las particularidades de las columnas que deberán soportarlas.

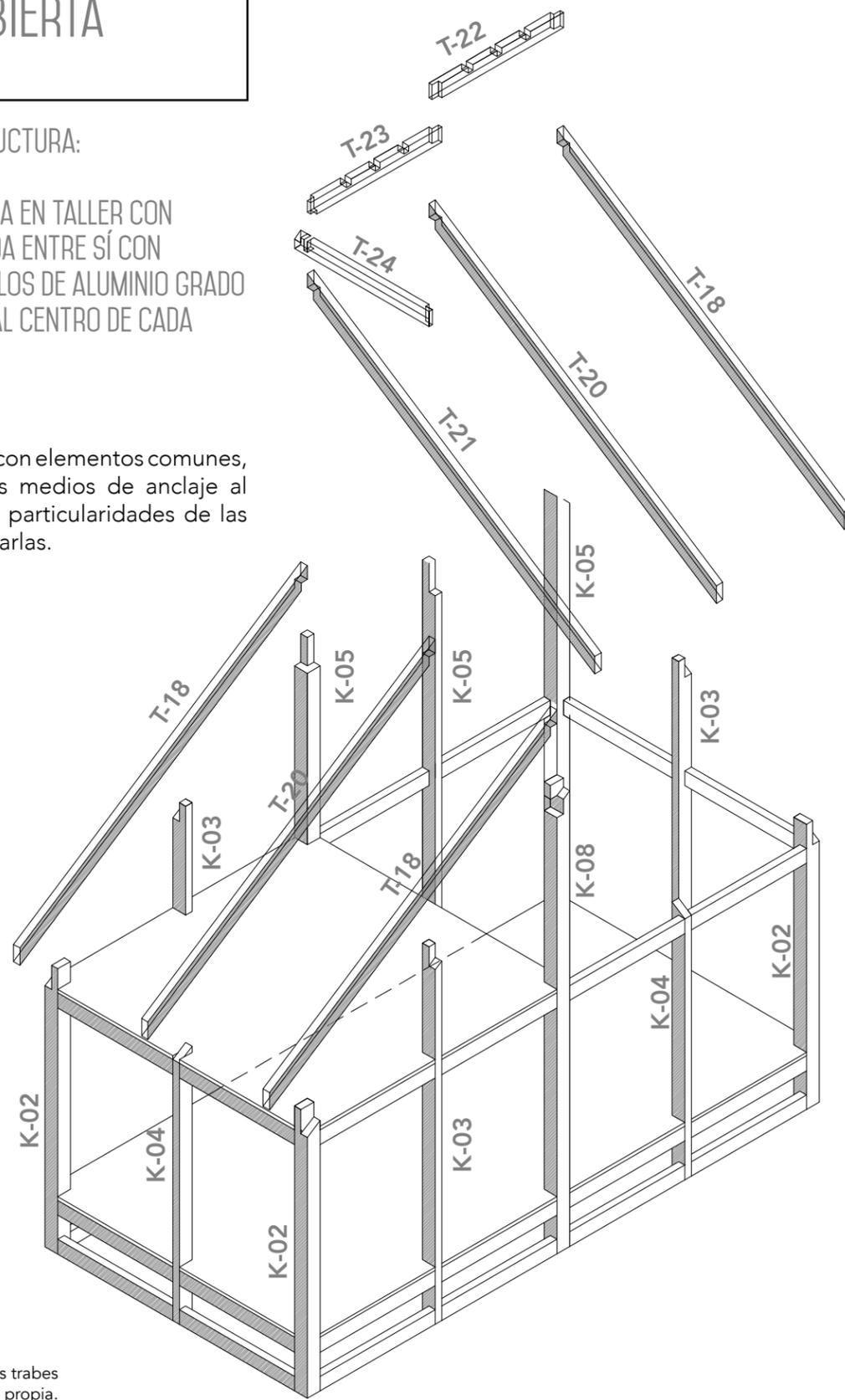


Imagen 59. Esquema de acomodo de las traves y vigas de la techumbre. Elaboración propia.

MATERIALES LOCALES



ESTRUCTURA DE MADERA DE ZAPOTE

El zapote es un árbol común y considerado maderable en todo el sur y sureste de México. A diferencia de otras maderas aptas para la construcción, esta es particularmente resistente al agua salina.

PRECIO: 2,000 MXN por tonelada.

NOMBRE BOTÁNICO:	Manikara zapota, Familia Sapotaceae
DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA:	Sur de México, Centroamérica; cultivado al norte de Sudamérica, Caribe y sureste de Asia.
OTROS NOMBRES:	Árbol del chicle, chapote, peruétnano, xicozapotl, sapodilla, zapote.
ESTATUS DE PROTECCIÓN:	No protegido
ANTECEDENTES:	Es un árbol importante en los bosques tropicales cálidos. Tradicionalmente, sus productos no madereros como el látex y su fruto, son más importantes que su madera para la economía local.
CARACTERÍSTICAS DE LA MADERA:	Duramen de color uniforme café rojizo, oscuro o morado, ocasionalmente con vetas oscuras. Madera seca sin olor distintivo.
TRABAJABILIDAD	Madera difícil de trabajar con herramientas manuales por su densidad, de buena trabajabilidad con maquinado reforzado con carburo de tungsteno o estelita. Permite buenos acabados. Difícil de encolar con pegamento blanco común. Imprescindible perforar previo al atornillado.
PROPIEDADES FÍSICAS	
peso verde	1311
densidad seca al aire CH ₁₂ (g/cm ³)	1.13
contracción	Total: Normal
radial	7.1 2.7
tangencial	9.0 3.9
hinchamiento diferencial	radial:0.33 tangencial: 0.41
estabilidad dimensional	muy buena
PROPIEDADES MECÁNICAS	
resistencia a compresión paralela	57-65-73
módulo de elasticidad	118-149-180
resistencia al impacto	10-977-13607-16238
cizallamiento	45-66-87
dureza JANKA (lateral)	17-20-23
dureza BRINELL (lateral)	60-69-78

Fuente: Richter, Silva, Fuentes, Rodríguez, Torres. *Fichas de Propiedades Tecnológicas de la Madera*. Universidad de Guafalajara, ITTO, CONAFOR. Marzo 2012.



MUROS DE MADERA DE PAROTA

La Parota es una madera tropical muy ligera y fácil de trabajarse. No cuenta con resistencia suficiente para servir como elemento estructural, pero funciona para estructuras divisorias y muebles. En este caso, se ocupa en los muros modulares. También es resistente al agua.

PRECIO: 1,300 MXN por tonelada.

NOMBRE BOTÁNICO:	<i>Enterolobium cyclocarpum</i>
DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA:	México, América Central, norte de América del Sur
ESTATUS DE PROTECCIÓN:	No protegido
CARACTERÍSTICAS DE LA MADERA:	Albura de color blanco amarillento a grisáceo, nítidamente diferenciada del duramen de color café a pardo oscuro, con veteado suave. Textura gruesa, superficie algo lustrosa, madera seca sin sabor ni olor característico.
TRABAJABILIDAD	Madera de peso bajo a mediano, moderadamente difícil de trabajar manualmente. Ofrece alto pulimento con aplicación previa de sellador. Fácil de laquear y pegar. Clavado y atornillado no requieren taladrado previo.
PROPIEDADES FÍSICAS	
peso verde	750
densidad seca al aire CH ₁₂ (g/cm ³)	0.38-0.45-0.52
contracción	Total: Normal
radial	2.2 1.0
tangencial	5.0 2.6
estabilidad dimensional	regular
PROPIEDADES MECÁNICAS	
resistencia a compresión paralela	24-35
módulo de elasticidad	4500-7400
cizallamiento	6-7
dureza JANKA (lateral)	2.4

Fuente: Silva Guzmán. *Fichas Técnicas Sobre Características Tecnológicas y Usos de Maderas Comercializadas en México*. Tomo I. CONAFOR. 2006

TECHO DE PALMA

La palma de huano es relativamente común en la zona, así como el uso de sus hojas para cubrir techumbres, y repararlas. Por su misma disponibilidad, es extremadamente barata.

PESO: aproximadamente 5 kilos por pieza.

PRECIO: 9 pesos mexicanos por hoja.



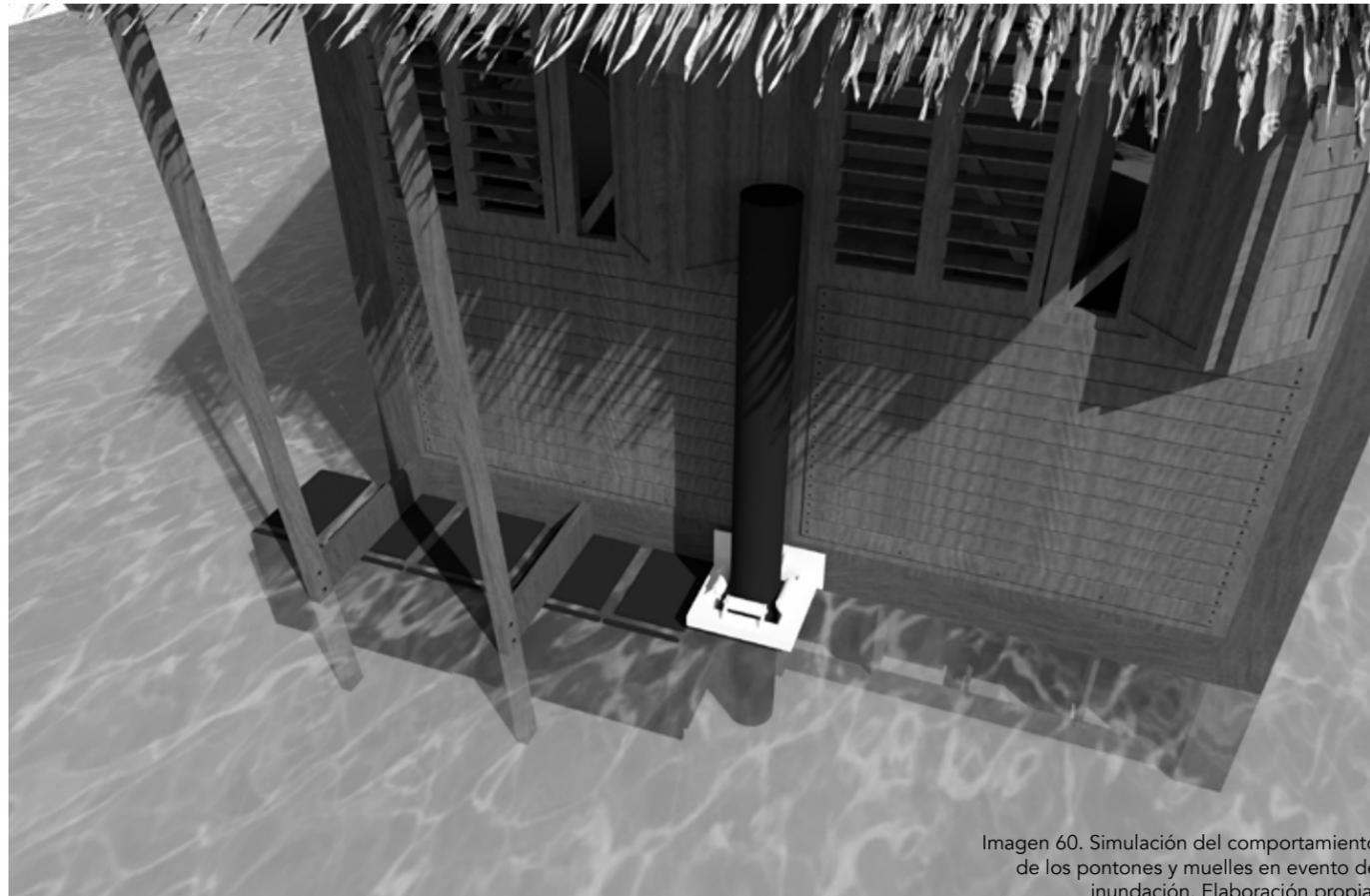


Imagen 60. Simulación del comportamiento de los pontones y muelles en evento de inundación. Elaboración propia.

OTROS MATERIALES

SISTEMA DE PILAS GUÍA DE ACERO Y CONCRETO

La vivienda no está cimentada en el suelo de arena sobre el que se desplanta. Sus columnas estructurales se encajan sobre el suelo, con el único objetivo de darle estabilidad. En el evento de una inundación, la estructura entera del edificio se despegaría del suelo. Para prevenir que se mueva de su ubicación, y que la estructura no se voltee, se propone un sistema de pilas-guía que, conectadas a la vivienda por medio de rieles, sí se cimentan en el suelo, con 5 metros de profundidad, en pilotes de concreto de 30 cm de lado, cuyo objetivo es mantenerlas lo más estables posibles, ante el golpe del movimiento de la casa, y ante el movimiento de la arena por la erosión.

PRECIO: 3,000 MXN por pila-guía.

El proceso constructivo del modelo no es difícil, pero requiere de coordinación para poder desarrollarse velozmente. La estructura se ha modulado al máximo para reducir la cantidad de elementos diferentes a producir.

Las traveses perimetrales, las estructuras de las plataformas del piso y las techumbres procuran piezas casi idénticas entre sí para su compleción. Los elementos más complejos son las columnas, que corriendo desde el subsuelo hasta el techo, llevan diversos cortes en sí, que requieren de particular atención.

Todo el sistema de uniones se da primordialmente por ensamblajes, aunque reforzados por pernos de acero.

La estructura es relativamente desmontable y móvil, pero se recomienda que se ensamble en sitio, para mantener una referencia visual entre el edificio y las pilas guía.

En caso de que se ensamble fuera de su ubicación final, deberá tomarse en cuenta que sus rieles no

se deberán ensamblar a la estructura sino hasta que esta se haya colocado en su sitio.

Los módulos que conforman a los muros, sin embargo, pueden hacerse en taller, para su traslado posterior al sitio. Todas sus armaduras comparten las mismas dimensiones, por lo que el usuario puede intercambiarlos entre sí. En el evento de un huracán de categoría 4 o mayor, los módulos de ventanas desplegables debe reforzarse manualmente con vigas diagonales.

PONTONES DE POLIETILENO

Estas plataformas de plástico tienen cada una una capacidad de buoyancia de 1,500 kg, y distribuidas debajo de la plataforma de piso, empujan todo el peso del edificio cuando el agua las comienza a rodear.

Se investigaron diversos sistemas de flotación como alternativas, de los cuales este resultó el más sencillo de obtener, a pesar del proceso de importación desde China (el producto es chino) y también resultó ser el más económico y ambientalmente amigable, en relación con su precio.

Los otros sistemas de flotación que existen en el mercado pueden ser de plataformas de concreto, que implican un costo y una mano de obra más caros, sistemas de flotación de muelles, que son mucho más sencillos de ensamblar pero más costosos, sistemas de pontones de acero, que son mucho más resistentes pero también más costosos, y los sistemas de flotación por tanques vacíos de poliuretano, cuya resistencia es mucho menor pero son mucho más baratos.

La ventaja de todos los pontones de plástico es la resistencia y la facilidad con que se pueden reparar o en su defecto reponer.

PESO: 130 kilos

PRECIO: 4,000 MXN por pieza.

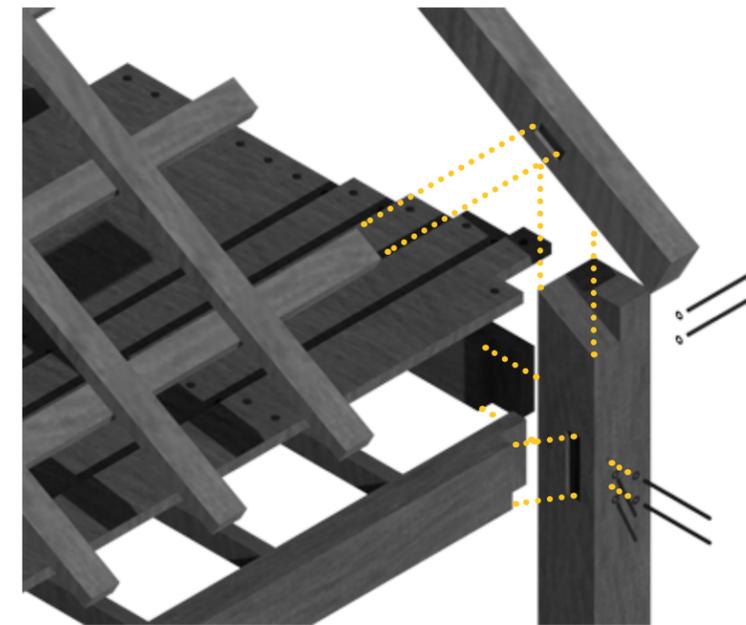


Imagen 61. ejemplo de las uniones propuestas para la estructura de madera y sus partes.



Imagen 62. Pontón de polietileno. Fuente: BT Beijing. Proveedor.

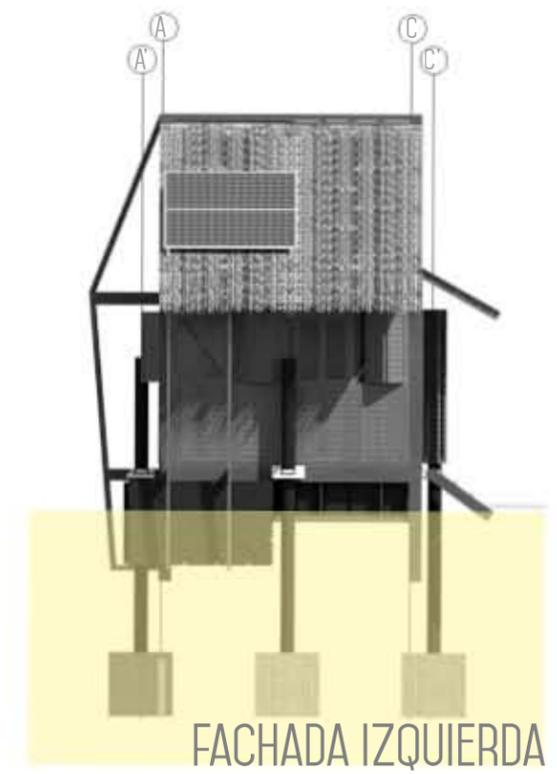
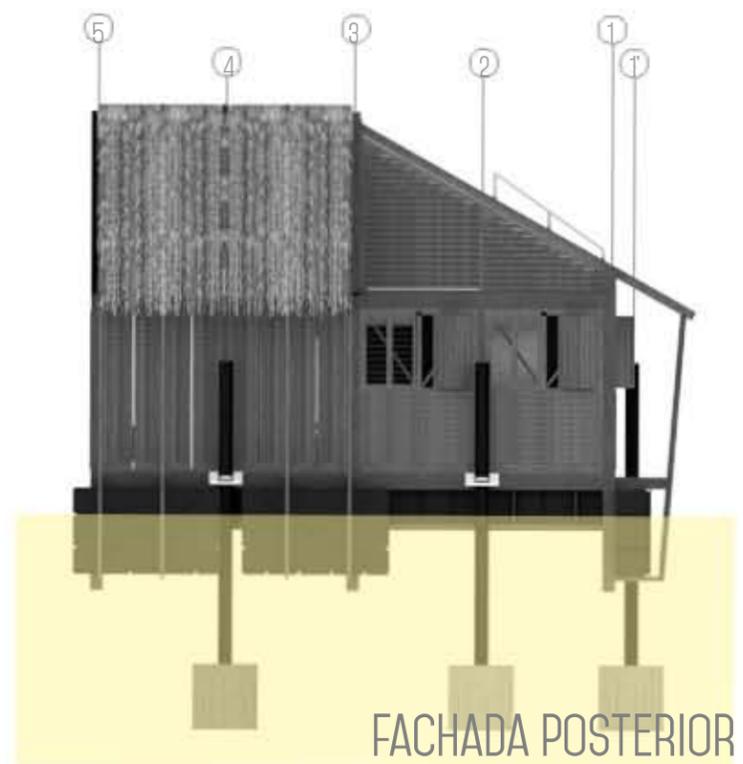
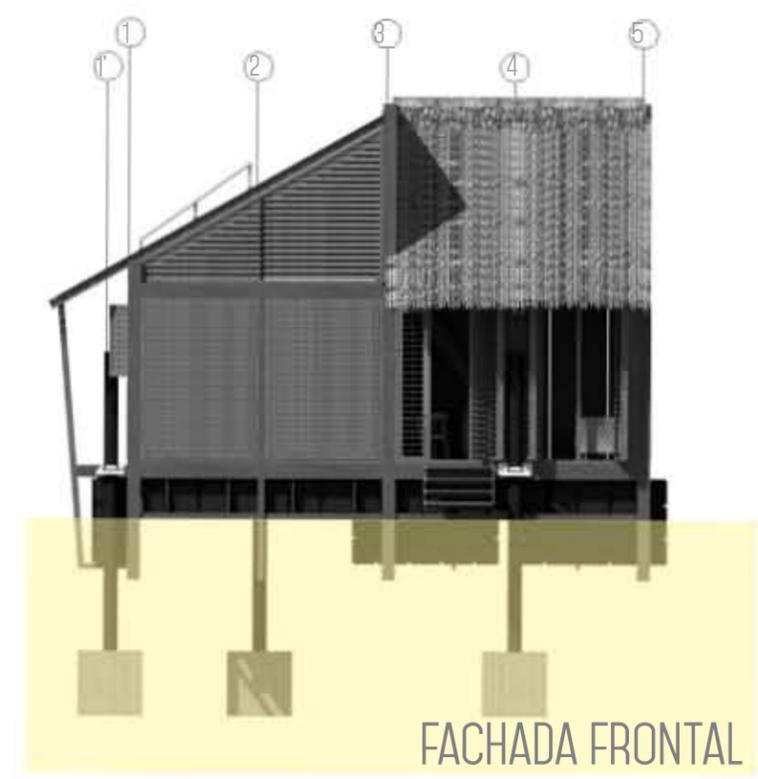
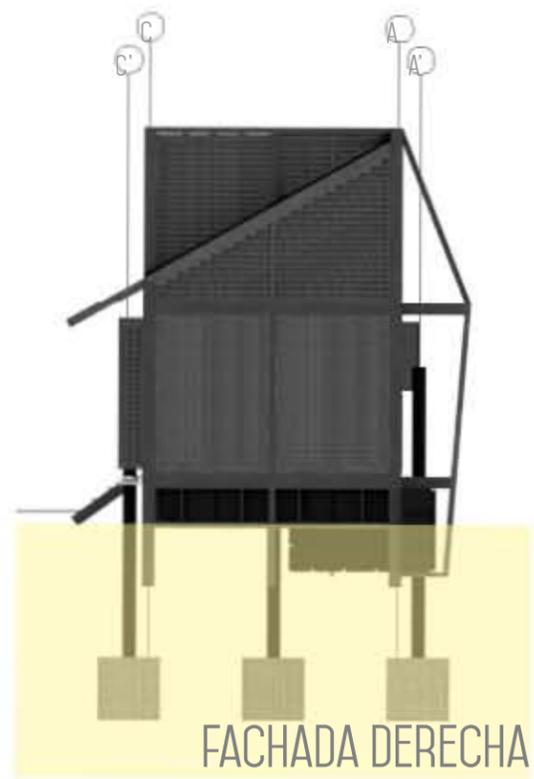


Imagen 63. Semblanza nicial de las 4 fachadas de la vivienda.

SEMBLANZA DEL PROCESO CONSTRUCTIVO

Se propone que la construcción de la vivienda se divida entre el ensamblado y armado en sitio y el ensamblado en taller. La fabricación de las piezas de la estructura se llevará a cabo en paralelo con la excavación y colocación de las estructuras de las guías y la plataforma de reposo, seguida de la fabricación de los muros, las piezas más elaboradas de toda la vivienda. Se calcula un periodo de construcción de dos meses, con un equipo de 4 personas en taller y 4 personas en sitio, con apoyo manual o de maquinaria complementarios en la etapa de excavación.

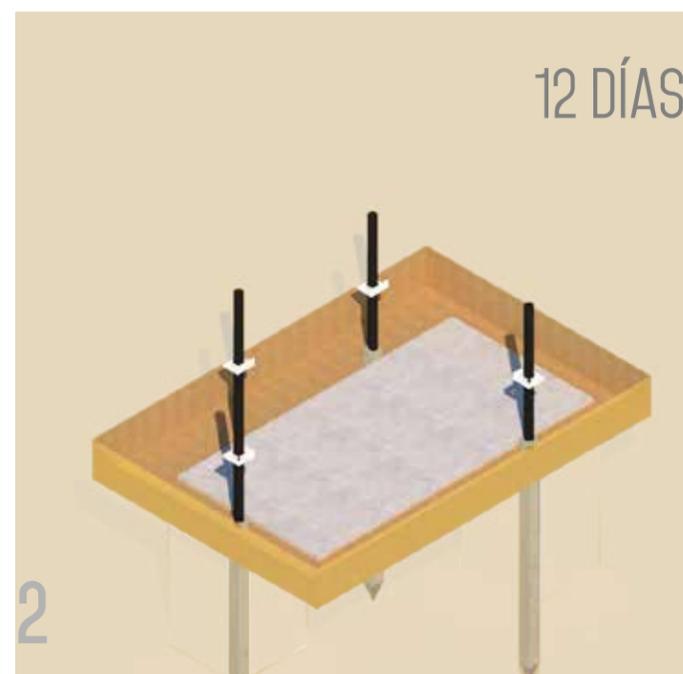
Aunque existe la posibilidad de recibir huracanes y tormentas tropicales todo el año, deberán tomarse en cuenta las temporadas de mayor y menor incidencia de fenómenos meteorológicos

para prevenir inconvenientes durante la construcción, particularmente durante la construcción de las cimentaciones, por el riesgo de inundación y de que se altere la composición de la arena alrededor del sitio.

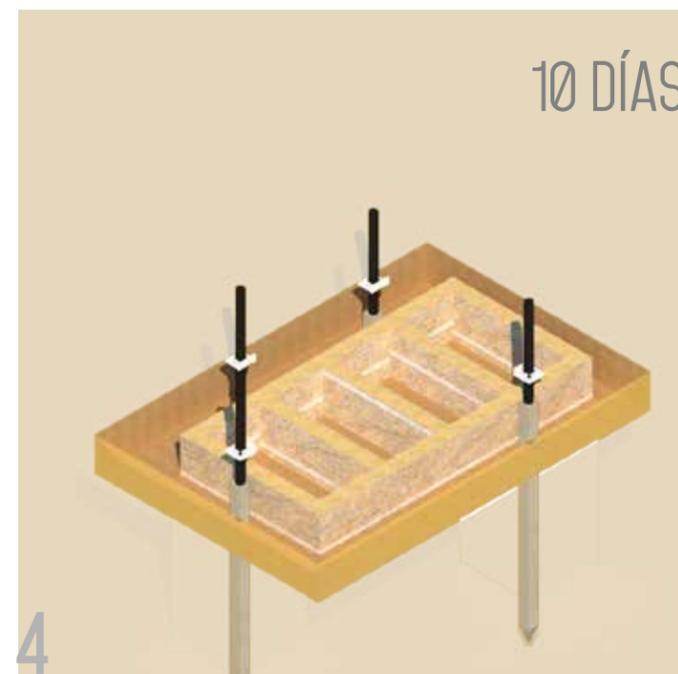
Existen algunas características de la cultura que pueden servir para economizar en el proceso constructivo y ahorrar tiempo, particularmente la costumbre local de la construcción de la vivienda como un evento social en el que la cooperación voluntaria es natural, particularmente entre familiares. En el caso de las viviendas que se construyan dentro de clusters, es posible que este apoyo comunitario se obtenga de los habitantes del resto del clúster, lo que será de especial importancia en el momento de conectar la vivienda al sistema hidrosanitario.



Se realiza una excavación de 1 metro de profundidad por 5 de ancho y 9 de largo, ayudada de tapias de madera para contener el bufo lateral de la arena del suelo, que tiene un ángulo de reposo de 36°. Esta puede hacerse manualmente o con grúa.



Se hincan los pilotes prefabricados y se unen a sus secciones superficiales de acero, mientras el perímetro de las pilas hasta el metro de profundidad. A esta profundidad se coloca la cama de concreto de limpieza para la plataforma de reposo de la vivienda, de 10 cms. de espesor.

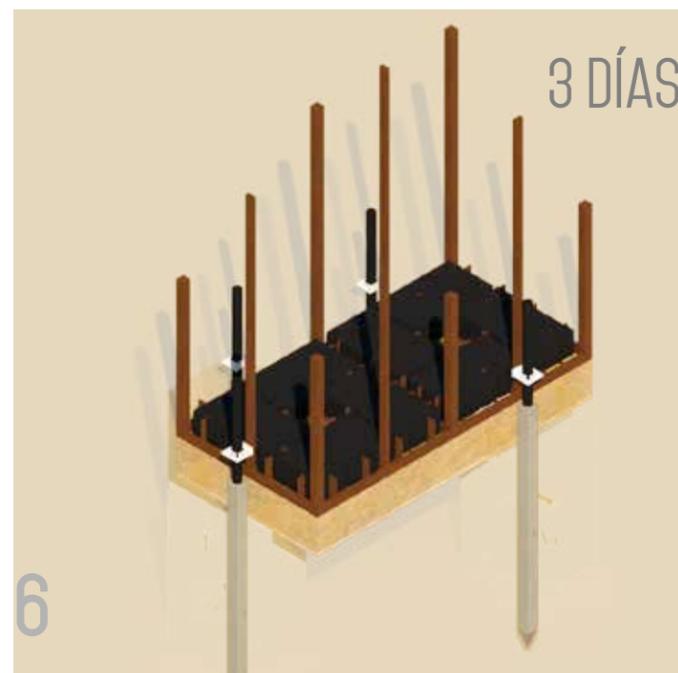


Se coloca la cimentación ciclópea, con piedra caliza y mortero de concreto, cal y arena.

Se deja solidificar por 10 días. Posteriormente se rellena el perímetro con arena blanda y se retiran los tapias.



Sobre la plataforma de reposo se desplantan las traveses inferiores de la plataforma de flotación y las columnas. Se rellena el perímetro con arena no compactada, para facilitar el movimiento de los pontones perimetrales. Se deja una excavación para instalaciones.



Se coloca el resto de las traveses inferiores y las columnas secundarias de la estructura de flotación, así como los pontones interiores.

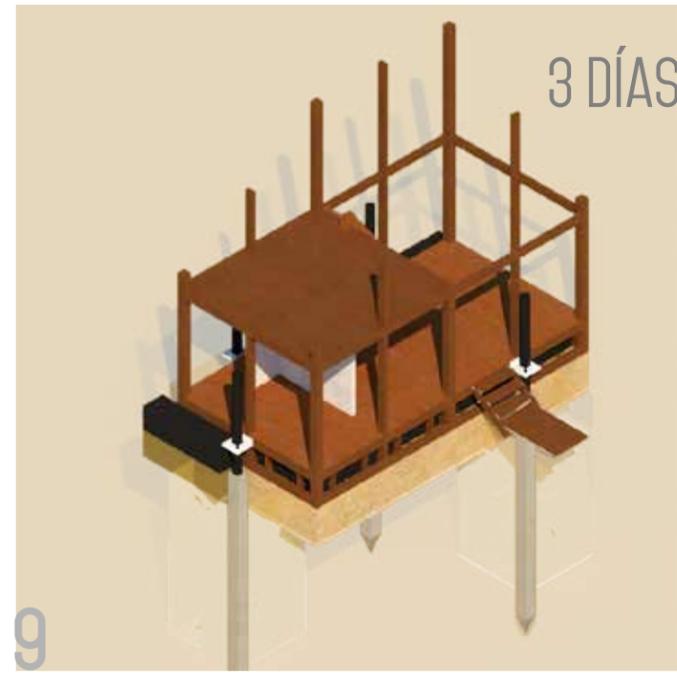


Se colocan las traveses superiores del sistema de flotación, que también son el soporte de la plataforma de piso.

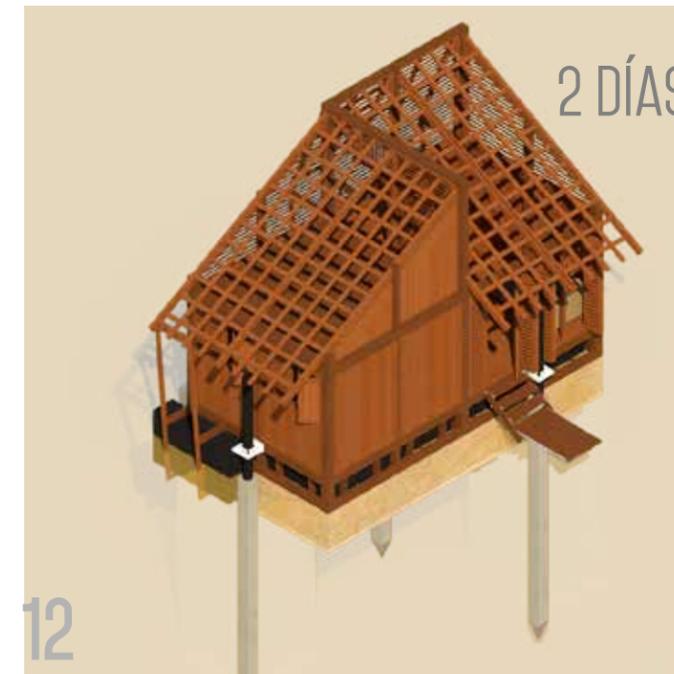


Se coloca la plataforma de piso y se unen los rieles a las traves superiores de la plataforma.

Comienza el armado de las escaleras en taller, así como de los muros.



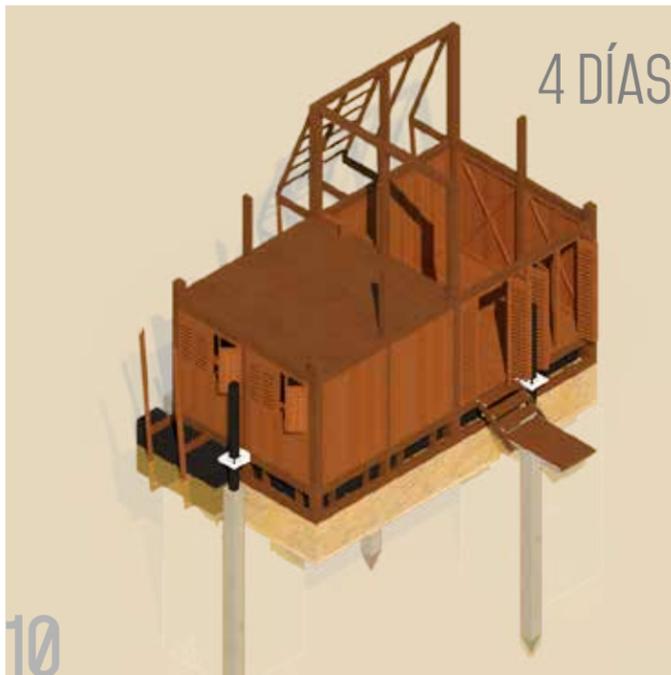
Se coloca el muro húmedo y la segunda plataforma de piso, y las escaleras. Los pontones perimetrales se colocan en posición. Se coloca la instalación sanitaria e hidráulica y se conecta al sistema municipal o al sistema del cluster.



Se coloca la estructura secundaria de la techumbre y los muros del segundo nivel.

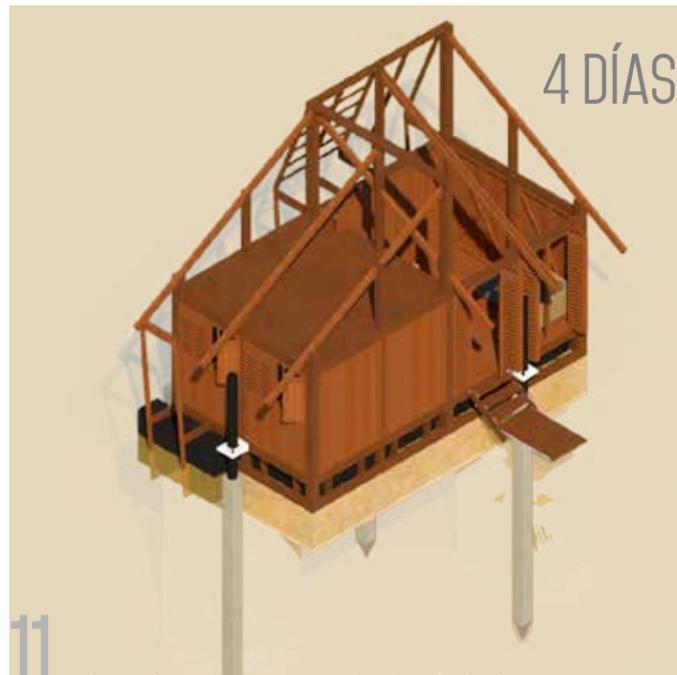


Se coloca el techo de palma y los paneles solares, que se conectan al sistema eléctrico.

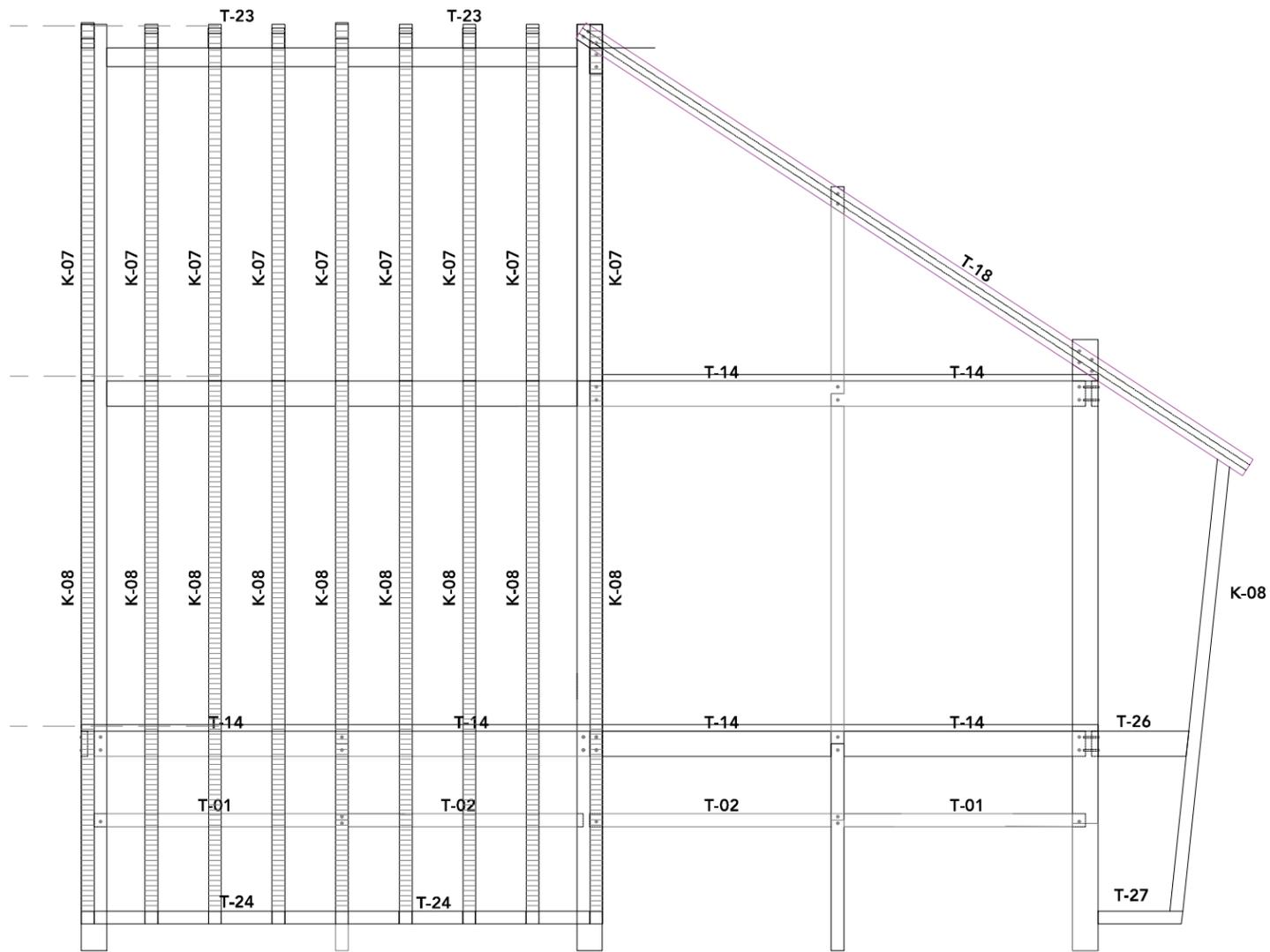


Se coloca la estructura secundaria perimetral alrededor de los pontones perimetrales.

Los muros se adhieren a la estructura principal.

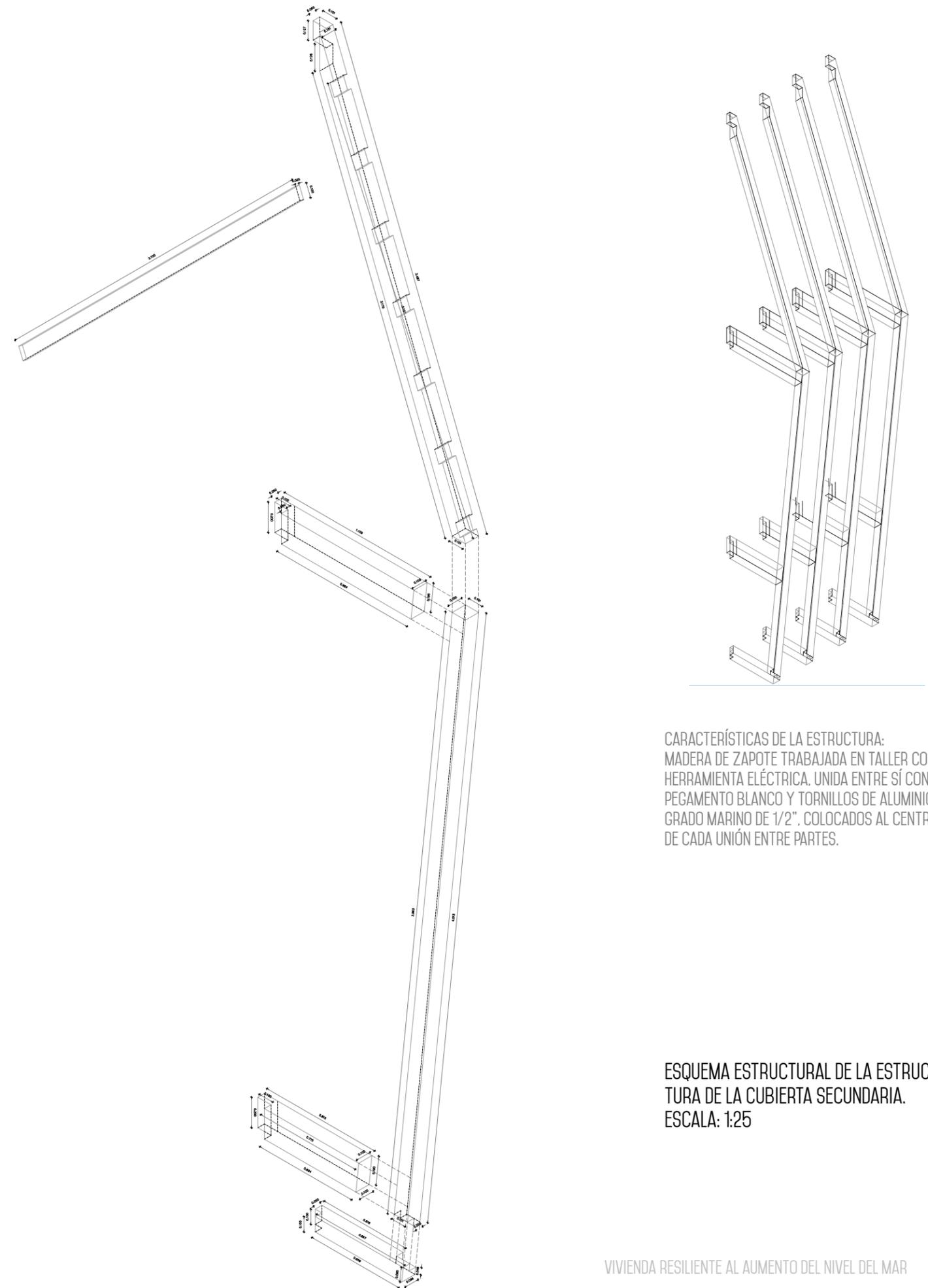


Se coloca la estructura principal de la techumbre y se ponen los acabados del baño: impermeabilización de la regadera, mobiliario. También se coloca la estructura de la cocina y el lavadero.



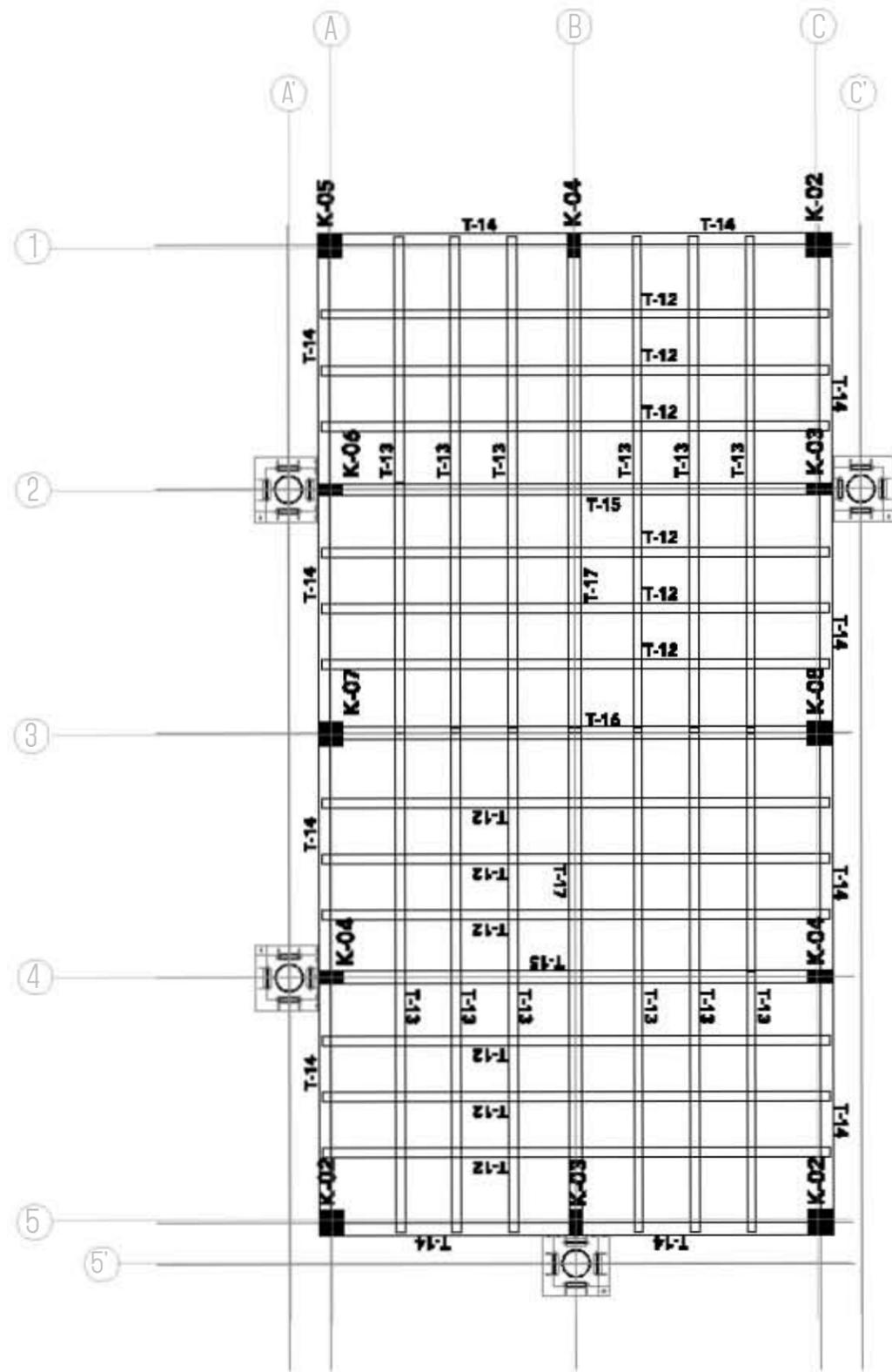
ESQUEMA DE ESTRUCTURA LONGITUDINAL, FACHADA ANTERIOR (DISTRIBUCIÓN DE ESTRUCTURA DE CUBIERTA SECUNDARIA).

TIPO DE PLANO: EST-007 ESCALA: 1:50
 NOMBRE: ESQUEMA DE DISTRIBUCIÓN DE TRABES Y DISEÑO DE TRABES DE ESTRUCTURA DE FLOTACIÓN SECUNDARIA

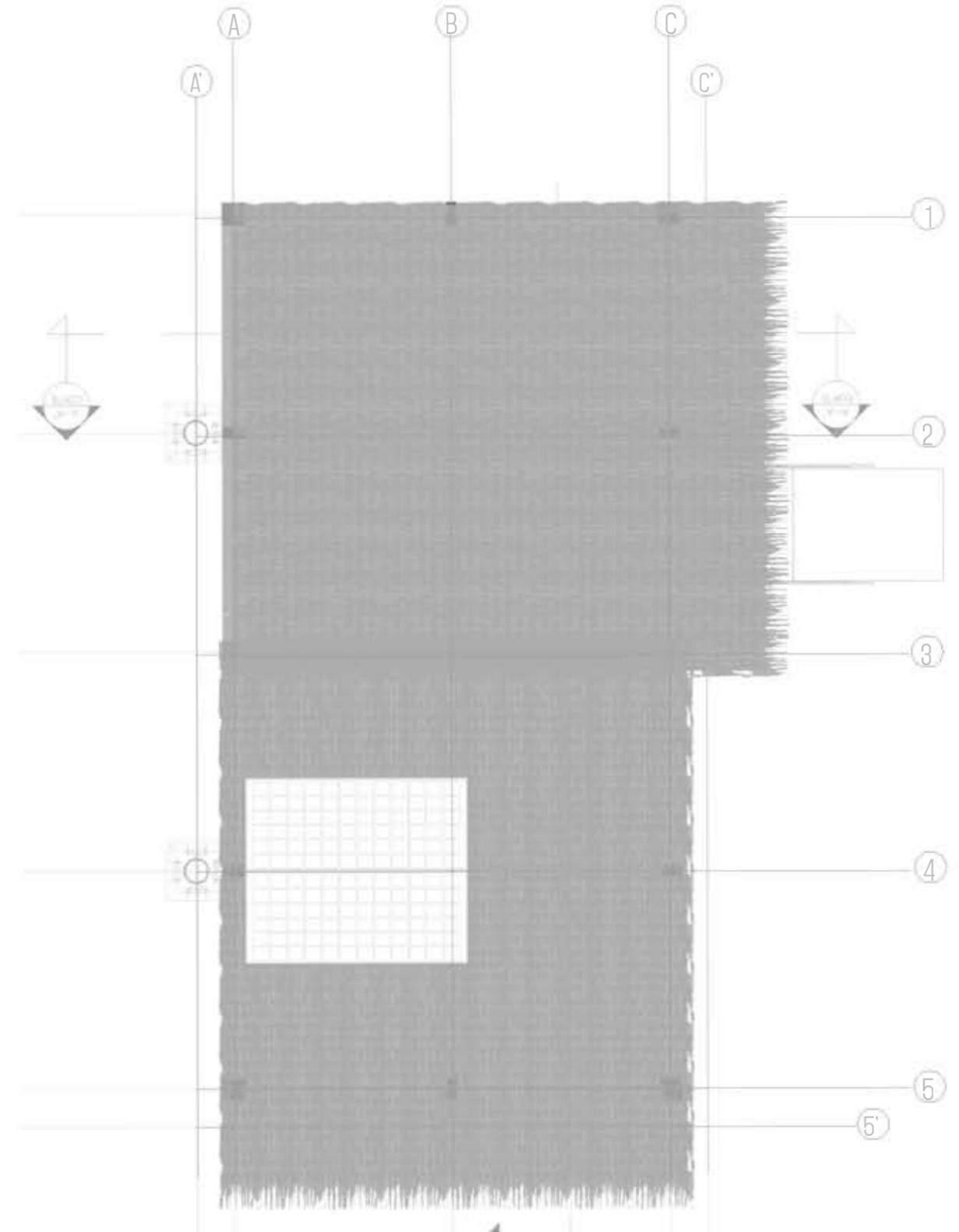


CARACTERÍSTICAS DE LA ESTRUCTURA:
 MADERA DE ZAPOTE TRABAJADA EN TALLER CON
 HERRAMIENTA ELÉCTRICA, UNIDA ENTRE SÍ CON
 PEGAMENTO BLANCO Y TORNILLOS DE ALUMINIO
 GRADO MARINO DE 1/2". COLOCADOS AL CENTRO
 DE CADA UNIÓN ENTRE PARTES.

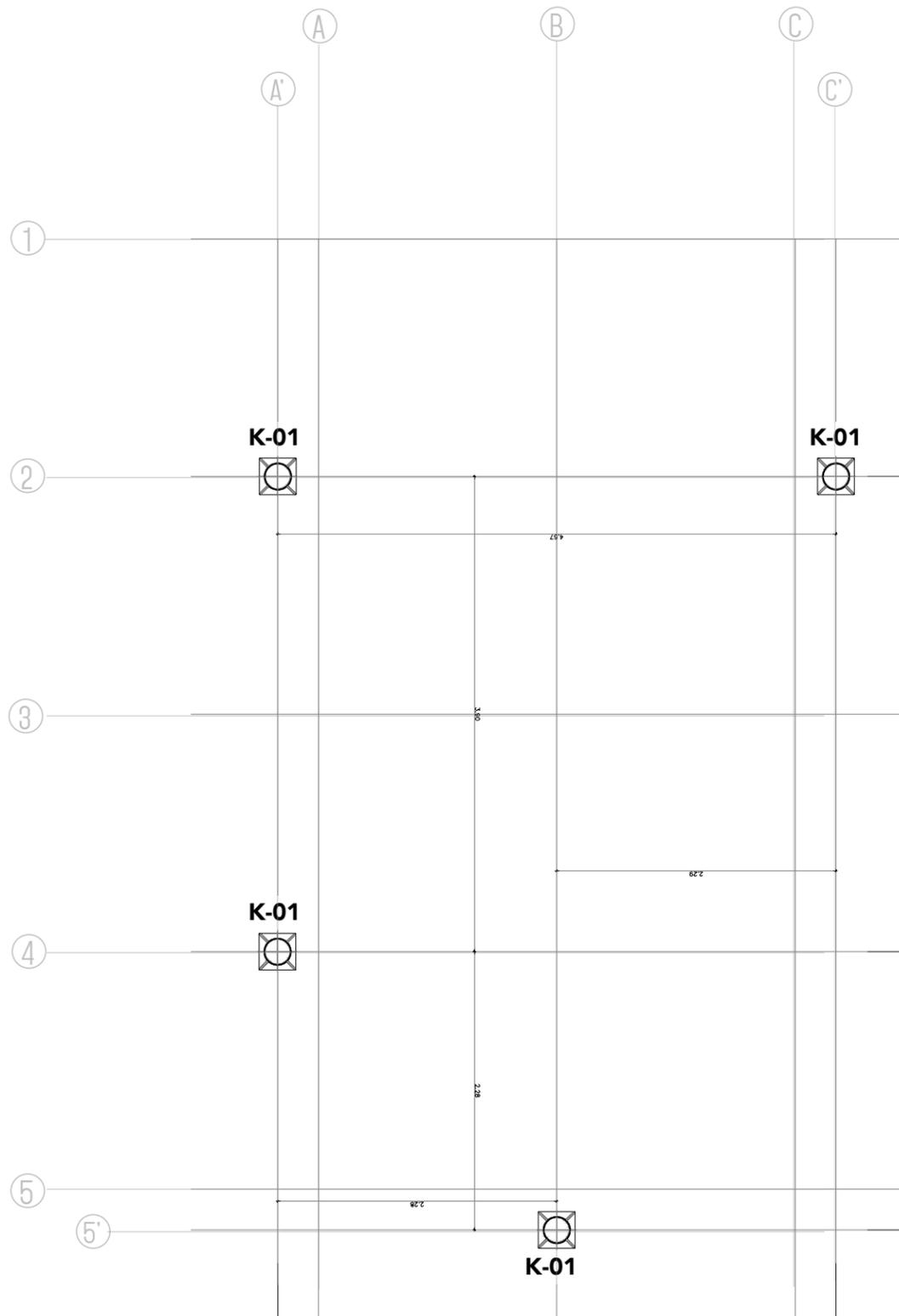
ESQUEMA ESTRUCTURAL DE LA ESTRUCTURA DE LA CUBIERTA SECUNDARIA.
 ESCALA: 1:25



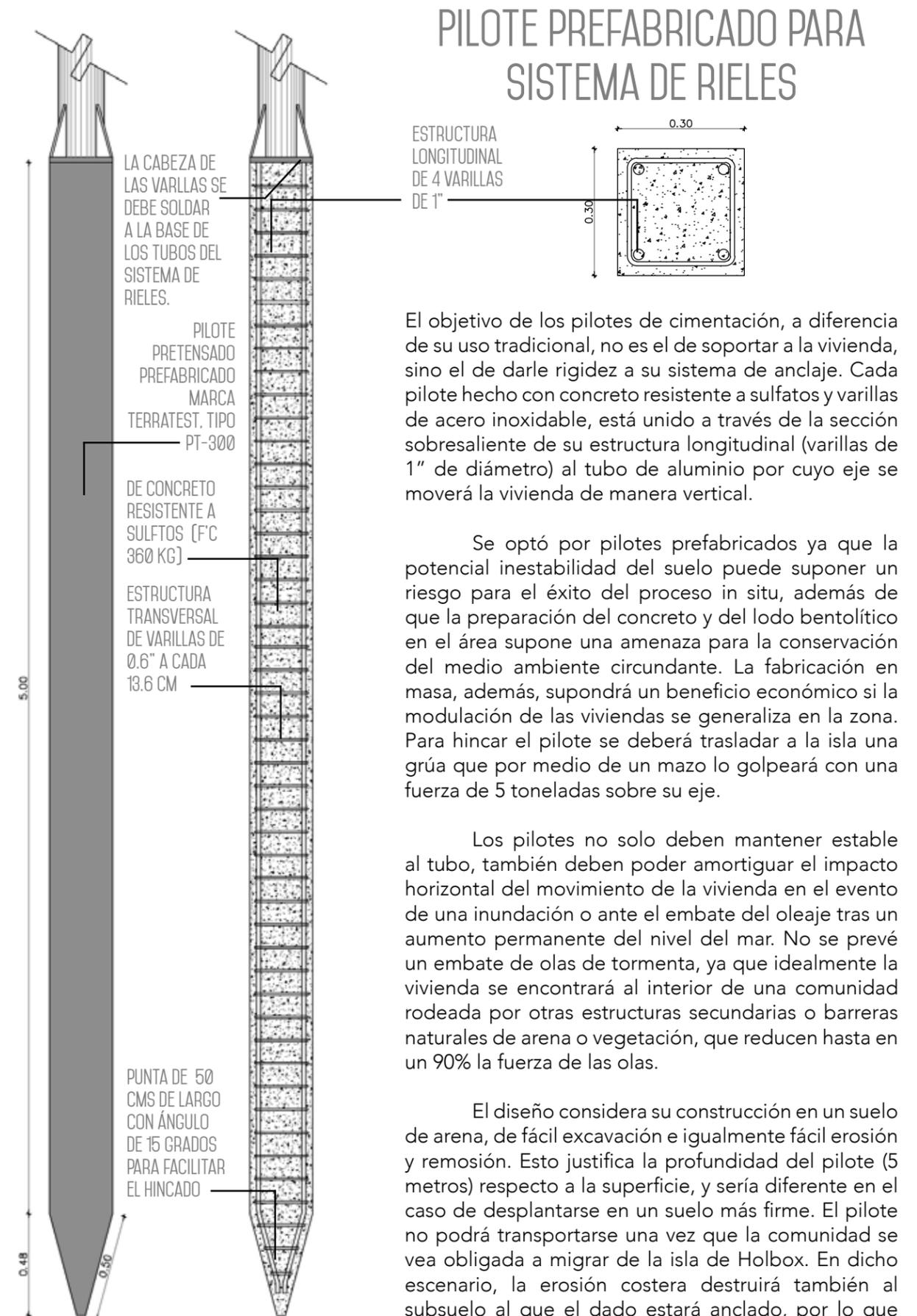
TIPO DE PLANO: EST-008 ESCALA: 1:50
 NOMBRE: ESQUEMA DE UBICACIÓN DE PILAS Y COLUMNAS.

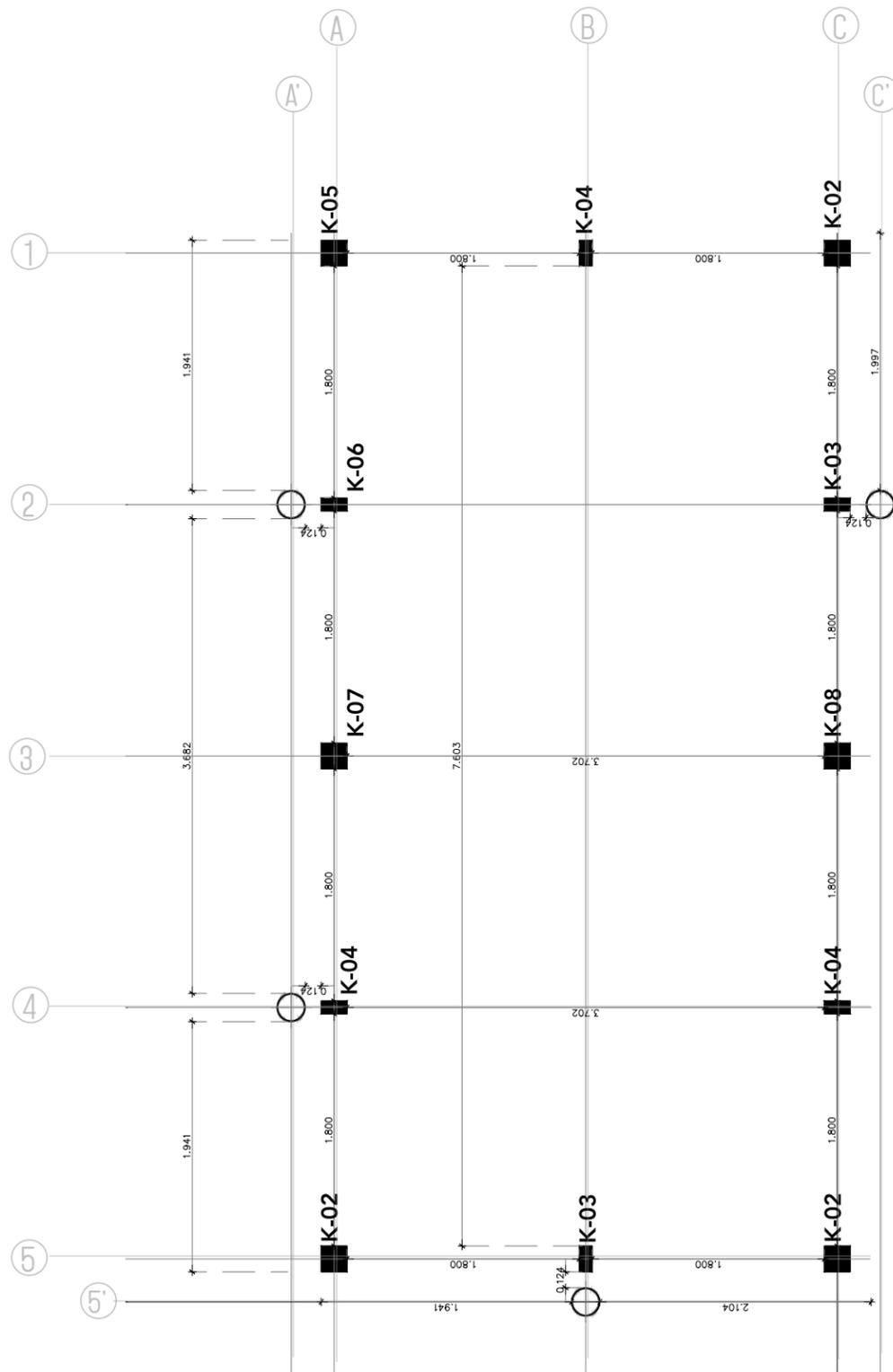


TIPO DE PLANO: EST-009 ESCALA: 1:50
 NOMBRE: PLANO DEL TECHO

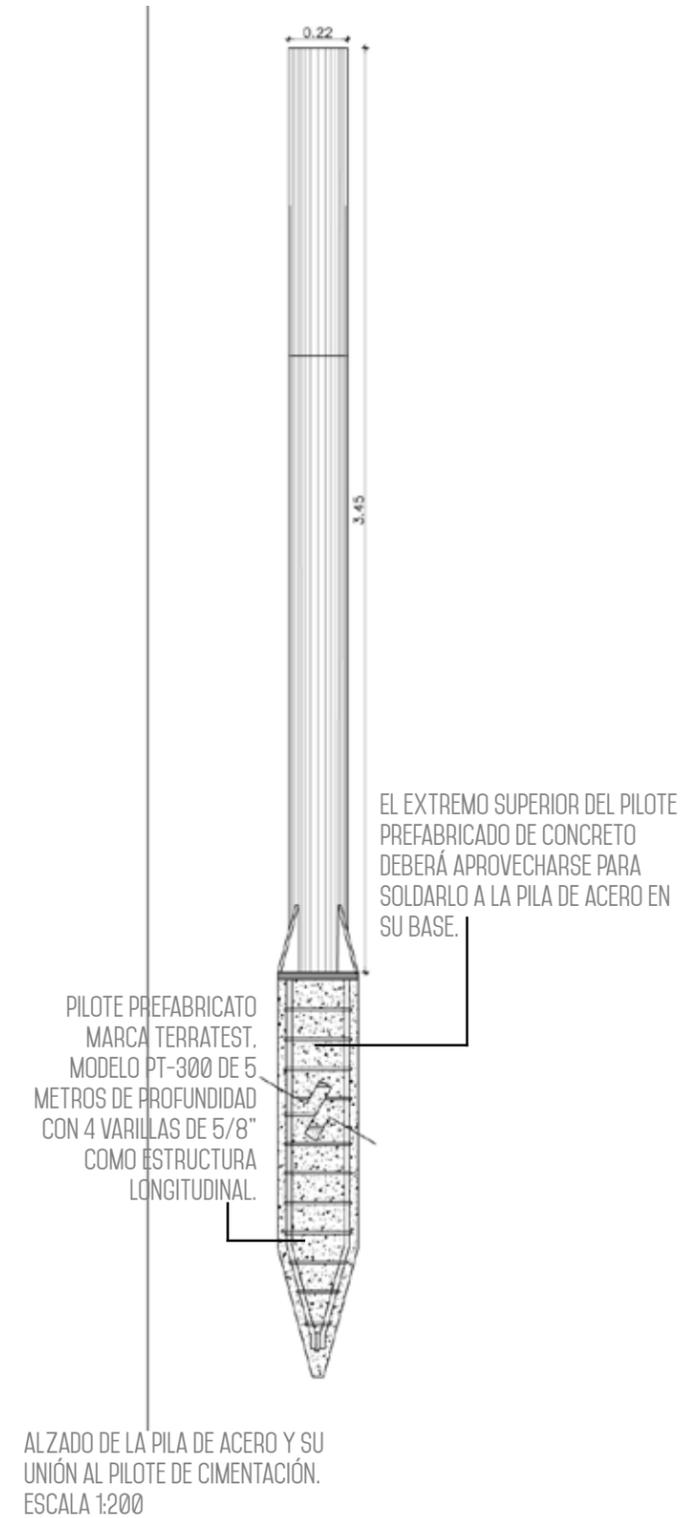


TIPO DE PLANO: EST-011 ESCALA: 1:50
 NOMBRE: DISTRIBUCIÓN DE PILOTES DE CIMENTACIÓN Y JUSTIFICACIÓN

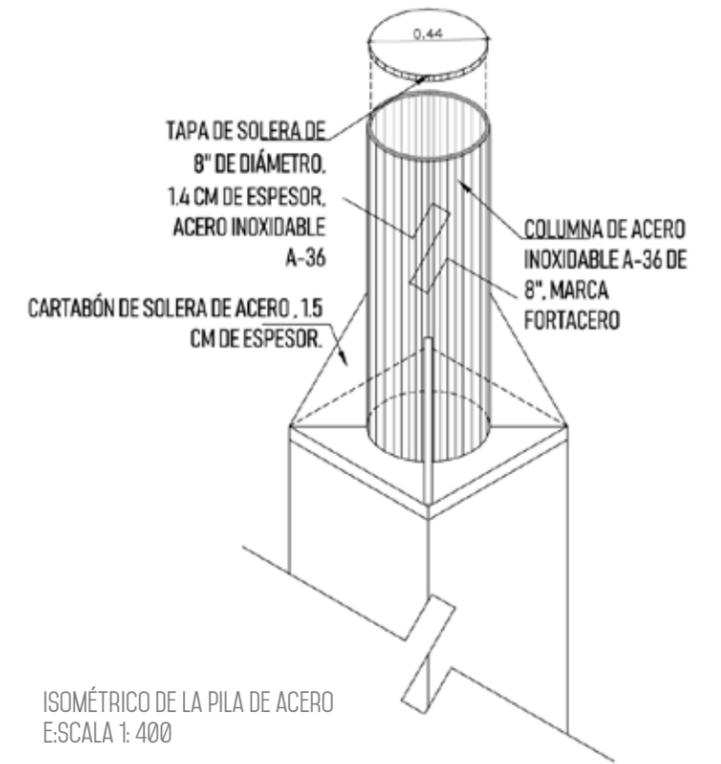




TIPO DE PLANO: EST-012 ESCALA: 1:50
 NOMBRE: ESQUEMA DE UBICACIÓN DE PILAS Y COLUMNAS.

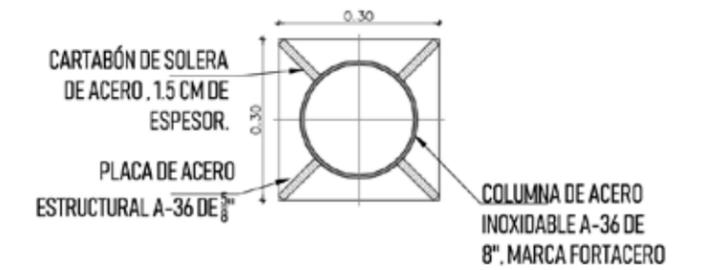


TIPO DE PLANO: EST-013 ESCALA: 1:50
 NOMBRE: DISEÑO DE LAS PILAS GUÍA

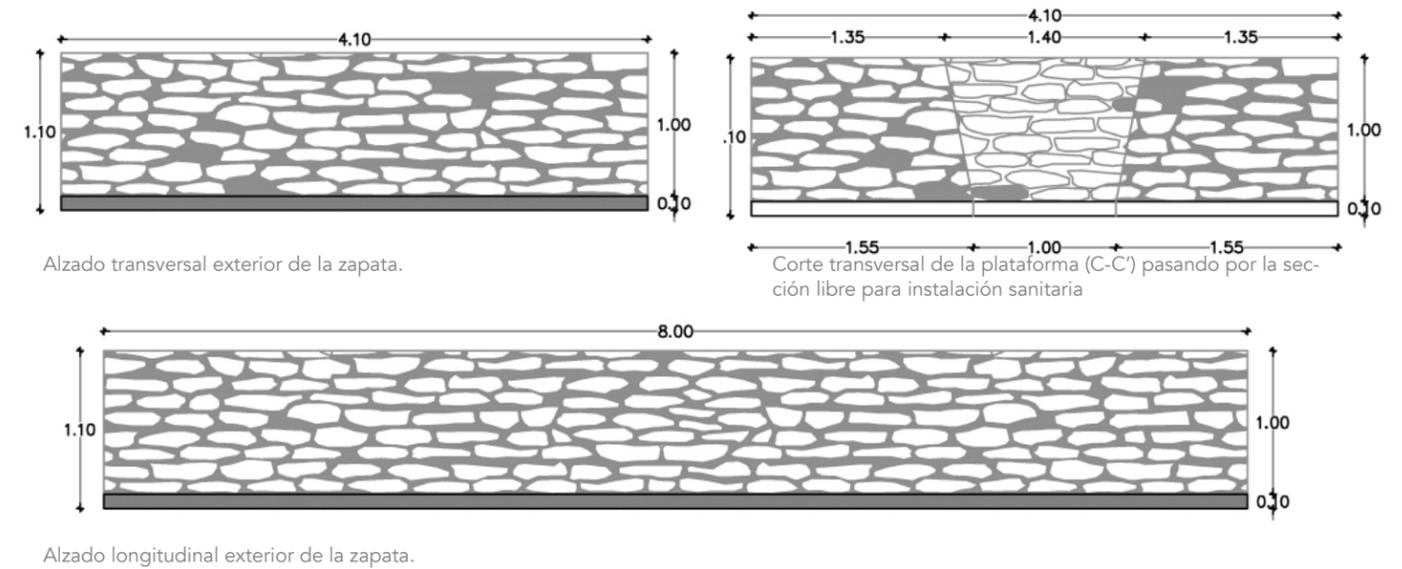
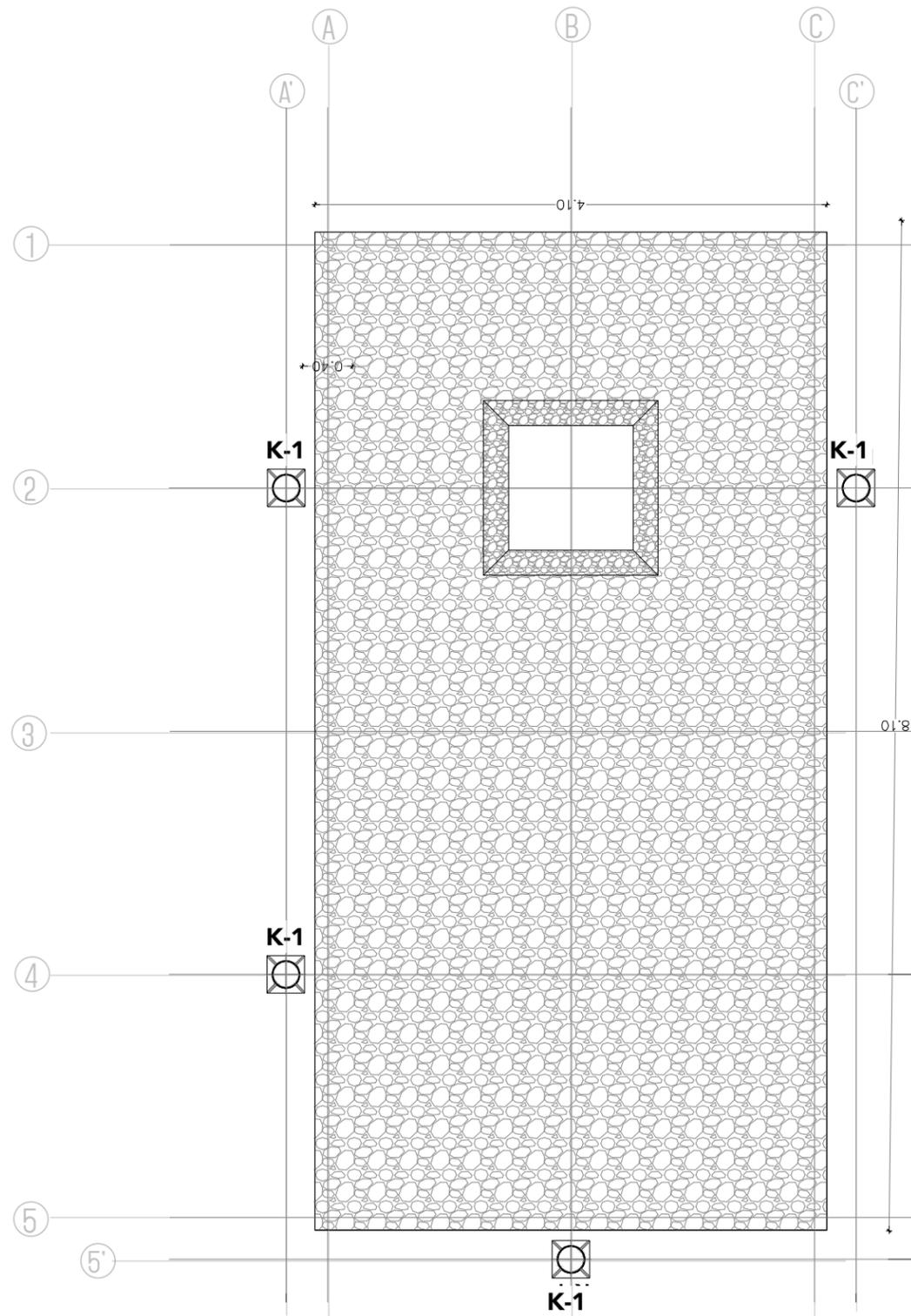


ISOMÉTRICO DE LA PILA DE ACERO
 E. ESCALA 1: 400

Las pilas a través de las cuales correrán los rieles que mantienen a la casa en su lugar durante una inundación se proponen como tubos de acero que pueden rellenarse del material elegido por el constructor o permanecer huecas, pero como en los casos del resto del material, pueden intercambiarse por troncos de madera de diámetros no mayores a los 20 centímetros, si esta cuenta con resistencia de nivel estructural, como la madera de zapote que se ocupa en la estructura principal.



PLANTA DE LA PILA DE ACERO
 E. ESCALA 1: 400



Alzado transversal exterior de la zapata.

Corte transversal de la plataforma (C-C') pasando por la sección libre para instalación sanitaria

Alzado longitudinal exterior de la zapata.

PLATAFORMA DE DESPLANTE

Características:

- plataforma de roca caliza (resistencia a la compresión=282 kg/cm²).
- Tendrá un metro de altura con un espacio en el cruce B-2 de ejes con un ancho de un metro en la base y 1.40 en la parte superior, para el paso de las instalaciones sanitarias.
- Se colocará una plantilla de mortero de limpieza de 10 cms de espesor, con concreto resistente a sulfatos CPO 30 RS, marca CEMEX.
- Para la distribución de la roca, las piezas estarán distribuidas horizontalmente a lo largo y ancho de la plataforma, colocando las piezas más grandes en la base. Cada pieza debe tener una superficie al menos dos veces mayor que su espesor.
- Las piedras deberán humedecerse durante tres días antes de colarse el mortero para prevenir que este pierda humedad durante el fraguado.
- El mortero será a base de concreto resistente a sulfatos CPO 30 RS, marca CEMEX, F'c =300 kg/m². con 2 centímetros de espesor.
- El ángulo de inclinación de la plataforma en el área libre del cruce B-2 no deberá ser menor a 60° con respecto a la base

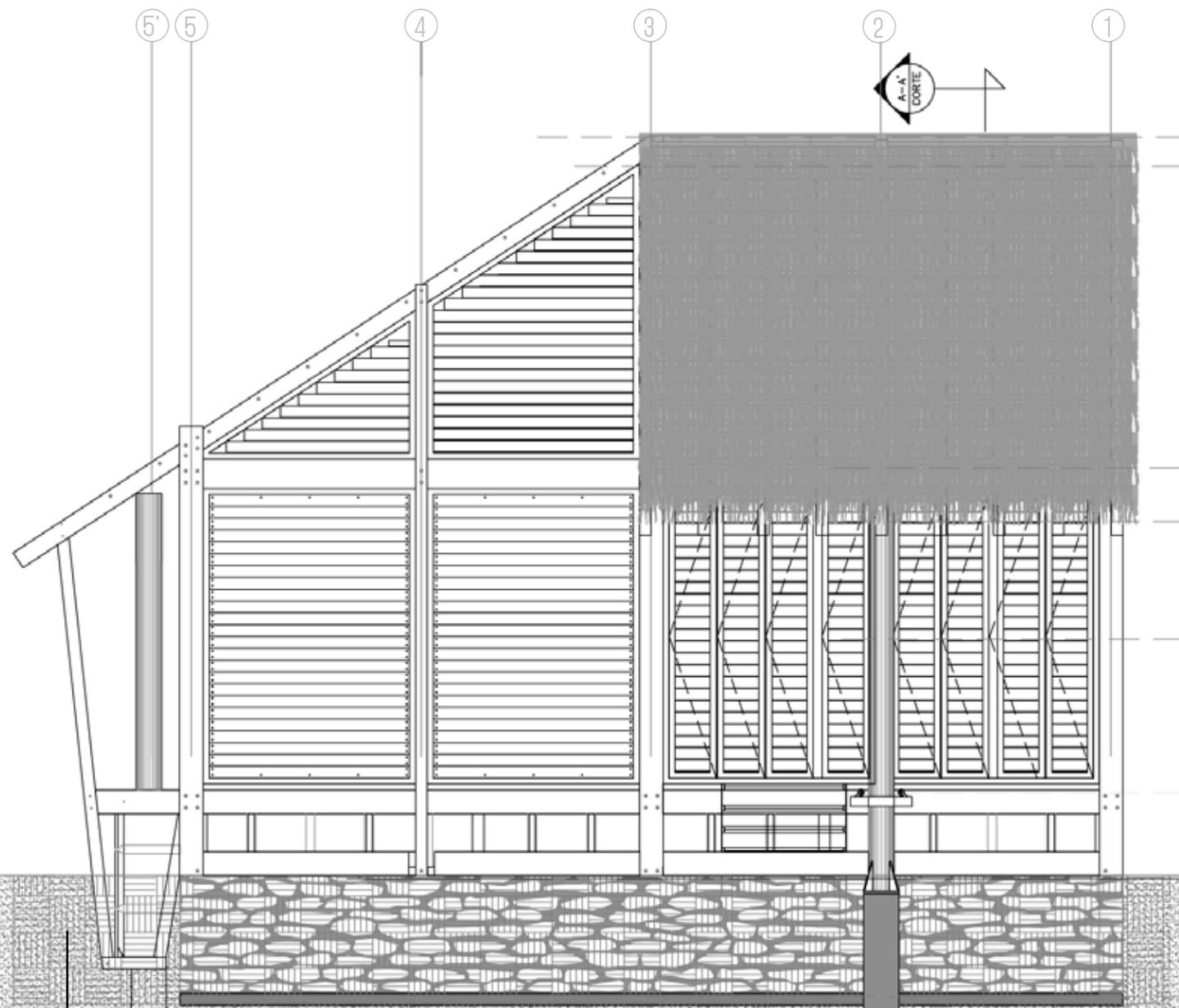
La vivienda propuesta no requiere de una cimentación propia, pero sí necesita una superficie estable en la que pueda posarse mientras no exista un aumento temporal o permanente del nivel del mar. Inicialmente se consideró solo posar la vivienda sobre sí misma con columnas que rebasaran a la plataforma de flotación hacia el subsuelo, para encajarse en el interior de la arena. El riesgo de que la fricción repentina entre arena y madera pudiera afectar la buoyancia del edificio y la posibilidad de que estas columnas sumergidas pudieran absorber agua que eventualmente haría más pesada a la estructura e incluso la dañaría con la humedad, obligaron a replantear la solución.

Finalmente se decidió voltear de nuevo a las soluciones vernáculas de la península, de las que la base de roca caliza y mortero es la más resistente, además de ser común, conocida y fácil de elaborar por la abundancia de su materia prima. A partir de este concepto se propone una plataforma de reposo con una estructura ciclópea, desplantada sobre el suelo de arena que corre a lo largo de toda el área de desplante de la vivienda salvo la sección donde coincide con el área de desagüe del sistema sanitario.

El suelo de arena bajo la plataforma soporta 600 kilos por metro cuadrado, lo que con una base de 32 m² resulta en una capacidad de recepción de 19,500 kilos .

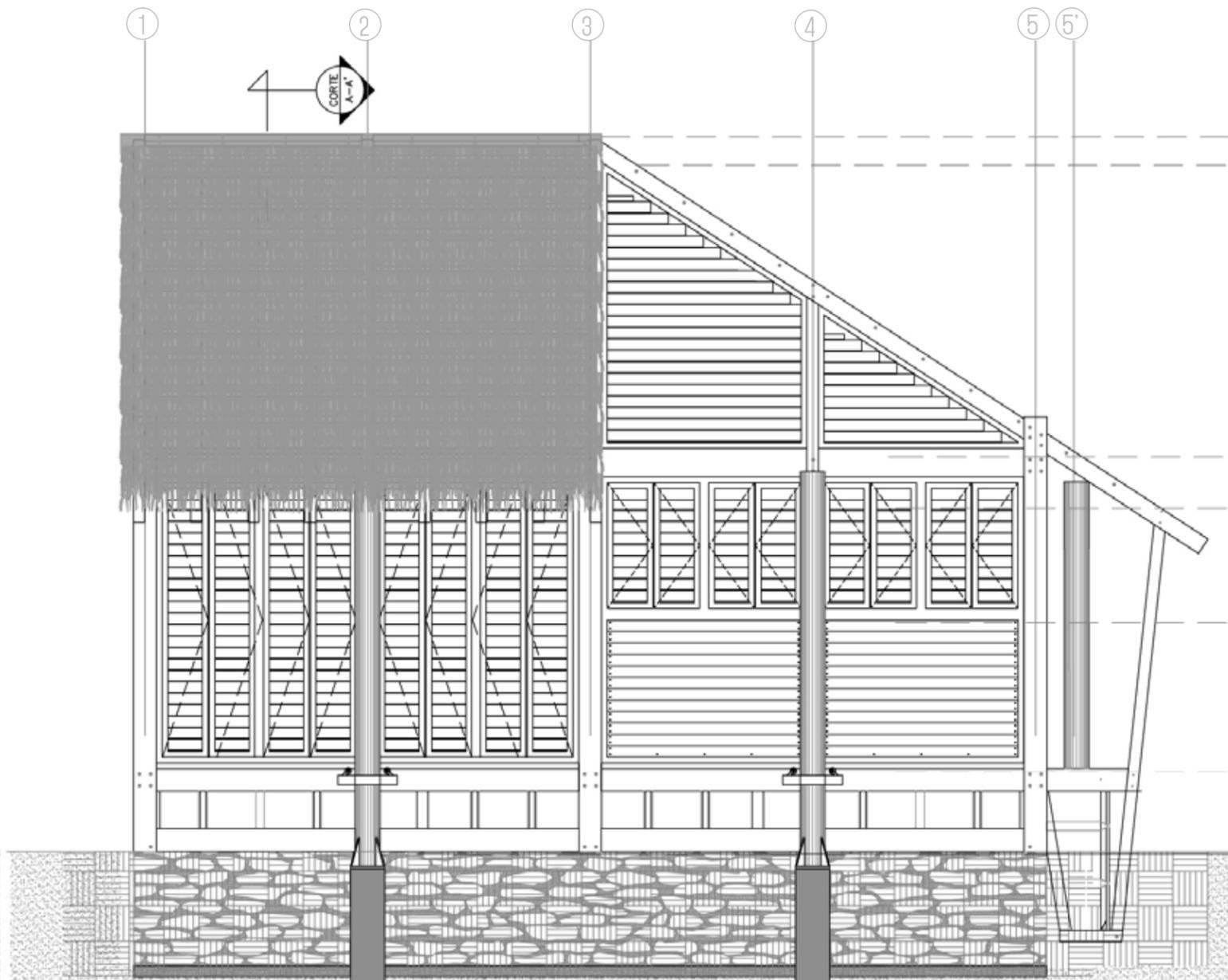
La roca caliza cuenta con un peso promedio de 2.11 gramos por centímetro cúbico, un coeficiente de absorción del 7% y una resistencia media de 282 kilogramos por metro cuadrado.³⁷

37. Sobre las propiedades de la roca caliza autóctona de la Península de Yucatán, ver: Alonzo Salomón, Lauro A., Espinosa Graham, Leopoldo, Estudio de las propiedades de la roca caliza de Yucatán. Ingeniería [en línea] 2003, 7 (enero-abril) : [Fecha de consulta: 19 de agosto de 2019] Disponible en: <<http://uacm.redalyc.org/articulo.oa?id=46770103>> ISSN 1665-529X

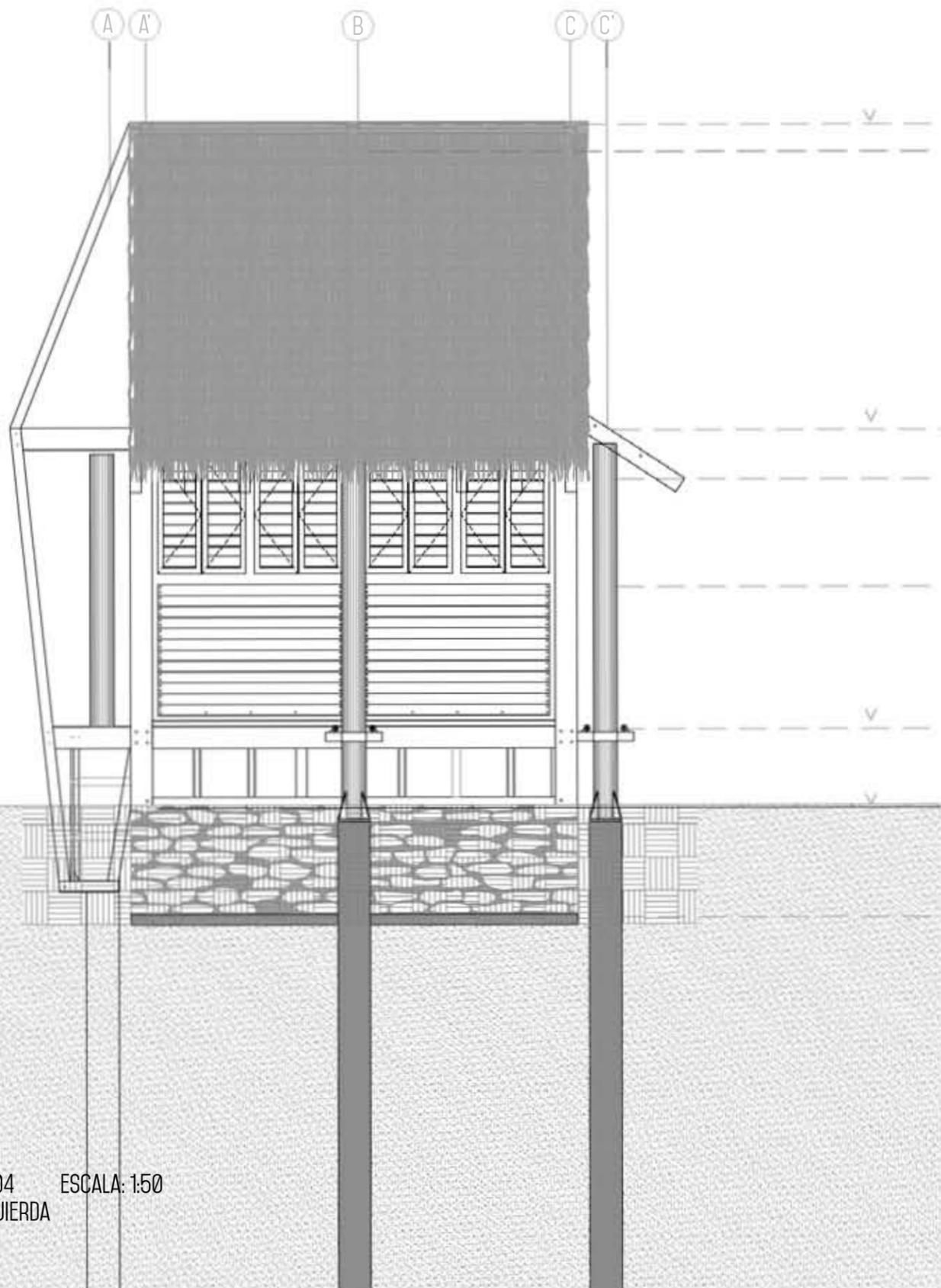


Perímetro de arena sin compactar.
Colocada alrededor y entre las zapatas de la plataforma de soporte, esta permite el movimiento de las secciones de la estructura de la vivienda que necesitan moverse durante inundaciones

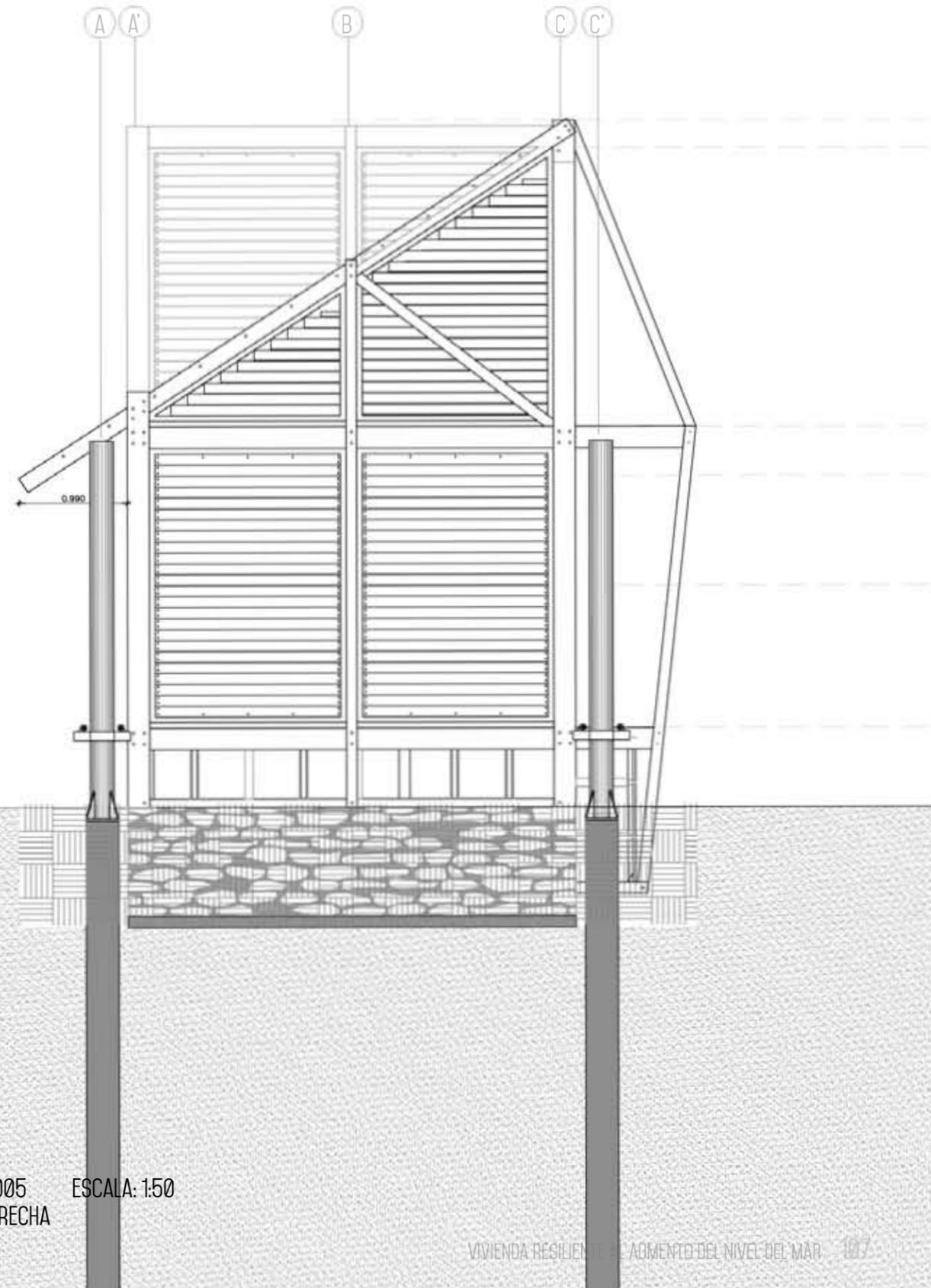
TIPO DE PLANO: EST-008 ESCALA: 1:50
NOMBRE: ESQUEMA DE UBICACIÓN DE PILAS Y COLUMNAS.
TIPO DE PLANO: ARQ-002 ESCALA: 1:50
NOMBRE: FACHADA FRONTAL



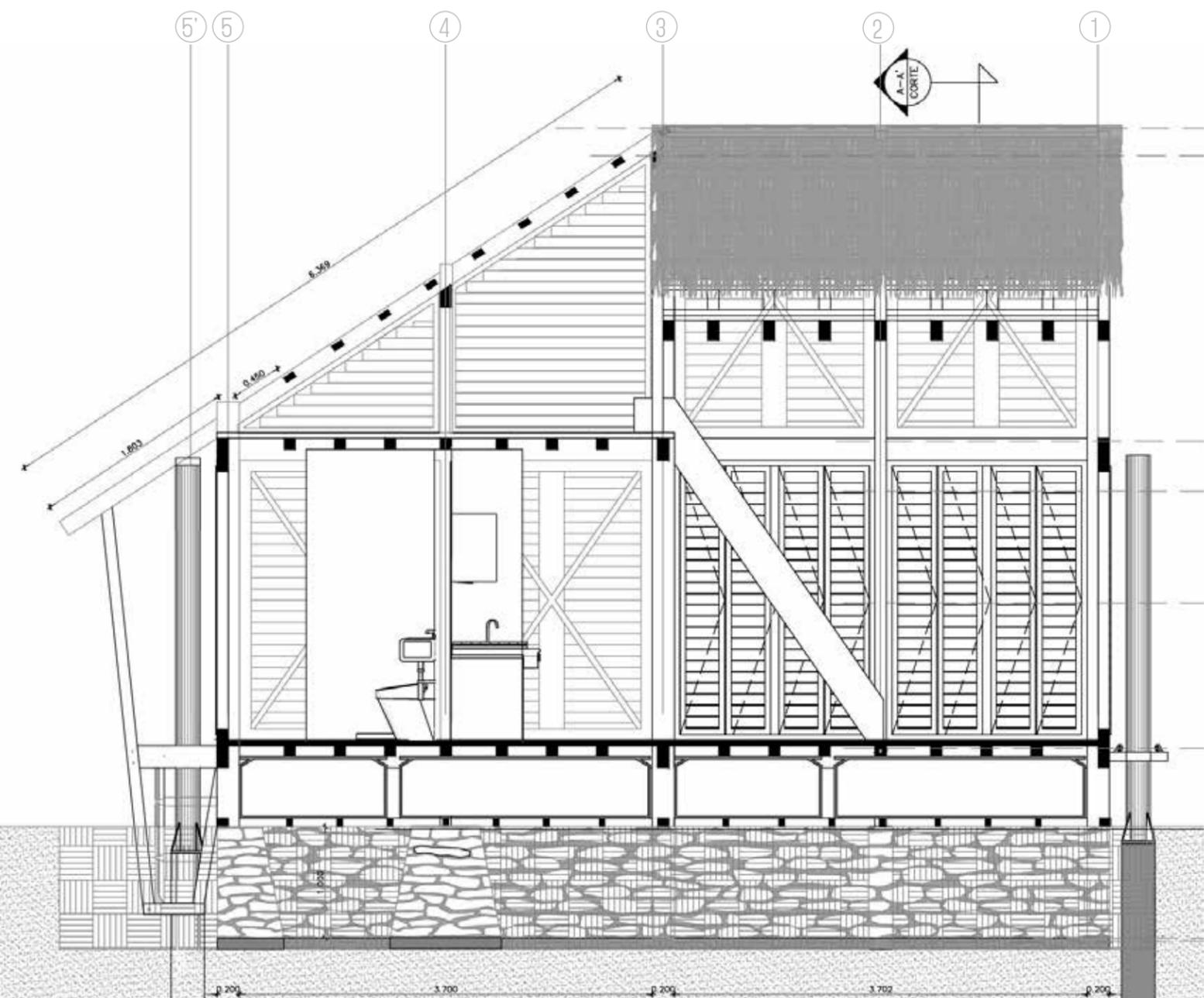
TIPO DE PLANO: ARQ-003 ESCALA: 1:50
NOMBRE: FACHADA POSTERIOR



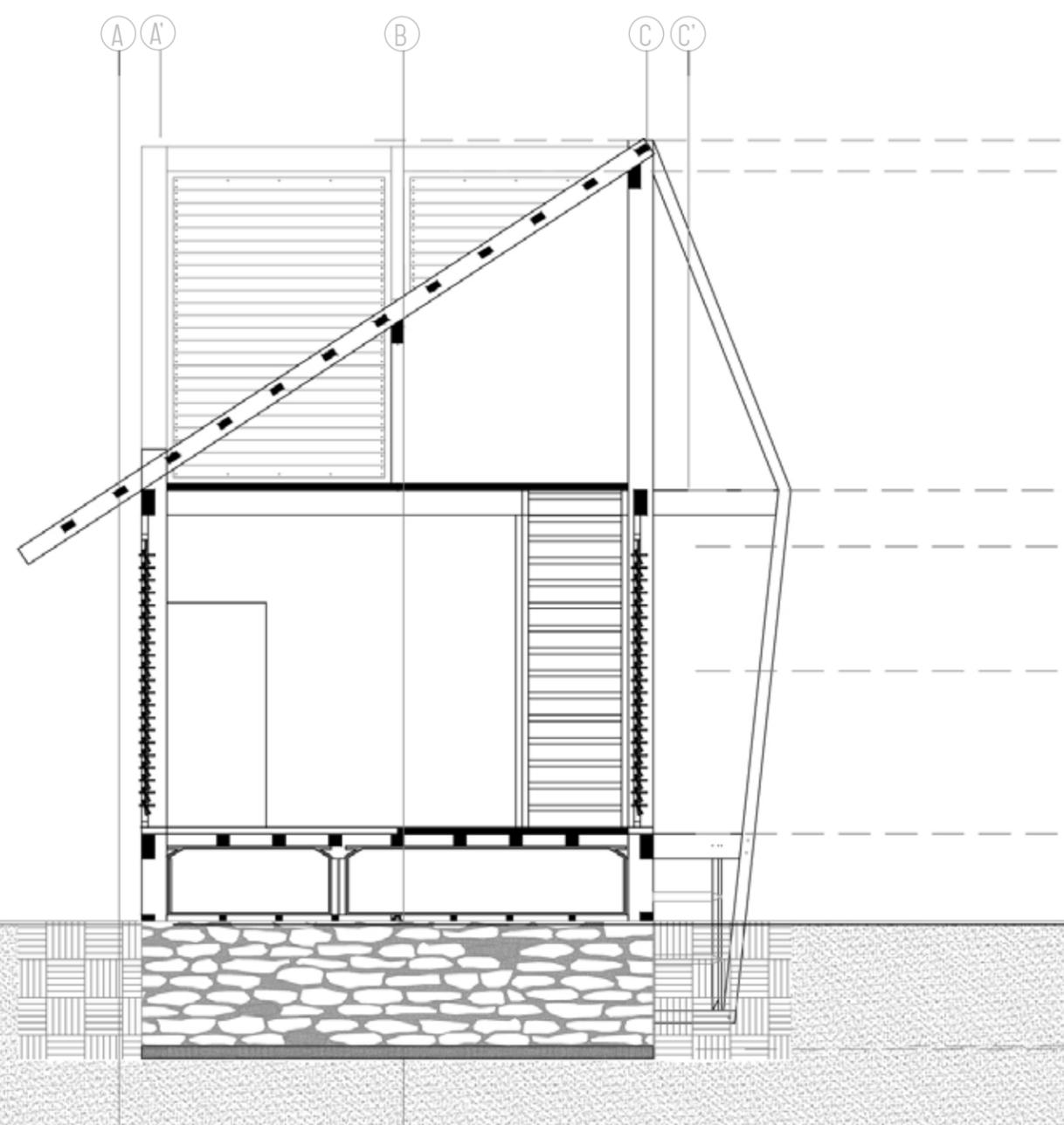
TIPO DE PLANO: ARQ-004 ESCALA: 1:50
 NOMBRE: FACHADA IZQUIERDA



TIPO DE PLANO: ARQ-005 ESCALA: 1:50
 NOMBRE: FACHADA DERECHA



TIPO DE PLANO: ARQ-006 ESCALA: 1:50
 NOMBRE: CORTE LONGITUDINAL



TIPO DE PLANO: ARQ-007 ESCALA: 1:50
 NOMBRE: CORTE TRANSVERSAL

SISTEMA ELÉCTRICO Y DE ILUMINACIÓN

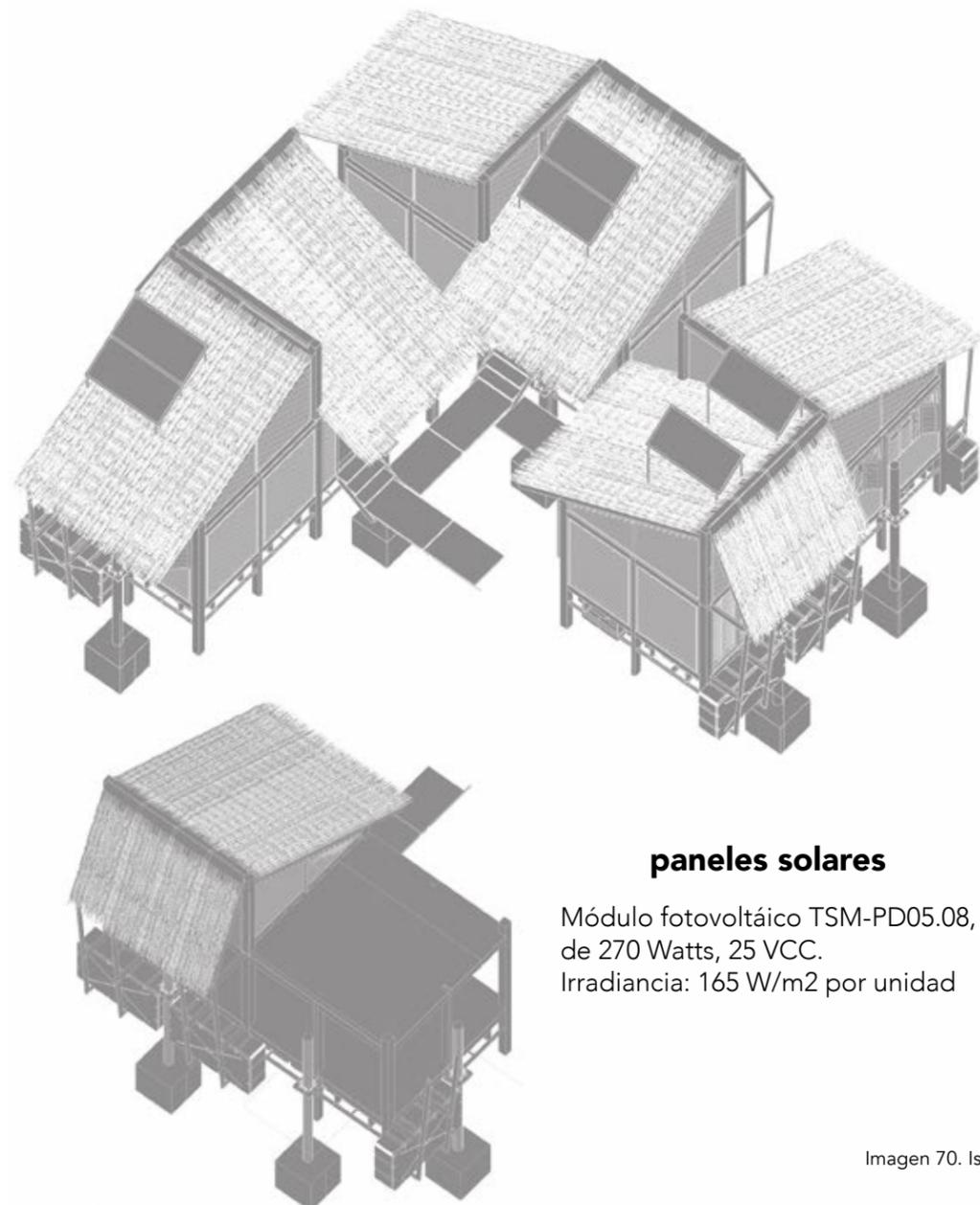
Las viviendas individuales no están capacitadas para ser independientes de la red eléctrica local, salvo en eventos de emergencia. Los dos paneles solares propuestos para cada vivienda, de marca ALMAX, modelo TSM-PDOS.08 de 25-270 Watts, solo pueden captar aproximadamente 1350 watts de energía al día -al considerar que un panel solar promedio solo recibe 5 horas efectivas de luz solar diarias.

Esta energía es útil para satisfacer la demanda de la red de luminarias, el consumo de un (1) ventilador de pedestal, un aparato eléctrico (computadora o televisor) e incluso la bomba de agua, pero es incapaz de suplir la energía necesaria para la estufa eléctrica o el refrigerador, de los cuales el segundo es indispensable para la conservación de los alimentos.

El sistema eléctrico no puede ser completamente independiente de la red eléctrica. No puede recurrir a ella en caso de una insuficiencia de energía, y no puede redirigir a ella sus excesos.

Sólo un clúster de más de 3 viviendas (con el techo de al menos un módulo dedicado a la captación de energía solar) con al menos 20 paneles a su disposición (5 por vivienda), podría considerarse y llamarse energéticamente independiente.

Dado que no existe una orientación predeterminada para las viviendas, no se puede asumir la ubicación predeterminada de los paneles solares. Como es bien sabido, la orientación del panel depende de la ubicación del sol y la latitud del asentamiento. La isla de Holbox se encuentra en



paneles solares

Módulo fotovoltaico TSM-PD05.08, de 270 Watts, 25 VCC. Irradiancia: 165 W/m2 por unidad

Imagen 70. Isométrico del cluster. Elaboración propia.

las coordenadas 21°31', lo que quiere decir que la inclinación de cualquier panel vendar los 21°. Se puede aprovechar la inclinación de las cubiertas si alguna de ellas da directa o parcialmente hacia el Sur (recordemos que la cuadrícula de las calles y predios de Holbox es perpendicular al eje por más o menos 45°) pero como difícilmente será el caso, lo más probable es que las armaduras de los paneles no sean paralelas a la dirección de las cubiertas.

Según Conermex, los paneles solares pueden rotarse hasta 45° respecto al ecuador sin presentar pérdidas energéticas de más del 2% de la energía potencial. esto quiere decir que el usuario puede elegir una de las dos cubiertas para colocar en ella su panel, sin orientarlo directamente hacia el Sur, sin arriesgarse a perder más del 2% de su potencial energético.

En las imágenes de estas páginas, se muestran los esquemas de diseño de la caja que resguardará a los elementos del sistema, y su conexión con este y sus baterías. Su ubicación propuesta, al fondo de la Sala Principal, se relaciona con el espacio vacío debajo de la escalera, que difícilmente se puede hacer habitable, y donde el sistema no interviene con ninguna actividad. El resto de la red se compone de un cableado para sistemas de baja tensión instalado superficialmente, protegido por tubos rígidos conduit de PVC adosadas a la estructura de la vivienda. Por la exposición potencial a salitres, se recomienda que todos los elementos superficiales del sistema sean de PVC, nunca de metal. El sistema no perfora en ningún momento a la estructura, y solo atraviesa al muro húmedo que separa al baño de la cocina. El resto del tiempo, deberá ir adosado a traves y columnas.

COMPONENTES DEL SISTEMA DE RECEPCIÓN Y ALMACENAMIENTO.

tablero de control

Tipo interperie a prueba de lluvia, puerta frontal abisagrada y chapa a prueba de robos, además se ha considerado un elemento para fijación de un precinto de seguridad. Material: plancha de hierro laminado en frío, de 1/16" de espesor pintado con base de pintura zincromato Electroestática Híbrida Poliésterepoxi, color gris.

paneles solares (2)

Módulo fotovoltaico TSM-PD05.08, de 270 Watts, 25 VCC. Irradiancia: 165 W/m2 por unidad

Inversor

marca SAMLEX América, de 1250 Watts, Serie PSE, modelo PSE-24125A.

regulador

10A-12V LVD Solar Home Systems SH -10-Morning star.

controlador

SALMEX solar, modelo SCC-30AB de 30 amperes.

batería del sistema

Batería de ciclo profundo con tecnología GEL, marca Trojan. Modelo 24 GEL, tipo VRLA GEL, de 12 VDC, 120 aH a 20 horas.

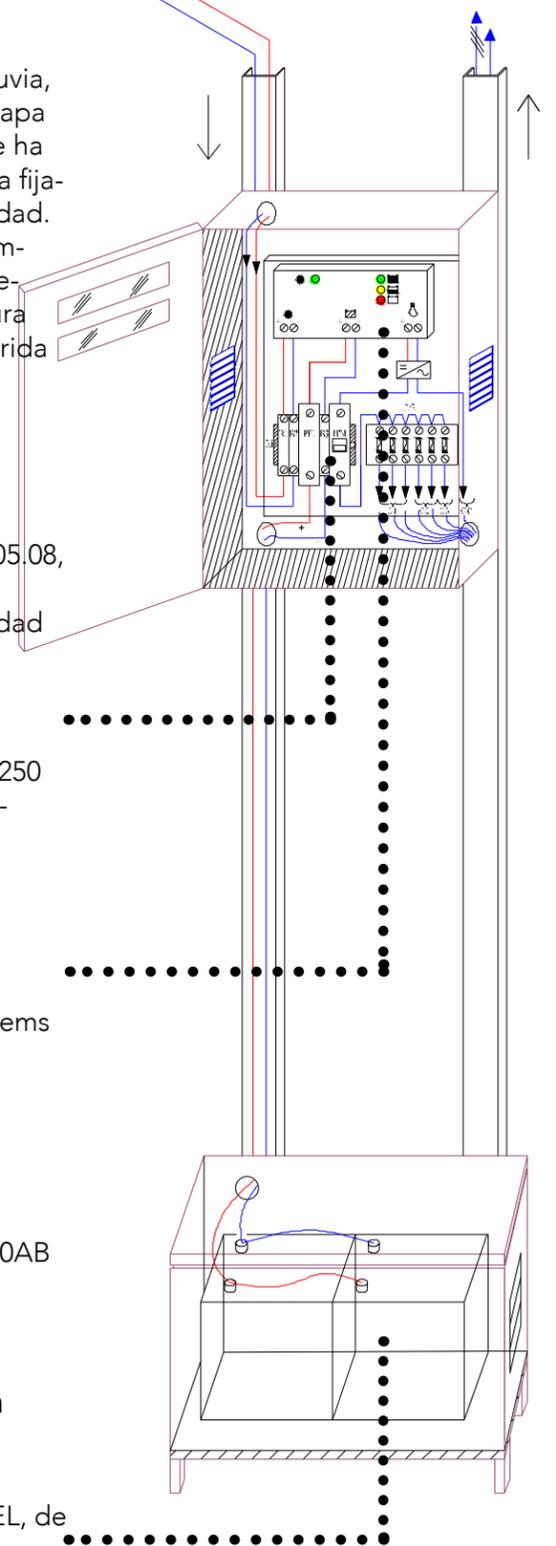
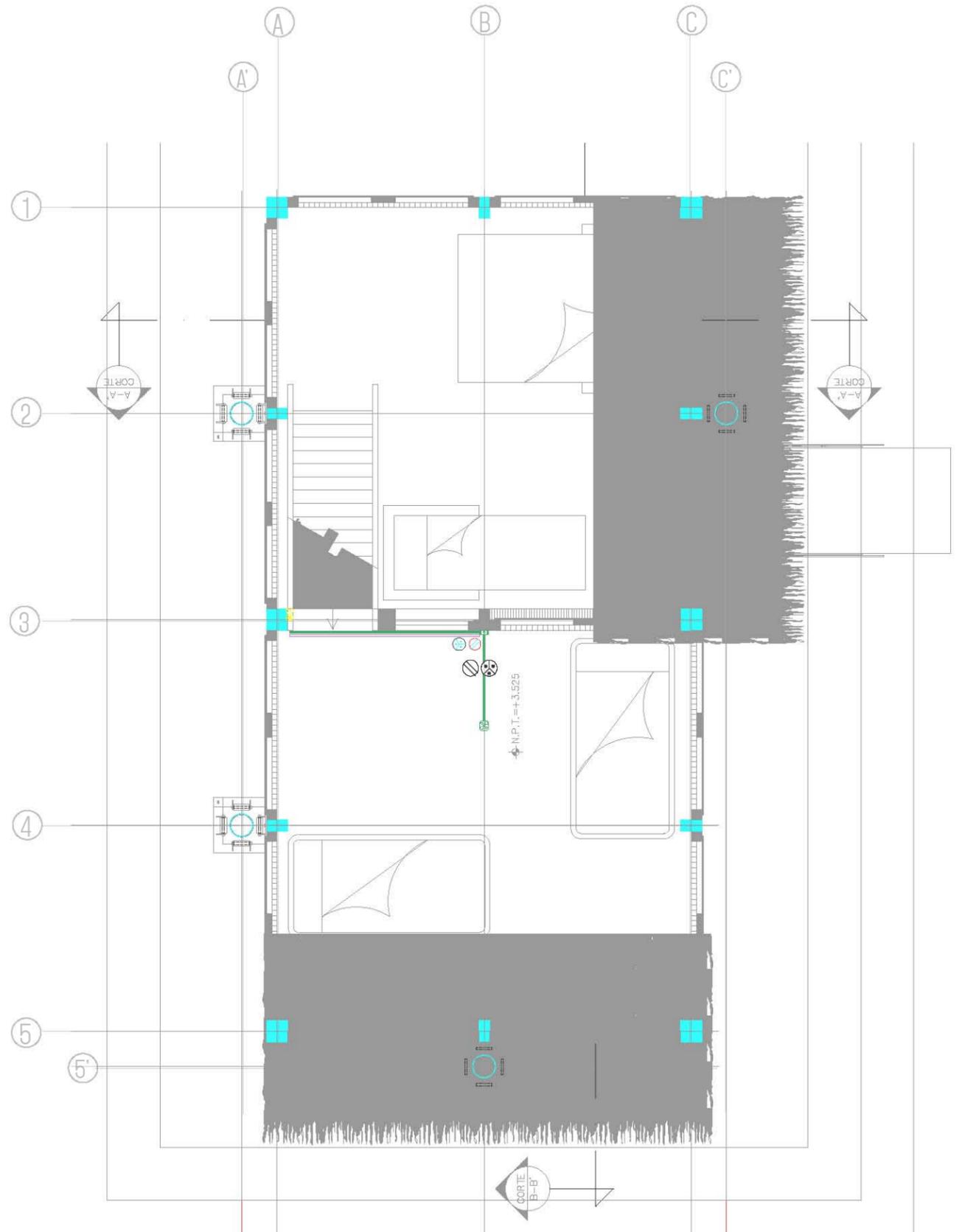


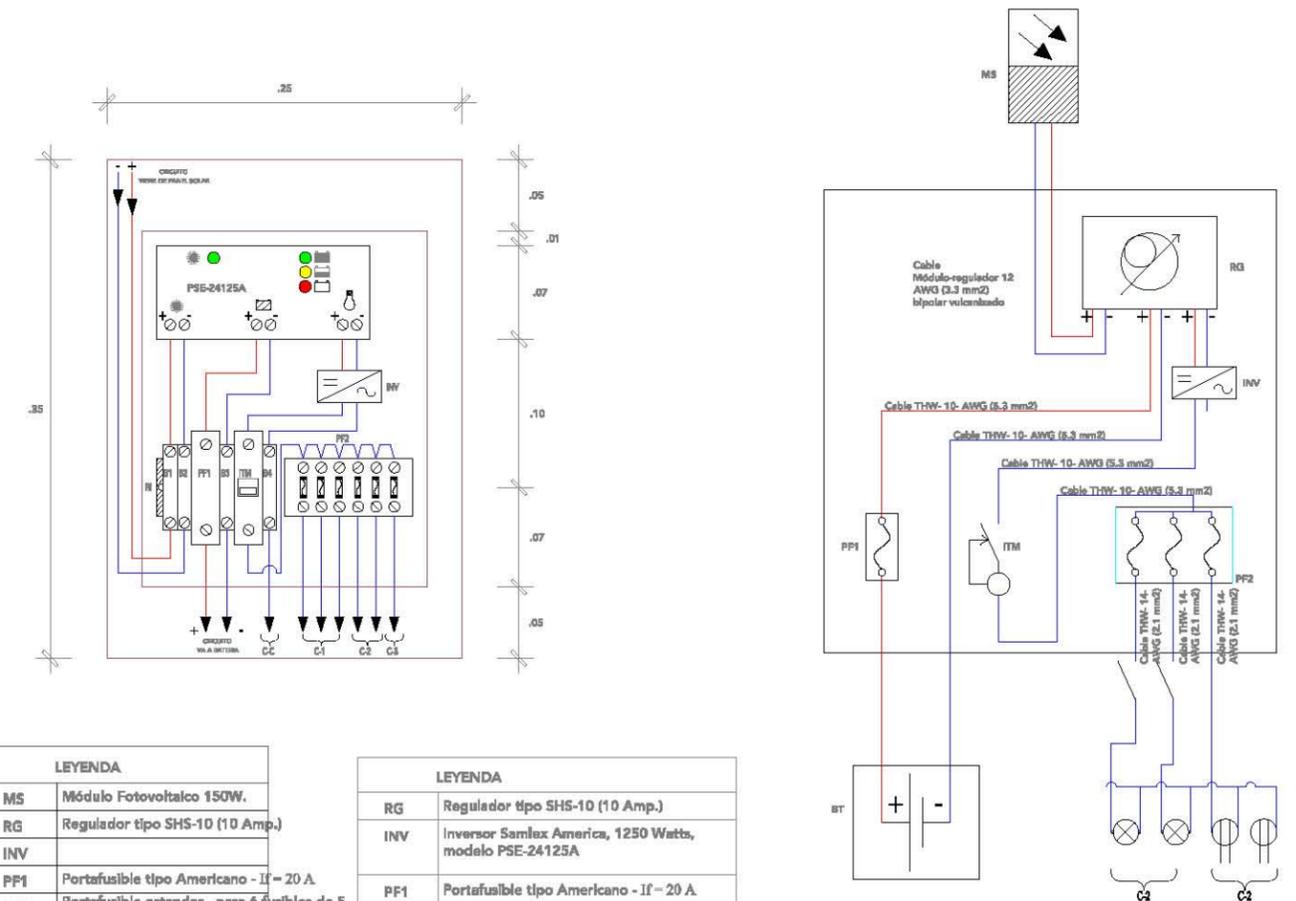
Imagen 71. Imágenes de propuesta de sistema eléctrico.



TIPO DE PLANO: ELE-001 ESCALA: 1:50
 NOMBRE: ESQUEMA DE UBICACIÓN DE SISTEMA ELÉCTRICO, SEGUNDO NIVEL Y TABLERO

CONSUMO MEDIO DE LA VIVIENDA						
APARATO	CANTIDAD	POTENCIA (PROMEDIO) WATTS	TIEMPO USO PROMEDIO (HORAS DIARIAS)	CONSUMO DIARIO PROMEDIO	TIEMPO USO AL MES/HORAS	CONSUMO MENSUAL KILOWATTS-HORA (WATTS/1000 X HORA)
Estufa eléctrica	1	1,500.00	1.00	1,500.00	30.00	45.00
Refrigerador (14 pies)	1	250.00	8.00	2,000.00	240.00	60.00
Ventilador de pedestal	1	70.00	8.00	560.00	240.00	16.80
Bomba de agua	1	400.00	0.50	200.00	15.00	6.00
Focos LED*	9	25.14	2.81	636.83	84.43	2.12
Computadora	1	65.00	5.00	325.00	150.00	9.75
				CONSUMO TOTAL DIARIO	CONSUMO TOTAL MENSUAL	139.67

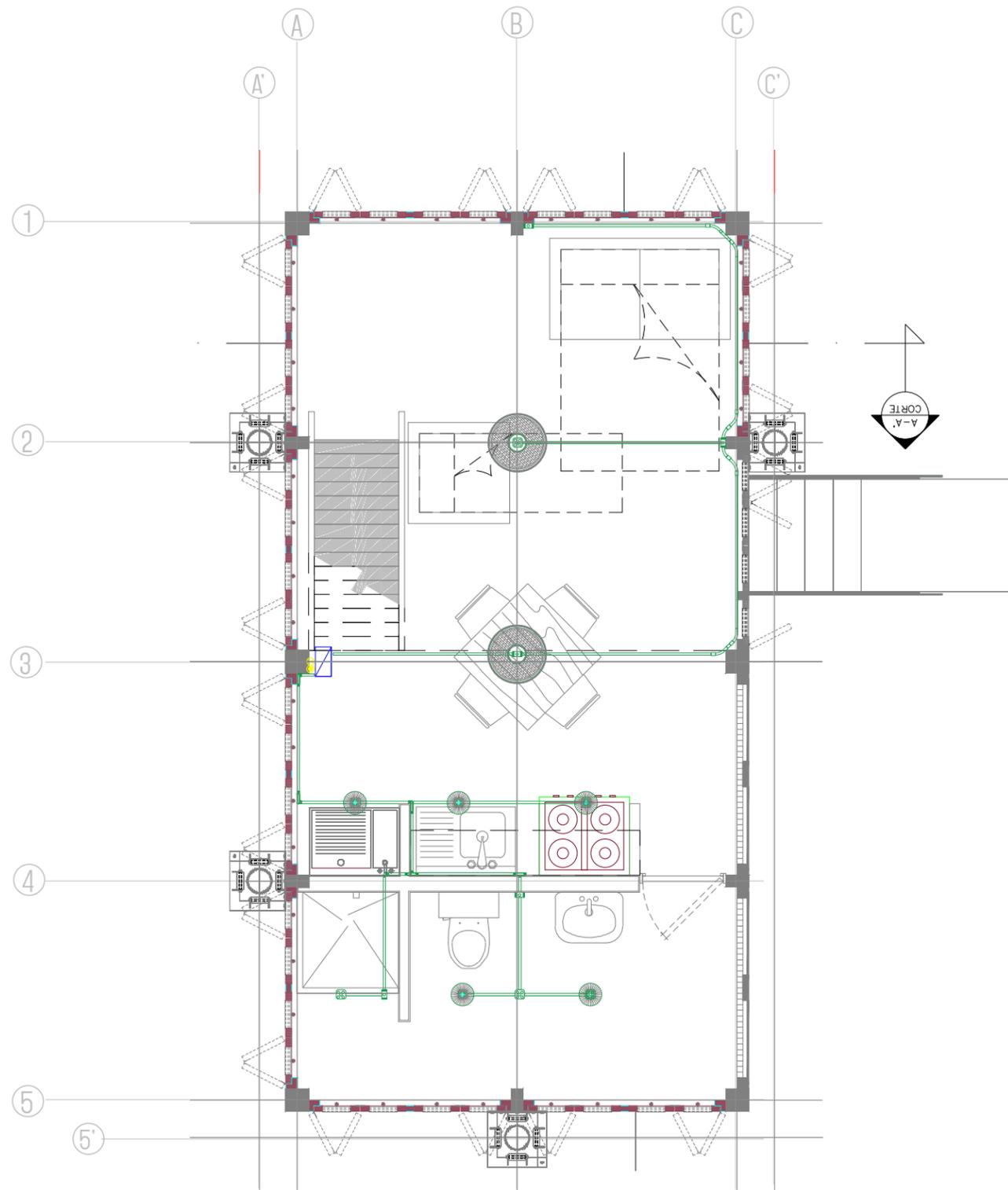
*Obtenido del promedio de consumo y potencia del total de focos de la vivienda.



LEYENDA	
MS	Módulo Fotovoltaico 150W.
RG	Regulador tipo SHS-10 (10 Amp.)
INV	Inversor
PF1	Portafusible tipo Americano - If = 20 A
PF2	Portafusible estandar - para 6 fusibles de 5 Amp.
ITM	Interruptor termomagnético Unipolar - 20Amp.
C-1	Circuito de Iluminación.
C-2	Circuito de Tomacorrientes.
C-3	Circuito de Tomacorrientes.
BT	Batería de ciclo profunda con tecnología GEL, marca Trojan.
⊗	Lámpara de 220AC - 550 Lumen
⊕	Tomacorriente doble.
⊖	Tomacorriente Simple.
— —	Interruptor Unipolar

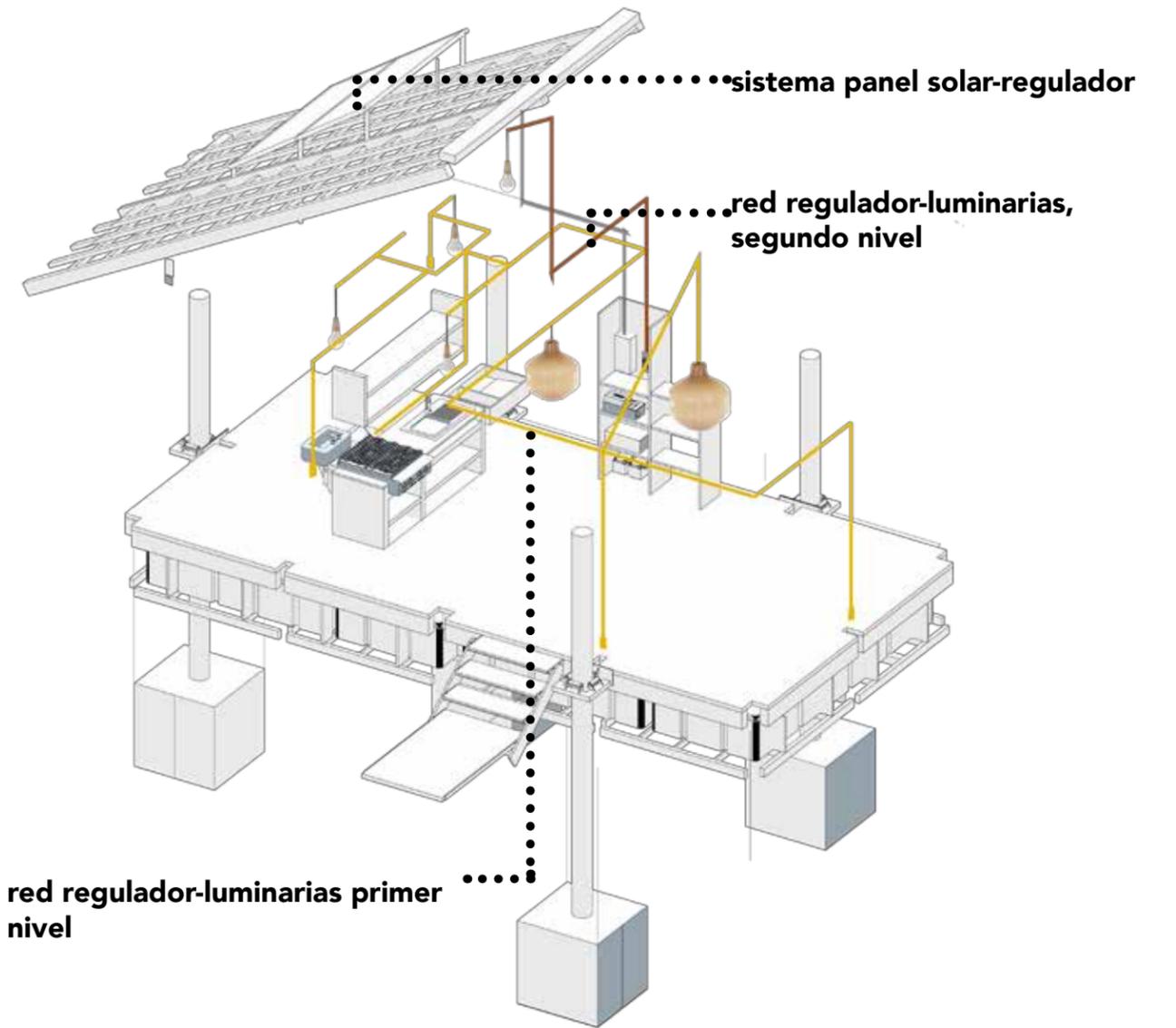
LEYENDA	
RG	Regulador tipo SHS-10 (10 Amp.)
INV	Inversor Samlex America, 1250 Watts, modelo PSE-24125A
PF1	Portafusible tipo Americano - If = 20 A
PF2	Portafusible estandar - para 6 fusibles de 5 Amp.
B1,B2,B3,B4	Borneras.
ITM	Interruptor termomagnético Unipolar - 20Amp.
C-1	Circuito de Iluminación.
C-2	Circuito de Tomacorrientes 1.
C-3	Circuito de Tomacorriente 2.
C-C	Circuito/Cable Común.
Ri	Riel para sujeción de 8cm Long.

TABLERO



TIPO DE PLANO: ELE-002 ESCALA: 1:50
 NOMBRE: ESQUEMA DE UBICACIÓN DE SISTEMA DE ILUMINACIÓN

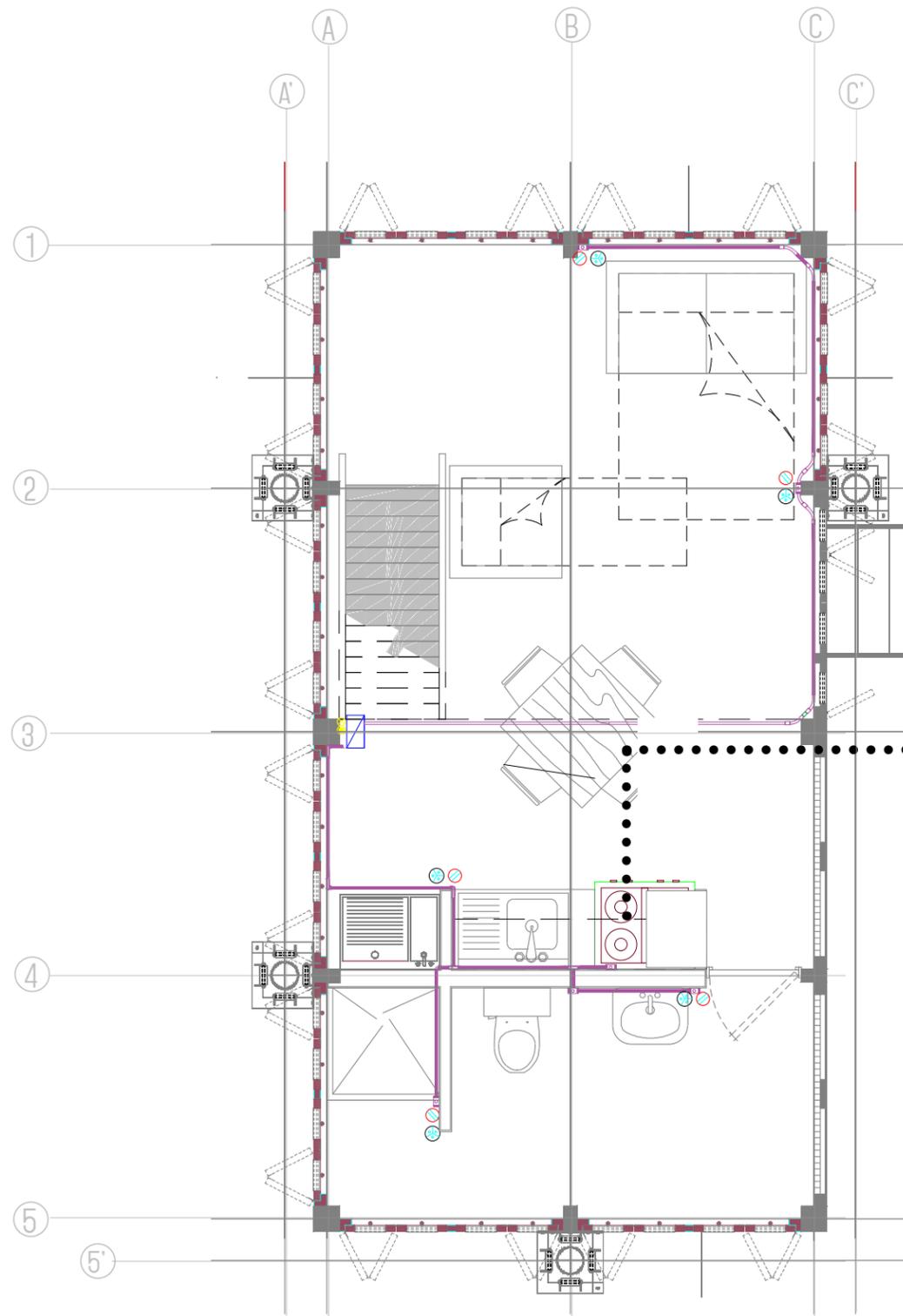
red eléctrica doméstica



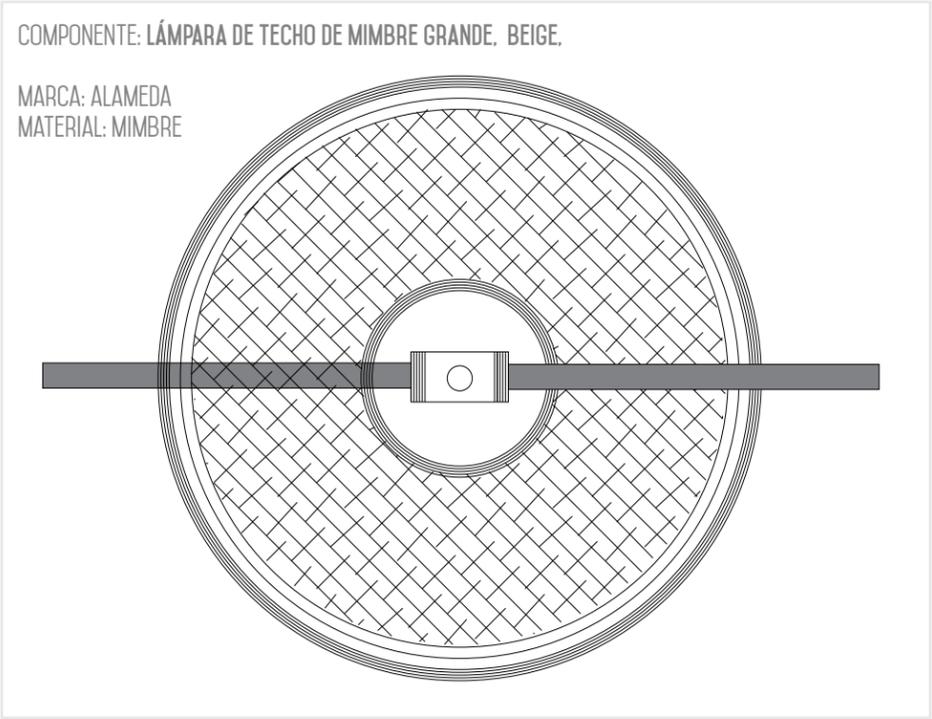
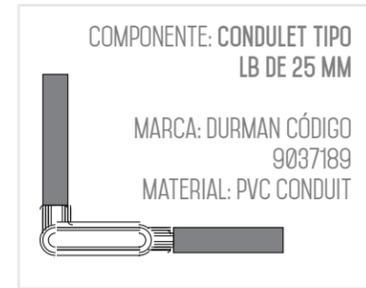
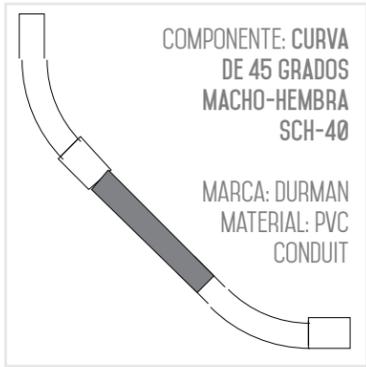
red regulador-luminarias primer nivel

TIPO Y DISTRIBUCIÓN DE FOCOS LED POR ESPACIO

ESPACIO	CANTIDAD	TIPO DE FOCO	POTENCIA [PROMEDIO] WATTS	TIEMPO PROMEDIO DE USO [HORAS]
Baño (lavabo y WC)	2	Foco LED Highlum E26 Philips 23 watts Luz fría	46	4
Baño (regadera)	1	Foco LED Highlum E26 Philips 19 watts Luz fría	19	1.2
Cocina	2	foco LED a21 Philips 14 watts luz cálida	28	6
Lavabo	1	Foco LED Highlum E26 Philips 19 watts Luz fría	19	0.5
Comedor	1	Foco LED A55 Philips 25 watts 240 lúmens, luz cálida	25	3
Sala	1	Foco LED A55 Philips 25 watts 240 lúmens, luz cálida	25	3
Tapanco	1	foco LED a21 Philips 14 watts luz cálida	14	2
		PROMEDIO	PROMEDIO	
		25.14285714	2.814285714	



PARRILLA VITROCERÁMICA EMPOTRABLE IO MABE IO31DVI0
 marca Mabe, de acero inoxidable con placas eléctricas de hierro fundido. 1.7 kw de potencia, 220 voltios, 50-60 hx, 25 amperes.

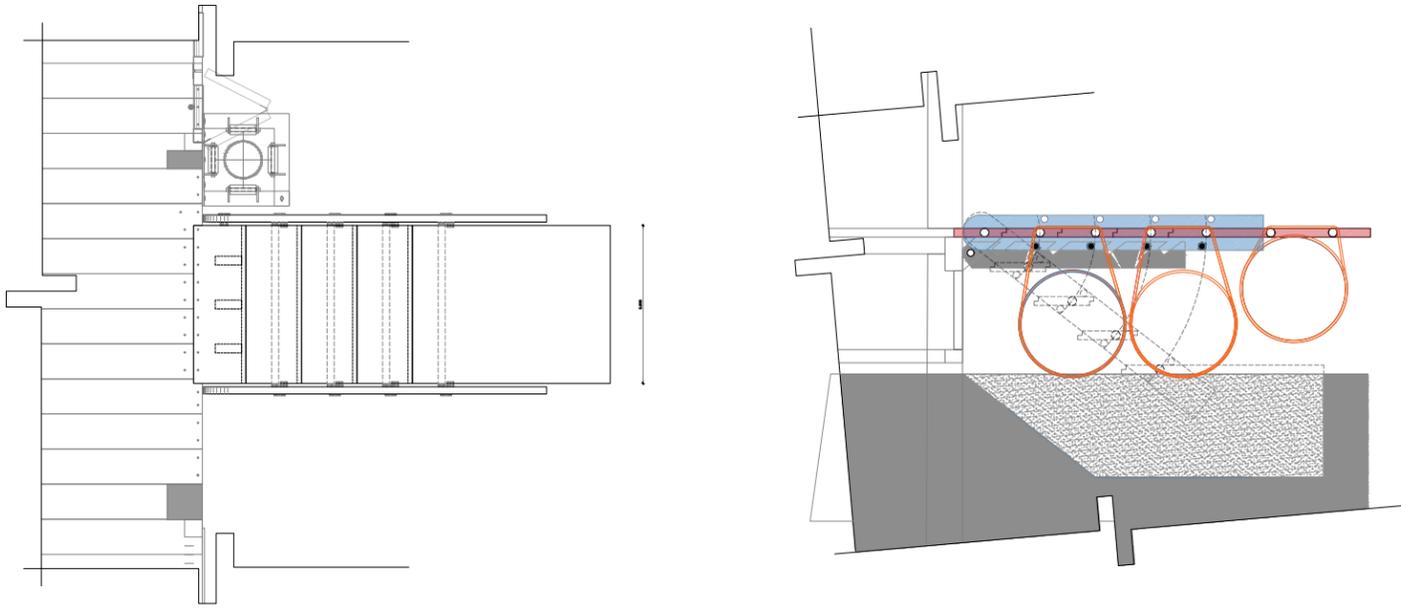


La instalación eléctrica superficial se compone de elementos de PVC rígido CONDUIT marca Durman, del sistema Kraloy, resistente a radiación solar y fuego, especial para uso expuesto.

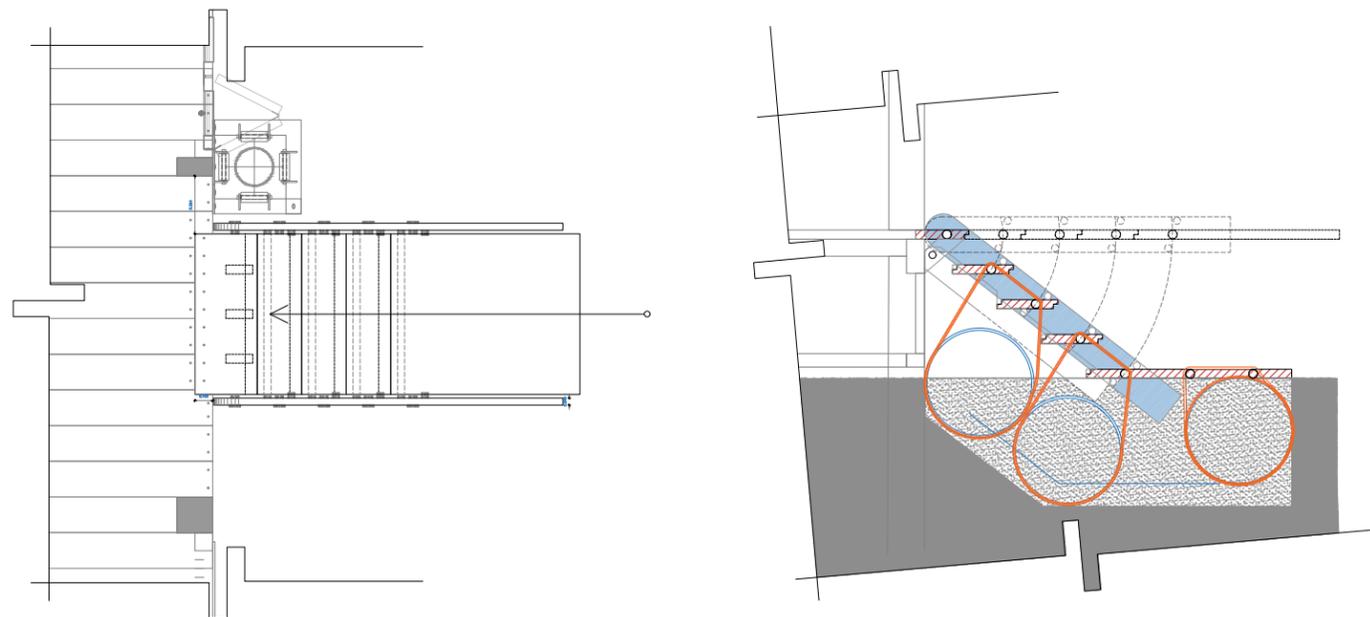
Todos los materiales se sujetan a la estructura con gazas de doble hueco para 25 mm, marca Durman, y se ensamblan con cemento solvente regular para sistema Kraloy CONDUIT marca Durman.



PLATAFORMA DISPUESTA COMO ESCALERAS CON NIVEL DEL MAR ACTUAL.



PLATAFORMA DISPUESTA COMO MUELLE DE ACCESO CON NIVEL DEL MAR SUPERIOR A UN METRO SOBRE EL NIVEL DE PISO.



dinámica de las escaleras de acceso/ plataforma de acceso

En un evento de inundación, ya sea temporal o permanente, el sistema de escaleras se volvería obsoleto mientras se presenta la necesidad de una plataforma de acceso a la vivienda desde el perímetro del predio. Para aproximarse a ambas problemáticas, se propone una estructura que pueda fungir como escaleras, y como muelle. Esta consiste de un sistema de escalones unidos por dos traveses en sus extremos, sobre cuyos ejes longitudinales se pueden mover los escalones.

Dado que por sus dimensiones no es posible conservar los tanques de agua por encima del nivel del suelo, se deberán enterrar parcialmente en el suelo por debajo de la escalera. Por la composición de arena de la isla de Holbox, y dado que solo ejerce presión en los tanques horizontalmente, se propone excavar una fosa por debajo de la estructura de la escalera para enterrar parcialmente los tanques, en una arena que ya removida sería menos firme que la arena comprimida del suelo no excavado. Esto permitirá que, ante el empuje del agua, los tanques puedan desenterrarse a sí mismos. De retirarse el agua, será probable que el hueco se encuentre relleno de arena suelta acarreada por el oleaje, lo que hará que inevitablemente se deba volver a excavar el hueco para enterrar los tanques. Esto supone un esfuerzo poco común, pero es la forma más fácil de conservar ambas posibilidades.

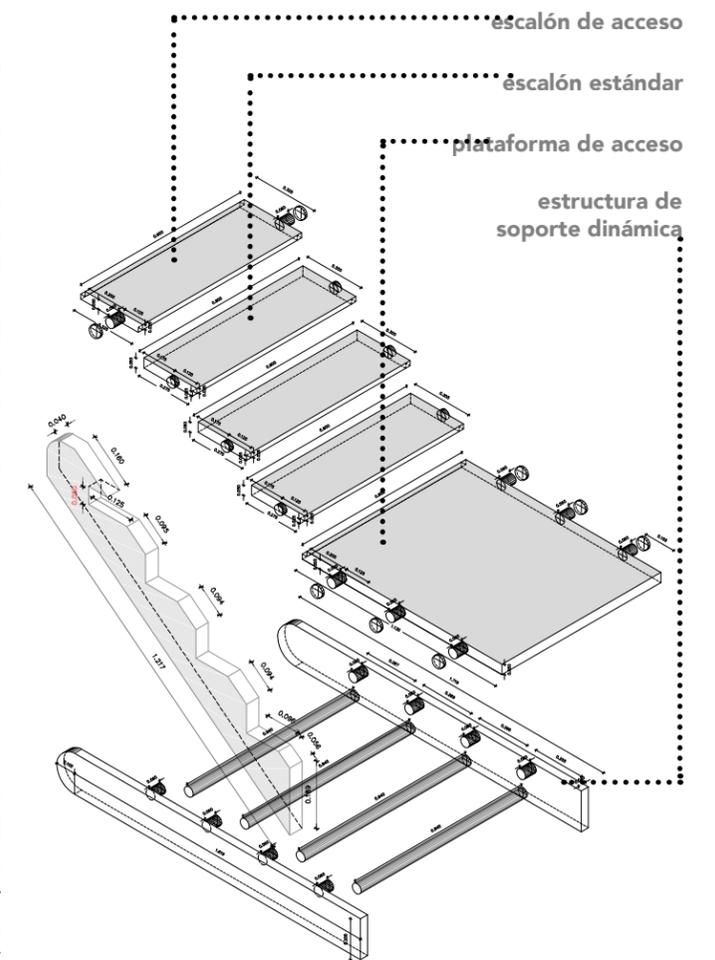
peso de arena seca: 1,600 kg/m³

peso de arena húmeda: 1,900 kg/m³

En el evento de una inundación mayor a un metro por encima de la altura del suelo, estos escalones comenzarían a flotar gracias a los tanques de plástico que por su fuerza buoyante comenzarían a resistir el empuje del agua, y empujarían a los escalones que los cubren. Estos escalones, diseñados para empalmar sus extremos longitudinales entre sí, formarían una plataforma flotante capaz de soportar hasta 700 kg/m². Mientras se comporta como plataforma de acceso, esta no puede, sin embargo, trabajar como muelle, por su cercanía con la vivienda.

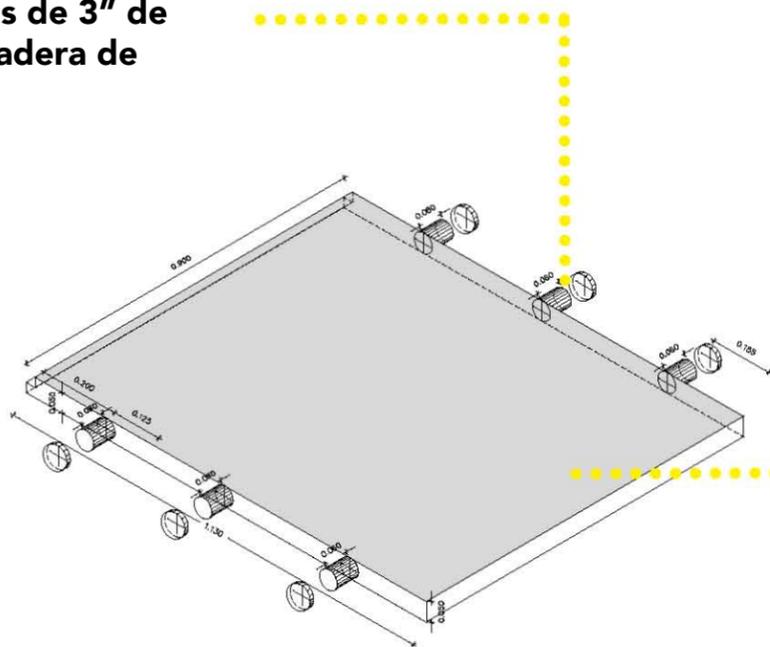
En un escenario de inundación permanente se recomienda extender la estructura peatonal flotante a través de muelles construidos con el mismo principio, de plataformas de madera flotantes por medio de tanques huecos.

Cabe señalar que los escalones no conforman una estructura estable, y no se deben recorrer rápidamente, pues pueden hundirse si se les impone un peso puntual súbito, aunque inmediatamente regresen a su lugar original.



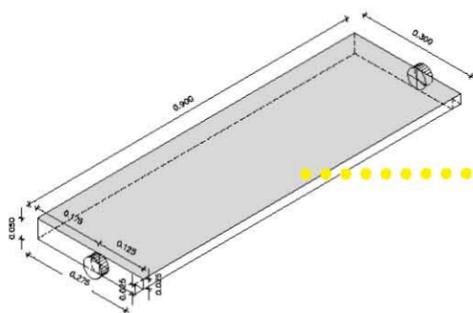
componentes de la plataforma

barras cilíndricas de 3" de diámetro, de madera de zapote.



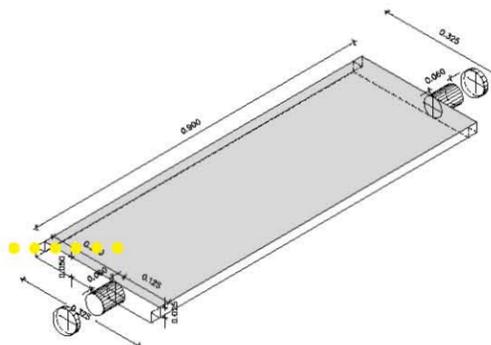
plataforma de acceso

tablones de madera de zapote de 2", resistente al agua salina.



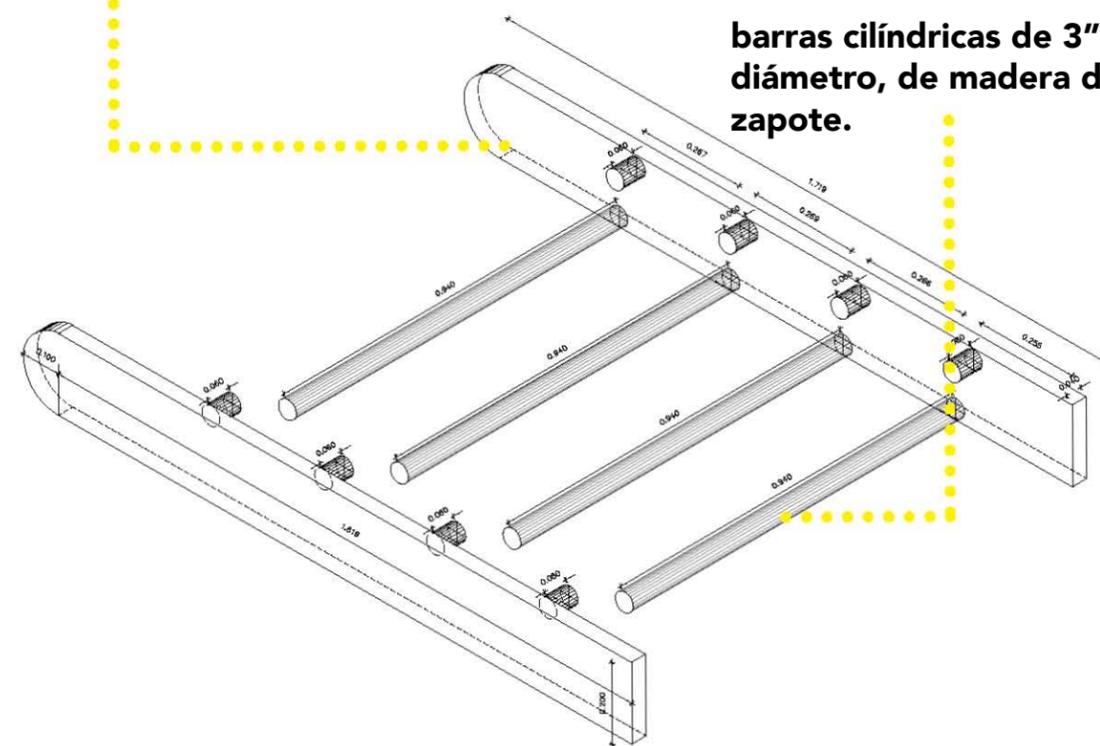
escalón estándar

tablones de madera de zapote de 2", resistente al agua salina.

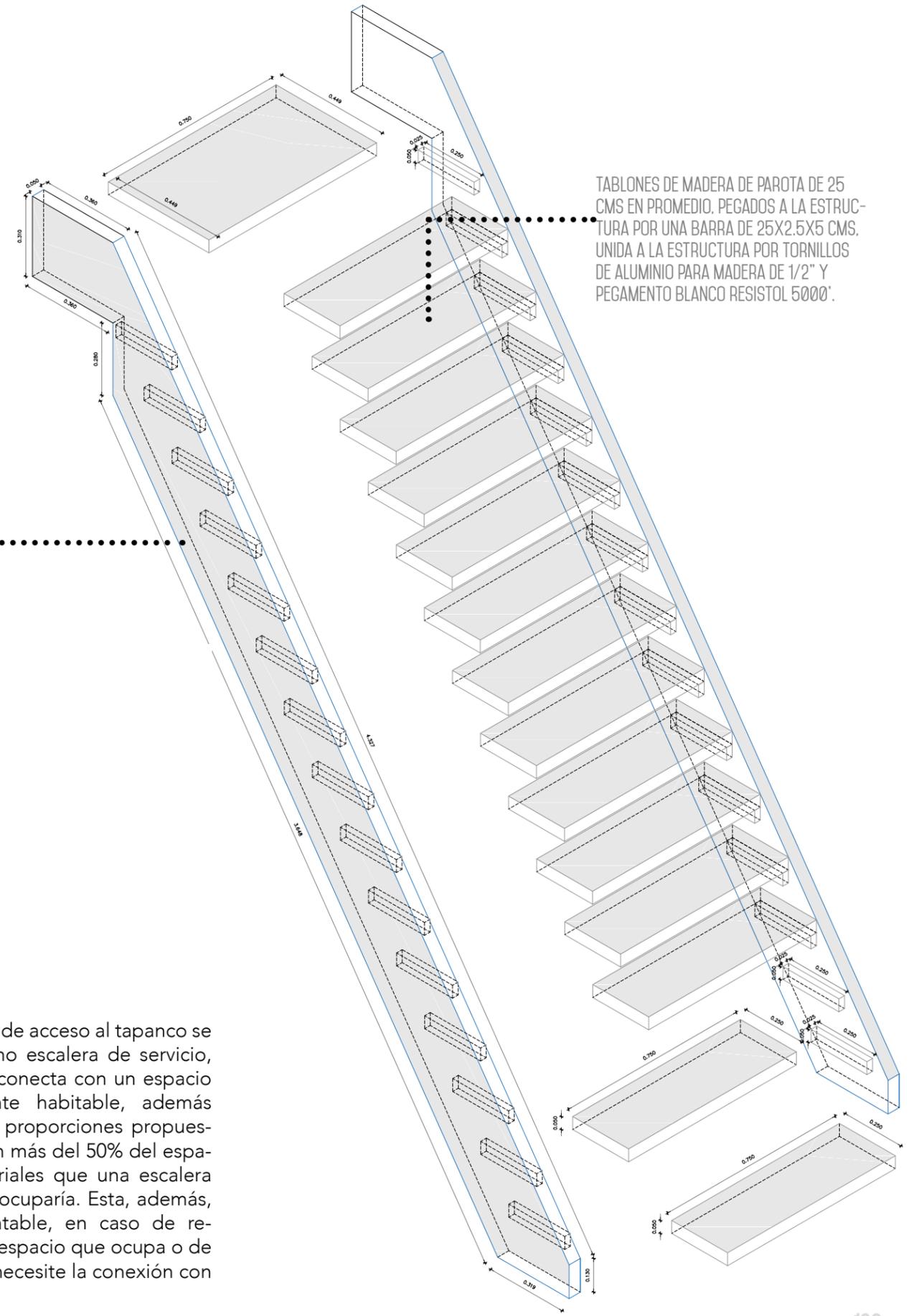
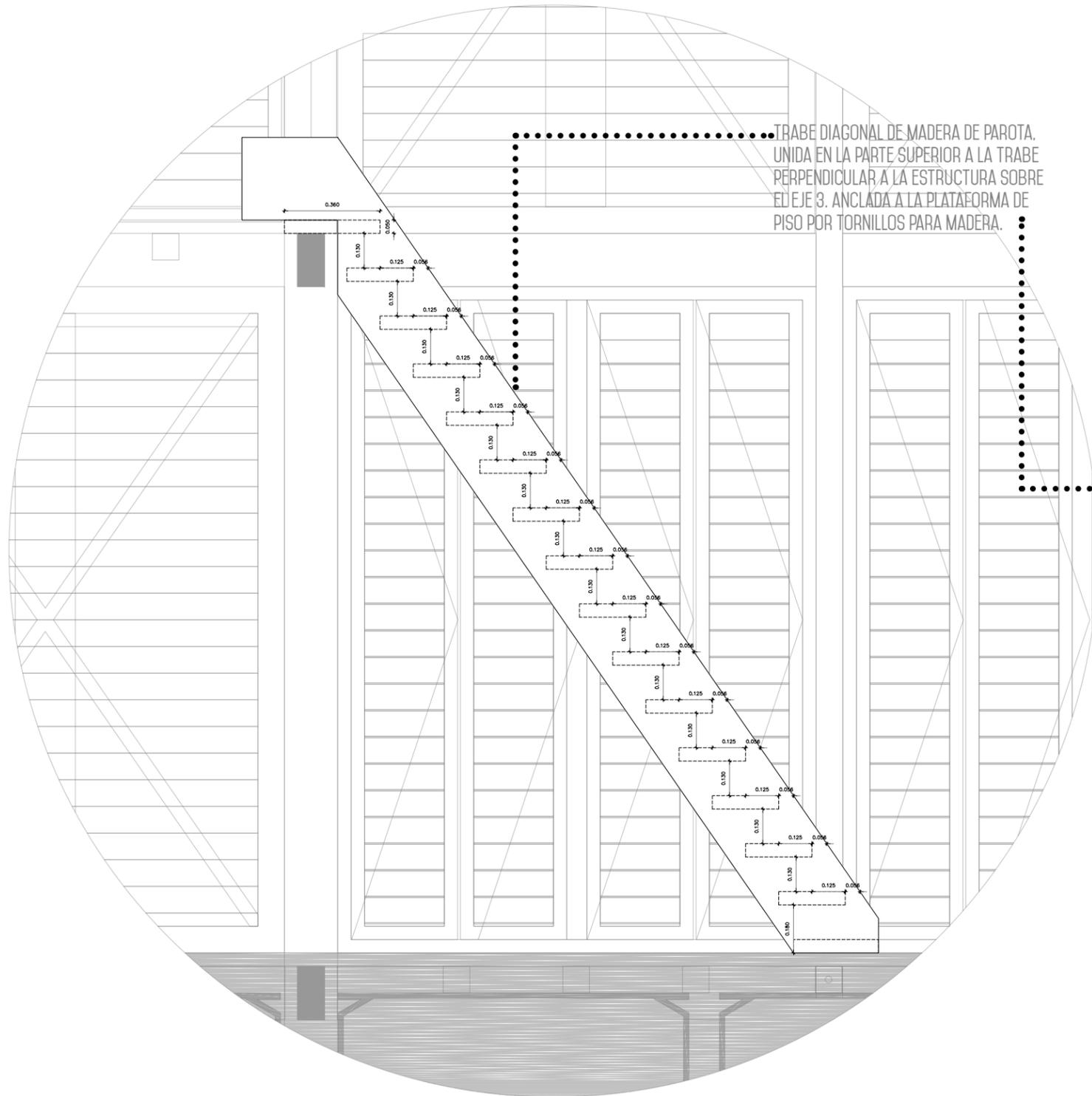


escalón de acceso

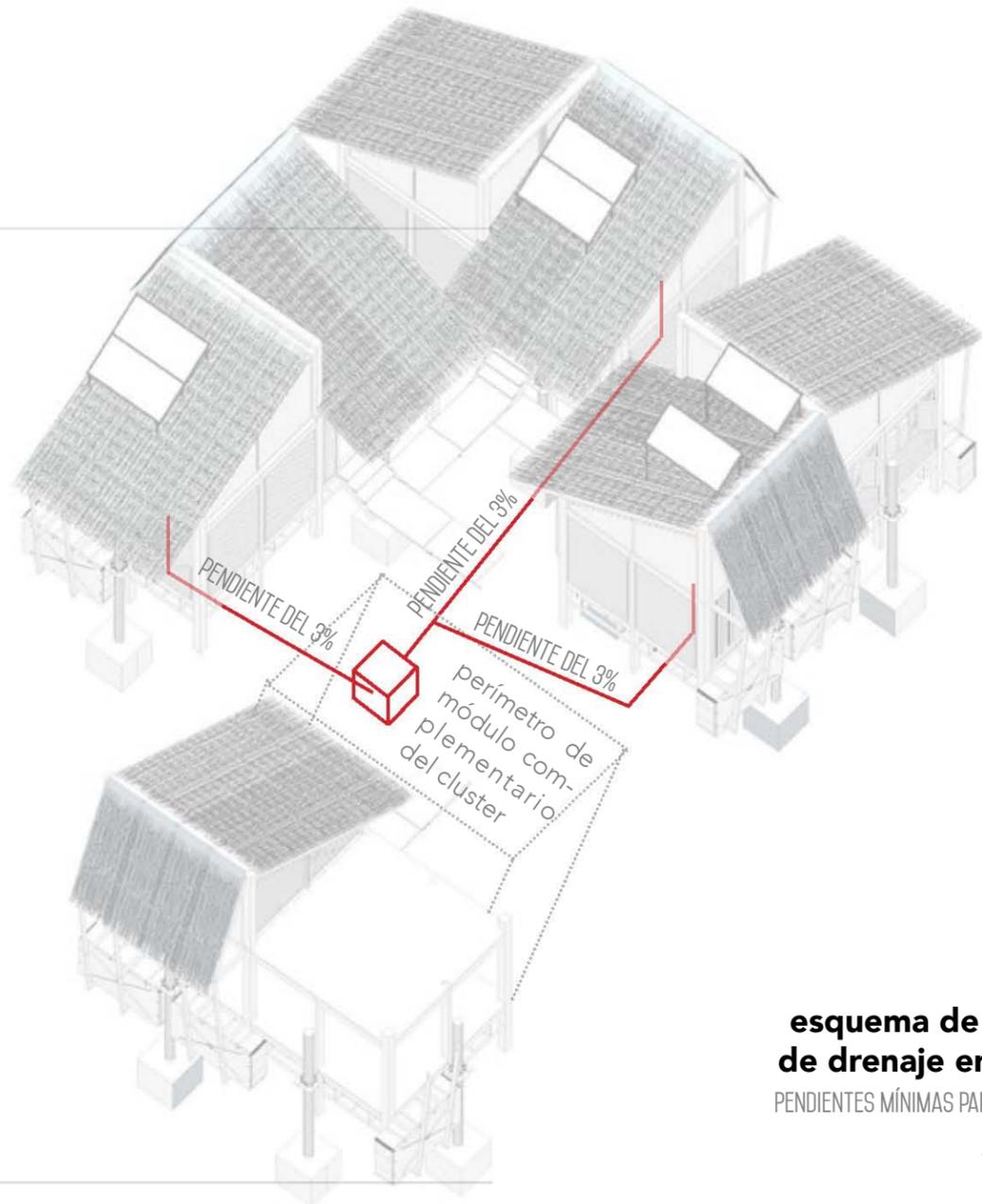
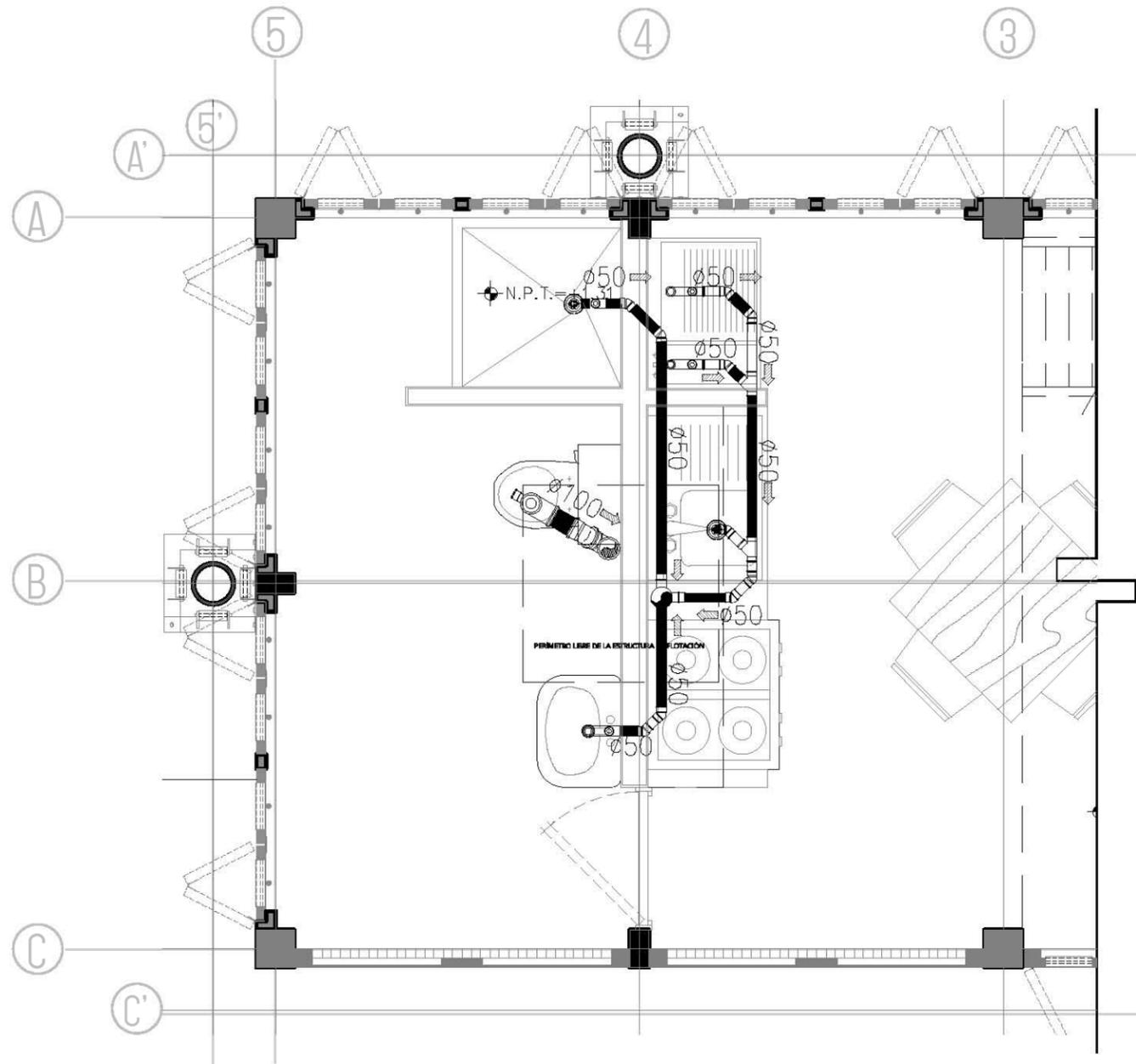
barras cilíndricas de 3" de diámetro, de madera de zapote.



estructura de soporte dinámica



La escalera de acceso al tapanco se diseñó como escalera de servicio, ya que no conecta con un espacio estrictamente habitable, además de que las proporciones propuestas ahorran más del 50% del espacio y materiales que una escalera tradicional ocuparía. Esta, además, es desmontable, en caso de requerirse el espacio que ocupa o de que no se necesite la conexión con el tapanco.



esquema de sistema de drenaje en cluster

PENDIENTES MÍNIMAS PARA EL INTERIOR
 50 O MM 2%
 100 O MM 1.5%
 150 O MM 1%

- TODA LA TUBERÍA SANITARIA PARA AGUAS GRISES EN VERTICALES SERÁ DE PVC SANITARIO.
- LAS TUBERÍAS EN COLECTORES Y EN TRAMOS HORIZONTALES SERÁ DE PVC RD-26.
- LOS DIÁMETROS DE TUBERÍAS SON NOMINALES Y SE INDICAN EN MILÍMETROS
- LAS COLADERAS SERÁN MARCA HELVEX

- YEE DE PVC
- TAPÓN DE REGISTRO
- YEE DE 100 DE REDUCCIÓN A 50 MM
- REDUCCIÓN CONCÉNTRICA DE PVC 100 A 50 MM
- CODO 45 DE PVC
- CODO 90 DE PVC
- CODO QUE INDICA QUE SUBE O BAJA

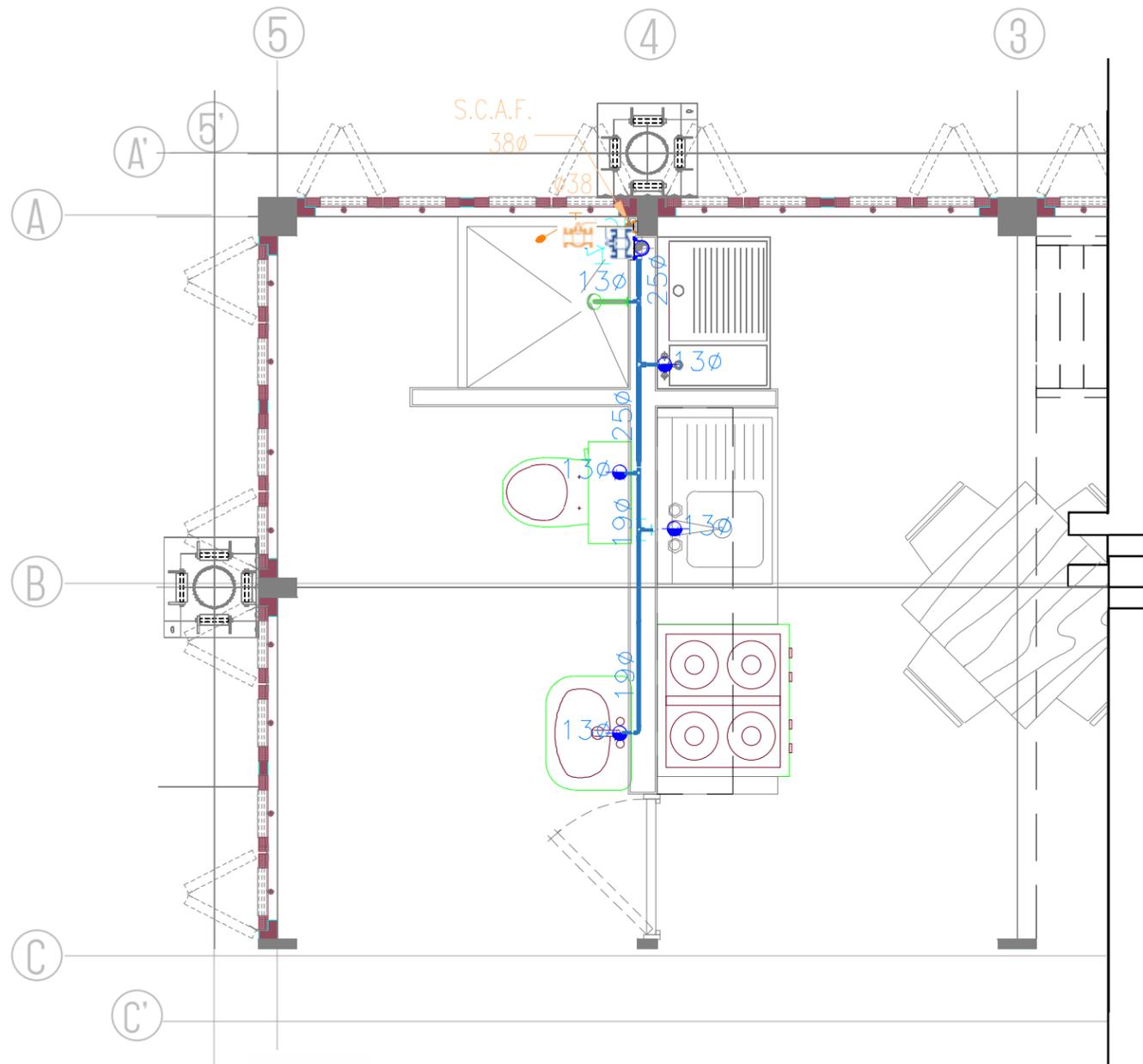
El sistema sanitario es sin duda el aspecto más complejo de este proyecto. Aunque en su sección superficial se resuelve con un sistema tradicional, el destino de los desperdicios de los habitantes estará obligado a variar conforme al estatus de la casa respecto al nivel del mar.

En un escenario de aumento temporal del nivel del mar, se deberá conectar con una tubería flexible al drenaje municipal o a una fosa séptica subterránea. En el caso de un complejo de tres o más viviendas, se podrá crear una conexión permanente a una

fosa séptica anclada al módulo de servicios que podrá reemplazar a uno o dos de los pontones de flotación por la ligereza relativa del módulo de servicio, que puede ser hasta 4 toneladas más ligero, sin el mobiliario ni muros del módulo de vivienda tradicional.

Los habitantes estarán obligados a tomar decisiones respecto al destino de sus desechos antes y después del aumento permanente del nivel del mar, y deberán permanecer al pendiente del estado de sus fosas sépticas, que forzosamente serán de PVC.

Como parte de las restricciones de habitar una zona protegida, los habitantes deberán tomar en cuenta que sus desechos no pueden contener químicos ni elementos no biodegradables o hidrosolubles, ni patógenos ajenos al ecosistema local, así que independientemente del sistema de drenaje, deberán apartar este tipo de desechos por su cuenta, para prevenir que terminen en el drenaje municipal que inevitablemente se conecta con la reserva, o en las fosas que podrían presentar fugas al exponerse a mareas de tormenta.



Se emplearán tuberías de cobre (nacobre) tipo m, para ramales principales y secundarios. ver diámetro en plano.

los accesorios serán de la marca nacobre (hechos de cobre)

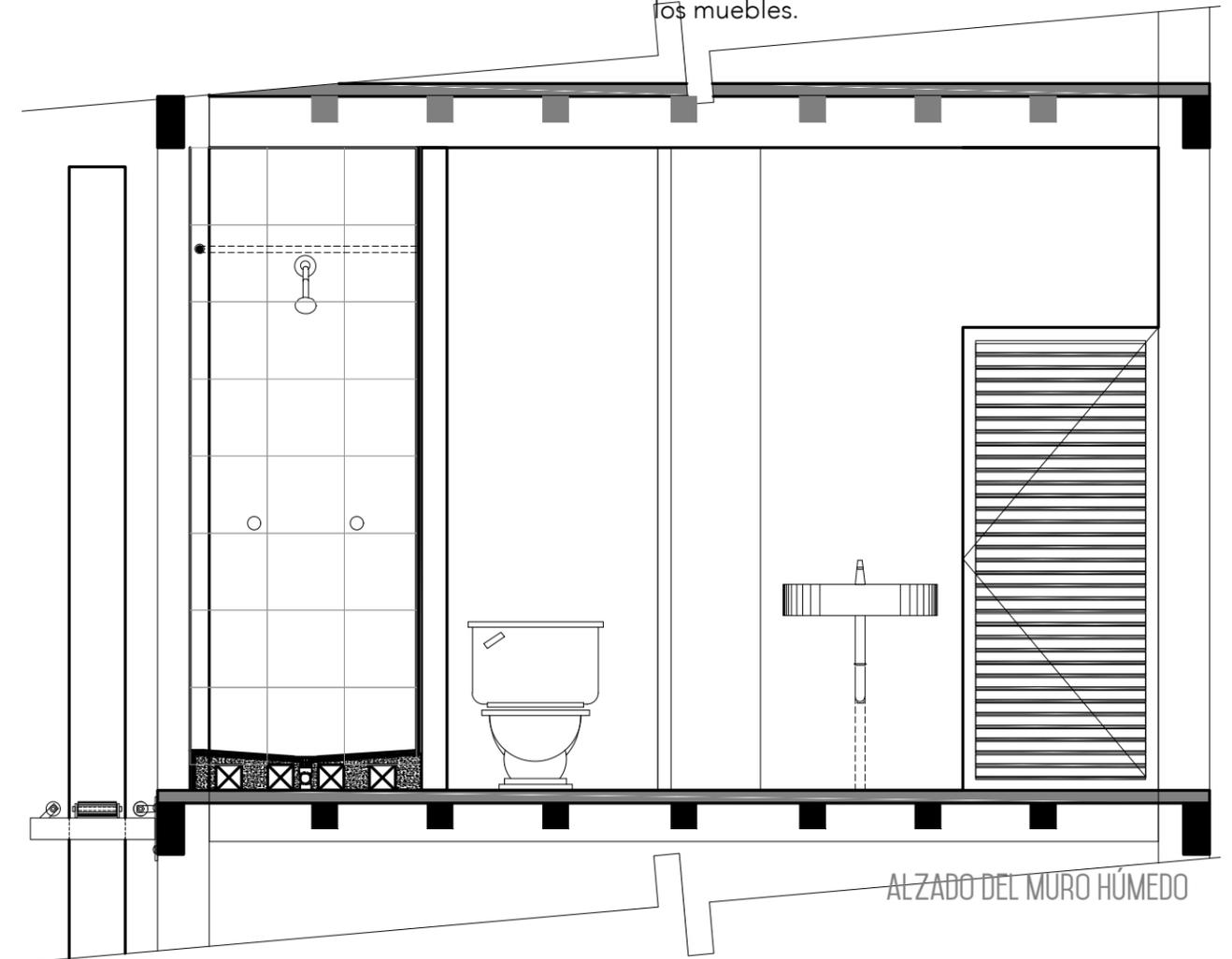
TIPO DE PLANO: HR-001 ESCALA: 1:50
 NOMBRE: ESQUEMA DE UBICACIÓN DE SISTEMA HIDRÁULICO

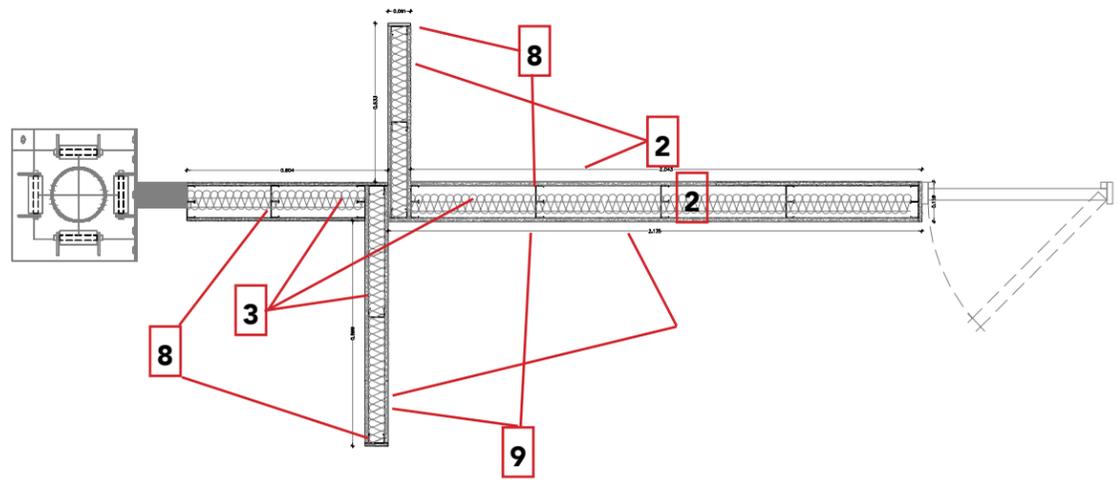
SISTEMA HIDRÁULICO.

El sistema hidráulico corre a lo largo del muro húmedo a partir del tanque de agua. Una deficiencia es la limitada disponibilidad del agua con la que contará la vivienda, ya que esta no podrá estar conectada a la red, que es en todo caso pobre e insuficiente, y tampoco podrá almacenarla en gran cantidad, por el espacio que ocuparía y el peso que supondría sobre la estructura. Por esta razón, el diseño solo permite el abastecimiento con tanques de agua de 450 litros, que deberán surtirse por medio de bombas, o manualmente. El sistema puede además soportar el almacenamiento independiente de tanques de agua, pero esto se recomienda solo en el otro extremo de la vivienda (el área común) para regular el peso distribuido sobre la estructura.

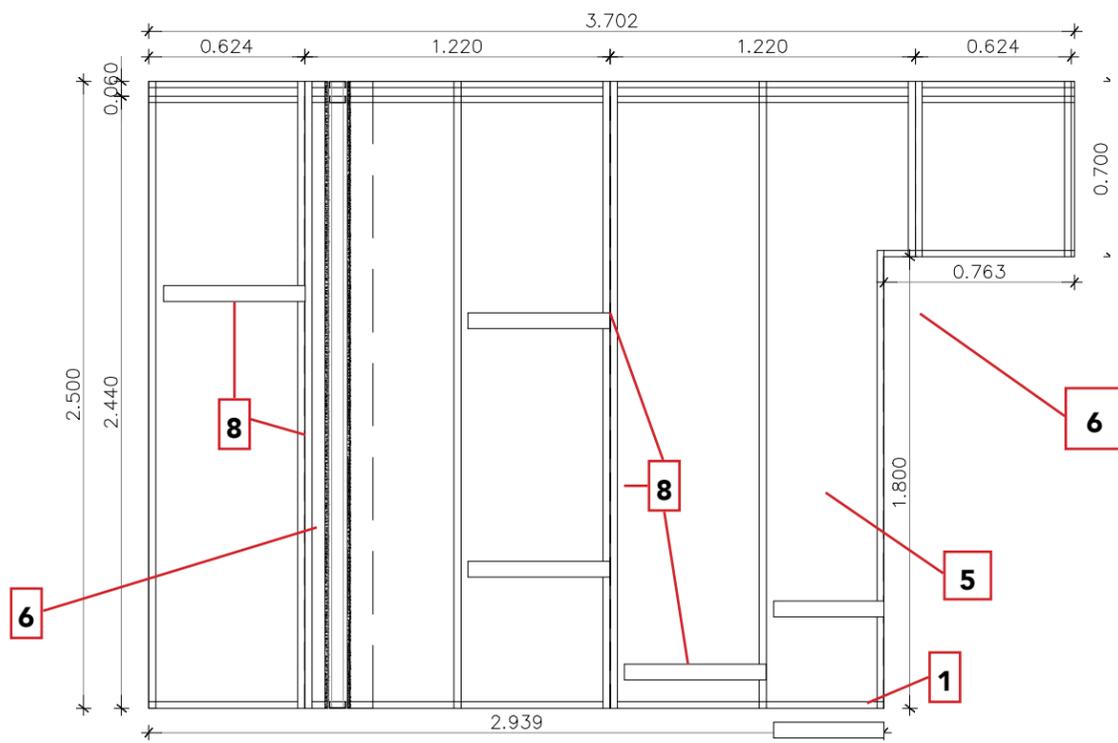
Una nota considerable es la ausencia de llaves para agua caliente o siquiera una red para esta. Por la temperatura promedio de la región, y la contaminación que implica un sistema de gas, se ha omitido por completo, por lo que el sistema de agua potable solo cuenta con agua fría.

Si bien esta puede parecer una imposición, es que reducir la disponibilidad de agua obliga al ocupante a racionarla de manera más efectiva. La razón por la que no se ha implementado tampoco un sistema de captación de agua pluvial es porque el techo de palma no es efectivo en la recolección. Respecto a los tanques, estos requerirán forzosamente una bomba para distribuir el agua a la regadera, no así al resto de los muebles.

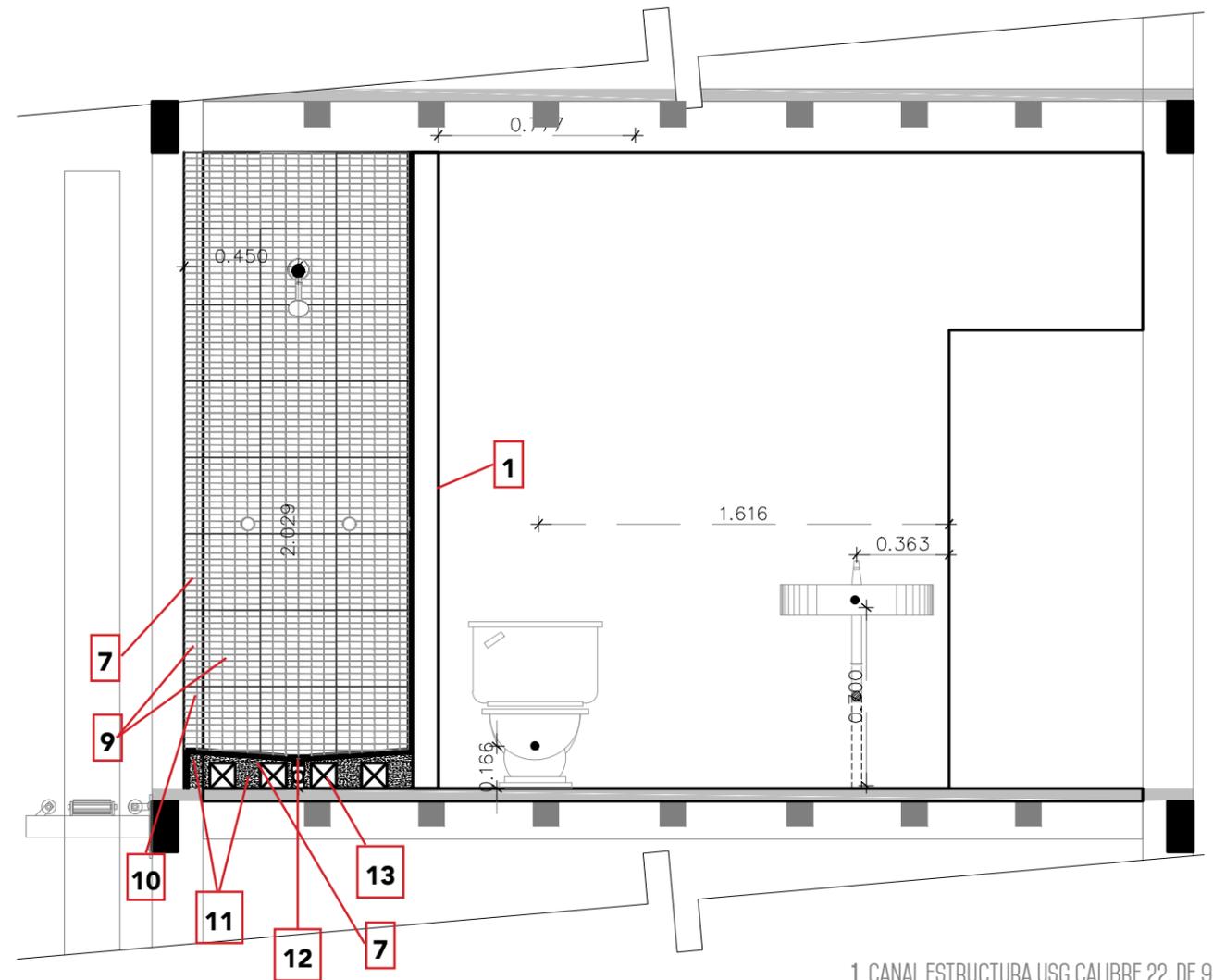




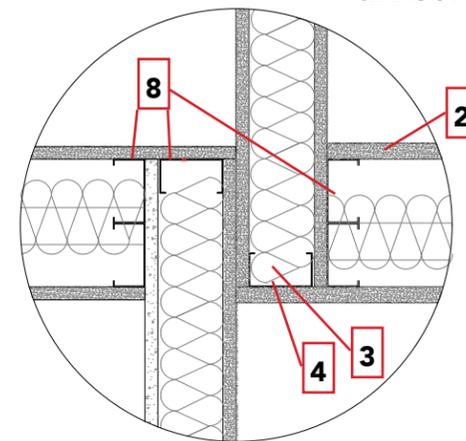
PLANTA DE DETALLE: MURO DIVISORIO



ALZADO DEL MURO DIVISORIO: DISTRIBUCIÓN DE MUROS DE DUROCK.

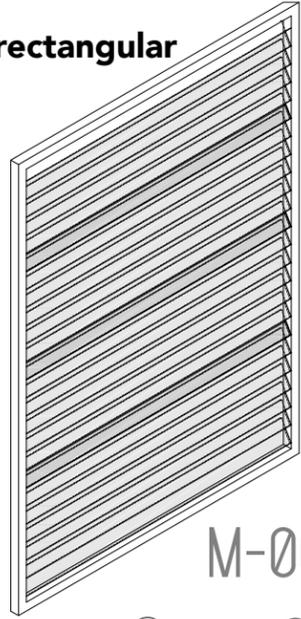


detalle de muros divisorios

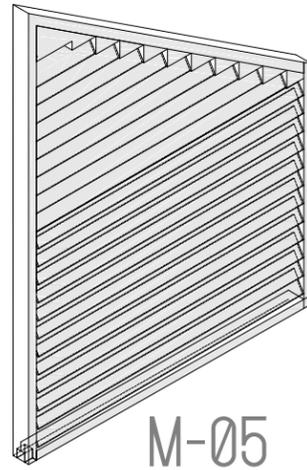


- 1 CANAL ESTRUCTURA USG CALIBRE 22, DE 9.20 CMS.
- 2 TABLERO DE YESO USG TABLAROCA
- 3 COLCHONETA FIBROSA
- 4 TORNILLO DS DE ACERO ENDURECIDO CON REVESTIMIENTO ANTICORROSIVO DE 1 1/4"
- 5 CINTA DE REFUERZO USG DUROCK
- 6 JUNTAS UNIDAS CON COMPUESTO PARA JUNTAS BASECOAT DE CEMENTO PORTLAND
- 7 MALLA USG DUROCK DE FIBRA DE VIDRIO POLIMERIZADA MARCA USG DE 4.30 OZ. TRASLAPADA A CADA 5 CM.
- 8 POSTE ESTRUCTURAL USG CALIBRE 20 @ 40 CMS MORTERO ADHESIVO CREST
- 9 LOSETA DE MOSAICO PARA BAÑOS INTERCERAMIC.
- 10 LONA IMPERMEABLE PARA RECUBRIMIENTO DE TABLAROCA MARCA OATLEY, DE PVC
- 11 MORTERO DE CEMENTO
- 12 COLADERA HELVEX
- 13 PLATAFORMA DE POLINES DE MADERA DE PINO

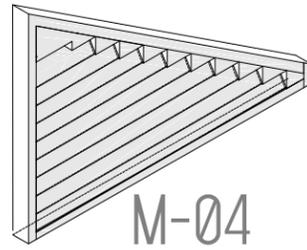
muro rectangular



M-06



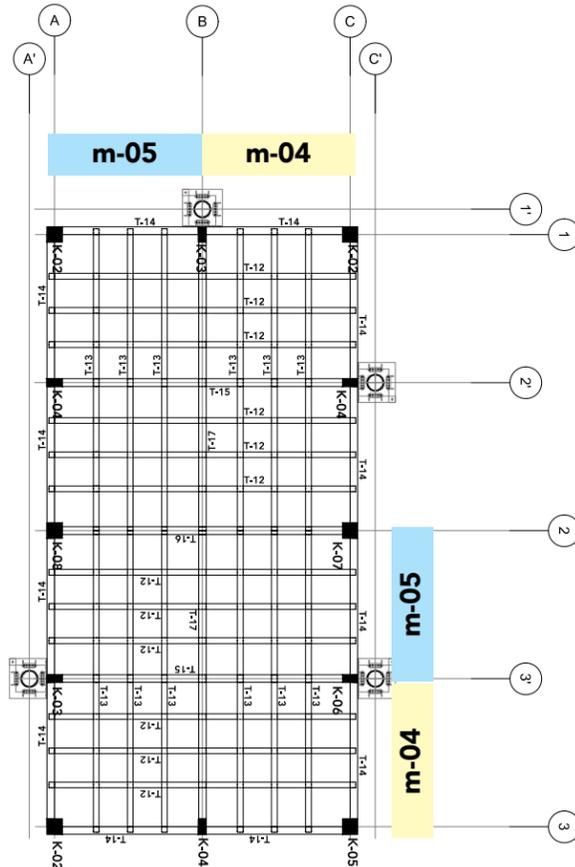
M-05



M-04

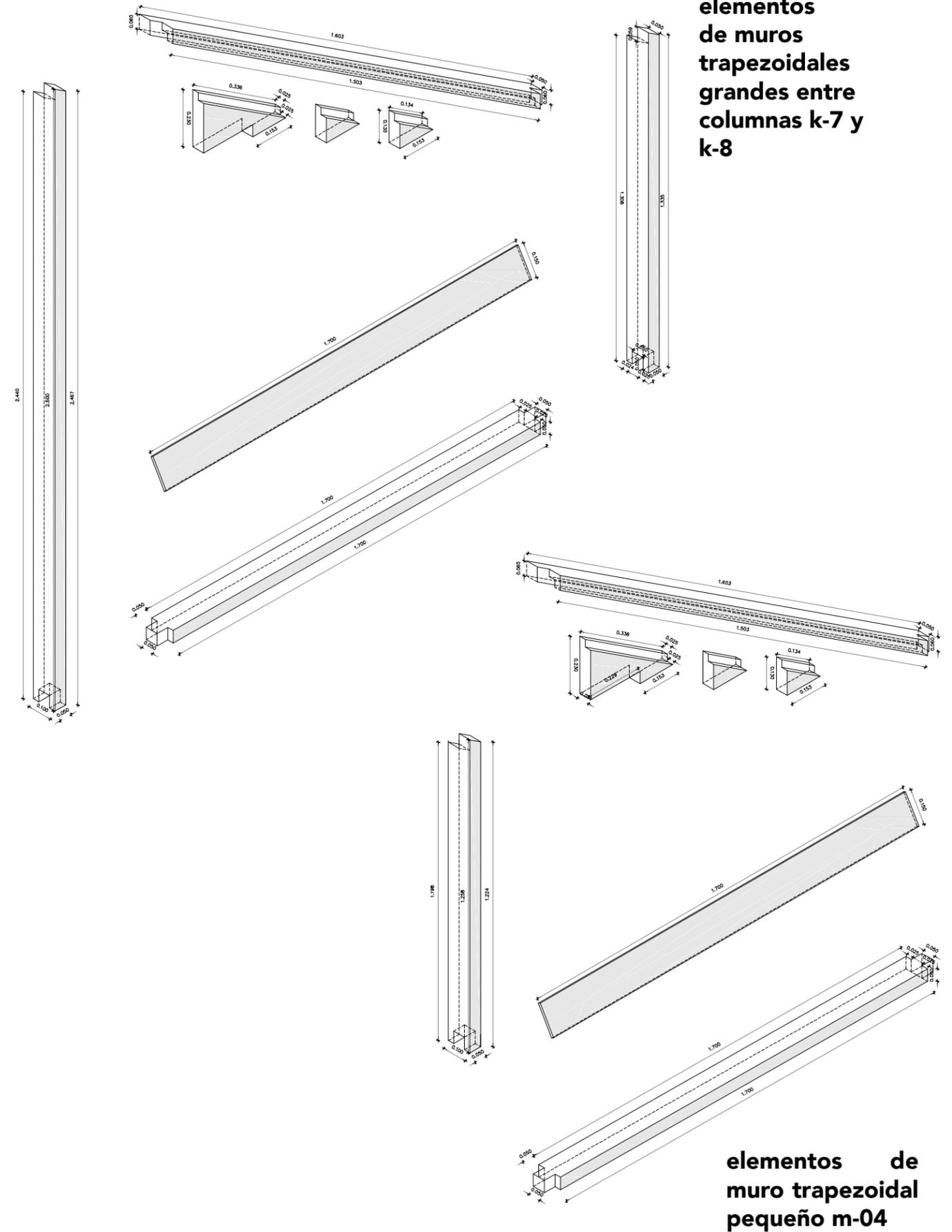
muros trapezoidales

Los muros del piso superior se componen de bastidores de madera de parota recubiertos con persianas fijas del mismo material, unidos con tornillos para madera DS recubiertos con anticorrosivo, y pegamento para madera. Esto permite una ventilación permanente, al mismo tiempo que corta el empuje de los vientos horizontales de tormenta.



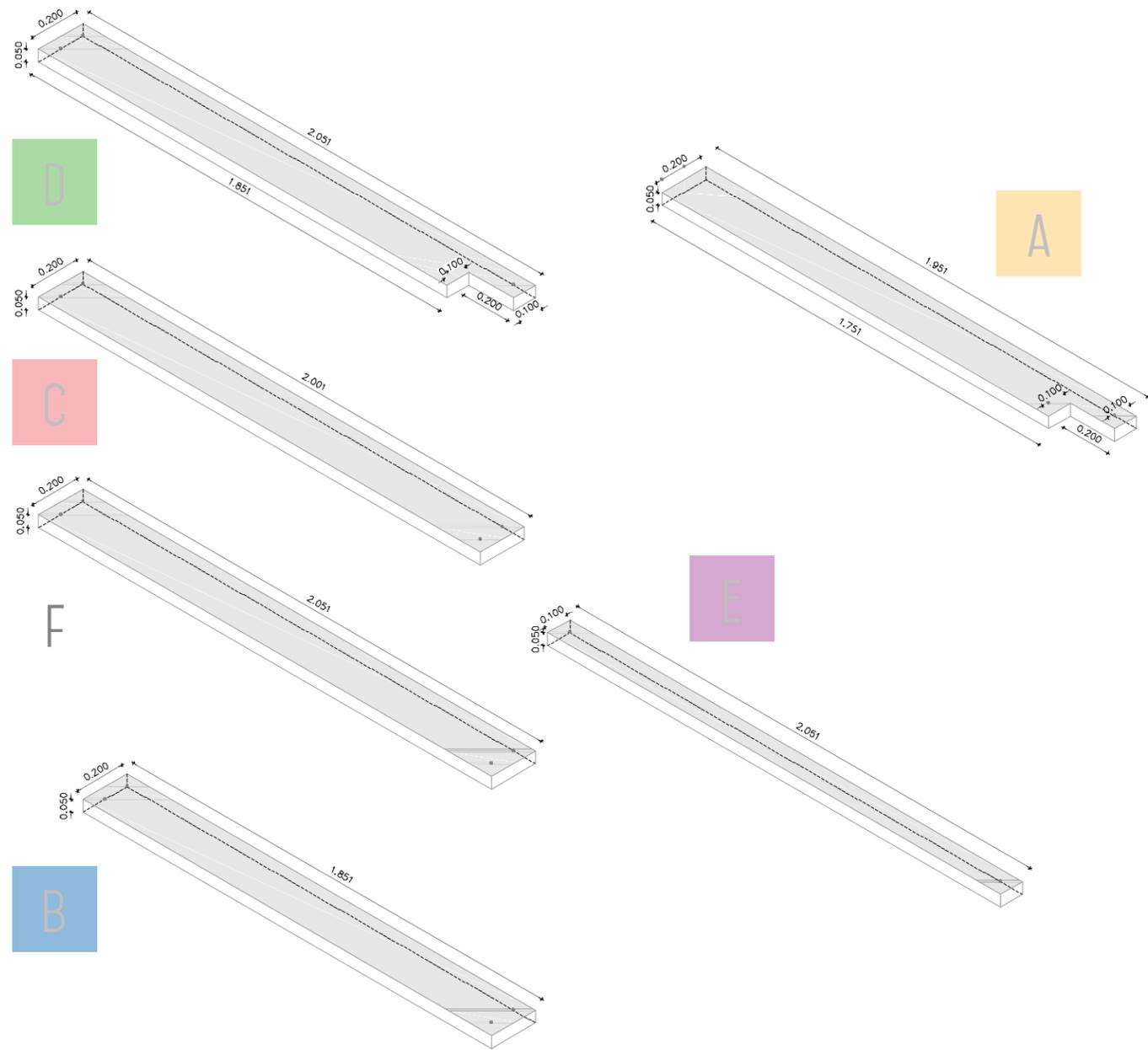
ESQUEMA DE DISTRIBUCIÓN DE MUROS, SEGUNDO NIVEL.

TIPO DE PLANO: CAR-001 ESCALA: 1:25
 NOMBRE: DISEÑO DE MUROS DE NIVEL SUPERIOR



elementos de muros trapezoidales grandes entre columnas k-7 y k-8

elementos de muro trapezoidal pequeño m-04

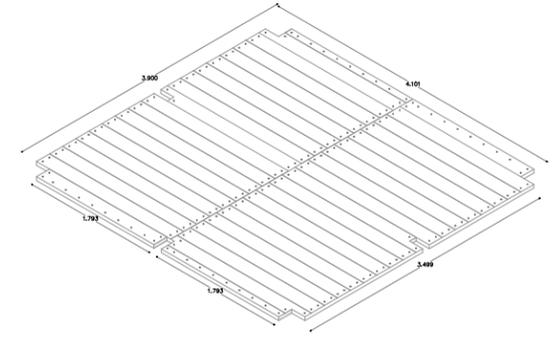


TIPOS DE TABLONES

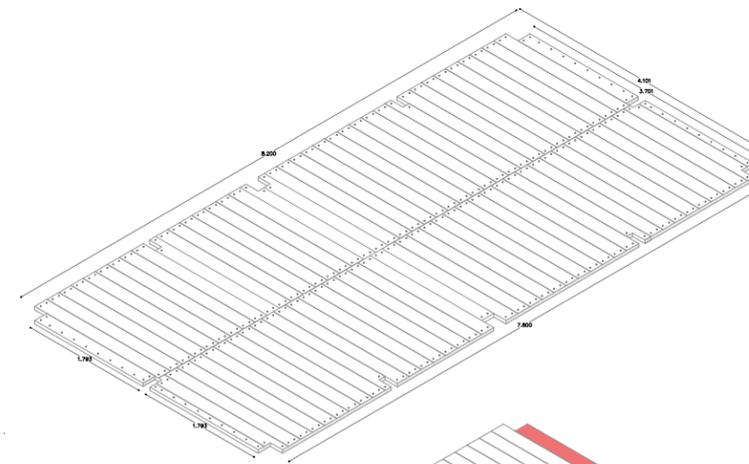
La plataforma de piso se compone de tablonces de madera de zapote, resistente al agua salina y de calidad estructural, sujeta a la estructura subestructural compuesta de las vigas T-11:T-21, tanto en el primer como en el segundo nivel.

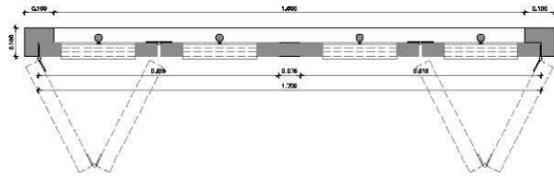
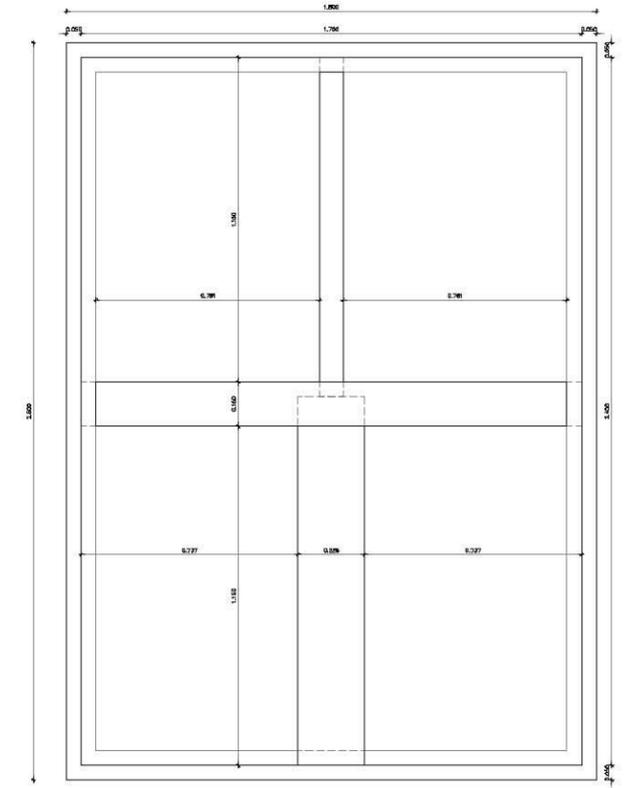
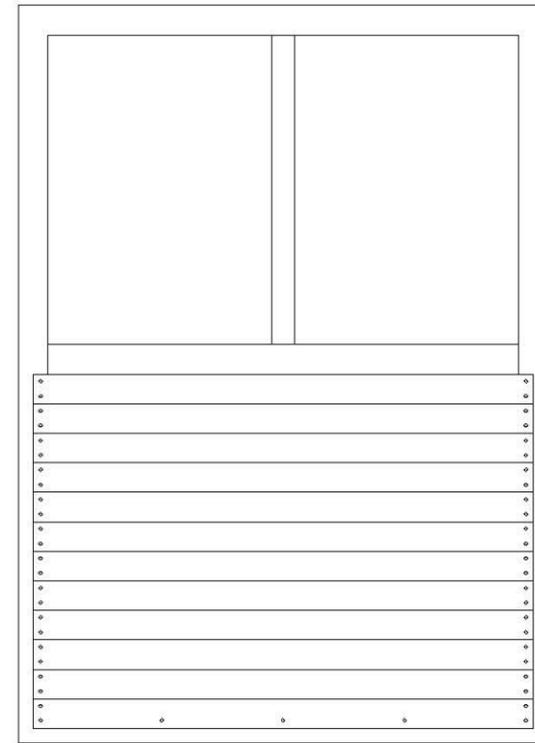
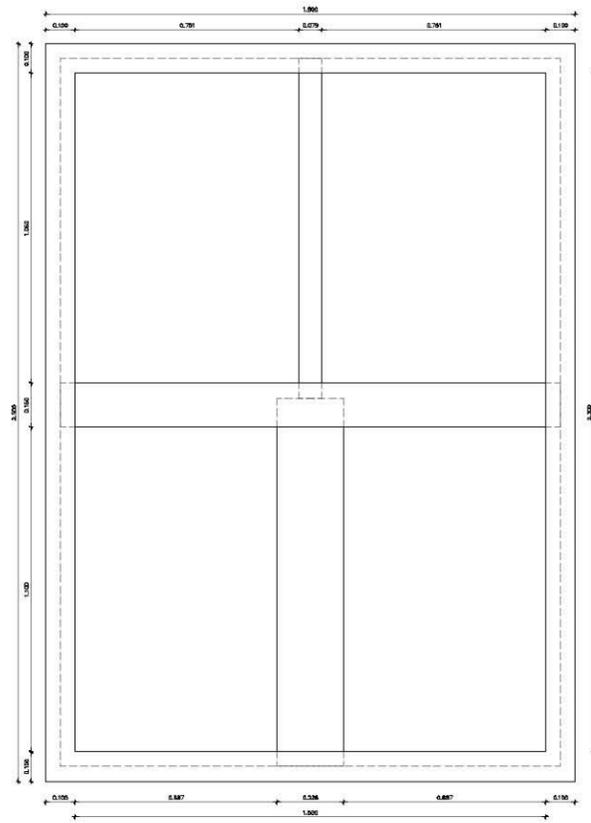
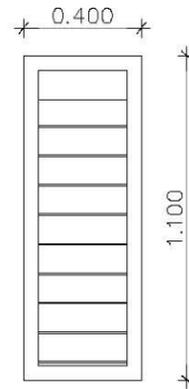
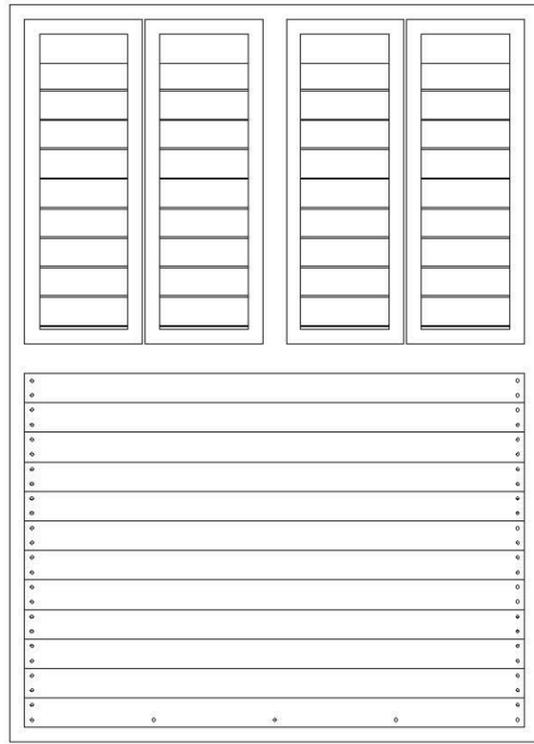
Los tablonces están sujetos a la subestructura por tornillos de acero inoxidable recubierto con anticorrosivo tipo DS, a cada 10 cms.

distribución de tablonces en plataforma de nivel 2.

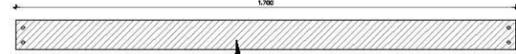


distribución de tablonces en plataforma de nivel 1.

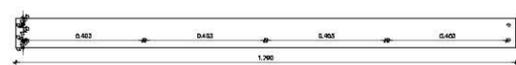




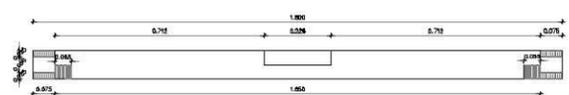
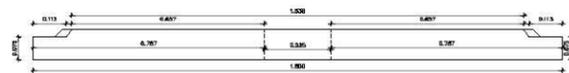
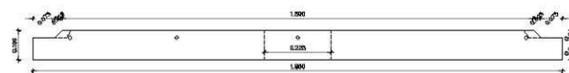
F=Tablón intermedio



Tablón de madera de parota, de 1 cm e espesor, unido al bastidor con tornillos de acero inoxidable de $\frac{3}{8}$ " de diámetro.

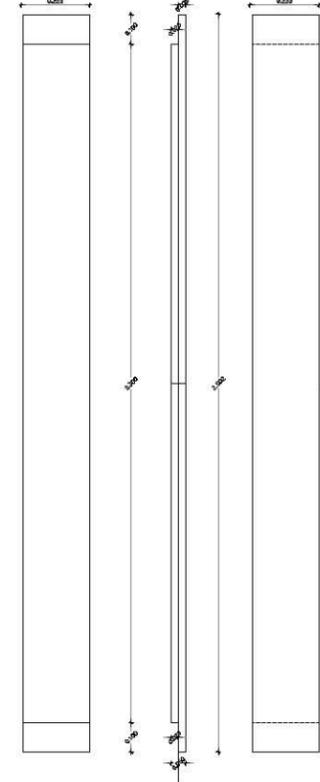


E=Tablón en extremos

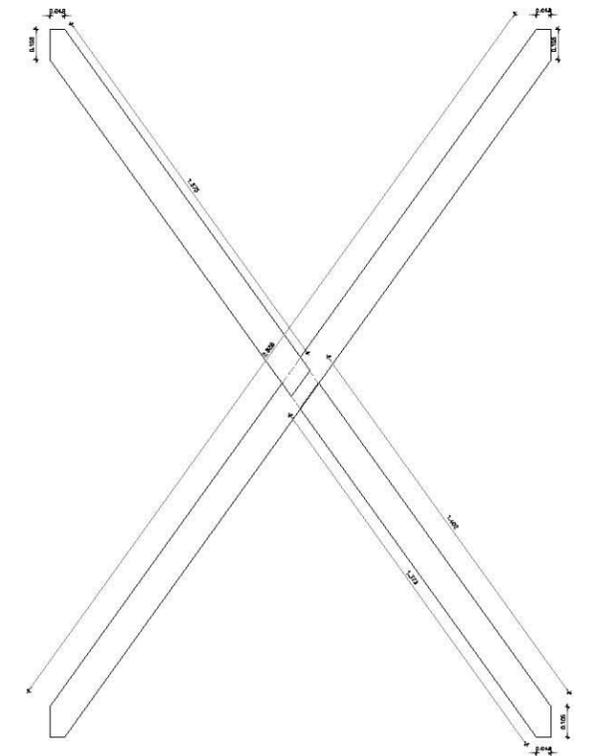
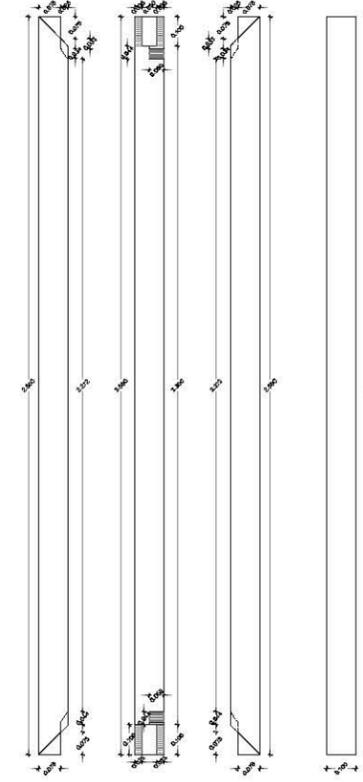


D= bastidor inferior y superior

C= columna intermedia

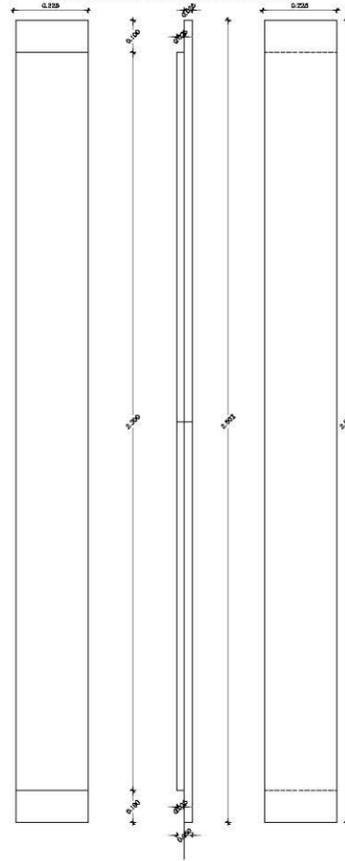


G= bastidor lateral

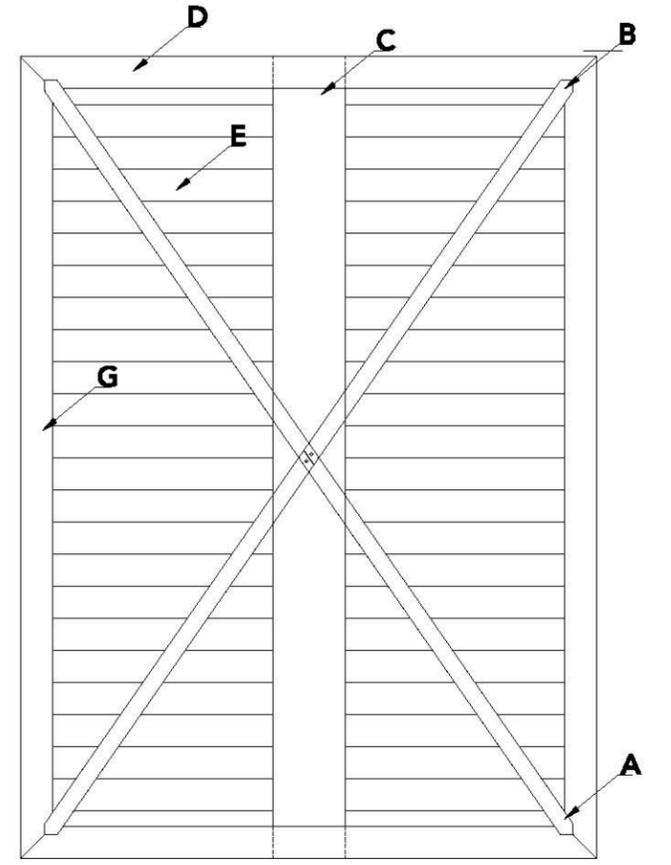
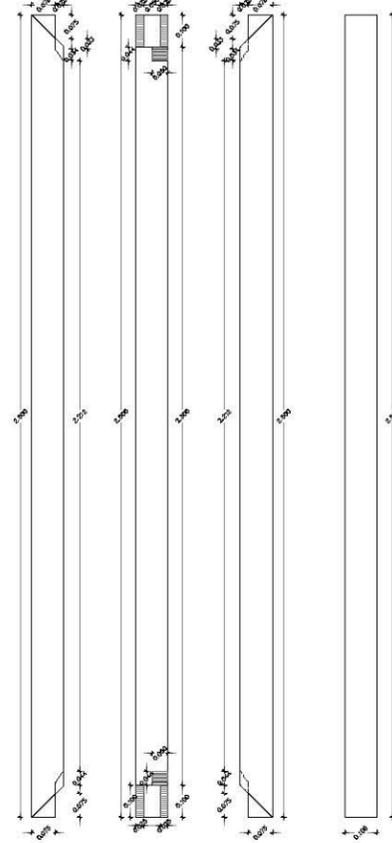




C= columna intermedia



G= bastidor lateral

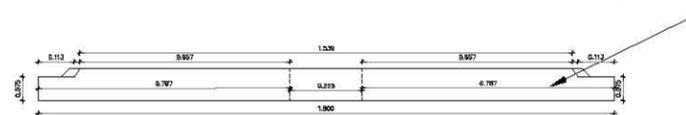
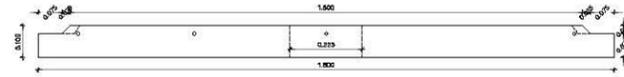


F=Tablón intermedio

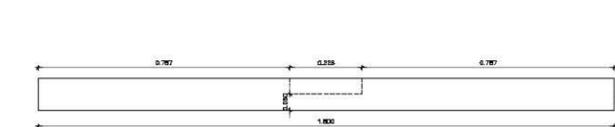
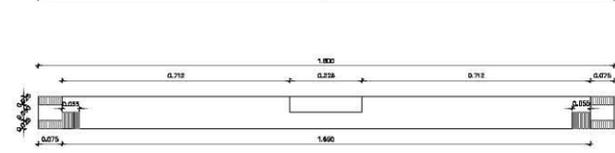


Tablón de madera de parota, de 1 cm e espesor, unido al bastidor con tornillos de acero inoxidable de $\frac{3}{8}$ " de diámetro.

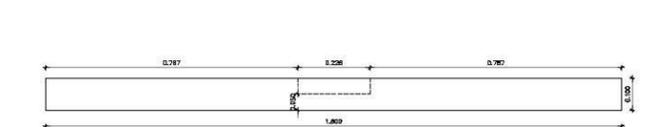
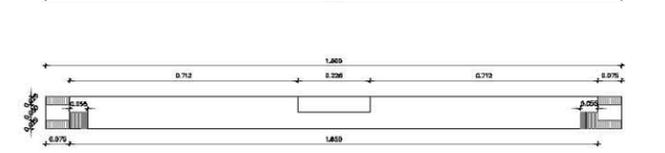
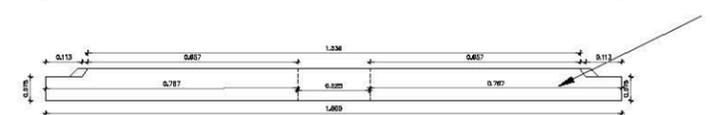
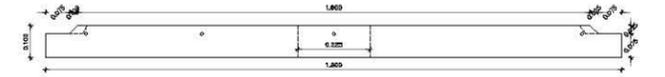
E=Tablón en extremos



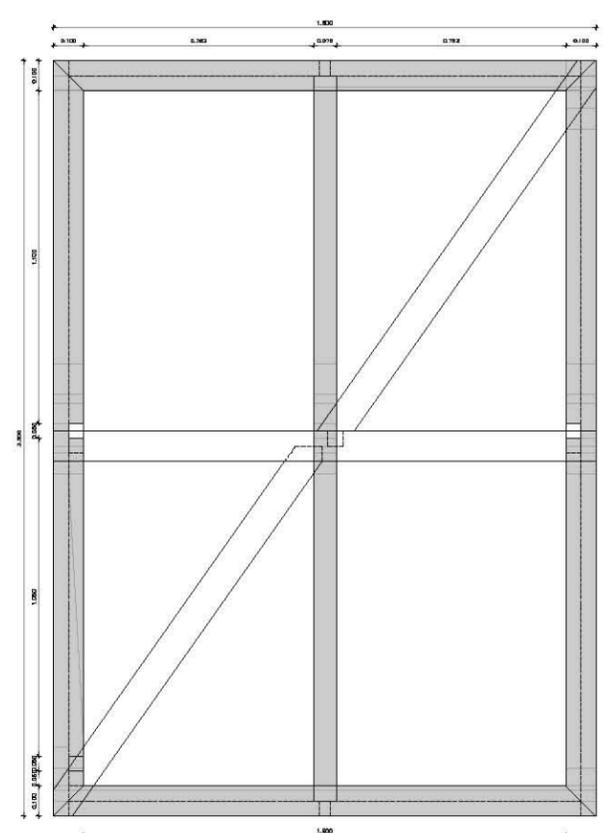
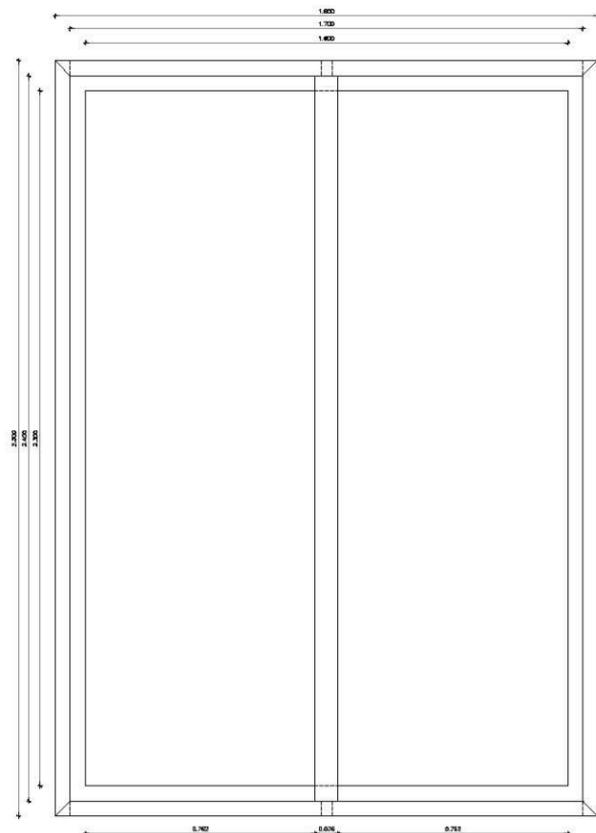
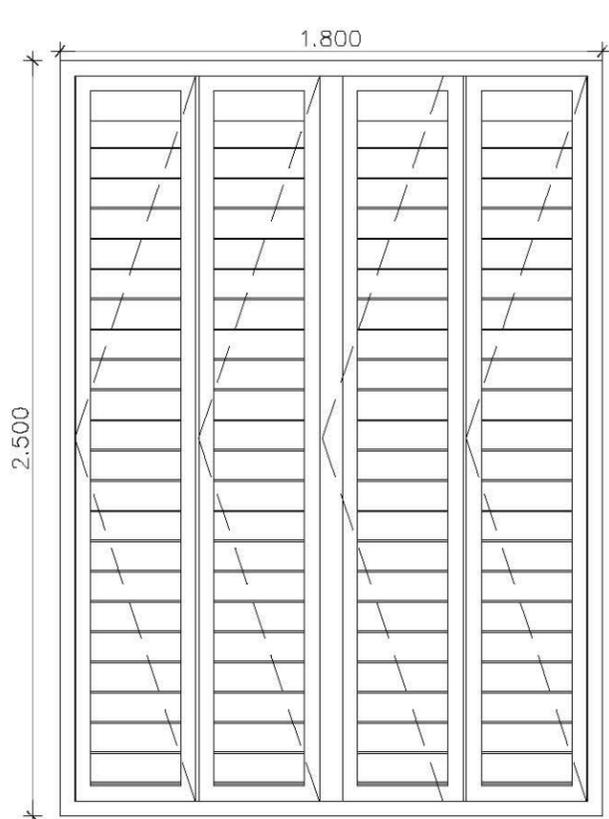
B=Columna diagonal secundaria
Espesor: 5 cm



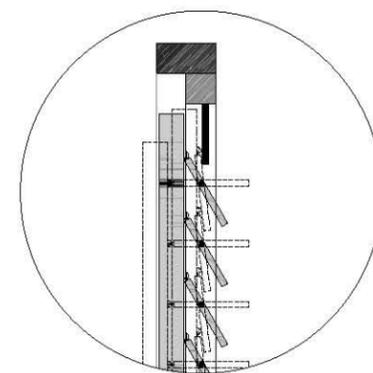
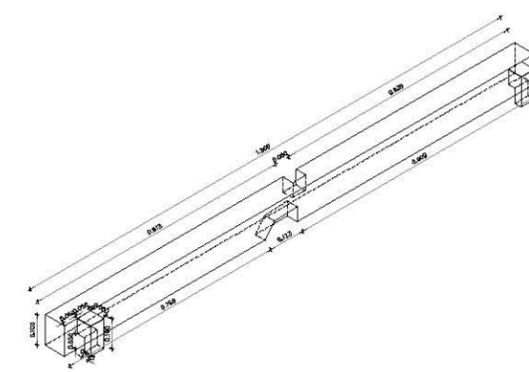
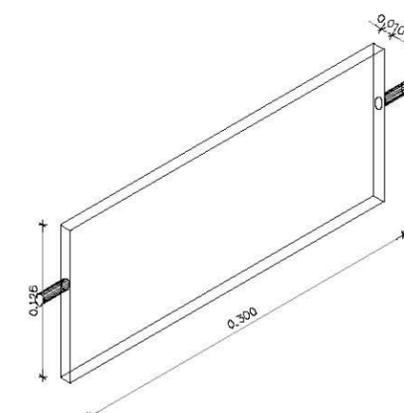
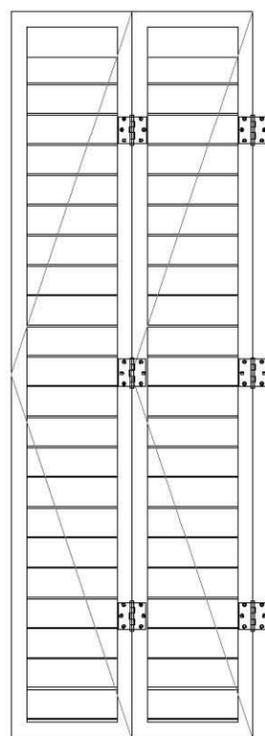
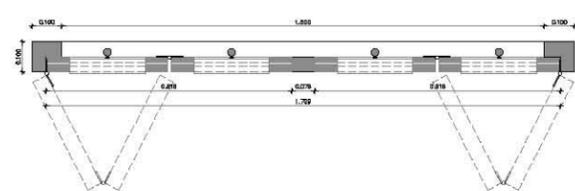
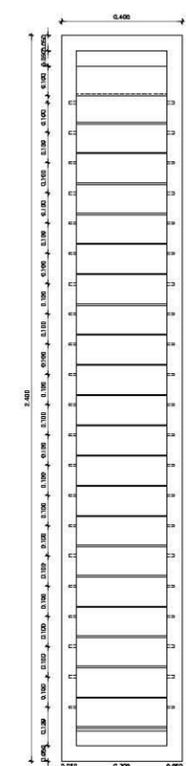
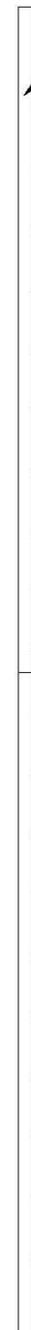
D= bastidor inferior y superior



D= bastidor inferior y superior



Guía para sistema de persianas.
 Hecha de madera de parota.
 Cilíndrica, de 2.5 cm de espesor,
 con aros de acero inoxidable de 1.25 cm. de
 diámetro a cada 10 cm. de distancia.



TIPO DE PLANO: CAR-005 ESCALA: 1:50
 NOMBRE: DISEÑO DE MURO DE PERSIANAS



CONCLUSIONES.

Al inicio de este proyecto, el objetivo principal fue identificar las características de una región, para proponer una vivienda que permitiera habitarla permanentemente, a pesar de las amenazas propias de la zona y las problemáticas que en la actualidad impulsan movimientos migratorios masivos, algunos más agresivos que otros, y algunos menos perceptibles que otros. En ese entonces, la postura internacional respecto al ANM, conforme a lo diagnosticado por el ICPP, era que se preveía un ANM de un metro, para finales del siglo XXI. Esta ya era una postura considerada por la comunidad científica como conservadora, pues cada vez más estudios e investigaciones independientes entre sí, demostraban que ese no sería sino el mejor escenario posible, consecuencia de acciones y medidas preventivas tomadas de inmediato, las cuales no tenían ni tienen al día de hoy, grandes posibilidades de llevarse a cabo.

Para ese entonces, diversos papers y artículos de divulgación apuntaban más hacia la posibilidad de un aumento de por lo menos dos metros. En ese escenario, sería inevitable el desplazamiento de millones de personas en todo el mundo, desde zonas costeras hacia zonas más altas y secas, por la pérdida de su hábitat.

Tan solo en Agosto de 2018, 4 años después de la publicación de su último reporte sobre el cambio climático, el IPCC decidió publicar un reporte extraordinario, donde no solo descartaría su hipótesis de ANM de un metro, sino que también aceptó la posibilidad de que las expectativas puedan ser aún peores que el horizonte de un aumento de dos metros, dejando pensar en aumentos de incluso 4. Todo esto, para el fin de siglo. Esa nueva postura no solo avala la necesidad de

empezar a buscar nuevas formas de aproximar el hábitat y nuestra relación con el agua, también nos indica que estas deben empezar a buscarse lo más pronto posible.

Las comunidades más vulnerables seguirán siendo las marginadas, las rurales, y todos los asentamientos con menos de 5,000 personas. Es posible que ante la aceleración del cambio climático, las respuestas gubernamentales comiencen más bien a limitarse a comunidades mucho más grandes, metropolitanas. Entonces serán aún más la cantidad de personas que se verán obligadas a desplazarse, o mejor, a adaptarse de formas pasivas al ANM.

Concluir, al final de la etapa de investigación, que la solución a la pérdida de hábitat en la Península de Yucatán frente al ANM, sería una vivienda flotante, es casi irrisorio si se considera la amenaza de la que se habla. Sin embargo, lo más importante de este proceso ha sido no solo la propuesta obtenida, sino la reafirmación de que el horizonte de la supervivencia anfibia es perfectamente factible.

La implementación de sistemas de construcción locales y técnicas relativamente sencillas, como la carpintería, sugieren también que la supervivencia no solo está al alcance de las comunidades y sociedades con mayores recursos y mayor conocimiento técnico. Cuando en un futuro se vuelva una necesidad apremiante la búsqueda de alternativas para la supervivencia y la permanencia de comunidades como Holbox en sus sitios, podrá recurrirse a una introducción

Sin ser el objetivo principal del ejercicio, al final el diseño de la casa ha resultado en una analogía del bal-



Imagen 72. Simulación del emplazamiento de un módulo en la isla de Holbox.

ance necesario para la supervivencia mínima. El peso límite de la carga viva de la casa, de 2.4 a 3 toneladas, impide que sus habitantes le impongan más peso que el mínimo indispensable. Cada kilogramo, cada pertenencia, cada recuerdo material que el usuario desee almacenar en su vivienda, actúa en potencial detrimento de su capacidad de supervivencia. Antes de llegar a ese radical extremo, el proyecto ya era el de la solución más austera y práctica a las demandas de habitabilidad del Siglo XXI,

Los materiales locales, el diseño apto para construirse por mano de obra no especializada, sus reducidas dimensiones, todas sus características fueron producto de un análisis exhaustivo de la forma más sencilla de sobrevivir, en un entorno cuya explotación ya no es opcional, y cuyo cuidado y la reducción del impacto de nuestras vidas en él, como cada objeto que se le suma a la casa, son vitales para nuestra supervivencia misma.

El que el sistema de drenaje carezca de una trampa para atrapar materiales de alta viscosidad, o que no exista un compartimento para la basura, no son resultado solo de la dificultad de su instalación. Así como la isla ya no tiene la capacidad de asimilar la

producción de basura y desechos humanos de la comunidad y sus visitantes, incluso hoy está prohibida la introducción de materiales no-orgánicos desechables a la reserva de Yum-Balam. Si no existe una trampa para grasa, es porque los pobladores de la zona no tienen siquiera permitido cocinar con ella, pues no existe ningún sistema de recolección de residuos de ese tipo en la zona, y aunque lo hubiera, su centro de tratamiento más cercano se encontraría a cientos de kilómetros.

Ni la casa, ni su medio ambiente, están diseñados para soportar materiales, químicos o productos no esenciales para su supervivencia. La resiliencia no solo depende de la resistencia de la vivienda a su medio, también depende de la calidad de su relación con él, y de que sus usuarios decidan hacerla simbiótica o parasitaria. Sabemos que la segunda solo sirve para destruir al ente anfitrión.

ANEXOS

PROYECTOS DE REUBICACIÓN

Comunidad	Isle de Jean Charles
Ubicación	Costa de Louisiana, Estados Unidos.
Población	350-400 habitantes
Superficie	N/A (la pérdida de superficie por erosión costera no permite datos precisos)
Altura media sobre el nivel del mar	
Cercanía a la costa	Se encuentra en la costa de Louisiana.
Factores de riesgo para la permanencia de la población en el sitio.	Erosión costera Aumento del Nivel del Mar Inundación por marea de tormenta. inundación por lluvias atípicas o desborde de ríos.
Medida de respuesta a la amenaza	Reubicación total de la comunidad.
Organismos involucrados en la reubicación/adaptación	Departamento de Vivienda y Desarrollo Urbano de los EU Oficina de Desarrollo Comunitario de Louisiana. Administración de la Isla de Jean Charles.
Año en que se identificó el riesgo	1955
Año en que se identificó la necesidad de reubicación/adaptación	2016
Año en que comenzó la reubicación	N/A
Elementos del proyecto de reubicación/adaptación	Fase 1: identificación de necesidades y reconocimiento iniciales. Fase 2: Desarrollo del Plan Maestro para la evacuación y construcción del nuevo asentamiento. Fase 3: Desarrollo y construcción del nuevo asentamiento.
Estado actual del proceso de reubicación/Adaptación	La comunidad y organizaciones involucradas están en proceso de desarrollar el plan maestro del sitio de reubicación y el calendario de reubicación.
Particularidades.	El nuevo asentamiento comenzará su construcción el 1ro de Junio de 2018.
Fuente:	Beldi. Carteret Climate Refugees Seek Home. 6 de Agosto del 2016. ABC. http://www.abc.net.au/news/2016-08-07/carteret-climate-refugees-new-home/7693950

Comunidad	Taro, cabecera municipal.
Ubicación	Provincia de Choiseul, Islas Salomón.
Población	507 (2009)
Superficie	0.44 kilómetros cuadrados
Altura media sobre el nivel del mar	0.00-4 metros
Cercanía a la costa	Isla coralina.
Factores de riesgo para la permanencia de la población en el sitio.	Aumento del nivel del mar Erosión costera Tsunamis Inundaciones.
Medida de respuesta a la amenaza	Reubicación de la comunidad completa.
Organismos involucrados en la reubicación/adaptación	Gobierno de las Islas Salomón Gobierno de Australia. Organismos internacionales como potenciales financiadores.
Año en que se identificó el riesgo	
Año en que se identificó la necesidad de reubicación/adaptación	2014
Año en que comenzó la reubicación	
Elementos del proyecto de reubicación/adaptación	Plan maestro para el área de reubicación de la comunidad, incluyendo: <ul style="list-style-type: none"> análisis prospectivo de las amenazas y riesgos climáticos y ambientales en un período de 90 años. distribución de la superficie para la reubicación de equipamiento urbano, zonas habitacionales, zonas industriales, vías de comunicación, relación con áreas naturales protegidas Delimitación de superficies suficientes para el acomodo del crecimiento esperado de la población, incluyendo vivienda, negocios, industria y otras oportunidades de empleo.
Estado actual del proceso de reubicación/Adaptación	El plan se finalizó en 2014.
Particularidades.	Vista la reticencia de la población mayor de evacuar, se pretende evacuar al resto y permitirle a este sector habitar en los últimos espacios con superficie.
Fuente:	CoastAdapt. Choiseul Bay Township Adaptation and Relocation Progra, Choiseul Province, Solomon Islands. Gobierno de Australia. 2015 https://coastadapt.com.au/sites/default/files/case_studies/CSS3_Relocation_in_the_Solomon_Islands.pdf

Comunidad	Shishmaref
Ubicación	Alaska, Estados Unidos.
Población	600 (2002)
Superficie	
Altura media sobre el nivel del mar	
Cercanía a la costa	Isla de barrera
Factores de riesgo para la permanencia de la población en el sitio.	Erosión costera. inundaciones por marea de tormenta derretimiento de permafrost Aumento del nivel del mar.
Medida de respuesta a la amenaza	Reubicación.
Organismos involucrados en la reubicación/adaptación	Gobierno local. Acto de Organización Indígena (IRA) Consejo y Barra de Directores de la Corporación Nativa de Shishmaref.
Año en que se identificó el riesgo	1973
Año en que se identificó la necesidad de reubicación/adaptación	2009
Año en que comenzó la reubicación	
Elementos del proyecto de reubicación/adaptación	
Estado actual del proceso de reubicación/Adaptación	La comunidad y organizaciones involucradas están en proceso de analizar los posibles sitios para el desplante de un nuevo asentamiento.

Comunidad	Islas Carteret
Ubicación	Papua Nueva Guinea, Océano Pacífico.
Población	2,600 (2006)
Superficie	0.6 kilómetros cuadrados
Altura media sobre el nivel del mar	0.00-1.5 metros
Cercanía a la costa	Atolón
Factores de riesgo para la permanencia de la población en el sitio.	Inundación por aumento del nivel del mar Hundimiento por actividad tectónica Erosión costera Pérdida de fuentes de alimento y agua dulce por intrusión de agua salada Inundación por mareas de tormenta
Medida de respuesta a la amenaza	Adaptación y reubicación
Organismos involucrados en la reubicación/adaptación	Gobierno de Papua Nueva Guinea. Consejo de Ancianos de Baku, Bougainville Consejo de Ancianos de Carteret
Año en que se identificó el riesgo	N/A ó 1985
Año en que se identificó la necesidad de reubicación/adaptación	2003-El gobierno de Papua Nueva Guinea autoriza la reubicación de la población.
Año en que comenzó la reubicación	2003
Elementos del proyecto de reubicación/adaptación	<ul style="list-style-type: none"> Traslado de 10 familias por etapa. Construcción de viviendas emergentes en Bougainville. Donación de 85 hectáreas de tierra por la Iglesia Católica para viviendas en las zonas de reubicación. Siembra de manglares sobre el atolón.
Estado actual del proceso de reubicación/Adaptación	Se espera poder reubicar al 100% de la población para el año 2020. Existe un registro constante de pobladores exiliados que intentan regresar a la isla.
Particularidades.	Vista la reticencia de la población mayor de evacuar, se pretende evacuar al resto y permitirle a este sector habitar en los últimos espacios con superficie habitable.
Fuente:	Beldi. Carteret Climate Refugees Seek Home. 6 de Agosto del 2016. ABC. http://www.abc.net.au/news/2016-08-07/carteret-climate-refugees-new-home/7693950

Comunidad	Kiribati
Ubicación	Kiribati
Población	103,000
Superficie	
Altura media sobre el nivel del mar	
Cercanía a la costa	
Factores de riesgo para la permanencia de la población en el sitio.	Erosión costera Fenómenos del Niño y La Niña alteran periódicamente el nivel normal del mar. Aumento del nivel del mar Inundaciones
Medida de respuesta a la amenaza	Adaptación y reubicación
Organismos involucrados en la reubicación/adaptación	Gobierno de Kiribati ONU Banco Mundial, Gobierno de Japón, ONU-Kiribati Adaptation Program
Año en que se identificó el riesgo	El primer registro de superficie desaparecida (dos islas deshabitadas) se dio en 1999.

Comunidad	Kiribati
Proyecto de adaptación (Revisar el capítulo "Medidas de Adaptación" para más información)	Proyecto de Adaptación de Kiribati (KAP) Fase 1: entre 2003 y 2005 se comenzó el proceso de integración de la adaptación a los proyectos de desarrollo económico del país, se identificaron inversiones piloto prioritarias para la Fase 2, se condujo una consulta nacional y se recibieron testimonios y propuestas comunitarias sobre el efecto del cambio climático y potenciales métodos de adaptación. Fase 2: Se desarrolló y demostró un diagnóstico sistemático de los problemas relacionados al cambio climático, se diseñaron medidas de adaptación económicas y se dividió en 5 componentes: 1) políticas, planeación e información. 2) Reducción de la vulnerabilidad de la costa. 3) Desarrollo y manejo de fuentes de agua dulce. 4) oferta de asistencia técnica para el desarrollo de las capacidades a nivel comunitario. 5) administración de proyectos en curso. Fase 3: entre 2012 y 2016 se buscó la mejora del suministro y uso de aguas dulces, la prevención de la erosión costera, y prosiguieron las políticas de desarrollo de nuevas alternativas y educación general de la población.
Medidas de reubicación.	Compra de 5,000 acres de tierra en Fiji para reubicación controlada Educación y entrenamiento de potenciales migrantes para asegurar su utilidad y estabilidad económica en los países receptores. Adquisición de tierra en países cercanos para reubicación masiva controlada
Estado actual del proceso de reubicación/Adaptación	
Particularidades.	Se ha registrado un crecimiento del área que compone la masa en superficie de las islas por acumulación de sedimento. Esta expansión sigue sin permitir la posibilidad de permanecer en ellas ya que no aumenta su altura sobre el nivel del mar.
Fuente:	Beldi. Carteret Climate Refugees Seek Home. 6 de Agosto del 2016. ABC. https://www.telegraph.co.uk/news/worldnews/australiaandthepacific/kiribati/9127576/Entire-nation-of-Kiribati-to-be-relocated-over-rising-sea-level-threat.html https://www.telegraph.co.uk/news/worldnews/australiaandthepacific/kiribati/8746642/Low-lying-Pacific-islands-consider-building-floating-platforms.html

PROYECTOS DE ADAPTACIÓN

Comunidad	Vunidogoloa
Ubicación	Fiji
Población	Alrededor de 100 personas.
Superficie	
Altura media sobre el nivel del mar	Entre 0.00 y 11.00 metros
Cercanía a la costa	
Factores de riesgo para la permanencia de la población en el sitio.	Inundaciones por marea de tormenta. Inundaciones por lluvias de tormenta. vulneración de fuentes de alimento por intrusión de agua salina Aumento del nivel del mar
Medida de respuesta a la amenaza	Reubicación total de la comunidad
Organismos involucrados en la reubicación/adaptación	Gobierno de Fiji Consejo de la comunidad.
Año en que se identificó el riesgo	2007
Año en que se identificó la necesidad de reubicación/adaptación	2007
Año en que comenzó la reubicación	2014
Elementos del proyecto de reubicación/adaptación	Selección comunitaria de sitio para el nuevo asentamiento. Reubicación del asentamiento 2 kilómetros tierra adentro, dentro de los límites territoriales de la comunidad. Recaudación comunitaria de materiales para nueva infraestructura y viviendas. Diseño comunitario de la estructura urbana del nuevo asentamiento.
Estado actual del proceso de reubicación/Adaptación	Finalizado

País	Kiribati	Localidad	Esfuerzo de alcance nacional.
Evento Climático	Elevación del nivel del mar.	Efecto Posible	Pérdida de la superficie total del país, pérdida de viviendas, fuentes de empleo, de alimento y agua potable, por erosión costera, inundación e intrusión de agua salina en cuerpos de agua dulce.
Medida de Adaptación		Compatibilidad con la región de Yum Balam	
Mejorar el uso y administración del agua potable a través de cisternas, sistemas de recolección de agua de lluvia, reducción de fugas, protección de las reservas de agua.		La recolección de agua de lluvia es una actividad deseable para la comunidad.	
Protección contra la erosión costera a través de muros de contención y		Los muros de contención y diques son efectivos en regiones donde se puede "cerrar" el paso del agua por un acceso relativamente menor a la superficie que se protege. Las dimensiones y forma de Holbox no lo permiten, aunque se puede implementar en la boca de la laguna de Yalahau en su conexión con el mar caribe.	
plantación de manglares		La plantación de manglares es un método deseable y efectivo para la contención de la marea y la erosión costera, además de contribuir a la conservación del ecosistema local.	

País	México.	Localidad	Municipio de Benito Juárez, Quintana Roo.
Evento Climático	Marea de tormenta, oleaje intenso y elevación del nivel del mar	Efecto Posible	Afectación a la población y sus bienes.
Medida de Adaptación		Compatibilidad con la región de Yum Balam	
Realizar un censo de las viviendas endeble para que, preva revisión de la tenencia de la tierra y regularización, se promueva la realización de programas de autoconstrucción.			

País	México.	Localidad	Municipio de Benito Juárez, Quintana Roo.
Evento Climático	Marea de tormenta, oleaje intenso y elevación del nivel del mar	Efecto Posible	Erosión de playa, inundaciones, daños a la población, infraestructura, economía y al ambiente.
Medida de Adaptación		Compatibilidad con la región de Yum Balam	
Identificar las zonas de riesgo para evitar la edificación de infraestructura y asentamientos humanos.			
Permitir el libre paso del transporte litoral de sedimentos evitando construir obras que interrumpan este transporte, como espigones, muelles, diques y escolleras.			
Construir sistemas de protección (espigones y rompeolas) con previa modelación hidrodinámica.			
Fijación de dunas mediante vegetación, rehabilitación o restauración de manglar como frente de protección.			
Restaurar playas erosionadas o en proceso de erosión usando relleno de arena/nutrición de playa, previa realización de estudios sedimentológicos, hidrodinámicos.			

País	Estados Unidos.	Localidad	Costa de Florida.
Evento Climático	Aumento del nivel del mar	Efecto Posible	Erosión costera, pérdida de ecosistemas, extinción y migración masiva de especies
Medida de Adaptación		Compatibilidad con la región de Yum Balam	
Zonas de evacuación.	Establecer áreas donde no se deban reconstruir o construir más estructuras.	el esquema podría funcionar a corto plazo a costa de la pérdida de la imagen del paisaje característico de la zona y la posibilidad de alterar el ecosistema y perder la infraestructura en caso de tormenta.	
Desplazo de zonas costeras	Alejar las áreas susceptibles de desarrollo de la línea costera-restringir el crecimiento hacia la zona costera.	Podría poner en riesgo la estabilidad del ecosistema local y no impediría el aumento del nivel del mar al no poderse bloquear por completo el paso del agua.	
Aproximaciones estructurales	Diseño de estructuras que soporten futuros cambios en el aumento del nivel del mar o a inundaciones de tormenta, que permitan a los habitantes adaptarse a las condiciones cambiantes.		
Resiliencia ecológica.	Fortalecer la resiliencia de comunidades biológicas existentes reduciendo amenazas no relacionadas con el cambio climático, como especies invasoras y fragmentación del hábitat.		
Corredores biológicos.	Conectar áreas naturales y permitir la dispersión y migración de especies ante la alteración de su ecosistema.		
Adquisición de hábitat	Adquisición y preservación de tierras susceptibles de convertirse en futuros hábitats para especies desplazadas.		
Estructuras para el control de aguas: sistemas de manejo de inundaciones y lluvias de tormenta	Para permitir la migración de especies al interior conforme aumenta el nivel del mar.		
Costeras vivientes.	Apoyar la diversidad biológica y protegerla de posibles tormentas.		
Bancos de semillas	Recolección y almacenamiento de semillas de especies en riesgo de extinción o disminución extrema de sus números.		
Restauración de barreras de ostras.	Restauración como mecanismo para reducir la erosión y el daño de posibles tormentas.		
Migración asistida.	Reubicación de especies en riesgo de perder su hábitat.		
Desplazo de zonas costeras	Alejar las áreas susceptibles de desarrollo de la línea costera-restringir el crecimiento hacia la zona costera.		

PESO DE ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS, MATERIALES Y MOBILIARIO DE LA VIVIENDA

Pais	Estados Unidos	Localidad	Shishmaref, Alaska
Evento Climático	Cambio Climático	Efecto Posible	Cambio climático, aumento del nivel del mar, acidificación del océano
Medida de Adaptación		Compatibilidad con la región de Yum Balam	
instalación de costales de arena a lo largo de líneas costeras para impedir la erosión intensiva.		el esquema podría funcionar a corto plazo a costa de la pérdida de la imagen del paisaje característico de la zona y la posibilidad de alterar el ecosistema y perder la infraestructura en caso de tormenta.	
Instalación de protecciones costeras por medio de revestimientos de roca a lo largo de la costa.		Podría poner en riesgo la estabilidad del ecosistema local y no impediría el aumento del nivel del mar al no poderse bloquear por completo el paso del agua.	

Pais	México	Localidad	Áreas Naturales Protegidas
Evento Climático	Cambio Climático	Efecto Posible	Cambio climático, aumento del nivel del mar, acidificación del océano
Medida de Adaptación		Compatibilidad con la región de Yum Balam	
Favorecer la expansión de la superficie de conservación a través de diversas modalidades y promover la conectividad con el fin de mantener ecosistemas y poblaciones viables para facilitar la adaptación natural.		El impulso a la plantación y conservación de bosques de mangle	
Vincular el manejo de las AP (Áreas Protegidas) con su zona de influencia bajo una planeación a una escala de paisaje, asegurando la integridad, la funcionalidad y la resiliencia de los ecosistemas y los sistemas productivos.			
Incrementar la efectividad en el manejo de las AP a fin de reducir los impactos combinados del cambio climático y las presiones de degradación ambiental existentes.			
Fortalecer la capacidad institucional y de otros actores locales para gestionar riesgos y responder ante desastres ocasionados por eventos meteorológicos extremos.			
Desarrollar medidas que favorezcan la adaptación de especies prioritarias.			
Fuente:	Estrategia de Cambio Climático para Áreas Protegidas.		

ESTRUCTURA DE MADERA										
ELEMENTO	UBICACIÓN	UNIDADES	DIMENSIONES			VOLUMEN		PESO		PRECIO
			LARGO	ANCHO	ALTO	POR UNIDAD	TOTAL	MADERA DE PAROTA (700 KG/M2)	MADERA DE ZAPOTE (1300 KG/M2)	
COLUMNAS PRIMARIAS	EJES VERTICALES	6	5.03	0.2	0.2	0.2012	1.2072	0.84504	1.56936	3138.72
COLUMNAS SECUNDARIAS	SEMI EJES VERTICALES	6	5.03	0.1	0.2	0.1006	0.6036	0.42252	0.78468	1569.36
TRABES PRIMARIAS	EJES HORIZONTALES	14	1.8	0.1	0.2	0.036	0.504	0.3528	0.6552	1310.4
TRABES SECUNDARIAS A	ENTRE EJES, COLUMNAS SECUNDARIAS	6	1.8	0.1	0.15	0.027	0.162	0.1134	0.2106	421.2
TRABES SECUNDARIAS B	ENTRE EJES, COLUMNAS SECUNDARIAS	24	1.9	0.075	0.05	0.007125	0.171	0.1197	0.2223	444.6
TRABES TERCARIAS	PLATAFORMA	23	1.75	0.075	0.05	0.0065625	0.1509375	0.10565625	0.19621875	392.4375
TRABES CUARTAS	SUBESTRUCTURA PERIMETRAL	18	1.8	0.05	0.1	0.009	0.162	0.1134	0.2106	421.2
TRABES QUINTAS	SUBESTRUCTURA	40	1.9	0.075	0.025	0.0035625	0.1425	0.09975	0.18525	370.5
TOTALES								2.05256625	3.81190875	7623.8175

MUROS											
TIPO DE MURO	MARCO			PERSIANAS			UNIDADES	MÓDULO	TOTAL	PESO (PAROTA=700 KG/M3)	PRECIO MADERA DE ZAPOTE (\$2,000/ton)
	LARGO	ANCHO	ESPELOR	LARGO	ANCHO	ESPELOR					
MURO A SIN VENTANAS	8.6	0.1	0.1	1.7	0.1	0.01	24	0.1663	0.6652	0.46564	931.28
MURO B CON VENTANAS	8.6	0.1	0.1	1.7	0.1	0.01	12	0.1884	0.7536	0.52752	1055.04
MURO C VENTANAS	17.2	0.1	0.05	0.125	0.3	0.01	84	0.1175	0.47	0.329	658
TOTAL										1.32216	2644.32

BIBLIOGRAFÍA:

CUBIERTA DE MADERA									
ELEMENTO	UBICACIÓN	UNIDADES	DIMENSIONES			VOLUMEN		PESO	PRECIO
			LARGO	ANCHO	ALTO	POR UNIDAD	TOTAL	MADERA DE ZAPOTE (1300 KG/M2)	MADERA DE ZAPOTE (\$2,000/ton)
COLUMNAS A	EXTREMO IZQUIERDO	2	3.15	0.2	0.2	0.126	0.252	0.3276	655.2
COLUMNAS B	CENTRO	2	2.1	0.2	0.1	0.042	0.084	0.1092	218.4
COLUMNAS C	EXTREMO DERECHO	2	1.22	0.2	0.2	0.0488	0.0976	0.12688	253.76
TRABE		2	4.42	0.1	0.15	0.0663	0.1326	0.17238	344.76
TRABE LONGITUDINAL		6	3.5	0.1	0.15	0.0525	0.315	0.4095	819
LARGUEROS		12	3.5	0.1	0.05	0.0175	0.21	0.273	546
COLUMNAS TECHUMBRE		15	6.5	0.1	0.05	0.0325	0.4875	0.63375	1267.5
TOTALES								1.64281	3285.62

MOBILIARIO	
ESCUSADO	0.04
LAVABO	0.02
TANQUE DE AGUA	0.5
FREGADERO	0.015
TARJA	0.04
ESTUFA	0.05
MINIBAR	0.026
SOFÁ CAMA	0.158
MESA	0.075
SILLAS	0.068
CAMAS INDIVIDUALES	0.08
SILLÓN	0.1
TOTAL	1.172

Administración Nacional Oceánica y Atmosférica, ANM en puerto progreso. Estados Unidos: NOAA, Servicio Oceanográfico Nacional, 8 de agosto de 2018. Ver: https://tidesandcurrents.noaa.gov/sltrends/sltrends_station.shtml?id=920-001#tabuptrend

ANIDE, *Propuesta de programa de Adaptación ante la variabilidad climática y el cambio climático del sector turismo en Cancún, Quintana Roo.* en "PROPUESTA DE PROGRAMA DE ADAPTACIÓN ANTE LA VARIABILIDAD CLIMÁTICA Y EL CAMBIO CLIMÁTICO DEL SECTOR TURISMO EN CANCÚN, QUINTANA ROO" SECCIÓN XVI

ANIDE. *Estudio de la vulnerabilidad y Programa de Adaptación Ante la Variabilidad Climática y el Cambio Climático en Diez Destinos Turísticos Estratégicos, así Como Propuesta de un Sistema de alerta Temprana a Eventos Hidrometeorológicos Extremos.* Sección III. Ciudad de México: Secretaría de Turismo, Junio de 2013.

Available at: <http://digitalcommons.law.seattleu.edu/sjsj/vol12/iss2/12>

Baños Ramírez, Othón. *La invención de la Casa Maya de Yucatán.* Revista de la Universidad Autónoma de Yucatán 249-250 (2009), 3-33. Ver: <http://www.cirsociales.uady.mx/revUADY/pdf/249-50/ru249-502.pdf>

Beddows, Blanchon, Escobar, Torres Talamante. *Los Cenotes de la Península de Yucatán.* SEDUMA. <http://www.seduma.yucatan.gob.mx/cenotes-grutas/documentos/cenotes-peninsula.pdf>

Beldi, Lauren. "Carteret Climate Refugees Seek Home," ABC, 6 de Agosto del 2001. Ver: <http://www.abc.net.au/news/2016-08-07/carteret-climate-refugees-new-home/7693950>

Bolongaro, Andrea (Responsable) *Estudio de la Vulnerabilidad y Programa de Adaptación Ante la Variabilidad Climática y el Cambio Climático en Diez Destinos Turísticos Estratégicos, Así Como Propuesta de un Sistema de Alerta Temprana a eventos Hidrometeorológicos Extremos-Resumen Ejecutivo.* México: SEMARNAT, SECTUR 2014. Ver: <http://www.sectur.gob.mx/wp-content/uploads/2014/09/RESUMEN-EJECUTIVO.pdf>

Brent Ryan, Vega-Barachowitz David, Perkins High, Lily. *Rising Tides: Relocation and Sea Level Rise in Metropolitan Boston.* Boston: Center for Advanced Urbanism, 2018.

Brookings, Agencia de Refugiados de las Naciones Unidas. *Guidance on Protecting People from Disasters and Environmental Change through Planned Relocation*. Distrito de Columbia: Georgetown University, 7 de Octubre de 2015. Ver: https://www.brookings.edu/wp-content/uploads/2016/06/GUIDANCE_PLANNED-RELOCATION_14-OCT-2015.pdf

Cabrera Pacheco, Armando; Meneses, Edwin; Moreno, José. "Simulación de los efectos causados por el incremento del nivel del mar en la Península de Yucatán, México." *Abstracton & Application* 10 (2018), 1-18.

Carbajal Domínguez, J.A. "Zonas costeras bajas en el Golfo de México ante el incremento del nivel del mar," en: A.V. Botello, S. Villanueva-Fragoso, J. Gutiérrez, y J.L. Rojas Galaviz (ed.). *Vulnerabilidad de las zonas costeras mexicanas ante el cambio climático*. Campeche: Semarnat-INE, UNAM-ICIMYL, Universidad Autónoma de Campeche, 2010. 359-380.

Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. *Estrategia de Cambio Climático desde las Áreas Naturales Protegidas: Una Convocatoria para la Resiliencia de México (2015-2020)*. Ciudad de México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Octubre 2015. Ver: <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/246611/ECCAP-2015.pdf>

CONABIO. *Manglares de México, Extensión y Distribución*. 2da ed. Ciudad de México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, 2009.

Davenport, Coral y Robertson, Campbell. "Resettling the first american climate refugees." *The New York Times* (Mayo 2, 2016). Ver: <https://www.nytimes.com/2016/05/03/us/resettling-the-first-american-climate-refugees.html>

Diamond, Jared. *Colapso: Por qué unas sociedades perduran y otras desaparecen*. Barcelona: Debate, 2005.

Escobedo Solís, Comunal: Taller de Arquitectura. *Del Territorio al Habitante*. Motul, Yucatán: Centro de Investigación para el Desarrollo Sustentable (CIDS) del INFONAVIT, 2016. Ver: <https://www.comunaltaller.com/del-territorio-al-habitante>

GARCÍA, GRANIEL. (Noviembre, 2010). *Biodiversidad y Desarrollo en la Península de Yucatán. Capítulo 1, El Estado*. SEDUMA, México. (Pp.4-6)
Goodell, Jeff. "The Doomsday Glacier." *Rolling Stone*. Mayo 9, 2017. Ver: <https://www.rollingstone.com/politics/politics-features/the-doomsday-glacier-113792/>

Haines, Philip. *Choiseul Bay Township Adaptation and Relocation Program*. Choiseul Province: Case Study for CoastAdapt, National Climate Change Adaptation Research Facility, Gold Coast, 2016. Ver: https://coastadapt.com.au/sites/default/files/case_studies/CSS3_Relocation_in_the_Solomon_Islands.pdf

Hinojosa, Appendini, Mexicano, Meza. *Estudio Para la Incorporación de Nuevas Variables en los Escenarios de Cambio Climático para México Utilizados en la Quinta Comunicación Nacional. Parte 2*. México: SEMARNAT, INECC, 2014. Ver: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/94684/CGACC_2014_Variables_escenarios_part2.pdf

Holthaus, Eric. "Ice Apocalypse. Rapid collapse of Antarctic glaciers could flood coastal cities by the end of this century." *GRIST*. Noviembre 21, 2017. Ver: <https://grist.org/article/antarctica-doomsday-glaciers-could-flood-coastal-cities/>

INEGI, *Catálogo de Localidades: Holbox/Chiquilá*. 2010.

INEGI. *Guía para la Interpretación de Cartografía Edafología*. Ciudad de México: Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2004. 20-27.

Iverson, Jason, "Funding Alaska Village Relocation Caused by Climate Change and Preserving Cultural Values During Relocation," *Seattle Journal for Social Justice* 12- 2. 2013.

Malkin, Bonnie. "Low-Lying Pacific Islands Consider Building Floating Platforms." *The Telegraph* (7 de septiembre, 2011) Ver: <https://www.telegraph.co.uk/news/worldnews/australiaandthepacific/kiribati/8746642/Low-lying-Pacific-islands-consider-building-floating-platforms.html>

McAuliffe, Marie y Ruhs, Martin (editores), *World Migration Report 2018*. Suiza: International Organization for Migration. 2018.

Ortiz Pérez Arturo, Méndez Linares Ana Patricia. "Escenarios de vulnerabilidad por ascenso del nivel del mar en la costa mexicana del Golfo de México y el Mar Caribe" *Investigaciones Geográficas* 39. 1999. Ver: <http://www.scielo.org.mx/pdf/igeo/n39/n39a5.pdf>

Pedrozo Acuña, Adrián. *Impactos del incremento en el nivel medio del mar en la zona costera del Estado de Quintana Roo, México*. Ciudad de México: CCPY, Julio 2012. Ver: http://www.ccpy.gob.mx/archivos/documentos-agendas/tmp_201611144034.pdf

Peñoso Acuña, Adrán. *Impactos del incremento en el nivel medio del mar en la zona costera del Estado de Campeche, México*. Ciudad de México: Banco Mundial, 2012.

Remolina Suárez José. *Ficha Informativa de los Humedales de Ramsar*. Puerto Morelos: Ramsar, 2003. Ver: http://www.conanp.gob.mx/conanp/dominios/ramsar/docs/sitios/FIR_RAMSAR/Quintana_Roo/APFF_Yum_Balam/%C3%81rea%20de%20Protecci%C3%B3n%20de%20Flora%20y%20Fauna%20Yum%20Balam.pdf

Remolina Suárez, José Francisco y Poot Balam Sebastián, *Atención de incendios en el Área de Protección de Flora y Fauna Yum Balam. Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. GR011*. México D. F: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Dirección de Áreas Naturales Protegidas. Yum Balam A. C. 2008.

Sánchez Suárez Aurelio. "La casa maya contemporánea. Usos, costumbres y configuración espacial." *Península* 1-2, Otoño 2006. 81-105. Ver: <http://revistas.unam.mx/index.php/peninsula/article/viewFile/44328/40065>

Schmitter-Soto, Julian. *Los Cenotes de la Península de Yucatán*. México: La Jornada, 30 de Julio de 2001. <http://www.jornada.unam.mx/2001/07/30/eco-b.html>

Varillas, Adriana. "Colapsa Holbox por Servicios." *El Universal*. 18 de Febrero del 2018. Ver: <https://www.eluniversal.com.mx/estados/colapsa-holbox-por-servicios>

Vázquez-Lule, Alma Delia; Adame María Fernanda; Díaz José. "Caracterización del sitio de manglar Yum Balam", en *Sitios de manglar con relevancia biológica y con necesidades de rehabilitación ecológica*. Ciudad de México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, 2009.

Warah, Rasna (ed.) "Cities as Risk from Rising Sea Levels" en *State of the World's Cities 2008/2009 HARMONIOUS CITIES* (Londres: ONU Hábitat, 2008) 140-155.

Wellington, Paul Chapman. "Entire nation of Kiribati to be relocated over rising sea level threat" *The Telegraph* (7 de Marzo de 2012). Ver: <https://www.telegraph.co.uk/news/worldnews/australiaandthepacific/kiribati/9127576/Entire-nation-of-Kiribati-to-be-relocated-over-rising-sea-level-threat.html>



Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Arquitectura

Laboratorio de Arquitectura
+ Diseño y Tecnología Experimental (LATE)

Investigación realizada con apoyo de los programas
UNAM-DGAPA-PAPIIT IN404618 Laboratorio de
Arquitectura + Diseño y Tecnología Experimental
LATE y UNAM-DGAPA-PAPIME PE309018

México, 2019.