



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería de
Edificación

MÓDULO ARQUITECTÓNICO INDUSTRIALIZADO PARA
EMERGENCIAS EN RESPUESTA A FENOMENOS
NATURALES EN HONDURAS

Trabajo Fin de Máster

Máster Universitario en Edificación

AUTOR/A: Barrientos Guevara, Jonatan Aziel

Tutor/a: Iborra Lucas, Milagro

CURSO ACADÉMICO: 2025/2026



*En agradecimiento a
mi familia, mis amistades más
cercanas, y a todas esas
personas que me han apoyado.
Y en principal, a Dios; quien me
ha llevado hasta este punto,
sin que me falte nada. 🙏*



PRÓLOGO

El mundo ha sido azotado desde su inicio, por las fuerzas que modifican y moldean el relieve de este. Fuerzas que también transforman la vida de los seres vivos; sus rutinas, sus estilos de vida, y sus futuros. El ser humano se ve en constante cambio -evolución diría-, pero a su vez no se puede permitir dejar de analizar su pasado; sin discontinuar su vista al futuro. Pero, en este proceso, el presente se ve que repite una vez más como estos fenómenos naturales nos encuentran desprevenidos.

Es ahí donde el nombre de la humanidad se ve amenazada por fenómenos tan comunes como devastadores, tales como terremotos, erupciones volcánicas, incendios, y entre otros. De los cuales, se hará explícito análisis los que son provocados por los cuerpos acuosos. Y es que cada vez más el nivel del mar va en aumento, y la lluvia provoca no solo más inundaciones, sino que también mayor frecuencia en crecidas de ríos, erosión costera y huracanes. Catástrofes en las cuales se ahondará más adelante.

Pero más que las inundaciones recurrentes en tierras planas y verdes, o huracanes de gota fría en pleno cálido caribeño; es muy sabido que hay países que por sus condiciones geográficas se ven más afectados que otros. En Centroamérica, se hablará de Honduras; país que, por su estratégica ubicación en el istmo, no solo es un puente en el flujo de mercancías entre hemisferios; sino que también es la principal costa afectada por los temibles huracanes en la región. Estos siniestros, no solo históricamente han manchado la conciencia social de los hondureños, sino que también se han encargado de borrar vecindarios enteros.

Es ahí, dónde -no sólo los huracanes, pero también las crecidas de ríos y quebradas- son los principales actores de retroceder la (muchas veces) paupérrima y poca calidad de vida de las ciudades del litoral norte y viviendas en valles vecinos a ríos caudalosos. El problema en esto quizá radica en normativas estatales ineficaces o nulas; pero si se ve el pasado, anteriormente ya existían asentamientos precolombinos en dichas zonas, o al menos eso nos muestra la historia.

¿En qué puede ayudar la tecnología de pleno siglo XXI en esto? La humanidad ha avanzado tanto, como para hacer frente a mejores respuestas a estos fenómenos cada vez más recurrentes. Y la cultura hondureña, aunque parezca que cada vez se somete ante estos destructores casos, cada vez se levanta más fuerte ante la posibilidad, de alcanzar quizá viviendas más dignas o quizá habitáculos de transición mientras proyecta construir una vivienda mejor en algún lugar de menor riesgo, mejorando no solo la calidad de vida de sus usuarios, sino también ayudando a decrecer los afectados por dichos fenómenos.

ACRÓNIMOS y GLOSARIO

ACNUR Alto Comisionado de las Naciones Unidas para los Refugiados

BBB Better Build Back - traducido como "Reconstruir Mejor"

BID Banco Interamericano de Desarrollo

BM Banco Mundial

BIM Building Information Modeling – traducido como "Modelado de Información para la Construcción"

CEPAL Comisión Económica para América Latina y el Caribe

CIE Comisión Internacional de la Iluminación

CONFORT HIGROTÉRMICO Ausencia de malestar térmico, de tal manera que una actividad sedentaria, no deban activarse los mecanismos de termorregulación del cuerpo, como el metabolismo, sudoración y otros.

COPECO Comisión Permanente de Contingencias de Honduras (Secretaría de Estado en los Despachos de Gestión de Riesgos y Contingencias Nacionales de Honduras)

DÉFICIT HABITACIONAL Es la falta de viviendas adecuadas y dignas para satisfacer las necesidades básicas de la población, manifestándose en escasez de vivienda, falta de acceso a servicios básicos de abastecimiento y saneamiento de agua, sobreocupación de vivienda y la inadecuación de condiciones de habitabilidad.

DfA Design for Assembly - traducido como "Diseño para Ensamblaje"

DfM Design for Manufacturing - traducido como "Diseño para Fábrica"

DfMA Design for Manufacturing & Assembly - traducido como "Diseño para Fábrica y Ensamblaje"

FFAA Fuerzas Armadas de Honduras

FLD Factor de Luz de Día

FENOMENO HIDROLÓGICO Procesos o eventos naturales asociados a la circulación y distribución del agua en la Tierra. Clasificándose en procesos meteorológicos (lluvia, nieve, granizo) y geológicos (inundaciones, sequías, deshielo).

FENÓMENOS NATURALES Manifestaciones de actividades que se producen en el entorno físico, sin intervención directa del ser humano.

FHIS Fondo Hondureño de Inversión Social

HABITABILIDAD Es la calidad de un espacio que lo hace adecuado para ser habitado, desde las dimensiones de salubridad, confort y seguridad. (Real Academia Española, s.f.)

INVA Instituto Nacional de la Vivienda (antigua institución gubernamental de la vivienda hondureña)

IRC Índice de Riesgo Climático Global

LGS Light Gauge Steel - traducido como “Acero de Calibre Ligero”;

MIAE Módulo Industrializado Arquitectónico de Emergencias

ONU Organización de las Naciones Unidas

PNUD Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo

REFUGIO Espacio de resguardo, lugar seguro y temporal que brinda protección a las personas en situación de desastre o crisis. (Real Academia Española, s.f.)

RESILIENCIA Capacidad de adaptación de un ser vivo frente a un agente perturbador o un estado o situación adversa. (Real Academia Española, s.f.)

SINAGER Sistema Nacional de Gestión de Riesgos

UNAH Universidad Autónoma de Honduras

UPV Universidad Politécnica de Valencia

USAID Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional

VIVIENDA DE EMERGENCIAS Es una solución habitacional temporal destinada a proporcionar refugio a personas que han perdido su hogar debido a eventos catastróficos, como terremotos, incendios o inundaciones.

DECLARACIÓN DEL USO DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL PARA LA ELABORACIÓN DE ESTE TRABAJO FINAL DE MÁSTER

*En declaración propia, y en cumplimiento de las prácticas académicas de la **Universitat Politècnica de València**, se informa que se han utilizado modelos de lenguaje a gran escala (LLM) como asistentes durante el proceso de esta investigación. Sirviendo de apoyo en su aplicación para dirigir la síntesis y búsqueda de información en datos demográficos, y validación de formatos y fuentes bibliográficas. El desarrollo proyectual, el hilo investigador y los detalles constructivos son íntegramente originales del autor, con la garantía que la Inteligencia Artificial no ha sustituido de ninguna manera el juicio crítico ni la capacidad analítica del proyectista.*



RESUMEN

El presente informe de investigación busca desarrollar una propuesta de vivienda modular arquitectónica e industrializada como respuesta a la problemática habitacional derivada de los efectos devastadores de los fenómenos naturales que azotan al caso particular de Honduras.

Este país se encuentra entre los más vulnerables y expuestos por los desastres naturales a raíz del acelerado cambio climático. Situación que expone un déficit en vivienda que cada vez se incrementa por la subida del nivel del mar, las inundaciones y, en particular, los huracanes. Bajo este contexto, se implementará una investigación previa que analice y alinee esos primeros parámetros que la arquitectura moderna anteriormente ha dictaminado para la creación de una vivienda modular. Principios que Le Corbusier, Buckminster Fuller o Kishō Kurokawa ya habían experimentado hace más de 60 años atrás. La conceptualización y diseño del módulo arquitectónico se desarrollará sobre la base de las nuevas tecnologías de la industrialización para el caso concreto de aplicación en la edificación, los materiales que brinda el medio de construcción hondureño actual y adaptándose al desarrollo de un habitáculo en un contexto geográfico determinado. Es así por lo que se busca establecer un punto de partida entre la arquitectura de emergencias, la industrialización en la construcción y los componentes culturales, con el fin de definir una propuesta de vivienda modular de emergencia.

Al establecer la propuesta de diseño, se deben tomar en cuenta aspectos como la antropometría, demografía, accesibilidad de materiales en el entorno, normativa, costes, fabricación, traslado, instalación y autonomía. Para lograr desarrollar una solución habitacional temporal que no solo dé respuesta al déficit de vivienda, sino que además garantice dignidad y habitabilidad apoyándose en las nuevas tecnologías, y pensamientos de industrialización contemporánea como el Diseño para Fabricación y Ensamblaje (DFMA). Priorizando cualidades como, rapidez de implementación, facilidad de instalación, funcionalidad para sus usuarios y criterios de sostenibilidad. Sirviendo como un componente replicable y símbolo resiliente de las comunidades afectadas por eventos naturales devastadores.

Palabras Clave:

Arquitectura de emergencias; Autoconstrucción; Fenómeno natural; Industrialización de la construcción; Resiliencia; Sostenibilidad; Vivienda modular.



ABSTRACT

This research report seeks to develop a proposal for an architectural and industrialized modular home as a response to the housing problems arising from the devastating effects of natural phenomena affecting the case of Honduras. This country is among the most vulnerable and exposed to natural disasters due to accelerated climate change. This situation exposes a housing deficit that is increasingly increasing due to rising sea levels, flooding, and hurricanes. Within this context, a preliminary investigation will be implemented to analyze and align those initial parameters that modern architecture has previously dictated for the creation of modular housing. Principles that Le Corbusier, Buckminster Fuller, and Kishō Kurokawa had already experimented with more than 60 years ago. The conceptualization and design of the architectural module will be developed based on new industrialization technologies for the specific application of construction, utilizing the materials available in the current Honduran construction environment, and adapting to the development of a dwelling in a specific geographic context. Therefore, the aim is to establish a starting point between emergency architecture, industrialization in construction, and cultural components, to define a proposal for emergency modular housing. When establishing the design proposal, aspects such as anthropometry, demographics, accessibility of materials in the environment, regulations, costs, manufacturing, transportation, installation, and autonomy must be considered. This is achieved by developing a temporary housing solution that not only addresses the housing shortage but also guarantees dignity and habitability, relying on modern technologies and contemporary industrialization approaches such as Design for Manufacturing and Assembly (DFMA). Prioritizing qualities such as speed of implementation, ease of installation, functionality for its users, and sustainability criteria. Serving as a replicable component and a resilient symbol for communities affected by devastating natural events, it is essential to study traditional Honduran cultures and dwellings, as well as the various natural hazards affecting the population. This is necessary to create a product that is functional, aesthetic, economical, and sustainable, while maintaining quality standards in compliance with current housing regulations and building codes.

Keywords:

Emergency architecture; Self-construction; Natural phenomena; Industrialization of construction; Resilience; Sustainability; Modular housing.



ÍNDICE

PRÓLOGO	2
ACRÓNIMOS y GLOSARIO	3
ABSTRACT	6
ÍNDICE	7
1. CAPÍTULO 01: MARCO INTRODUCTORIO y PLANTEAMIENTO del PROBLEMA	9
1.1. OBJETIVO GENERAL	9
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	9
1.3. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	10
1.4. INTRODUCCIÓN	12
1.5. HIPÓTESIS DE TRABAJO	13
1.6. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	14
1.7. ALINEACIÓN CON LOS OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE	15
2. CAPÍTULO 02: CONTEXTO DE VULNERABILIDAD Y CRISIS HABITACIONAL EN HONDURAS	16
2.1. VULNERABILIDAD GEOCLIMÁTICA EN EL LITORAL NORTE DE HONDURAS	16
2.2. ANTECEDENTES de DESASTRES HIDROLÓGICOS EXTREMOS en HONDURAS	25
2.3. DÉFICIT HABITACIONAL HISTÓRICO Y AGRAVAMIENTO POR DESASTRES	43
2.4 CONCLUSIONES	44
3. CAPÍTULO 03: MARCO TEÓRICO: ARQUITECTURA de EMERGENCIA y CONSTRUCCIÓN INDUSTRIALIZADA	45
3.1. ARQUITECTURA DE EMERGENCIA Y REFUGIO TEMPORAL	45
3.2. FUNDAMENTOS DE LA VIVIENDA INDUSTRIALIZADA Y MODULAR	51
3.3. CONCLUSIONES	73
4. CAPÍTULO 04: CRITERIOS DE HABITABILIDAD y DISEÑO RESILIENTE	74
4.1. ESTÁNDARES DE HABITABILIDAD EN CONTEXTOS DE CRISIS	74
4.2. REQUISITOS DE SALUBRIDAD Y SERVICIOS BÁSICOS	82
4.3 CONCLUSIONES	85
5. CAPÍTULO 05: PROPUESTA de DISEÑO: EL MÓDULO ARQUITECTÓNICO INDUSTRIALIZADO	86
5.1. DEFINICIÓN DE REQUISITOS DEL MÓDULO ARQUITECTÓNICO INDUSTRIALIZADO (FUNCIONALES, TÉCNICOS Y LOGÍSTICOS)	86



5.2. DESARROLLO CONCEPTUAL Y ESQUEMA ARQUITECTÓNICO.....	88
5.3. SISTEMA CONSTRUCTIVO Y ANÁLISIS DE MATERIALES.....	100
5.4. VIABILIDAD LOGÍSTICA PARA SU PRODUCCIÓN Y DESPLIEGUE EN HONDURAS	104
5.5 CONCLUSIONES.....	105
6. CAPÍTULO 06: CONCLUSIONES	107
6.1. CONCLUSIONES sobre el MÓDULO ARQUITECTÓNICO INDUSTRIALIZADO en HONDURAS.....	107
BIBLIOGRAFÍAS y REFERENCIAS	108
ÍNDICE de ILUSTRACIONES	114
ANEXOS	117



1. CAPÍTULO 01: MARCO INTRODUCTORIO y PLANTEAMIENTO del PROBLEMA

1.1. OBJETIVO GENERAL

Desarrollar una propuesta arquitectónica estudiada, que responda a una serie de necesidades establecidas por el contexto de emergencias habitacionales en el litoral norte de Honduras. Apoyándose desde la investigación profunda y exhaustiva para posicionarse en el conocimiento actual de las líneas investigativas que se expondrán. Continuando con el establecimiento de estos hallazgos y partir de ellos para crear la propuesta. Comunicando así, un impacto de lo estudiado, más el factor de la autenticidad y puntualidad en el contexto escogido para su desarrollo. Incorporando conceptos técnicos propios de las ramas de la arquitectura, ingeniería de procesos, materias de cuidado ambiental y material sostenible, y la cultura con desgloses en campos socioeconómicos; que concluyan en un producto teórico para respuesta a las problemáticas planteadas.

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Desarrollar una propuesta de arquitectura modular para una vivienda de emergencias ante fenómenos hidrometeorológicos en Honduras, basándose en criterios de industrialización, principios arquitectónicos innovadores y aspectos socioculturales.
2. Establecer una serie de criterios mínimos necesarios para cumplir con una correcta habitabilidad para la ejecución de puesta en marcha de un prototipo de vivienda de emergencias en la costa norte de Honduras.
3. Proponer una respuesta de rápida ejecución de vivienda de emergencias, desde la gestión de procesos y cooperación sociopolítica hondureña.
4. Correlacionar las distintas técnicas y tecnologías de la construcción industrializada actuales para su implementación en terrenos con afectaciones climatológicas extremas del Caribe.

1.3. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

Honduras ha sido catalogado como uno de los países con mayor exposición y vulnerabilidad a los devastadores efectos del cambio climático con sus consecuencias cada vez más extremas y desfavorables. Por su ubicación geográfica en el centro del istmo centroamericano, se encuentra en una posición privilegiada en muchos aspectos, pero negativamente involucrada en una zona de impacto directo de huracanes, tormentas tropicales e inundaciones considerables. La zona costeña, las riberas, valles y llanuras fluviales, muchas veces habitadas con núcleos urbanos desde caseríos y aldeas hasta grandes ciudades importantes, se ven constantemente sacudidas por las fuerzas hidro meteorológicas de los desastres naturales que suceden cada año. Amenazando a los habitantes, pero en mayor medida; a la fuerza económica del país, donde se pierden cada vez más viviendas, campos de agricultura, ganados, vías de comunicación e infraestructuras por las torrenciales lluvias de la región.

El impacto de tales fenómenos nos trae a memoria una escala histórica y devastadora de acontecimientos que han expuesto la debilidad estructural de la organización contra el riesgo en el país. El Huracán Mitch en 1998 por sí solo, destruyó casi el 70% de la infraestructura del país, dejando sin vivienda en números redondos entre 33,000 y 60,000 familias sin techo o en condiciones de precariedad de vivienda. Se estima que, en el 2020, los huracanes Eta e Iota dejaron pérdidas cerca de 2,000 millones de USD, afectando al menos al 5% de las viviendas habitadas del país en ese entonces.

Evidenciándose una crisis habitacional continua, se encuentra la vulnerabilidad ante el riesgo que se ve cada vez más agravada por el profundo y creciente déficit habitacional. Se estima que para finales del 2020 un 27.5% de la población nacional, se encontraba viviendo en una situación de tugurios o asentamientos informales ubicados directamente en zonas vulnerables y de alto riesgo por inundaciones; entre planicies inundables, cuencas fluviales y laderas de ríos. Dichos asentamientos en la mayoría de los casos carecen de alguna planificación urbanística o modelo de ocupación territorial racional; reflejando una serie de viviendas que no encuentra regulación en uso de suelos ni poseen servicios básicos dignos, constatando en la ineficaz y casi excluyente historia del plan urbano y rural para los poblados hondureños. Tal precariedad constructiva y geográfica condena a miles de familias a habitar permanentemente en condiciones de alto peligro.

Para cada catástrofe, se ve una lenta e insuficiente respuesta institucional basada en una limitada capacidad de absorber por el parque de viviendas nacional para reubicar, resistir y recuperar la habitabilidad de la familia hondureña común. Los mecanismos actuales, como albergues y refugios temporales improvisados que a menudo carecen de estándares de salubridad y habitabilidad básicos, suelen ser muchas veces las viviendas permanentes de muchas familias que no consiguieron volver a reinsertarse y reivindicarse en el sistema laboral y social del país, consiguiendo una alargada estancia en pésimas condiciones para los damnificados.

Por lo que se considera de interés urgente que existan investigaciones y propuestas para implementación de soluciones habitacionales transitorias para estos hechos, que no solamente brinden un resguardo físico,



sino que garanticen una mejora en cuestión de humanización y dignificación de la población, procurando que sea una transición habitacional efectiva, cómoda, rápida y resiliente ante una posterior vivienda definitiva.

Por lo que se entiende de ahora en adelante, que se intentará desglosar y exponer una propuesta de un Módulo Industrializado Arquitectónico para Emergencias o MIAE en abreviación, que tendrá la labor de justificarse como una posible respuesta técnica y socialmente relevante para el contexto más afectado de la población hondureña. El proyecto busca establecer un punto de partida entre la arquitectura de emergencias, las nuevas tecnologías de un mundo más industrializado (DfMA), los principios básicos y más actuales para una correcta habitabilidad, y componentes socioculturales. Priorizado una correcta y rápida implementación con facilidad de instalación bajo criterios de sostenibilidad y resiliencia. Con la intención de mitigar el déficit habitacional y mejorar la calidad de vida de las comunidades más afectadas por estos fenómenos, no solo en Honduras sino en contextos similares alrededor del mundo.

1.4. INTRODUCCIÓN

Por medio de la historia y la literatura, se ha podido llegar al criterio común que Honduras es uno de los países con una mayor vulnerabilidad a los fenómenos naturales y el cambio climático según el ND-Gain Country Index. La USAID califica que Honduras está altamente expuesto a los fenómenos climatológicos extremos como tormentas tropicales, huracanes y sequías. (1) (2) Además, para el Índice de Riesgo Climático Global (IRC) publicado en febrero del 2025, atribuye que Dominica, China, y Honduras fueron los países más afectados por los fenómenos meteorológicos extremos desde 1993 hasta el 2022. Y en gran medida tomando los efectos -hasta hoy latentes- de la devastación del Huracán Mitch en 1998, destruyendo en casi tres cuartas partes toda la infraestructura y cultivos, acabando con la vida de alrededor 14,000 personas y aproximadamente dejando una cifra alrededor de 5,7 mil millones de USD en daños. (3)

Sin embargo, aparte de ello se ha establecido una correlación dónde se encuentra una afección proporcional entre los efectos destructivos de los fenómenos naturales de mayor impacto y el crecimiento económico del país. (4) Teniendo en cuenta que en los últimos 30 años el crecimiento económico del país ha ido en disminución de un 3.6 a un 2.5. Es por ello por lo que luego de la crisis del Covid-19 y el impacto de los huracanes de alta categoría, Eta e Iota, en 2020 fueron el punto de partida para que múltiples organismos internacionales se fijaran en Honduras. Conduciendo así establecer una serie de recomendaciones a tomar en cuenta como estrategia y buena gestión ante los futuros impactos por vulnerabilidad ante huracanes, tormentas e inundaciones.

Dentro de ellos existen tres de los cuales, como sociedad y democracia -desde el hondureño, y la correcta voluntad política- se pueden hacer cumplir en mayor medida y en menor tiempo. Uno de ellos, es el mejorar en todo sentido las condiciones socioeconómicas de la nación, apuntando desde priorizar la inversión en el capital humano y en especial énfasis, la reducción de la informalidad habitacional dentro de las zonas rurales y urbanas más vulnerables. Además, el dirigir esfuerzos para integrar, mejorar y dotar de servicios básicos de infraestructura para mejora de la calidad de vida. Estos puntos en especial el primero de ellos, basándose en que para el año 2024 alrededor del 39% de la población del país -3.9 millones de hondureños- aún vive en zonas rurales. (5) Para finales del 2020 se estimaba que un 27.5% de la población vivía en tugurios, habitando en zonas marginales que propensas directamente a afecciones por fenómenos hidrológicos. (6) Estas zonas se encuentran tanto en planicies inundables, como en laderas de ríos y humedales, además de que no están bien equipados en cuanto a infraestructura urbana y servicios básicos de habitabilidad. (7)

1.5. HIPÓTESIS DE TRABAJO

La presente investigación parte de la premisa de la posibilidad de mitigar el impacto de la crisis habitacional post-desastre en el litoral norte de Honduras, por medio de un Módulo Industrializado Arquitectónico de Emergencia (MIAE). planteándose que la integración de principios de Diseño para Fabricación y Ensamblaje (DfMA) junto con demás criterios arquitectónicos y bioclimáticos específicos para el clima húmedo tropical. Permitiéndose desarrollar una solución que reduzca considerablemente los tiempos de respuesta y despliegues logísticos ante una crisis natural, mientras garantiza estándares de habitabilidad y dignidad superiores a los refugios temporales convencionales.

Se hipotetiza que un sistema modulado, basado en la prefabricación de componentes ligeros, de fácil traslado y montaje que no requiera de mano de obra calificada; facilite la autonomía de las comunidades más golpeadas, a través de la autoconstrucción asistida. Convirtiéndose en un núcleo efervescente de resiliencia urbana para evolución de un refugio o vivienda de emergencia transitoria hacia el inicio de la base de nuevas viviendas permanentes.

1.6. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Para el desarrollo del presente Trabajo Final de Máster, se adoptará un enfoque investigativo de acción y diseño técnico, estructurado de la siguiente manera:

1. Fase Analítica y Diagnóstica:

Se realiza una revisión bibliográfica y documental exhaustiva enfocada en la vulnerabilidad geoclimática de Honduras, a través de los años. Documentando y analizando datos históricos de desastres hidrometeorológicos de mayor trascendencia (Fifi, Mitch, Agatha, Eta e Iota) para determinar los parámetros críticos de riesgo y las acciones tanto deficientes como exitosas de las respuestas habitacionales previas.

2. Marco Teórico y Referencial:

Estudio de los fundamentos de la arquitectura de emergencia y la construcción industrializada contemporánea. Analizándose precedentes históricos de prefabricación e industrialización a través de las culturas precolombinas y haciendo especial énfasis en el movimiento moderno. Definiendo sistemas actuales de prefabricación (2D y 3D) para concebir estrategias replicables de modularidad y estandarización para contextos y situaciones de crisis.

3. Establecimiento de Criterios de Diseño:

Definición de requisitos mínimos de habitabilidad por definición de materiales y normativas internacionales como el Manual Esfera y el Active House Protocol. Cuantificando necesidades de superficie mínima, confort higrotérmico, iluminación y ventilación natural contextualizadas en las condiciones climáticas del litoral norte de Honduras.

4. Fase Propositiva (Diseño del MIAE):

Desarrollo técnico del módulo arquitectónico aplicando principios de la metodología DfMA. Fase que incluye la selección de materiales, diseño de la envolvente bioclimática, sistemas de cimentaciones elevadas.

5. Evaluación:

Análisis de la factibilidad logística, tiempos y recursos estimados de montaje, considerando la capacidad de producción industrial local y las facilidades del traslado a zonas de difícil acceso en situaciones de emergencia.

1.7. ALINEACIÓN CON LOS OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE

El presente trabajo investigativo y propuesta del Módulo Industrializado de Arquitectura de Emergencias, busca contribuir en el apoyo de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la ONU. Por medio del MIAE, se intenta crear un impacto directo en el **ODS 11 (CIUDADES Y COMUNIDADES SOSTENIBLES)** como objetivo principal. Reduciendo el número de personas que quedan sin hogar posterior a una tragedia natural, garantizándoles un resguardo de vivienda adecuada, segura y asequible ante la crisis y necesidad.

Además, también cumplimenta con los ODS's 09, 06, y 03.

ODS 09 (INDUSTRIA, INNOVACIÓN Y TECNOLOGÍA): El MIAE promueve y fomenta la industrialización, las nuevas tecnologías, metodologías de edificación tecnificadas y nuevas para el entorno de Honduras. Este tipo de ideales a su vez busca reducir los tiempos de espera con relación a la construcción tradicional, dejando un mínimo de desperdicio de material en el proceso.

ODS 06 (AGUA LIMPIA Y SANEAMIENTO): Tomando en cuenta que durante y posterior al desastre natural, es posible que no exista acceso a agua potable ni a redes de saneamiento de agua, el módulo toma en cuenta estos hechos, para proyectar captación de aguas lluvias y almacenamiento de aguas.

ODS 03 (SALUD Y BIENESTAR): El módulo, tiene como parte de sus objetivos principales, el crear un espacio idóneo para el confort y desarrollo de los damnificados posterior a la crisis. Por lo que los cálculos de superficies, planes de necesidades por zonas, porcentajes de iluminación natural y ventilación cruzada son clave para potencializar la salud y bienestar de sus usuarios.



Ilustración 1 Objetivos de Desarrollo Sostenible ONU - Agenda 2030. Fuente: UN.ORG (65)

2. CAPÍTULO 02: CONTEXTO DE VULNERABILIDAD Y CRISIS HABITACIONAL EN HONDURAS

2.1. VULNERABILIDAD GEOCLIMÁTICA EN EL LITORAL NORTE DE HONDURAS



Ilustración 2 Ubicación de Honduras en América. Fuente: Elaboración propia a partir de imágenes de Google Earth



Ilustración 3 Ubicación de Honduras en América Central. Fuente: Elaboración propia a partir de imágenes de Google Earth

Por su ubicación geográfica, Centroamérica es sitio de amortiguamiento de frentes de frío, sistemas de baja presión, y ciclones tropicales. Principalmente sucediendo esto entre agosto y octubre normalmente, alargándose incluso hasta noviembre. El istmo se encuentra entre dos regiones ciclo genéticas, tanto entre la placa del Atlántico y la placa tropical del Pacífico Este. Aunque generalmente se asocian las catástrofes de inundaciones y deslaves con fenómenos hidrológicos de gran magnitud, de hecho, hasta una depresión tropical común puede provocar un gran impacto de manera directa tanto como indirecta.

Dentro de la misma tónica se encuentra ubicado Honduras, quien, junto a Nicaragua, México y Belice, son los principales territorios amortiguadores de la franja continental donde la mayoría de los fenómenos hidrológicos se dirigen. Honduras, por su territorio que posee tanta costa en el océano pacífico y el mar caribe, se encuentra de manera directa en la conflictiva zona de dirección de sistemas de baja presión hacia el Golfo de Honduras. Siendo afectado tanto por ciclones tropicales del Atlántico en mayor medida, y por los fenómenos hidrológicos que se desarrollan en el Pacífico este en una cantidad menor.

Sin embargo, para motivos de estudios, este apartado se centrará únicamente en el análisis de los fenómenos hidrológicos que mayor destrucción en el ámbito habitacional han impactado Honduras en los últimos 30 años.

2.1.1. Huracán Mitch, octubre 1998

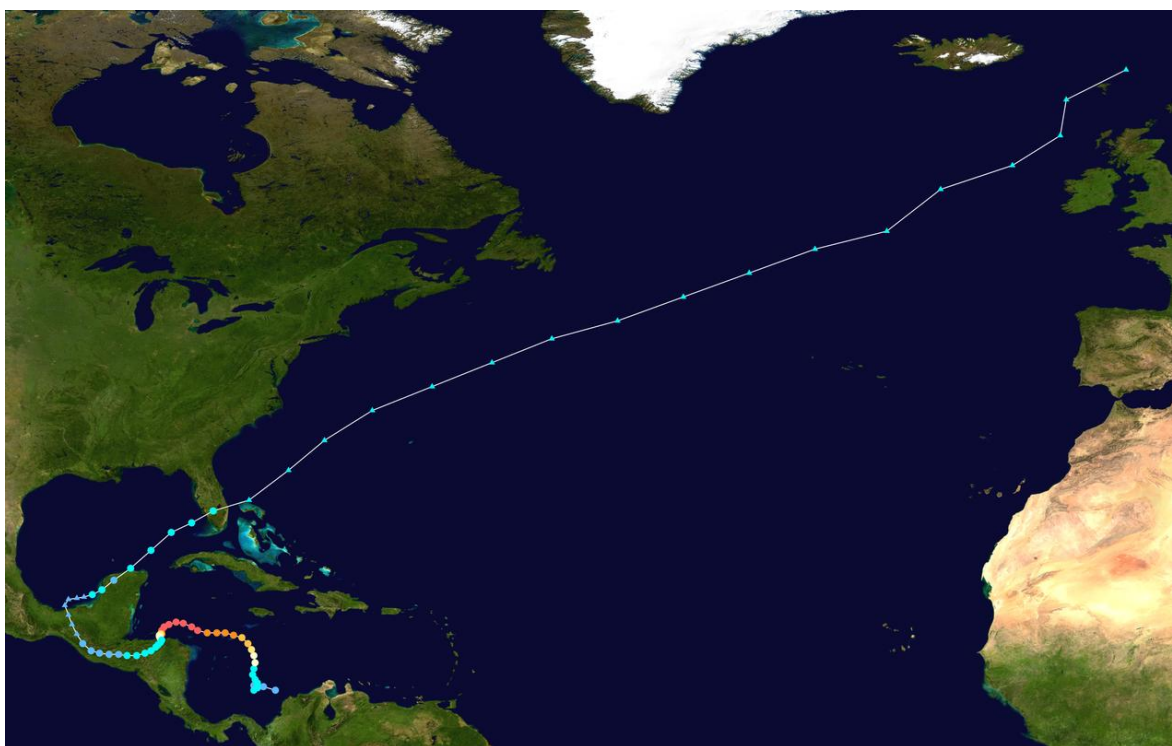


Ilustración 4 Trayectoria del Huracán Mitch, 1998. Fuente: National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) (8)

El huracán Mitch introdujo en Centroamérica una crisis de caos, destrucción y zozobra en la región. Dentro de los países más afectados directamente por el siniestro, se encuentran Honduras y Nicaragua. La dimensión histórica que posee este fenómeno natural en la consciencia de los hondureños va más allá de

lo estadístico. Aunque hasta el 2005 fue considerado el huracán más mortífero y de mayor fuerza registrado en la era contemporánea del caribe, Mitch impactó en gran medida en el retroceso del desarrollo de Honduras. Según palabras del presidente Carlos Flores, se estimó que se habían perdido entre 30 y 50 años de desarrollo, por las inundaciones y avalanchas de tierra. Alrededor del 70% de la infraestructura del país fue destruida y o dañada.



Ilustración 5 Tegucigalpa desde Puente Mallol, 1998 (9)



Ilustración 6 Viviendas rurales damnificadas, 1998 (10)

En cuanto a las viviendas, se manejan cifras de entre 33,000 a 60,000 viviendas destruidas, y entre 50,000 y 150,000 viviendas fueron dañadas en una medida del 10 al 50%. (3) Para los departamentos de Francisco Morazán y Choluteca (zona centro y sur del país), afectados por las crecidas del río Choluteca, se construyeron algunas viviendas de emergencia. (11) Para aquella catástrofe, se definió como un módulo de construcción de 3.05m x 3.65m. Formado por marcos rígidos de madera y techos de lámina galvanizada que luego sería reutilizados para la construcción de la vivienda oficial de las familias afectadas. Los cerramientos se diseñaron como módulos de yeso con algún aislamiento térmico entremedio. En cuanto a su análisis formal, además de contar con una caída de agua, poseía una puerta y dos ventanas con malla mosquitera para mayor privacidad y ventilación. Estas viviendas fueron proyectadas tomando en cuenta una familia de cuatro o cinco usuarios, y un área de 11.10 m².



Ilustración 7 Viviendas de emergencias en El Paraíso, Fuente: IFRC / Foto: Milton Funes (12)



Ilustración 8 Viviendas de emergencia en Choluteca, 1999 Fuente: IFRC / Foto: Milton Funes (12)

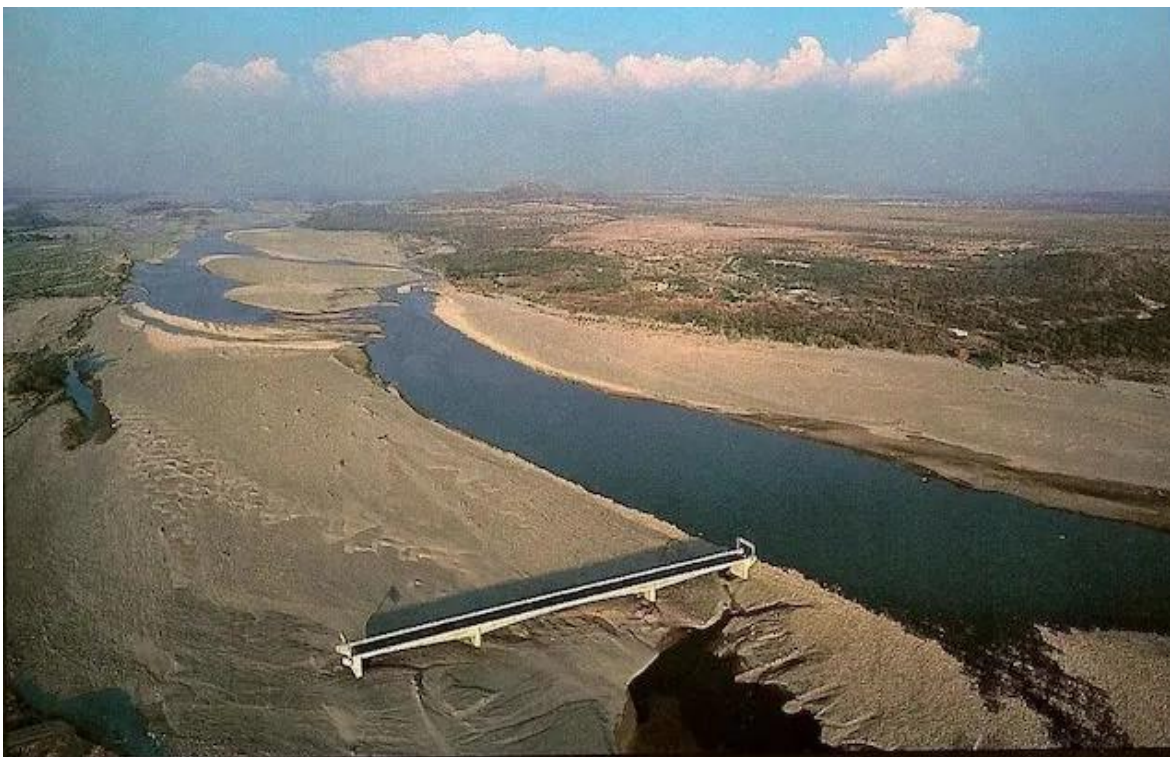


Ilustración 9 Estado del Puente de Choluteca tras el paso del Huracán Mitch (1998). La imagen ilustra el concepto de "puente a ninguna parte", donde la infraestructura permaneció intacta, pero el río cambió su curso y las vías de acceso fueron destruidas. Fuente: Susmit CS vía Medium. (13)

2.1.2. Tormenta Tropical Agatha y Tormenta Tropical Matthew, mayo y septiembre 2010

Para el año 2010, Honduras que atravesaba una crisis política -golpe de estado del 2009-, fue azotado por fenómenos hidrológicos causados tanto por la Temporada de Huracanes del Pacífico (Agatha) y la del Atlántico (Matthew). Ambos ciclones tropicales fueron devastadores para el triángulo norte centroamericano. Sin embargo, Honduras, se vio afectado en la totalidad de su territorio en un lapso de cinco meses. Provocando inundaciones y deslizamientos de tierra en departamentos centrales, que recorren los ríos más importantes del país.

En los departamentos de Francisco Morazán -donde se ubica Tegucigalpa, ciudad capital-, Choluteca, y El Paraíso, se registraron pérdidas aproximadamente de 65 millones de USD en materia social de vivienda y salud. Sumándole a casi 4 Millones de USD en pérdidas y daños de la infraestructura vial, energética abastecimiento y saneamiento de aguas. El sector vivienda y los asentamientos humanos nuevamente fueron de los más afectados. La suma de ambas tormentas dejó en total pérdidas de 92 millones de USD en estos departamentos del país.



Ilustración 10 Trayectoria de la Tormenta Tropical Matthew (14)



Ilustración 11 Trayectoria de la Tormenta Tropical Agatha (15)



Ilustración 12 Tegucigalpa , el día después de la Tormenta Tropical Agatha. Fuente: Diario La Prensa (16)

2.1.3. Huracanes Eta e Iota, noviembre 2020

La temporada de huracanes del 2020 fue la más activa de la historia moderna, superando así a la ostentadora del récord, la hiperactiva temporada del 2005. registrándose en total 30 tormentas, 31 ciclones extra tropicales, 14 huracanes y 7 huracanes mayores. Siendo así, la temporada con mayor cantidad de huracanes de alta categoría una vez finalizado el intervalo duración de la temporada.

De estos huracanes de alta categorías tardías, una vez finalizada la lista de nombres de los ciclones tropicales reutilizada del 2014, fue necesario por segunda y última vez la necesidad de usar los nombres auxiliares basadas en el alfabeto griego. Es ahí donde aparecen los fenómenos Eta e Iota.

Mapa Histórico de Inundaciones Causadas por los Huracanes ETA e IOTA (2020) en Honduras.

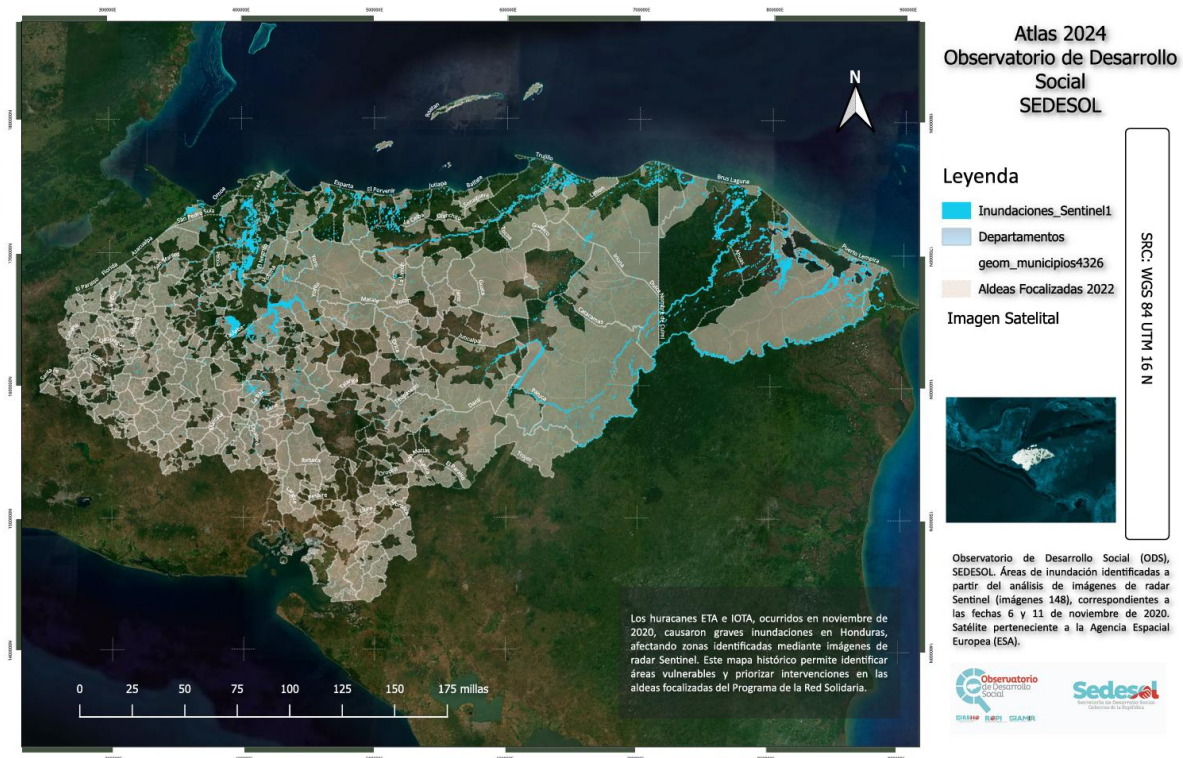


Ilustración 13 Mapa Histórico de Inundaciones Causadas por los Huracanes ETA e IOTA (2020) en Honduras, SEDESOL 2024. (17)

Los huracanes Eta (Categoría 4) e Iota (Categoría 5), afectaron directamente al territorio hondureño, quien sumido en plena crisis del COVID-19 se vio en condición de emergencia nacional sanitaria, agregándose así un estado de emergencia nacional por riesgos de inundaciones y tormentas por COPECO y el Estado de Honduras. Eta, formándose el 31 de octubre en el bajo Caribe, impactó principalmente en litoral norte y oriental del país. Siendo los departamentos de Cortes, Atlántida, Olancho, Colón, Gracias a Dios, Islas de la Bahía, Copán, El Paraíso y Yoro los principales afectados. El mismo se disipó el 13 de noviembre como un sistema de baja presión sobre El Salvador. Ese mismo día se formó el huracán Iota que procedió a aprovechar la ruta de aguas cálidas y turbulentas que había dejado rastro Eta, siendo así la primera vez que hay dos huracanes de manera sucesiva y casi simultánea que afecten directamente a Honduras en los registros contemporáneos.

Se han realizado estimaciones que indican que las pérdidas y daños ocasionados por los huracanes Eta e Iota ascienden aproximadamente 2000 millones de USD (6).



Ilustración 14 Colonia Pineda, La Lima tras huracán Eta en 2020. Fuente: The Guardian. (18)

Se ha identificado que, en conjunto de ambos huracanes, fueron afectados alrededor del 5 % de los 1,8 millones de viviendas habitadas en Honduras en el 2020. Esto dejando en evidencia el impacto de un país con una concentración de vivienda territorialmente irregular y en desigualdad social. Estos datos corresponden a la evaluación de daños realizada por la CEPAL y el BID en el 2021. Decenas de miles de viviendas se vieron dañadas, sumergidas en agua por más de 10 días consecutivos en algunas zonas concretas. La magnitud de este impacto dejó nuevamente expuesta la vulnerabilidad de la vivienda hondureña ante fenómenos naturales como tormentas y ciclones tropicales. La fragilidad estructural y la alta exposición de edificaciones residencial también fue notoria al ubicarse en zonas de alto riesgo de inundabilidad y deslizamiento de tierras. (6)

Se estima que alrededor de 92,650 viviendas, de manera directa fueron catalogadas como dañadas con pérdidas materiales, esto sin incluir las pérdidas de enseres domésticos y artículos personales. Sumándose también daños la red de infraestructura de las localidades, que de por sí muy deplorable eran algunas, otras simplemente inexistentes; terminaron abnegadas bajo el agua. En total más de 170,000 personas fueron evacuadas y otros miles fueron acogidas en albergues y refugios temporales durante semanas e incluso meses. Dejando a vista de todos, la incapacidad que posee el parque de viviendas nacional ante la resistencia y resiliencia luego de fenómenos de dicha magnitud (5).



Ilustración 15 Condiciones de vulnerabilidad tras el paso de los huracanes Eta e Iota en Centroamérica. Fuente: UNICEF (19)

Particularmente los departamentos de Copán, Cortes, Olanchito y Yoro acumularon casi el 80% de los daños y destrucción total de las viviendas. Zonas de riberas y planicies como el Valle de Sula, se vio vilmente afectado. Mientras en departamentos más montañosos como Olanchito y Copán, se sabe que su población rural -mayor que la urbana- habita en zonas de riesgo de desprendimientos de tierra y en humedales, sumándose a las comunidades rurales que habitan cercano a los ríos que cruzan estos territorios.

El caso del Valle de Sula siempre es de destacar, ya que es donde más se concentra el desarrollo del país, en materia de industria y economía. Es por eso por lo que existe la relación entre la alta densidad poblacional y una mayor exposición a riesgos por huracanes en dicha zona. Creando así un patrón espacial de afectación social sumamente desigual, basándose en zonas planas y bajas de elevación que son muy propensas a inundaciones y albergan a un gran número de familias de menores ingresos y con viviendas en condiciones precarias.

En cuanto al nivel de vulnerabilidad estructural que existía en aquel entonces sobre el parque de vivienda hondureño, se puede identificar que el 46% de las viviendas utilizaban materiales de origen natural: madera, adobe, y bahareque. Siendo en el ámbito rural donde la proporción de uso de estos materiales suma un 74% y siendo el 23% de las viviendas a nivel nacional de estas características. Un 42% de las viviendas del ámbito rural poseen solado de tierra -terreno natural cepillado-, aumentando la estadística de viviendas en condiciones de mayor vulnerabilidad ante fenómenos hidrotérmicos (5).



Ilustración 16 Viviendas de bahareque y adobe en el contexto rural de Honduras. Fuente: El Heraldo. (20)

Todas estas estadísticas hacen que la vivienda rural y urbana -en menor medida- se vean totalmente expuestas, a ser afectadas de manera directa e indirecta significativamente por la exposición al agua; reduciendo así la durabilidad de los materiales como cerramientos y la integridad estructural de la vivienda. Comprometiendo así la habitabilidad y obligando a desplazamientos de sus usuarios ante tormentas e inundaciones. Durante las precipitaciones e inundaciones de los huracanes Eta e Iota, se mostró que más del 80% de las viviendas que fueron inundadas, llegaron a tener poco más de un metro de agua de altura, pero prologadas horas e incluso días, provocando así la debilidad y colapso de manera progresiva en cerramientos, paredes, cimientos y solados de materiales de baja resistencia.



Ilustración 17 Inundaciones en el Valle de Sula tras el paso consecutivo de los huracanes Eta e Iota. Fuente: The Guardian (21)

2.2. ANTECEDENTES de DESASTRES HIDROLÓGICOS EXTREMOS en HONDURAS

2.2.1. Destrucción de la Antigua Ocotepeque en 1934

Además de los desastres y pérdidas que usualmente dejan a su paso estos fenómenos naturales que se han explicado, ha habido casos donde pueblos enteros no solo se vieron afectados, pero también arrasados por escorrentías de agua y barro. Tal es el caso de la ciudad que algún día fue Antigua Ocotepeque, que siendo cabecera departamental -ciudad capital del departamento de Ocotepeque- fue borrada del mapa por inundaciones provocadas por el río Marchala. El caso de Antigua Ocotepeque se da por una serie de precipitaciones por más de tres días, esto respecto a la llegada del huracán N2 en el norte caribeño de Honduras en junio de 1934. Siendo estas lluvias en el norte del país, las que desarrollaran consigo un efecto de represa que se llenó de piedras, troncos y demás sedimentos en las montañas occidentales de Copán y Esquipulas en Guatemala. Este efecto de represa taponó durante estos días al río Marchala, el cual posee una longitud de 8.5 kms y una cuenca de 11.5 kms. Fue hasta el 4 de junio de dicho año que, por la noche, y en medio de la tormenta, la represa que se creó kilómetros arriba en la montaña cedió, inundando así a la población de Antigua Ocotepeque, que se ubicaba en la rivera inundable del río. Esta catástrofe trajo consigo que en 1935 la cabecera Departamental se trasladara al norte de los restos de la antigua, donde el Congreso Nacional aprobaría el decreto de la construcción de la Nueva Ocotepeque, ya no ubicándose en la rivera inundable. Desde ahí se ha desarrollado una ciudad con ordenamiento de traza urbana y de crecimiento exponencial en los últimos 30 años.



Ilustración 18 Ubicación Antigua Ocotepeque
Fuente: Archivo histórico vía TV San Marcos (22)



Ilustración 19 Antigua Ocotepeque posterior a la riada de 1934
Fuente: Archivo histórico vía Antigua Ocotepeque (23)

Si bien el caso de la destrucción de Antigua Ocotepeque se dio por la combinatoria en serie de eventos naturales, es necesario recordar que en aquellos años no se contaba con los avances tecnológicos suficientes para predecir estos fenómenos. Aunque en materia de vivienda, aunque el 75% del pueblo fuese sepultado por lodo y escombros, casi la totalidad de la población migró hacia Copán o Esquipulas. Sin

embargo, a pesar de la destrucción y la poca probabilidad de que suceda, en los últimos años se ha vuelto a poblar de manera casi invasiva, si bien conservando cierto orden de las vías urbanas que se han desenterrado con los años. El fenómeno de un “taponamiento” como el que se dio colinas arriba del río, es hoy en día más fácil de identificar y predecir, además de que el río Marchala nunca más volvió a causar inundaciones de tal magnitud, pues no representa un riesgo por sí solo, al ser un río de poca longitud.

De la nueva ciudad de Ocotepeque, la respuesta por parte de los entes gubernamentales, de crear de cero una nueva ciudad dio la oportunidad en al menos dos años, de que se poblara nuevamente con los sobrevivientes del suceso, creando un parcelario que se ubica a 4.5 kilómetros al noreste de la Antigua Ocotepeque. La ubicación de dicha ciudad nueva se debió a que se encontraba en planicie no inundable y más cercana a las faldas de las montañas de El Pital, por estar ligeramente más elevada que su predecesora, la nueva ciudad se convirtió desde ese entonces en una ciudad ejemplo. La ciudad fue planeada por arquitectos y urbanistas que estudiaron el caso, dando consigo una ciudad con traza urbana reticular alargada y amplias avenidas de doble circulación.



Ilustración 20 Desbordamiento reciente del río Marchala en Ocotepeque (2024). La vulnerabilidad persistente de esta zona, documentada desde la catástrofe de 1934, ratifica la necesidad de infraestructuras de emergencia. Fuente: Proceso Digital (24)

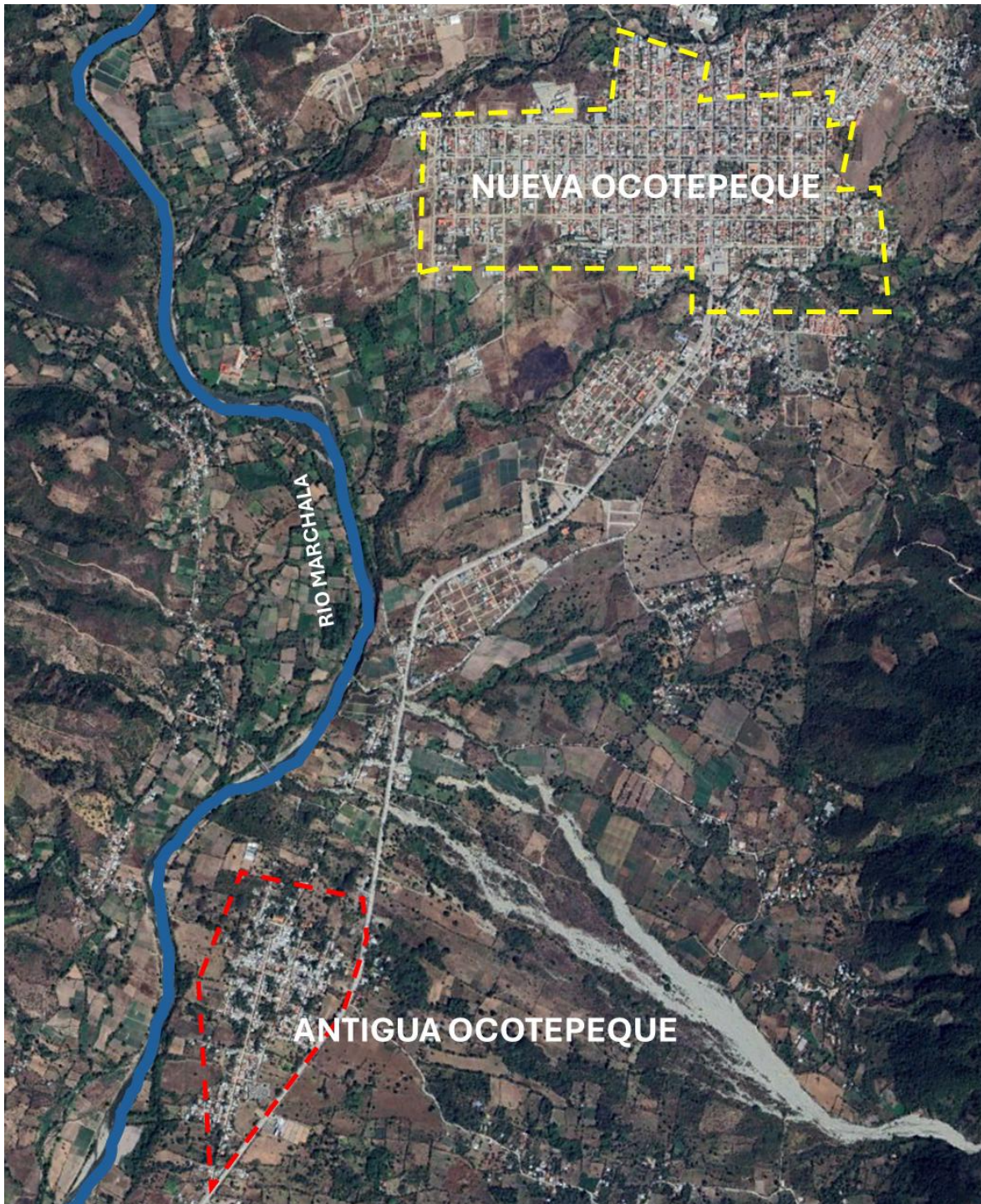


Ilustración 21 Ubicación de las ciudades de Antigua y Nueva Ocotepeque, 2025. Fuente: Elaboración propia a partir de imágenes de Google Earth



Ilustración 22 Traza Urbana de Antigua Ocotepeque, 2025. Fuente: Elaboración propia a partir de imágenes de Google Earth



Ilustración 23 Traza Urbana de Nueva Ocotepeque, 2025. Fuente: Elaboración propia a partir de imágenes de Google Earth

2.2.2. Inundación de Choloma, 1974



Ilustración 24 Gran Inundación de Choloma posterior al Huracán Fifi-Orlene, 1974. Fuente: Diario La Tribuna (25)

Para septiembre de 1974, el Huracán Fifi-Orlene (pero para el momento que hace contacto en Honduras, nada más llamado Fifi, primeramente), constituye uno de los desastres naturales más mortíferos hasta la fecha en la estadística de los huracanes del atlántico. El primer gran huracán que ha impactado de manera directa con el litoral norte hondureño documentado. Fifi dejó entre 6,000 y 10,000 fallecidos, 142,000 damnificados y pérdidas aproximada de 1,800 millones de dólares. Así mismo se estima que alrededor de 500,000 habitantes de la población nacional, fue afectada directa e indirectamente en sus viviendas por las inundaciones y vientos durante y después del huracán. Es notorio asimilar que para 1974 en Honduras habitaban poco más de 3 millones de habitantes; dejando así a un sexto de la población nacional con daños notorios en materia de vivienda y habitabilidad.

Una de las principales ciudades de aquel entonces, Choloma, en el Valle de Sula, se vio como la ciudad "mártir", al inundarse en cuestión de horas, soterrando en la destrucción a 3,000 viviendas. Las lluvias torrenciales provocaron desde temprano que los ríos del Valle de Sula generaran riadas que borrarán barrios completos de la ciudad. Entre las viviendas destruidas y las dañadas parcialmente en Choloma, se cuantifican alrededor de 15,000 a 16,000; según los reportes del extinto Comité Permanente de Emergencia Nacional.

Entre cuanto, a los registros en video y fotografías, que de alguna manera aún eran rudimentarios en la época, se recogen de alguno de estos contenidos y los testimonios de los habitantes de la zona información del siniestro. Para los brigadistas del Heroico y Benemérito Cuerpo de Bomberos de Honduras, se establece la escena donde se debía cruzar ríos con lodo hasta el cuello, empleando lazos para llegar a las zonas más devastadas de la ciudad. Estas labores se realizaban en condiciones considerablemente precarias: no había refugios ni aún para los afectados ni para los que se trasladaban a brindar ayuda humanitaria. Al no haber un establecimiento o campamento seguro para los afectados, estos se veían en la tarea de dormir en cartones en el suelo a la intemperie. Sin suficientes alimentos, y expuestos a enfermedades y a los riesgos característicos de un poblado destruido por el agua.

En cuanto a nivel sanitario, tras las inundaciones se registró un incremento mayoritario de malaria, fiebre tifoidea y disentería. Esto debido a la contaminación de los pozos de agua potable y la sobresaturación de los pocos albergues improvisados que se habilitaron hasta luego de los primeros días de la catástrofe. Las familias damnificadas de Choloma, que siendo reincidente el hecho que se tratase de familias de escasos recursos, dependían semanas de una distribución irregular de alimentos y objetos de cuidado personal proporcionado por las brigadas médicas universitarias y la Cruz Roja.

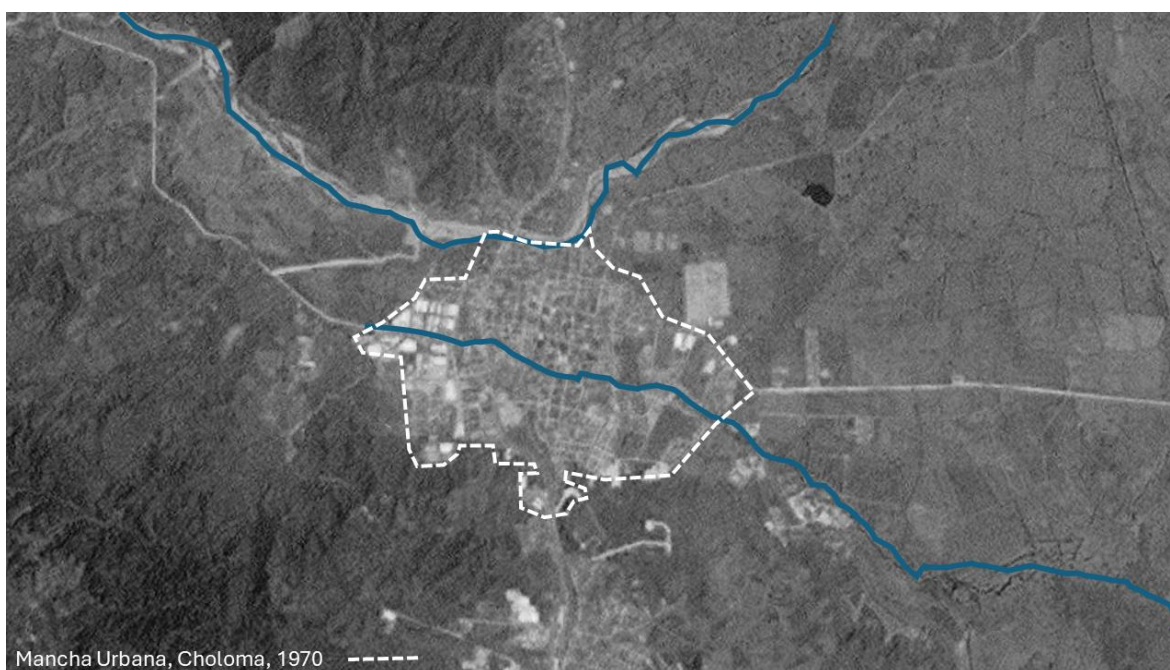


Ilustración 25 Mancha Urbana de Choloma en 1970. Fuente: Elaboración propia a partir de imágenes de Google Earth

En cuanto a la respuesta gubernamental, la magnitud del desastre sobrepasó la poca capacidad institucional que existía en ese entonces como respuesta a estos fenómenos. La infraestructura vial dañada y una red de comunicaciones de limitada cobertura, retardó que se distribuyeran y gestionaran las ayudas con una mayor velocidad y eficiencia. Uno de los mecanismos implementados por el Estado fue el programa "Trabajo por Comida", el cual involucraba a los hombres damnificados por las indicaciones, para que sirvieran como personal de limpieza, despeje de vías, recuperación de edificios; a cambio de raciones

alimenticias. Sin embargo, este tipo de programas no logró responder ante la magnitud del colapso urbano, y en específico en municipios de alta pobreza como Choloma.

Para la reconstrucción de Choloma, el país se enfrentó a una rehabilitación urbana retadora. Se realizaron esfuerzos principalmente desde la atención médica y la rehabilitación de refugios, pero fue hasta ya iniciado 1975 que se implementaron medidas más orientadas a la vivienda. De manera íntegra y estructural, se desarrolló como iniciativa de la UNAH y la Facultad de Ingeniería, con apoyo del INVIA; la construcción de 150 viviendas de emergencia de madera para hacer frente a las decenas de familias que aún no tenían hogar. Dichas viviendas fueron destinadas directamente a los más afectados de la zona norte, y en específico a la mayoría de los barrios más dañados de Choloma.

Si bien la reconstrucción de Choloma duró varios años, hasta el día de hoy, no existió un plan urbanístico para la reorganización del suelo, o al menos una reestructuración integral para evitar de nuevo este tipo de catástrofes. Las pocas condiciones que se establecieron para aquel entonces, en una serie de acciones fueron mínimas. Acciones que se centraron a:

- Restablecer el acceso de viales
- Rehabilitar los servicios básicos
- Reubicar las familias en zonas menos expuestas
- Construir viviendas temporales y posteriormente definitivas



Ilustración 26 Mancha Urbana de Choloma en 1985. Fuente: Elaboración propia a partir de imágenes de Google Earth

Sin embargo, las posturas académicas-universitarias y las gubernamentales entre 1974 y 1975 dieron paso a un diálogo de discusión, que no llegó a dar conclusiones propiamente. En la insistencia se estableció

la necesidad de mejorar los sistemas nacionales de mitigación de desastres, y así regular un crecimiento urbano en búsqueda de la reducción de la vulnerabilidad de las comunidades en riesgo como Choloma.

Actualmente la ciudad de Choloma es una de las ciudades con mayor crecimiento (en su mayoría informal y no regularizado), en el país. Siendo el tercer municipio más poblado de Honduras, con unas estimaciones de 300,000 habitantes en 2025. Cada vez concentrándose más la población en el área urbana con un 85.52% de su población en la ciudad contra un 17.48% rural. E igualmente son estos asentamientos informales los que ahora, además en urbanizaciones privadas, se han establecido en las riberas de las quebradas y de los ríos Chamelecón y Ulúa.

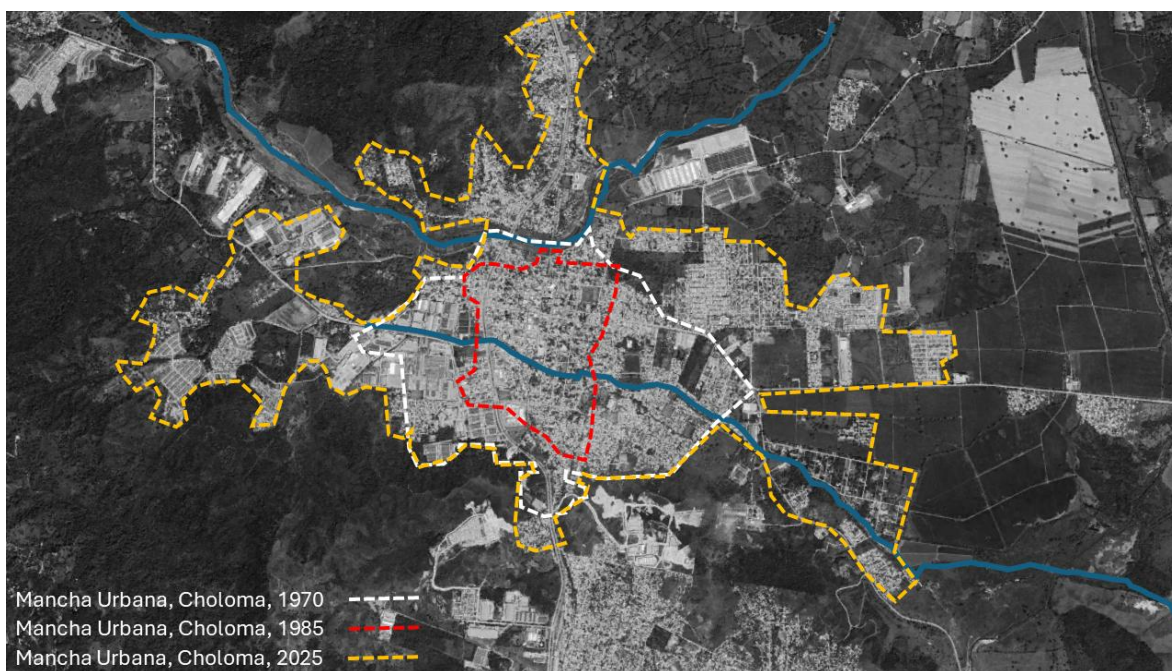


Ilustración 27 Mancha Urbana de Choloma en 2025. Fuente: Elaboración propia a partir de imágenes de Google Earth

2.2.3. Destrucción y Reconstrucción de Morolica, 1998

La cabecera del municipio homónimo, Morolica y su borrado de la superficie, es recordado como uno de los episodios más devastadores y recordados de la historia de los fenómenos naturales en Honduras. Provocado por el Huracán Mitch en 1998, fue tanta la magnitud en la destrucción que se debió reubicar totalmente la ciudad en otra localidad. Desde entonces se inició el proceso de la reubicación de la Nueva Morolica, tras el colapso del asentamiento original. Es el ejemplo más notable aún hasta hoy, de la vulnerabilidad que comparten las ciudades y poblados hondureños ante los fenómenos hidrometeorológicos extremos y a su vez evidencia la necesidad urgente del replanteamiento de modelos urbanos/rurales en la ocupación del suelo en Honduras.

Para finales de octubre de 1998, desde Panamá, se venía formando una depresión tropical que rápidamente evolucionó en tormenta tropical a orillas de Colombia. En cuestión de tiempo, se desplazó en dirección hacia el caribe occidental, y junto a diferentes factores de presencias de aguas cálidas y avientes favorables; se intensificó de manera rápida hasta ser un huracán categoría 5. El huracán Mitch, una vez formado y en dirección hacia la costa nicaragüense y hondureña, demostró un comportamiento muy errático. Estos desplazamientos lo catalogaron como un huracán poco previsible en cuanto a dirigir una ruta de trayectoria, con la tecnología de aquellos años. Mientras tanto, al estacionarse entre las Islas de la Bahía en Honduras, durante horas, el norte y centro del país acumuló lluvia suficiente para llenar las principales represas y desbordar los ríos más importantes del país.

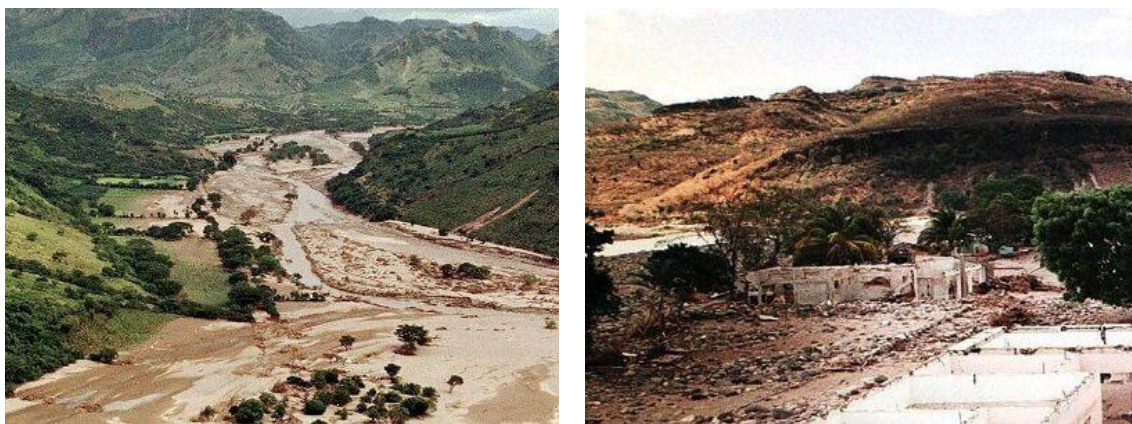


Ilustración 28 Vista del municipio de Nueva Morolica, Choluteca. El asentamiento actual es el resultado de una planificación integral tras la destrucción total de "Morolica la Vieja" por el río Choluteca durante el Huracán Mitch (1998). Fuente: Honduras.com (26)

Muchas comunidades estaban siendo monitoreadas por alertas emitidas desde los entes gubernamentales. El fenómeno superó cualquier capacidad de respuesta local ante este tipo de desastres naturales. En su caso, el poblado de Morolica, al sur del país en el departamento de Choluteca, se encontró con lluvias continuas por alrededor de 48 a 56 horas. Entre el 30 y el 31 de octubre, cuando la saturación del suelo y el incremento progresivo del caudal del río Choluteca, se generó la inundación más desastrosa registrada de los últimos años en Honduras.

Antes de la tragedia, Morolica se encontraba asentada en una zona geográfica vulnerable en gran parte por el río Choluteca y su afluente proveniente de Texíguat. Ubicado dentro de la planicie aluvial en la confluencia de ambos ríos, con una altura media de apenas siete metros por encima del nivel en condiciones regulares del río. Tal condición más el desbordamiento de ambos ríos por la lluvia que descendió desde las montañas, marcó un ritmo acelerado en la llegada del agua a la ciudad. Las pronunciadas pendientes montañosas, produjeron en la zona de afluencia, una especie de "embudo" que sirvió como tapón natural para concentrar el caudal del río y las lluvias que se intensificaban en mayor medida con las horas.

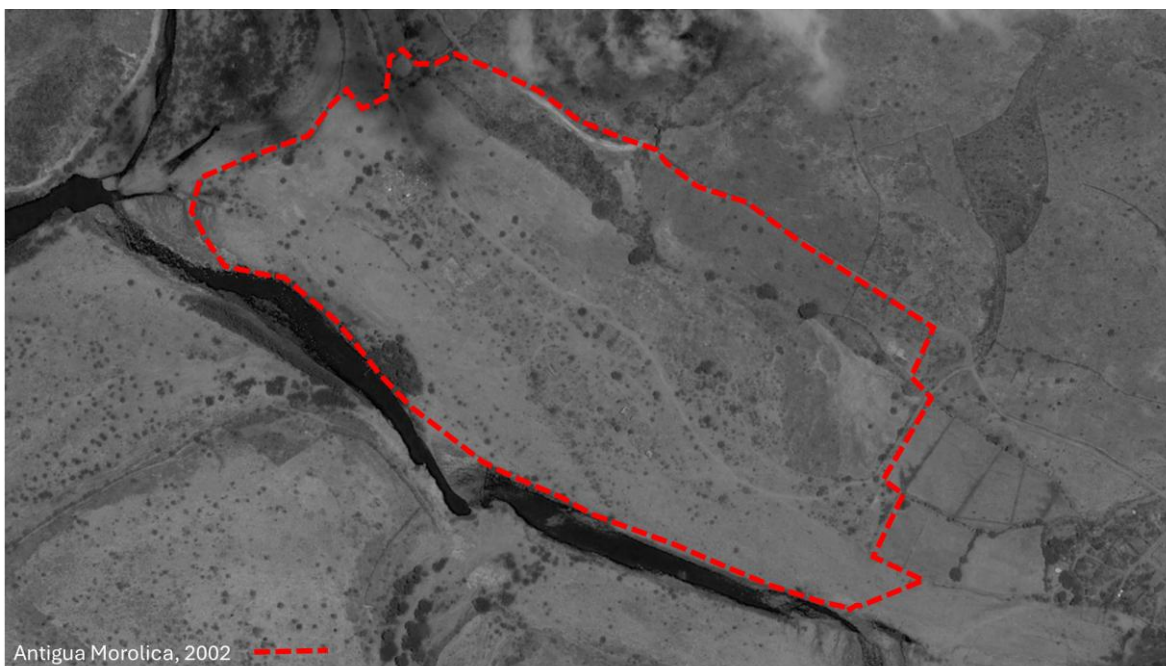


Ilustración 29 Mancha Urbana de Antigua Morolica en 2002. Fuente: Elaboración propia a partir de imágenes de Google Earth

Además de ello, tras la confluencia, el río y los accidentes geográficos jugaron el rol de crearse un represamiento repentino, gracias a que río arriba se encontraba encañonado por las estrechas laderas de las montañas. La situación provocó que el nivel del agua ascendiera hasta a los 15 metros de altura, por encima de la cota del casco urbano.

El emplazamiento original, era una planicie formada por el antiguo cauce fluvial de materiales arrastrados, con una alta susceptibilidad a la erosión y suelos poco estables. Siendo un sitio de alto riesgo e incompatible para el crecimiento de un poblado o ciudad como Morolica.

Fue hasta la madrugada del 31 de octubre, que Morolica dejó de ser un asentamiento habitable; ya con su población aislada en los cerros cercanos, se vio como las crecidas de los ríos arrastraban viviendas completas, vehículos y árboles. Para fines administrativos, Morolica se declaró a los 3 días luego del suceso, como una ciudad completamente destruida, ya que había pérdidas en la red de comunicación, el alcalde de la ciudad fue quien llegó caminando hasta Tegucigalpa, para avisar a los medios de comunicación que el pueblo había sido borrado del terreno. Es posterior a ello, que se le reconoció oficialmente como la **"ciudad mártir"**, en memoria de la fuerza e impacto que trajo consigo el huracán Mitch.

La destrucción de Morolica tuvo consecuencias notables en la estructura socioeconómica de sus habitantes. Al ser una comunidad rural dependiente de la agricultura y ganadería, la destrucción de los cultivos, ganados y maquinaria presentó un golpe económico fortuito para las familias del asentamiento. Mitch destruyó además de la ciudad, los modelos económicos y de producción en la región, dejándose un déficit en los medios de subsistencia.

Se registraron centenares de familias damnificadas que en la inundación perdieron sus viviendas y bienes en su totalidad. Los desplazamientos forzados hicieron que aumentase la asistencia humanitaria en corto y mediano plazo, creando una ruptura en la vida comunitaria de la ciudad, la desaparición de una identidad urbana y a su vez, surgiendo la necesidad de replantear la reconstrucción del municipio. En su inicio, el proceso de construcción y reubicación comenzó con los estudios por parte del gobierno de Honduras, para la reconstrucción de la ciudad en el mismo sitio. Ante la imposibilidad, se vio como la única alternativa más viable que se reubicará completamente el municipio. Siendo declara una *zona formalmente inhabitable y de riesgo permanente* a finales del 1998.

En abril de 1999, se da comienzo con la construcción de la "Nueva Morolica", ubicada entre ocho y diez kilómetros al noroeste del sitio original, sobre una loma más elevada en altura y condiciones de seguridad relativa mejores. Dentro de dicho plan, se proyectó la urbanización completa de 312 lotes impulsándose la construcción de igual número de viviendas básicas para las familias afectadas por el huracán Mitch. Siendo un proyecto principalmente financiado por el FHIS, con un costo aproximado de 4.7 millones de lempiras (680 mil USD en la actualidad), construyéndose con participación de los habitantes, organizaciones de cooperación internacional y voluntarios. La fortaleza que se logró con la comunidad en la reconstrucción del pueblo trajo consigo un mejor tejido social y una ventana de tiempo más rápida para la edificación aún dentro de las posibilidades del contexto.



Ilustración 30 Mancha Urbana de Nueva Morolica en 2002. Fuente: Elaboración propia a partir de imágenes de Google Earth

La Nueva Morolica fue proyectada con una traza urbana reticular cuadrangular, ordenada en mejor manera que su predecesora. Regida por manzanas regulares, calles y avenidas definidas, áreas de equipamientos urbanos y espacios planificados para ampliaciones futuras. Sin embargo, las viviendas que se construyeron fueron diseñadas como una unidad básica en su estructura, con la previsión de que en un futuro fuera cada familia la que la ampliase de manera progresiva.

- El proyecto incorporó en fases posteriores:

- Sistemas de agua potable y saneamiento
- Centro educativos para los niveles, preescolar, primario y secundario
- Espacios comunes
- Áreas de comercio y servicios definidas
- Infraestructura vial mínima

Sin embargo, actualmente la comunidad sigue denunciando que hacen falta mejoras adicionales en tema de pavimentación de vías, ubicación de áreas verdes, funcionamiento de las instalaciones públicas y el apoyo económico necesario para fortalecerse como una ciudad de producción agrícola.

Bajo la premisa de un enfoque en la dignidad y la resiliencia, el proceso de la reconstrucción de Morolica, se desarrolló en una visión de la creación de un entorno que dignifica y funciona para la vida del habitante local. La experiencia, nuevamente evidenció la importancia de la integración de conceptos de habitabilidad, resiliencia, ubicación estratégica, participación comunitaria y gestión ante desastres de esta índole. Siendo un ejemplo en el contexto nacional, destacando por las acciones del:

- Restablecimiento progresivo de la infraestructura básica para el funcionamiento de la ciudad
- Construcción de viviendas dignas, con proyección al crecimiento por sus usuarios
- Reubicación de familias en zonas de menor vulnerabilidad
- Implementación de equipamientos sociales esenciales
- Reconstrucción gradual de la economía local basándose en principios de producción agrícola y la diversificación con el comercio interno
- Preservación de la memoria histórica, mediante la oficialización de la Antigua Morolica, como un camposanto, documentándose correctamente el acontecimiento.

La Nueva Morolica es el producto del esfuerzo por la reconstrucción de la vida comunitaria de un pueblo azotado por los fenómenos hidrometeorológicos en Honduras. Con una reubicación considerando aspectos de seguridad, resiliencia y dignidad; siendo estos elementos fundamentales para la comprensión en la importancia de establecer un diseño de viviendas industrializadas para este tipo de situaciones de emergencias en el contexto hondureño.

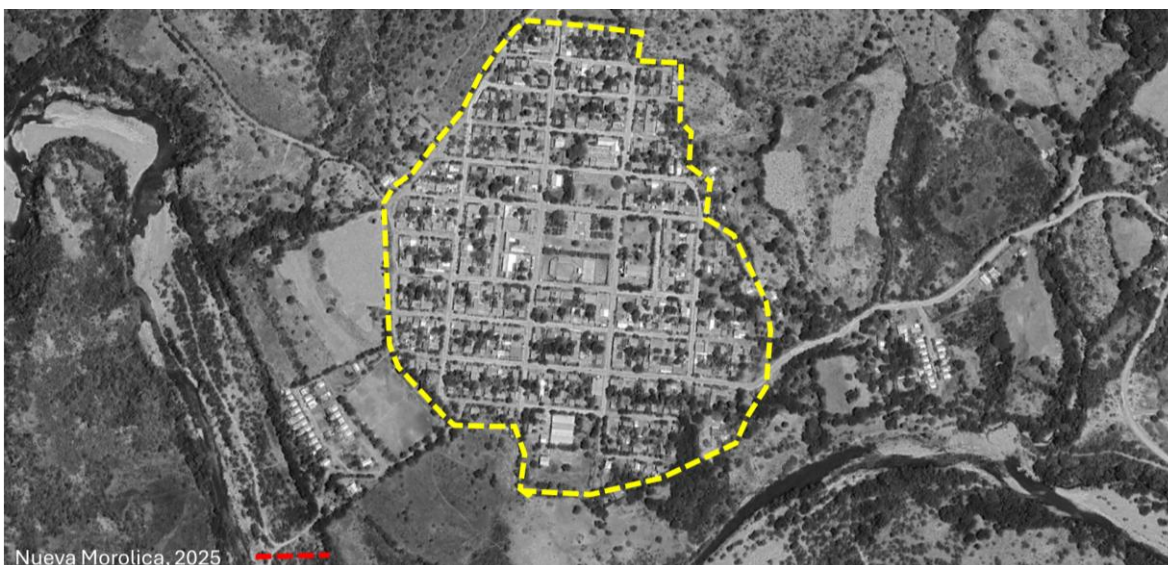


Ilustración 31 Mancha Urbana de Nueva Morolica en 2025. Fuente: Elaboración propia a partir de imágenes de Google Earth

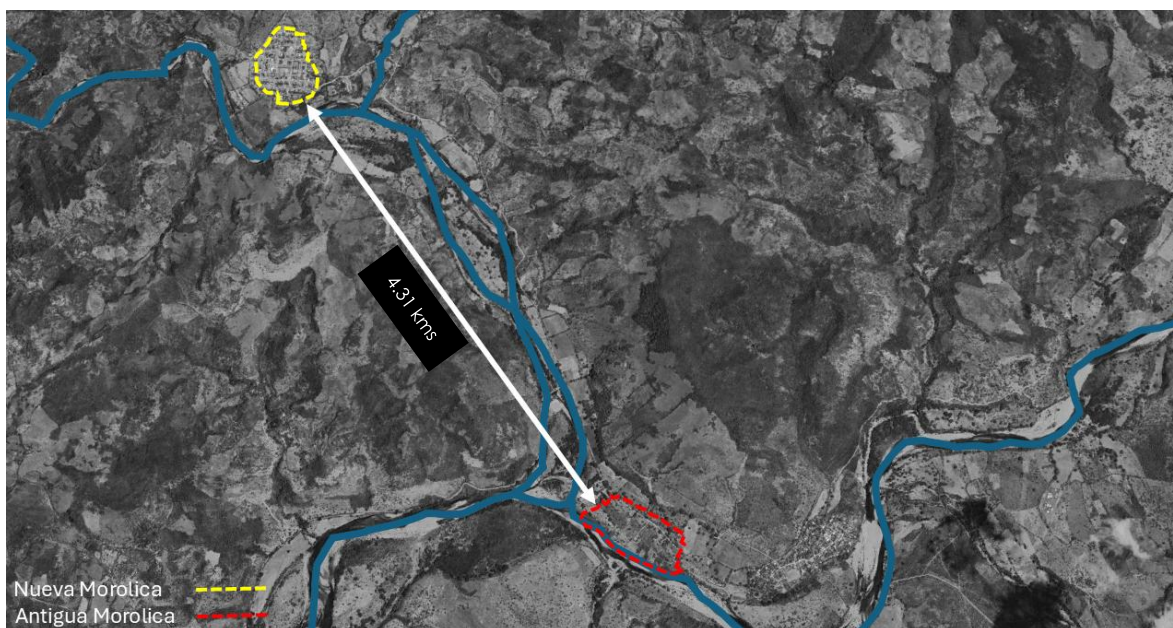


Ilustración 32 Distancia entre asentamientos, Antigua y Nueva Morolica. Fuente: Elaboración propia a partir de imágenes de Google Earth

2.2.4. Inundación de La Lima, 2020

Para el año 2020, los huracanes Eta e Iota, con apenas dos semanas entre uno y otro, registraron los últimos eventos más catastróficos relacionados a los fenómenos hidrometeorológicos en los últimos años en Honduras. Principalmente uno de los puntos de mayor impacto fue en el municipio y ciudad de La Lima, Cortés. Ubicando en el Valle de Sula, zona naturalmente plana y fértil, bañada por algunos de los ríos más importantes del país.



La magnitud del paso de ambos huracanes por La Lima dejó en evidencia nuevamente la fuerza destructora de la naturaleza en las poblaciones más vulnerables del país. La ciudad quedó totalmente sumergida bajo el agua, registrando la pérdida y daños estructurales severos en viviendas, infraestructura vial y servicios públicos. Nuevamente se definió al episodio como un caso paradigmático dentro del estudio de vulnerabilidad urbana, continuando en la línea de la exposición frente a las inundaciones. Exponiendo las consecuencias del crecimiento urbano no planificado y la pobre red de acciones de prevención y protección ante este tipo de fenómenos naturales.

El huracán Eta se formó el 31 de octubre del 2020, siendo una depresión tropical hasta lograr escalando rápidamente a ser un huracán categoría 4. Impactando directamente con la costa nicaragüense, debilitándose en la mosquitia hondureña y desplazándose de manera diagonal por sobre el lindero norte del país. Este desplazamiento fue muy lento y casi estacionario, sin embargo, durante las precipitaciones en el Valle de Sula, se estima que en algunos puntos se superaron 600 mm de lluvia acumulada. Esto logró que los ríos Chamelecón y Ulúa, con cuencas que irrigan el valle, se desbordaron de manera acelerada. Y La Lima, situándose en el centro y punto más bajo de la llanura aluvial, transformaron la ciudad en una de las mayores inundaciones de la historia moderna del país.

Para el 4 y 5 de noviembre, el río Chamelecón se rebalsó en diferentes puntos de su cauce, y aunque existían bordos de contención, la mayoría de los barrios limenses se vieron aislados e inaccesibles. En promedio la ciudad quedó entre 2 a 3 metros bajo el agua. Teniendo un nivel de agua considerable barrios populares y colonias céntricas. A consecuencia de los niveles de agua dentro de las viviendas, miles de personas quedaron atrapadas en sus casas y como en estos casos, la escena era angustiante; al ver a cientos de personas y animalitos sobre los techos de sus casas con algunas cosas que pudiesen salvarse. La inundación fue tan rápida que la mayoría de los residentes perdieron sus pertenencias sin mayor posibilidad a evacuar la ciudad. Aproximadamente más del 90% de la Lima quedó inundada, dejando en condiciones de calamidad a casi 60,000 personas solo en el municipio. Siendo considerada como la ciudad mártir del paso de ambos huracanes en territorio hondureño.

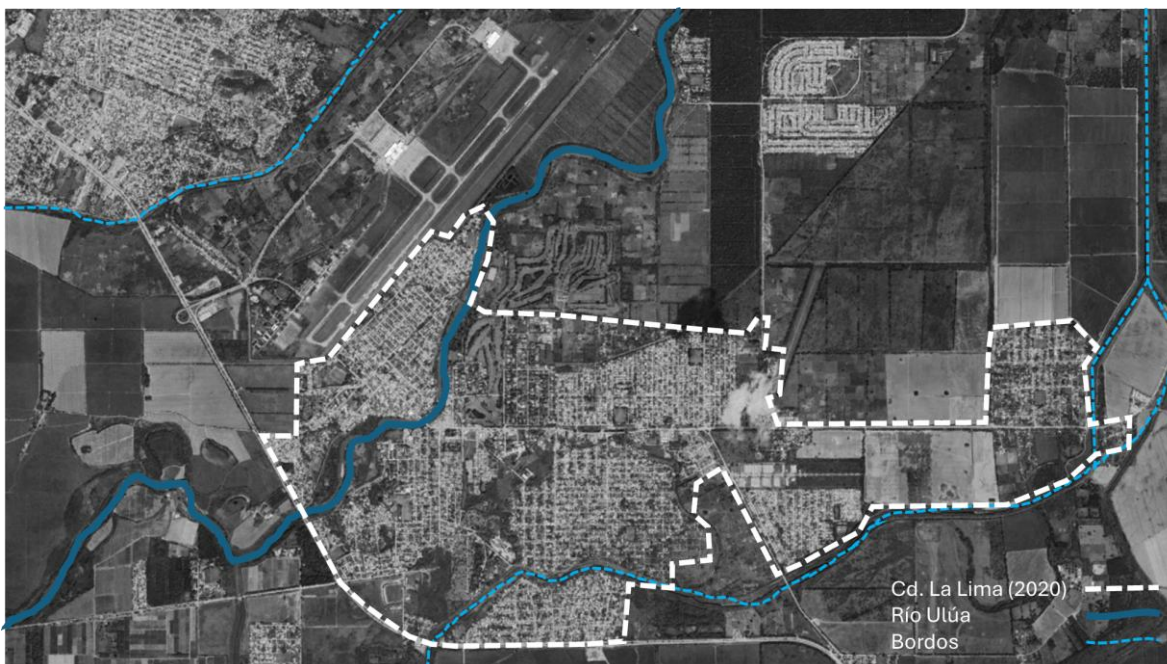


Ilustración 33 Mancha Urbana de La Lima y el paso del Río Ulúa en 2020. Fuente: Elaboración propia a partir de imágenes de Google Earth

Eta ocasionó daños considerables en las viviendas limenses, desestabilizando la estructura urbana. Estas viviendas en su mayoría, construidas de materiales mixtos, desde bloques de concreto sin refuerzo, ladrillo, adobe, y hasta bahareque; claramente no estaban preparadas con **algún diseño antisísmico o hidrometeorológico**.

El contacto prolongado del agua, aguas que tardaron casi 72 horas en las primeras zonas, en finalmente drenarse totalmente; provocó el colapso de paredes de adobe en algunas viviendas. Además de ello, el deterioro inmediato de pisos, puertas y carpinterías de madera, y techos que tradicionalmente se componen de listones de madera y lamina de aluminio clavada. Dentro de todos estos daños causados por el agua estacionada, la saturación de los cimientos desarrolló la perdida de la estabilidad en viviendas de bloque. Creando en días posteriores a la inundación, el enmohecimiento de enseres, estructuras y paredes, aumentando así infecciones y enfermedades respiratorias en la población. Sin contar la cantidad de automóviles, enseres y bienes echados a perder por el almacenamiento de humedad. Y muchas de las vías públicas, que aún sin pavimentar, se vieron erosionadas e intransitables aún después del desastre, en la labor de entrega de víveres y gestión de ayudas.

Aún con niveles de agua en suelos saturados, el 16 de noviembre ingresó el huracán Iota, de categoría 5, antes de ingresar nuevamente por la misma ruta desde Nicaragua. Entrando debilitado al territorio hondureño, pero con precipitaciones lo suficientemente masivas para reactivar las inundaciones en la mayoría de las cuencas y valles del centro y norte del país. Colocando así a La Lima sobre expuesta a un segundo desbordamiento de los ríos Chamelecón y Ulúa. Con ello, las intensas lluvias volvieron a inundar los barrios recientemente drenados, colapsando las pocas viviendas que aún presentaban signos de estabilidad pese a la primera inundación. Los pocos bienes y enseres que se pudieron salvar se perdieron

definitivamente. Sumando a los brotes de enfermedades respiratorias y parásitos, en plena pandemia del SARS-COVID 19, agravando el sistema sanitario y humanitario. Es por ello por lo que, en muchas familias, lota fue la pérdida total de lo poco que se logró rescatar posterior a Eta.



Ilustración 34 Centro Educación Básica Esteban Guardiola, La Lima 2020. Fuente: Agencia Anadolu (27)

Frente a la crisis humanitaria y el desplazamiento masivo, las inundaciones dejaron a miles de limeños viviendo durante semanas en albergues improvisados, escuelas, iglesias, bodegas, campamentos improvisados a orillas de la autopista, e incluso en resguardo de estructuras urbanas como puentes peatonales y pasarelas.

Estimándose que más de 30,000 personas quedaron desplazadas de manera temporal o prolongada. Habiendo muchas familias que no solo perdieron sus viviendas, sino también sus estilos de vida, pues muchas personas dependían sus empleos del sector agrícola e industrial, rubros fuertemente afectados por la pérdida de los campos y maquinarias. En grandes rasgos, las pérdidas en La Lima dejaron una destrucción total de cientos de viviendas, y daños severos en miles más. Perdiéndose vehículos, enseres y electrodomésticos que garantizaban una habitabilidad mínima en la vida diaria de los residentes. Afectando negativamente en los cultivos y cerrándose temporalmente las maquilas y centros productivos industriales que tanto caracterizan a la ciudad. Sumándose la crisis sanitaria que, por las aguas estancadas, se contaminaron los pozos, se agravó la propagación de enfermedades estomacales y respiratorias, además de la proliferación de mosquitos transmisores del dengue y la chikunguña.

Al ser La Lima, como la “zona cero”, se trató la emergencia inicialmente por entes gubernamentales como: COPECO, FF.AA., Cuerpo de Bomberos de Honduras, Policía Nacional. Y continuándose con voluntarios independientes provenientes de pueblos y ciudades aledaños, organizaciones religiosas y rescatistas internacionales. El rescate de las personas atrapadas en techos se transmitió como una operación masiva



frente a los medios, quienes por medio de helicópteros, lanchas y balsas hechizas se logró evacuar a miles de habitantes durante día y noche.

En cuanto a la ruptura de los bordos desde el huracán Eta, esta fue la principal razón por la que Iota (quizá ya más debilitado) con relación a Eta, causó el mismo o incluso mayor impacto en el Valle de Sula. Con lo que se priorizó en primera instancia la reconstrucción de los bordos colapsados, elevándose los niveles de protección, y ubicándose los puntos más críticos para iniciarse los dragados. Se crearon nuevos canales de alivio que funcionasen en la nueva red de bordos de la ciudad.

En cuanto a la recuperación de la habitabilidad de las viviendas afectadas en La Lima, se iniciaron los trabajos de drenaje y limpieza en el casco urbano, una vez hubiesen drenado las aguas nuevamente. Removiéndose toneladas de lodo, sedimentos y escombros, rehabilitándose calles afectadas y abnegadas. Y restaurándose los servicios básicos de energía eléctrica y agua potable. Es en esta etapa de la tragedia, que las organizaciones nacionales e internacionales contribuyeron a la edificación de módulos habitacionales temporales para las familias afectadas. De mano de la Cruz Roja Hondureña e Internacional, USAID, BID y BCIE. El financiamiento de proyectos de reconstrucción urbana, la reparación de viviendas con daños parciales y las iniciativas de ONG locales y las iglesias, se logró ubicar unidades de viviendas básicas para las familias más vulneradas. Y bajo ordenanza municipal, se logró promover proyectos de reubicación para las familias que habitaban en zonas declaradas de alto riesgo y exposición.

Y en cuanto a la reactivación económica y social, La Lima es fuertemente dependiente de la industria y el corredor logístico del Valle de Sula. Siendo una ciudad anexa a San Pedro Sula, se crearon desde entes gubernamentales, programas de reactivación para pequeños negocios, apoyos alimentarios, la prioridad y apoyo en la rehabilitación de escuelas y centros de salud primero.

La Lima, actualmente es el último gran referente de la extrema vulnerabilidad de la típica ciudad constituida en riberas o llanuras aluviales que crecieron sin ningún tipo de protección e infraestructura planificada a combatir este tipo de fenómenos. Su extrema vulnerabilidad dejó en evidencia la insuficiencia de los bordos tradicionales, trayendo consigo la transformación de nuevas redes de canales que soporten lluvias de gran magnitud. La necesidad urgente de viviendas sobreelevadas, que se construyan con una estructura resistente a inundaciones. Y la importancia de los sistemas de alerta comunitarios de temprano aviso. Todos estos aspectos recaen en la recurrente necesidad de planes urbanos que desarrollen asentamientos alejados de las zonas inundables.



Ilustración 35 Vista aérea La Lima en mayo 2020. Fuente: Elaboración propia a partir de imágenes de Google Earth



Ilustración 36 Vista aérea La Lima en diciembre 2020. Fuente: Elaboración propia a partir de imágenes de Google Earth

2.3. DÉFICIT HABITACIONAL HISTÓRICO Y AGRAVAMIENTO POR DESASTRES

Existe una correlación directa entre la pobreza habitacional y vulnerable exposición a los riesgos naturales con afección directa a la habitabilidad. Las familias que perciben menores ingresos en la mayoría de los países de Centroamérica suelen asentarse en suelos que, bajo valor, que usualmente están ubicados en zonas planas inundables, riberas de ríos o en laderas propensas a deslizamientos. Sumándose el hecho de que no existen quizá un correcto y estricto ordenamiento y uso del suelo en la mayoría de los núcleos urbanos y la totalidad del parcelario rural en Honduras. Muchos de los asentamientos actuales fueron habitados sin ningún tipo de regulación y o planeación urbanística, fomentando así la precariedad constructiva y la vivienda informal en zonas de gran vulnerabilidad. La falta de acceso a una vivienda digna en Honduras resulta en la obligación de miles de familias habitando en condiciones de riesgo de manera permanente. Fenómenos como los huracanes del 2020, y las siguientes tormentas en los últimos años, deja en claro que puntualmente no se trata de un fenómeno natural aislado o la sucesión de ellos lo que han provocado este déficit habitacional, sino más bien un sistema o modelo de ocupación territorial calificado como históricamente excluyente, o en mayor medida, ineficaz o incluso inexistente.

Para poder hacer frente a esta emergencia habitacional, el Estado de Honduras, ya contaba con instrumentos institucionales; Ley de la Vivienda y Asentamientos Humanos (2020), y programas sociales como el Bono Vida Mejor para constituir un marco relevante. Sin embargo, como en la mayoría de los casos de catástrofes naturales, administrados por paupérrimas gestiones políticas, se encuentran incongruencias en el porcentaje de optimismo para recuperación de las pérdidas luego de los fenómenos naturales. Existiendo una falta de mecanismos para integrar la gestión del riesgo en una política de vivienda, limitándose así a un país en la prevención de futuros eventos catastróficos.

Habiendo un déficit en la estructura que compone el parque habitacional de Honduras, dónde se necesita de la implementación de la vivienda digna y resiliente, se distingue el hecho de que es también imprescindible la legislación para hacer correcto uso del suelo y evitar las zonas vulnerables para habitar. Los fenómenos hidrometeorológicos de los últimos 30 años no son una sucesión de eventos que han desnudado más la herida del déficit habitacional, sino que ha sido recurrente la necesidad del desarrollo de prototipos de vivienda de emergencias para el contexto húmedo tropical del país. Tomando en cuenta soluciones de bajo costo y alta resistencia, incorporando técnicas constructivas de mejor tecnología, material y mano de obra local tratada, y puntualizando criterios de emplazamientos seguros. Siendo así el estudio y diseño de viviendas de emergencia y las diferentes facetas que estas pueden tener a lo largo de la línea temporal, un caso de línea prioritaria de acción para lograr llevar viviendas dignas, de calidad y seguras a la familia hondureña.



2.4 CONCLUSIONES

El análisis histórico de los fenómenos naturales en Honduras ha arrojado la vulnerabilidad y los impactos devastadores desde antes del Huracán Mitch, hasta nuestros días; evidenciando que quizá no se han tomado las mejores cartas sobre el asunto para mitigar y recuperar las comunidades más golpeadas por estos fenómenos naturales. La recurrencia con las que ocurren estas crisis demuestra que las gestiones de desastres actuales son más paliativas que preventivas; y eso radica en un sinfín de decisiones que quizá se deban reevaluar desde diferentes puntos de vista y entes estatales.

El modelo de ayuda, recuperación y reintegración social y urbana se basa en la improvisación y en planes que no terminan de ejecutarse correctamente. Poniendo sobre la cuerda la dignidad y habitabilidad de las personas que son afectadas en primer instancia. Creando un hueco y vacío habitacional que no es saneado ni a largo plazo, dejando en manos de las personas (usualmente de menor recurso), que se reintegren y produzcan sus viviendas en zonas inundables o en riesgo, con materiales de poca calidad y pobre calidad de vida.

Por lo tanto, queda establecida la necesidad de introducir una respuesta puramente reactiva a un modelo de prevención tecnológica e industrializada; siendo esta investigación como sostén ante una posible creación de una vivienda de emergencia prefabricada que tenga en consideración las condiciones bioclimáticas, culturales y logísticas de Honduras. No solo para una mejora de la comunidad desde un punto de vista arquitectónico, sino para mejora de la calidad de vida bajo principios humanitarios para referencia de un sistema constructivo nacional que suele ignorar estos mismos principios.

3. CAPÍTULO 03: MARCO TEÓRICO: ARQUITECTURA de EMERGENCIA y CONSTRUCCIÓN INDUSTRIALIZADA

3.1. ARQUITECTURA DE EMERGENCIA Y REFUGIO TEMPORAL

Los refugios y viviendas de emergencia tienen como vital objetivo el salvar vidas humanas. Promoviendo la recuperación de la dignidad, apoyando la vivencia y el restablecimiento de la comunidad. Es necesario dejar en claro la importancia de lo que es el “refugio” o “vivienda de emergencias”. Según Jo da Silva podríamos definir que un refugio de estas cualidades es: una estancia cubierta que provee en condiciones de habitabilidad, seguridad y salud un ambiente de privacidad y dignidad para sus usuarios”. A lo que nos lleva a enlazar con el hecho de que la vivienda digna, es parte de los derechos que se describen en la Declaración Universal de Derechos Humanos de 1948. Siendo un refugio esa vivienda provisional de carácter habitable que logre cumplir con el derecho de dignificar la vida y la humanidad en juego a la que se ven expuestos sus usuarios luego de una inundación.

La vivienda de emergencias debe establecerse bajo una línea de habitabilidad y durabilidad (calidad y costo). Se han establecido al menos doce cualidades que son mínimas para considerar un porcentaje de habitabilidad y durabilidad alta. Cualidades que se basan en la calidad de los “componentes” de la vivienda de emergencias. Los componentes a su vez deben ser llamadas a todas aquellas piezas que en conjunto constituyen el refugio primario de una vivienda de emergencia. De manera genérica, es primordial acompañar el planteamiento de una vivienda de emergencia ante una comunidad recientemente afectada.

En cuanto a la vivienda industrializada, es necesario conocer de donde nace el concepto de la vivienda en serie, y comprender las necesidades que se plantearon para esta idea naciera. Irónicamente podríamos situarnos en una Europa sumida y devastada en una crisis sin precedentes para identificar la semilla de la idea de la vivienda industrializada. Naciendo así esta visión luego de los grandes conflictos bélicos de la Segunda Guerra Mundial. Habiendo una gran superficie de históricas ciudades en ruinas, una continua devaluación de la moneda la mayoría de Europa y una gran especulación de los precios que dictaban la vida de mediados del siglo XX. Si bien, la industrialización ya era una realidad más que asentada, esta se limitaba aún apenas a las primeras fabricaciones en serie de vehículos y en mayor medida a los armisticios de guerra.

Es por eso por lo que se asocia a la vivienda modular -industrializada-, con el movimiento moderno y su idiosincrasia. Cuestionándose la dirección que debía tomar la emergente generación que se estaba levantando en una sociedad cada vez más cambiante y “futurista”. Arquitectos e ingenieros de todo el mundo vieron con buenos ojos, los nuevos cambios que traían consigo los primeros pasos de la globalización como la conocemos hoy.

3.1.1. Definición y Tipologías de Alojamiento (Inmediato, Transitorio y Definitivo)

El concepto de la Arquitectura de Emergencias y su gestión en respuesta habitacional ante un desastre no es un evento puntual, sino más bien como un proceso longitudinal y versátil o escalonado. Según algunas literaturas, se puede definir como una progresión necesaria que implementa aspectos de mejora en calidad y seguridad del resguardo. Y al mismo tiempo también reduce plazos y costos totales de una recuperación post-desastre. Dicha progresión es trascendental para mejorar la resiliencia luego del desastre en una población afectada.

En el marco de una respuesta de tipologías se pueden clasificar al mínimo tres etapas secuenciales para la vivienda de emergencias: *el Albergue de Emergencias, el Alojamiento Transitorio o Temporal y la Vivienda Permanente*. Aunque esto basándose en una secuencia lineal en teoría; en la práctica es una progresión más variable, influenciándose por factores complejos y diversos que no se suelen documentar con precisión.

En cuanto a las etapas, la primera de ellas es el Albergue de Emergencia (AE); tipología enfocada en la supervivencia inmediata, comúnmente relacionada como respuesta de los primeros cuerpos de ayuda y socorro que acuden posterior a un siniestro. Se basan en proporcionar un refugio básico y colectivo en cuestión de horas y o días posteriores al evento catastrófico. Si bien, su objetivo primordial es el de salvar vidas, tiene como propósito ser estrictamente temporal y de características mínimas; brindando así quizá muchas veces una mayor posibilidad de hacinamiento y un bajo nivel de salubridad.



Ilustración 37 Albergue de Emergencia (AE) en Afganistán. Fuente: ACNUR (UNHCR) (28)

La fase más crítica en cuanto a la estrategia es la del Alojamiento Transitorio o Vivienda Temporal (AT), donde este tipo de alojamiento está destinado a ser un puente entre un refugio de condiciones mínimas y la que posteriormente sería una vivienda de permanencia. Se establece que, al ser una vivienda de solución intermedia, posea una vida útil prolongada (de meses a años), y que permita a las familias afectadas reinsertarse en un contexto social y laboral, logrando que estas salgan de los albergues o primeras

viviendas de emergencias. Dándoles así, bajo las ideas y conceptos de la dignidad y habitabilidad, la oportunidad de poseer un espacio más privado y digno por el tiempo que sea necesario para la planificación y ejecución de la construcción de una vivienda permanente. Se estima que la AT debe poseer los estándares mínimos de habitabilidad, considerando aspectos de salubridad, seguridad, privacidad, confort, etc.



Ilustración 38 Alojamiento Temporal (AT) en Azraq Camp, Jordania (UNHCR, 2013). Fuente: Refugees International (29)

Uno de los principales desafíos identificados en los estudios de este tipo, está en la línea temporal. Pues muchos de ellos, ubican los objetivos establecidos en torno a la calidad vs el tiempo, para una progresión que notablemente en la mayoría de los casos es demasiado optimista. En realidad, en la práctica local, existen aspectos en cuestión de política, subvenciones, acceso a suelo, entorno geográfico y social, disponibilidad de recursos y mano de obra, y un sinfín más que complican o pueden complicar la transición de la vivienda. Muchas veces esa transición es poco fluida y hasta abandonada en algunos casos, resultando en que poblaciones permanezcan en soluciones transitorias por periodos más largos de lo previsto.

Existe el concepto de ***“Build Back Better”*** o BBB, que nace como una filosofía que rige la fase del Alojamiento Transitorio (AT), y en última instancia la de la Vivienda Permanente (VP). Este principio demanda que la nueva edificación a construirse no solo busque sustituir lo destruido sino más bien que integre aspectos de mejoras en resiliencia, sostenibilidad y seguridad. Considerando dichos aspectos se proyectaría que esta nueva estructura funcione para mitigar el riesgo de futuros desastres.



Ilustración 39 Viviendas Permanentes para damnificados por huracanes Eta e Iota, San Francisco de Asís, Honduras, 2024. Fuente: Unidad de Investigación de El Heraldo (30)

Para la investigación en sí, resulta relevante que exista una progresión entre las fases y que esté directamente ligada a factores externos como programas de subvenciones y ayudas gubernamentales. La velocidad y eficacia en cuanto a la entrega de estos recursos pueden determinar si una familia se ve forzada a establecerse en un albergue de emergencia o si puede avanzar hacia una solución temporal o transitoria más digna.

Por lo tanto, en la elección del diseño de un Módulo Industrializado Arquitectónico (MIAE) se debe prever la complejidad de esa progresión en al menos esas tres fases. El diseño debe indicar una solución catalizadora que impulse a la población a involucrarse desde la fase primera hasta la última, para así garantizar un sentimiento colectivo de apropiación y movilidad del proyecto aún frente a posibles adversidades. Garantizándose siempre, una habitabilidad individualizada y digna. Para dicha visión estratégica, analítica y técnica de todo el proceso de recuperación es imprescindible la imagen de una figura profesional que dirija y gestione las diferentes soluciones.

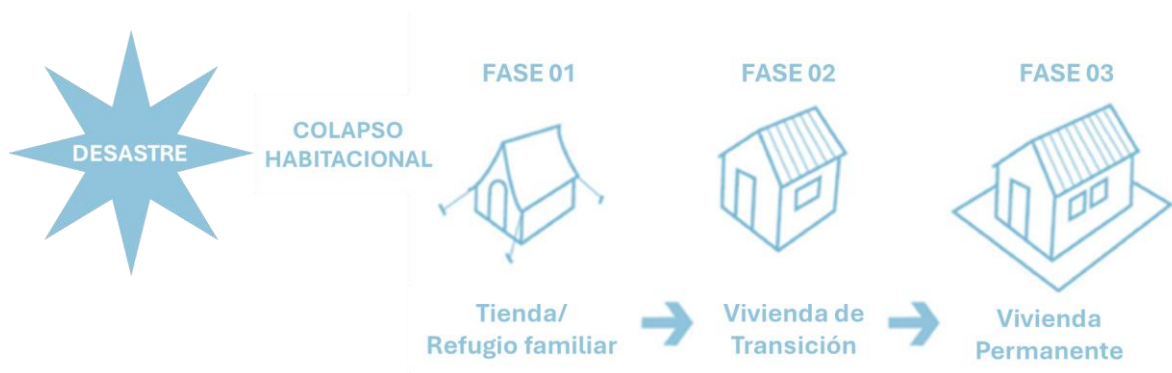


Ilustración 40 Esquema de tipologías de Refugios, como sugerido por UNHCR, reeditado de (31)

3.1.2. Rol del Arquitecto en la Intervención Post-Desastre

En cuanto al arquitecto en el proceso de respuesta post-desastre, se considera como fundamentalmente esencial en el desarrollo estratégico, funcional y hasta ético del proyecto en cuestión. Trascendiendo más allá de la mera actividad constructiva sino también como actor de una gestión especial de la crisis. Una intervención multidisciplinaria de diferentes profesionales no puede garantizar el total éxito de este tipo de operaciones, pero si logra visibilizar y garantizar una mejor progresión a través de las fases. Se debe establecer que el trabajo de los profesionales involucrados debe fundamentarse en la recuperación territorial resiliente; responsabilizándose en materia a través de áreas clave: evaluación inicial, diseño transitorio de habitabilidad y dignidad, y la planificación de la reconstrucción.

En la fase inmediata de rehabilitación, el arquitecto actúa como un experto técnico esencial para las tomas de decisiones. Con una función establecida en la evaluación rápida de daños estructurales de manera integral y holística, se indica una Evaluación Inicial. Logrando así determinar una clasificación de los edificios que pueden ser reformados/reparados, cuales deben ser demolidos y cuales no han sido alcanzados por el fenómeno natural causante del desastre. El principal objetivo de dicha clasificación es la de garantizar en primer lugar, la seguridad pública ante estructuras que posiblemente aún se encuentren en uso después de los desastres. Esta gestión logística de la cual es participe, ayuda a establecer los protocolos de habitabilidad de emergencia pertinentes y necesarios para la organización de sitios de acogida y albergue colectivo, así mismo como de acopio de escombros (32).

La fase transitoria (Alojamiento Temporal), representa el desafío y reto más significativo para los profesionales, pues como es el caso del arquitecto, debe enfocarse en la transición de la logística al diseño con un énfasis social. Contrarrestando los efectos psicosociales del desastre, especialmente el hacinamiento, el desarraigo y la ansiedad social en términos de incertidumbre. El arquitecto es el encargado de diseñar las soluciones que, aun basándose en alineamientos mínimos, deben cumplir con lo mínimo de habitabilidad e integridad para el desarrollo correcto en la reinserción de sus usuarios. Procurando



proporcionar un bienestar y dignidad personal, elevando así la calidad de vida en medio de la crisis y supervivencia en una recuperación prolongada y transitoria (32).

El arquitecto es el encargado de la gestión y optimización de recursos. En tiempos post-desastre, es natural que exista la escasez de tiempo, mano de obra, materiales e incluso financiación, por lo que la astucia y estrategia juegan un rol crucial. La capacidad técnica de centrarse en el diseño de prototipos que den prioridad a la rapidez de montaje, la autoconstrucción o autoensamblaje, permitirían a mayor velocidad cubriendo mayor población afectada. Como si de una fábrica o una producción en masa se tratase, el diseño debe responder en términos de estructuras modulares, transportables y prefabricadas que agilicen la distribución de estas y garanticen la adaptabilidad según sea el contexto en ámbitos de geografía del terreno y usuarios/familias que le habitarán.

De igual manera es de vital importancia, el rol social y participativo del arquitecto en el desarrollo de las ideas y diseños como respuesta al desastre en específico. El arquitecto debe integrar la mayor posibilidad de conciencia y participación comunitaria aún frente a las adversidades como el tiempo o el aspecto económico. Durante el proceso de diseño, debe imponer su criterio alineando con las soluciones propias de la comunidad afectada, y no dejarse influir por decisiones externas. Esto solo sería contraproducente porque desencadenaría a la larga, una sociedad damnificada y además resentida con el paso del tiempo, perdiendo todo sentimiento de comunidad y pertenencia entre los usuarios. Al involucrar a los futuros usuarios, se lograría que las unidades sean apropiadas en términos de necesidades, culturas y funciones entre las mismas. Esto garantizaría una aceptación para que la comunidad coopere a una transición más amigable entre las fases, habitando de forma sostenible en cada una de ellas.

En la Fase de Reconstrucción, el arquitecto se debe ubicar en la escala de la planificación urbana y territorial. Siendo responsable de la implementación del concepto del BBB, basándose en fomentar la arquitectura resiliente. implicándose a no solo la sustitución de lo perdido sino a la reubicación, rezonificación, integración urbana inteligente y demás conceptos que disminuyan potencialmente la vulnerabilidad de comunidades afectadas y mejoren las aplicaciones de las soluciones de mitigación.

El arquitecto en su multiplicidad es un engranaje más en una cadena multidisciplinar, pero con una mayor responsabilidad, fungiendo desde el inicio como un evaluador técnico de daños, y hasta el final como un diseñador de la resiliencia urbana de una comunidad vulnerable. Con características de rapidez, estandarización y calidad en cada fase, debe conducir inevitablemente al estudio de sistemas constructivos industrializados.

3.2. FUNDAMENTOS DE LA VIVIENDA INDUSTRIALIZADA Y MODULAR

La proyección de crear un Módulo Industrializado Arquitectónico para Emergencias (MIAE) para el norte de Honduras, se fundamenta en un cambio radical en una sociedad fiel a las construcciones tradicionales, con medios húmedos y menor uso de maderas. La adopción de métodos constructivos industrializados y modulares, sigue siendo algo casi inexistente en la construcción fuerte en Honduras. Este cambio de paradigma sirve más que una dirección hacia un enfoque de preferencia más técnica, sino que también como una solución más rápida, eficaz y sostenible ante la demanda habitacional que existe luego de las catástrofes naturales que envuelven al país cada año. La industrialización proporciona los medios y herramientas para realizar una transición más efectiva y de mayor calidad de la provisionalidad precaria de un albergue hacia un habitáculo temporal más digno.

El punto de encuentro conceptual está en saber distinguir los términos claves. Tanto para la *industrialización* como para la *prefabricación*. La industrialización se entiende como la organización racional y el proceso automatizado en producción de la totalidad de un objeto, basándose en principios tecnológicos, optimización de flujos de trabajo, reducción de costos y tiempos. Sin sacrificar estándares de calidad, la industrialización es en sí la reproducción de elementos que forman parte de un todo, en la visión holística de la producción del objeto. Se podría también decir que su objetivo principal es ser un “hecho organizativo” que busca una eficiencia total de todas las piezas.

Por otro lado, la prefabricación es solamente una manifestación o herramienta física del principio industrializador. definiéndose como un sistema basado en la producción seriada y ordenada de componentes fuera del sitio de construcción. La obra prefabricada, sus plazos, recursos y mano de obra se dedica casi exclusivamente a el traslado y montaje en sitio; eliminándose contratiempos e infortunios relacionados con la obra tradicional y el estado del clima.

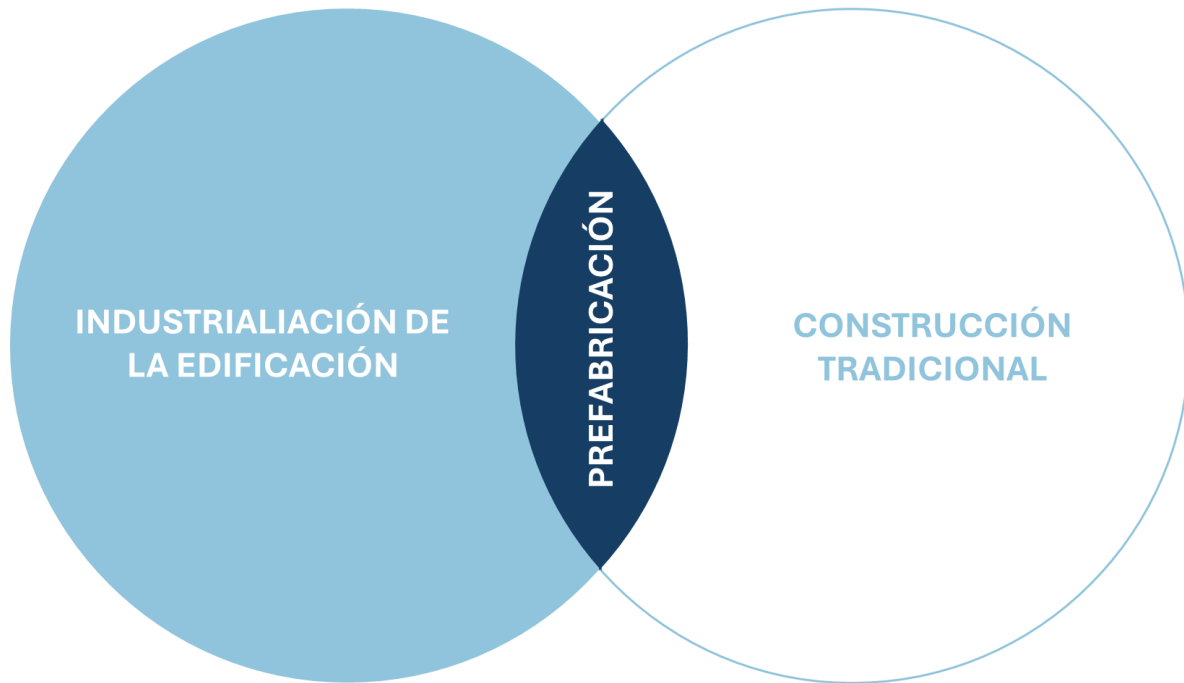


Ilustración 41 Esquema de la Industrialización, Prefabricación Construcción Tradicional en la Edificación (Elaboración propia)

Sin embargo, ambos conceptos entran dentro de la antes mencionada Arquitectura Modular, que se puede definir como la tipología arquitectónica que combina tanto la industrialización y la prefabricación para producir en serie y en diferentes arreglos, espacios de uso humano. En este caso en concreto, la arquitectura modular sirve para la creación, movimiento, ensamble y uso de viviendas de emergencias posterior a inundaciones. En sí, el término consiste en la fabricación de unidades tridimensionales (módulos 3D) y los bidimensionales (paneles 2D), de manera complementaria en fábrica, dando dirección hacia una producción en masa de viviendas para alojar usuarios en masa (como es el caso de los afectados posterior a un desastre natural). Este sistema se podría dividir en capas, que juntas forman componentes, que entre ellas se ensamblan para crear paneles o planos bidimensionales que, uniéndose entre sí, resultan en un módulo tridimensional. Bajo dicha premisa, se entiende que es un sistema que permite la creación de un inventario de infinitas combinaciones de módulos que se pueden estandarizar según sea la necesidad para las que fuesen diseñados; con la ventaja de ser movilizados y ensamblados con mayor velocidad y facilidad en el entorno.

La ventaja más determinante en la elección de este sistema constructivo es en mayoría la reducción significativa de los plazos de ejecución, cuando soluciones de respuesta a desastres se trata. Principalmente se debe por la capacidad de trabajar en paralelos o de manera simultánea, tanto en la fábrica para la producción seriada como para la preparación del terreno para su posterior instalación. Este aspecto derriba casi en su totalidad la posibilidad de que existan tiempos muertos en la edificación. Además, se podría decir que esta reducción en tiempos es directamente proporcional en reducir la exposición vulnerable de la humanidad de los afectados. Creando condiciones de mejora para el bienestar y dignidad de los usuarios en menor tiempo posible, siendo un objetivo primordial para la reivindicación y



reinserción social de los individuos. Acortando la brecha de hacinamiento, inseguridad e insalubridad que pudiesen existir en albergues colectivos familiares que muchas veces son improvisados.

En segunda vista, se puede decir que el control de calidad es completamente mayor. En la labor del traslado, la construcción en un entorno cerrado y automatizado rinde orden y menor entrada al error humano, garantizándose control en la calidad de los materiales, piezas de ensamblaje y producción final. Bajo un monitoreo constante se puede asegurar que los componentes que forman un módulo final, se espera que superen estándares de durabilidad y precisión establecidos que están muy por encima de los que se esperan de una construcción en obra tradicional.

El fundamento propio de la industrialización en emergencia se encuentra en la capacidad de asegurar la calidad y los estándares en el albergue post-desastre. Dentro de los manuales y literaturas existentes se indica que la calidad del refugio se considera desde el punto de vista de quien lo habite, siendo un factor clave para el apoyo a los medios de subsistencia. La calidad que se encuentra en ello se agrupa bajo dos criterios de evaluación: **habitabilidad y durabilidad**. Por un lado, la habitabilidad, se define como el confort inmediato basándose en adecuación espacial y bienestar psicológico. Estos elementos son la antítesis directa del desarraigo y la incertidumbre. Este tipo de características propias de la correcta habitabilidad son imprescindibles para el desarrollo e idea del MIAE propiamente, redirigiéndose el sentido de autonomía y privacidad en un habitáculo.

Sin embargo, la durabilidad se enfoca en el aspecto meramente técnico de un ciclo de vida útil. Ciclo de vida que es de carácter vital para el Alojamiento Transitorio (AT), de las fases antes mencionadas. Incluyéndose la consistencia y resistencia estructural del módulo ante futuros eventos naturales, la calidad y robustez de los materiales para soporte del clima e incluso la facilidad de su mantenimiento. Es por ello por lo que se realizan estudios de calidad en las diferentes etapas de la producción de un MIAE, asegurando así una estructura sólida que debe cumplir con un fin de habitarse y hacer frente a fuerzas naturales quizá extremas, en un periodo de tiempo determinado.

Desde la visión económica, la industrialización ofrece la optimización de los costes. El alto nivel de planificación requerido para la producción en serie minimiza notablemente la apertura a la incertidumbre económica, reduciendo que existan sobrecostos e imprevistos durante sus procesos. permitiéndose fijar un presupuesto cerrado con una mayor precisión la cual suma valor crítico a las organizaciones humanitarias y gubernamentales que suelen operar con recursos limitados ante estas catástrofes.

De manera complementaria, la construcción industrializada se le considera como un fuerte aliado a los principios de la sostenibilidad y eficiencia energética; relacionándose en este caso, comúnmente con los ODS's de la Asamblea General de la ONU con horizonte hacia el 2030. El control de producción industrializada está tomando bastante fuerza desde la generación de menor desperdicio, dependiendo de un diseño sistemático que permita la integración de materiales reciclados y hasta la implementación de conceptos de idiosincrasia Passivhaus. Este tipo de "futuros pasos" con visión a las nuevas tecnologías, garantiza una baja demanda energética durante las diferentes fases de producción y en su posterior

ocupación. Alimentando en mayor medida el pilar indiscutible de la sostenibilidad en el diseño modular frente a emergencias habitacionales.

Para la integración total de los fundamentos de diseño, se utilizan metodologías como *DfMA* (*Design for Manufacturing and Assembly*), la cual es indispensable. Quien idee dicho producto, considerando en el arquitecto, debe idealizar la unidad desde la máxima eficiencia posible. Pensando en el inicio de un proyecto donde se encuentra la máxima sencillez de fabricación y montaje en sitio, con el fin de reducir la menor cantidad de errores en el terreno y su implementación; asegurándose que el MIAE sea tan rápido como flexible ante las exigencias de las emergencias particulares.

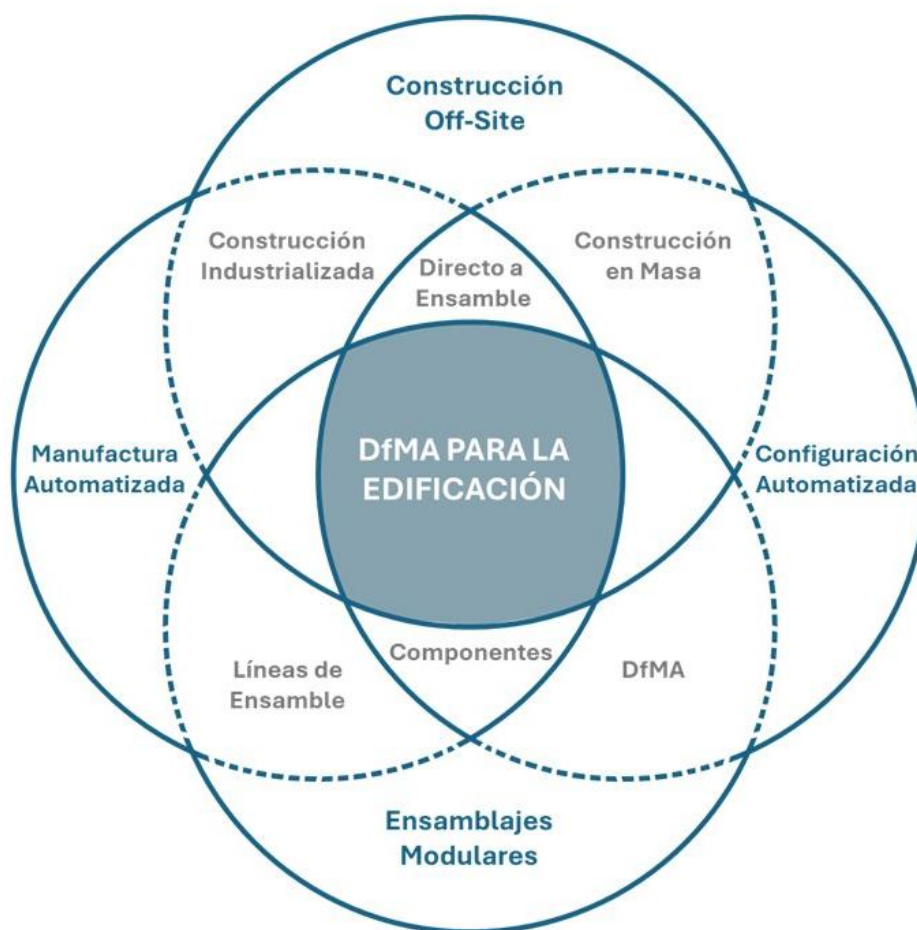


Ilustración 42 Esquema de funciones del DfMA en la Edificación (Elaboración Propia)

La flexibilidad del uso en cuanto a la tipología, y la diferencia en escala le dan un agregado notable en las ventajas de la modularidad. Un sistema industrializado no es necesariamente un diseño rígido, sino más bien la particularidad de su interconexión entre componentes lo que da múltiples opciones de espacios y funciones. Las combinaciones que permiten los módulos estandarizados crean diferentes configuraciones y tamaños de vivienda, conservándose a un módulo como una unidad primaria, de la cual yacen las demás



en diferentes orientaciones y circulaciones. Este principio además de dar una solución creativa también indica una cierta noción de personalización según sean las necesidades de cada familia afectada.

En definitiva, la construcción industrializada y modular, que tienen como foco la eficiencia, procesos industrializados de calidad, producción y masificación de componentes, y ese toque de creatividad y personalización, son las cualidades que conducen a que sea una potencial y única vía responsable de dar espacio habitable a distintas familias y comunidades ante los desastres naturales. Proporcionando de un sentido de pertenencia ante la angustia de la pérdida, proveyendo seguridad, privacidad, funcionalidad y salubridad para la dignidad humana.

El éxito de un MIAE para hacer frente al déficit habitacional post-desastre en inundaciones de la costa norte hondureña, dependerá siempre de la organización, correcto manejo de recursos y gestión de los conceptos y fundamentos antes mencionados. realizándose bajo la rigurosa aplicación de la técnica y tecnología por el bienestar humano de las comunidades afectadas.

En conclusión y base al análisis antes planteado, los principios de industrialización, habitabilidad y seguridad deben integrar los aspectos esenciales en el diseño del MIAE:

1. Enfoque en la Habitabilidad (Confort y Bienestar):

- a. Adecuación Espacial: Proveyendo espacios diferenciados bajo una zonificación y estudio de necesidades básicas de la unidad familiar. Asegurándose privacidad y seguridad para dormir, cocinar, aseo, socializar, etc.
- b. Confort Ambiental: Garantizándose un aislamiento termoacústico que sea adecuado para el clima tropical de la costa norte de Honduras, procurando un confort higrotérmico y sirviendo para la reducción del estrés y el consumo energético.
- c. Acceso a Servicios: Integrándose sistemas básicos de agua potable y saneamiento, e incluso la recolección de aguas para su reutilización. Creando una red segura y accesible dentro o anexa a cada módulo. Como la electricidad muchas veces depende de la infraestructura urbana existente y su capacidad, este complemento de servicio básico indispensable posterior a una catástrofe se buscará en medida de lo posible según su existencia y limitación en el momento post-desastre.
- d. Luz y Ventilación Natural: Orientándose hacia una optimización de los recursos de diseño para la mayor apertura de luz y ventilación natural y cruzada dentro del espacio, según sea la necesidad de sus funciones. Pieza clave para la mejora en la salubridad de sus usuarios.

2. Enfoque en Durabilidad y Seguridad (Ámbito Técnico y Estructural):

- a. Resistencia Estructural: Debido a la capacidad de la unidad para resistir las fuerzas sísmicas y eólicas de posibles tormentas y o huracanes locales, se debe regir bajo la filosofía del BBB.
- b. Control de Calidad en Fábrica: Utilizándose procesos industriales controlados para erradicar defectos en las piezas y aumentar la durabilidad de los materiales.
- c. Facilidad de Montaje y Desmontaje (DFMA): Diseñándose componentes, uniones y ensambles simples y que no necesiten de mano de obra calificada.
- d. Reutilización y Reciclaje: Que se prioricen los materiales con un mayor potencial para su reutilización y posterior a ello, sean reciclables en su fase transitoria.

3. Enfoque en Eficiencia (Aspecto Económico y Logístico):

- a. Optimización Logística: Dimensiones del módulo compatibles con la red de transporte terrestre hondureña.
- b. Producción con Bajo Costo: Estandarizándose capas, piezas, componentes y demás para el aprovechamiento de economías de escala y garantía de una viabilidad económica en la proyección de las viviendas.

3.2.1. Origen y Evolución

La construcción industrializada sigue siendo una filosofía y técnica que cobra más sentido actualmente. Aunque inicialmente se asocia más a menudo con los siglos XX y XIX, donde globalmente se expresaban necesidades de índole migratorias y hasta coloniales para la edificación. La vivienda industrializada y modular, no es excluyente de la contemporaneidad tecnológica. Los fundamentos conceptuales y constructivos se han ubicado en la historia de la arquitectura.

Aun en las primeras civilizaciones, la arquitectura ha estado de manera intuitiva, en los sistemas modulados. Desde las culturas mesopotámicas, egipcias y mesoamericanas, existía la repetición de elementos constructivos tales como adobes, sillares, bloques y demás. Estas repeticiones -adaptadas con características particulares por cada cultura-, crearon una optimización del esfuerzo humano para la edificación a diferentes escalas bajo un temprano pensamiento crítico de la construcción y gestión de recursos.

De hecho, bajo estas premisas de repetición de elementos y estandarización de piezas, se podría exponer como ejemplo la complejidad visual, pero facilidad de construcción que trae consigo la arquitectura Puuc, oriunda de la península yucateca. Arquitectura maya -mesoamericana-, que comúnmente no se le da el reconocimiento suficiente, pero que señala que, desde el periodo clásico, ya existía la producción en serie de los elementos decorativos para fachadas ensambladas. Además de poseer la visión de separar la estructura y el acabado, y la producción de piezas en masa para luego ensamblar en sitio, podría inducirse que haya una existencia de alguna proto-industrialización mesoamericana.



Ilustración 43 Detalle de elementos seriados en fachada en el Palacio del Gobernador de Uxmal, México (Circa 900 d.C.) Fuente: Foro de la Historia (33)

Inclusive las viviendas vernáculas, son la evidencia de una mínima lógica empírica modular. Ya que sistemas de construcción primitiva como el bahareque -que aún sigue usándose en contextos mesoamericanos, subsaharianos e indochinos-, se basa en un entramado de madera que busca una "estandarización" de piezas, que a similitud crean un patrón fortificado a manera de plano como paredes de cierre espacial. Las construcciones palafíticas en regiones tropicales e inundables, es un claro ejemplo de las soluciones replicables, ya que todas las viviendas están compuestas del concepto del elevamiento de la habitación por sobre el terreno, siendo el espacio bajo de almacenaje en la mayoría de las casas. Aunque sigan estando alejadas de lo que se conoce como una vivienda industrializada, existen reminiscencias de la teoría de la prefabricación que introducen principios clave de montaje in situ, prefabricación parcial, adaptabilidad, y posibilidad del posterior crecimiento.

Sin embargo, durante la Edad Media, donde se destinó en su totalidad el motivo militar y religioso en la arquitectura, la repetición de módulos estructurales (bóvedas, contrafuertes, arcos) permitieron construir grandes complejos espaciales casi de manera sistemática. Refiriéndose a una lógica del rubro, transfiriéndose por patrones constructivos estandarizados donde se contribuyó a una pre-industrialización, pero aún muy artesanal basada en los gremios y oficios de aquellos años. El conocimiento técnico empieza a sustituir al empírico y empiezan a haber etapas para construcción de grandes edificaciones, dónde múltiples artesanos y técnicos desarrollan un producto habitable.

Aunque posterior a esta etapa de la arquitectura del medievo, y a la del renacimiento; es hasta a finales del siglo XVIII y principios del XIX dónde en plena Revolución Industrial, dónde existe oficialmente este punto de inflexión del que se venía pensando con respecto al futuro de la arquitectura y la edificación. Es aquí donde se empiezan a establecer materiales constructivos específicamente destinados para tipologías constructivas, siendo de uso importante la explotación del hierro, acero, vidrio y el innovador hormigón armado. Este hallazgo, no solo trajo infinitas formulas y combinaciones para nuevos supuestos edificios, sino que también influyó de manera directa en la filosofía de la separación por piezas y módulos en una edificación. Empezó a existir el término de la separación de la estructura y el cerramiento (muros pantalla), y se abrió la puerta para la prefabricación de componentes que se ensamblaban -primero de manera manual, y luego por máquinas- en el sitio de obra.

Bajo este contexto y como primer referente de la arquitectura modular y de ensamblaje, se encuentra la *Casa Manning Portable Cottage* (1830-1833), cual funcionase desde la idea del carpintero inglés *Henry Manning*, como una vivienda prefabricada para los emigrantes británicos en Australia. Fue tan popular su practicidad, ya que se diseñó de tal manera que fuera transportada en barcos, y ensamblada sin necesidad de mano de obra calificada, que, durante la fiebre del oro en California, fue todo un ícono para alojar a los miles de nuevos emigrantes. Se considera a tal idea de vivienda como la que sentó las bases de la logística modular en la habitación.

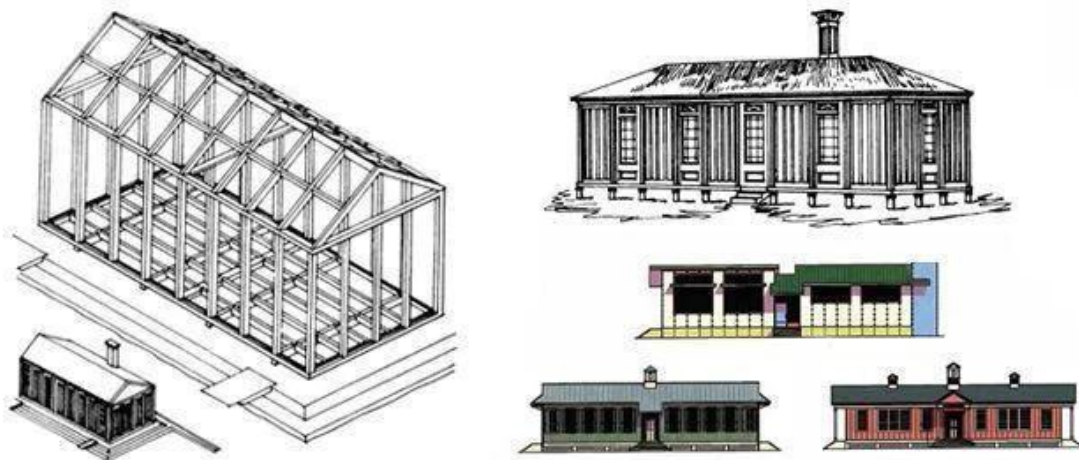


Ilustración 44 "Manning Portable Cottage" para emigrantes (1933). Fuente: Eurocasas (34)

Continuando con ello, dentro de esas primeras experiencias de una nueva arquitectura prefabricada, se toma de ejemplo el *Crystal Palace* de *Joseph Paxton* de 1851, como un entramado de piezas modulares y desmontables, que basándose en piezas estandarizadas se fabricaron de manera industrializada. Si bien, el ejemplo no vale para una vivienda, pero si para demostrar lo adelantado que en aquel entonces se encontraba la industria bajo la escala de una edificación de gran tamaño, demostrándose así la seguridad en estos nuevos sistemas constructivos.

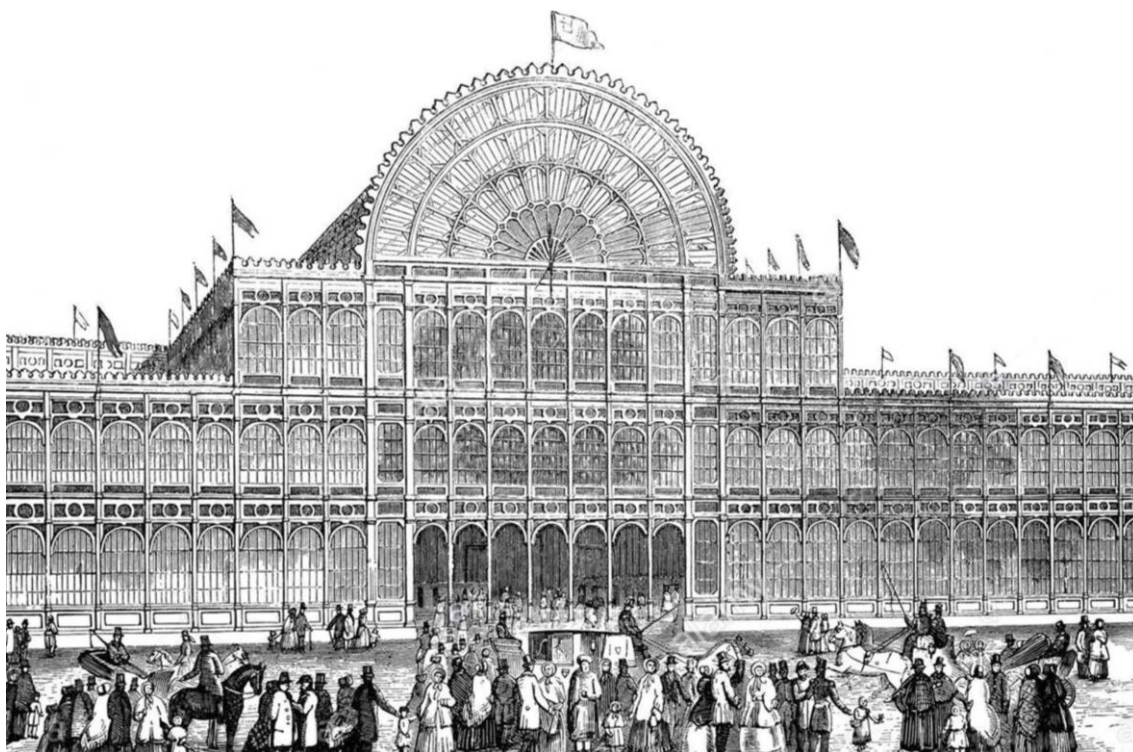


Ilustración 45 Fachada del Crystal Palace, 1851 / Bildagentur-online/Universal Images Group via Getty Images

Durante este crecimiento de la industria en los países más desarrollados, trajo consigo un aumento acelerado en las tempranas grandes urbes en América, y el resto del mundo. Esto se vio despegado, luego de las diferentes migraciones y diásporas en busca de un mejor futuro desde el contexto rural hacia el urbano. Estos movimientos fueron claves, para que existiera el término de la vivienda obrera, que empezaba a existir una demanda masiva para poder acoger a todos estos nuevos trabajadores en las grandes ciudades donde los barrios históricos ya no se daban abasto. Bajo tales premisas, es que se constituye la necesidad de construir rápido, barato y en gran escala, dando a consecuencia una repetición tipológica y una estandarización de piezas, elementos y planos.

Este impulso habitacional conllevó a la producción seriada a gran escala, producidas por la empresa *Sears* de las *Viviendas por Catálogo* entre 1908 y 1940. Siendo estas viviendas vendidas por correo, ofreciendo conjuntos completos de materia previamente cortado y un juego de planos. La dinámica se encontraba en

que miles de familias vieron dicha oportunidad como una manera de iniciarse con una primera vivienda, de manera práctica, fácil y personalizable, considerándose así una vivienda revolucionaria que apuntaría a una carrera por la arquitectura de prefabricados e industrialización. Si bien, no se consideraba aún una tecnología industrializada moderna, pero fortaleció y demostró el beneficio de la viabilidad comercial y logística para la producción y distribución de viviendas en masa.

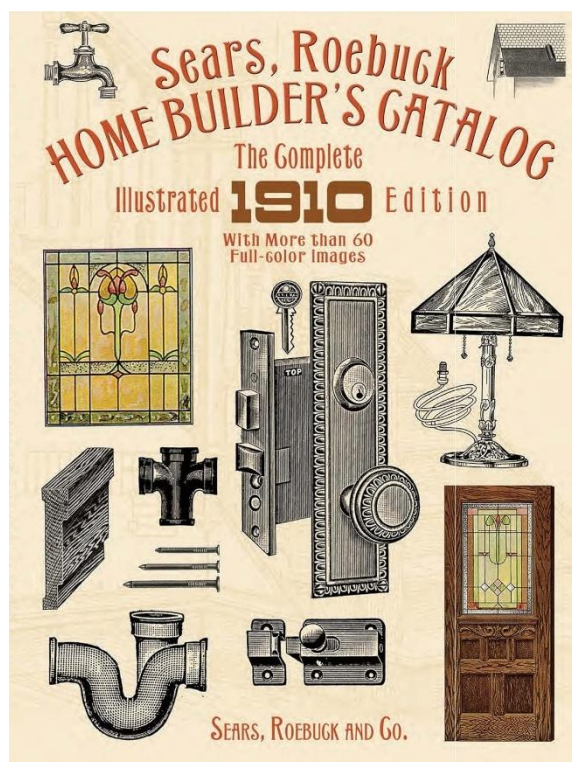
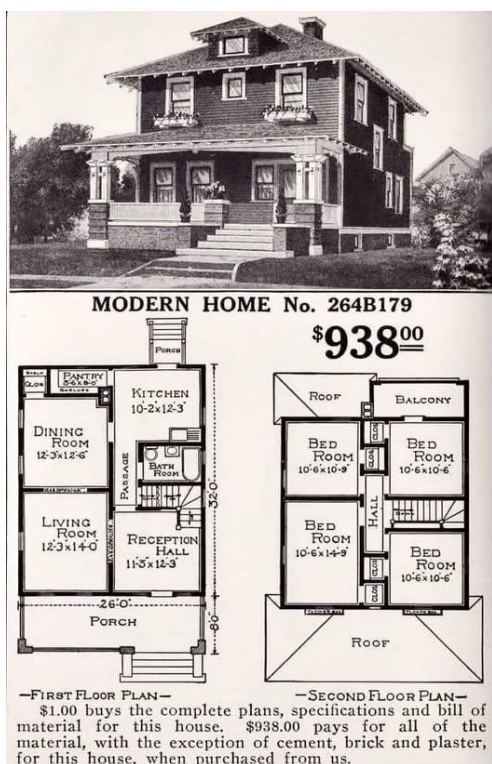
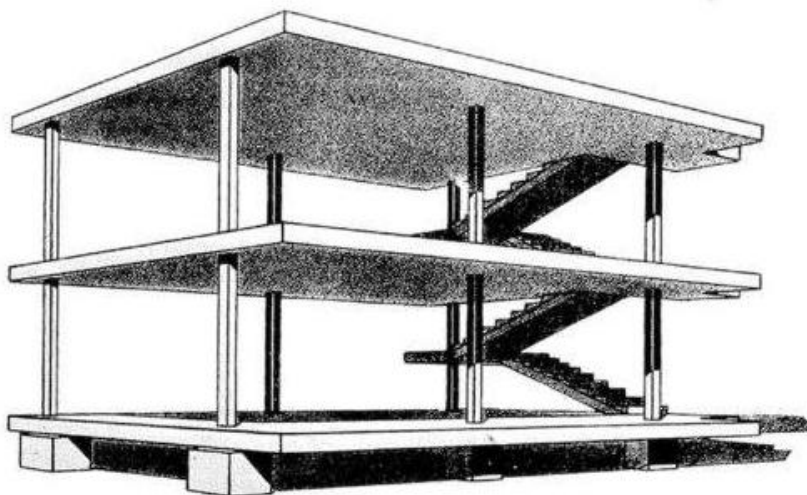


Ilustración 46 Planos y Portada del Catálogo de Viviendas Sears, Roebuck – Extraído de (3)

Sin embargo, se considera que es a partir de las Guerras Mundiales, es cuando nace de manera puntual la necesidad de dar respuesta a las crisis habitacionales que enfrentaron en Europa de manera masiva. Actuando casi como un catalizador de la arquitectura modular, se rememora al conflicto armado bélico, como causante de que exista esta necesidad de construir rápidamente, fácilmente y de manera económica. Aunque si bien requiriendo de estándares mínimos de habitabilidad, el término de dignidad para la habitación no era aún un requisito estricto para los años entre guerras. Además de que no solo los civiles fueron víctimas de la destrucción, nace también la idea de mejoras en campamentos de soldados y beligerantes con el fin de maximizar las gestiones logísticas, y de repliegue en combates. Este pensamiento de mejoras en la edificación y hasta de la creación de las primeras edificaciones conscientemente efímeras, trajo consigo a pruebas la industrialización donde la velocidad de la construcción sería un factor militar de alto impacto estratégico y humanitario.

En este mismo contexto de posguerras, la vivienda modular se encontró más que justificada ante una sociedad que estaba en reconstrucción global. La Segunda Guerra Mundial, dejó la mayor crisis humanitaria de habitabilidad de la historia moderna, hasta la fecha. El reconstruir ciudades y albergar a millones de desplazados, enfrentó cuestionarse la necesidad explícita de la mano de obra altamente calificada y los procesos de construcción tradicionales. Arquitectos e ingenieros debían dar soluciones técnicas casi inmediatas, soluciones que se plantearon bajo la innovación y creatividad que la prefabricación podría brindar. Siendo la ruta más económicamente viable y rápida para enfrentar una crisis habitacional a escala continental.

En cuanto a el ámbito de la vanguardia, este concepto de una vivienda industrializada fue adoptado de manera casi inmediata por grandes exponentes de la arquitectura moderna donde buscaban de manera unánime democratizar un acceso a la vivienda de calidad de manera casi universal. Siguiendo tales estatutos, es Charles Édouard Jeanneret, *Le Corbusier*, quién se encontraba de manera efervescente en la búsqueda de la síntesis conceptual de la vivienda. Con su proyecto teórico culmen de simpleza y ligereza del lenguaje arquitectónico y constructivo, expone en 1914 la *Maison Dom-ino*. Cuál serviría de pauta para la próxima vivienda moderna del siglo XX. Basándose casi de manera espiritual, surge el despertar del concreto armado como medio de estructura y estética.



Le Corbusier – Dom-ino House

Ilustración 47 Esbozo de la estructura de la Maison Dom-ino - Le Corbusier. Fuente: Le Corbusier / ResearchGate (35)

Creando casi un lenguaje arquitectónico mundial, el uso extendido del concreto armado, se vio influenciado por la rapidez y por la repetición de elementos que empleaban un conjunto seriado y agradable bajo las filosofías modernistas. Luego de ello, en 1920, él mismo presenta la *Casa Citrohan* como una vivienda individual que podría producirse en serie a manera de una "fábrica de viviendas", conformado por el aglutinamiento de capas y elementos base, para conformar bloques de pisos.

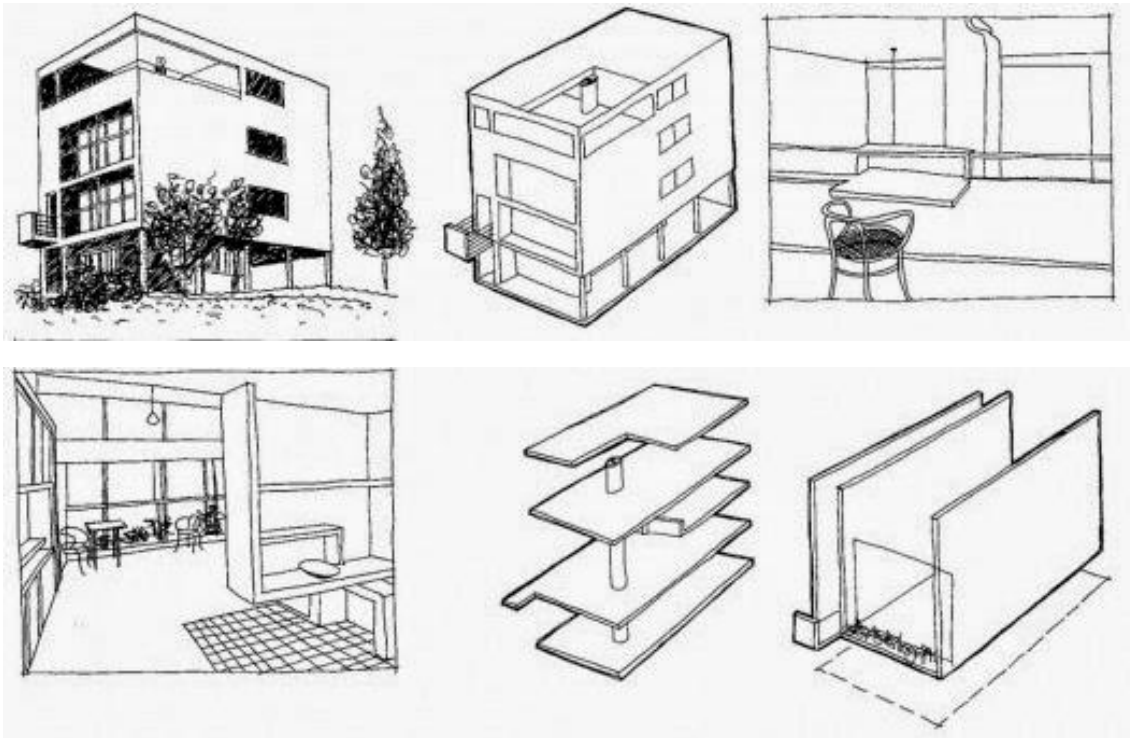


Ilustración 48 Esquemas de la Maison Dom-ino - Le Corbusier. (36)

Pero la evolución, por otra parte, ha mostrado que la arquitectura modular ha sido impulsada, por fuerzas simultaneas que han sucedido a lo largo de la historia: posterior a las crisis (llámese desastres bélicos, naturales, socioeconómicos) y por la búsqueda de una "utopía social" (Movimiento Moderno, teoría del reduccionismo, morfologías arquitectónicas). Siendo ambas, vías que exponen una necesidad y responden con soluciones a problemáticas casi masivas; bajo necesidades de refugio y o de dignificar la humanidad dentro de la edificación.

3.2.2. Movimiento Moderno

Bajo la instauración del auge del Movimiento Moderno (MoMo), se termina de constituir el punto de inflexión más decisivo para una vivienda industrializada y modular consolidado como un concepto y paradigma arquitectónico. Si bien, como se establece en el punto anterior, los temas de repetición y estandarización de piezas, ya se venían viendo desde una prefabricación rudimentaria, pero en respuesta de solucionar de manera práctica y coyuntural. Es en el MoMo que se elevan los principios y se explotan hacia una dimensión teórica, técnica, ideológica, proyectual y en casos particulares, casi espiritual. La industrialización dejaría de ser un medio auxiliar para ser en sí mismo un fin, y alzar la búsqueda estrechamente relacionada con una ideología progresista y racional. Considerándose así incluso como símbolo fuerte del lenguaje arquitectónico para una transformación social (37).



En este contexto histórico es donde emerge un Movimiento Moderno que sería determinante de ahora en adelante. Bajo las transformaciones económicas, sociales y tecnológicas posteriores a una Revolución Industrial tardía, se añaden las tragedias y destrucciones ocasionadas por la Primera y Segunda Guerra Mundial, causando una crisis habitacional nunca vista, en especial en suelo Europeo. Distintos estudiosos del tema consideran que estas razones fueron los principales catalizadores para que existiera la reinterpretación radical del concepto de la vivienda, más vista ahora como un objeto producido en masa, y como responsabilidad social a disposición de los Estados (38).

Durante las primeras tres décadas del siglo XX, el MoMo comienza a formularse bajo principios fundamentales de una vivienda industrializada. La estandarización, economía de los medios, y la funcionalidad brotan como pilares centrales para cada proyecto arquitectónico en la nueva Europa. Es así como Walter Gropius, defiende explícitamente la necesidad de proyectar los sistemas industrializados que se utilizaban en la industria moderna, hacia la edificación para dar abasto a la necesidad habitacional social de manera eficaz.

Así mismo, de manera simultánea, nace a raíz de dicho déficit habitacional, y en respuesta a la demanda social, la necesidad de con poco, producir bastante. Bajo tales premisas, y atado a la nueva ideología concretada de una vivienda industrializada, aparece también el concepto de la vivienda mínima. La cual surge como respuesta a la escasez de recursos y al rápido crecimiento de las ciudades, gracias a la emigración masiva del ámbito rural hacia lo urbano. Existen análisis que relacionan estos hechos dimensionales y funcionales, con la constitución como precedente directo de la vivienda modular, definiéndose en unidades habitacionales repetibles y optimas.

Es en este periodo donde se consolidan los primeros experimentos de prefabricación de vivienda, tomándose de manera parcial, o por piezas más pequeñas. Existiendo muros, entrepisos y forjados, cubiertas; que comienzan a producirse a manera de capas o componentes, produciéndose en fábricas y talleres. Estos nuevos componentes trajeron consigo ventajas en los ritmos de ejecución, en los desperdicios de obra, y en disponibilidad de la mano de obra especializada. Es aquí donde se cambia de una arquitectura artesanal hacia una más tecnificada con un modelo de orientación industrial.

Sin embargo, existen aún estudios que destacan tal metáfora no solamente como un concepto, sino más bien como una metodología, implicándose de manera integral en el proceso arquitectónico, iniciándose en la idealización arquitectónica hasta a construcción. En el caso de Le Corbusier, la vivienda debía visualizarse como un objeto racional, producido y optimizado por medio de principios industriales, que a su vez debía responde de manera eficiente a las necesidades básicas del habitar moderno. Estableciendo una visión de ruptura del paradigma de la arquitectura artesanal-ornamental y los medios de construcción tradicionales de una arquitectura predecesora.

Como se describió anteriormente, uno de los primeros proyectos y aún de manera teórica, se desarrolló el *sistema Dom-ino*. Esta estructura simple y básica sirvió como inicio de los sistemas estructurales de losas y pilares de hormigón armado que virtualizó al movimiento. Este esquema estructura es primordial para la estandarización del proceso constructivo y facilitaba la producción seriada de elementos, al mismo tiempo

otorgándose una versatilidad en la dimensión espacial. Esta notable flexibilidad espacial, trajo consigo una designación casi análoga de lo que es estructura y lo que es distribución. Sentándose así las bases del concepto de la planta libre, bajo las premisas de estructuras prefabricadas y la concepción de una vivienda casi personalizable, abierta, adoptable y replicable.

Luego de esta etapa, Le Corbusier profundiza en la racionalización del diseño bajo una estandarización dimensional. Estableciéndose el Modulor, como concepto base para el desarrollo del diseño arquitectónico, tomando de referencia las proporciones humanas y matemáticas, intentando ser un sistema de medición universal para conciliar la producción industrial y la escala humana. Esta herramienta le permitía diseñar espacios y componentes replicables, utilizando los conceptos del confort dentro de lo que la escala humana consideraba. Estos criterios de confort y habitabilidad se ven estrechamente influenciados en posteriores obras de él y otros arquitectos del MoMo. Reforzándose así la idea que la industrialización arquitectónica no sacrifica la humanidad de la experiencia del usuario.

El culmen de estos pensamientos y estudios del arquitecto, lo retan e impulsan a materializar la primer Unidad de Habitación (*Unités d' Habitation*) en Marsella en 1954. Conceptualizando la vivienda como un módulo tridimensional insertado en una estructura colectiva en gran escala. Cada unidad habitacional, se compone de una lógica repetitiva y estandarizada, así como el edificio por sí solo funciona como una infraestructura residencial compleja, creándose una ciudad vertical en bloque por medio de circulaciones internas y uso de servicios comunes. Este modelo sirvió como pauta para la programación arquitectónica de los sistemas modulares, visualizando cada unidad habitacional como un módulo que se ensambla dentro de una estructura compleja preconcebida donde ambas piezas se unen en un todo.

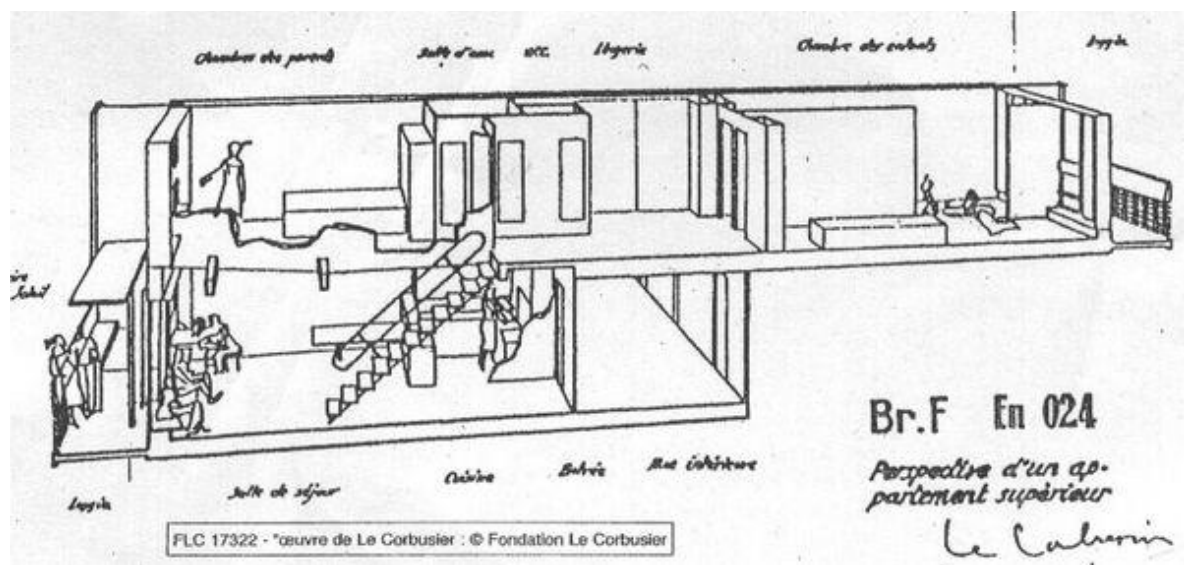


Ilustración 49 Esquema funcionamiento de Viviendas en las *Unités d' Habitation* de Le Corbusier. Fuente: Proa Arquitectura (39)

217 Le Corbusier, Unité d'Habitation, Marseilles, 1947-52.

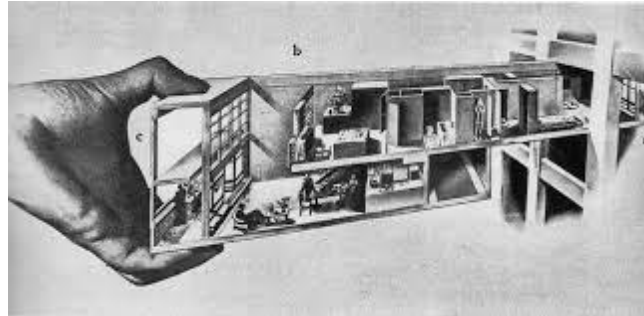
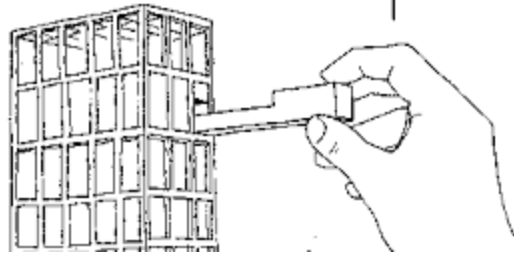
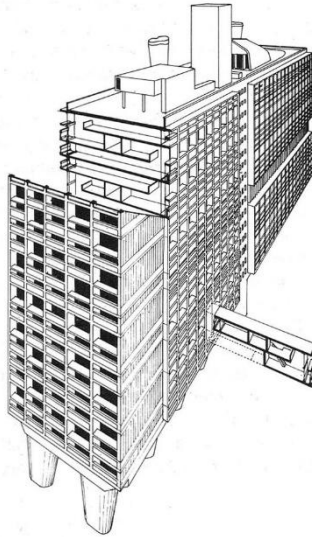


Ilustración 50 Unidad de Habitación (Unités d' Habitation) en Marsella, 1954 - Le Corbusier. Fuente: El País (40)

Los planteamientos de Le Corbusier trascendieron más allá de la Europa postguerras, de tal forma que ha formado de inspiración e influencia directa en la concepción de la vivienda industrializada a nivel mundial. Siendo un referente en la evolución de la vivienda hacia un enfoque más tecnológico, radical y dinámico. Otro gran arquitecto que quiso retomar posteriormente la idea de una vivienda similar a un objeto industrializado fue Buckminster Fuller. Sin embargo, ahondando más en el tema de la optimización de los materiales, y la ingeniería como respuesta mayoritaria versus el diseño arquitectónico. Este discurso que chocaba con Le Corbusier, en su referencia conceptual, proponía que una vivienda fuera íntegramente

concebida como un producto industrializado. Diseñada, fabricada en serie, transportada y ensamblada en una línea pulcra de eficiencia.

Es así como se encuentra una continuidad conceptual, evolucionando en un metabolismo japonés, quien fuese su máximo exponente Kisho Kurokawa. Introduciendo la dimensión temporal ahora como parte esencial de la arquitectura industrializada. Si Le Corbusier fuese quien estableció el módulo, Fuller lo expandió hacia una ingeniería industrializada como una vivienda tecnológica, y Kurokawa como un componente habitacional en respuesta a estallidos sociales relacionados a un determinado tiempo. Capaz de formular una arquitectura que se transforma desde sus módulos y las necesidades según sea la época. La vivienda del MoMo se consolida como un concepto que cada vez añade mayores cosas, dotándole de a versatilidad y dinamismo, creando una filosofía abierta y constantemente evolutiva para los principios que se sustentan en los sistemas modulares actuales.



Ilustración 51 Nakagin Capsule Tower - Kishō Kurokawa, 1972. Fuente: The Guardian (41)

En conjunto, los estudios y pensamientos establecidos durante el Movimiento Moderno consolidaron una comprensión de la vivienda ya no como un objeto arquitectónico independiente y aislado, sino más bien como un sistema reproducible, lógico y racional, tecnificable y optimizable. Todo ello en torno a un ambiente integrado por la modulación, estandarización y producción industrial que dispone de ser la base cualquier

proyecto arquitectónico de ahora en adelante. Las aportaciones de Le Corbusier, Fuller, Kurowaka, entre otros marcan la pauta de una evolución sistemática y progresiva hacia buscar la racionalización espacial y estructural. Conceptualizando a la vivienda (unidad básica), como un conjunto de componentes intercambiables e interensamblables.

Tal transformación conceptual sienta las bases para el análisis de los sistemas de prefabricación actuales, en donde la industrialización aparece materializada bajo los conceptos de la bidimensionalidad y tridimensionalidad. Siendo capas, componentes y módulos los que forman una serie de volumetrías interrelacionadas que responden a necesidades humanas básicas pero exponenciales en la búsqueda del bienestar del usuario.

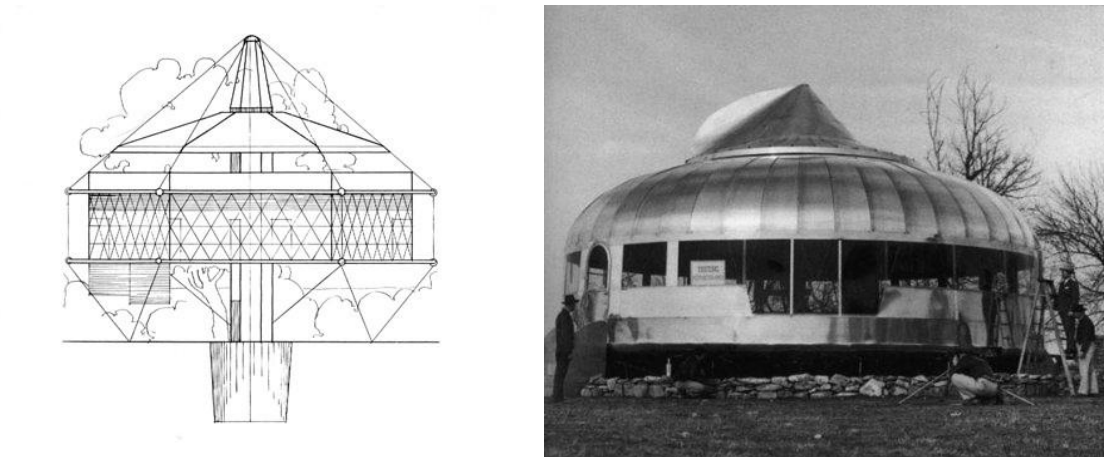


Ilustración 52 Casa Dymaxion - Buckminster Fuller, 1930. Fuente: ArchDaily (42)

3.2.3. Sistemas de Prefabricación: Componentes 2D, 3D y Sistemas Modulares

La consolidación de la vivienda industrializada durante el MoMo permitió trasladar los principios teóricos de estandarización, modulación y producción en serie al ámbito constructivo, dando así cabida a los sistemas de prefabricación más especializados. Es así como la prefabricación deja de verse como una técnica puntual y se inicia a convertir en una estrategia integral para el beneficio del proyecto arquitectónico. En donde el edificio se concibe como un conjunto de componentes diseñados para ser fabricados fuera del sitio de obra, y se transporten por medio de cadenas logísticas, para un ensamblaje racional con menor mano de obra cualificada. Es de aquí, de donde los sistemas prefabricados se podrían clasificar en función a la escala y la complejidad de sus elementos, identificándose en gran medida por componentes bidimensionales, volumetrías o módulos tridimensionales y sistemas modulares más avanzados y completos (43).



La clasificación de la arquitectura prefabricada se fundamenta en primer lugar, como una configuración geométrica y volumétrica de sus elementos en línea con el detalle del acabado con el que se producen. Los **sistemas bidimensionales (2D)**, se conocen en la literatura académica como *sistemas de paneles* o de “*pre-ensamblaje*” no volumétrico. En su concepto, consiste en elementos, que se pueden clasificar como capas o planos, donde pueden cumplir función de ser muros, forjados, y cubiertas a grandes rasgos. Estos elementos se pueden empacar y transportar como paquetes planos o “flat packs”. A su vez, es de destacar la flexibilidad de un diseño superior o más complejo que permite el sistema, permitiéndose mayores adaptaciones arquitectónicas en un margen de optimización logística, maximizando el traslado a que su volumen de transporte puede ser reducido notablemente. (44)

Por otro lado, existen casi de manera opuesta, los integrales **sistemas tridimensionales (3D)**, que se les conoce como *PPVC (Prefabricated Prefinished Volumetric Construction) o Construcciones Volumetricas Prefabricadas Pre-acabadas*. Los PPVC son módulos de unidades espaciales, conceptualizadas de manera completa desde el interior hasta el exterior; pasando por instalaciones de servicios básicos y hasta mobiliarios fijos. La gran ventaja de estos sistemas 3D yace en la reducción drástica de los ritmos de obra, pudiendo disminuir en un 50% y hasta un 80% el cronograma de edificación convencional. Sumado en ahorro del tiempo, en materia del control de calidad marca una excepcional solución para evitar imprevistos y garantizar un producto correcto según las directrices proyectadas (43). También maximiza la eficiencia productiva, reduciendo los riesgos asociados a las condiciones climáticas adversas que puedan existir (45).

Sin embargo, también es significativo el ámbito logístico, dónde el transporte muchas veces se ve dificultoso. El hecho de que los módulos se encuentren ya fabricados y listos para su traslado a obra, trae consigo el traslado de vacío, o espacio que perfectamente pudiese ser útil para el transporte de demás componentes. A su vez, el traslado muchas veces dificulta por la capacidad de espacio, carga, maniobra y desgaste que pueden sufrir los módulos en su transporte. Es fundamental en la mayoría de los casos, el uso de grúas de tonelaje, y además existe un factor de holgura muy minúsculo. Creando una rigidez en calidad del diseño, que muchas veces podría dejar parado un proyecto por errores humanos en cálculos y proyecciones de sus ensambles.

En una categoría quizá intermedia, se ubican los **sistemas modulares integrales (2D+3D)**, que busca combinar los principios y bondades de ambos sistemas, dentro de una lógica de crecimiento, repetición y agregación. A su vez, se nutre de conceptos de introducción al diseño, como las adiciones, sustracciones, divisiones, organizaciones, alineamientos y demás para la proyección de nuevos módulos espaciales en base a necesidades quizá más específicas. Estos conceptos se ven interpretados, tanto a nivel de componentes ensamblados en un módulo, como un módulo y la variante volumétrica que este pueda tener.

Estos sistemas no son limitados en la fabricación, a los componentes o módulos aislados, sino que más bien en base a un lenguaje arquitectónico aclarado por el diseñador y arquitecto, se compone en la creatividad de su ensamblaje, la compatibilidad dimensional y la estandarización de sus interfaces. Muchas literaturas destacan que estos sistemas tienden a facilitar exponencialmente, la escalabilidad, replicabilidad y adaptabilidad de la edificación a lo largo del tiempo. Estas cualidades son valiosas y



buscadas desde el punto de vista de los ejecutores, más en el contexto de la destinación de estos módulos como arquitecturas de emergencia (46).

A su vez, y como anteriormente se estableció, el éxito de dichos sistemas híbridos 2D y 3D, se encuentra en la correcta idealización, proyección y planificación de la edificación. Considerándose desde el embalaje, traslado de fábrica, la descarga en sitio, el montaje con o sin medios auxiliares, el ensamble e instalación y su interrelación en un conjunto mayor. Integrándose en gran medida una serie de coordinaciones logísticas que deben darse a manera de crear una fase adicional del diseño y la construcción encargada enteramente de una coordinación temprana entre la arquitectura, ingeniería y procesos productivos y logísticos en el proyecto.

Desde el punto de vista ambiental, la producción de los sistemas modulares, en especial los tridimensionales, presentan un mejor desempeño en materia de sostenibilidad, a raíz de la reducción de residuos y menor emisión de gases de efecto invernadero durante su proceso de producción. Condiciones que también mejoran y aumentan el ciclo de vida de dichos módulos, ampliándose la dimensión temporal de la función de los módulos. *La estandarización volumétrica permite también generar una gestión del material más precisa, dejando en mínimos el porcentaje de desperdicios en fábrica (2%-3%)* (45).

Sin embargo, y casi irónico, también se produce un impacto ambiental en la producción e instalación de los módulos tridimensionales, dependiendo de las distancias de las cuales estas se transporten, habiendo un punto que lo que le condicione sigue siendo el eje logístico. Por ello, la elección de cualquier sistema es indispensable en cuanto impacto ambiental y económico según sea su desplazamiento. Respondiendo a un análisis multicriterio que considere todas las condicionantes que garanticen un cumplimiento estipulado según los objetivos del proyecto.

En el contexto de la arquitectura de emergencia, es necesario conocer a profundidad las características, cualidades y desventajas de ambos sistemas, la elección de este es clave y determinante. Los sistemas bidimensionales son frecuentemente preferidos por un despliegue inicial de carácter masivo. En situaciones de crisis reciente, su facilidad de almacenamiento, el transporte a zonas de difícil acceso, y la velocidad de respuesta en traslado, son características que perfectamente pueden ser necesidades para la solución ante un desastre natural en territorio hondureño, por ejemplo. Por otro lado, los sistemas modulares 3D son más propensos a ser utilizados para la creación rápida de centros logísticos, clínicas preventivas y o refugios a un mayor plazo. El uso de ambos no variará la calidad del espacio conceptualizado, pues no es el material ni el método para utilizarse lo que lo condicione, sino su concepción, idea y diseño inicial. En aras de consignar lo que comúnmente se marca como un módulo exitoso, se debe resaltar que debe disponer características de **escalabilidad y reversibilidad**. Permitiendo así que los módulos, puedan montarse, desmontarse, trasladarse y hasta reutilizarse según sea su planteamiento primario (31).

Definitivamente la integración de estos sistemas requiere una coordinación holística y técnica de todas las partes implicadas, para su diseño y fabricación. La transición hacia una vivienda industrializada eficiente no solo se reduce a capas, componentes, módulos y ensambles; sino más bien al uso correcto de la metodología correcta para unificar la arquitectura con la ingeniería y la producción. Habiendo sido

respuesta para esas necesidades de la optimización de cada pieza, cada pliegue, y cada unión, para que su fabricación sea sencilla, replicable y su montaje en sitio sea infalible (31).

Esta comprensión compleja y profunda de las tipologías dentro del campo de la edificación e industrialización, conduce a las implicaciones técnicas que permiten dar un paso cualitativo de gran escala hacia la optimización de procesos. Resultando en la implementación de criterios del *Diseño para la Fabricación y Montaje (DfMA)*. Asegurando así, que MIAE no solo sea una solución espacial, sino que también garantice ser un producto técnico diseñado para ser totalmente eficiente como respuesta ante una emergencia habitacional.

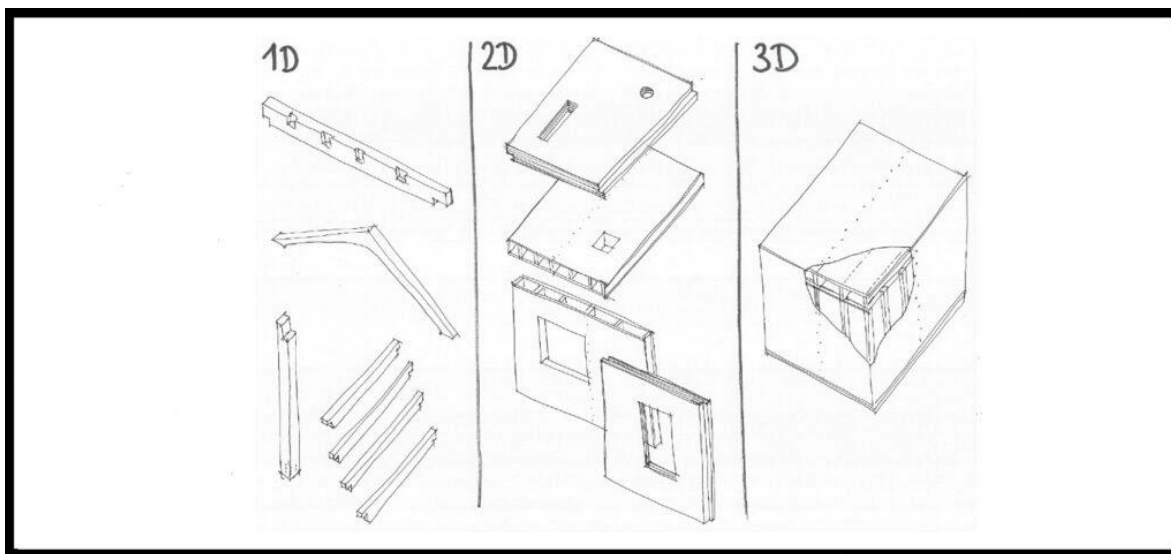


Ilustración 53 Niveles de industrialización. Fuente: Oriol Palou (47)

3.2.4. Principios del Diseño para la Fabricación y Montaje (DFMA) y su Aplicación en Emergencias

El *Diseño para la Fabricación y Montaje (DfMA)*, se define como una metodología de ingeniería aplicada a la arquitectura, revolucionando el proceso constructivo al integrarlo con principios e ideologías propias de la producción industrial. Diferenciándose del diseño tradicional, el DfMA busca dar mayor importancia a la facilidad con la que los componentes de una edificación se pueden fabricar para luego ensamblarse en la obra. En el campo de la edificación industrializada, distintos estudios han establecido al DfMA como un enfoque proactivo que busca la optimización de la eficiencia desde las etapas iniciales de cualquier proyecto, logrando que los arquitectos, ingenieros y demás personal técnico calificado, colaboren de manera interrelacionada con los fabricantes para reducir cualquier complejidad técnica.

Los principios directrices del DfMA se agrupan en dos grupos: el *Diseño para la Fabricación (DfM)*, que se basa en la selección de materiales y procesos que consigan menor desperdicio y costo de producción, maximizando las ganancias en materia de recursos y tiempo; y el *Diseño para el Montaje o Ensamble (DfA)*,



que se dedica en la simplificación de las uniones reduciendo la cantidad total de las piezas y partes. La aplicación de estos criterios en sistemas modulares permite una estandarización de componentes que conlleva a una repetitividad y precisión en la geometría de las piezas. Directrices que incluyen el uso de conexiones estandarizadas, bajo sistemas de encajes simples y lógicos, con eliminación de componentes complejos que son muchas veces innecesarios. Esta eliminación trae consigo, que existan diseños de piezas "a prueba de errores", basándose en *poka-yokes*, que aseguran un montaje casi intuitivo, reduciendo así la cantidad de personal de obra altamente cualificado para escenarios de crisis.

En el contexto de las emergencias y crisis habitacionales post desastres, la aplicación correcta del DfMA es clave para la supervivencia y resiliencia de la comunidad afectada. Tras eventos climáticos extremos, cada vez más recurrentes en el planeta, la infraestructura logística suele ser limitada, por ello existen recomendaciones científicas sobre la proyección de diseños de módulos bajo principios de *transportabilidad optimizada* (sistemas 2D o "flat-pack") que maximicen la cantidad en volumen de unidades enviadas en menor cantidad de viajes. El DfMA consigue que las viviendas se desplieguen desde fábrica a sitio, con rapidez, y que también incorporen criterios de diseño que contemplan la exposición y condiciones adversas que pueden influir en la calidad de estas. Estos criterios toman en cuenta en su diseño criterios aerodinámicos, sujeción en su traslado, resistencia a exposiciones climáticas de alta intensidad y fuerzas hidrodinámicas, consiguiendo que estos módulos perduren en la prueba del traslado y garanticen calidad para su futuro ensamble y uso.

Las ventajas propias del DfMA se traducen en una reducción de los plazos de entrega de hasta un 60% en comparación con los métodos convencionales, en cuestión de ejecución. Considera también un 80% menos de tiempo en obra, por su traslado de trabajo a fábrica solamente para instalación y ensamble. *Y a su vez evita que exista cabida a retrabajos, como convencionalmente se da, en un 10% a 15% menos* (48). Haga clic o pulse aquí para escribir texto. Sumado al hecho de la velocidad, se minimiza el impacto ambiental al haber menor desperdicio en fábrica. Asociándose que haya una menor huella de carbono y maquinaria pesada para su desarrollo y traslado. En situaciones de inundación, la modularidad diseñada con DfMA consigue hacer uso de cimentaciones elevadas y sistemas de ensamblaje rápido que eviten contacto directo con suelos saturados.

A su vez, la integración del DfMA con herramientas de *Modelado de Información (BIM)*, potencia la precisión del diseño modular aplicado a emergencias. Es de resaltar la existencia de una sinergia que permite simular todo el proceso de montaje de manera virtual. Identificando conflictos espaciales y físicos, y elevando al detalle la menor cantidad de errores, recayendo en una completa optimización para la producción e instalación posterior. En un refugio o vivienda de emergencias, esto se traduce en que cada panel, componente o módulo llegue en condiciones listas para su instalación y con un compendio de instrucciones que no requieran de mayor preparación técnico profesional. Reduciendo la incertidumbre y la capacidad de cometer errores que retrasen la instalación y uso posterior. Con la intención de que en el caso del MIAE, se consigan estándares de *habitabilidad y estanqueidad* superiores, aún con las condiciones adversas del ambiente y tiempo en sitio (49).

Además, otro punto a resaltar del DfMA para las arquitecturas de emergencias, es el diseño para una *reversibilidad y escalabilidad*. Conceptos que enfatizan que las viviendas modulares no deben concebirse como soluciones estáticas ni a largo plazo; sino más bien como sistemas dinámicos, evolutivos que se puedan desmontar, montar nuevamente, interconectarse y diversas operaciones entre ellas. Esta particularidad conviene y satisface a las familias, las cuales según se den las condiciones podrían ampliarse o trasladarse a mejores ubicaciones según sea necesario.

De igual manera, se puede establecer que el aplicar principios del DfMA pueden fomentar a una economía circular para unos módulos de emergencia que pueden ser reutilizados un número de cantidad de veces posteriores, para futuras crisis. O también pudiendo ser un módulo base o célula, para que posteriormente se le anexasen de manera integrada nuevas fases constructivas de la vivienda, según cada familia pueda. Este enfoque confirma que una "vivienda de emergencia" puede funcionar como un activo resiliente y sostenible a largo plazo para una comunidad y para el propio Estado (45).

La combinación que existe entre la precisión del diseño industrial y de producción, con la urgencia de la respuesta humanitaria demuestra que la tecnología es el puente hacia una arquitectura más humana. Una adopción sistemática de estos principios garantizaría que las intervenciones técnicas post desastre no sean de carácter paliativo y correctivo, sino más bien como una base sólida para la -reconstrucción social, económica y urbana de una comunidad.

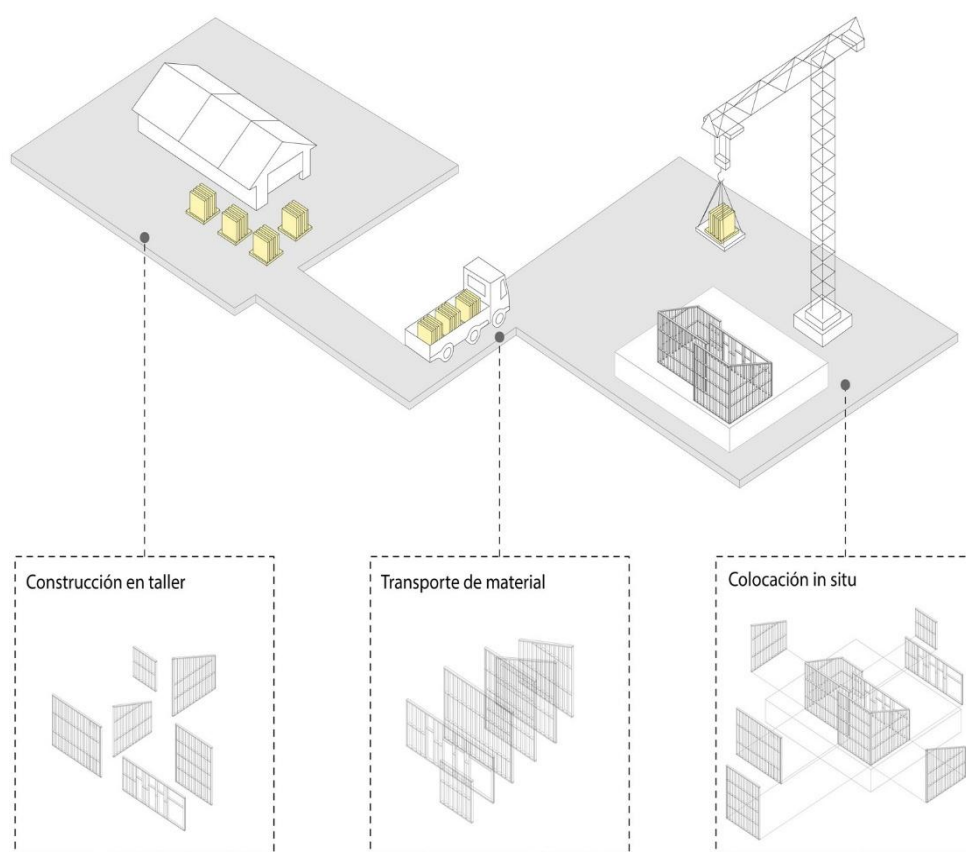


Ilustración 54 Esquema de Las viviendas fabricadas y su adaptabilidad a cualquier diseño (50)

3.3. CONCLUSIONES

La revisión realizada puede ayudar a concluir que la arquitectura de emergencia se ve en un punto de transición apoyado por la evolución hacia una respuesta estratégica centrada en la gestión del hábitat transitorio. Se ha demostrado que la transición entre el albergue inmediato y la vivienda permanente es un periodo crítico para cualquier familia en recuperación post desastre. Es por eso por lo que en esta fase el diseño arquitectónico correcto, debe ser capaz de mitigar fenómenos habitacionales y urbanos, tales como hacinamiento y desarraigo; fomentando una dignidad y seguridad familiar integral en sus escalas. Posicionándose el concepto del “reconstruir mejor” (BBB), como un eje rector que dicte a todas las intervenciones técnicas una adaptación resiliente y rápida para un contexto geográfico como el sector norte de Honduras.

Asimismo, habiendo un papel desarrollado por el arquitecto que entienda y trascienda el diseño estético para contextos post desastre, actuando como un gestor de la resiliencia para la zona afectada. Es vital entender que la efectividad en gran medida se encuentra en la respuesta de la capacidad profesional de trabajar de manera íntegramente entre sí; bajo la responsabilidad de proveer un producto de calidad y gran sensibilidad social. Siendo el arquitecto un vínculo entre las necesidades de habitabilidad y confort en sistemas constructivos, y la eficiencia logística, técnica y material. Procurando que exista un refugio transitorio que cumpla con estándares técnicos de durabilidad en el periodo que se busque gestionar soluciones definitivas.

Desde la técnica, la construcción industrializada y modular se identifica como la mayor respuesta capaz de resolver la antítesis de la urgencia en crisis y la necesidad de edificaciones de calidad. La clasificación de sistemas como el DfMA demuestra que la prefabricación permite un control de calidad superior y reduce notablemente los plazos de hasta un 60%, siendo aún mayor con la inclusión de sistemas BIM. Esta estandarización de componentes no es sinónimo de rigidez sino de una flexibilidad operativa facilitando a respuesta masiva del traslado. Adoptándose a complejos contextos topográficos, geográficos y climáticos bajo realidades sociales y culturales distintas (49).

Siendo así un marco teórico fundamentado en la solución para la emergencia habitacional en Honduras, donde no debe buscarse la construcción tradicional, sino ver más allá hacia la manufactura arquitectónica. La convergencia entre los principios de habitabilidad humana y la precisión de una ingeniería industrial proporcionada a base del desarrollo de un MIAE sólido y estable. Módulo que debe ser más que un objeto físico y complejo, sino más bien un sistema integral diseñado y planeado desde una fábrica, para su posterior transporte y ensamble bajo directrices de eficiencia, sostenibilidad y respeto por la dignidad de sus usuarios.

4. CAPÍTULO 04: CRITERIOS DE HABITABILIDAD y DISEÑO RESILIENTE

Luego de haber establecido la existencia de la viabilidad técnica de la construcción industrializada anteriormente, ahora se explicará la evolución en la transición de un “producto fabricado” hacia un “usuario habitante”. Cada vivienda de emergencias, desde su diseño, no debe limitarse ante la resolución de un problema ingenieril o logístico solamente; también se debe ver como un acto arquitectónico integral en búsqueda de la dignificación de los humanos expuestos. Bajo este sentido, se propone explorar dimensiones cualitativas del espacio con el análisis de la influencia del diseño para garantizar una mejor recuperación psicológica y socia de los afectados.

La habitabilidad en contextos de crisis suele ubicar a la misma altura las necesidades básicas y el bienestar emocional. En caso contrario, un diseño que fomente la inestabilidad emocional y debilite a sus usuarios, solo traería resultados más negativos y poco productivos. Es por eso por lo que es importante colocar, una serie de criterios mínimos de habitabilidad para cuestión de la dignificación de la población damnificada. Con la idea que el MIAE funcione como un refugio habitable en normas de confort térmico pasivo, adecuación sociocultural y consiga adaptabilidad para cada familia en particular.

También se exponen marcos normativos y estándares internacionales que ayuden a llevar una habitabilidad humanitaria, estrategias bioclimáticas, integración al contexto y versatilidad espacial para mejor construcción de la comunidad. El análisis permitiría construir un conjunto de criterios técnicos que sirvan para el desarrollo de un prototipo final diseñado, considerándose que cada decisión es tomada bajo los principios anteriormente planteados. El inicio de todo está en la definición de los parámetros y estándares de habitabilidad mínimos, posterior a un desastre como una inundación; para la garantía de la vida y salud aún en la crisis.

4.1. ESTÁNDARES DE HABITABILIDAD EN CONTEXTOS DE CRISIS

Dentro de la proyección de refugios o viviendas de emergencia, es importante y vital que se acondicione un hábitat que sea rígido, rápido y seguro. Sin embargo, muchas veces se consigue que cumpla con estas cualidades, pero suele flaquear en ser un hábitat que dignifique a sus usuarios. Y aunque las diferentes soluciones que existen actualmente para las viviendas de emergencia son concebidas desde el diseño para suplir inmediatamente las necesidades de los afectados; se suele ignorar un aspecto crítico: el confort del espacio interior. Usualmente vivir en estas viviendas de emergencia, trae consigo incomodidad, confusión, mayor estrés y pensamientos negativos para sus usuarios. Si bien se intenta proteger la integridad física del usuario, pero se deja de lado el lado psicológico que es igual de importante para una comunidad enfocada en la resiliencia ante la crisis.

Es por ello por lo que hay estudios que destacan que miles de personas viven durante años en refugios que se proyectaron para durar solamente semanas o meses. Estos espacios muchas veces ya vistas como



residencias finales, por sus inquilinos, no cumplen con estándares mínimos habitables en cuestión de luz natural, calidad del aire y confort termoacústico. Y es que estas tres cualidades, son la vertebra central de los requerimientos mínimos en cuestión de una correcta habitabilidad. Se entiende que los materiales de baja calidad, una ventilación paupérrima, iluminación natural deficiente, y una mala acústica, trae consigo efectos nocivos para sus ocupantes.

Existen metodologías que se encargan de cubrir estos aspectos, y hasta se encarga de realizarse certificaciones; el **Active House Protocol (AHP)**, (51) se suele escoger por tener en primer lugar un enfoque en el bienestar humano y luego por su prioridad en: / Si bien las certificaciones *LEED* y *BREEAM* cubren aspectos vistos desde el consumo de energía, la reducción de la huella de carbono, la sostenibilidad; ninguna de estas u otras certificaciones busca con precisión medir y cuantificar la calidad del ambiente, desde la luz natural, la calidad del aire interno, confort higrotérmico y confort auditivo. El AHP se basa en el control de un aire interior saludable, luz natural suficiente, y confort térmico esencial para una correcta habitabilidad en contextos de emergencia.

Se sabe que, dependiendo de la zona geográfica en el mundo, estas cualidades pueden variar según sea su caso. Desde el proceso del diseño, se debe prever que quizá una solución para una vivienda de emergencias en el Congo africano posiblemente no sea la misma solución para una vivienda de emergencias en la costa chilena del sur. Es por eso por lo que se establecen parámetros de ventilación, iluminación natural, y calidad del aire, como primer acercamiento básico para todos los refugios que pueda idearse. Asimismo, con recursos limitados, es posible cumplir estándares mínimos de habitabilidad; siempre y cuando se consideren principios de orientación adecuada, ventilación cruzada, protección solar y uso de materiales con buen comportamiento higrotérmico.

El AHP es una herramienta adaptable para establecer estándares mínimos de confort interior, aún en situaciones de crisis donde muchas veces se prioriza la rapidez de construcción a costad de un ambiente interior de calidad. La incorporación de materiales sostenibles y de bajo impacto, ventilación natural eficiente, iluminación natural adecuada, protección contra el ruido y mecanismos pasivos que reduzcan el consumo energético, son las soluciones básicas para cualquier diseño. Promoviéndose la importancia del confort interno como un estándar indispensable para cualquier refugio o vivienda de emergencias (51).

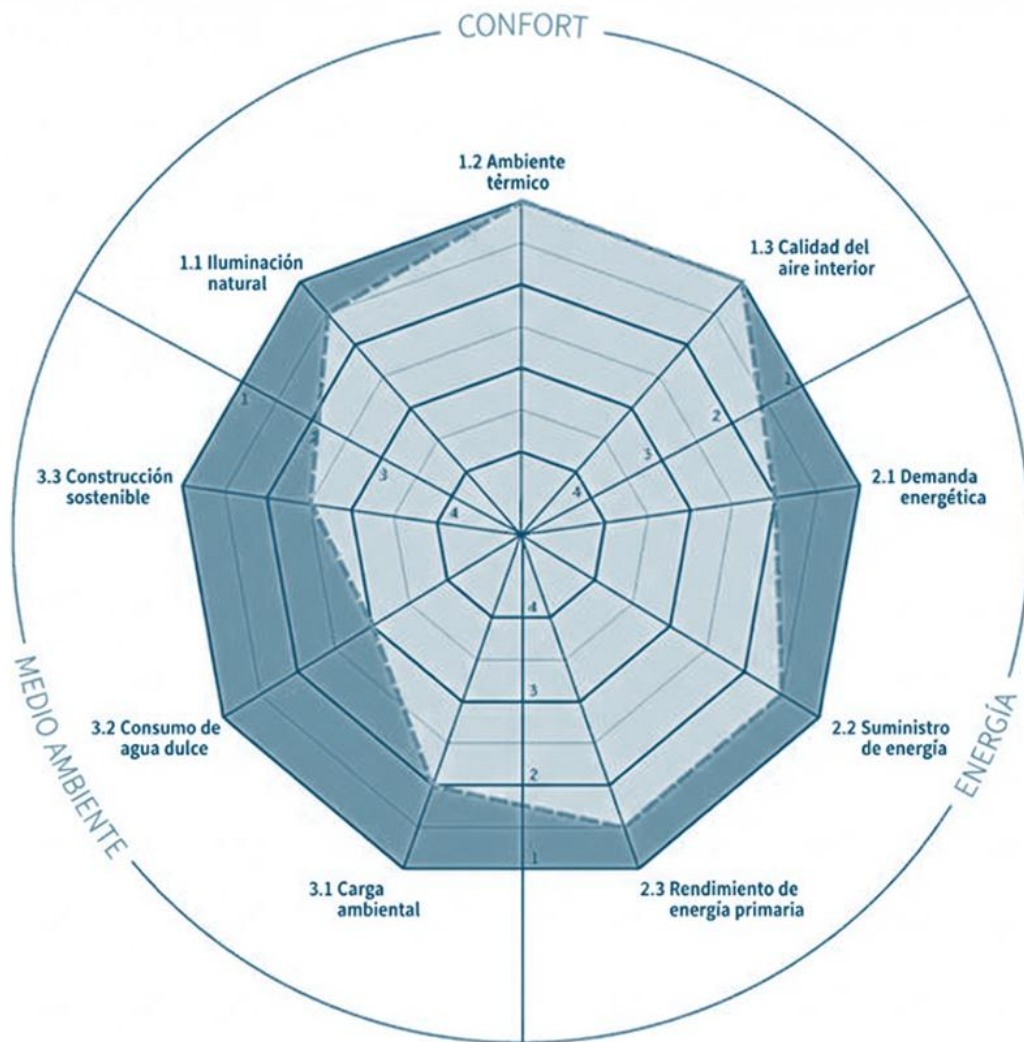


Ilustración 55 Diagrama del Active House Radar. Fuente: Active House Protocol Book (52)

4.1.1. Directrices Internacionales: Manual Esfera y Estándares ACNUR/ONU-Hábitat

La incorporación de estos estándares técnicos antes mencionados para una arquitectura de emergencias, no solo son parte de una cuestión material, logística, confort; sino más bien como un compromiso con la dignificación de los derechos humanos. Visto desde un panorama ético-legal, existen documentos como el **Manual Esfera**, que suele ser un referente para establecer criterios clave de habitabilidad en respuesta global a la humanidad, tomándose más como un derecho que como un paliativo. El Manual Esfera, basándose en la Carta Humanitaria, ha ido evolucionando desde su publicación en 1998, hasta nuestros días, estableciendo que un “refugio” no es un producto inmóvil, sino más bien un proceso crítico que interrelaciona habitabilidad, servicios de agua, saneamiento y protección. Es así como el MIAE se ve



obligado a trascender más allá de su estructura y se le integre un sistema de supervivencia que promueva una integridad física y social de cada usuario (53).

El Manual Esfera, actualizado del 2018, establece indicadores cuantitativos cada vez más precisos, en cuestión de diseño espacial. *El mismo establece como requisito mínimo que por persona debe haber al menos 3.50 m² de área cubierta dentro del espacio para contextos de emergencias.* Aunque haya diversos estudios que cuestionen esta medida, si consideramos la dimensión del tiempo y de cuánto sería la estancia de los usuarios de dicho espacio. *Es por eso por lo que se suele recomendar estándares de 4.50 a 5.50 m² de área cubierta por persona.* Estas medidas, además de asegurar una versatilidad espacial, permiten evitar el hacinamiento y servir como un factor esencial para la privacidad y salud mental de los individuos. Las métricas internacionales usualmente disponen un marco dimensional básico para que la industrialización del módulo se pueda escalar según sea la dimensión de la crisis. Cumpliendo así con expectativas y criterios mínimos de los organismos de ayuda en emergencias.

Además, los estándares de ACNUR y ONU-Hábitat mencionan y definen que una “vivienda adecuada” se compone de siete cualidades imprescindibles:

- *Seguridad de tenencia*
- *Disponibilidad de servicios*
- *Asequibilidad*
- *Habitabilidad*
- *Accesibilidad*
- *Ubicación*
- *Adecuación Cultural*

La habitabilidad para la ONU no solamente se compone de un espacio físico, sino que también de la protección contra riesgos ambientales y climáticos. Y en el caso del MIAE en la costa norte de Honduras, debe poseer cualidades de estanqueidad y resistencia estructural para garantía de un diseño industrializado que pueda soportar las carga de la hidrodinámica y vientos extremos que son característicos del Caribe.

Sin embargo, la ONU-Hábitat también suele incorporar de manera enfática la ***adecuación cultural***, para este tipo de proyectos. Siendo un estándar que se suele ignorar y desmeritar en la mayoría de las viviendas de emergencia. Priorizando esta adecuación cultural, se lograría que el diseño de la vivienda y sus materiales respeten y además expresen las formas de vivir de la comunidad afectada. Para el contexto norte hondureño, se podría decir que existe cierta versatilidad en cuanto al concepto, ya que hablamos del área más industrializada del país, en el Valle de Sula. Por lo cual los usuarios pueden esperar versatilidad, en sus viviendas, pues pueden ser pensadas para que se personalicen según sus dinámicas familiares, facilitando el sentimiento de pertenencia y arraigo a pesar de la pérdida de la vivienda original.

La combinación de los principios de ambos, Manual Esfera y el *Active House Protocol*, conduce a un punto de convergencia con un fin de cuidado ambiental sin sacrificio de la comodidad propia de los usuarios. Sumándose a los criterios técnicos obligatorios de la ventilación e iluminación natural, para eliminar



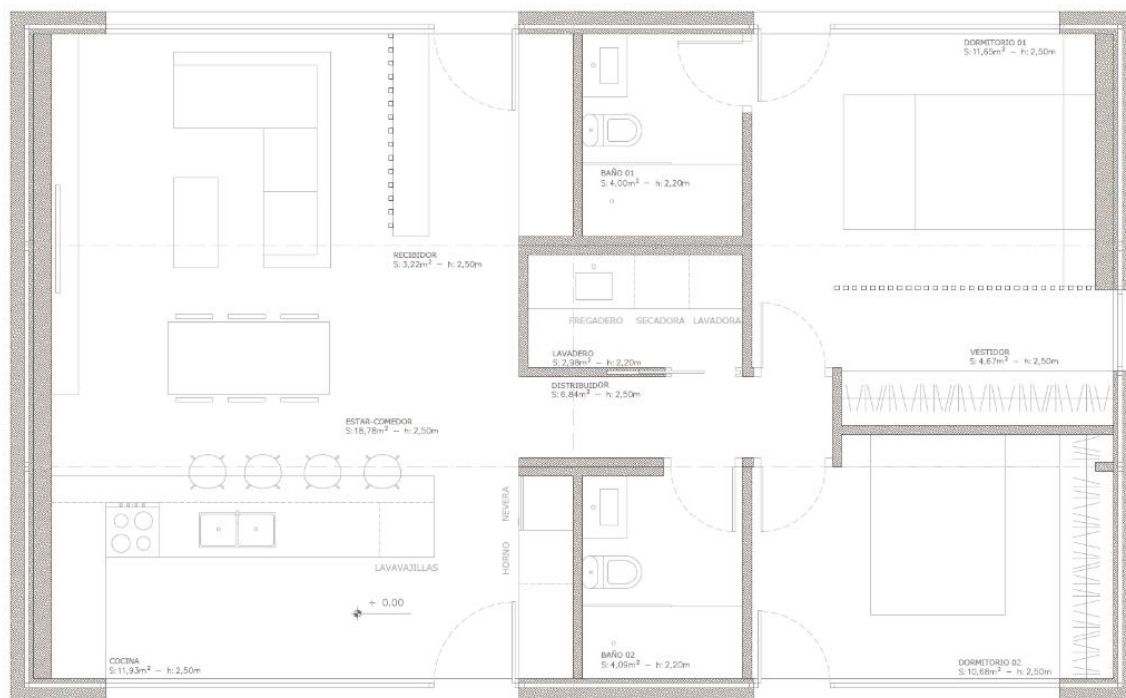
posibles enfermedades que suelen darse en espacios cerrados y en viviendas temporales. Además, ACNUR especifica que el diseño debe asegurar que exista una circulación de aire interno, para evitar humedad acumulada, dejando en claro que el confort interno pesa luego de su resistencia y funcionalidad en el MIAE propiamente.

En cuanto a la infraestructura de los servicios básicos, el Manual Esfera desarrolla unos lineamientos estrictos para garantía de la salud pública. Según el manual, el acceso al agua potable debe ser de al menos 15 litros por persona al día, en el contexto de crisis, con puntos de suministro de agua a distancias menores de 500 metros de la vivienda. En el caso del MIAE en el Valle de Sula, esta normativa implica la previsión de un sistema de captación y almacenamiento de aguas con cierta autonomía básica. En cuanto al sistema de saneamiento, el manual exige una ratio mínima de *un inodoro por cada 20 usuarios* en viviendas o refugios de emergencia, no transitorios. Haciendo énfasis en cuanto sean viviendas de transición, donde se encuentre una mayor permanencia, post crisis, es vital plantearse la privacidad del baño para cada núcleo familiar, para una mejor salud y seguridad ante propagaciones de enfermedades infectocontagiosas.

Asimismo, los estándares de ACNUR y ONU-Hábitat enfatizan y priorizan la gestión de aguas lluvias y la conexión básica eléctrica como factores de resiliencia y protección ante la crisis. Se entiende que, en el norte de Honduras, al ser una región con clima monzónico y de bosque lluvioso tropical, es un área que se presta a calores moderados e intensos durante el día, pero a noches frescas, durante la mayoría del año. Si bien la humedad juega un rol importante en la región, es muy probable que las condiciones climáticas permitan lluvias esporádicas en los valles, teniendo una gran oportunidad para el MIAE de recolección y manejo de aguas lluvias. Creando sistemas de recogida de aguas, desde los techos de la vivienda; drenajes perimetrales, pendientes que eviten el estancamiento perdido de las aguas, y utilizando almacenajes externos a la vivienda, con aperturas selladas y no expuestas ante la proliferación de agentes transmisores como el dengue.

En cuanto a la electricidad, la cual se considera como un estándar de protección esencial, no se debe limitar solamente a la iluminación y seguridad ante la noche, sino también como fuente de conectividad y conexión para los afectados luego de la crisis. Aunque muchas veces el fluido eléctrico se ve afectado por los fenómenos naturales anteriormente mencionados, entra en vigor el ejercicio de la proyección anticipada de uso de generadores de electricidad de manera temporal, por mientras se logra una conexión eléctrica segura y eficaz. Por lo cual desde el diseño industrializado se debe considerar la conexión de instalaciones básicas y seguras con respeto por el entorno y garantizando su uso libre para cada familia afectada.

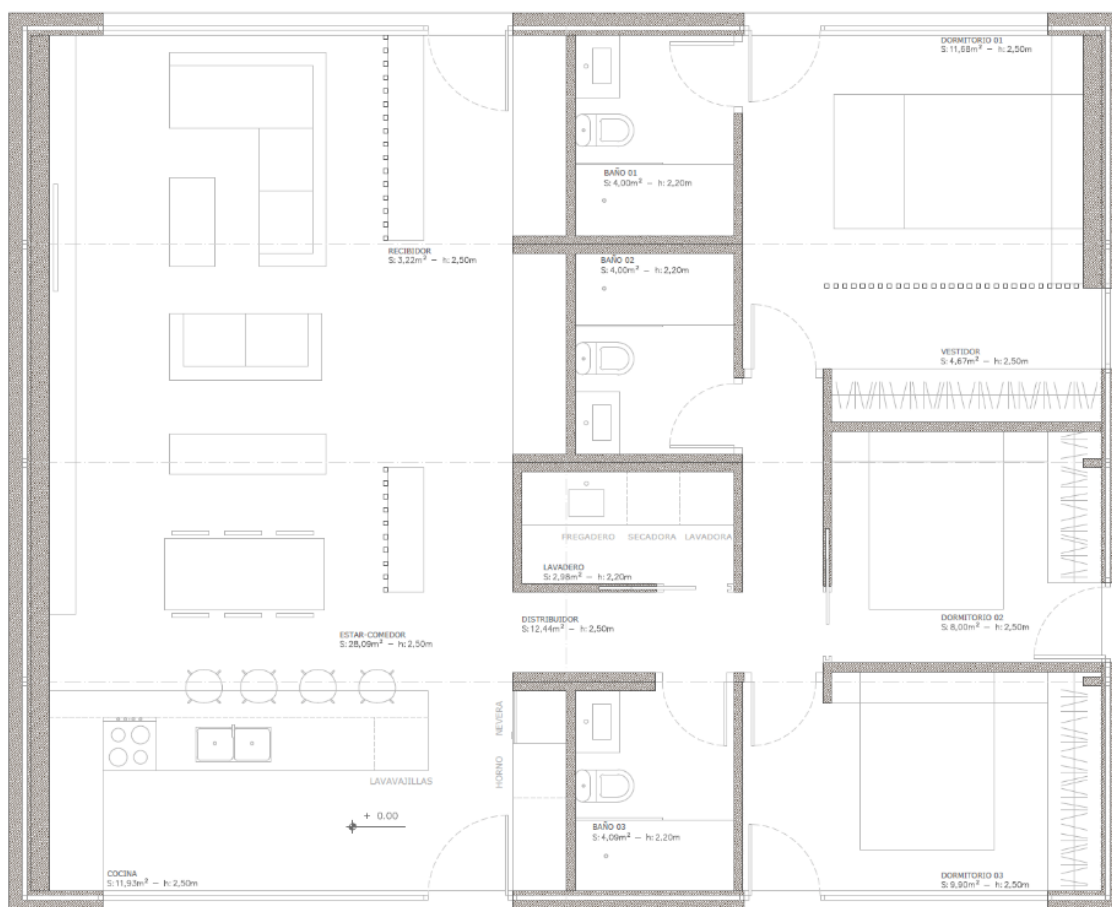
De igual manera, todos estos criterios se suman a la dimensión tiempo, la cual juega con la progresión del refugio, hacia una vivienda de transición y posterior a una vivienda permanente. La ONU-Hábitat llama a este concepto como “incrementalidad”, e insta a los arquitectos a tomar el reto de diseñar módulos vivos que sean responsables de la versatilidad o personificación de sus ocupantes. Tal perspectiva de una *vivienda como proceso*, es fundamental para la resiliencia de la población hondureña, donde no suele haber mucha disponibilidad de recursos económicos y materiales normalmente, y mucho menos posterior a desastres naturales de gran envergadura.



PLANO PLANTA BAJA

Ilustración 56 Casa prefabricada de 90m² de 2 habitaciones y 2 baños. Fuente: The CORTEN COMPANY, Valencia (54)

A partir de este suelo técnico, se establecen los primeros criterios en cuanto a confort higrotérmico y se presentan de manera introductoria los mínimos necesarios para los servicios básicos para el MIAE. Con la tarea de garantizar por medio de la innovación arquitectónica, directrices y parámetros para dignificar el espacio para poblaciones afectadas. Considerando que estos lineamientos deben ser respetados y utilizados como base para la creación de cualquier vivienda de emergencia o refugio post desastre, es esencial para comunicar la idea de que el bienestar humano es el último fin de dicho producto.



PLANO PLANTA BAJA

Ilustración 57 Casa prefabricada de 120m² de 3 habitaciones y 3 baños. Fuente: The CORTEN COMPANY, Valencia (55)

4.1.2. Criterios de Superficie Mínima

Si bien no debe entenderse la superficie mínima como un dato estático, este se debe acoplar en base a un contexto fijo. Aunque la búsqueda de la versatilidad del espacio, la reutilización de manera circular y sostenible, y la flexibilidad y compatibilidad con el crecimiento paulatino de la vivienda; es necesario que esta cumpla al menos con la polivalencia espacial que permita dormir, comer, almacenar, resguardarse y atender la emergencia de manera segura y cómoda. Se suele sugerir que la calidad de vida en contextos de crisis es directamente proporcional con la densidad habitacional y somatometría de su población (51).

De lo contrario, un diseño que se limite a estándares mínimos y paupérrimos solo induce a una proliferación de enfermedades tanto físicas como mentales; tomando en primera instancia que el hacinamiento es por mucho la peor de las soluciones para una vivienda de emergencias. Por lo que es imperativo para el MIAE en Honduras, y contextos parecidos, utilizar como indicativo estándares de 4.50 a 5.50 m² por cada



habitante, considerandos en un espacio vital mínimo, pero añadiendo espacio versátil de circulación y de uso de maniobra para el desarrollo de sus actividades domésticas.

Se debe considerar el uso de paneles o particiones móviles que conceden a esa transición del espacio de una manera más adaptable, según sea la necesidad o el tiempo que se utilice el espacio. De igual manera, se aconseja el uso de mobiliario fijo, plegable o integrado, en cuestión de almacenaje y usos de aseo. Así mismo, con la característica de poseer un espacio físico con dimensiones que se presten a la polivalencia de ambientes, donde se pueda dormir, comer y almacenar; o al menos de manera interdependiente entre sí.

La distribución interna debe priorizar de manera inteligente el resguardo y la privacidad desde afuera hacia adentro, y desde adentro hacia adentro. El énfasis en la privacidad, muchas veces se ve afectada no solamente en vivienda de refugio, sino que en el lenguaje arquitectónico contemporáneo es más frecuente encontrarse con el sacrificio de la privacidad y comodidad con el fin de que se perciba mejor un espacio. La falta de dimensiones internas en refugios temporales afecta desproporcionadamente a la integración familiar post trauma, haciendo más vulnerables aún las actividades que estos desempeñen en sus roles dentro de la vivienda.

En cuanto a la capacidad de agregar módulos adicionales, se ve envuelto la morfología del volumen y de la superficie de un MIAE. Por lo que se atribuyen conceptos de agrupación, adaptabilidad e incrementabilidad del módulo primario. Sabiéndose que se prevean sistemas de ensamblajes rápidos y que no necesiten de herramientas especializadas ni mano de obra calificada, se ve como una oportunidad de poseer una vivienda de transición que, en caso contrario, se pueda acoplar en el tiempo a posteriormente funcionar como una vivienda permanente, según sea el caso (31).

Además de ello, la superficie mínima propuesta del módulo, debe ser capaz de articular zonas diferenciadas de descanso y convivencia. El uso de "módulos" como principio espacial, refuerza esta idea de dinamismo y optimización por medio de configuraciones espaciales que eviten el conflicto de la yuxtaposición de usos. La superficie mínima está relacionada con actividades propias de sus usuarios, pero a su vez forma un reto en cuanto a sus dimensiones desde un punto de vista logístico y productivo. (56)

La adopción de metodologías de DfMA anteriormente analizadas, permiten módulos que aprovechen la mayor superficie permitida para un traslado eficiente y que no impacte con una huella de carbono cargada al realizarse múltiples viajes por unidad de módulo. Asumiendo que, se utiliza de ejemplo un contenedor básico de 20 pies, *se estima que un módulo puede componerse de 18 a 22 m²* por familia, lo que ya es mayor área a los mínimos que establece el Manual Esfera y ACNUR. Por lo cual se facilita también en términos técnicos y productivos, una garantía logística y a su vez limitación espacial por módulo para su transporte hasta el sitio del refugio.

Por ello, se debe entender a estas superficies como "expandibles", ante la incrementabilidad; pues la progresión de la vivienda, según sea el caso de las disposiciones de los entes estatales, sería algo que sucedería en la mayoría de los casos. Para el contexto hondureño, se debe prever que la vivienda de transición sea también adaptable para ser una vivienda de permanencia, según sea el tiempo. En lugar de ser una estructura cerrada, el MIAE debe velar por ser ampliable en su entorno y perdurable en el tiempo;



adaptándose a las necesidades familiares según su conveniencia, e invitando a que estas no huyan o abandonen los módulos.

En el contexto húmedo tropical del clima hondureño, la percepción y casos anteriores han dictaminado que es necesaria la elevación del módulo sobre el suelo. *(16) Por lo cual es aconsejable establecer una sobre altura sobre rasante de 0.60 a 0.90 metros para espacios no utilizables, pero en caso de ser utilizable (por ejemplo, almacenaje o instalaciones) debe estar entre 1.00 y 1.20 metros para desarrollo de la actividad destinada.* A su vez, esta elevación favorece a una estratificación térmica del entrepiso como barrera directa entre el clima exterior con las condiciones higrotérmicas internas. Por lo que un aumento en el volumen del aire interior puede responder a las limitaciones de metros cuadrados, por lo que se mejora notablemente un confort térmico pasivo y acústico, dando una mayor sensación de amplitud espacial para los usuarios.

4.2. REQUISITOS DE SALUBRIDAD Y SERVICIOS BÁSICOS

4.2.1. Instalaciones Mínimas: Abastecimiento de Agua, Saneamiento y Energía

Parte primordialmente importante en la arquitectura de emergencias, es el diseño e instalación de conductos de agua para mejora de la salubridad de la vivienda. Es bien sabido que la gestión inadecuada de servicios básicos en entornos de crisis es el principal catalizador de enfermedades de transmisión hídrica y vectorial. *(57)* La intensificación de fenómenos hidrometeorológicos extremos como los antes estudiados, suelen requerir de una infraestructura resistente de servicios básicos diseñada aún para ser eficiente y funcional posterior a la crisis. En el caso del MIAE, se debe considerar desde el diseño la captación, el almacenaje y la conexión con servicios públicos de dotación y saneamiento de agua. Integrando soluciones de agua, saneamiento e higiene (WASH) que se proyecten más allá de servir como un medio de la supervivencia, sino planteándose que el módulo pueda alargar su vida útil en el sitio.

La salubridad es un estándar de seguridad sanitaria, que incluye el acceso al agua potable y una correcta evacuación de desechos, permitiéndose que los usuarios puedan concederse de un espacio digno y funcional para sus necesidades más básicas. Los estándares internacionales, naturalmente deben acoplarse a la red o sistemas de dotación y evacuación de aguas local. En el caso del contexto del Valle de Sula, es conocido que ciudades como San Pedro Sula, Choloma, Chamelecón y La Lima, poseen uno de los mejores sistemas de dotación de agua del país. Sin embargo, procedente a una inundación, es muy probable que según sea la dimensión del siniestro, se llegue a privar de dicho recurso.

Es por ello por lo que se le da una mayor importancia a la recolección de aguas lluvias, complementándose con una idea de sistemas de resiliencia local. Diversos estudios demuestran que los sistemas de captación de aguas lluvias son económicamente viables, técnicamente simples y eficientes de suplir una fracción considerable del consumo doméstico de agua. Sabiéndose que posterior a eventos de huracanes, las redes



de agua potable se encuentran contaminadas, obstruidas e incluso inexistentes; es recomendable la implementación de estrategias de captación de aguas lluvias. En el contexto del norte hondureño, mientras sea época de huracanes o en meses de lluvia, el sistema que puede incluir el MIAE hará función y lograría almacenar agua dedicada a usos no potables (58).

Al utilizarse sistemas de captación de aguas lluvias, se consigue por medio de sistemas básicos aprovechar la abundancia de la lluvia propia de la temporada, reduciendo la dependencia de cisternas, camiones o redes dañadas en un contexto donde no existan suficientes vías de comunicación para transporte de agua. El agua que se logra captar es segura para almacenar y posteriormente utilizar para lavado de manos, limpieza, descarga de sanitarios, e incluso para bañarse, pasando por un proceso de clorado; y para cocina si se hierve o filtra debidamente. Si bien se trata de un sistema simple, se necesita también un proceso de filtrado, que pueden ser por filtros de hojas de y agregados gruesos. A su vez existen filtros que presentan la opción de poseer tabletas de cloración, para una mejora del saneamiento del agua lluvia.

En cuanto a dimensionamientos, se predispone que una superficie con pendiente mayor al 15% (adecuada para el contexto húmedo tropical del caribe hondureño), en un área mínima de entre 12 - 15 m² de material con coeficiente de escorrentía mayor o igual a 0.8, tales como metal, PVC, o teja esmaltada. Una superficie con tales características puede acompañarse de un tanque de almacenamiento. Si bien la cantidad de agua recolectada, además de estas cualidades físicas, dependerá de la realidad climatológica y su fenomenología. Pero es importante el planteamiento que la conducción de dichas aguas por medio de canales y tubería deberán terminar en un almacenamiento que ocupa condiciones físicas robustas. Pudiendo usar tanques de 1500 – 2000 litros para un MIAE de cinco usuarios, por ejemplo (58).

El contemplar estas características desde el diseño del módulo, deberá asegurar los 15 – 20 litros por persona al día, que suele recomendar el Manual Esfera. La autonomía hídrica pasa a ser de vital importancia para la higiene personal y doméstica, reduciendo la carga estatal en el suministro y distribución del líquido, a días y semanas en caos posterior al desastre ocurrido.

La gestión de los sistemas de saneamiento y manejo de excretas suelen ser el mayor reto técnico en cuanto a las instalaciones de servicios básicos en un módulo industrializado se trata. Los sistemas de saneamiento se recomiendan ser sistemas secos o módulos sanitarios independientes del módulo principal, de manera que estos no puedan contaminar el resto de la vivienda en caso de que resurjan inundaciones y se contaminen los acuíferos. El MIAE debe proveer de una conexión hidrosanitaria simplificada o al menos un núcleo de servicios integrado que permita un tratamiento primario de aguas residuales por medio de biodigestores compactos.

De la misma manera, la conexión eléctrica suele ser un reto en momentos de crisis, donde muchas veces la infraestructura urbana que suple este servicio se ve afectada y hasta borrada. Por lo que el suplir de fluido eléctrico suele ser una prioridad secundaria, con respecto a los servicios de abastecimiento y saneamiento de aguas. Si bien, el dotar de electricidad lo antes posible trae además de los beneficios instantáneos para el manejo de las actividades diarias, también provee seguridad y mejora de la salud



mental, al poder usarse para telecomunicación. El acceso a energía mínima para iluminación y carga de dispositivos reduce los niveles de estrés y a la vez aumenta el sentimiento de resiliencia en sus ocupantes.

En materia técnica del MIAE, este puede poseer instalaciones prefabricadas de cableados instalados y ocultos para evitar su manipulación errada, para cuando se encuentre operativo el servicio en la comunidad, se pueda conectar sin mayor problema a la red eléctrica pública. Es considerable tomar en cuenta alternativas como sistemas solares fotovoltaicos a pequeña escala, a largo plazo de uso del módulo. El poder llevar la energía eléctrica lo antes posible a un refugio o vivienda de emergencias, trae no solo iluminación; sino que tecnológicamente les da competencias suficientes a los usuarios para integrarse lo antes posibles en el desempeño de sus actividades domésticas y hasta laborales.

En resumen, la gestión de desechos sólidos y el abastecimiento de agua son los primeros servicios que se debe prever obtener para una sana habitabilidad fundamentada en la salubridad y resiliencia. Estos aspectos de considerar captación de aguas lluvias con almacenamientos y núcleos de aseo anexos, traen consigo cambios en la morfología del MIAE. A su vez, la energía eléctrica juega un rol secundario pero importante al proyectarse como una red preinstalada entre los componentes y planos del módulo. De tal manera se buscará dar mayor autonomía a la vivienda una vez esta sea habitada, en mejora de la dignidad de las personas y su reinserción en la sociedad.

4.2.2. Condiciones de Iluminación y Ventilación Natural Adecuadas

La iluminación y ventilación natural son y siempre han sido piezas fundamentales que determinan el éxito de un proyecto arquitectónico, y en la vivienda de emergencias no será la excepción. Además de ser una de las estrategias críticas para el bienestar humano y la salud pública, el juego que se puede lograr con las aperturas hacia el exterior logra también una mejor concepción del espacio para su usuario, provocándole mayor comodidad y mejora su estado de ánimo. El MIAE debe poseer aperturas abiertas y direccionadas con criterio y conciencia según sea su entorno georreferenciado. Se buscará permitirse por medio del diseño crear aberturas que a su vez funcionen para disminuir la dependencia de la iluminación artificial, mejorando incluso en la disminución del recurso eléctrico en horas de día.

Para garantizar una habitabilidad mejorada basada en los criterios de diseño, el dimensionamiento de aberturas debe servirse de cálculos técnicos rigurosos que logren una captación lumínica en balance con la protección térmica. El exponerse a mayor iluminación natural, viene consigo con una mayor exposición a radiación, más si está orientada de manera perpendicular a los rayos del sol. *Dada a la latitud aproximada de 15°N en el contexto del norte hondureño, se ha establecido un Factor de Luz de Día (FDL) promedio de 2.0% para áreas de convivencia (comedor, sala de estar) y 1.5% para áreas de descanso como dormitorios. La Comisión Internacional de la Iluminación (CIE), recomienda según las condiciones a las que nos exponemos, asegurarse de una entrada de iluminación horizontal media entre 150 a 300 lux durante el 80% de las horas del día.*



*En conceptos de proporción arquitectónica, se establece que el área de iluminación efectiva (acristalamiento o dimensión del boquete o hueco) debe relacionarse con un **12% - 15%** de la superficie útil del suelo del MIAE. (52) (59)* Sin embargo, para evitar el sobrecalentamiento y el efecto invernadero característico en zonas tropicales, debe integrarse el estándar del total de aberturas que se compongan del 10% de superficie útil del módulo. Disponiendo de una proporción de por cada 10 m² de superficie, debe haber 1 m² de abertura para ventilación como mínimo, para poseer un ambiente con temperatura agradable al usuario dentro de su estancia. Para ello se recomienda también hacer uso de dispositivos de control solar (aleros o celosías), que permiten entrada de luz difusa para bloquear la radiación térmica directa, que puede ser mayor incidente en las fachadas Este y Oeste.

En cuanto al cálculo de ventilación natural debe optimizarse por medio del aprovechamiento del efecto chimenea y el criterio de la ventilación cruzada. Por las condiciones de la humedad al norte hondureño, se establece un diferencial de altura entre aberturas de entrada y salida de aire que sea al menos de 1.80 metros. Esta directriz busca facilitar una renovación continua de aire que provenga de condensación y el sobrecalentamiento, Si se alineasen estas métricas de diseño pasivas con la metodología antes mencionada del AHP, el MIAE además de cumplir con sus funciones de resguardo físico, también se convertirá en un sistema bioclimático autónomo en aras de respetar unas condiciones de salubridad y confort termo-lumínico de calidad para los damnificados.

4.3 CONCLUSIONES

Para culminar, este análisis de los estándares internacionales y las métricas bioclimáticas desarrolla una filosofía donde la habitabilidad durante la crisis y la emergencia no debe verse como una respuesta de supervivencia mínima, sino más como una garantía del establecimiento de la dignidad humana a través de las herramientas técnicas. En conjunto, el Manual Esfera, los protocolos ACNUR/ONU-Hábitat y el Active House Protocol pueden definir un marco de diseño de 4.50 – 5.50 m² de superficie por habitante, como principal base para orientación del diseño modular. Considerando además la calidad del aire, autonomía de servicios básicos WASH, y demás variables que solo mejoran en condiciones de salud pública y resiliencia para la comunidad afectada.

De igual manera, se ha establecido en primer lugar, que, para el contexto del litoral norte de Honduras, el diseño pasivo como única vía para garantía de una correcta habitabilidad aún luego del colapso de las redes de infraestructura post desastre. Bajo la implementación del Factor Luz de Día (FLD), ventilación cruzada eficaz y la elevación estratégica sobre nivel de rasante para control higrotérmico y seguridad ante inundaciones; se puede constituir como base técnica para mitigar el estrés postraumático y ayudar a evitar brotes epidemiológicos y la transmisión de enfermedades. Estos parámetros deben actuar como hilos conductores que desde la bioclimática componen una estructura prefabricada e industrializada en un habitáculo protegido, saludable, cómodo y digno.

El conjunto de directrices y criterios técnicos que se enuncian en este apartado, son el pliego de condiciones de diseño para la fase de propuesta de esta investigación. Ya que se han establecido cualidades y cantidades mínimas irrenunciables de habitabilidad, el siguiente capítulo se centra en la materialización de estas ideas a través de gráficas del Módulo Industrializado de Arquitectura para Emergencias, MIAE. Donde se espera que se aplique la metodología del Diseño para Fabricación y Ensamblaje (DfMA) y así convertir todos estos estándares teóricos en una solución constructiva real, eficiente, replicable y escalable para el contexto más allá del norte del territorio hondureño.

5. CAPÍTULO 05: PROPUESTA de DISEÑO: EL MÓDULO ARQUITECTÓNICO INDUSTRIALIZADO

5.1. DEFINICIÓN DE REQUISITOS DEL MÓDULO ARQUITECTÓNICO INDUSTRIALIZADO (FUNCIONALES, TÉCNICOS Y LOGÍSTICOS)

La propuesta del MIAE se articulará bajo tres ejes de exigencia que garanticen la viabilidad en el contexto de las comunidades afectadas del Valle de Sula y el litoral norte de Honduras. Estos requisitos serán las condiciones técnicas directrices para el diseño posterior.

A. *Requisitos Funcionales (Habitabilidad y Uso Básico)*

Enfocándose en la experiencia del usuario y su organización físico espacial mínima para desarrollo de sus actividades diarias post desastre.

	REQUISITO	DESCRIPCIÓN TÉCNICA	JUSTIFICACIÓN
1.	Densidad Controlada	Superficies útiles de 18 m ² a 22 m ² por módulo total.	Estándar ACNUR/ONU-Hábitat y Manual Esfera (>3.5 m ² /persona)
2.	Versatilidad Espacial (Polivalencia)	Espacio central distribuidor y transformable según las distintas necesidades por horario.	Optimización de metros cuadrados en refugios de emergencia.
3.	Privacidad y Seguridad	Capacidad de compartimentación interna por paneles móviles técnicos.	Salud mental, cohesión familiar, y bajada en niveles de estrés postraumático.

4.	Zonificación WASH	Integración de un núcleo húmedo (basado en aseo/cocina) que brinde un mejor y fácil mantenimiento.	Prevención de enfermedades y mejora de la salubridad básica.
5.	Almacenaje	Posibilidad de conseguir almacenajes que en riesgo de inundación puedan usarse en altura, para almacenaje de bienes personales.	Salvaguardar bienes personales con prevención a futuras inundaciones.

A. Criterios Funcionales de Diseño para tomar en cuenta en la proyección del MIAE (Elaboración propia)

B. Requisitos Higrotérmicos (Termolumínicos, Desempeño y Bioclimática del Confort)

Enfocándose en la experiencia del usuario y su organización físico espacial mínima para desarrollo de sus actividades diarias post desastre.

	REQUISITO	DESCRIPCIÓN TÉCNICA	ESTRATEGIA de DISEÑO
1.	Aislamiento del Suelo	Sobreelevación de 0.60 hasta 1.20 m de altura sobre el nivel de terreno terminado.	Protección ante inundaciones y control de la saturación y humedad en el suelo.
2.	Iluminación Natural	Factor de Luz de Día (FDL) de 2.0% (con mínimos de 150-300 Lux)	Superficie vidriada en relación mínima de 15% de los m ² de la superficie del suelo.
3.	Ventilación Natural	Renovación constante de aire (efecto chimenea)	Aperturas en relación mínima de 1/10 m ² de la superficie útil del módulo.
4.	Envolverte Térmica	Transmitancias térmicas reducida (Paneles sándwiches)	Mitigación de carga térmica por radiación solar.
5.	Orientación Georreferencial	Uso de la orientación en el sitio para potencializar y neutralizar las condiciones climatológicas del contexto.	Uso de dispositivos pasivos de control solar y ventilado haciendo uso de la orientación de las fachadas.

B. Criterios Higrotérmicos de Diseño para tomar en cuenta en la proyección del MIAE (Elaboración propia)

C. Requisitos Logísticos (Condición de producción y despliegue a obra)

Criterios de industrialización que definan al MIAE como una solución real más allá de la teoría.

	REQUISITO	DESCRIPCIÓN LOGÍSTICA	METODOLOGÍA
1.	Estandarización	Dimensiones compatibles con transporte para contenedores de 20 pies.	Uso de modularidad 3D y componentes 2D.
2.	Rápido Ensamble	Montaje en menos de 24 horas con cuadrillas de 3 o 4 personas sin necesidad de maquinaria pesada.	Filosofía del DfMA.
3.	Cimentaciones Reversibles	Uso de apoyos puntuales y regulables.	Mínimo impacto ambiental y adaptabilidad a la topografía del contexto.
4.	Sostenibilidad	Materiales de bajo peso y alta durabilidad (Acero ligero/EPS)	Reducción de la huella de carbono en el transporte.

C. Criterios Logísticos para tomar en cuenta en la proyección del MIAE (Elaboración propia)

5.2. DESARROLLO CONCEPTUAL Y ESQUEMA ARQUITECTÓNICO

Para el desarrollo del programa de necesidades y plan espacial, se establece que el MIAE se estructura de relaciones que prioricen la interdependencia y la fluidez de las acciones y comunicaciones internas, de la siguiente manera:

1. Núcleo de Acceso (Vestíbulo de Filtrado):

Plataforma o espacio de transición que funcione como paso y filtro entre el exterior y el interior. Importante para desinfección de calzado y limpieza personal para no ingresar lodo y suciedad en el interior.

2. Area Social o Estancia:

Elemento distribuidor del módulo, usado para descanso y polifacética de espacio, donde puede ser usado para trabajo personal también. Espacio de planta libre que pueda permitir personalización en su configuración espacial interior.

3. Núcleo Húmedo de Servicios:

Un conjunto de la red e instalaciones de servicios básicos de saneamiento, recolección aguas lluvias, y abastecimiento de agua potable. Podría servir también como ramal de comunicación para redes eléctricas y de telecomunicaciones.

4. Cocina:

Espacio destinado a la cocción, preparación, y servicio de alimentos. Posiblemente altamente relacionado con el Núcleo Húmedo de Servicios.

5. Zona de Descanso:

Flexibles y capaces de cerrarse visualmente con la versatilidad del mobiliario o paneles técnicos en el interior.

6. Almacenaje (Intrínseco):

De manera integral, la búsqueda de realizar almacenamiento en altura para mayor seguridad de las pertenencias personales. Ubicados en diferentes espacios.

5.2.1. Programa de Necesidades y Zonificación (Cumplimiento de Criterios)

En la definición de la capacidad de ocupación del MIAE, se han tomado como perfil base las características demográficas de los hogares en el Valle de Sula y el litoral norte de Honduras. Muchas de estas zonas son históricamente afectadas por inundaciones cotidianas y severas. Para el *Instituto Nacional de Estadística* (INE), en la *Encuesta Permanente de Hogares de Propósitos Múltiples* (EPHPH) del 2025, el promedio de habitantes por hogar se sitúa en 3.6 personas.

Sin embargo, si se analizan los sectores de mayor vulnerabilidad como es el caso del área rural, la cifra asciende a 4.0 personas. Más crítico es el dato del hacinamiento, donde se establece que el 8.1% de los hogares de Honduras, están en condiciones de hacinamiento (*considerándose el hacinamiento, donde viven más de 3 personas por pieza de la vivienda*), donde la densidad alcanza un promedio de 4.8 personas por habitación. Tales métricas resaltan el intervalo de entre **4 a 5 personas** para tomar en cuenta como usuarios del MIAE. Garantizando además de servir de refugio ante emergencias, pero también evitando el hacinamiento característico de las zonas afectadas rurales expuestas en vulnerabilidad.

Ya que el MIAE se diseña tomando en cuenta albergar a un núcleo familiar de 4 a 5 personas, este parámetro se alinea con los lineamientos establecidos de la *Secretaría de Desarrollo Comunitario, Agua y Saneamiento* (SEDECOAS) y los parámetros de *CONVIVIENDA*, para proyectos de vivienda de interés social, que establecen a una unidad habitacional básica para soportar un núcleo familiar completo. Siguiendo con esta premisa, y relacionando con los estándares internacionales de habitabilidad antes mencionados en el capítulo anterior, el MIAE puede ubicarse entre 22.5 - 27.5 m² (4.50 m² x 5 personas – 5.50 m² x 5 personas) en cantidades mínimas. Queriendo cumplir con la métrica de albergar a 5 personas de manera digna y saludable. Garantizando la replicabilidad en el modelo, ya que esta característica demográfica la compone al menos el 70% de los hogares hondureños, permitiendo ser una respuesta industrializada efectiva para las zonas más afectadas de Cortes, Atlántida y Colón en el norte hondureño.

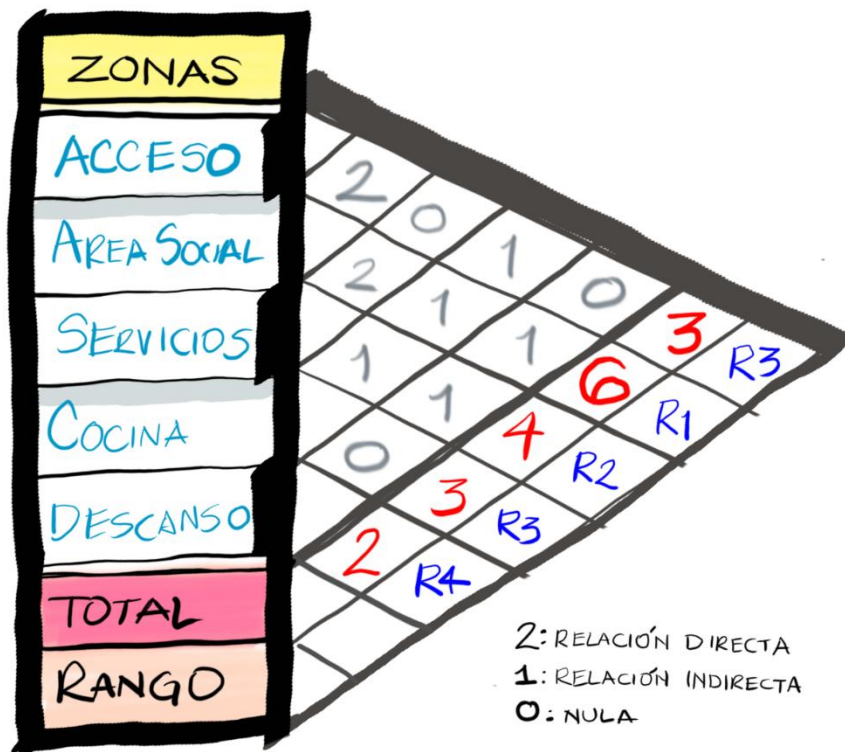


Ilustración 58 DIAGRAMA DE RELACIONES (MIAE). Fuente: Elaboración propia

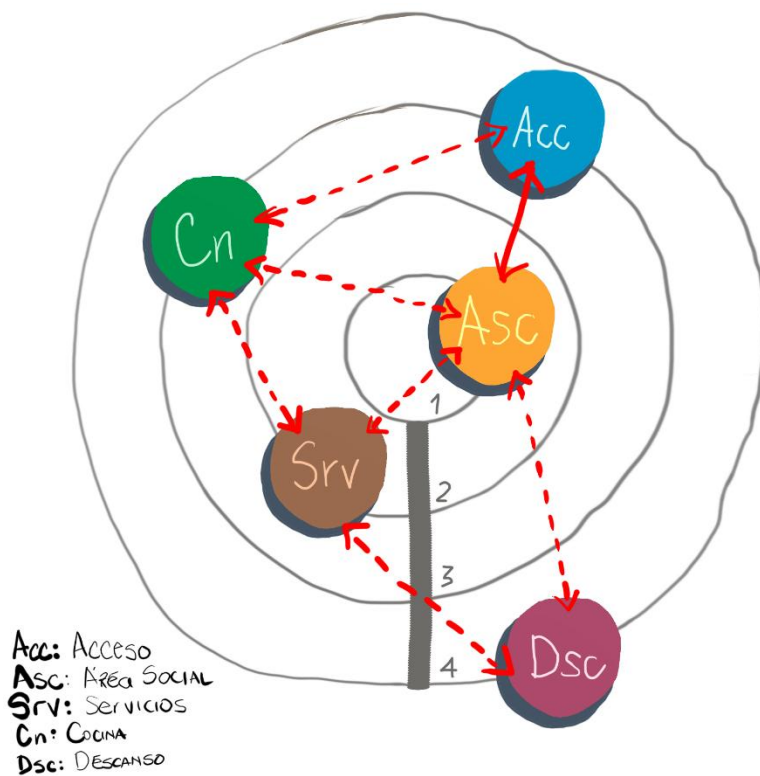


Ilustración 59 DIAGRAMA DE GLOBOS (MIAE). Fuente: Elaboración propia

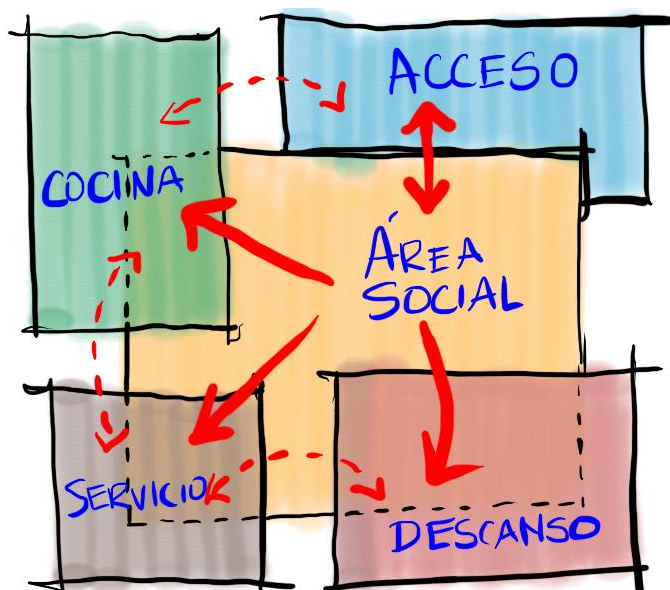


Ilustración 60 ZONIFICACIÓN 01 (MAE). Fuente: Elaboración propia

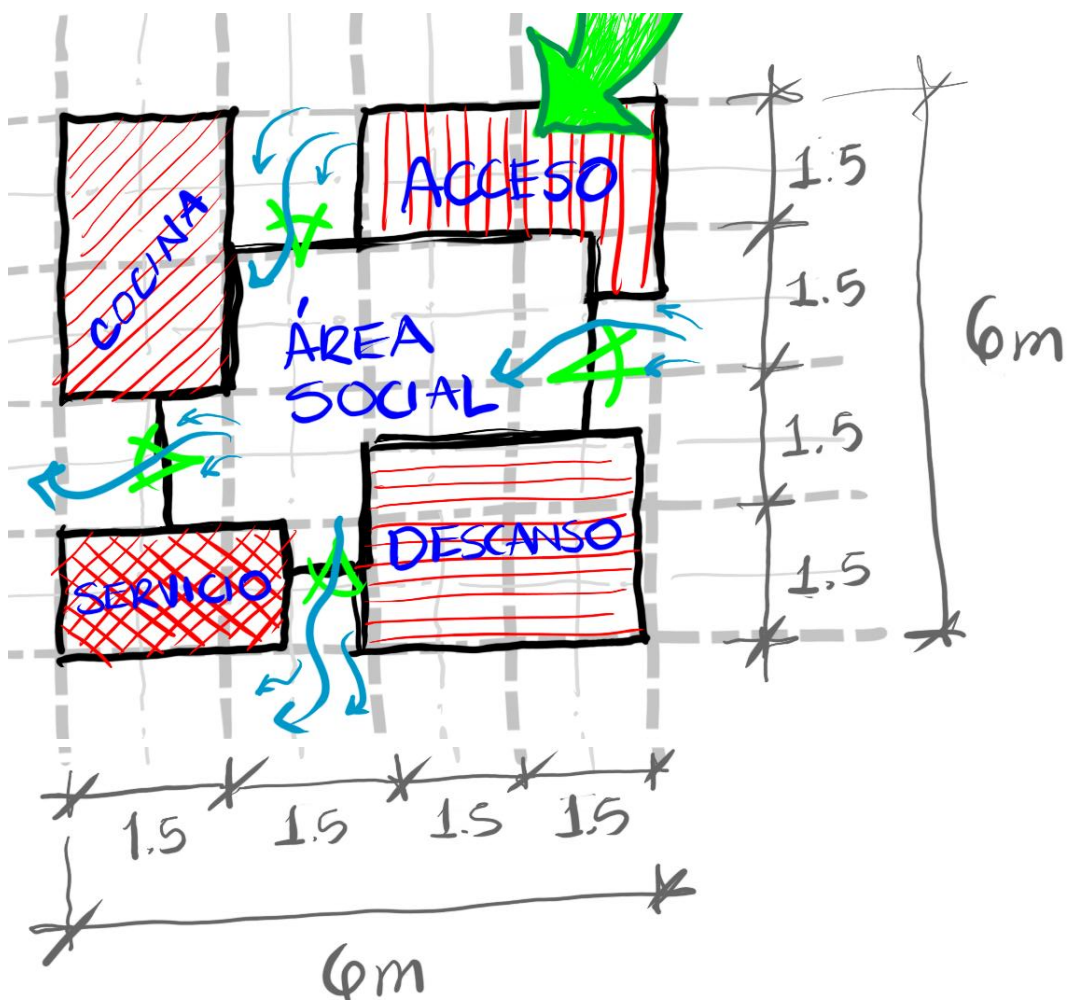


Ilustración 61 ZONIFICACIÓN 02 (MAE). Fuente: Elaboración propia

5.2.2. Adaptabilidad del Módulo – FORMA

Se han tomado en base a lo investigado y los parámetros antes acordados, una serie de decisiones técnicas para el diseño del MIAE. En la estructura de mismo, y basándose en la oferta existente en el mercado constructivo de Honduras, se ha determinado que el “esqueleto” del módulo se desarrolle en perfiles tubulares de acero laminado en frío, dispuestos sobre cimentaciones prefabricadas de dados de concreto. Desde estos dados de concreto, de 50x50x60 cms, se buscará que sirvan como elementos de cimentación repetibles, prefabricados, con medidas estandarizadas, hundidos a 50 cms sobre el nivel de rasante, o Nivel de Terreno Terminado. Dejando 10 cms de altura del dado expuesto, donde se ubicará en su cara un juego de pernos para su anclaje mecánico con pletinas de acero hacia cada una de las “columnas” de tubo metálico de 6x6 pulgadas.

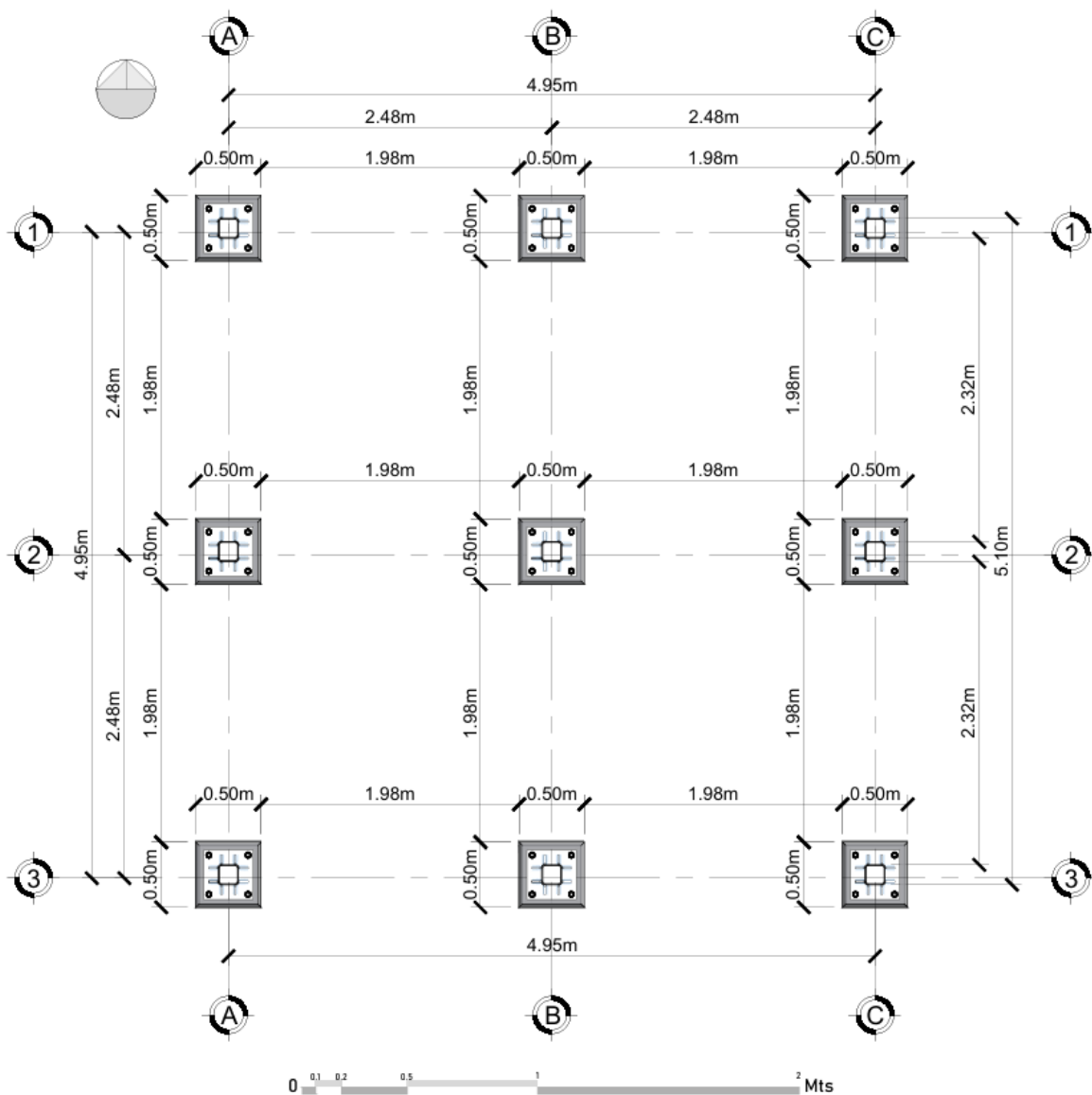


Ilustración 62 Planta de Cimentación. Fuente: Elaboración propia

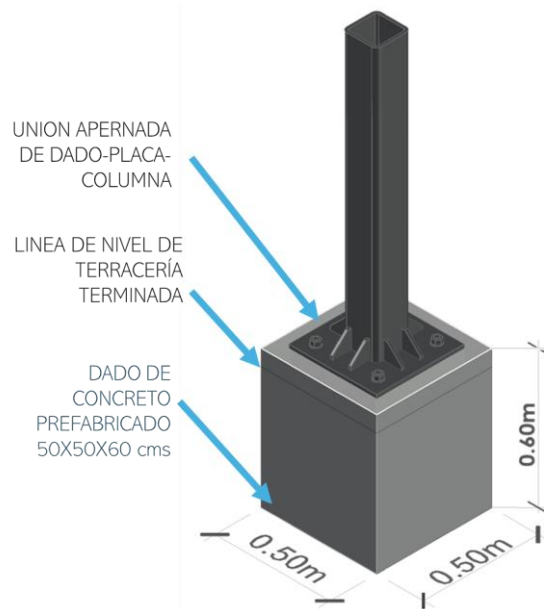


Ilustración 63 Dado de Concreto con Anclaje de Pernos. Fuente: Elaboración propia

Desde el arranque de estos dados, se planea una instalación de la perfilería para columnas, las cuales funcionan con placas apernadas a la superficie descubierta del cubo de concreto. Para la perfilería se utilizan Tubos Cuadrados de Acero laminado en caliente de 6x6 pulgadas, con largo variable. Esto debido que como se establecía en los criterios anteriores, la altura a escoger dependerá del factor de la irregularidad del terreno, tomando en cuenta su saturación de agua; y la altura que se deba ubicar el Nivel de Piso Terminado del mismo, pudiendo ser desde los 0.60 – 0.90 mts como arranque y altura para ubicación de vigas de cierre de 1.20 – 1.50 mts.

El módulo como se compone de 9 dados de concreto, con unión apernada, se ubican también los 9 tubos cuadrados que actúan como columnas. Desde este punto, y definidas las 9 “patas” del MIAE, se inicia una serie de ensamblajes apernados entre los diferentes perfiles para composición del entrepiso. Esta subestructura se compone de 3 vigas en un mismo sentido de orientación, dónde cada una “descansa” apernada sobre 3 de las 9 columnas cada una. Siendo estas si de un largo estandarizado de 4.95 mts, y ubicadas de manera que su unión por medio de pletinas soldadas en “L” y pernos de tracción M20x6 sean los encargados de poder ubicar y garantizar una correcta instalación de cada una de las 3 columnas y sus 3 puntos de apoyo para cada una.

Estas vigas primarias (V-1), sirven a su vez como base o “cama”, para la ubicación de las vigas secundarias (V-2), que son un modelo estándar también. Con un largo de 4.95 mts, estas se componen de un perfil Cuadrado de Acero laminado en caliente de 4x4 pulgadas, con taladros de ajuste para la colocación de un perfil angular L4x4 del mismo largo a cada costado. Componiéndose cada V-2 de un tubo cuadrado de 4x4 pulgadas, con dos perfiles angulares a cada costado apernados. Este elemento estructural, servirá como base para la instalación del suelo del MIAE. Y su separación entre cada una está distribuida a cada 0.45 mts entre sus ejes. Dejando espacio para que el MIAE pueda crecer en previsión del futuro, con la utilización del mismo módulo o sistema constructivo.

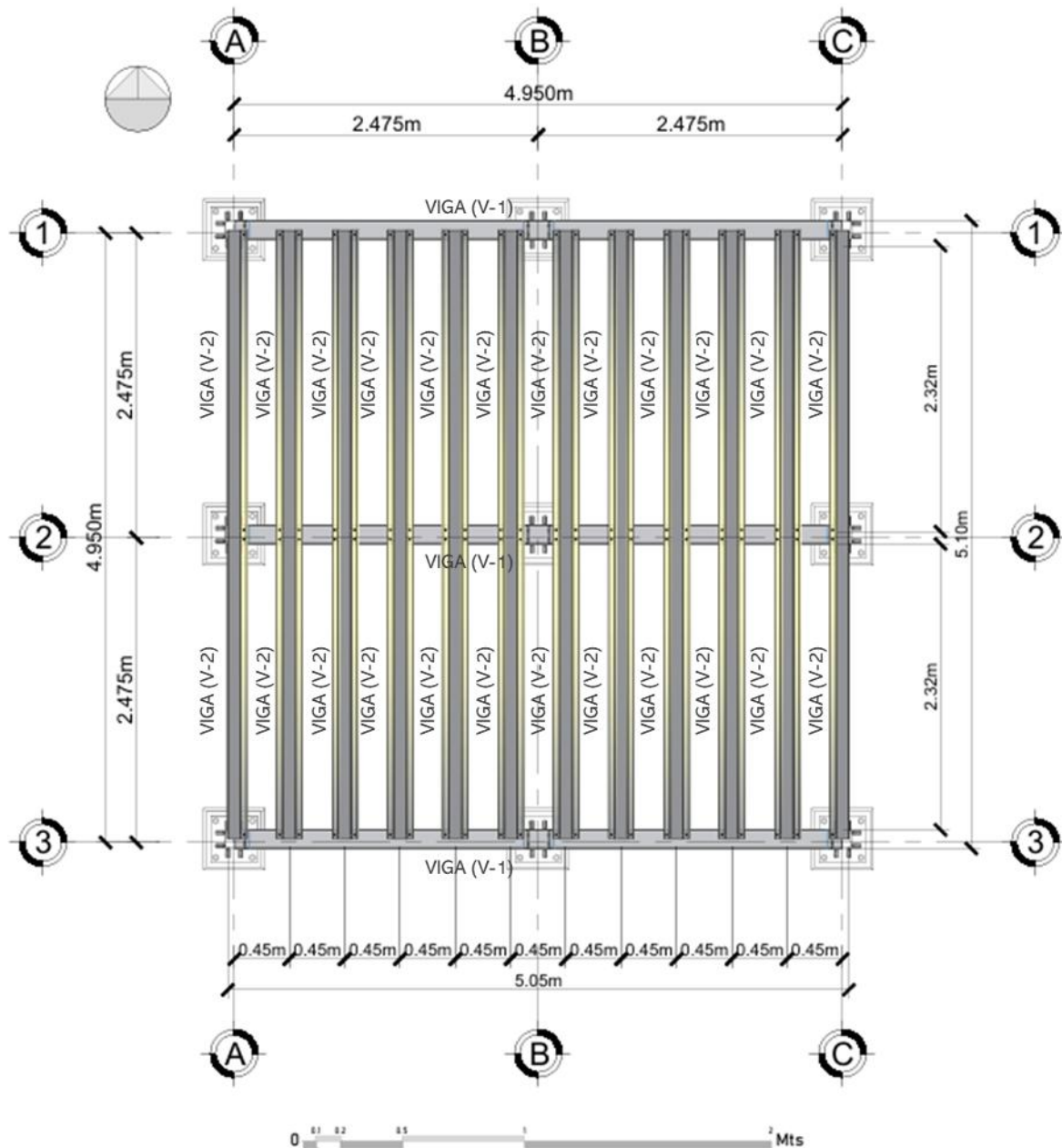


Ilustración 64 Planta de Entrepiso. Fuente: Elaboración propia

El entramado de la superficie base, es básicamente el esqueleto primario del módulo, del cual luego se busca apernar columnas o “castillos” siguiendo en línea el eje vertical de cada columna que viene desde la cimentación. Una vez se apernan entre sí, se cierra o confina el espacio con paneles Sándwich Fachada arquitectónica lisa, los cuales poseen un espesor de 50 mm de espesor. Este espesor se debe a que al poseer una transmitancia térmica (K) de $0.43 \text{ W/m}^2\text{K}$; se reduce notablemente la entrada de calor por conducción para el clima del verano tropical. Ya que, en la latitud de Honduras, el sol golpea verticalmente muy frecuentemente, el aislamiento térmico de poliuretano ayuda a que sea más eficiente el MIAE y no necesite de aires acondicionados o mayor que la ventilación cruzada que se propone.

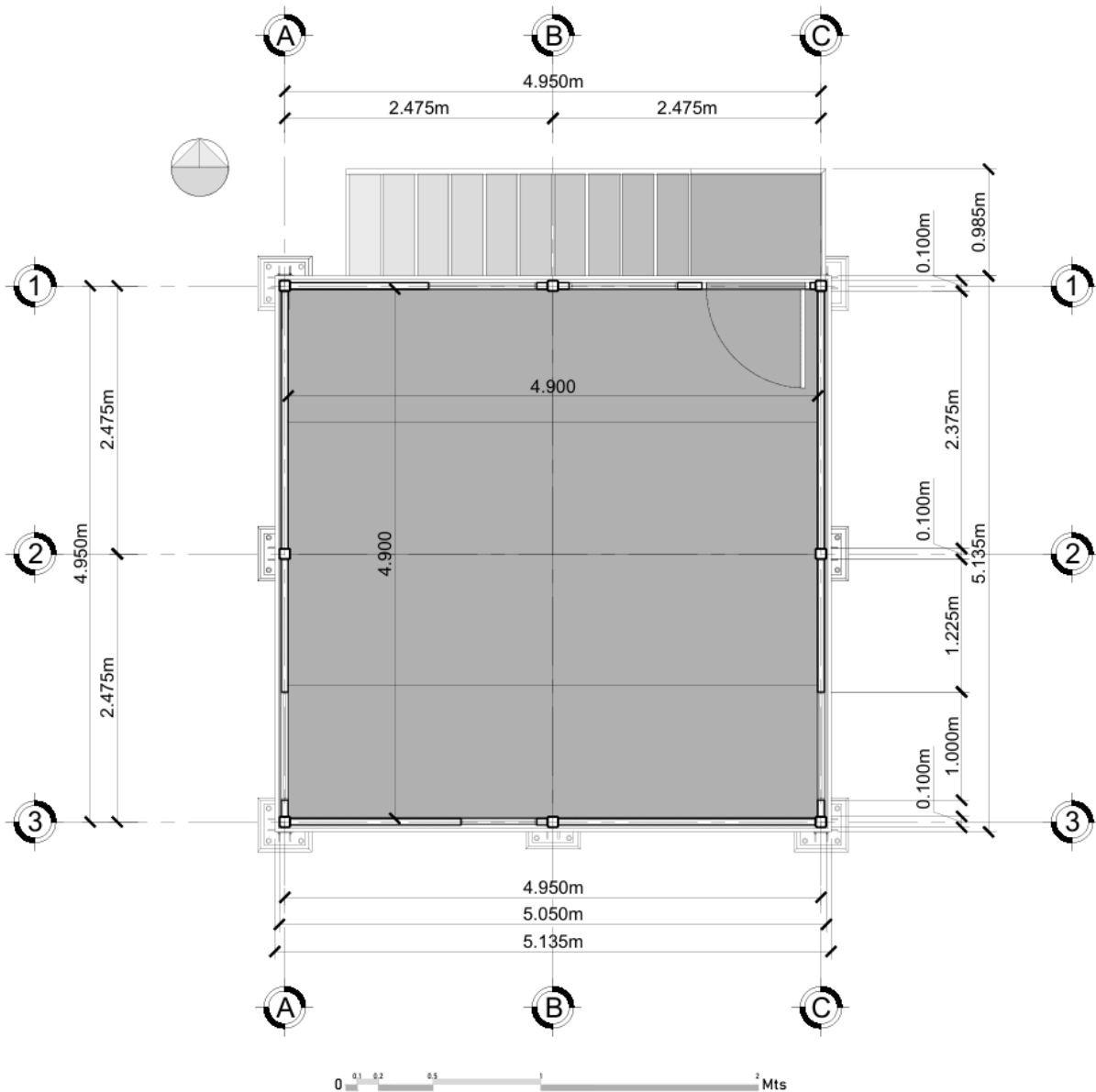


Ilustración 65 Módulo Base (Planta Arquitectónica). Fuente: Elaboración propia

En el sistema de entepiso, se compone como capa base sobre las vigas (V-2) tableros de Plywood Fenólico de 19mm (8x4'x3/4"), los cuales están fijados por tornillos auto perforantes. Para que la humedad por capilaridad y en el ambiente a la que se expondrá el módulo de plywood no sea dañina, se propone que los tableros se sellen con pintura bituminosa/impermeable. En cuestión de la acústica se, ubicará en las juntas y en los apoyos en las vigas (V-2), cintas de neopreno, para que no afecte el golpe del tablero al tubo hueco de las vigas donde descansa. A su vez, sobre el plywood, se prevé instalar una delgada lamina de aluminio reflexivo para que absorba el calor que puede tomar el tablero por el calor que puede circular bajo el MIAE, esta lamina serviría como "repelente" ante calor que pueda venir debajo de la estructura. Por encima de todo el sistema, como superficie pisable, se instalará sobre la lámina aluminio reflexiva y los tableros de plywood; un suelo vinílico de piezas machihembradas para disimule de las uniones de los tableros inferiores.

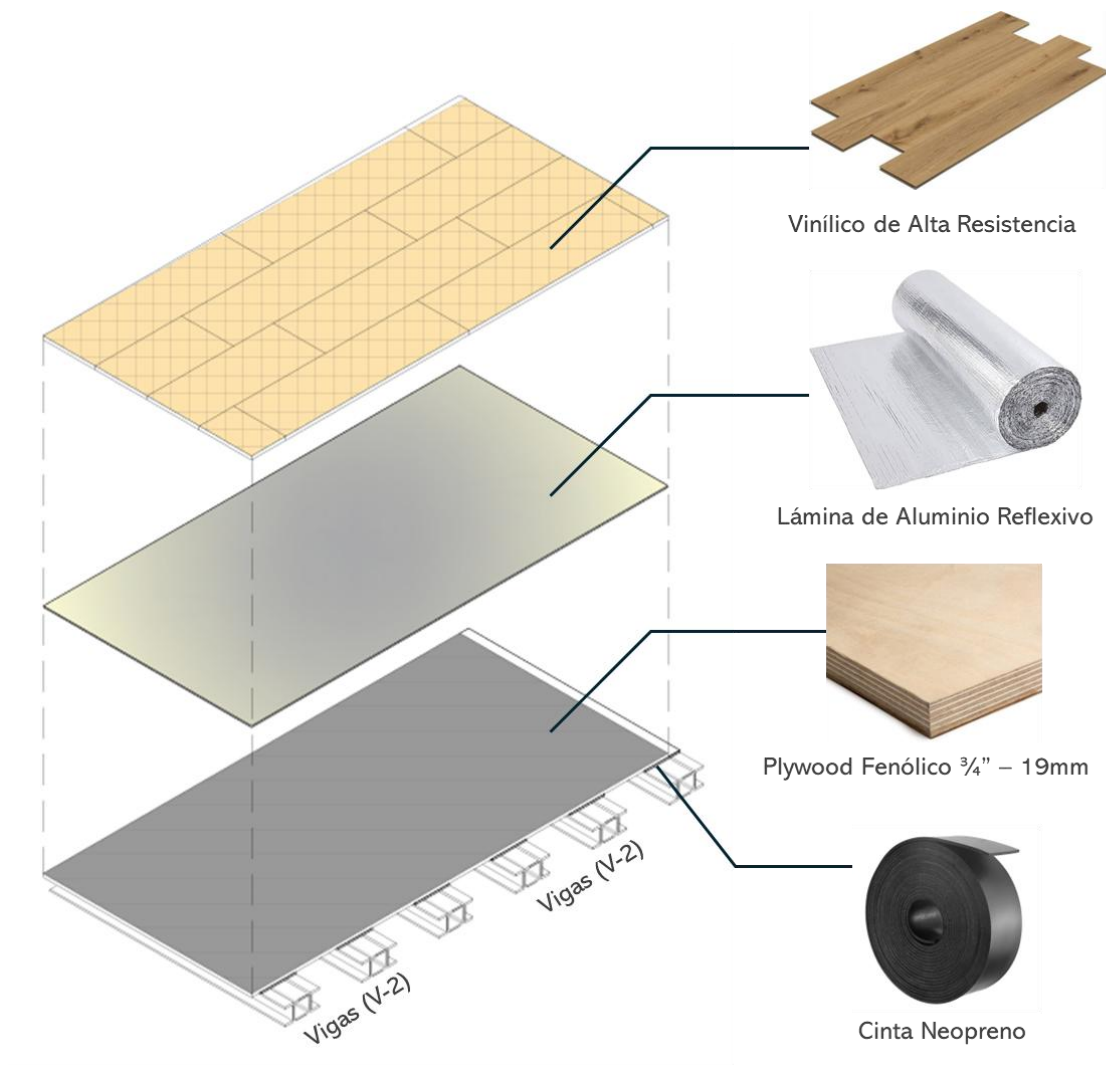


Ilustración 66 Detalle composición del módulo del suelo. Cada módulo de 8 x 4 pies. Fuente: Elaboración propia

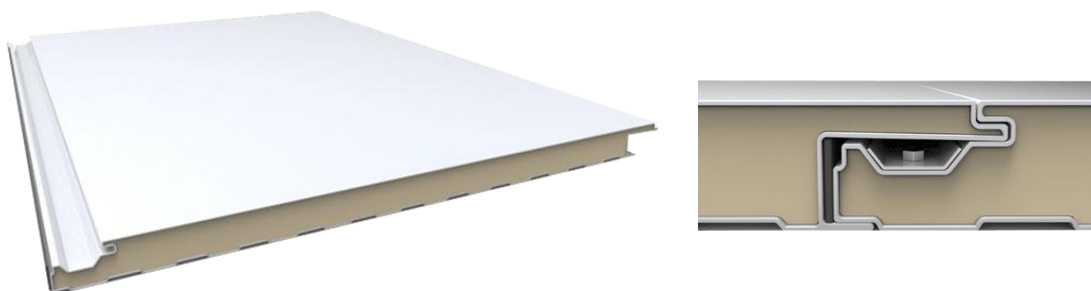


Ilustración 67 Panel sándwich de fachada arquitectónica y detalle de ensamble machihembrado. Fuente: Elaboración propia

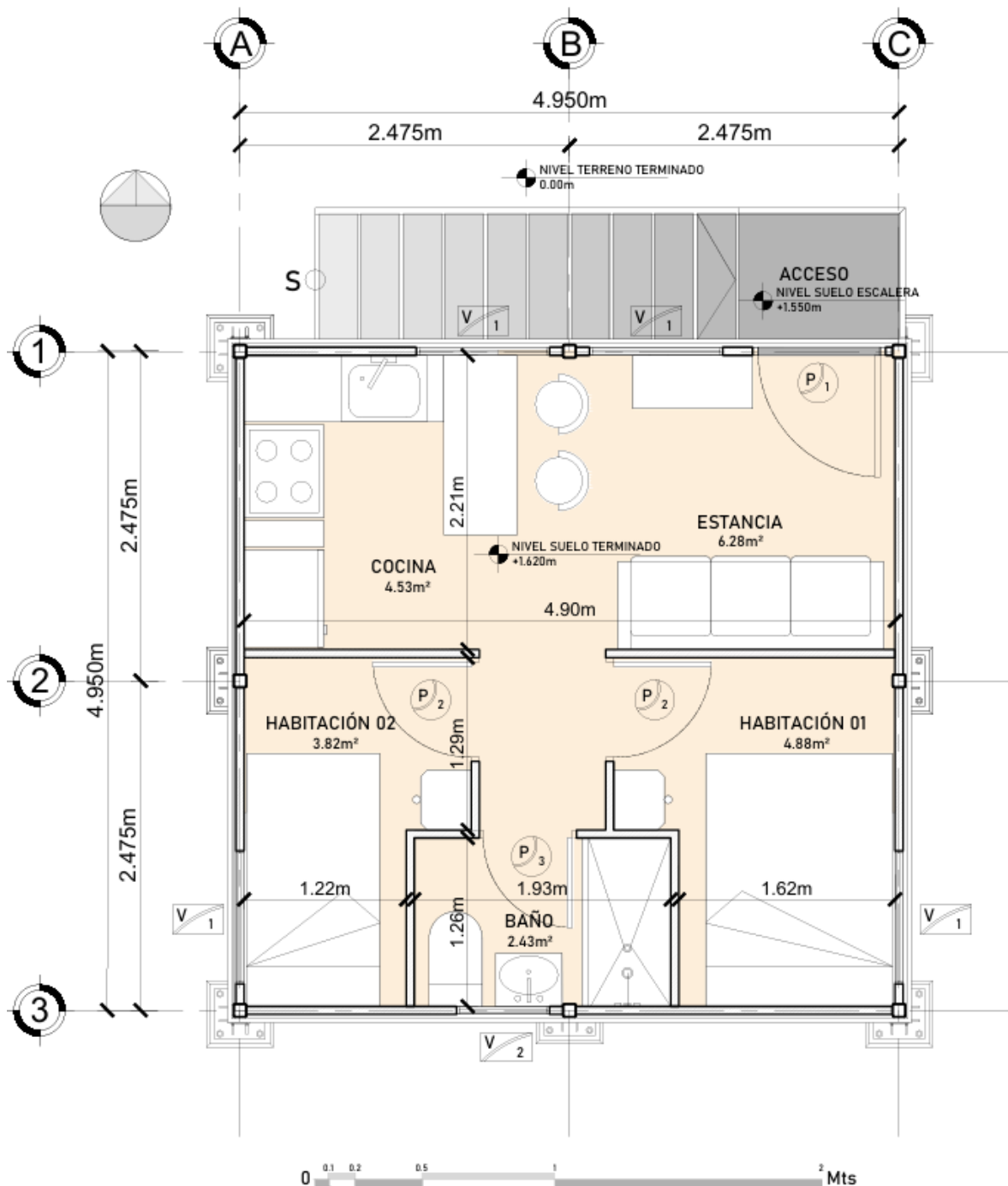


Ilustración 68 Módulo (Propuesta de Posible Planta de Distribución). Fuente: Elaboración propia



Ilustración 69 Ilustración del MIAE en verano. Fuente: Elaboración propia



Ilustración 70 Ilustración del MIAE en invierno. Fuente: Elaboración propia

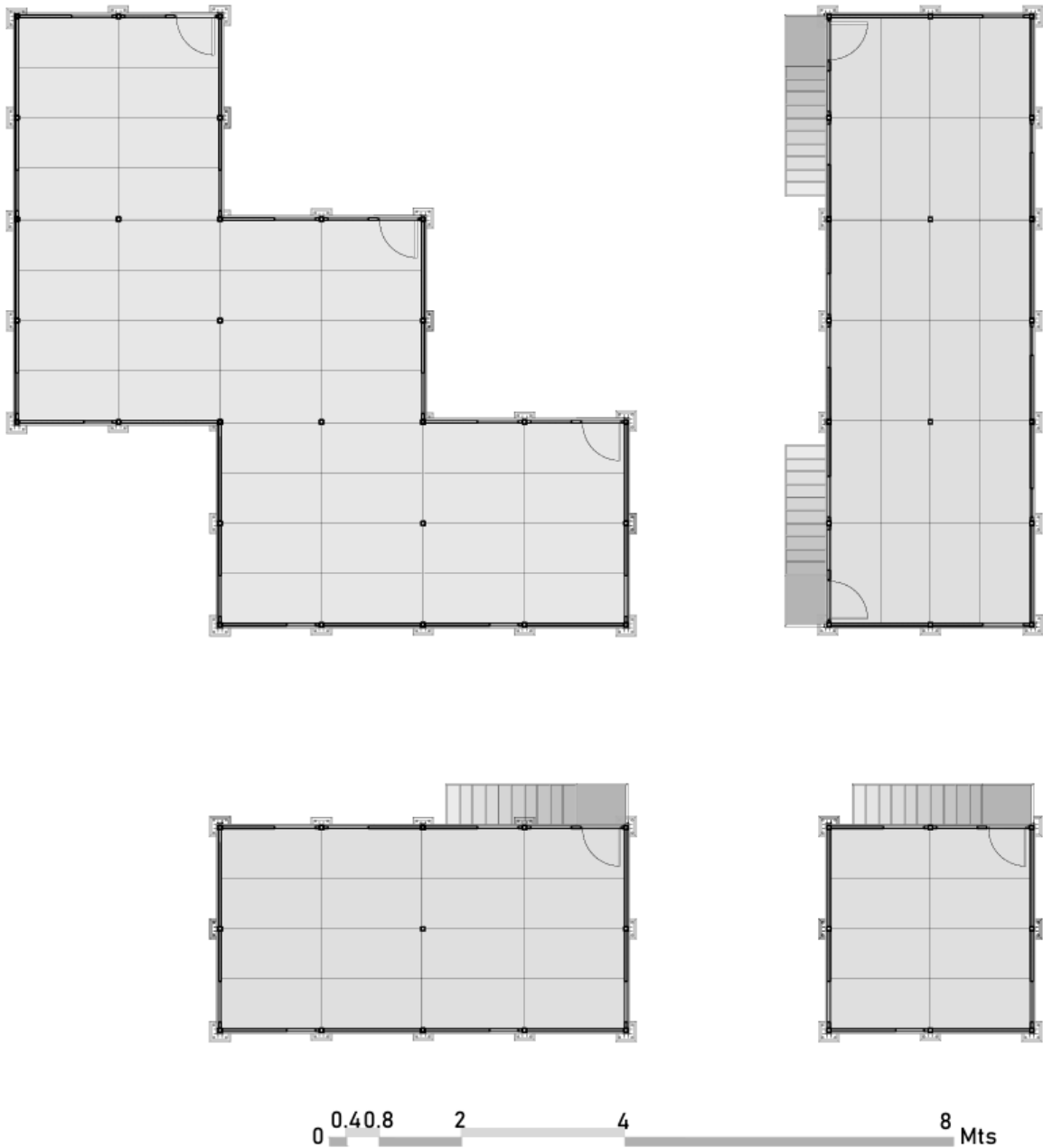


Ilustración 71 Concepto de Incrementabilidad en la combinación entre módulos. Fuente: Elaboración propia

Bajo el criterio de la "incrementabilidad", se establecen distintas posibilidades de hacer crecer el módulo en cualquier dirección. Las aberturas como ventanas y puertas se pueden abrir en sitio, gracias a la bondad del módulo de panel sándwich que se utiliza. Es a criterio según necesidades y orientaciones, la abertura de las ventanas y puertas, aunque se debe cumplir con los principios de superficie mínima de abertura para una correcta iluminación natural y paso correcto de ventilación cruzada dentro del módulo.

5.3. SISTEMA CONSTRUCTIVO Y ANÁLISIS DE MATERIALES

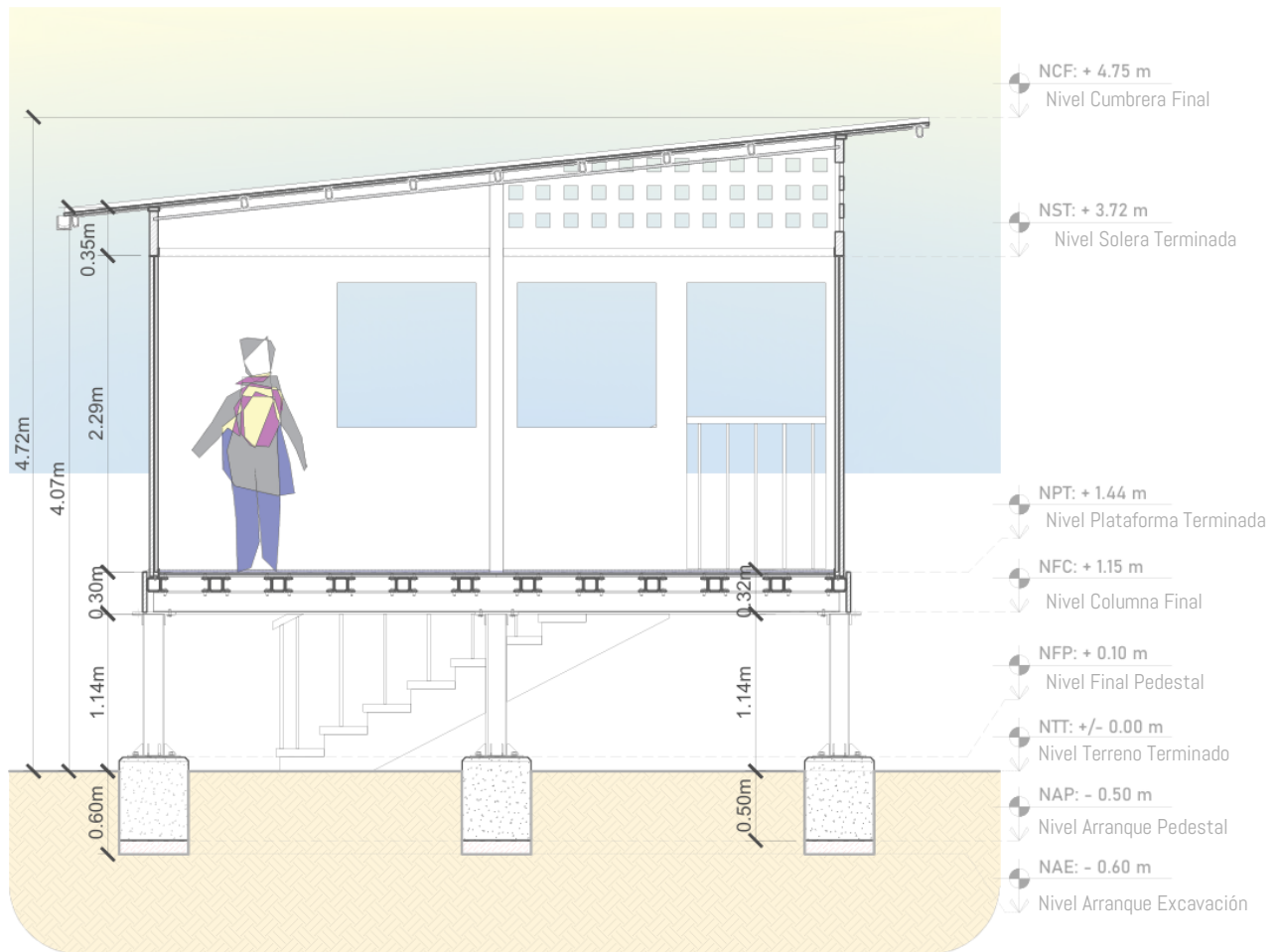


Ilustración 72 Sección Transversal del MIAE. Fuente: Elaboración propia

Como antes mencionado, se ha proyectado que el MIAE se produzca en fábrica, con componentes totalmente industrializados, bajo un sistema de ensambles metálicos con pernos, e instalación de cimientos, cerramientos y cubiertas prefabricadas. Esto se decidió con la intención de utilizar en menor medida los medios húmedos de edificación que usualmente trae la construcción tradicional.

Además, el utilizar perfilera de acero, trae consigo una mayor celeridad en el armado y construcción del Módulo, sin tener que utilizar de personal calificado como soldadores. El amperaje y taladrado de los componentes, se puede hacer con herramientas personales de uso mecánico (torquímetros) y eléctricos de batería (taladros inalámbricos), considerando sierras de disco para cortes en los paneles sándwich o de las láminas del módulo en el suelo o cubierta. La selección del sistema se debe a que se busca establecer un módulo que pueda resistir al tiempo, y tenga un mantenimiento bajo mientras funciona como una vivienda de emergencias, que puede ampliarse su vida hasta ser una de transición y hasta permanente.

5.3.1. Selección del Sistema Industrializado

En cuanto a la decisión del sistema constructivo final del MIAE, más que buscar una limpieza en estética, se eligió por ser una respuesta técnica estudiada ante las limitaciones logísticas y climáticas del norte hondureño. Por lo cual se utiliza un sistema de *Light Gauge Steel (LGS)*, que se traduce directamente como “Acero de Calibre Ligero”; sistema constructivo en alza que es ligero, rápido y utiliza perfiles de acero galvanizado delgados para su estructura principal. Combinando el LGS con capas o componentes de prefabricación 2D para el solado, cerramientos y aberturas, y la cubierta. Esta mezcla de estructuras industrializadas para su instalación y ubicación en sitio, más los componentes prefabricados 2D, crean que el MIAE funcione como un sistema industrializado mixto.

Esta elección se hace también en base a la filosofía del *Design for Manufacturing and Assembly (DfMA)*, que entre sus principales objetivos está el priorizar la ligereza (sin sacrificar la estabilidad y resistencia), la precisión al detalle (para evitar desperdicios e incertidumbre ante un error humano), y la capacidad de ser ensamblado con tornillería de alta resistencia y menor mantenimiento a largo plazo. Con la intención de eliminar las dependencias que suele haber con los métodos tradicionales de edificación por medio de procesos húmedos y soldaduras complejas que necesitan de personal calificado para uso de sus herramientas.

Durante la fase de diseño, se estimó el uso de contenedores marítimos (isocontenedores), para dar solución como estructura base para el MIAE. Si bien, mundialmente se les destaca como una opción rápida y de “reciclaje” de los contenedores; la experiencia bajo tutela administrativa del Estado de Honduras ha indicado en su pasado ser inviable, como se detalla en los informes del CNA (60). Existiendo el precedente de un proyecto habitacional reciente para las familias damnificadas por los Huracanes Eta e Iota en Tegucigalpa; “Lomas del Diamante”, dejando como evidencia histórica de como la pésima planeación, contratación dudosa, y procesos pocos transparentes pueden llevar al fracaso un proyecto de gran envergadura y a la vez sumiendo en peor condición a las familias afectadas y seleccionadas para habitar las viviendas que nunca se habilitaron. Este caso particular, ha dejado el estigma social en la población hondureña, sumándose a la opacidad de gestión de sus recursos, transformando al contenedor como vivienda de emergencias, como un intento fallido de gestión administrativa y símbolo de precariedad con promesas fallidas.

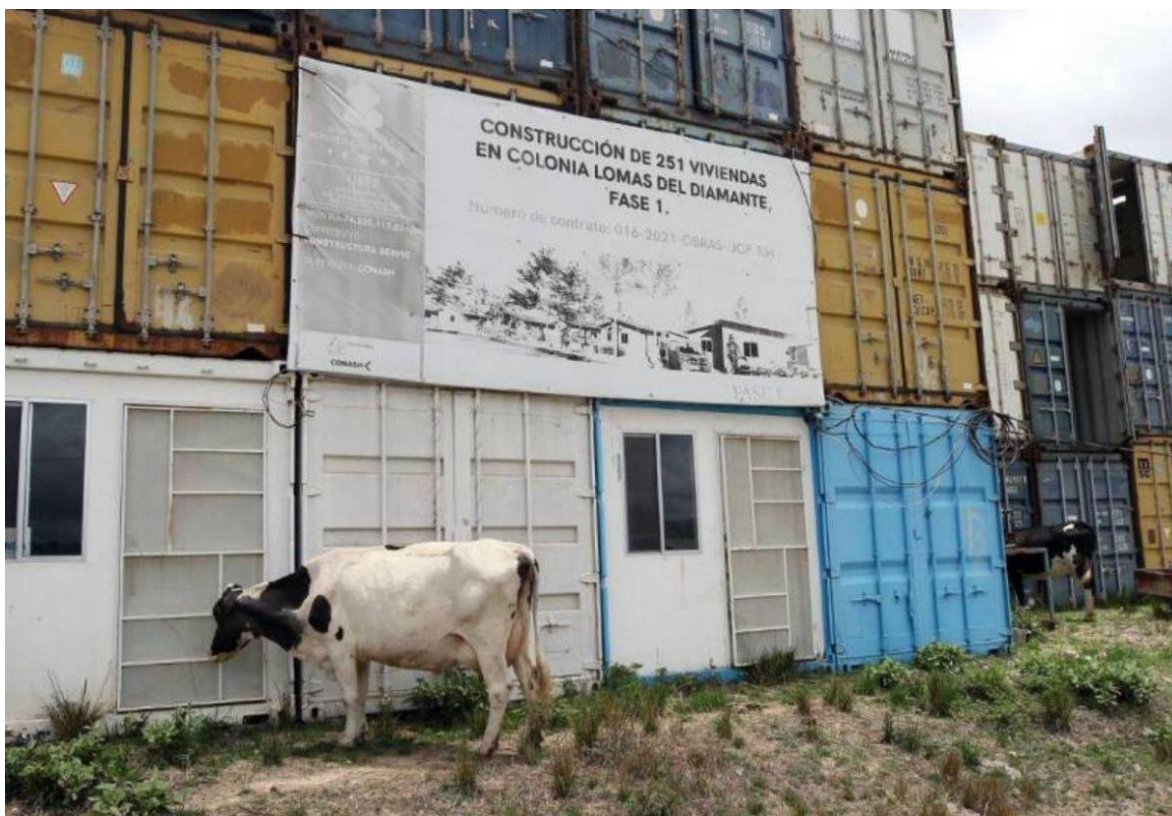


Ilustración 73 Estado de los contenedores en abandono de Lomas del Diamante (2025). Fuente: Diario El Heraldo (61)



Ilustración 74 Actualmente Lomas del Diamante se encuentra saqueada y en ruinas. Fuente: Diario El Heraldo (61)



Desde un punto de vista técnico y bioclimático, la utilización de contenedores marítimos es un sistema deficiente ante las dificultades que presenta para el clima húmedo tropical de Centroamérica. Pues al ser un gran “cajón de acero”, posee una inercia térmica demasiado alta, para épocas de verano y de altas temperaturas como el Valle de Sula y el litoral norte del país. Para poder corregir estas cualidades del contenedor, sería necesario realizar una gran inversión en capas de aislamiento y perforaciones estructurales que pueden vulnerabilizar su integridad. Mientras que por otro lado el MIAE propone desde sus objetivos primordiales y basándose en el Active House Protocol, en la búsqueda de un mayor confort higrotérmico de la población, utilizando componentes prefabricados ligeros y estéticos que no ponen en riesgo la estructura del módulo.

Considerándose de la ventaja logística de los ensambles y uso de pernos metálicos sobre un contenedor, hay muchas condicionantes en la geografía hondureña, que disponen que el traslado de contenedores a áreas más remotas sea extremadamente difícil. Estos posibles traslados, tendrían que requerir de camiones de gran tonelaje, grúas de alto alcance, y modificaciones en carreteras que posiblemente no estén en condiciones óptimas para su tránsito pesado posterior a un desastre natural. Por otro lado, el MIAE se ha ideado con la intención de desplegarse como un concepto flat-pack. Como un kit de componentes que puede ser manejado y transportado en vehículos ligeros y ensamblados de manera manual por cuadrillas de 3 o 4 personas. Produciendo una interrelación entre la comunidad afectada, que se traduce en una identidad comunitaria fundamentada en la resiliencia posterior a la crisis.

De igual manera, el sistema de uniones apernadas permite que la reversibilidad y escalabilidad sean factibles para cada módulo. Pues a diferencia de la rigidez de los contenedores, el MIAE, puede ser desmontado, trasladado y vuelto a armar con posibilidad de ser ampliado. Es por ello por lo que las conexiones mecánicas diseñadas en el módulo, permite que, si se llegase a superar la fase de emergencia crítica, y existiese la posibilidad de cada familia migrar a una vivienda permanente en mejores condiciones en cuanto a vulnerabilidad y exposición al riesgo; estas viviendas puedan desmontarse y almacenarse o reubicarse para otra eventualidad de emergencia. pudiendo ser utilizadas como módulos para donación y o venta a favor del Estado de Honduras, para uso en escuelas, clínicas itinerantes, u otros usos sociales.

Finalmente, la apuesta por el uso industrializado de elementos ligeros se alinea con el sector de la metalurgia que es muy importante para la economía hondureña, especialmente en el Valle de Sula, la cual se categoriza como la capital industrial del país. Donde también se ubican las principales industrias de producción de paneles y herramientas necesarias para su traslado e instalación. Indicando que la zona norte de país está más preparada para una arquitectura de ensambles inteligentes dando un salto cualitativo en la logística y producción de Honduras, basándose en soluciones compuestas por el confort higrotérmico y la eficiencia de un sistema constructivo diseñado para la realidad del país.

5.4. VIABILIDAD LOGÍSTICA PARA SU PRODUCCIÓN Y DESPLIEGUE EN HONDURAS

La viabilidad de producción del MIAE, se fundamenta en la histórica y gran infraestructura industrial que posee el eje norte de Honduras, con sede en el Valle de Sula. San Pedro Sula, funciona como centro neurálgico de la industria nacional, poseyendo las grandes plantas de fabricación de acero galvanizado y paneles termoacústicos. Este hecho sirve para garantía de una cadena de suministro inmediata, eliminando la dependencia de importaciones de alto costo al país. Además, que San Pedro Sula posee se encuentra de a 15 minutos en autopista desde poblaciones de alto riesgo de inundaciones antes mencionadas como Choloma y La Lima, pudiendo acoplarse en la ciudad y trasladarse en la emergencia en tiempo récord a las comunidades cercanas más propensas y afectadas. Reduciendo así los costos de gestión por desplazamiento y transporte de las unidades hacia sus destinos ante una posible declaración de emergencia por parte de COPECO.

A diferencia de las soluciones habitacionales más comunes o como los contenedores marítimos, el MIAE se ha diseñado bajo la ideología del flat-pack. Permitiéndose que todos los componentes del módulo (incluyéndose el esqueleto estructural, los paneles de suelo, cerramiento, y el kit de tornillería) sean posibles de transportarse en un paquete compacto. Pues en términos de eficiencia, un camión de plataforma estándar puede tener la capacidad de transportar alrededor de 2 a 3 paquetes de módulos. Optimizando la carga y actuando de manera rápida ante el escenario de carreteras con daños parciales, pudiendo dar la opción de usar vehículos de carga más pequeños para poder llevar por piezas o componentes a lugares de menos accesibilidad cercanas al valle. De igual manera la proximidad de San Pedro Sula, con Puerto Cortes (el histórico y principal puerto del norte de Centroamérica), ayuda a que también pueda ser embarcado y llevado por la costa hacia todo el litoral atlántico del país por vía marítima, siendo de gran ventaja para comunidades aisladas en la zona de mosquitia y el incomunicado departamento de Gracias a Dios.

El despliegue centralizado desde San Pedro Sula hacia las zonas aledañas e históricas por inundaciones establece que no sea necesario el uso de maquinaria pesada. Además, que por haber utilizado un sistema de cimentación basado en elementos de concreto prefabricados con pernos de rosca corrida para la instalación de pilotes a medida, permite que el MIAE pueda ser instalado sin necesidad de grandes y complejas excavaciones ni vertido de mezcla de concreto en el sitio. Acelerando el montaje estimado en entre 4 o 6 días por unidad. Y con la ventaja de que la sobrelevación de la plataforma del módulo permite que el nivel del suelo pueda ser regulado aun estando saturado o con lodo a consecuencia de las inundaciones. Creando una independencia técnica en cualidad de actuar para el día después de la tragedia en el sitio.

La viabilidad logística también engloba al factor humano y la participación de la comunidad en el armado de las unidades. El sistema de uniones mecánicas y la ligereza de los prefabricados para las caras del módulo permiten que sea ejecutado con mínimo 3 o 4 personas por unidad, utilizando herramientas básicas, bajo un manual detallado e ilustrado bajo la lógica de la metodología DfMA. Siendo una estrategia que



empodere a las comunidades damnificadas, dotándoles de cierta apropiación e identidad bajo la idea de la autoconstrucción, participando activamente en la reconstrucción de la vivienda. Poseyendo una capacidad de autogestión en el montaje que asegure un despliegue que no sea parado por falta de técnicos externos, pudiendo disminuir la brecha entre la transición del albergue temporal e improvisado hacia una vivienda de emergencia duradera y digna.

Desde la idea de un almacenamiento estratégico, el diseño modular del MIAE, permite que el Estado o las organizaciones pertinentes tengan un stock preparado de paquetes o “kits de emergencia” en centros logísticos regionales accesibles. Al ser un paquete de piezas y componentes apilables, se pueden almacenar de forma segura y protegida contra la corrosión, por la cualidad del acero galvanizado la pintura de poliéster. Al encontrarse en estos puntos de almacén y acoplo regionales, y bajo una correcta toma de decisiones en medidas ante la previsión de fenómenos hidrometeorológicos del Caribe, se permite que exista un despliegue de las unidades hacia donde se podrían ser necesarias con antelación antes de que sean abnegados los pasos y carreteras.

Por lo tanto, el MIAE demuestra ser una solución en conceptos de logística y traslado integral, que es adaptable ante la realidad geográfica, material y económica del país. Pudiéndose aprovechar su potencial industrial existente, transporte centralizado y optimizado desde San Pedro Sula, logrando un gran alcance en la extensión territorial de la zona estudiada para diseño del MIAE. La transición de un sistema de respuesta reactiva ante una respuesta preventiva que toma en cuenta el factor logístico y de mano de obra para la edificación de las unidades, establece un cambio de dirección en el panorama de la vivienda de emergencias ante fenómenos hidrometeorológicos para contextos como el de Honduras. Reduciendo así notablemente la vulnerabilidad y exposición habitacional que enfrentan cientos de miles de hondureños actualmente, formando una cultura de resiliencia ante los cada vez más devastadores fenómenos naturales que azoten al país.

5.5 CONCLUSIONES

En el anterior desarrollo del Capítulo 05, ha establecido que el MIAE representa una solución habitacional precisa y digna, que se fundamenta en datos como la realidad estadística del INE (2025), dónde se ha establecido un programa arquitectónico mínimo para albergar a familias de 4 a 5 personas por módulo. Contrarrestando así las estadísticas de hacinamiento del parque de viviendas actual del país. Proponiendo un esquema que se basa en la integridad de estándares internacionales de salud y habitabilidad. Desplazando también la idea de viviendas de emergencias de soluciones rígidas o inadecuadas como los contenedores marítimos (cuyo fracaso estableció una visión social de negación en la población hondureña) para soluciones ante la problemática habitacional posterior al desastre natural. Apostando por un acercamiento a la comunidad para su aceptación bajo criterios de autoconstrucción y apropiación del espacio perdido.



Desde un punto de vista estructura y bioclimático, la selección de componentes prefabricados como el panel sándwich de poliuretano de 50mm de espesor y el criterio de la sobrelevación (entre 0.60 – 1.50 mts) permite que el MIAE se adapte a las necesidades que el medio expone, creando una determinación en materia de resiliencia para la comunidad. La implementación de cimentaciones mediante dados de concreto y excavaciones poco profundas, como base para una plataforma elevada, con suelos por capas, facilita el flujo hídrico bajo la estructura, eliminando así potencial humedad por capilaridad. Pudiéndose alinear con el Active House Protocol, creando la imagen del MIAE más allá como una respuesta temporal y puntual ante la emergencia, sino que también como una unidad capaz de crecer y replicarse según sean las necesidades en la línea temporal post desastre. Siendo capaz de ser seguro y saludable en materia de temperaturas internas, iluminación natural y flujo continuo de aire dentro del módulo, aún bajo el calor extremo propio del litoral atlántico de Honduras.

La viabilidad logística del proyecto se basa en el aprovechamiento de la infraestructura industrial y metalúrgica que actualmente existen en el eje norte del país, dando cabida a la producción local y eliminando en mayor medida la importación de suplementos del exterior. La metodología DfMA aplicada con el formato flat-pack, optimiza rápidamente el transporte pudiéndose movilizar más de una unidad por transporte y traslado. Con la intención de multiplicar así el impacto de despliegue en escenarios de crisis con posibles vías de comunicación aisladas y comprometidas. Sumándose a la simplicidad y teoría de las uniones mecánicas y apernadas del módulo desde sus pilares, permitiéndose que la propia comunidad sea la encargada de edificar su propio hábitat. Creando un vínculo con la construcción y acelerando la recuperación psicológica y social de los más afectados.

El MIAE se consolida como un sistema arquitectónico integral que trasciende más allá de una respuesta reactiva que históricamente se ha ejecutado en Honduras ante estos fenómenos naturales. El integrar la eficiencia industrial con el cumplimiento marcado de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), permite que el proyecto tenga una ruta técnica encaminada hacia una modernización de la gestión de riesgos del país. Combinando lo mejor de la tecnología de edificación, logística de precisión, material y producción de la zona, y un centrado énfasis en la recuperación social, psicológica, y personal del usuario final. Siendo capaz de transformar la percepción negativa de una vivienda de emergencia como deficiente e inhabitable de la sociedad, por un habitáculo que sustituye la improvisación y se centra en la recuperación humana y digna de las comunidades afectadas desde la arquitectura y la resiliencia habitacional.

6. CAPÍTULO 06: CONCLUSIONES

6.1. CONCLUSIONES sobre el MÓDULO ARQUITECTÓNICO INDUSTRIALIZADO en HONDURAS

La presente investigación exhibe una vulnerabilidad en Honduras ante los fenómenos hidrometeorológicos que cada vez son más potentes y recurrentes; exigiendo una transición más inmediata de la actual respuesta reactiva, e improvisada hacia una respuesta más preventiva y planificada desde el ámbito arquitectónico, industrializado y logístico. Sabiendo que posterior a los hechos de Eta e Iota, se ha evidenciado que, en Honduras, es muy difícil que se resuelvan las crisis habitacionales con soluciones genéricas con deficiencias administrativas. La comprensión y la concientización de la profunda realidad del cambio climático y social, es clave para poder definir una arquitectura de emergencias que pueda ser exitosa en el contexto hondureño actual. Éxito que se amarra del priorizar diseños que cubran necesidades reales de las comunidades afectadas que buscan reivindicarse desde la humanidad y dignidad habitacional.

Desde el ámbito metodológico, la introducción de filosofías como el *Build Better Back*, el *Design for Manufacturing Assembly*, y los principios de la modularidad; consolidan una dirección más eficiente en los tiempos de crisis que necesitan de gestiones precisas entre distintos sectores para poder llevar un producto de calidad a los más afectados. El concebir la vivienda propuesta como un paquete de piezas, componentes ligeros y estandarizados, conducen al MIAE a una reducción de desperdicios materiales y uso de menor cantidad de personal y herramientas técnicas para su construcción. Bajo el enfoque de garantizar la precisión técnica de la industria hondureña, y la reconstrucción con las propias manos de los damnificados. Criterio que dota de una participación activa en el proceso de autoconstrucción de la comunidad para el bienestar de su hábitat, actuando como motor de resiliencia social.

Estableciéndose criterios de diseño basándose en estándares internacionales y de confort higrotérmico; el MIAE proporciona esa seguridad del uso del espacio en el caluroso litoral atlántico de Honduras. Utilizando combinaciones de sistemas de *Acero Ligero* y tornillería, y módulos industrializados y prefabricados para crear un módulo armable, replicable, incrementable y movable. Con criterios de elevación sobre rasante para ser armado horas posteriores a que disminuyan las aguas luego de un desastre natural como un huracán o una riada. Soluciones que se acoplan a las condiciones del sitio, y el contexto bioclimático, con la intención de cumplir con los principios del *Active House Protocol*. Consiguiendo una vivienda temporal que no compromete la salud ni el bienestar de sus usuarios, aún y cuanto esta vivienda tuviese que ser habitada en un largo plazo.

Finalmente, desde el punto de vista de su viabilidad logística, el modelo está sujeto a la importante capacidad industrial que ofrece el eje norte de Honduras, pudiendo servir como un foco de producción local, mejorando la economía de la región. El uso de estrategias como el flat-pack, ubican el módulo como una solución óptima para su despliegue para transportar ayuda digna de manera masiva a donde sea necesario. El MIAE más que ser una propuesta arquitectónica, es un sistema integral que en base con los Objetivos de Desarrollo Sostenible antes mencionados, busca ofrecer una herramienta técnica y humana para hacer frente a los nuevos desafíos del cambio climático con dignidad, transparencia, e ingenio. 🏡

BIBLIOGRAFÍAS y REFERENCIAS

1. Dame UoN. Honduras | ND-GAIN Index. University of Notre Dame, Notre Dame Global Adaptation Initiative; s.f.
2. USAID. Climate Change Risk Profile: Honduras. United States Agency for International Development. New York, NY 10017: USAID - UNDP, International Institute for Sustainable Development (IISD); 2017.
3. Comisión Económica para América Latina y el Caribe. Honduras: Evaluación de los daños ocasionados por el huracán Mitch, 1998. México, D.F.: Naciones Unidas, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL); 1999. Report No.: LC/MEX/L.367.
4. Banco Mundial. Gestión de riesgos de desastres naturales en Honduras: Notas de política para la reducción de la vulnerabilidad. Washington, D.C: Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento / Banco Mundial; 2010.
5. Instituto Nacional de Estadística (INE). LXXIX Encuesta Permanente de Hogares de Propósitos Múltiples 2023. Tegucigalpa: Instituto Nacional de Estadística; 2024.
6. Comisión Económica para América Latina y el Caribe. Honduras: efectos socioeconómicos de los huracanes Iota y Eta. Tegucigalpa: Naciones Unidas; 2021.
7. Banco Mundial. Population living in slums (% of urban population) - Honduras. Washington, D.C.: World Bank Data; 2020.
8. National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). Mitch 1998 track. [Online].; 1998. Available from: https://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Mitch_1998_track.png.
9. Universidad Nacional Autónoma de Honduras (UNAH). Huracán Mitch dejó 4 billones de pérdidas económicas y impacto de 50 años de desarrollo. [Online].; 2023. Available from: <https://blogs.unah.edu.hn/dircom/huracan-mitch-dejo-4-billones-de-perdidas-economicas-y-impacto-de-50-anos-de-desarrollo/>.
10. El Mundo. Mitch: el huracán que borró Centroamérica. [Online].; 2018. Available from: [Mitch: el huracán que borró Centroamérica](#).
11. USAID/Honduras. Informe final de la asistencia de emergencia para la reconstrucción de viviendas post-Mitch. Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional, Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional; 1999.

12. International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies (IFRC). Honduras 1998 - Hurricane Mitch - Transitional shelter. Ginebra: International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies (IFRC), Shelter Project; 2008.
13. Susmit CS. Story of Choluteca Bridge with a message: Adaptation ensures survival. [Online].; 2020. Available from: <https://medium.com/@susmitcs/story-of-choluteca-bridge-with-a-message-adaptation-ensures-survival-725886264460>.
14. National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). Matthew 2010 track. [Online].; 2010. Available from: https://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Matthew_2010_track.png.
15. National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). Agatha 2010 track. [Online]. Available from: https://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Agatha_2010_track.png.
16. Diario La Prensa. Honduras: Tegucigalpa, un día después de Agatha. [Online].; 2010. Available from: <https://www.laprensa.hn/honduras/honduras-tegucigalpa-un-dia-despues-de-agatha-ORLP499456>.
17. Observatorio de Desarrollo Social - SEDESOL. Mapa Histórico de Inundaciones Causadas por los Huracanes ETA e IOTA (2020) en Honduras. [Online].; 2024.
18. O. M. Climate crisis core to future global conflicts over water and migration, US analyses find. [Online].; 2021. Available from: <https://www.theguardian.com/environment/2021/oct/21/climate-crisis-conflicts-water-migration-us-analyses>.
19. UNICEF. El impacto de los huracanes Eta e Iota en Centroamérica. [Online].; 2020. Available from: <https://www.unicef.org/lac/comunicados-prensa/huracan-eta-iota-unicef-hace-llamamiento-por-us42.6-millones-para-prestar-asistencia-humanitaria-en-centroamerica>.
20. Diario El Heraldo. Construirán nuevas viviendas a familias pobres de Choluteca. [Online].; 2014. Available from: <https://www.elheraldo.hn/honduras/construiran-nuevas-viviendas-a-familias-pobres-de-choluteca-KJEH734178>.
21. Lakhani N PTAD. 'This was worse than Eta': hurricane Iota brings repeat destruction to Honduras. [Online].; 2020. Available from: <https://www.theguardian.com/world/2020/nov/19/this-was-worse-than-eta-hurricane-iota-brings-repeat-destruction-to-honduras>.
22. TV San Marcos. Fotografía aérea de la catástrofe de Antigua Ocotepeque 1934.; 2024.

23. Antigua Ocotepeque. Un día en la historia de Ocotepeque: el 7 de junio de 1934. Antigua Ocotepeque; 2020.
24. Proceso Digital. Proceso Digital. [Online].; 2024. Available from: <https://proceso.hn/se-desborda-el-rio-marchala-en-ocotepeque-deja-inundaciones-y-varias-familias-evacuadas/>.
25. Diario La Tribuna. Se cumplen 50 años del paso del huracán Fifi, que dejó unos 10,000 muertos en Honduras. [Online].; 2024. Available from: <https://www.latribuna.hn/2024/09/21/se-cumplen-50-anos-del-paso-del-huracan-fifi-que-dejo-unos-10-000-muertos-en-honduras/>.
26. Honduras.com. Municipio de Nueva Morolica, departamento de Choluteca. [Online].; 2024. Available from: <https://www.honduras.com/aprende/historia/geografia/municipio-nueva-morolica-departamento-de-choluteca/>.
27. Agencia Anadolu (AA). Se esperan deslizamientos y ríos desbordados tras paso del huracán Iota en Honduras y Nicaragua. [Online].; 2020. Available from: <https://www.aa.com.tr/es/mundo/se-esperan-deslizamientos-y-r%C3%ADos-desbordados-tras-paso-del-hurac%C3%A1n-iota-en-honduras-y-nicaragua-/2049867>.
28. UNHCRACNUR (UNHCR). Shelter Cluster. [Online].; 2024. Available from: <https://www.unhcr.org/af/about-unhcr/clusters/shelter-cluster>.
29. Grisgraber D. The difference a market makes: the case of Syrian refugee camps in Jorda. [Online].; 2016. Available from: <https://www.refugeesinternational.org/the-difference-a-market-makes-the-case-of-syrian-refugee-camps-in-jordan/>.
30. Diario El Herald. Familias afectadas por tormentas Eta e Iota viven en casas sin terminar; Gobierno abandonó proyectos. [Online].; 2024. Available from: <https://www.elheraldo.hn/elheraldoplus/investigaciones/familias-afectadas-tormentas-eta-iota-viven-casas-sin-terminar-gobierno-abandono-proyectos-AH17543289>.
31. Lines R, Faure Walker JP, Yore R. Progression through emergency and temporary shelter, transitional housing and permanent housing: A longitudinal case study from the 2018 Lombok earthquake, Indonesia. International Journal of Disaster Risk Reduction. 2022 Jun; 75.
32. da Silva J. Quality and standards in post-disaster shelter. The Structural Engineer. 2007 Jul 17.
33. Foro de la Historia / INAH. Arquitectura Puuc: la joya de Mesoamérica. [Online].; 2024. Available from: <https://forodelahistoria.com/arquitectura-puuc-mesoamerica/>.
34. Eurocasas. Historia de la construcción prefabricada. [Online].; 2024. Available from: <https://eurocasas.com/historia-de-las-construccion-prefabricada/>.

35. Le Corbusier JP. Œuvre Complète Volume 1, 1964. [Online].; 1914. Available from: https://www.researchgate.net/figure/The-Dom-ino-Skeleton-Source-Le-Corbusier-Jeanneret-P-1964-Œuvre-Complete-Volume_fig3_376723038.
36. Barber DA. Modern Architecture and Climate: Design before Air Conditioning. [Online].; 2020. Available from: <https://press.princeton.edu/books/ebook/9780691204949/modern-architecture-and-climate-0>.
37. Jung HT. Kenneth Frampton, Modern Architecture: A Critical History. Ardeth. 2023; 10.
38. Ballent A. MANFREDO TAFURI: DESDE ESPAÑA. Astragalo. 2021 Sep 1; 1.
39. Proa Arquitectura. La vivienda económica y digna está en PROA. [Online].; 2024. Available from: <https://proaarquitectura.co/la-vivienda-economica-y-digna-esta-en-proa/>.
40. El País. Le Corbusier: el hombre que inventó la casa moderna ya es patrimonio de la humanidad. [Online].; 2016. Available from: https://elpais.com/cultura/2016/07/17/actualidad/1468751603_457464.html.
41. The Guardian. Pod living: the rise, fall and rebirth of Tokyo's Nakagin Capsule Tower. [Online].; 2025. Available from: <https://www.theguardian.com/artanddesign/2025/jul/07/pod-living-nakagin-capsule-tower-tokyo-architectural-marvel-penthouse>.
42. A. P. AD Classics: The Dymaxion House / Buckminster Fuller. [Online].; 2023. Available from: <https://www.archdaily.com/401528/ad-classics-the-dymaxion-house-buckminster-fuller>.
43. Sadeghi, H, Cheung CM, Yunusa-Kaltungo A, Manu P. A systematic review of occupational safety and health in modular integrated construction. Safety Science. 2025; 189.
44. Gong T, Yang J, Hu H, Xu F. Construction Technology of Off-Site Precast Concrete Buildings. Frontiers of Engineering Management. ; 2: p. 122.
45. Kamali M, Hewage K, Milani AS. Life cycle sustainability performance assessment framework for residential modular buildings: Aggregated sustainability indices. Building and Environment. 2018 Jun 15; 138.
46. Shahzad WM, Reddy SM, Kahandawa R, Bamidele Rotim JO. Benefits, constraints and enablers of modular offsite construction (MOSC) in New Zealand high-rise buildings. Engineering, Construction and Architectural Management. 2024 Nov 14; 31(10).
47. Palou MyC/O. La complejidad del análisis de estructuras industrializadas con CLT (Parte II): Las herramientas. [Online].; 2021. Available from: <https://maderayconstruccion.com/la-complejidad-del-analisis-de-estructuras-industrializadas-con-clt-parte-ii-las-herramientas/>.

- 
48. Montazeri S, Lei Z, Odo N. Design for Manufacturing and Assembly (DfMA) in Construction: A Holistic Review of Current Trends and Future Directions. *Buildings*. 2024 Jan 1; 14(1).
 49. Widanage C, Kim KP. Integrating Design for Manufacture and Assembly (DfMA) with BIM for infrastructure. *Automation in Construction*. 2024 Nov 1; 167.
 50. Cronotopos. Viviendas prefabricadas Zaragoza. [Online]. Available from: <https://www.cronotopos.es/viviendas-prefabricadas-zaragoza/>.
 51. Villa SB, de Bortoli KCR, Oliveira LV. Resilient House Evaluation Matrix: Attributes and Quality Indicators for Social Housing. *Buildings*. 2025; 15(5).
 52. Alliance AH. Active House Specifications: Third edition. 3rd ed. Bruselas: Active House Alliance; 2020.
 53. Asociación Esfera. El manual Esfera : carta humanitaria y normas minimas para la respuesta humanitaria. Cuarta ed. Suiza: Asociación Esfera; 2018.
 54. The Corten Co. TCC-90-S. [Online].; s.f.. Available from: <https://thecortenco.com/catalogo/tcc-90-s>.
 55. The Corten Co. TCC 90 C_M. [Online].; s.f.. Available from: <https://thecortenco.com/catalogo/tcc-90-m/>.
 56. Bellomo M, Colajanni S, Saeli M. Emergency Architecture: Application of the Active House Protocol for the Indoor Comfort Prediction in Post-Disaster Shelters. *Sustainability*. 2025; 17(5).
 57. Romanello M, Napoli Cd, Green C, Kennard H, Lampard P, Scamman D, et al. The 2023 report of the Lancet Countdown on health and climate change: the imperative for a health-centred response in a world facing irreversible harms. *The Lancet*. 2023 Dec 16; 402: p. 2346-2394.
 58. Lima CAS, de Souza RS, Kaufmann Almeida A, Kaufmann de Almeida I. Economic feasibility of a rainwater harvesting system in a residential condominium in the Brazilian Midwest. *International Journal of Sustainable Engineering*. 2021; 14(6).
 59. Neufert E. Arte de proyectar en arquitectura. 16th ed.: Editorial Gustavo Gili.; 2013.
 60. Unidad de Investigación AySdC(. LAS VIVIENDAS CONTENEDORES. Tegucigalpa: CONSEJO NACIONAL ANTICORRUPCIÓN, Unidad de Investigación, Análisis y Seguimiento de Casos (UIASC) ; 2022.
 61. Diario El Heraldo. Invasión de casas contenedores en Lomas del Diamante: un millonario proyecto fallido. [Online].; 2024. Available from:



<https://www.elheraldo.hn/elheraldoplus/investigaciones/invasion-casas-contedores-lomas-diamante-ip-ucp-DJ25975798>.

62. e.V. G. Germanwatch. [Online]. Bonn; 2025. Available from:

<https://www.germanwatch.org/en/cr>.

63. BBC News. The storm, hurricane and cyclone names that have been retired and why. [Online].;

2016. Available from: <https://www.bbc.com/news/newsbeat-37259556>.

64. QW. QS. ; [Online].S [cited SQ.

65. UN Org. La Asamblea General adopta la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. [Online].;

s.f.. Available from: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/2015/09/la-asamblea-general-adopta-la-agenda-2030-para-el-desarrollo-sostenible/>.

ÍNDICE de ILUSTRACIONES

Ilustración 2 Objetivos de Desarrollo Sostenible ONU - Agenda 2030. Fuente: UN.ORG (65)	15
Ilustración 3 Ubicación de Honduras en América. Fuente: Elaboración propia a partir de imágenes de Google Earth.....	16
Ilustración 4 Ubicación de Honduras en América Central. Fuenste: Elaboración propia a partir de imágenes de Google Earth.....	16
Ilustración 5 Trayectoria del Huracán Mitch, 1998. Fuente: National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) (8).....	17
Ilustración 6 Tegucigalpa desde Puente Mallol, 1998 (9)	
Ilustración 7 Viviendas rurales damnificadas, 1998 (10)	18
Ilustración 8 Viviendas de emergencias en El Paraíso,	
Ilustración 9 Viviendas de emergencia en Choluteca, 1999.....	18
Ilustración 10 Estado del Puente de Choluteca tras el paso del Huracán Mitch (1998). La imagen ilustra el concepto de "puente a ninguna parte", donde la infraestructura permaneció intacta, pero el río cambió su curso y las vías de acceso fueron destruidas. Fuente: Susmit CS vía Medium. (13).....	19
Ilustración 11 Trayectoria de la Tormenta Tropical Matthew (14)	
Ilustración 12 Trayectoria de la Tormenta Tropical Agatha (15).....	20
Ilustración 13 Tegucigalpa , el día después de la Tormenta Tropical Agatha. Fuente: Diario La Prensa (16) 20	
Ilustración 14 Mapa Histórico de Inundaciones Causadas por los Huracanes ETA e IOTA (2020) en Honduras, SEDESOL 2024. (17)	21
Ilustración 15 Colonia Pineda, La Lima tras huracán Eta en 2020. Fuente: The Guardian. (18).....	22
Ilustración 16 Condiciones de vulnerabilidad tras el paso de los huracanes Eta e Iota en Centroamérica. Fuente: UNICEF (19).....	23
Ilustración 17 Viviendas de bahareque y adobe en el contexto rural de Honduras. Fuente: El Heraldo. (20) 24	
Ilustración 18 Inundaciones en el Valle de Sula tras el paso consecutivo de los huracanes Eta e Iota. Fuente: The Guardian (21).....	24
Ilustración 19 Ubicación Antigua Ocotepeque	
Ilustración 20 Antigua Ocotepeque posterior a la riada de 1934.....	25
Ilustración 21 Desbordamiento reciente del río Marchala en Ocotepeque (2024). La vulnerabilidad persistente de esta zona, documentada desde la catástrofe de 1934, ratifica la necesidad de infraestructuras de emergencia. Fuente: Proceso Digital (24).....	26
Ilustración 22 Ubicación de las ciudades de Antigua y Nueva Ocotepeque, 2025. Fuente: Elaboración propia a partir de imágenes de Google Earth	27
Ilustración 23 Traza Urbana de Antigua Ocotepeque, 2025. Fuente: Elaboración propia a partir de imágenes de Google Earth.....	28
Ilustración 24 Traza Urbana de Nueva Ocotepeque, 2025. Fuente: Elaboración propia a partir de imágenes de Google Earth.....	28

Ilustración 25 Gran Inundación de Choloma posterior al Huracán Fifi-Orlene, 1974. Fuente: Diario La Tribuna (25).....	29
Ilustración 26 Mancha Urbana de Choloma en 1970. Fuente: Elaboración propia a partir de imágenes de Google Earth.....	30
Ilustración 27 Mancha Urbana de Choloma en 1985. Fuente: Elaboración propia a partir de imágenes de Google Earth.....	31
Ilustración 28 Mancha Urbana de Choloma en 2025. Fuente: Elaboración propia a partir de imágenes de Google Earth.....	32
Ilustración 29 Vista del municipio de Nueva Morolica, Choluteca. El asentamiento actual es el resultado de una planificación integral tras la destrucción total de "Morolica la Vieja" por el río Choluteca durante el Huracán Mitch (1998). Fuente: Honduras.com (26).....	33
Ilustración 30 Mancha Urbana de Antigua Morolica en 2002. Fuente: Elaboración propia a partir de imágenes de Google Earth.....	34
Ilustración 31 Mancha Urbana de Nueva Morolica en 2002. Fuente: Elaboración propia a partir de imágenes de Google Earth.....	35
Ilustración 32 Mancha Urbana de Nueva Morolica en 2025. Fuente: Elaboración propia a partir de imágenes de Google Earth.....	37
Ilustración 33 Distancia entre asentamientos, Antigua y Nueva Morolica. Fuente: Elaboración propia a partir de imágenes de Google Earth.....	37
Ilustración 34 Mancha Urbana de La Lima y el paso del Río Ulúa en 2020. Fuente: Elaboración propia a partir de imágenes de Google Earth.....	39
Ilustración 35 Centro Educación Básica Esteban Guardiola, La Lima 2020. Fuente: Agencia Anadolu (27).....	40
Ilustración 36 Vista aérea La Lima en mayo 2020. Fuente: Elaboración propia a partir de imágenes de Google Earth.....	42
Ilustración 37 Vista aérea La Lima en diciembre 2020. Fuente: Elaboración propia a partir de imágenes de Google Earth.....	42
Ilustración 38 Albergue de Emergencia (AE) en Afganistán . Fuente: ACNUR (UNHCR) (28)	46
Ilustración 39 Alojamiento Temporal (AT) en Azraq Camp, Jordania (UNHCR, 2013). Fuente: Refugees International (29).....	47
Ilustración 40 Viviendas Permanentes para damnificados por huracanes Eta e Iota, San Francisco de Asís, Honduras, 2024. Fuente: Unidad de Investigación de El Heraldo (30)	48
Ilustración 41 Esquema de tipologías de Refugios, como sugerido por UNHCR, reeditado de (31)	49
Ilustración 42 Esquema de la Industrialización, Prefabricación Construcción Tradicional en la Edificación (Elaboración propia)	52
Ilustración 43 Esquema de funciones del DfMA en la Edificación (Elaboración Propia)	54
Ilustración 44 Detalle de elementos seriados en fachada en el Palacio del Gobernador de Uxmal, México (Circa 900 d.C.) Fuente: Foro de la Historia (33)	57
Ilustración 45 "Manning Portable Cottage" para emigrantes (1933). Fuente: Eurocasas (34).....	58
Ilustración 46 Fachada del Crystal Palace, 1851 / Bildagentur-online/Universal Images Group via Getty Images	59

Ilustración 47 Planos y Portada del Catálogo de Viviendas Sears, Roebuck – Extraído de (3).....	60
Ilustración 48 Esbozo de la estructura de la Maison Dom-ino - Le Corbusier. Fuente: Le Corbusier / ResearchGate (35).....	61
Ilustración 49 Esquemas de la Maison Dom-ino - Le Corbusier. (36).....	62
Ilustración 50 Esquema funcionamiento de Viviendas en las Unités d' Habitation de Le Corbusier. Fuente: Proa Arquitectura (39).....	64
Ilustración 51 Unidad de Habitación (Unités d' Habitation) en Marsella, 1954 - Le Corbusier. Fuente: El País (40).....	65
Ilustración 52 Nakagin Capsule Tower - Kishō Kurokawa, 1972. Fuente: The Guardian (41).....	66
Ilustración 53 Casa Dymaxion - Buckminster Fuller, 1930. Fuente: ArchDaily (42).....	67
Ilustración 54 Niveles de industrialización. Fuente: Oriol Palou (47).....	70
Ilustración 55 Esquema de Las viviendas fabricadas y su adaptabilidad a cualquier diseño (50)	72
Ilustración 56 Diagrama del Active House Radar. Fuente: Active House Protocol Book (52)	76
Ilustración 57 Casa prefabricada de 90m2 de 2 habitaciones y 2 baños. Fuente: The CORTEN COMPANY, Valencia (54).....	79
Ilustración 58 Casa prefabricada de 120m2 de 3 habitaciones y 3 baños. Fuente: The CORTEN COMPANY, Valencia (55).....	80
Ilustración 59 DIAGRAMA DE RELACIONES (MIAE). Fuente: Elaboración propia	90
Ilustración 60 DIAGRAMA DE GLOBOS (MIAE). Fuente: Elaboración propia	90
Ilustración 61 ZONIFICACIÓN 01 (MIAE). Fuente: Elaboración propia.....	91
Ilustración 62 ZONIFICACIÓN 02 (MIAE). Fuente: Elaboración propia.....	91
Ilustración 63 Planta de Cimentación. Fuente: Elaboración propia	92
Ilustración 64 Dado de Concreto con Anclaje de Pernos. Fuente: Elaboración propia.....	93
Ilustración 65 Planta de Entrepiso. Fuente: Elaboración propia	94
Ilustración 66 Módulo Base (Planta Arquitectónica). Fuente: Elaboración propia.....	95
Ilustración 67 Detalle composición del módulo del suelo. Cada módulo de 8 x 4 pies. Fuente: Elaboración propia	96
Ilustración 68 Panel sándwich de fachada arquitectónica y detalle de ensamble machihembrado. Fuente: Elaboración propia	96
Ilustración 69 Módulo (Propuesta de Posible Planta de Distribución). Fuente: Elaboración propia.....	97
Ilustración 70 Ilustración del MIAE en verano. Fuente: Elaboración propia.....	98
Ilustración 71 Ilustración del MIAE en invierno. Fuente: Elaboración propia.....	98
Ilustración 72 Concepto de Incrementabilidad en la combinación entre módulos. Fuente: Elaboración propia	99
Ilustración 73 Sección Transversal del MIAE. Fuente: Elaboración propia.....	100
Ilustración 74 Estado de los contenedores en abandono de Lomas del Diamante (2025). Fuente: Diario El Heraldo (61).....	102
Ilustración 75 Actualmente Lomas del Diamante se encuentra saqueada y en ruinas. Fuente: Diario El Heraldo (61).....	102

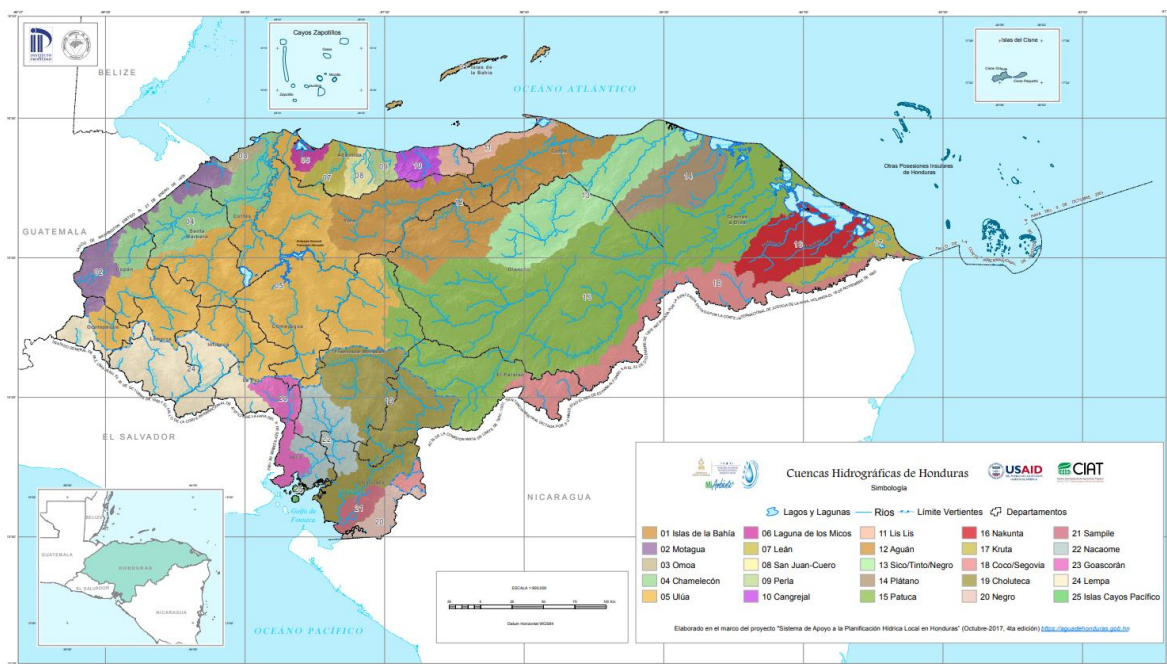
ANEXOS



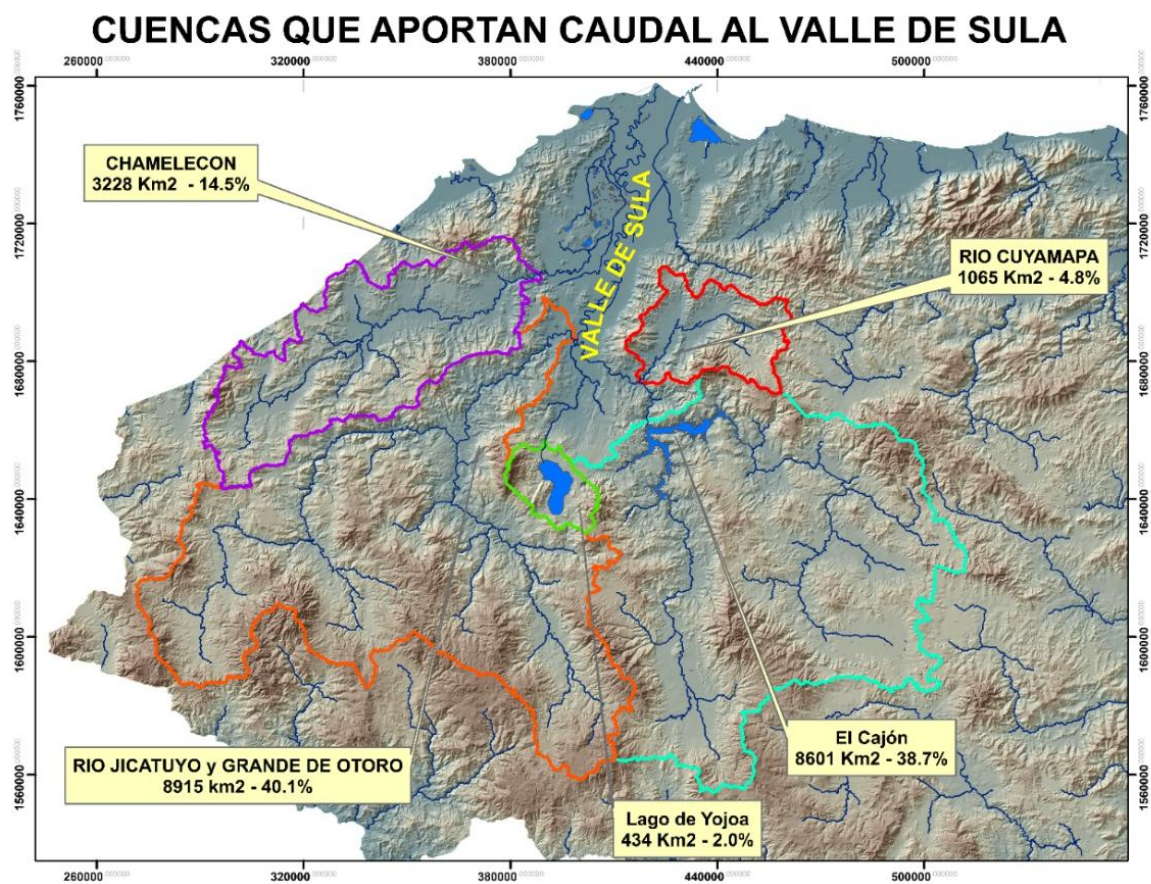
Anexo 01 Mapa Político de Honduras



Anexo 02 San Pedro Sula y el Valle de Sula



Anexo 03 Mapa de Cuencas Hidrográficas de Honduras

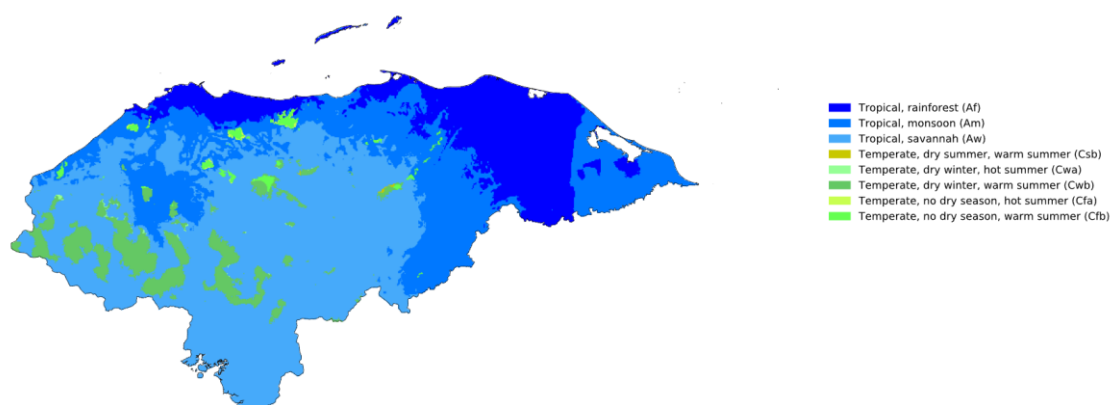


Anexo 04 Mapa de Cuencas que aportan su Caudal al Valle de Sula



Anexo 05 Mapa físico del Valle de Sula

Köppen-Geiger climate classification map for Honduras (1980–2016)



Source: Beck et al.: Present and future Köppen-Geiger climate classification maps at 1-km resolution, Scientific Data 5:180214, doi:10.1038/sdata.2018.214 (2018)

Anexo 06 Mapa Köppen-Geiger de Clasificación de Climas en Honduras (1980-2016)



Anexo 07 Sitio que se consideró como punto de georreferencia para la ubicación del MIAE en su modelado 3D. En La Lima, Cortes.



Historial de Notables Tormentas Tropicales y Huracanes en Honduras

Estos son los huracanes que han afectado el territorio hondureño, registrados desde 1870 hasta la actualidad.

Año	Nombre	Cat.	Duración
2024	Tormenta Tropical Sara		14-18 Noviembre
2022	Huracán Lisa	1	1-5 Noviembre
2022	Huracán Julia		7-10 Octubre
2020	Huracán Iota	4	13-18 Noviembre
2020	Huracán Eta	4	31 Octubre – 14 Noviembre
2012	Huracán Ernesto	1	01-10 Agosto
2011	Huracán Rina	2	23-28 Octubre
2011	Tormenta Tropical Harvey		19-22 Agosto
2010	Tormenta Tropical Richard		21-26 Octubre
2010	Huracán Paula	2	11-15 Octubre
2010	Tormenta Tropical Matthew		23-26 Septiembre
2010	Tormenta Tropical Agatha		24-30 Mayo
2010	Huracán Alex	2	25 Junio – 02 Julio
2009	Huracán Ida	2	04-10 Noviembre
2008	Depresión Tropical Sixteen		14 -16 Octubre
2008	Huracán Paloma	4	05-10 Noviembre
2007	Huracán Felix	5	31 Agosto–5 Sept.
2007	Huracán Dean	5	13-23 Agosto
2005	Huracán Wilma	5	15-25 Octubre



2005	Huracán Beta	3	27-31 Octubre
2005	Huracán Emily	4	11-21 Julio
2005	Tormenta Tropical Gamma		18-21 Noviembre
2005	Tormenta Tropical Arlene		08-31 Junio
2003	Huracán Claudette	1	08-16 Julio
2002	Depresión Tropical Fourteen		14-16 Octubre
2001	Huracán Michelle	4	28 Oct.–6 Nov.
2001	Huracán Iris	4	04-09 Octubre
2001	Michelle		
2001	Tormenta Tropical Chantal		15-22 Agosto
2000	Huracán Keith	4	28 Sep.–6 Oct.
1999	Tormenta Tropical Katrina		28 Oct.–1 Nov.
1998	Huracán Mitch	5	22 Oct.–5 Nov.
1996	Huracán Cesar	1	25-28 Julio
1996	Huracán Lili	3	15-27 Octubre
1996	Huracán Marco	1	18-26 Noviembre
1996	Tormenta Tropical Kyle	1	11-12 Octubre
1995	Huracán Allison	1	03-06 Junio
1994	Huracán Gordon	1	08-21 Septiembre
1993	Huracán Gert	2	14-21 Septiembre
1990	Huracán Diana	2	04-09 Agosto
1989	Huracán Gert		



1989	Tormenta Tropical Karen		28 Nov.– 4 Dic.
1988	Huracán Hugo		
1988	Tormenta Tropical Keith		17-26 Noviembre
1987	Huracán Floyd	1	09-14 Octubre
1980	Tormenta Tropical Hermine		20-26 Septiembre
1980	Huracán Jeanne	2	07-16 Noviembre
1978	Huracán Greta	4	13-20 Septiembre
1974	Huracán Fifi-Orlene	2	14-22 Septiembre
1971	Huracán Edith	5	05-18 Septiembre
1971	Huracán Irene	1	11-20 Septiembre
1970	Huracán Ella	3	08-13 Septiembre
1969	Huracán Francelia	3	29 Agosto–4 Sept.
1969	Huracán Marco		
1966	Huracán Alma	3	04-14 Junio
1964	Huracán Isbell	3	08-17 Octubre
1964	Tormenta Tropical #12		05-10 Noviembre
1961	Huracán Anna	3	20-24 Julio
1961	Huracán Hattie	5	27 Oct.– 1 Nov.
1960	Huracán Abby	2	10-16 Julio
1954	Tormenta Tropical Gilda		24-27 Septiembre
1953	Tormenta Tropical Alice		25 Mayo 06 Junio
1950	Huracán King	3	13-19 Octubre



1949	Tormenta Tropical #13		03-05 Noviembre
1948	Huracán # 8	4	01-16 Octubre
1945	Tormenta Tropical #6		29 Agosto–1 Sep.
1945	Huracán #10	2	02-05 Octubre
1944	Tormenta Tropical #2		24-28 Julio
1941	Huracán #4	3	23-30 Septiembre
1940	Tormenta Tropical #6		19-25 Septiembre
1940	Tormenta Tropical #7		20-23 Octubre
1938	Tormenta Tropical #5		11-17 Octubre
1936	Tormenta Tropical #1		12-17 Junio
1935	Huracán #5	1	19-27 Octubre
1934	Huracán #2	1	04-21 Junio
1933	Tormenta Tropical #17		28-30 Septiembre
1932	Tormenta Tropical #8		07-18 Octubre
1931	Tormenta Tropical #2		11-17 Julio
1931	Tormenta Tropical #3		10-18 Agosto
1931	Huracán #5	3	05-12 Septiembre
1926	Tormenta Tropical #9		03-05 Octubre
1926	Tormenta Tropical #10		14-24 Octubre
1926	Tormenta Tropical #11		12-16 Noviembre
1924	Tormenta Tropical #1		18-21 Junio
1924	Tormenta Tropical #8		27 Sept.–1 Oct.



1922	Tormenta Tropical #1		12-16 Junio
1922	Tormenta Tropical #5		12-17 Octubre
1921	Huracán #1	1	16-26 Junio
1920	Huracán #2	2	16-23 Septiembre
1918	Huracán #2	2	22-26 Agosto
1917	Tormenta Tropical #1		06-14 Julio
1916	Huracán #2	3	28 Junio – 10 Julio
1916	Tormenta Tropical #15		11-16 Noviembre
1913	Tormenta Tropical #1	1	21-29 Junio
1911	Huracán #4	2	03-12 Septiembre
1909	Tormenta Tropical #1		15-19 Junio
1908	Huracán #9	2	14-19 Octubre
1906	Huracán #8	3	08-23 Octubre
1898	Tormenta Tropical #5		12-22 Septiembre
1898	Tormenta Tropical #6		20-28 Septiembre
1893	Huracán #2	2	04-07 Julio
1892	Huracán #7	2	05-16 Octubre
1890	Huracán #4	1	31 Oct.–1 Nov.
1876	Huracán #4	2	29 Sept.–5 Oct.
1870	Huracán #11	1	30 Sept.–3 Nov

Anexo 08 Historial de Notables Tormentas Tropicales y Huracanes en Honduras (Elaboración propia a partir de datos de DatosMundial.com y COPECO)



