

Propuesta de diseño de albergues temporales para los damnificados en Acapulco, Guerrero

Gómez Morales, Javier

2024

<https://hdl.handle.net/20.500.11777/6007>

<http://repositorio.iberopuebla.mx/licencia.pdf>

Propuesta de diseño de albergues temporales para los damnificados en Acapulco, Guerrero

Gómez Morales Javier (novenno semestre en Ingeniería Civil)^{1,*}, Silva González Alejandro (décimo semestre en Ingeniería Civil)¹, Romero De La Vega Gregorio (profesor responsable)¹ y González Fernández Belinka (profesora asesora)¹.

¹Universidad Iberoamericana Puebla, San Andrés Cholula, Puebla, México

Resumen

De acuerdo con la SEMARNAT, México se encuentra en el Cinturón de fuego del Pacífico, zona con alta actividad sísmica, además de estar ubicado en una región intertropical, haciéndolo propenso al impacto de huracanes. El 25 de octubre de 2023, el huracán Otis impactó la costa de Acapulco, Guerrero, afectándola gravemente y resaltando la importancia de la construcción de refugios para situaciones de emergencia. Por este motivo, se desarrolló un proyecto de diseño de refugios temporales a partir de una estructura metálica, para albergar a 64 personas damnificadas por desastres naturales. Se propone un área de construcción 238.97m², con una estructura a base de perfiles IR y PTR. El trabajo incluye planos realizados en AutoCAD, con sus dimensiones, junto con un análisis estructural en el software SAP2000 (con base en las normas NTC-Diseño Estructural, NTC-Sismo, NTC-Viento y MOC-CFE), cuyos resultados se presentan en una memoria de cálculo. Además, se presenta el análisis de costos (que resultó en un valor total de \$497,759.78 MXN), un modelo tridimensional en el software 3ds Max y un render en el motor Twinmotion.

Palabras clave: Albergue provisional, desastre natural, estructura metálica.

***Autor Corresponsal:** javier.gomez@iberopuebla.mx

Introducción

De acuerdo con la SEMARNAT, un desastre es un evento destructivo que afecta significativamente a la población, en su vida o en sus fuentes de sustento y funcionamiento.

Existen 2 clasificaciones para los desastres naturales: los riesgos geológicos y los riesgos hidrometeorológicos. Dentro de los primeros encontramos los sismos, tsunamis, volcanes y movimientos de la superficie del terreno natural. Entre los segundos, encontramos la precipitación pluvial, tormentas de granizo y nieve, heladas, ciclones, escurrimientos, inundaciones, sequías, erosión, viento y marea de tormenta [1].

México se encuentra en una zona denominada como el Cinturón de Fuego del Pacífico, razón por la cual dos terceras partes del país son afectadas por una fuerte actividad sísmica y, por ende, tienen un significativo riesgo. Además, nuestro territorio se ubica en una región intertropical, lo que implica que es propenso al impacto de huracanes, tanto en sus costas del Océano Pacífico como las del Atlántico [1].

El pasado 25 de octubre de 2023, el huracán Otis golpeó la costa de Acapulco, Guerrero, afectando a más de un millón de personas y causando daños en 273,844 viviendas [2], [3]. De hecho, el presidente de la Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción (CMIC), Francisco Javier Solares Alemán, mencionó que el 100% de las edificaciones tenían daños en mayor o menor grado, es decir, desde una pérdida total hasta afectaciones menores en algunas edificaciones [4].

La catástrofe que provocó el huracán Otis no solamente dejó un panorama de escombros y desolación en Acapulco, sino que también resaltó la importancia de los refugios durante situaciones de emergencia [5].

Dentro del abanico de opciones para construir este tipo de estructuras, una buena alternativa son los refugios temporales, los cuales consisten en una instalación que se

encuentra habilitada para brindar, provisionalmente, protección y bienestar a personas sin acceso inmediato a un alojamiento seguro en caso de un riesgo inminente, emergencia, siniestro o desastre [6], [7], [8].

Dado el vacío existente para proporcionar refugio a las personas damnificadas en Acapulco, se decidió generar una propuesta de albergue provisional, construido a partir de estructura metálica, de acuerdo con las normas NTC-Diseño Estructural, NTC-Sismo, NTC-Viento y MOC-CFE [9], [10], [11], [12]. Ésta incluye el diseño de los planos arquitectónicos, análisis estructural, diseño por viento y sismo, memoria de cálculo, planos estructurales, modelo del render y análisis de costos y presupuestos.

Metodología

Con base en el tipo de locaciones disponibles para la instalación de albergues temporales (normalmente terrenos y construcciones públicas), se determinaron las medidas que debería tener la propuesta, y se desarrolló el predimensionamiento de la estructura del albergue provisional, considerando tanto la funcionalidad como la seguridad.

Se partió del principio de simetría, ya que esta característica facilita el análisis estructural y el diseño. Las dimensiones precisas se determinaron considerando que la distancia entre columnas estructurales no debiera rebasar los 6 m y que un espaciamiento menor evitaría la deflexión de las trabes. Se fijó la altura con base en las medidas reportadas en la literatura para garantizar la comodidad de las y los usuarios [13].

Se usó el software AutoCAD, [14], para modelar los planos arquitectónicos con las dimensiones definidas, dado que éste ofrece gran precisión, fácil edición y alto nivel de detalle, además de una representación gráfica del albergue temporal.

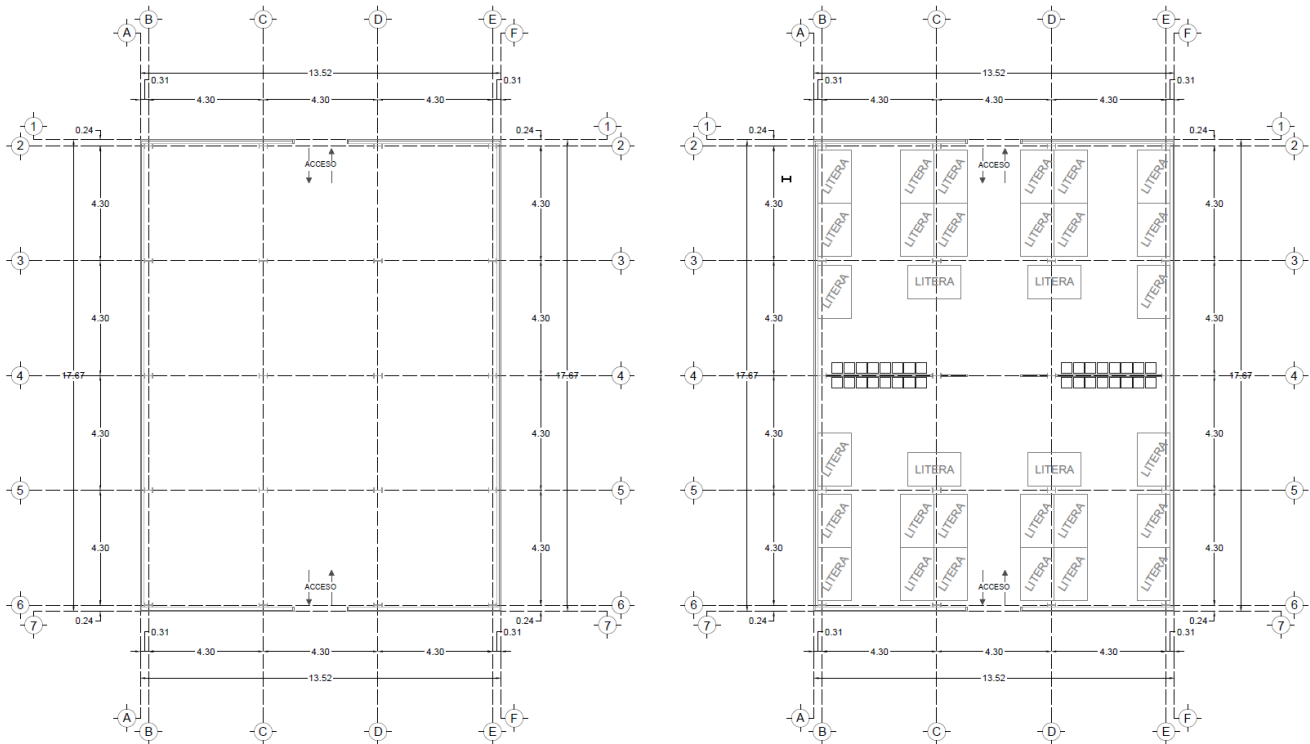


Fig. 1. Plano arquitectónico con propuesta de distribución.

Se dibujó el modelo 3D en el software SAP2000, [15], a partir de los planos anteriormente obtenidos, y en él se realizaron el análisis estructural y el diseño por sismo del albergue. En particular, el diseño por sismo se realizó a partir de espectros de diseño con la norma NTC-Sismo [11].

El diseño por viento se llevó a cabo en el software Sistema Viento 2.0, donde se obtuvieron las cargas sometidas por viento (succión y empuje) para la estructura, de acuerdo con la norma NTC-Viento [9], [12].

Se incorporaron los datos obtenidos del diseño por sismo y viento al software SAP2000 para hacer el análisis estructural y, posteriormente, determinar las dimensiones de los perfiles estructurales a utilizar.

Con base en los datos arrojados por el análisis estructural, se elaboró la memoria de cálculo, que contiene toda la información obtenida. Cabe mencionar que la propuesta cumple con todas las normas.

Posteriormente, se desarrollaron los planos estructurales en AutoCAD, con el fin de visualizar la ubicación de las columnas y traveses dentro del modelo.

Se realizó el análisis de costos y presupuestos para determinar los precios unitarios de los materiales para la construcción del albergue provisional, con base en información encontrada en catálogos digitales comerciales [16], [17], [18], [19]. Los precios mostrados fueron registrados en marzo de 2024. Para los alcances de este proyecto, no se consideró el costo de la mano de obra.

Se diseñó en el software 3ds Max, [20], un modelo del albergue, que incorpora una propuesta de distribución de los espacios de la estructura, las literas y los lockers, con el fin de visualizar de manera realista y detallada el resultado del proyecto. Después, se migró el modelo 3d al motor de render Twinmotion, [21], con el fin de seleccionar las texturas de

los elementos, para tener una visualización inmersiva con calidad fotorrealista, renderizado en tiempo real y un recorrido virtual del proyecto.

Resultados y Discusión

Se realizó una primera propuesta de predimensionamiento de 10 metros de frente por 20 metros de profundidad, la cual se ajustó con base en la ergonomía para la instalación de literas como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Dimensiones del proyecto.

DIMENSIONES GENERALES			
LONGITUD (m)	ANCHO (m)	ALTURA 1 (m)	ALTURA 2 (m)
17.67	13.52	3	3.6

Después, se diseñó la planta arquitectónica del albergue temporal en el software AutoCAD, a partir de los datos obtenidos previamente, y se obtuvo el plano arquitectónico de la estructura que, junto con una propuesta de distribución para las literas, se muestra en la Fig. 1.

A partir de los planos arquitectónicos se dibujó la estructura del refugio en el software SAP2000, se incorporaron los datos de carga viva y muerta de los materiales, y se efectuó el diseño por sismo, a partir de espectros de diseño con los datos más desfavorables, con el fin de presentar mayor seguridad estructural. De manera paralela, se realizó el diseño por viento en el software Sistema Viento 2.0 ingresando la ubicación en Acapulco, Guerrero, con el objetivo de obtener las fuerzas del viento a las que se someterá la estructura.

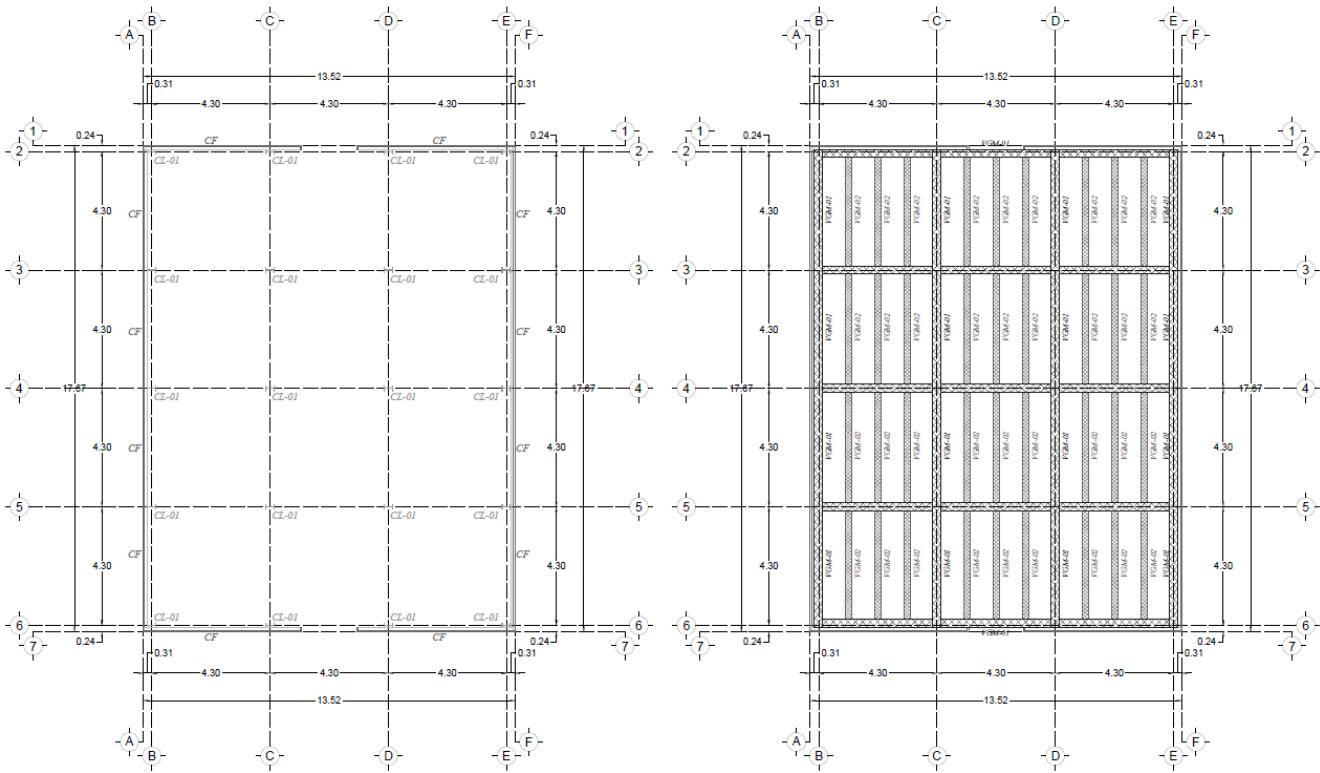


Fig. 3. Planos estructurales de columnas y traves respectivamente.

Los datos obtenidos se ingresaron en SAP2000 para realizar el análisis estructural del proyecto y obtener los perfiles estructurales idóneos, es decir, aquellos que cumplirían con los requisitos para tolerar las cargas y fueran más económicos.

Se optó por el uso de perfiles IR para columnas y traves principales, y perfiles OR (mejor conocidos como PTR) como traves secundarias, cuyas características específicas se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2. Propiedades de los perfiles.

PERFIL	PESO (Kg/m)	ÁREA (cm ²)
IR 12 X 35	52.1	66.5
IR 12 X 45	67	84.6
PTR 9 X 5 X 3/8	48.39	57.87
PTR 4 X 4 X 1/2	32	38.84

En la Fig. 2, los elementos estructurales se muestran de distintos colores según su capacidad máxima de carga de diseño. Los mostrados en naranja representan las columnas críticas del proyecto; según SAP2000, éstas trabajarían con un 92% de efectividad, es decir, habría un 8% de margen para que las columnas alcancen su capacidad máxima de diseño.

Se recopilaron los datos obtenidos del análisis estructural en una memoria de cálculo, que proporciona un registro detallado de los datos obtenidos, justifica las decisiones tomadas y facilita la consulta de los resultados del proyecto, la cual se encuentra disponible en [22].

Se desarrollaron, en AutoCAD, los planos estructurales del sistema de columnas y traves como se muestran en la Fig. 3,

así como los perfiles que se usarían y sus dimensiones como se muestra en la Fig. 4.

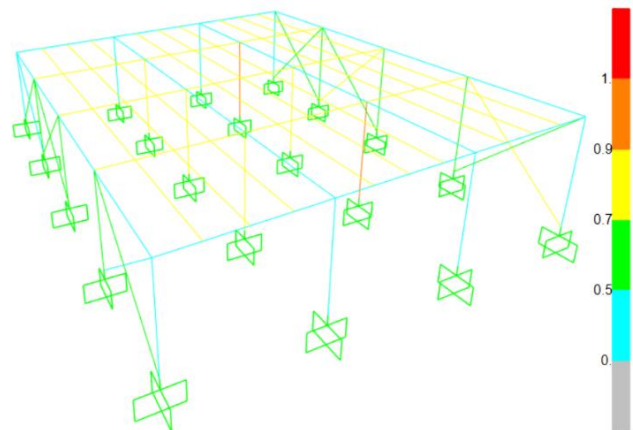


Fig. 2. Guía de color SAP2000.

Se realizó el análisis de costos y presupuestos de los materiales para la construcción, calculando el número de piezas, metros lineales (mL) y metros cuadrados (m²) de lo cotizado. El costo total del proyecto resultó ser de \$497,759.78 MXN, sin IVA, y se desglosa en la Tabla 3. Por su parte, el costo por metro cuadrado de construcción se muestra en la Tabla 4.

Se proyectó una propuesta de diseño del albergue en el software 3ds Max, representando los elementos arquitectónicos y estructurales, como se muestra en las Fig. 5 y Fig. 6.

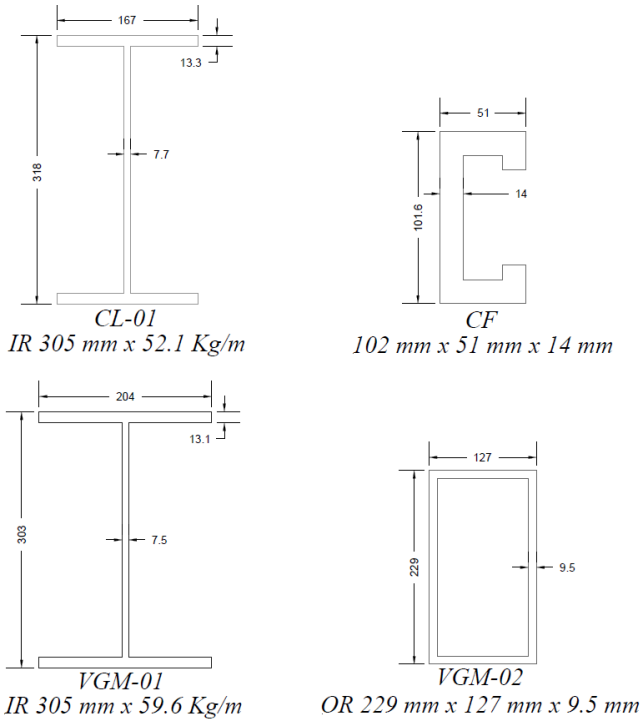


Tabla 3. Costo total del proyecto.

CONCEPTO	TOTAL
IPR 12 X 35	\$ 55,279.45
IPR 12 X 45	\$ 142,495.77
PTR 9 X 5 X 3/8	\$ 62,292.52
PTR 4 X 4 X 1/2	\$ 5,402.76
CF 4 X 2 X 14	\$ 37,555.17
PANEL AISLADO TERNIUM MULTYPANEL	\$ 114,576.42
TERNIUM TR-101	\$ 60,009.67
FESTER ACRITON BLANCO 19L	\$ 20,148.02
COSTO TOTAL	\$ 497,759.78

Tabla 4. Costo por m² de construcción.

M² DE CONSTRUCCIÓN	238.97
COSTO POR M² DE CONSTRUCCIÓN	\$2082.94

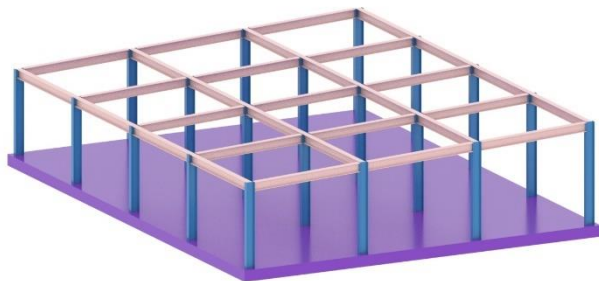


Fig. 5. Modelo de elementos estructurales.

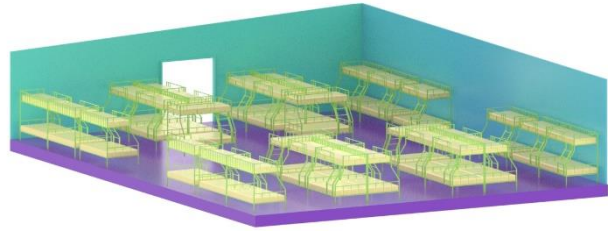


Fig. 6. Modelo de propuesta arquitectónica.

El modelo obtenido del programa anterior se exportó al motor Twinmotion, con el fin de agregar texturas a los elementos diseñados, incorporar elementos como muros interiores y lockers, y finalmente, renderizar el modelo como se muestra en las Fig. 7, Fig. 8, Fig. 9 y Fig. 10.



Fig. 7. Vista exterior del albergue.



Fig. 8. Vista entrada del albergue.



Fig. 9. Vista lateral izquierda del albergue.



Fig. 10. Vista lateral derecha del albergue.

Conclusiones, perspectivas y recomendaciones

Debido a las condiciones sísmicas e hidroclimáticas y con la experiencia del último gran fenómeno, esta investigación mostró una propuesta cuyas características más notables son su rapidez constructiva, debido a la prefabricación de los elementos metálicos, y su seguridad, debido a un diseño estructural robusto. Además, presenta gran modularidad, dado que puede seccionarse gracias a sus marcos estructurales, los cuales pueden desmontarse y almacenarse para futuros siniestros o, por el contrario, si la construcción fuese útil, podría conservarse como almacén o darle otro uso.

Referencias

- [1] C. N. de P. de Desastres. México. Secretaría de Gobernación. Sistema Nacional de Protección Civil, *Diagnóstico de peligros e identificación de riesgos de desastres en México : atlas nacional de riesgos de la República Mexicana*. Secretaría de Gobernación, Sistema Nacional de Protección Civil, Centro Nacional de Prevención de Desastres, 2001.
- [2] OXFAM, “Emergencia huracán Otis | Oxfam México”. Consultado: el 11 de abril de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.oxfamMexico.org/quesiguedespues/>
- [3] Wikipedia, “Categoría: Desastres naturales en México”. Consultado: el 5 de abril de 2024. [En línea]. Disponible en: https://es.wikipedia.org/wiki/Categor%C3%ADa:Desastres_naturales_en_M%C3%A9xico
- [4] E. Hernández, “El 100% de los inmuebles de Acapulco tiene daños en algún grado por Otis: CMIC”. Consultado: el 5 de abril de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.forbes.com.mx/el-100-de-los-inmuebles-de-acapulco-tiene-danos-en-algun-grado-por-otis-cmic/>
- [5] INEGI, “Censo de Alojamientos de Asistencia Social”. Consultado: el 5 de abril de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.inegi.org.mx/rnm/index.php/catalog/217>
- [6] CENAPRECE, “4.-Refugios Temporales”, p. undefined-undefined, 2015, Consultado: el 11 de abril de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.mendeley.com/catalogue/62d284aa-4b12-38be-81a0-4caebfdbb689/>
- [7] M. Peña, “Capítulo 8. ALBERGUE TEMPORAL”, pp. 75–88, 2018, Consultado: el 11 de abril de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.mendeley.com/catalogue/73a28ecc-2e26-3431-82a4-7ef34fc0d8d7/>
- [8] EACNUR, “¿Qué es un refugio?” Consultado: el 5 de abril de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://eacnur.org/es/actualidad/noticias/emergencias/refugio-que-es-como-se-construye-y-que-tipos-hay>
- [9] GACETA OFICIAL DE LA CIUDAD DE MÉXICO, “NORMAS TÉCNICAS COMPLEMENTARIAS PARA DISEÑO POR VIENTO”, 2022.

Este refugio se proyectó pensando en combinar funcionalidad, durabilidad y confort. Del diseño arquitectónico se obtuvo el dimensionamiento de 13.52m x 17.67m, (238.97m²) y una propuesta para 64 personas. Los perfiles seleccionados determinado del análisis estructural hacen que la construcción quede dentro de las normas NTC-Diseño Estructural, NTC-Sismo, NTC-Viento y MOC-CFE. Del análisis de costos y presupuestos se obtuvo un valor total de \$497,759.78 MXN (\$2,082.94 MXN m² de construcción), el cual no incluye IVA ni mano de obra. Cabe mencionar que sería posible reducir su costo total si se cotizara con algún proveedor.

Finalmente, se modeló el proyecto de forma tridimensional para representar de manera efectiva el diseño, la disposición y funcionalidad del albergue temporal. Además, gracias a que Twinmotion puede adaptarse a un equipo de realidad virtual, el proyecto podría visualizarse de manera más realista.

Se sugiere el diseño de los sistemas de ventilas en la zona de los muros, para reducir el calor interno del albergue y disipar olores.

Se aconseja realizar un convenio con el Gobierno Federal, Estatal o Municipal para construir el proyecto en hospitales, escuelas o aeropuertos, y se considera que puede ser aplicable en distintos estados de la República Mexicana que se encuentren en zonas sísmicas o de huracanes, realizando el análisis estructural con los parámetros de cada localidad.

- [10] GACETA OFICIAL DE LA CIUDAD DE MÉXICO, “NORMA TÉCNICA COMPLEMENTARIA SOBRE CRITERIOS Y ACCIONES PARA EL DISEÑO ESTRUCTURAL DE LAS EDIFICACIONES”, 2022.
- [11] Secretaría de Educación Pública, “Diseño por Sismo”, 2022.
- [12] Secretaría de Educación Pública, “Diseño por Viento”, 2022.
- [13] X. Fonseca, *Las Medidas De Una Casa: Antropometría de la Vivienda*. Pax, 2021.
- [14] Autodesk, “Autodesk AutoCAD 2024”. Consultado: el 5 de abril de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.autodesk.mx/products/autocad/overview?term=1-YEAR&tab=subscription>
- [15] Computers & Structures Inc, “SAP2000”. Consultado: el 5 de abril de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.csimexico.mx/software/sap2000>
- [16] “Viga IPR precios, usos, beneficios y ganancias - Acerolaminados”. Consultado: el 17 de abril de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://acerolaminados.com.mx/viga-ipr-precios/>
- [17] “Polín 4” x 2” x 6 MTS C-14 – Surtiaceros”. Consultado: el 17 de abril de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://surtiaceros.com/producto/polin-4-x-6-m-c-14/>
- [18] “MULTYMURO ARKIRIB - Panel Aislado Ternium Multypanel - Acerored”. Consultado: el 17 de abril de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.acerored.com/multymuro-arkirib-panel-aislado-ternium-multypanel/>
- [19] “Fester Acriton 4 años Blanco 19 Litros - Fester Impermeabilizantes”. Consultado: el 17 de abril de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://festerimpermeabilizantes.com/producto/fester-acriton-4-anos-blanco-19-litros/>
- [20] Autodesk, “Autodesk 3ds Max 2025”. Consultado: el 5 de abril de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.autodesk.mx/products/3ds-max/overview?term=1-YEAR&tab=subscription&plc=3DSMAX>
- [21] Epic Games, “Twinmotion”. Consultado: el 5 de abril de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.twinmotion.com/en-US>
- [22] “Proyecto Albergues Temporales.pdf - Google Drive”. Consultado: el 22 de abril de 2024. [En línea]. Disponible en: https://drive.google.com/file/d/1V5PNt6Oo_us3tEOPaSALS2ZFMph3eeC/view?amp;usp=embed_facebook