





UNIVERSIDAD LATINA  
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

Licenciatura en Ingeniería Civil

Proyecto final de graduación

Propuesta para elaboración de infraestructura educativa temporal a base de  
contenedores marítimos en buen estado

Roberto Vindas Villalobos

Heredia, mayo 2017

**COMITÉ ASESOR**

**ING. DANIEL FIGUEROA ARIAS  
TUTOR**

**ING. GERARDO HUMBERTO HERNÁNDEZ GÓMEZ  
LECTOR**

**ING. JOSÉ MARÍA ULATE ZÁRATE  
REPRESENTANTE DE RECTORÍA**



### **TRIBUNAL EXAMINADOR**

Este proyecto titulado: "Propuesta para elaboración de infraestructura educativa temporal a base de contenedores marítimos en buen estado", presentado por el estudiante: José Roberto Vindas Villalobos, fue aprobado por el Tribunal Examinador de la carrera de Licenciatura en Ingeniería Civil de la Universidad Latina, Sede Heredia, como requisito para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Civil:

---

**ING. DANIEL FIGUEROA ARIAS**

**TUTOR**

---

**ING. GERARDO HUMBERTO HERNÁNDEZ GÓMEZ**

**LECTOR**

---

**ING. JOSÉ MARÍA ULATE ZÁRATE**

**REPRESENTANTE DE RECTORÍA**

## I. Resumen

Los contenedores de carga marítimos fueron creados para agilizar los procesos de transporte de mercancía a nivel mundial, estos son fáciles de manipular, resistentes y espaciosos. Cuando el contenedor cumple su ciclo de vida útil, generalmente es desechado y las personas no se dan cuenta que es una estructura a la que se le puede sacar provecho, sobre todo en el sector de la construcción.

Por otro lado, en Costa Rica suelen suceder desastres naturales (como terremotos, inundaciones, tormentas tropicales, entre otros), los cuales provocan que la Comisión Nacional de Emergencias utilice las escuelas y colegios como albergues, lo que implica que los jóvenes no tengan un lugar para volver a sus estudios hasta que los afectados regresen a sus hogares. Pasa lo mismo cuando, debido a estos desastres, las escuelas sufren daños severos y deben ser reconstruidas, dejando a los alumnos sin un lugar apto para recibir sus lecciones.

Este proyecto busca como resultado una solución a los dos aspectos que se acaban de mencionar, aprovechando los contenedores, cuya vida útil llegó a su fin pero que están en buen estado, suficiente para ser aprovechados de manera que se pueda construir infraestructura temporal educativa al momento de una emergencia nacional.

Los modelos resultantes deberán ser similares a los prototipos creados por la Dirección de Infraestructura y Equipamiento Educativo (DIEE) del MEP; sin embargo, van a ser adecuados para un rápido ensamblaje en las zonas afectadas al existir una emergencia. Los prototipos a rediseñar son los del aula académica y el área administrativa, ambos con un área de 72 m<sup>2</sup>.

Palabras clave: Contenedor, reutilizar, reciclar, infraestructura, escuelas, temporal.

## II. Summary

Sea freight containers were invented to streamline the freight transportation processes worldwide, they are easy to handle, resilient and roomy. When the container reaches its life cycle, it is discarded and people do not realize that it is a structure that can be used especially in the construction sector.

On the other hand, natural disasters in Costa Rica (earthquakes, floods, tropical storms, etc.) cause the National Emergency Commission to use schools as shelters, causing young people to have no place to return to their studies until those affected returns to their homes. The same happens when due to these disasters, schools suffer severe damages requiring to be rebuilt, and leaving students without a suitable place to continue with their studies.

This project will result in a way to solve the two aspects just mentioned, by taking advantage of containers, whose useful life came to an end but are in good condition, enough to be used in a way that temporary infrastructure can be built at the time of a national emergency.

The resulting models should be like the prototypes created by the MEP's Infrastructure and Equipment Department (DIEE), however, they will be suitable for rapid assembly in the affected areas at the time of an emergency. The prototypes to be redesigned are those of the academic classroom and the administrative area, both with an area of 72 m<sup>2</sup>.

Keywords: Container, reuse, recycle, infrastructure, schools, temporary.

# Índice

Capítulo 1.....	1
Introducción.....	1
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Planteamiento del problema de investigación.....	2
1.3 Objetivos .....	2
1.4 Justificación .....	3
1.5 Alcance y limitaciones.....	3
1.6 Impacto.....	4
Capítulo 2.....	6
Marco Teórico .....	6
2.1 Marco teórico-conceptual .....	6
2.2 Tipos de contenedor.....	8
2.3Ventajas.....	13
2.4 Pasos para elaboración .....	13
2.5 Componente estructural de un contenedor .....	15
Capítulo 3.....	17
Marco Situacional.....	17
Capítulo 4.....	22
Marco Metodológico.....	22
4.1 Propuesta de diseño .....	22
4.2 Diseño de las aulas académicas (72 m <sup>2</sup> ).....	23
4.3 Diseño del área administrativa (72 m <sup>2</sup> ) .....	24
4.4 Aislante térmico para las estructuras.....	25
4.5 Transporte de los módulos a las zonas afectadas .....	28
4.6 Ensamblaje de los contenedores .....	29
Capítulo 5.....	32
Resultados.....	32
5.1 Resultado de los prototipos.....	32
5.2 Presupuesto modelo Aula Académica.....	35
5.3 Presupuesto modelo Área Administrativa.....	37
5.4 Comparación de prototipo DIEE y modelos a base de contenedores.....	38
Capítulo 6.....	43
Conclusiones y recomendaciones .....	43
Conclusiones.....	43

Recomendaciones.....	44
Bibliografía.....	45
Anexos .....	47



## Índice de figuras

Ilustración 1. Contenedor militar utilizado como refugio. ....	1
Ilustración 2. Construcción modular con contenedores .....	8
Ilustración 3. Contenedor tipo Dry Van .....	9
Ilustración 4. Contenedor tipo High Cube.....	9
Ilustración 5. Contenedor tipo Reefer.....	10
Ilustración 6. Contenedor tipo Open Top.....	10
Ilustración 7. Contenedor tipo Flat Rack.....	11
Ilustración 8. Contenedor tipo Collapsible Flat Rack .....	11
Ilustración 9. Contenedor tipo Open Side.....	11
Ilustración 10. Contenedor tipo Cisterna .....	12
Ilustración 11. Contenedor tipo Flexi - Tank .....	12
Ilustración 12: Ejemplo de cimiento convencional para edificaciones a base de contenedores.....	14
Ilustración 13: Alcance de una edificación a base de contenedores .....	15
Ilustración 14: Prototipo de Aula Académica .....	17
Ilustración 15: Elevación Principal Prototipo Aula Académica .....	18
Ilustración 16: Elevación Posterior Aula Académica.....	18
Ilustración 17: Prototipo de Área Administrativa.....	19
Ilustración 18: Elevación posterior Área Administrativa .....	20
Ilustración 19: Elevación principal Área Administrativa .....	20
Ilustración 20: Ejemplo de junta entre contenedores.....	31
Ilustración 21: Aislante térmico Owens Corning .....	33

## Índice de tablas

Tabla 1. Presupuesto de Aula Académica (73,6 m2, US\$) .....	36
Tabla 2. Presupuesto Área Administrativa (73,6 m2, US\$) .....	37
Tabla 3. Elementos incluidos en prototipos de la DIEE y modelo temporal a base de contenedores.....	38
Tabla 4. Comparativo de costos entre prototipo de Aula Académica de la DIEE y modelo a base de contenedores.....	39
Tabla 5. Comparativo de costos entre prototipo de Área Administrativa de la DIEE y modelo a base de contenedores.....	41

# Capítulo 1

## Introducción

### 1.1 Antecedentes

Los contenedores marítimos son actualmente el máximo representante de la construcción prefabricada y modular reciclada, esto debido a las ventajas que se generan tras tomar la decisión de realizar construcciones con este método.

El crecimiento de la población ha hecho que se tenga que buscar formas no habituales de construir y con el pasar de los años se ha llegado a la conclusión de que la reutilización de elementos es una forma muy útil de solucionar este problema.

El origen de las construcciones con contenedores no tiene una fecha definida; sin embargo, con el pasar de los años, se han referenciado varios eventos que proporcionan información sobre el porqué y cómo se empezaron a realizar estas edificaciones. A lo largo de la historia se ha citado como un posible origen del método al uso de los contenedores para fines militares temporales en campos de guerra, ya que, durante la guerra del golfo en 1991, las tropas norteamericanas los utilizaban como refugio. (Ayarra, La construcción con contenedores marítimos, 2013)



Ilustración 1. Contenedor militar utilizado como refugio.

Fuente: (Ayarra, La construcción con contenedores marítimos, 2013)

Cuatro años antes, Phillip C. Clark patentó en Estados Unidos *“Método para convertir uno o más contenedores metálicos marítimos en un edificio habitable en el lugar de construcción y el producto que de ello resulta”*, la cual fue concedida en 1989, a partir de esto, se formó la base para muchos diseños arquitectónicos posteriores. (Ayarra, La construcción con contenedores marítimos, 2013)

Hoy día, muchas personas deciden utilizar los contenedores como vivienda gracias a su corto plazo de ejecución y bajo precio en el mercado, además de dar un acabado muy moderno e incluso lujoso, sin embargo, este proyecto no tiene como fin dar un detalle sobre qué tan grande puede ser el alcance de estas edificaciones, si no proponerlas como una solución temporal para infraestructura educativa en caso de una emergencia que afecte al país o a una zona en específica.

## **1.2 Planteamiento del problema de investigación**

Actualmente, el Ministerio de Educación Pública no cuenta con un modelo oficial para que, en caso de una emergencia (desastre natural, problemas con las estructuras de los centros educativos, etc.), se tenga la opción de utilizar una estructura temporal mientras se genera una solución definitiva al problema.

Con el resultado de este proyecto se va a plantear una posible solución para que el MEP tenga un lugar seguro y temporal para continuar con el curso lectivo mientras la Comisión Nacional de Emergencias sigue utilizando las escuelas y colegios para resguardar a las personas afectadas.

## **1.3 Objetivos**

### **1.3.1 Objetivo general**

- Realizar un estudio donde se demuestre la viabilidad de la construcción de aulas y área administrativa de infraestructura educativa temporal

mediante la modulación de contenedores en buen estado cuya vida útil como elemento de carga llegó a su fin.

### **1.3.2 Objetivos específicos**

1. Investigar acerca de los diferentes métodos de construcción a base de contenedores.
2. Generar un modelo que cumpla con los requisitos y especificaciones que dicta el Ministerio de Educación Pública, planteando una adecuación de los contenedores que conforme una estructura rápida y segura para los estudiantes.
3. Realizar un presupuesto de los modelos diseñados.
4. Elaborar una comparación entre los modelos que se diseñan y los prototipos actuales del MEP.

## **1.4 Justificación**

Para el presente proyecto se va a proponer un modelo nuevo a base de contenedores tomando en cuenta los prototipos y presupuestos de los modelos actuales, creando un producto similar para el MEP que sea movable y reutilizable cada vez que sea necesario en cualquier parte del país.

El resultado de este proyecto va a permitir que, en caso de una emergencia a nivel nacional, se tenga un plan para no interrumpir el curso lectivo mientras las escuelas y colegios son utilizados como albergues.

## **1.5 Alcance y limitaciones**

Para la realización de los modelos, se deben tomar en cuenta aspectos como la locación y el acceso a las zonas beneficiadas y enfocarse en áreas específicas del diseño sobre edificaciones con este tipo de estructuras; sin embargo, para efectos de este proyecto, se llevará a cabo la modulación de contenedores en buen estado cuya vida útil llegó a su fin y el diseño de elementos simples.

Se van a detallar los elementos que conforman un contenedor y que lo convierten en una estructura resistente capaz de soportar grandes cargas, no obstante, no se va a hacer un análisis profundo sobre este tema, pues los diseños que se van a proponer no van a representar un cambio significativo en comparación a las cargas que recibe un contenedor en su estado original.

Para la realización de estos, se respetarán los lineamientos que dicta la Dirección de infraestructura y equipamiento educativo (DIEE), en cuanto a dimensiones y límites en el presupuesto, por lo que el resultado se podría ver afectado dependiendo del diseño que se desee realizar y el zonaje, pues el transporte de los contenedores a las locaciones va a variar el costo. Por lo tanto, el diseño se va a considerar como una inversión inicial y dependiendo en la cantidad de usos que se le den va a tener que invertirse en mantenimiento.

## **1.6 Impacto**

En muchos casos, en los que el país se ha visto afectado por alguna emergencia, el uso de escuelas y colegios como albergues temporales provoca que se ocasionen un atraso en el curso lectivo en las instituciones de la zona.

Con el resultado de este proyecto, se va a generar una solución a los inconvenientes que esto genera, creando un producto que ayude a agilizar el proceso de la vuelta a clases mientras se normaliza la situación.

Cuando las emergencias son a largo plazo y los centros educativos no solo son utilizados como albergues si no que se generan daños estructurales y deben hacerse reparaciones, el uso de estos modelos temporales van a ser funcionales para crear una escuela temporal mientras se realizan estas remodelaciones, tal y como sucedió con la escuela de Poasito después del terremoto de Cinchona, la cual fue destruida y los estudiantes tuvieron que esperar 8 meses para volver.

Durante el tiempo que duró la escuela en construirse, los estudiantes tuvieron que ubicarse en un salón que les facilitó la iglesia y debido al hecho de que eran aproximadamente 200 alumnos, se tuvo que alternar el uso de esta aula para que todos recibieran sus estudios. (Villegas, 2009)

Si en aquel momento, el MEP hubiera tenido un sistema temporal para poder seguir dando clases a los jóvenes, se hubieran aprovechado esos 8 meses para seguir dando lecciones de manera regular sin tener que alternar los diferentes grupos de estudiantes en solo un aula.

## Capítulo 2

### Marco Teórico

#### 2.1 Marco teórico-conceptual

El transporte con contenedores fue inventado en 1956 por Malcolm Mc Lean, quien desarrolló una forma estandarizada para movilizar carga de lugares lejanos a otros cruzando fronteras e incluso los océanos al día de hoy. (Páez, 2014)

Fue hasta la década de los 70 cuando se empezó a aceptar a nivel mundial el uso de contenedores para la carga marítima; sin embargo, fue gracias a la marina de los Estados Unidos de América, ya que ellos impulsaron el contenedor de transporte ISO con el diseño que Mc Lean trabajó y desarrolló durante años, el cual permitía la fácil apilación, forma de cargar y descargar en camiones, trenes y barcos. (Páez, 2014)

Se estima que 90% de la mercadería mundial se transporta por medio de contenedores y que alrededor de todos los puertos del planeta se tienen 350 millones de unidades esperando a ser usadas, por lo que la venta de esos que sigan en un buen estado va a tener un precio bajo en el mercado, bajando de un 30 a un 40% el costo en la construcción. (Jamart, 2011)

En países como Reino Unido, Francia, Rusia y Holanda, este tipo de edificación es cada vez más usual, en Ámsterdam se construyó un complejo de mil viviendas para estudiantes a base de contenedores. Además, este método es muy efectivo a la hora de realizar remodelaciones o ampliaciones a casas o negocios. Los franceses construyeron una eco-ciudad universitaria utilizando 100 contenedores de 20 pies, dándole un acabado moderno, original y diferente. Este recinto se construyó en Le Havre, en la Alta Normandía. (Jamart, 2011)

La realización de estructuras temporales a base de contenedores para atender emergencias nacionales es algo que ya se utilizó en países como Haití, donde después del terremoto ocurrido en 2010, el cual tuvo una magnitud de



7,3 grados en la escala Richter, se pensó en la idea de realizar viviendas temporales para los afectados gracias a la iniciativa de la empresa Green Container International Aid, dando incluso como resultado la realización de hospitales, bibliotecas y escuelas. (Jamart, 2011)

Generalmente, el uso de los contenedores en la construcción era para realizar módulos temporales, ya sea para tiendas o para oficinas y casetas en proyectos de construcción que no se usarían de manera permanente; sin embargo, entre más se usaba este método, los ingenieros y arquitectos empezaron a expandir la mente y decidieron prolongar este lapso temporal a años y esos pequeños locales a estructuras más elaboradas. (Ayarra, La construcción con contenedores marítimos, 2013)

Con las nuevas formas de poner a prueba este método, surgió la idea de usar estos contenedores como casas temporales en lugares donde, debido a una catástrofe, las personas perdían sus hogares, siendo esto una solución temporal mientras se buscaba una definitiva. (Ayarra, La construcción con contenedores marítimos, 2013)

El contenedor, en su forma y esqueleto, es capaz de constituir una estructura, que se comporta de una manera similar a una edificación convencional (concreto, acero o prefabricado), con la ventaja de que se puede modular, de manera que se pueden quitar paredes sin debilitar la estructura. (Ayarra, La construcción con contenedores marítimos, 2013)

Esto se puede lograr mediante la unión de 2 o más contenedores para formar una sola estructura y lograr el diseño deseado por el cliente y diseñador, sin perder la rigidez del elemento que se necesita para soportar las cargas que se le aplican al momento de un sismo o de su peso propio. (Ayarra, La construcción con contenedores marítimos, 2013)

Para la construcción de casas convencionales, la colocación de los contenedores va a ser esencial para que la modulación sea correcta y cumpla con los requerimientos necesarios para su supervivencia, al ser un sistema tan innovador, debe de ser capaz de soportar igual o mejor a las casas hechas de materiales convencionales. (Ayarra, La construcción con contenedores marítimos, 2013)



Ilustración 2. Construcción modular con contenedores

Fuente: (Ayarra, La construcción con contenedores marítimos, 2013)

Los contenedores, generalmente, están hechos de acero, sin embargo, se pueden encontrar en el mercado de otros materiales, como aluminio o de contrachapado con fibra de vidrio. (Alvarez, 2013)

Todos los contenedores cuentan con un equipamiento de twistlocks, los cuales facilitan su enganche con las grúas a la hora de ser cargados o descargados. La fabricación de contenedores se ha estandarizado por medio de la International Standardization Organization (ISO). (Alvarez, 2013)

## 2.2 Tipos de contenedor

Los contenedores no se clasifican solo por el material por el que están compuestos, sino también por las características y dimensiones. Además, el uso que se le dé va a influir en el costo de estos después de cumplir con su vida útil. Estos son algunos de los tipos de contenedores que se encuentran en el mercado.

- Dry Van: Se considera como el contenedor estándar, es el más común, ya que es el más utilizado a nivel mundial. Está herméticamente cerrado y no tiene ventilación o refrigeración. (Alvarez, 2013)



Ilustración 3. Contenedor tipo Dry Van

Fuente: (Alvarez, 2013)

- High Cube: Son similares a los Dry Van, con la particularidad de que tienen una altura de casi tres metros, mientras que el estándar es de dos metros con cuarenta y nueve centímetros. (Alvarez, 2013)



Ilustración 4. Contenedor tipo High Cube

Fuente: (Alvarez, 2013)

- Reefer: Son los contenedores refrigerados, se usan para el transporte de productos que deben mantenerse en temperaturas bajas durante su transporte. Traen un termostato incorporado para seleccionar la temperatura que se desee. Deben ir conectados ya sea al camión, barco y terminal en la que se encuentre. Estos funcionan con corriente trifásica. (Alvarez, 2013)



Ilustración 5. Contenedor tipo Reefer

Fuente: (Alvarez, 2013)

- Open Top: Están abiertos en su parte superior, por lo tanto, carecen de techo. Se usa para mercancía cuya altura supera los tres metros de altura, por lo tanto, ni un High Cube es capaz de transportarla. (Alvarez, 2013)



Ilustración 6. Contenedor tipo Open Top

Fuente: (Alvarez, 2013)

- Flat Rack: Se usa para cargas con dimensiones que sobrepasan la medida estándar, por lo tanto, carece de laterales y en algunos casos de la pared frontal y lateral quedando únicamente la base. (Alvarez, 2013)



Ilustración 7. Contenedor tipo Flat Rack

Fuente: (Alvarez, 2013)

- Collapsible Flat Rack: Es igual al Flat Rack, sin embargo, sus laterales son plegables sobre la base. (Alvarez, 2013)



Ilustración 8. Contenedor tipo Collapsible Flat Rack

Fuente: (Alvarez, 2013)

- Open Side: Tal y como lo indica su nombre, está abierto por uno de sus laterales, mantiene el techo, la base y el resto de paredes. (Alvarez, 2013)



Ilustración 9. Contenedor tipo Open Side

Fuente: (Alvarez, 2013)

- Contenedor Cisterna: Se usan para transportar líquidos a granel. Está constituido por una serie de vigas de acero y contiene un tanque en el que se almacena el producto. Las condiciones de apilación y transporte e igual al resto de contenedores. (Alvarez, 2013)



Ilustración 10. Contenedor tipo Cisterna

Fuente: (Alvarez, 2013)

- Flexi-Tank: Es similar al contenedor cisterna, con la diferencia de que en su interior dispone de un depósito flexible fabricado en polietileno llamado Flexibag. (Alvarez, 2013)



Ilustración 11. Contenedor tipo Flexi - Tank

Fuente: (Alvarez, 2013)

## **2.3 Ventajas**

Este sistema presenta grandes ventajas que abarcan desde el tiempo de las personas involucradas, hasta el bolsillo del cliente. Esto se debe al bajo valor que tiene el contenedor en el mercado, debido al uso que se le da, por ejemplo, si un contenedor viaja desde el continente asiático hacia el americano, una vez que cumple con su entrega, debe de ser devuelto vacío y se desperdicia un espacio muy valioso, debido a esto, se ha llegado a concluir que es más viable comprar contenedores nuevos en lugar de devolver contenedores en un viaje de varios días sin ninguna mercancía.

Esto lleva a la siguiente ventaja, el reciclaje, si no se reciclaran estos contenedores, se estaría dando una importante acumulación, en la que la oferta sería más grande que la demanda, por lo que la venta barata es la solución más clara, en donde ambas partes se verían beneficiadas.

Se presenta una gran eficiencia en los procesos y se minimiza el consumo de recursos y de energía, sobre todo en una estructura que se va a estar reutilizando en varias zonas del país con el mismo propósito, manteniendo siempre su seguridad y desempeño.

## **2.4 Pasos para elaboración**

Para elaborar una estructura con contenedores, se debe emplear una serie de pasos generales que facilitan el procedimiento de llevar a cabo este proceso.

La adquisición de los contenedores es el primer paso, generalmente, en Costa Rica, un contenedor ronda entre los tres mil y cuatro mil dólares dependiendo de las dimensiones y el lugar donde se necesiten.





## Ilustración 12: Ejemplo de cimiento convencional para edificaciones a base de contenedores

Fuente: (Dazne, ARQuitectura Prefab, 2014)

El siguiente paso es la elaboración de las fundaciones, aquí se pone en prueba una de las ventajas de este método, pues los cimientos van a ser los necesarios para poder acomodar la estructura. Generalmente, se recomienda que se elabore una especie de placas corrida con un anclaje de acero en las cuales va a ir apoyada la estructura. Construir una casa con contenedores. (Dazne, ARQuitectura Prefab, 2014)

El siguiente paso es la modulación del contenedor, al ser una figura establecida, hay que hacer la remoción de algunas paredes para tener más espacio y ajustarlo a las necesidades del cliente. Para remover paredes, se debe hacer un refuerzo en las placas insertando 2 apoyos intermedios circulares, los cuales van a ayudar a soportar cargas laterales como sismos y viento. (Dazne, ARQuitectura Prefab, 2014)

Luego de tener la estructura anclada y reforzada, se procede a añadir refuerzos para asegurar la estabilidad de la estructura y poder colocar las cerchas para la estructura de techo y posteriormente la cubierta. (Dazne, ARQuitectura Prefab, 2014)

Ya con la estructura principal terminada, se procede a hacer los buques de las ventanas y puertas, por medio de herramientas como sopletes o cortadores de plasma. Hasta este punto, se han realizado las tareas que en una casa habitual o estructura habitual sería toda la obra gris, a partir de esto, solo faltaría la obra electromecánica y los acabados. (Dazne, ARQuitectura Prefab, 2014)





### Ilustración 13: Alcance de una edificación a base de contenedores

Fuente: (Dazne, ARQuitectura Prefab, 2014)

## 2.5 Componente estructural de un contenedor

En su mayoría, los componentes estructurales de un contenedor se encuentran en los paneles de paredes y techos, estos pueden ser considerados como lo que se conoce en una estructura convencional, a las vigas de la pared y vigas de techo.

Los contenedores de carga ISO son probados según la norma internacional ISO 1496/1, la cual establece los factores de carga de diseño tanto estático como dinámico que deben de cumplir. (Páez, 2014)

En el caso de un contenedor de 20 pies, este tiene un peso tara de 1,9 toneladas, mientras que el peso bruto máximo es de 24,8 toneladas, el cual debe de soportar las cargas que se le aplican tanto de manera gravitacional como laterales, además de resistir el peso de 5 contenedores con el mismo peso máximo bruto estibados sobre él ya sea en tierra o en los barcos que los transportan. (Páez, 2014)

El peso que resisten estos contenedores, son los causantes que tengan una vida útil muy corta, principio que dio pie a que se pensara en la reutilización de estos para otros propósitos como la construcción, ya que si precio disminuye sustancialmente una vez que salen de servicio, sin embargo, su resistencia se mantiene lo suficiente para soportar las cargas que una edificación habitual recibe. La característica más importante de este elemento es que es adecuado para recibir cargas sísmicas debido a que es muy ligero y resistente a la vez. (Páez, 2014)

Aunque un contenedor se compone básicamente de 4 paredes, un techo y un piso, son los elementos situados en las esquinas y bordes los que le dan la resistencia necesaria para cumplir con los requisitos para los cuales se fabrican, por ejemplo, cada esquina está reforzada para proporcionar medios

de manipulación, apilamiento y asegurar los contenedores. Las 8 esquinas están unidas gracias a los postes verticales situados en los 4 puntos de unión del contenedor. (Páez, 2014)

La barra lateral superior e inferior son los elementos estructurales longitudinales que están situados en los bordes respectivos en los 4 lados del contenedor, estos están unidos a los herrajes y a los elementos verticales descritos anteriormente, en conjunto, todos estos elementos forman lo que se conocería como el marco de una edificación de este tipo, pues son los que reciben las cargas y las distribuyen de manera que conforman una edificación tan resistente como una estructura habitual a base de concreto o acero estructural. (Páez, 2014)

La estructura básica se compone de los siguientes elementos:

- Postes de esquina: Son los componentes verticales del armazón, ocupan las cuatro esquinas del contenedor.
- Travesaños superiores e inferiores: Elementos que cierran los marcos de frente y fondo.
- Largueros laterales: Son las vigas superiores e inferiores que unen los postes de esquina de frente y fondo, cierra la estructura del contenedor lateralmente.
- Esquineros: Elementos de unión que se encuentran en los vértices del contenedor y que unen extremos del travesaño con los largueros y postes de esquina. Están contruidos en condiciones especiales de resistencia, ya que son diseñados para la manipulación mecánica del contenedor, este vacío o lleno.
- Cuadernas o travesaños de piso: Vigas transversales dispuestas a una distancia de 30 cm entre sí. Sirve para unir largueros inferiores formando la base para apoyar el piso del contenedor.
- Túnel: Fabricado con tubo rectangular de hierro reforzado, utilizado como medio para levantar el contenedor con máquinas equipadas con uñas.

## Capítulo 3

### Marco Situacional

Como se mencionó anteriormente, el Ministerio de Educación Pública no cuenta con un sistema de infraestructura temporal para utilizar durante o después de una emergencia.

Actualmente, cada vez que ocurre una emergencia nacional, la opción más sencilla para la Comisión Nacional de Emergencias es utilizar el espacio disponible en las escuelas y colegios públicos para utilizarlos como albergues, provocando que los jóvenes no puedan regresar a las clases debido a que estos siguen siendo utilizados con el propósito de brindar un lugar seguro a los afectados.

El prototipo de un aula académica es de 72 m<sup>2</sup>, donde 18 m<sup>2</sup> corresponden al corredor y los restantes 54m<sup>2</sup> al aula en sí. El costo para ejecutar un aula de este tipo es ₡14, 861,368.39 y el costo por m<sup>2</sup> es de ₡206,407.89. (Catalogo de Prototipos de la DIEE, 2011)

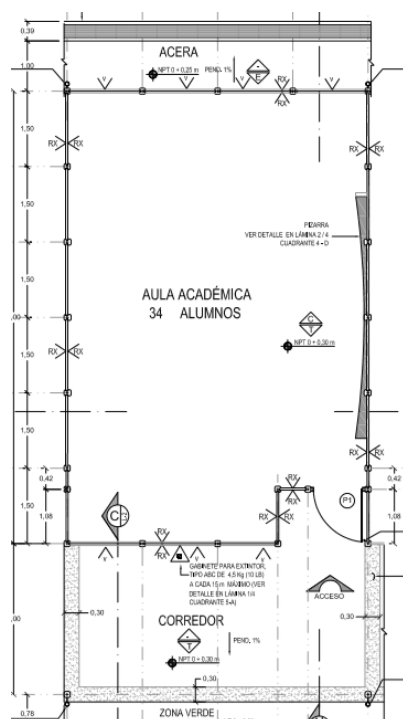


Ilustración 14: Prototipo de Aula Académica

Fuente: (Catalogo de Prototipos de la DIEE, 2011)

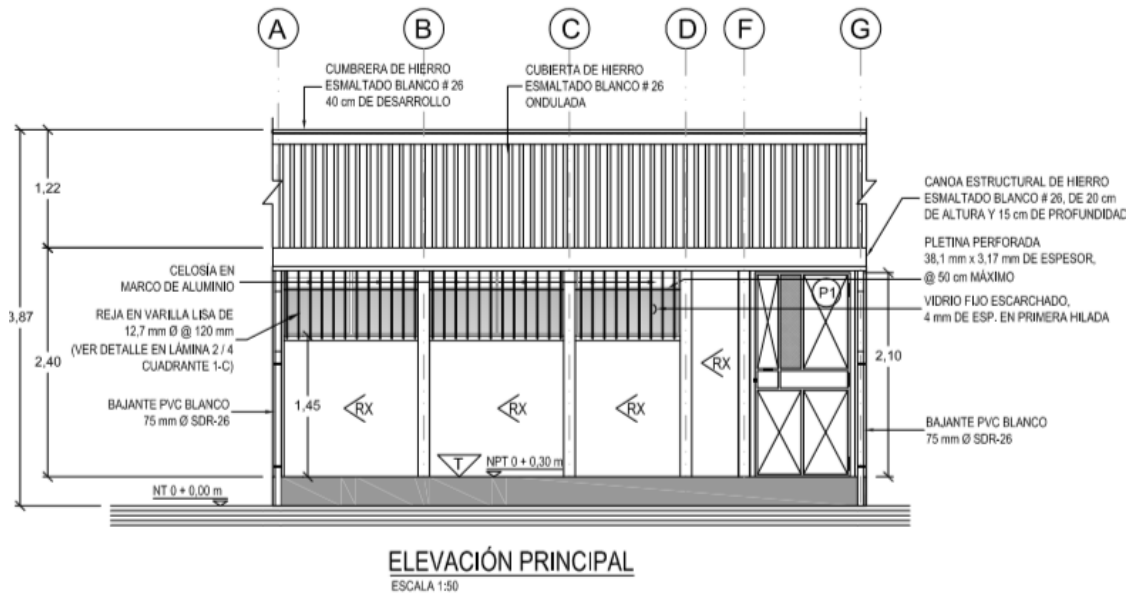


Ilustración 15: Elevación Principal Prototipo Aula Académica

Fuente: (Catalogo de Prototipos de la DICE, 2011)

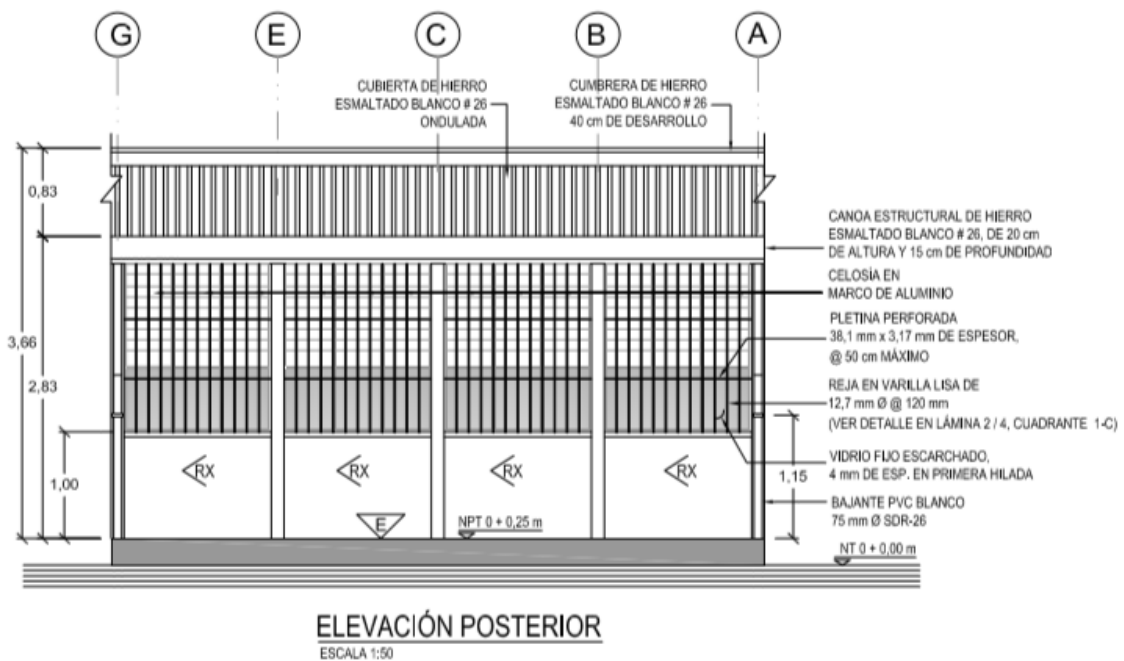


Ilustración 16: Elevación Posterior Aula Académica

Fuente: (Catalogo de Prototipos de la DICE, 2011)

Para el área de administración, se cuenta con 2 prototipos, uno de 144 m<sup>2</sup> y otro de 72m<sup>2</sup>, para efectos de este proyecto, se va a proponer un modelo a base de contenedores para el prototipo de 72 m<sup>2</sup>, ya que, al ser una estructura temporal, no se ve la necesidad de tener un área tan grande si no se van a aprovechar al máximo sus espacios. (Catalogo de Prototipos de la DIEE, 2011)

Al igual que las aulas académicas, 18 m<sup>2</sup> del área total corresponde al corredor y 54 m<sup>2</sup> a las oficinas. El costo de este prototipo es de ₡17,539,522.59 y un valor de ₡243,604.90 el m<sup>2</sup>. (Catalogo de Prototipos de la DIEE, 2011)

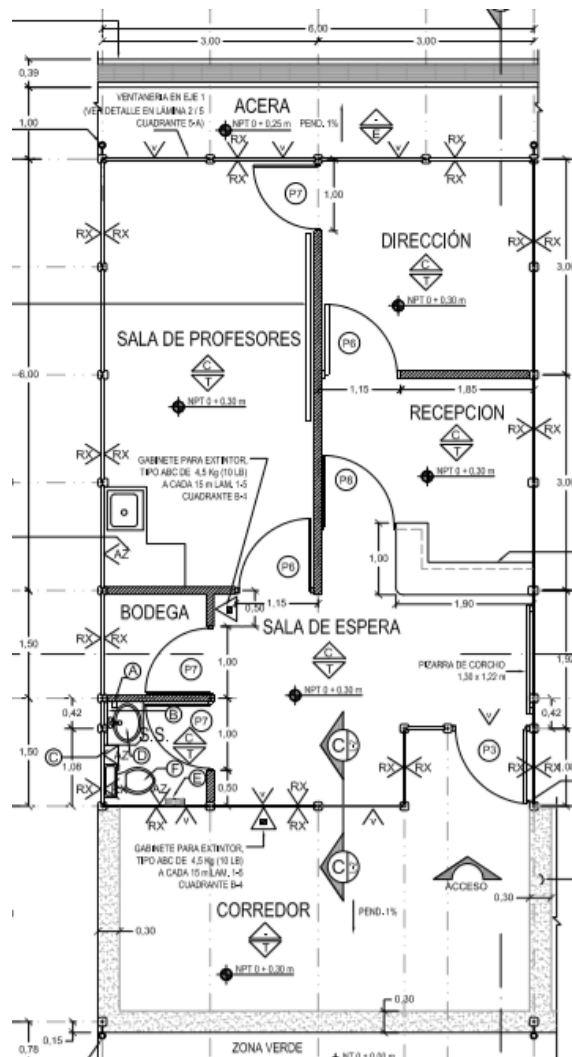


Ilustración 17: Prototipo de Área Administrativa

Fuente: (Catalogo de Prototipos de la DIEE, 2011)

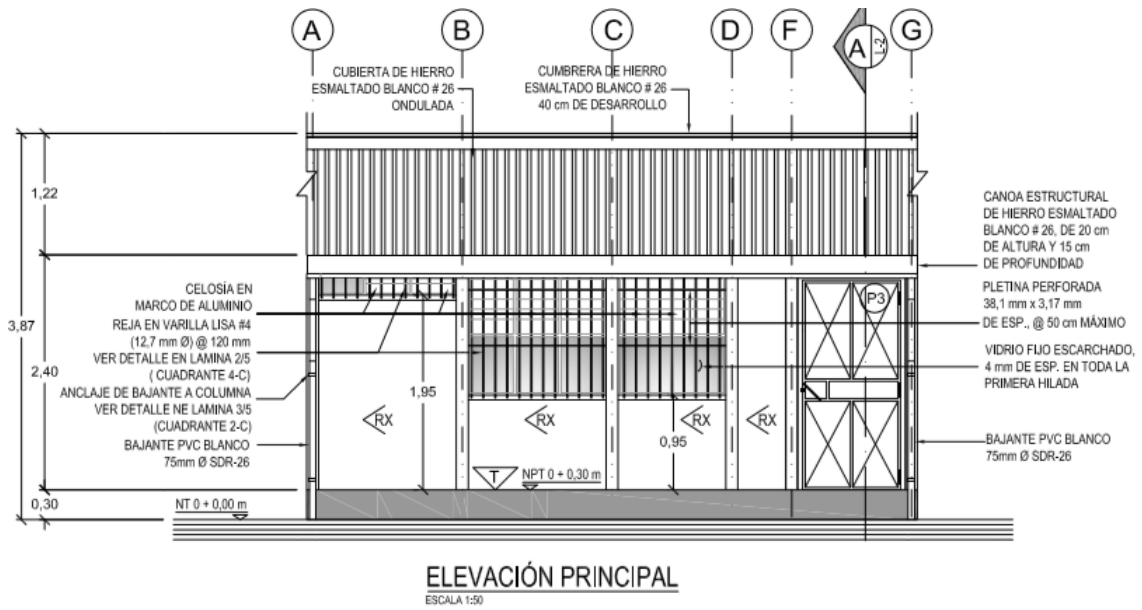


Ilustración 19: Elevación principal Área Administrativa

Fuente: (Catalogo de Prototipos de la DIEE, 2011)

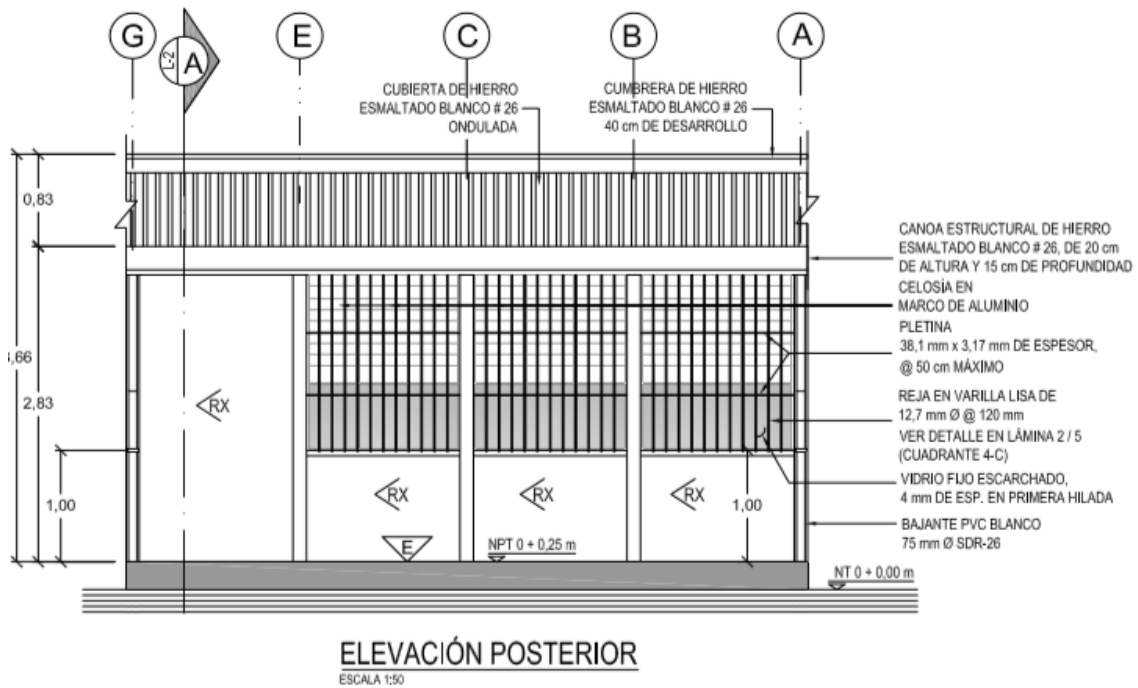


Ilustración 18: Elevación posterior Área Administrativa

Fuente: (Catalogo de Prototipos de la DIEE, 2011)

Para la realización de este proyecto se va a mantener el costo de la obra electromecánica de cada prototipo adecuándolo a los metros cuadrados de la propuesta, pues no entra en el alcance del mismo.

Los modelos que se van a proponer deben de servir para ser colocados en cualquier lugar del territorio nacional, tomando en cuenta que el costo va a variar dependiendo de la zona donde se vaya a necesitar debido al transporte de los materiales.

Aunque es una estructura temporal y su ensamblaje es relativamente sencillo, no se debe de durar más de una semana para que las estructuras estén armadas y listas a usar cuando sea necesario.

## Capítulo 4

### Marco Metodológico

#### 4.1 Propuesta de diseño

El proyecto se va a centrar en llegar a un prototipo que le resulte al Ministerio de Educación Pública un producto viable para crear infraestructura temporal en momentos donde los establecimientos sean utilizados para otro propósito al momento de una emergencia.

Para llegar a un área de construcción similar al de los prototipos de aula académica, se van a requerir 5 contenedores de 20 pies cada uno, con los cuales se logrará un área similar de 73,6m<sup>2</sup>. Considerando que se está pensando en un modelo que va a ser utilizado en un momento de emergencia, no se va a considerar el área de corredor, para que sea aprovechado al máximo el espacio del aula. El dato exacto de la cantidad de estudiantes varía dependiendo de la locación.

El área administrativa se va a modular con 5 contenedores de 20 pies al igual que las aulas académicas, para llegar a un área estimada de 73,6 m<sup>2</sup> los cuales abarcarán una oficina de dirección, recepción, sala de profesores, sala de espera y bodega. La altura de los contenedores de 20 pies es de 2,6m, mientras que la de los prototipos es de 2,4m.

Un contenedor de 20 pies tiene un valor aproximado de \$2400; sin embargo, este precio va a variar dependiendo del lugar en el que se vaya a ubicar, ya que el transporte puede aumentar el costo.

Como se mencionó anteriormente, el alcance del proyecto no incluye la obra electromecánica, por lo que se estaría conservando el costo del mismo adaptándolo a los metros cuadrados del proyecto y al tiempo de ejecución de la obra. Pese a que no se va a tomar en cuenta, es importante recalcar que el trazado de las instalaciones de cableado es más sencillo y rápido en este tipo de estructuras.



La distribución arquitectónica de los elementos va a mantenerse igual a la de los prototipos, en este caso, se va a tener que hacer un corte para unir los contenedores y poder modularlo de manera que se mantengan las áreas de las oficinas del área administrativa, además del levantamiento de paredes livianas.

Debido a que los contenedores no fueron fabricados para este fin, se va a tener que ambientar para que cumpla con los requisitos de una estructura convencional; por lo tanto, la aplicación de aislantes térmicos es esencial para prevenir problemas de temperatura, además de evitar la corrosión del metal, también se recomienda forrar las paredes con paneles de yeso para darle un acabado que evite que se vea el aspecto corrugado original del contenedor.

Una vez que se complete el diseño de las aulas y área administrativa, se va a hacer el presupuesto para ajustarlo y bajar costos al máximo en caso de ser necesario, además, se va a hacer un cronograma para determinar cuál va a ser el tiempo de ejecución de la obra. Una de las ventajas de este método de construcción es la rapidez en comparación a las construcciones habituales, por lo tanto, se debe de cumplir con este requisito.

## **4.2 Diseño de las aulas académicas (72 m<sup>2</sup>)**

Según el artículo 11.10 del Compendio de normas y recomendaciones para la construcción de edificios para la educación, la altura de piso a cielo raso debe ser de mínimo dos metros cincuenta centímetros (2,50 m), sin embargo, debe existir ventilación cruzada del aire que permita la renovación constante del mismo. En caso de que no se cumpla con este requisito, la altura debe de ser 2,70m. (Compendio de normas y recomendaciones para la construcción de edificios para la educación (DIEE-MEP), 2012)

Los contenedores tienen una altura de 2,59 m, por lo que el diseño debe contemplar la ventilación cruzada para poder cumplir con los requisitos que dicta la dirección de infraestructura y equipamiento educativo.

La luz natural que reciben los espacios educativos debe ser directa y preferiblemente del norte, de no ser así, la ventanería debe ser tratada con la protección adecuada contra la radiación solar, en este caso, se puede colocar la estructura de manera que la orientación del norte sea posible. La dimensión de las ventanas deberá ser equivalente a una quinta parte de la superficie del piso.

Los espacios educativos deberán de tener por lo menos una puerta de noventa centímetros (0,9 m) por cada treinta y cinco o fracción de 35 alumnos. En este caso, los contenedores van a ser modulados de manera que tengan una entrada para las aulas académicas con acceso para cualquier persona, eso incluye las sillas de ruedas. (Compendio de normas y recomendaciones para la construcción de edificios para la educación (DIEE-MEP), 2012)

Esta puerta va a ser considerada de emergencia, por lo tanto, abatir en el sentido de la evacuación sin que su hoja interfiera en los pasillos o circulaciones adyacentes.

Las paredes divisorias livianas no deberán ser de carga, ni contener instalaciones eléctricas, hidráulicas o sanitarias. Estas deberán ser situadas en las posteriores o fachadas.

Para los contenedores, las paredes van a ser consideradas como las paredes de carga, mientras que para darle la modulación interna se va a recurrir a paredes livianas de Gypsum.

### **4.3 Diseño del área administrativa (72 m<sup>2</sup>)**

El Compendio de normas y recomendaciones para la construcción de edificios para la educación establece que todo centro educativo debe de tener un área administrativa en donde se ubique la oficina del director, secretaría y sala de profesores como mínimo. El prototipo de administración de 72 m<sup>2</sup> incluye estos mencionados anteriormente más una bodega y sala de espera. (Compendio de normas y recomendaciones para la construcción de edificios para la educación (DIEE-MEP), 2012)

Anteriormente se mencionó que no se iba a incluir el corredor (18 m<sup>2</sup>) para aprovechar el espacio al máximo, por lo tanto, esta zona va a ser utilizada como espacio administrativo y así poder expandir las áreas respectivas de la parte administrativa.

La ventanería del área administrativa va a estar ubicada en la parte frontal y posterior, ubicadas a una altura de 95 cm. La altura y el ancho de los marcos va a variar dependiendo de la modulación del contenedor, pues estos van a ser formados mediante cortes que se le hacen a la estructura por medio de una cortadora de plasma o soplete como se mencionó anteriormente.

La puerta principal, al igual que para el aula administrativa, debe de cumplir con la ley 7600, por lo que el ancho va a ser de 108 cm. Pasa lo mismo con las puertas de las oficinas internas (director, recepción y sala de profesores). (Compendio de normas y recomendaciones para la construcción de edificios para la educación (DIEE-MEP), 2012)

Las divisiones internas van a ser conformadas por paredes livianas de gypsum. En el caso de las paredes que van a forrar la estructura del contenedor, se va a aplicar el aislante térmico el cual se va a detallar más adelante para que no haya problemas de temperatura dentro de la estructura.

#### **4.4 Aislante térmico para las estructuras**

Una de las cosas que más preocupa a las personas que deciden construir con este sistema constructivo es cómo les va a afectar la temperatura al estar en una especie de cajón, el cual es extremadamente frío o caliente según la zona en donde se ubique.

Esta estructura puede convertirse en un espacio habitable y aislado respecto a las fluctuaciones de temperatura de las distintas estaciones del año. Esto se puede lograr mediante diferentes métodos y materiales explicados a continuación.

El aislante de una estructura a base de contenedores es muy importante para lograr conseguir, en este caso, un aula eficiente

energéticamente. Por el hecho de que muchos niños y adolescentes van a verse beneficiados de estos prototipos hay que garantizar que las horas que pasen dentro de estos no les vaya a afectar ya sea debido al frío o el calor.

Los elementos que se deben de aislar son las 4 paredes del contenedor, el techo y el suelo si se va a considerar aislar el elemento desde el interior. Esto conlleva a que las caras metálicas exteriores del contenedor queden expuestas.

Este sistema de aislamiento tiene sus desventajas, ya que esto significaría que se va a reducir el espacio del interior. Considerando que el ancho de un contenedor es de 2.43m y que cada pared va a verse disminuida en 5 cm. Cabe resaltar que a las paredes del contenedor que sirvan como división interna, no va a ser necesario aplicarles el aislamiento, pues no van a tener un contacto directo con la intemperie.

Usar el aislamiento térmico interior da como resultado que los lados externos del contenedor amortigüen un salto de temperatura más alto, por lo que habría que considerar hacer el espesor de este más grande; sin embargo, esto se puede evitar con pinturas aislantes o incluso colocando los contenedores en lugares estratégicos donde se sepa que no van a estar en el rango del sol durante las horas críticas y se pueda jugar con las sombras de la zona donde van a estar localizados.

Existen distintos tipos de aislantes que se pueden utilizar en los contenedores en su lado interior, tanto en paredes como en el cielo, por ejemplo, aislantes de corcho o lana fibra de vidrio Owens Corning. También están los más comunes como los poliestirenos.

En el caso del aislamiento para el suelo, se puede utilizar uno de bajo espesor y de baja transmisión térmica que incluso termina siendo usadas como acabado de piso. Otra opción son las espumas rígidas que consiguen un alto valor de aislamiento y son aptas para el alto tránsito de personas.

Lo mencionado anteriormente representa todo lo que es el aislamiento térmico desde el interior; sin embargo, también existe la posibilidad

de aplicar un aislante por el exterior del contenedor, permitiendo que no se pierda la anchura del interior de la estructura y permitir un espacio más amplio.

Con ese sistema se presentan ventajas como la que se acaba de mencionar, pero también se cuenta con otra ventaja como la de no permitir que los rayos del sol tengan un contacto directo con la estructura metálica del contenedor.

La desventaja que presenta este tipo de aislamiento es más que nada por estética, pues muchas personas que deciden utilizar este método de construcción prefieren que se vea la estructura reciclada en su forma natural y al aplicar este tipo de aislamiento se pierde esa esencia.

La mayoría de los materiales que se utilizan para aislar el contenedor desde el interior, no son aptos para hacerlo desde el exterior si no se cuenta con una impermeabilización apta. Se podrían usar materiales hidrófugos y sistemas pensados para estar a la intemperie, por ejemplo un sistema de monocapa que se aplica sobre las placas de poliestireno o sistemas de fachada ventilada con paneles modulares con acabados como fibrocemento, acero galvanizado o incluso madera.

Para este caso particular que es el de la elaboración de infraestructura educativa temporal, se va a optar por usar aislante térmico desde el interior, no solo por su bajo costo, si no que una de sus desventajas era la de la reducción del espacio; no obstante, la modulación que se va a realizar con los contenedores va a ser de tal manera que las paredes largas de la estructura van a ser compartidas o removidas y no solo no van a necesitar aislante, si no que los 5 cm que se van a necesitar para el aislante acústico va a ser aplicado en el caso del aula académica en las 4 caras principales y existe mucha distancia entre ellas, por lo que la reducción del espacio no va a ser mucha.

En el caso del área administrativa, se va a modular de manera que una de las paredes de cada contenedor sirva como división interna; por lo tanto, no va a requerir aislante y las 4 caras que van con este sistema, aunque se va a ver un poco más afectada la reducción de espacio, hay que tener en

cuenta que se optó tener más espacio de oficinas eliminando el corredor, por ende, se compensa esos centímetros menos de espacio.

#### **4.5 Transporte de los módulos a las zonas afectadas**

Una de las ventajas que se mencionó al inicio de este artículo, es que las edificaciones a base de contenedores son consideradas como una estructura prefabricada que puede soportar cargas igual o mejor que una estructura convencional.

La forma en la que se va a transportar el contenedor no va a variar a como se transportaba cuando era usada con el fin para el cual se elaboró. Cada contenedor se va a transportar de manera independiente, ahí se justifica por qué la lejanía de la zona donde vaya a ser utilizado va a aumentar el costo, pues la logística para el transporte es uno de los puntos más caro que compone el presupuesto del proyecto.

El contenedor puede ser llevado al sitio en su estado original o con el buque para puertas y ventanas ya cortados desde un taller para ahorrar tiempo. Esto se debe a que estos cortes no van a influir en la resistencia del contenedor, por lo tanto, es seguro que se transporte de esta manera.

Para trasladar el contenedor al sitio ya modulado, se debe proteger con un manto que envuelva toda la estructura para que la parte interna de la misma no sufra con la intemperie, ya sea por lluvia o los rayos del sol que le van a afectar durante el viaje.

Una vez que la estructura se encuentre en la zona donde va a ser utilizada, una grúa se va a encargar de colocar los contenedores en la posición correcta, considerando siempre las indicaciones que dicta la DIEE (Dirección de Infraestructura y Equipamiento Educativo del MEP) con respecto al norte de la estructura y que el conjunto de los elementos conformados por los contenedores conformen una edificación lo más parecido a un centro educativo, pues no se va a contar con pasillos y zonas recreativas iguales a las de una escuela o colegio convencional.

En el momento en el que se dé una emergencia y se tenga que recurrir a usar los contenedores para crear centros educativos temporales, lo ideal sería que el Ministerio de Educación Pública tenga a su alcance una serie de contenedores ya modulados para que cuando llegue el momento se tenga que invertir tiempo solo en transporte y en pequeños detalles de ensamblaje.

#### **4.6 Ensamblaje de los contenedores**

Tal y como se mencionó anteriormente, lo ideal sería que el MEP tenga a mano varios contenedores listos para ser transportados a las zonas afectas de una emergencia en distintas zonas del país, esto conllevaría a que muchos de los trabajos que se pueden realizar el sitio ya estén hechos al momento de llevar a cabo el proyecto.

El corte de los buques para ventanas y puertas es una actividad que se puede realizar de manera previa a la emergencia siempre y cuando se haga con el debido cuidado, pues se va a estar cortando una estructura que, aunque fue diseñada para soportar cargas muy pesadas, hay que saber en qué puntos de la estructura se puede realizar estos cortes.

Para este caso en particular, las aulas académicas van a tener ventanas en la parte frontal y trasera, y van a estar ubicadas a una altura de 1.45m, esto significa que los cortes no van a ser críticos y no hay que preocuparse por debilitar la estructura, sucede lo mismo con la puerta, la cual va a tener dimensiones de 2.1x0.9m; sin embargo, se va a reforzar con una estructura metálica en sus marcos para que no haya pérdida de rigidez en el elemento.

Hay que tener siempre el cuidado al hacer los cortes para los buques de ventanas y puertas de no tocar los 4 extremos del contenedor, ya que ahí se ubican los puntos más fuertes de la estructura tal y como se mencionó el capítulo 1 del documento.

Los contenedores son compuestos por acero, el cual tiene una aleación de dos propiedades que lo constituyen y lo hacen resistente a la corrosión y a la tracción. Otra propiedad de este acero es que crea una película

de óxido impermeable al agua y al vapor de agua que impide que la oxidación prosiga hacia el interior de la pieza.

Generalmente, los contenedores son pintados con 3 manos de pintura epóxica, ya que, con las lluvias, la capa que se mencionó anteriormente pierde capacidad portante, esta pintura es altamente durable.

Al ser los contenedores estructuras de acero, la batalla contra la corrosión es una lucha constante debido a las duras condiciones atmosféricas a la que se enfrenta todos los días.

La pintura a base de resina epóxica es de extrema dureza y con mucha resistencia química, tiene un precio alto en el mercado, pero es de poco mantenimiento, pues su duración es de 4 a 6 años.

Otra actividad que se puede tener lista es la colocación de los pisos, generalmente al momento de realizar un proyecto a base de contenedores, siempre se debe de cubrir el piso original de la estructura, esto debido a que el contenedor ISO trae un piso de madera marino, el cual está tratado con insecticidas para proteger la madera y asegurar su durabilidad.

Lo más tentativo es dejar el piso original que trae el contenedor, ya que la madera mencionada anteriormente da un acabado muy elegante; sin embargo, debe de intervenir de alguna manera ya que el acabado original puede llegar a ser tóxico.

Se recomienda que se instale un piso laminado, pues, además de su bajo costo en el mercado, es fácil de colocar y de cortar. También incluye una manta por debajo que aísla en piso original.

La cerámica es otra opción, esta debe ser de alto tránsito, es fácil de limpiar y es un buen acumulador de calor, en caso de que no se considere una cerámica con esta característica, esta va a tender a quebrarse, ya que los contenedores tendrían un uso muy transitado sumándole el peso del mobiliario.

La última opción que se recomienda es la del moquette, el cual trae una aislación incorporada. Es fácil de colocar, pero tiende a acumular mucha mugre y ácaros y va a depender mucho de la calidad del producto que se aplique.



Para la propuesta se va a considerar un piso laminado, ya que es fabricado mediante la compresión de varias capas de materiales a base de fibra de alta calidad y maderas conglomeradas decoradas con papel impreso de alta calidad fotográfica y son resistentes al alto tránsito.

Cuando se unen dos o más contenedores, tal como en las edificaciones regulares, se debe colocar una junta de construcción para evitar movimientos o torsiones no deseadas a nivel estructural, sin embargo, este tipo de juntas se consideran más que nada cuando se unen 5 o más contenedores para separar íntegramente todo el edificio.

Al remover las paredes de muchos de los contenedores, van a quedar a la vista las juntas del elemento, esto implica que tengan que taparse con una banda de acero o sellarse con algún material. Para este proyecto se recomienda la utilización de la espuma del material aislante y masilla, valiéndose de un cordón de espuma como se ve en la imagen.



Ilustración 20: Ejemplo de junta entre contenedores

Fuente: (Dazne, ARQuitectura Prefab, 2014)

## Capítulo 5

### Resultados

#### 5.1 Resultado de los prototipos

Luego del análisis realizado se eligió utilizar 5 contenedores de 20 pies para cada uno de los modelos (Área administrativa y aula académica), los cuales va a tener un área neta de 73,6 m<sup>2</sup>.

La distribución se trató de mantener lo más parecido posible con respecto a la de los prototipos originales del MEP. El área administrativa cuenta con una sala de espera, recepción, oficina de dirección, sala de profesores y bodega, eliminando por completo el baño y utilizando ese espacio para expandir la bodega.

El baño se eliminó, ya que, al ser una estructura temporal, no es posible realizar la instalación mecánica y de los accesorios de la loza sanitaria debido a que no concuerda con el cronograma previsto para la instalación de los módulos.

Se propone la utilización de cabañas sanitarias para que tanto estudiantes como cuerpo docente los utilicen durante el momento de la emergencia.

La distribución de las aulas académicas se está manteniendo de manera muy similar, el modelo original incluye un corredor de 18 m<sup>2</sup>, dejando 54 m<sup>2</sup> de área neta para las aulas.

En el caso del modelo que se propone, los 73,6 m<sup>2</sup> de la estructura están siendo destinados al aula en sí, por lo tanto, más estudiantes pueden verse beneficiados.

Dependiendo de la zona y la demanda a la que se va a someter el modelo de las aulas al momento de ser utilizado, va a variar la cantidad de áreas que se va a construir, por ejemplo, si es una zona muy rural, donde la densidad de estudiantes es muy baja, se puede considerar solo la utilización de

4 contenedores, llegando a un área estimada de 58,8m<sup>2</sup>, siendo incluso mayor al área neta de las aulas del prototipo original.

El exterior de la estructura va a pintarse con 3 capas de pintura epóxica para evitar la corrosión del elemento. Los contenedores ya son tratados con esta pintura durante su vida útil; sin embargo, se propone que una vez que se destine el elemento a ser utilizado como infraestructura educativa temporal, se deben de pintar en su totalidad la parte externa para darle más durabilidad al contenedor.

Todas las paredes y el cielo raso van a estar forrados con aislante térmico Owens Corning, el cual va a permitir que tanto el calor como el frío no afecten la temperatura interior del contenedor.

El aislante que se propone no solo ayuda a mantener la temperatura dentro del contenedor, sino que también reduce el ruido, ya que sirve como aislante acústico, tal y como se muestra en la ilustración 21.

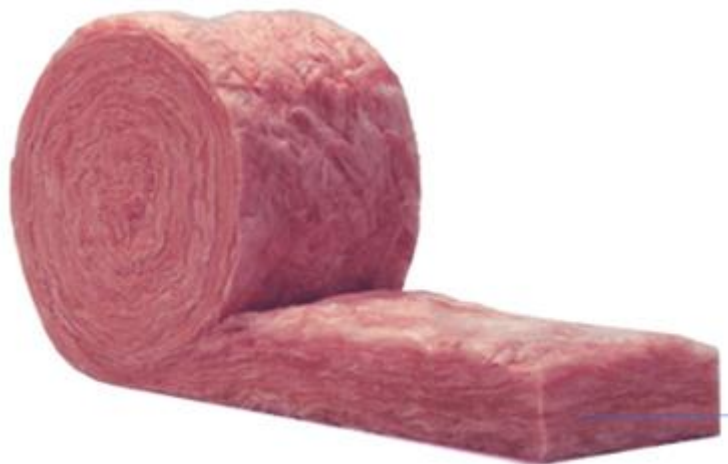


Ilustración 21: Aislante térmico Owens Corning

Fuente: (Transaco, 2016)

Una vez que se aplique el aislante térmico en paredes y cielos, se va a forrar con láminas de gypsum board de 13mm con estructura calibre 20 a cada 60cm, esto para proteger y ocultar el aislante aplicado. Se dará un acabado con pintura una vez terminado el armado de las paredes.

Para los pisos, anteriormente se mencionó que se sugerían 3 tipos (Porcelanato, Laminado o Moquette); no obstante, sin importar cual se elegía lo

que hay que tomar en cuenta es que se debe de tapar el piso original del contenedor debido a que los insecticidas que se le aplican son tóxicos para el ser humano, por lo tanto, se propone el uso de piso laminado.

El piso laminado que se aplicará será de 8.3mm de espesor, el cual tiene una garantía de 30 años. La razón por la que se propone es debido a su fácil instalación y permite que se transporte el contenedor con el producto aplicado.

Como se explicó anteriormente, lo ideal sería que los contenedores estén los más listos que se puedan para ser instalados y usados al momento de una emergencia, por lo tanto, el uso de piso laminado va a ser capaz de soportar los golpes del viaje a la zona afectada, a diferencia del porcelanato que puede sufrir daños.

El piso laminado es capaz de soportar el alto tránsito al cual va a ser sometido, pues, en el caso del aula académica, se espera que alrededor de 35 estudiantes como máximo aprovechen el espacio.

Para la ventanería de las aulas se propuso 2 en cada lateral del aula y una a la par de la puerta, debido a que el compendio de normas y recomendaciones para la construcción de edificaciones para la educación, establece que en caso de que un aula tenga una altura menor a 2,70 m, se debe de considerar un viento cruzado.

Para lograr esto, se va a colocar las ventanas de manera alternada una frente a la otra, de ese modo, toda la estructura va a estar ventilada, además, la ventana frontal va a agregar más frescura al aula, dejando un espacio para una pizarra.

En el caso de las ventanas para el área administrativa, según el prototipo del MEP, solo se necesitan ventanas en la parte frontal de la estructura y el resto de los espacios cuentan con unidades de aire acondicionado.

Debido a las circunstancias en las que se van a utilizar estas estructuras, no es viable contar un sistema de enfriamiento, por lo tanto, se propone ubicar ventanas en cada espacio.

Agregando 4 ventanas se está considerando una para la sala de espera, recepción, dirección y sala de profesores, de esta manera, solo la bodega quedaría sin ventilación natural.

Tanto las ventanas de las aulas académicas como las del área administrativa son de 1,5 m de ancho x 1,15m de alto, para un área total de 8,6 m<sup>2</sup> y 6,9 m<sup>2</sup> de ventanería respectivamente.

La puerta principal que se propone es la misma que la del prototipo original del MEP para ambos modelos, la cual es metálica con medidas de 2,1x1.07m para cumplir con la ley 7600. Para el área administrativa, se propone que las divisiones internas de la estructura cuenten con puertas de madera con las mismas medidas.

Anteriormente, se mencionó que la ventanería y las puertas eran dos de los trabajos que debían realizarse en sitio, ya que no es viable transportar los contenedores con estos elementos instalados, pues dependiendo del lugar de destino, pueden sufrir daños durante el viaje, sobre todos las ventanas, por lo tanto, deben de llevarse por aparte.

## **5.2 Presupuesto modelo Aula Académica**

Para la realización del presupuesto se tomó en cuenta los elementos que se muestran en los planos diseñados para este proyecto adjunto en los anexos de este documento. Los materiales fueron cotizados para tener como referencia precios reales y actualizados.

Según el catálogo de prototipos de la DIEE, la instalación eléctrica para las aulas académicas es de ₡546,348.48, con un costo por m<sup>2</sup> de ₡7588.17. Ajustando ese precio a los m<sup>2</sup> del modelo diseñado a base de contenedores, el cual tiene un área de 73,6 m<sup>2</sup>, se estaría estimando un costo de ₡558,489.31 y utilizando un cambio de dólar de ₡560, el precio final sería de \$998.

Tabla 1. Presupuesto de Aula Académica (73,6 m2, US\$)

Aula Académica (73,6 m2)				
Descripción	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Precio Total
Contenedores	5	Un	\$ 2400	\$ 12000
Preliminares	1	GI	\$ 57,4	\$ 57,4
Aislante térmico	161	M2	\$ 2	\$ 322
Paredes gypsum	94,3	M2	\$ 25	\$ 2357,5
Piso laminado	73	M2	\$ 24	\$ 1752
Cielo de gypsum	73	M2	\$ 20	\$ 1460
Puerta metálica	1	Un	\$ 480	\$ 480
Ventanería	8,6	M2	\$ 100	\$ 860
Rejas	1	GI	\$ 685	\$ 685
Pintura epóxica	94,3	M2	\$ 4,5	\$ 424,35
Pintura interior	94,3	M2	\$ 2,5	\$ 235,75
Instalación eléctrica	1	GI	\$ 998	\$ 998
Instalación sistema de emergencia	1	GI	\$ 61,5	\$ 61,6
Pizarra	1	GI	\$ 165,56	\$ 165,56
			Total	\$ 21859,06
			Costo/m2	\$ 296,88

Fuente: propia, 2017.

### 5.3 Presupuesto modelo Área Administrativa

Para el presupuesto del área administrativa, también se consideraron los elementos diseñados en los planos de este proyecto. Para este modelo se agregaron más puertas y divisiones interiores para respetar la distribución de los prototipos de la DIEE.

Al igual que la instalación eléctrica de las aulas, para el área administrativa se aplicó la misma metodología para adecuar el costo del m<sup>2</sup> al área del modelo diseñado.

El costo total de la instalación eléctrica del prototipo original es de ₡1,006,358.20, con un valor del m<sup>2</sup> de ₡13,977.20. Ajustando este costo a los 73,6 m<sup>2</sup> del modelo a base de contenedores, estaría quedando en ₡1,028,721.92, y con utilizando un cambio de ₡560, el precio final sería de \$1837.

*Tabla 2. Presupuesto Área Administrativa (73,6 m<sup>2</sup>, US\$)*

Área Administrativa (73,6 m <sup>2</sup> )				
Descripción	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Precio Total
Contenedores	5	Un	\$ 2400	\$ 12000
Preliminares	1	Gl	\$ 71,7	\$ 71,7
Aislante térmico	161	M2	\$ 2	\$ 322
Paredes gypsum	94,3	M2	\$ 25	\$ 2357,50
Paredes gypsum doble forro	45	M2	\$ 35	\$ 1575
Piso laminado	73	M2	\$ 24	\$ 1752
Cielo de gypsum	73	M2	\$ 20	\$ 1460
Puerta metálica	1	Un	\$ 480	\$ 480
Puerta Madera	5	Un	\$ 400	\$ 2000
Ventanería	6.6	M2	\$ 100	\$ 660

Rejas	1	GI	\$ 610	\$ 610
Pintura epóxica	94,3	M2	\$ 4,5	\$ 424.35
Pintura interior	159	M2	\$ 2,5	\$ 397,5
Instalación eléctrica	1	GI	\$ 1837	\$ 1837
Pizarra	1	GI	\$ 40,35	\$ 40,35
Muebles	1	GI	\$ 268	\$ 268
			Total	\$ 26255,40
			Costo/m2	\$ 356,59

Fuente: propia, 2017.

#### 5.4 Comparación de prototipo DIEE y modelos a base de contenedores

Una de las ventajas a la hora de realizar edificaciones a base de contenedores, es el ahorro que se produce al momento de construir, sobre todo en la parte de obra gris, debido a que básicamente el contenedor reemplaza todos los elementos estructurales.

El siguiente cuadro representa cuales son los elementos que se están considerando tanto en los prototipos de la DIEE como en los modelos diseñados para este proyecto

Tabla 3. Elementos incluidos en prototipos de la DIEE y modelo temporal a base de contenedores

Descripción	Prototipo DIEE	Modelo temporal a base de contenedores
Preliminares	X	X
Contenedores		X
Paredes	X	
Contrapiso	X	
Estructura de techo	X	
Cubierta	X	
Hojalatería	X	
Precinta	X	



Instalación pluvial	X	
Instalación eléctrica	X	X
Instalación sistema de emergencia	X	X
Paredes livianas		X
Aislante térmico		X
Repellos	X	X
Pisos	X	X
Ventanería	X	X
Rejas	X	X
Puertas	X	X
Cielos	X	X
Pintura	X	X
Pintura epóxica		X
Pizarra	X	X
Muebles	X	X

Fuente: propia, 2017.

Todo lo que es estructura metálica para los techos y la cubierta se eliminó del modelo a base de contenedores, esto debido a que el contenedor ya tiene una estructura resistente y se estaría agregando un elemento costoso e innecesario que se incluye generalmente cuando se va a construir una estructura fija por términos de fachada.

Tabla 4. Comparativo de costos entre prototipo de Aula Académica de la DIEE y modelo a base de contenedores.

Comparativo Aula Académica		
Descripción	Prototipo DIEE	Modelo temporal a base de contenedores
Preliminares	\$ 57,4	\$ 57,4
Contenedores	-	\$ 12000
Paredes	\$ 3199,41	-
Contrapiso	\$ 3691,09	-
Estructura de techo	\$ 2535,81	-

Cubierta	\$ 2115,26	-
Hojalatería	\$ 647,38	-
Precinta	\$ 37,98	-
Instalación pluvial	\$ 474,32	-
Instalación eléctrica	\$ 976	\$ 998
Instalación sistema de emergencia	\$ 61,48	\$ 61,5
Paredes livianas	-	\$ 2357,5
Aislante térmico	-	\$ 322
Repellos	\$ 1482,21	-
Pisos	\$ 1460,42	\$ 1752
Ventanería	\$ 1347,08	\$ 860
Rejas	\$ 684,6	\$ 685
Puertas	\$ 315,99	\$ 480
Cielos	\$ 850,5	\$ 1460
Pintura	\$ 575,07	\$ 235,75
Pintura epóxica	-	\$ 424,35
Pizarra	\$ 165,56	\$ 165,56
Obras no definidas	\$ 5861	-
Total	\$ 26538,46	\$ 21859,06

Fuente: propia, 2017.

Según el catálogo de prototipos DIEE, el costo aproximado del aula académica de 72 m<sup>2</sup> es de \$26,538.46 (\$368,59 /m<sup>2</sup>). Si se compara con el modelo diseñado, el cual tiene un costo final de \$21,859.06 (\$296.99 /m<sup>2</sup>), queda en evidencia que se están ahorrando \$4679.4 con respecto al modelo original.

Tabla 5. Comparativo de costos entre prototipo de Área Administrativa de la DIEE y modelo a base de contenedores.

Comparativo Área Administrativa		
Descripción	Prototipo DIEE	Modelo temporal a base de contenedores
Preliminares	\$ 71,74	\$ 71,7
Contenedores	-	\$ 12000
Paredes	\$ 3347,65	-
Contrapiso	\$ 3650,08	-
Estructura de techo	\$ 2535,81	-
Cubierta	\$ 2110,40	-
Hojalatería	\$ 647,38	-
Precinta	\$ 32,56	-
Instalación pluvial	\$ 474,32	-
Instalación eléctrica	\$ 1797,07	\$ 1837
Paredes livianas	\$ 867,69	\$ 3932,50
Aislante térmico	-	\$ 322
Repellos	\$ 1620,61	-
Pisos	\$ 1460,42	\$ 1752
Ventanería	\$ 958,37	\$ 660
Rejas	\$ 610,08	\$ 610
Puertas	\$ 1262,62	\$ 2480
Cielos	\$ 850,50	\$ 1460
Pintura	\$ 1306,20	\$ 397,50
Pintura epóxica	-	\$ 424,35
Pizarra	\$ 40,35	\$ 40,35
Muebles	\$ 267,86	\$ 268
Obras no definidas	\$ 7409,04	-
Total	\$ 31320,62	\$ 26255,40

Fuente: propia, 2017.

En cuanto al modelo del Área Administrativa, se está ahorrando hasta \$5065.22 con respecto al prototipo original, ya que el modelo diseñado a base de contenedores tiene un costo final de \$26,255.40 (\$356.73 /m<sup>2</sup>), mientras que el prototipo de la DIEE tiene un costo aproximado de \$ 31,320.62 (\$ 435.00 /m<sup>2</sup>).

## Capítulo 6

### Conclusiones y recomendaciones

#### Conclusiones

- Se investigó acerca de los distintos tipos de contenedores y las formas en los que pueden ser usados como un sistema de construcción innovador. Además, quedó en evidencia los pasos que hay que seguir para realizar estas edificaciones.
- Tras diseñarse 2 modelos a base de contenedores (Aula académica y área administrativa) en buen estado cuya vida útil llegó a su fin, siguiendo los lineamientos que dicta la DICE, se llegó a un resultado favorable, ya que no solo se enfocó en buscar un modelo más económico, sino también en uno práctico, móvil y seguro para que, en caso de una emergencia, el Ministerio de Educación Pública opte por utilizarlo mientras las escuelas y colegios están siendo utilizados como albergues. Se trató de conservar lo más que se pudo la distribución que componen tanto el área administrativa como las aulas académicas; sin embargo, algunos aspectos se tuvieron que adecuar para que sea posible aplicarlos en un contenedor y que este sea capaz de ser transportado con dichos elementos ya instalados.
- En el presupuesto no se incluyó el transporte de los módulos a las zonas afectadas, ya que no se sabe en qué puntos del país van a ser aplicados, sin embargo, se estimó cual es el costo de tener estas estructuras con la mayor cantidad de instalaciones hechas y dejar el menor trabajo posible a hacerse en sitio. El área administrativa terminó con un costo final de \$26,255.40 (\$356.73 /m<sup>2</sup>), mientras que las aulas académicas con un valor de \$21,859.06 (\$296.99 /m<sup>2</sup>), empero, en el caso de este último, se propone bajar aún más el costo.
- Eliminando uno de los contenedores, se va a llegar a un área de 59 m<sup>2</sup>, por lo tanto, se estaría ahorrando costos, pero manteniendo un área adecuada para 35 alumnos. Con este cambio, el modelo del aula académica de 59 m<sup>2</sup>, tendría un costo final de \$17,653.46 (\$ 299.21 /m<sup>2</sup>) eliminando uno de los contenedores, y corrigiendo la cantidad de aislante térmico, paredes

livianas, pintura interior y pintura epóxica bajándole \$ 4,205.6 con respecto al costo inicial.

## **Recomendaciones**

- Se recomienda a estudiantes de Ingeniería Civil de la Universidad Latina que en un futuro elaboren un modelo adicional para aulas rurales utilizando solo 4 contenedores, el cual tendría un área estimada de 58,8 m<sup>2</sup>, además de elaborar infraestructura temporal a largo plazo para casos en los que se va a requerir el producto por más tiempo y generar un modelo temporal a base de contenedores para los prototipos tanto de comedor como de las baterías sanitarias, igualmente siguiendo los lineamientos que dicta la Dirección de Infraestructura y Equipamiento Educativo del MEP.
- Se recomienda a la universidad que proponga a estudiantes de la carrera de ingeniería electromecánica darle continuidad al tema, enfocándose en la instalación eléctrica de ambos modelos y generar un presupuesto más detallado.

## Bibliografía

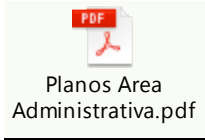
- 4 Housing. (2016). Modulos contenedores. Argentina.
- Alvarez, J. (30 de Octubre de 2013). *Encaja*. Obtenido de Contenedores ISO: <http://blog.cajaeco.com/contenedores-maritimos-iso/>
- Ayarra, J. M. (2013). *La construcción con contenedores marítimos*. Recuperado el 3 de Mayo de 2017, de <http://www.mimbrea.com/contruccion-con-contenedores-martimos/>
- Ayarra, J. M. (septiembre de 2015). *Mimbrea*. Obtenido de Cómo aislar una vivienda de contenedores marítimos: <http://www.mimbrea.com/como-aislar-una-vivienda-de-contenedores-maritimos/>
- Catálogo de Prototipos de la DIEE. (2011). San José, San José, Costa Rica.
- Comprendo de normas y recomendaciones para la construcción de edificios para la educación (DIEE-MEP). (Octubre de 2012). San José, San José, Costa Rica.
- Dazne, A. (24 de febrero de 2014). *ARQuitectura Prefab*. Obtenido de <http://blog.is-arquitectura.es/2014/02/24/como-hacer-una-cabana-con-tres-contenedores-de-carga/>
- Dazne, A. (18 de Enero de 2016). *ARQuitectura Prefab*. Obtenido de <http://blog.is-arquitectura.es/2016/01/18/5-ejemplos-construccion-con-contenedores/>
- Fernandez, S. (20 de febrero de 2015). *Construcción con contenedores*. Obtenido de <http://sergiofcampillo.blogspot.com/2015/02/resistencia-de-los-contenedores-12.html>
- Jamart, S. (3 de Septiembre de 2011). *Blogistica*. Obtenido de Arquitectura sostenible: uso de containers como viviendas, las legocasas: <http://blogistica.es/arquitectura-sostenible-uso-containers-viviendas-legocasas/>
- Mey, C. (2012). *Histarmar*. Obtenido de Estructura del contenedor: <http://www.histarmar.com.ar/Legales/ManualC-03.htm>
- Montoya, J. D. (2013). *Desarrollo Sustentable*. Obtenido de <http://www.desarrollosustentable.co/2013/01/construccion-con-contenedores.html>
- Pablo Bris, S. N.-S. (2015). Obtenido de Consturcción de viviendas mediante contenedores de obra: [http://oa.upm.es/22876/1/INVE\\_MEM\\_2013\\_153583.pdf](http://oa.upm.es/22876/1/INVE_MEM_2013_153583.pdf)
- Páez, J. D. (19 de Septiembre de 2014). Elemento de unión para contenedores de carga marítimos. Barcelona, España.
- Serrador, V. (24 de noviembre de 2014). *Alario*. Obtenido de <https://enriquealario.com/construir-viviendas-con-iso-containers/>
- Sinclair, C. (7 de Noviembre de 2016). *Inaltan Group*. Obtenido de <https://www.inatlangroupcr.com/para-la-venta>
- Transaco. (2016). Owens Corning. *Aislante termmico*.

Villegas, J. (25 de Agosto de 2009). Alumnos afectados por terremoto de Cinchona estrenan escuela. *La Nación*.



## Anexos

### Planos Área Administrativa



### Planos Aula Académica





**CARTA DE APROBACIÓN POR PARTE DEL PROFESOR TUTOR DEL  
TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN MODALIDAD PROYECTO DE GRADUACIÓN**

Heredia, 29 de mayo, de 2017

Sres.  
Miembros del Comité de Trabajos Finales de Graduación  
SD

Estimados señores:

He revisado y corregido el Trabajo Final de Graduación, modalidad Proyecto de Graduación bajo el título "Propuesta para elaboración de infraestructura educativa temporal a base de contenedores marítimos en buen estado" por parte del estudiante: Jose Roberto Vindas Villalobos, como requisito para que el citado estudiante pueda optar por la Licenciatura en Ingeniería Civil.

**Considero que dicho trabajo cumple con los requisitos formales y de contenido exigidos por la Universidad, y por tanto lo recomiendo para su defensa oral ante el Consejo Asesor.**

Suscribe cordialmente,

Ing. Daniel Figueroa

CARTA DE APROBACIÓN POR PARTE DEL PROFESOR LECTOR DEL  
TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN MODALIDAD PROYECTO DE GRADUACIÓN

Heredia, 29 de mayo, de 2017

Sres.  
Miembros del Comité de Trabajos Finales de Graduación  
SD

Estimados señores:

He revisado y corregido el Trabajo Final de Graduación, modalidad Proyecto de Graduación bajo el título "Propuesta para elaboración de infraestructura educativa temporal a base de contenedores en buen estado" por parte del estudiante: Jose Roberto Vindas Villalobos, como requisito para que el citado estudiante pueda optar por la Licenciatura en Ingeniería Civil.

**Considero que dicho trabajo cumple con los requisitos formales y de contenido exigidos por la Universidad, y por tanto lo recomiendo para su defensa oral ante el Consejo Asesor.**

Suscribe cordialmente,

  
Ing. Gerardo Hernández



## “Carta Autorización del autor(es) para uso didáctico del Trabajo Final de Graduación”

Vigente a partir del 31 de Mayo de 2016

**Instrucción:** Complete el formulario en PDF, imprima, firme, escanee y adjunte en la página correspondiente del Trabajo Final de Graduación.

**Yo (Nosotros):**

*Escriba Apellidos, Nombre del Autor(a). Para más de un autor separe con " ; "*

Vindas Villalobos José Roberto

**De la Carrera / Programa:** Licenciatura en Ingeniería Civil

**autor (es) del (de la) (Indique tipo de trabajo):** Proyecto de graduación  
titulado:

Propuesta para elaboración de infraestructura educativa temporal a base de contenedores marítimos en buen estado.

Autorizo (autorizamos) a la Universidad Latina de Costa Rica, para que exponga mi trabajo como medio didáctico en el Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación (CRAI o Biblioteca), y con fines académicos permita a los usuarios su consulta y acceso mediante catálogos electrónicos, repositorios académicos nacionales o internacionales, página web institucional, así como medios electrónicos en general, internet, intranet, DVD, u otro formato conocido o por conocer; así como integrados en programas de cooperación bibliotecaria académicos dentro o fuera de la Red Laureate, que permitan mostrar al mundo la producción académica de la Universidad a través de la visibilidad de su contenido.

De acuerdo con lo dispuesto en la Ley No. 6683 sobre derechos de autor y derechos conexos de Costa Rica, permita copiar, reproducir o transferir información del documento, conforme su uso educativo y debiendo citar en todo momento la fuente de información; únicamente podrá ser consultado, esto permitirá ampliar los conocimientos a las personas que hagan uso, siempre y cuando resguarden la completa información que allí se muestra, debiendo citar los datos bibliográficos de la obra en caso de usar información textual o paráfrasis de esta.

La presente autorización se extiende el día (*Día, fecha*) 5 del mes junio del año 2017 a las 8:00 am. Asimismo declaro bajo fe de juramento, conociendo las consecuencias penales que conlleva el delito de perjurio: que soy el autor(a) del presente trabajo final de graduación, que el contenido de dicho trabajo es obra original del (la) suscrito(a) y de la veracidad de los datos incluidos en el documento. Eximo a la Universidad Latina; así como al Tutor y Lector que han revisado el presente, por las manifestaciones y/o apreciaciones personales incluidas en el mismo, de cualquier responsabilidad por su autoría o cualquier situación de perjuicio que se pudiera presentar.

**Firma(s) de los autores** *Según orden de mención al inicio de ésta carta:*

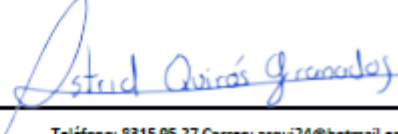
A quien interese:

Yo, Astrid Quirós Granados, Filóloga de la Universidad de Costa Rica; con cédula de identidad 3-438-182, inscrita en la Asociación Costarricense de Filólogos, con el carné N° 0096, hago constar que he revisado el trabajo de investigación y sus conclusiones. Y he corregido en él, los errores encontrados en redacción, ortografía, gramática y sintaxis. El trabajo se titula:

PROPUESTA PARA ELABORACIÓN DE  
INFRAESTRUCTURA EDUCATIVA TEMPORAL  
A BASE DE CONTENEDORES MARÍTIMOS EN  
BUEN ESTADO

ROBERTO VINDAS VILLALOBOS

Se extiende la presente certificación a solicitud del interesado, en la ciudad de San José a los veinte días del mes de mayo del dos mil diecisiete. La filóloga no se hace responsable de los cambios que se le introduzcan al trabajo posterior a su revisión.



---

Teléfono: 8315 95 27 Correo: asqui24@hotmail.es