

Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Ingeniería



Reporte de Tesis:

# **ESTRUCTURA EXTERIOR DEL PROYECTO HABITA-MUEBLE**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
INGENIERO MECATRÓNICO**

**Realizador:** Fernando Fernández Sánchez

**Tutor:** Fernando Velázquez Villegas

**Registro de Tesis:** 1301-13



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

## Índice

1. Introducción	2
2. Antecedentes - Proyecto Habita-Mueble	3
2.1. Necesidad	
2.2. Problema	
2.3. Trabajo realizado – Diseño Conceptual	
3. Planteamiento de la Tesis	18
3.1. Objetivos	
3.2. Justificación	
3.3. Alcances	
4. Análisis Estructural	19
4.1. Diseño preliminar	
4.2. Metodología	
4.3. Consideraciones	
4.4. Análisis por elementos finitos	
4.5. Resultados parciales	
4.6. Interpretación del análisis	
4.7. Modificaciones y ajustes	
4.8. Resultados	
5. Selección de Material	80
5.1. Metodología	
5.2. Diagramas de Ashby	
5.3. Factores de Peso	
5.4. Matrices de Decisión	
5.5. Resultados	
6. Resultados globales	89
6.1. Análisis conjunto de resultados	
7. Conclusiones	92
7.1. Cumplimiento de Objetivos	
7.2. Inconvenientes encontrados	
7.3. Posibilidades de desarrollo futuro	
8. Referencias	94
8.1. Fuentes Bibliográficas	
8.2. Fuentes Digitales	

## Anexos

I. Estudio de Mercado

IV. Casos de Carga

## **1. Introducción**

El trabajo de tesis desarrollado en este documento es una contribución al proyecto multidisciplinario Habita-Mueble. Su principal objetivo es realizar el imprescindible análisis y evaluación de la estructura de la propuesta; con base en los resultados de dicho análisis elegir un material que permita a la estructura soportar las solicitaciones presentes durante el traslado, instalación y operación normal del Habita-Mueble.

El análisis estructural y el rediseño realizado a lo largo de este trabajo arrojan la propuesta final de la estructura que será utilizada para la realización de un prototipo. Además, la selección del material descrita en el documento califica de manera objetiva y racional una serie de materiales susceptibles a ser empleado permitiendo una elección del más adecuado.

Los resultados extraídos de este documento permitirán avanzar al siguiente paso en el desarrollo del proyecto Habita-Mueble, la construcción de un prototipo. Es por ello que resulta esencial realizar el análisis con una metodología confiable, así como asegurarse de interpretar correctamente los resultados obtenidos.

## **2. Introducción al Proyecto Habita-Mueble**

El Habita-Mueble es un proyecto desarrollado en el Centro de Investigaciones de Diseño Industrial perteneciente a la Facultad de Arquitectura de la Universidad. Se trata de un esfuerzo multidisciplinario entre docentes y alumnos de Diseño Industrial y Arquitectura. El objetivo del proyecto es el transpolar las cualidades y ventajas de la producción industrial masiva a la fabricación de vivienda, evitando los problemas derivados de la construcción tradicional, factor importante en los costos y el tiempo de producción.

### **2.1. Necesidad**

La vivienda en México es un problema que dista mucho de estar solucionado. Las propuestas de vivienda digna y completa existentes resultan inaccesibles a un amplio sector de la población. Organismos gubernamentales como el INFONAVIT, en un esfuerzo por hacer económicamente accesible dicho bien esencial a un mayor número de personas, han optado por disminuir la calidad de procesos y/o acabados empleados, así como reducir el espacio habitable a niveles extremos, sin ningún reparo en la comodidad de los usuarios. Éstas técnicas de reducción de costo resultan muy elementales y siguen la línea de pensamiento de la arquitectura tradicional. La industria de la construcción de vivienda ha experimentado un relativo estancamiento en cuanto a métodos y procesos comparado con otras industrias como la automotriz. Los métodos constructivos empleados resultan lentos y altamente costosos en comparación con los empleados en la industria. Es por esto que una fábrica automotriz puede terminar más de 2000 vehículos completos en 1 día mientras una empresa constructora es incapaz de realizar una sola casa habitación. Lo anterior, debido principalmente al empleo de procesos con tiempos fijos muy largos como el fraguado de cemento y demás. De poder solucionar una vivienda sin involucrar estos procesos se podrían reducir los tiempos de producción sustancialmente (Fernández, 2011).

### **2.2. Problema**

El proyecto Habita-Mueble propone diseñar una alternativa de vivienda acorde con la situación actual en México. Tomando primordialmente en cuenta las limitantes de espacio, tiempo y costo; se tratan de extraer las ventajas inherentes a los sistemas productivos industrializados.

### **2.3. Trabajo realizado – Diseño Conceptual**

Las fases iniciales del proyecto, es decir su concepción y conceptualización, se realizaron en el Centro de Investigaciones de Diseño Industrial (CIDI). El resultado es un concepto completo que resuelve aspectos clave de la propuesta como la distribución, construcción general, etc. A continuación se describe el diseño conceptual realizado.

#### **2.3.1 Mercado**

Como se explicó en los puntos anteriores se propuso como mercado para el Habita-Mueble a las parejas jóvenes sin hijos o a personas que por diversas circunstancias se encuentran viviendo solas o con su pareja. El grupo descrito representa, según cifras oficiales del INEGI, un número superior a los 2 millones de personas. Además, se trata del tipo de vivienda con mayor crecimiento en los últimos 20 años, con una tasa de crecimiento mayor al 5% anual.

Los jóvenes incluidos en el grupo propuesto se encuentran comenzando su vida económicamente activa por lo que adquirir un inmueble resulta difícil. Las opciones de vivienda a las que recurren son: vivir con sus padres, rentar un departamento, o bien solicitar un crédito hipotecario. La primera opción

puede ser la más económica pero puede resultar en un retraso en la búsqueda de la vida independiente. La renta de un departamento es común, sin embargo el gasto de la renta representa una pérdida considerable de capital que dificulta el ahorro y por ende disminuye la posibilidad de aspirar a la compra de un bien inmueble. Finalmente, solicitar un crédito hipotecario convierte el dinero empleado en una renta en pagos que resultarán en la adquisición de una vivienda y una inversión considerable. Sin embargo, debido al corto historial crediticio, reducidos sueldos y demás características de los jóvenes profesionistas, los créditos a los que se pueden aspirar tienen tasas de interés elevadas y plazos muy largos, por lo que terminan adquiriendo viviendas pequeñas que tardarán años en pagar.

El Habita-Mueble puede ofrecer a este amplio grupo en nuestro País otras opciones. Los jóvenes podrían adquirir un Habita-Mueble e instalarlo en un terreno, jardín o patio que tenga la familia mientras se ahorra para adquirir un terreno propio. Se podría adquirir un Habita-Mueble y solicitar un crédito para comprar un terreno donde instalarlo y ocuparlo mientras se ahorra para construir una vivienda de mayor tamaño donde puedan vivir una vez que crezca la familia. Una vez desocupado el Habita-Mueble se podría vender o trasladar a otra ubicación, incluso como casa de campo.

Otra razón para elegir el mercado de los jóvenes es su mayor apertura a los productos novedosos, por lo que aceptarán más fácilmente el Habita-Mueble como una alternativa de vivienda.

### 2.3.2 Requerimientos

Una vez seleccionado el mercado se realizó un estudio del mismo para determinar los requerimientos esenciales que tenía que cumplir el Habita-Mueble. Se llevó a cabo una encuesta entre jóvenes de ambos sexos entre los 25 y los 30 años de edad. En ella se les pedía que indicaran las características básicas que tenía que tener la primera vivienda en la que iniciaran su vida independiente solos o con su pareja. Se entrevistaron a 250 personas con un par de cuestionarios que contaban con 2 tipos de preguntas: cerradas politómicas con escala de Likert (5 opciones desde totalmente en desacuerdo hasta totalmente de acuerdo) y numéricas con escalas de puntos (Fernández, 2011). Los resultados de esta encuesta fueron utilizados para determinar los requerimientos del Habita-Mueble.

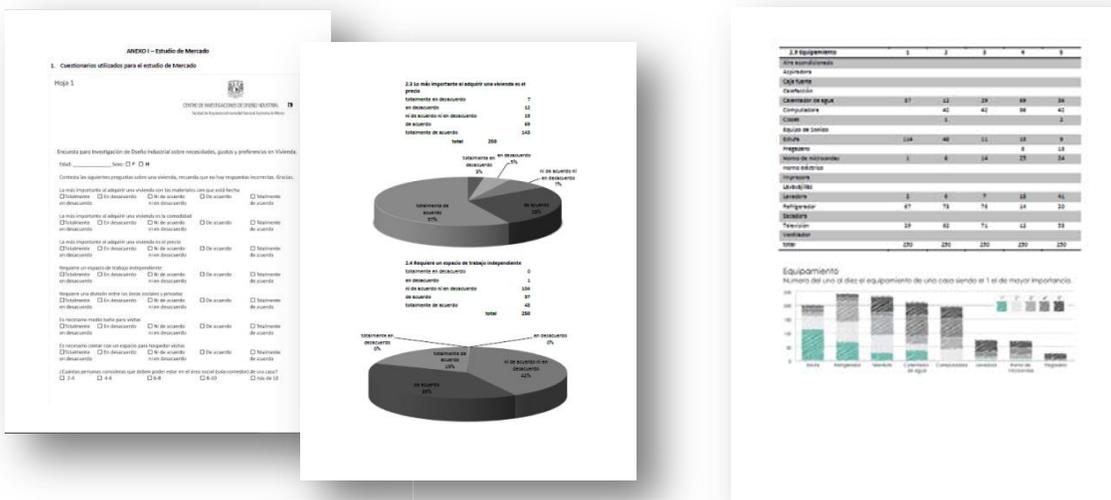


Fig. 2.1 – Imágenes del estudio de mercado realizado. Para el documento completo ver Anexo I

Los cuestionarios utilizados en la encuesta y los resultados de la misma se encuentran en el Anexo I de este trabajo de tesis, en los apartados 1 y 2.

Las conclusiones extraídas de dicho trabajo de investigación establecieron los requerimientos desarrollados a continuación.

Configuración – la vivienda debe de contar con tres áreas independientes: una social, una privada y un área de trabajo. Las características generales de cada una son:

- Social – con capacidad para albergar de cuatro a diez personas, contar con un lugar para almacenar, conservar, lavar y preparar alimentos y bebidas. Además debe de incluir una mesa donde puedan comer hasta cuatro personas de forma simultánea. Así mismo, un área dedicada al reposo y entretenimiento como puede ser ver la televisión, leer y/o escuchar música. Finalmente, un medio baño en ésta área sería altamente deseable también.
- Privada – se requiere de una cama matrimonial, zonas de guardado, lugar para un centro de entretenimiento y un baño completo.
- Trabajo – tiene que permitir a dos personas trabajar en una computadora portátil, o bien un área para realizar trabajos de escritura, dibujo, modelismo, etc. Además debe contar con lugar para colocar una impresora, un escáner, así como entrepaños, libreros y muebles de guardado.

Equipamiento – cuando se les preguntó a los potenciales usuarios del Habita-Mueble, qué equipamiento sería el más importante dentro de su primera vivienda las respuestas en orden de importancia fueron:

1. Refrigerador
2. Horno de Microondas
3. Estufa
4. Fregadero
5. Lavadora / Secadora
6. Escusado
7. Lavabo
8. Calentador de Agua
9. Televisión
10. Equipo de sonido

Mobiliario – de manera similar se pidió a los encuestados que priorizaran el mobiliario con el que tiene que contar el Habita-Mueble, los resultados fueron los siguientes:

1. Cama doble
2. Mesa para comer con capacidad para 4 personas
3. Mesa de trabajo con capacidad para 2 personas
4. Superficie para preparar alimentos
5. Sillones con capacidad para 6 personas
6. Muebles de guardado general

Evidentemente, al tratarse de un producto novedoso resulta difícil definir todos los requerimientos que pueda presentar, se requerirá entonces de una serie de simuladores y prototipos que permitan terminar de definir las características finales del Habita-Mueble que pudiera llegar a producirse.

### 2.3.3 Consideraciones

Además de los requerimientos de distribución y equipamiento extraídos del estudio de mercado, se establecieron una serie de consideraciones que deberá cumplir el Habita-Mueble. Éstas ayudarán a mejorar la factibilidad y rentabilidad del proyecto. Las consideraciones que deberá cumplir el Habita-Mueble se enlistan a continuación:

- No tendrá la infinita posibilidad de combinaciones con las que cuenta la construcción tradicional. Se tendrá que definir una sola configuración de espacios. Por lo tanto, la distribución interior deberá ser eficiente y muy atractiva. Además, contará con diferentes opciones de acabados y decoración para dar al cliente la sensación de personalización.
- No contará con las dimensiones de una vivienda tradicional. Debido a su capacidad de moverse a través de una fábrica, trasladarse e instalarse fácilmente deberá de estar resuelta en un volumen compacto. Si bien las dimensiones exteriores están limitadas, el interior debe de tener una sensación agradable y no claustrofóbica. Se procurarán áreas abiertas, colores claros, buena iluminación y ventilación.
- Los materiales con los que se fabricará el Habita-Mueble no serán los empleados en la construcción de viviendas tradicionales, es decir, materiales cerámicos como cemento y tabiques. Evidentemente, si se pretende la movilidad del Habita-Mueble se requerirán de materiales ligeros y con procesos de fabricación que permitan mayor velocidad de producción. Se utilizarán materiales y procesos constructivos de alta calidad como los utilizados en los interiores de vehículos recreativos, yates, aviones, etc.

- El mobiliario y el equipamiento estarán instalados en una posición establecida sin posibilidad de cambiarse de lugar. Lo anterior para aprovechar al máximo el espacio, mejorar la circulación, así como ahorrar material y peso, debido a que los muebles podrán ser parte de la estructura del Habita-Mueble. Para contrarrestar este inconveniente, la vivienda contará con equipo y mobiliario de alta calidad instalado desde la fábrica, listo para usarse una vez instalada la vivienda y menos costoso que si se adquiriera al menudeo por el cliente.
- Debido a su forma y tamaño limitados, el Habita-Mueble no podrá contar con la separación entre áreas que tiene una vivienda tradicional, la unión de áreas como cocina, comedor, sala, etc. evitará perder valioso espacio en muros y puertas divisorias.

#### 2.3.4 Productos Similares en el Mercado

Se realizó un análisis de los diferentes productos en el mercado que satisfacen en cierta forma la necesidad que se pretende satisfaga el Habita-Mueble. Las alternativas más interesantes son las siguientes:

- Casas Móviles (Mobile Homes) – se trata de una solución de vivienda similar a una casa de madera tradicional, sin embargo debido a sus dimensiones y métodos constructivos se puede construir en una fábrica en un par de semanas para posteriormente transportarse hasta el lugar donde se instale. La vivienda completa está resuelta en 1 o 2 módulos de un solo nivel. Su construcción está resuelta con paneles modulares de madera para los muros y techos. Los módulos se transportan en remolques de cama baja ya que sus dimensiones permiten la circulación en calles y autopistas. Se instalan normalmente en grandes lotes o fraccionamientos en donde se construyen bases con las instalaciones necesarias para recibir el módulo. Pueden reubicarse si así se desea, simplemente hay que desinstalarlos y transportarlos.

El mobiliario es adquirido e instalado por el cliente en la mayoría de los casos, el equipamiento de fábrica es mínimo. Los precios de este tipo de vivienda pueden resultar mayores que los de una vivienda tradicional de madera de las mismas dimensiones, ya que cuentan con un chasis metálico y otras características que permiten su movilidad.

El rango de precio para una casa móvil promedio oscila entre los \$13,500 – \$16,000 dólares según la calidad de los acabados. No hay que perder de vista que a este precio habrá que agregarle alrededor de \$5,000 dólares de mobiliario y equipamiento básico, así como los cargos de transporte aplicables.



Fig. 2.2 – Imágenes (Arriba-abajo): Casa móvil, fabricación, transporte.

- Casas Modulares (Modular Homes) – Son viviendas tradicionales de madera que se fabrican en una fábrica divididas en módulos. Dichos módulos son posteriormente transportados y ensamblados en el sitio de instalación final para la casa. Los niveles de producción son bajos debido a que se tratan de productos sobre pedido y con gran variedad de configuraciones. El tiempo de entrega es ligeramente menor que el de una vivienda construida in situ debido a la accesibilidad de materiales, herramental y mano de obra. Permiten variedad de distribuciones arquitectónicas en uno o más niveles. No son fácilmente reubicables debido a los tipos de ensamble. Los costos de fabricación son marginalmente menores que en la construcción tradicional por las razones previamente explicadas, sin embargo, hay que agregar los costos de transporte y ensamble.



Al igual que las casas móviles, normalmente se venden sin amueblar y con un equipamiento básico o nulo.

Una vivienda de 37m<sup>2</sup> sin incluir transporte, plataforma de concreto, mobiliario ni equipo, tiene un precio de entre \$23,300.00 y \$54,200.00 dólares dependiendo de la calidad de acabado y habría que considerar al menos \$5,000.00 dólares en mobiliario y equipamiento básico.



Fig. 2.3 – Imágenes (Arriba-abajo): Casa modular, instalación, fabricación.

- Vehículos Recreativos (Recreational Vehicles – RV's) – Quizás el producto más parecido al Habita-Mueble, presentan soluciones donde los muebles y la distribución son integrales. Sus dimensiones externas están delimitadas por la movilidad en calles y autopistas. Son viviendas temporales utilizadas para viajar que pueden contar con motricidad propia, o bien ser remolcadas por otro vehículo. Pueden contar con zonas expandibles que se despliegan una vez que el vehículo se encuentra estático y se contraen durante los traslados.

Son producidos y equipados completamente en una fábrica con niveles de producción que pueden alcanzar 10 unidades por día. Las opciones de configuración de distribución y equipo son limitadas debido a los procesos productivos que se emplean.

Existe una gran gama de productos dentro de los vehículos recreativos, así como diversos niveles de equipamiento y calidad. En cualquiera de los casos, presentan relaciones costo/beneficio muy



Fig. 2.4 – Imágenes (Arriba-abajo): Vehículo recreativo (Remolque), interior de un vehículo recreativo.

atractivas, ya que se trata de una vivienda de calidad, totalmente amueblada y equipada que además puede desplazarse libremente. Para dar un ejemplo, el precio en las versiones remolcables de 21 a 30 pies de largo fluctúa entre los \$ 12,500 y \$ 30,000 dólares e incluyen sistemas de rodamiento, suspensión y frenos, chasis reforzados y tanques de almacenamiento provisionales de aguas, grises y negras.



Fig. 2.5 –Fabricación de Vehículos recreativos.

El estudio de estas alternativas de vivienda similares a la propuesta del Habita-Mueble permitió identificar las ventajas y desventajas de cada uno. Estos puntos serán tomados en cuenta al momento de tomar decisiones en el proceso de diseño conceptual del Habita-Mueble.

### 2.3.5 Especificaciones Básicas

Una vez definidos los requerimientos, las consideraciones de diseño y los productos similares, se fijaron una serie de especificaciones generales para el proyecto:

- Dimensiones exteriores (LxWxH) – 7.20 x 2.60 x 3.60 [m]
- Peso total en vacío (incluyendo mobiliario y equipo) – menos de 4000 [kg]
- Capacidad – 2 habitantes permanentes y hasta 10 momentáneos
- Áreas:
  - Pública – Cocina, comedor, sala y medio baño
  - Privada – Recámara y baño completo
  - Trabajo – Estudio
- Niveles de producción deseados – 1 unidad por día

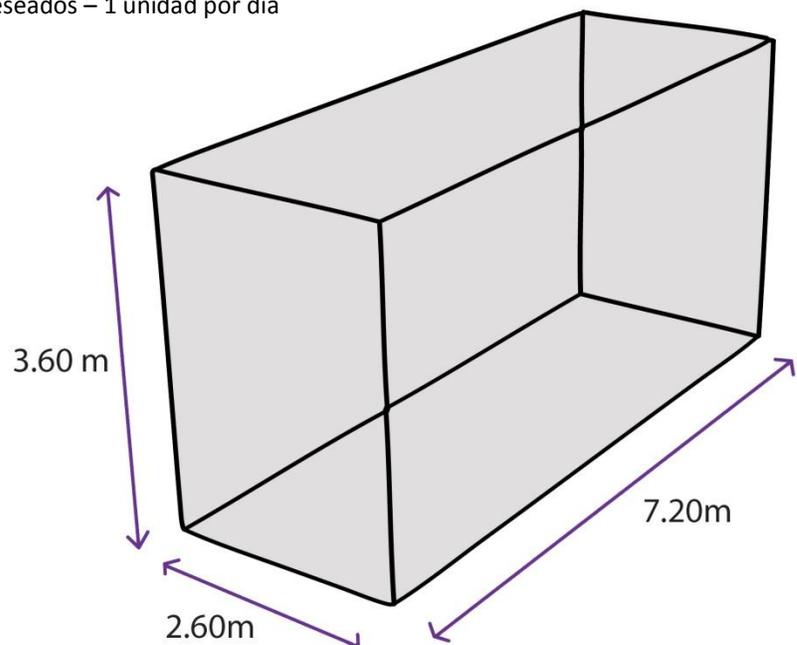


Fig. 2.6 –Envolvente máximo del Habita-Mueble.

### 2.3.6 Desarrollo del Concepto

Tomando en cuenta todos los aspectos desarrollados en los incisos anteriores se procedió a desarrollar conceptualmente el Habita-Mueble.

El primer aspecto determinante fueron las limitantes de dimensiones exteriores especificadas. Al tener que resolverse la vivienda en un volumen de 2.60 x 3.60 x 7.20 m surgió un problema inmediatamente. La altura disponible no permite el uso de dos niveles completos, ya que se requieren al menos 2.05 m por nivel arquitectónico. Fue entonces que se ideó una solución capaz de conjuntar dos niveles de vivienda dentro de la altura limitada. La clave fue identificar las actividades que realizan los habitantes dentro del Habita-Mueble para posteriormente clasificarlas en dos categorías: las que se realizan de pie y las que se realizan acostado o sentado. Al realizar esta separación se determinará la configuración de los niveles superponiendo actividades de pie en uno y sentados o acostados en otro. Esta solución evidentemente supone un reto de distribución de espacios, y de su correcta ejecución depende gran parte del éxito del concepto.

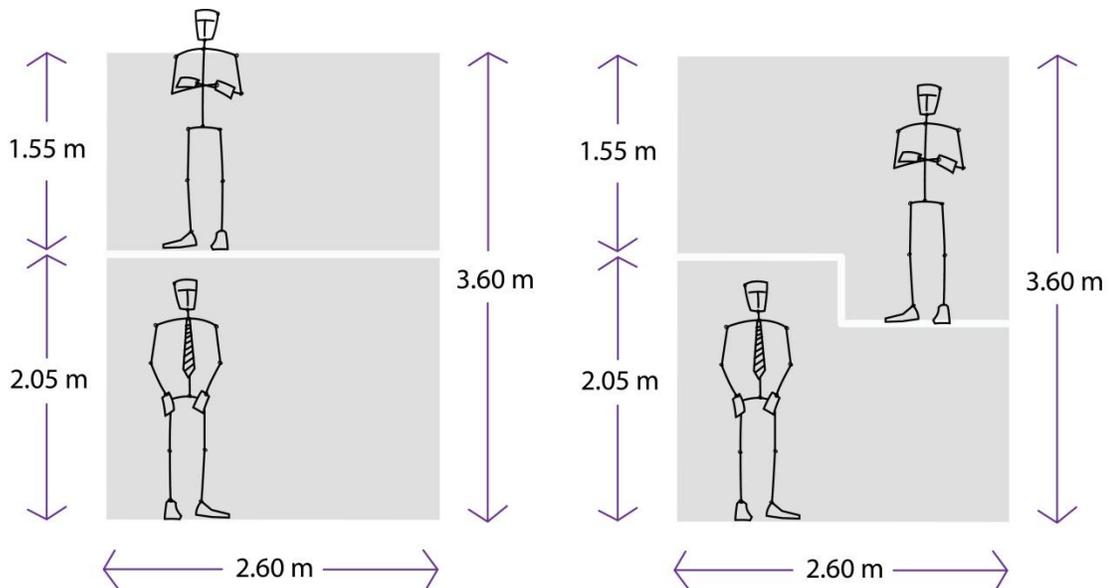


Fig. 2.7 –Problemática de la altura máxima permitida y la solución de alturas compartidas propuesta.

Las actividades identificadas fueron clasificadas de la siguiente forma:

- Realizadas de pie:
  - Circular
  - Cocinar
  - Bañar
  - Vestir
- Realizadas acostado o sentado:
  - Comer
  - Dormir
  - Descansar
  - Trabajar

Posteriormente se realizaron mediciones de los espacios mínimos requeridos para cada una de estas actividades. Estas medidas antropométricas ayudaron a determinar la configuración definitiva de cada uno de los niveles. Se siguieron técnicas de aprovechamiento de espacio como el uso del espacio dentro de muebles del nivel superior como circulación en el nivel inferior.

### 2.3.7 Propuesta Conceptual - Configuración

La propuesta de configuración lograda cumple con los requerimientos planteados, a la vez que presenta espacios interesantes y atractivos. Además, facilitan la disposición de instalaciones hidráulicas, sanitarias y eléctricas.



Fig. 2.8 –Propuesta final de configuración para el Habita-Mueble (Vista frontal).



Fig. 2.9 –Propuesta final de configuración para el Habita-Mueble (Vista posterior).

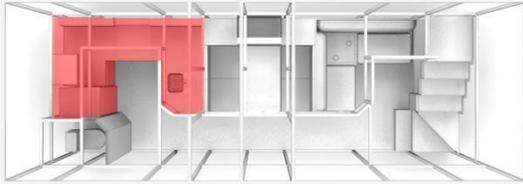


Fig. 2.10 –Planta del Habita-Mueble (Cocina).

Entrando a la vivienda por una de las fachadas laterales se localiza la zona de cocina que presenta un área de preparado de alimentos, plancha de inducción, tarja de lavado, refrigerador y zonas de guardado; el espacio superior está compartido con la zona de recámara en la planta alta. La decisión de colocación conjunta de cocina-recámara se tomó debido a que el área de circulación y maniobras requeridas en la cocina coinciden con el área ocupada por la cama doble en la recámara. Así mismo, resulta conveniente que la cocina esté cerca del acceso ya que facilita el acomodo de bienes de consumo como comida. Por estas razones, la zona de cocina-recámara fue la primera en fijarse.

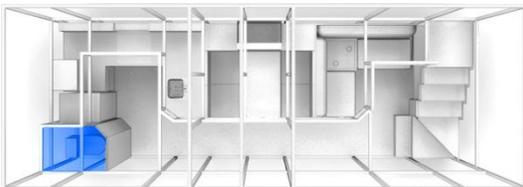


Fig. 2.11 –Planta inferior del Habita-Mueble (Medio baño).

Junto a la cocina se encuentra el medio baño de la zona Social, cuenta con un escusado con un lavabo integrado para aprovechar el reducido espacio.

El pasillo principal de la planta baja se ubicó en un costado para aprovechar mejor el espacio y directamente encima de éste se colocaron una serie de muebles de guardado y/o superficies que no requirieran de la altura completa.

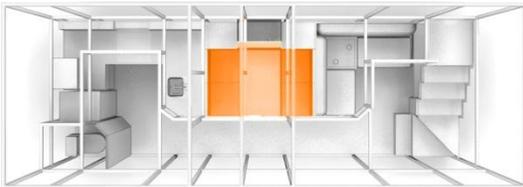


Fig. 2.12 –Planta inferior del Habita-Mueble (Comedor).

Completando la zona social, en la planta baja se dispuso un comedor para 4 personas y una sala para 6. Ambas áreas presentan espacio de guardado bajo los muebles así como lugar para albergar instalaciones eléctricas e hidráulicas.

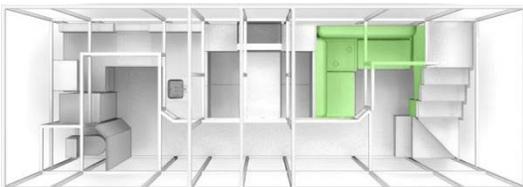


Fig. 2.13 –Planta inferior del Habita-Mueble (Sala).

Las escaleras se ubicaron en un extremo del Habita-Mueble ya que no permiten el paso por debajo de ellas. El espacio debajo del desarrollo de la escalera se ocupará para colocar un sistema de audio y los escalones como zonas de almacén general.

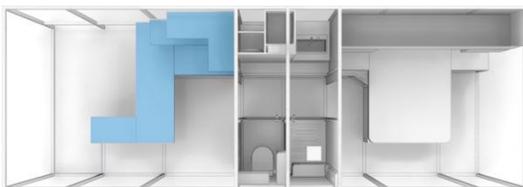


Fig. 2.14 –Planta superior del Habita-Mueble (Trabajo).

En la planta alta al subir las escaleras se llega al área de trabajo, ésta comparte la altura con la sala. Se trata de una superficie de trabajo capaz de albergar dos personas trabajando en computadoras portátiles, o bien realizando alguna actividad de dibujo, escritura, etc. También se cuenta con un mueble de guardado donde colocar una impresora, libros y demás insumos necesarios.

El pasillo de circulación de la planta alta corre por el centro del Habita-Mueble, aprovechando el espacio directamente encima de la sala y comedor. El pasillo permite a los ocupantes entrar al área privada de la vivienda.

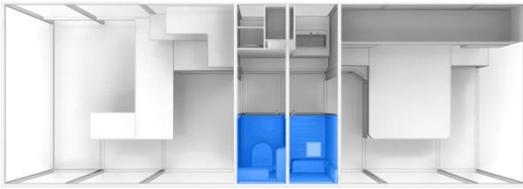


Fig. 2.15 –Planta superior del Habita-Mueble (Regadera-WC).



Fig. 2.16 –Planta superior del Habita-Mueble (Lavabo-Closet).



Fig. 2.17 –Planta superior del Habita-Mueble (Recámara).

En el área privada encontramos el baño completo, éste se encuentra dividido por el pasillo de circulación, dejando de un lado la regadera y el escusado y del otro el lavabo junto a un amplio closet. Ésta distribución permite ahorrar el espacio de circulación dentro del baño al aprovechar el mismo pasillo. Además un ocupante puede utilizar el lavabo mientras el otro utiliza la regadera o el escusado, con lo que se mejora la dinámica dentro del limitado espacio. Las puertas de la zona de escusado y regadera pueden utilizarse para combinar el espacio formando momentáneamente un amplio baño completo con vestidor.

Al final del pasillo de la planta alta se llega a la recámara. La cama doble se ubica al centro dejando un pasillo periférico para circulación de los ocupantes. A los costados de la cama se ubican superficies equivalentes a burós para colocar artículos diversos. En la parte superior de la cabecera se tienen anaqueles o cajones para almacenar ropa de cama, blancos, etc.

Para comprobar las dimensiones y la percepción espacial de la configuración de las plantas en el Habita-Mueble se construyó un simulador escala 1:1. Con él se verificaron las dimensiones de cada zona y se realizaron los ajustes correspondientes. Se recabaron todos los datos obtenidos con el simulador y se documentó fotográficamente antes de desmantelarse. Las principales conclusiones obtenidas luego de experimentada la distribución en el simulador fueron:

- Los cambios de altura entre las zonas son poco perceptibles y no generan incomodidad.
- La percepción del espacio no es limitada.



Fig. 2.18 –Imágenes simulador escala 1:1.



### 2.3.8 Propuesta Conceptual – Construcción

Una vez determinada la distribución del Habita-Mueble se realizó una propuesta conceptual para su construcción. Debido a que la producción inicial o piloto tendría que ser limitada se plantea una estructura autoportante resuelta con perfiles tubulares rectangulares cortados y soldados. Este tipo de construcción resulta adecuada ya que puede tolerar los esfuerzos a los que estará sujeto el Habita-Mueble durante su fabricación, traslado, instalación y ocupación. Además, se trata de un proceso constructivo poco costoso en comparación con otros ya que requiere poca inversión en herramental y maquinaria. Se puede lograr un armado preciso utilizando escantillones sencillos. El tiempo del proceso es bajo por lo que permite niveles de producción altos.

La estructura esta resuelta esencialmente en 7 subsecciones: piso/chasis, entrepiso, cubierta/techo, lateral derecho, lateral izquierdo, frontal y posterior. Las subsecciones se fabricarán por separado para luego unirse formando una estructura completa.

El piso o chasis es la parte de la estructura más reforzada, se trata de una serie de perfiles tubulares cuadrados de 2x2" calibre 14 soldados entre si. El perímetro interno del rectángulo formado cuenta con un ángulo soldado a la arista superior que ayuda a colocar tableros de madera que funcionan como la superficie del piso. Deberá contar con los anclajes correspondientes para el sistema de transporte y los soportes donde apoyará la estructura una vez instalado.

Los laterales, frontales, entrepiso y el techo están resueltos de manera similar al piso pero con calibres menores debido a que deben soportar cargas distintas.

Todos los laterales y el techo en la estructura del Habita-Mueble se forrarán en el interior con tableros comerciales de cartón (MDF) o madera. El forro permite colocar rápidamente acabados superficiales en el interior al otorgar superficies francas, a la vez que facilita la distribución de instalaciones eléctricas, hidráulicas y sanitarias por el exterior.

Los pisos están propuestos con paneles de OSB (Tablero de astillas orientadas) para dar una superficie estructurada sobre la cual colocar un piso laminado o linóleoum.

Las paredes exteriores se recubrirán con lámina Pintro (Pintada) estandarizada a 1.20 m de ancho. Se colocarán las láminas a lo largo del Habita-Mueble para aprovechar al máximo el material reduciendo la cantidad de cortes y desperdicio.

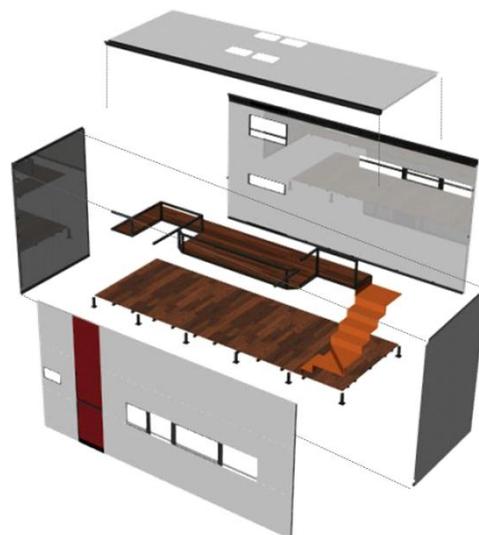


Fig. 2.19 –Propuesta de construcción del Habita-Mueble

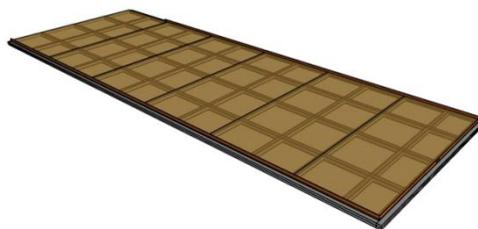


Fig. 2.20 –Propuesta constructiva de la estructura



Fig. 2.21 –Propuesta constructiva del piso

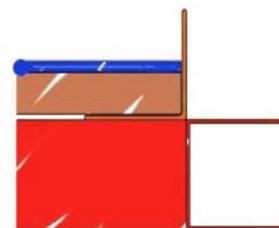


Fig. 2.22 –Corte de la solución propuesta para el conjunto estructura-piso

Las paredes interiores serán cubiertas con MDF de 6 mm con laminado plástico y tratado contra fuego por razones de seguridad. Los paneles se atornillarán a la estructura para fijarse. En las aristas de la estructura se colocarán ángulos que otorguen un soporte firme al borde de los paneles. Finalmente se recubrirá el MDF con un laminado plástico de PVC, el cual dará limpieza y durabilidad a las paredes internas.

Entre la cubierta externa y la interna de la estructura se colocarán secciones de aislante térmico de poliestireno expandido ofreciendo: ahorro de energía (calefacción y/o A/C), confort, reducción de ruido, seguridad (retardante de fuego).

Para la ventilación de la vivienda se cuenta con una serie de ventanas colocadas en el frente y la parte posterior, así como la periferia del techo. Las ventanas están construidas con perfiles de aluminio anodizado y con doble vidrio. El aire contenido entre los dos vidrios sirve de aislante térmico y acústico. Las ventanas son fijas o cuentan con métodos de apertura oscilo-batientes según su ubicación en la vivienda.

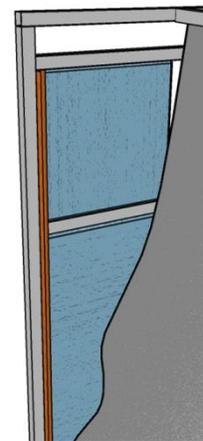


Fig. 2.23 –Detalle del aislante térmico



Fig. 2.24 –Detalle de vidrios dobles para las ventanas del Habita-Mueble

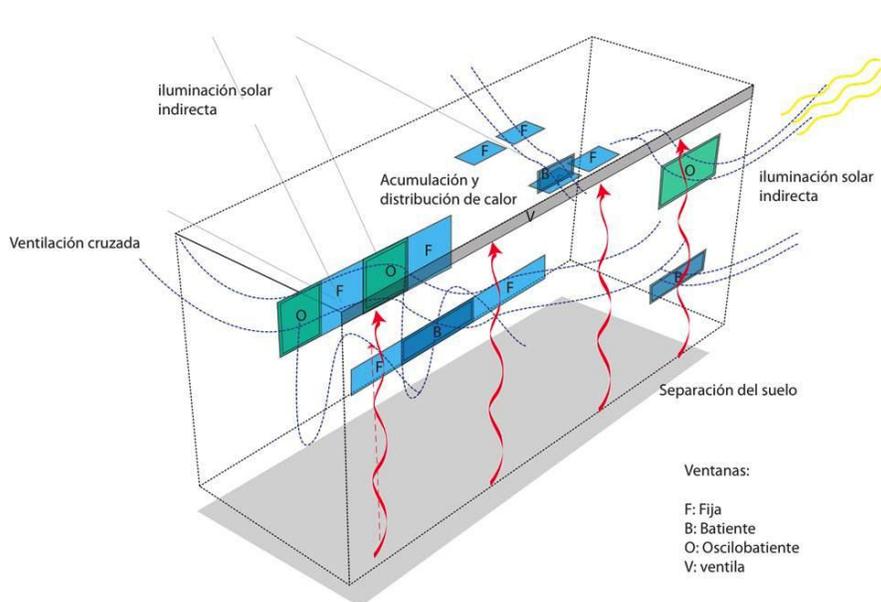


Fig. 2.25 –Diagrama de ventilación e Iluminación para el Habita-Mueble

1. Laminado Plástico de una sola pieza para la cubierta del techo
2. Soporte de la cubierta – Triplay de 3 mm.
3. Recubrimiento interior
4. Panel Decorativo
5. Puerta
6. Lámina Pintro
7. Estructura
8. Ventanas
9. Recubrimiento de Linóleoum
10. Soporte del recubrimiento interior – MDF
11. Aislamiento de poliestireno
12. Piso Laminado / Linóleoum
13. Soporte para laminado – OSB
14. Soportes de anclaje

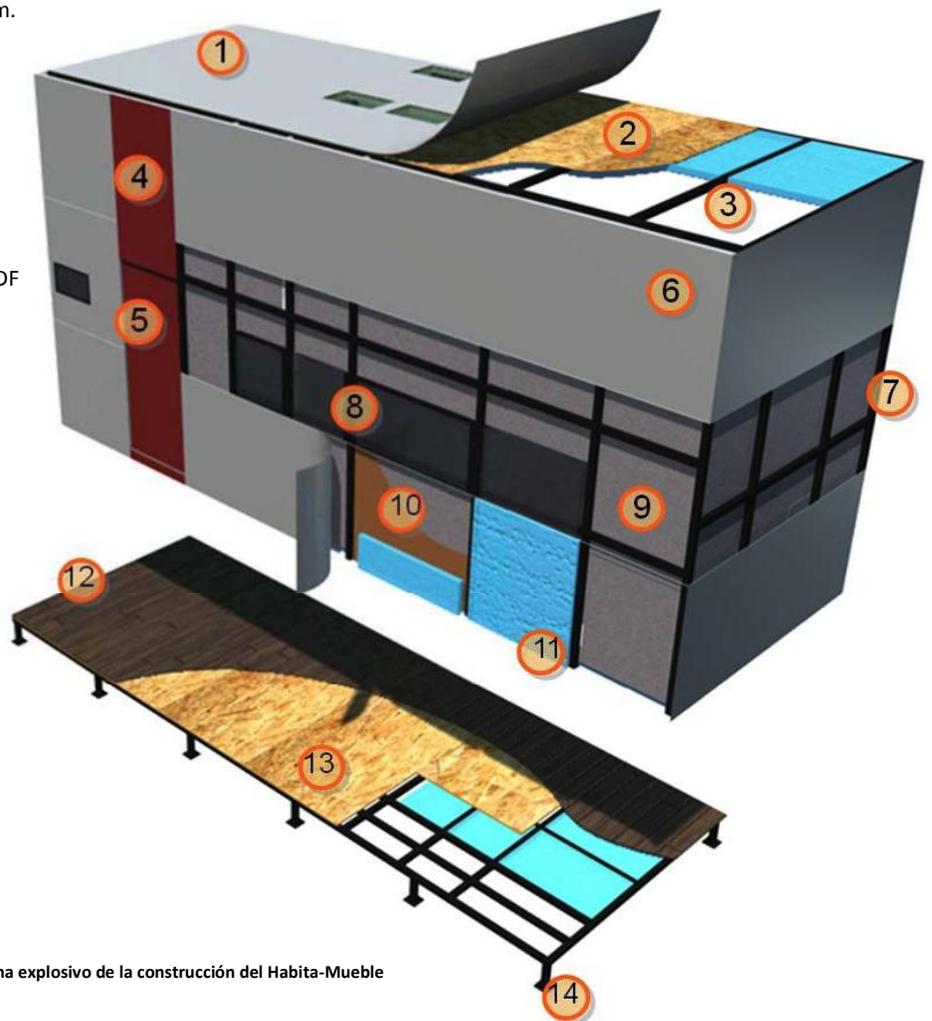


Fig. 2.26 –Diagrama explosivo de la construcción del Habita-Mueble

### 2.3.8 Propuesta Conceptual – Transporte



Fig. 2.27 –Propuesta de transporte para el Habita-Mueble

Una parte esencial del Habita-Mueble es su capacidad de transporte, para ello se propuso un sistema de remolque. Se le instalará un sistema de rodamiento que consiste en dos ejes conectados a una estructura mediante una suspensión tándem de muelles con doble ojo para asegurar un traslado estable y seguro.

Dicho sistema se acoplará al chasis del Habita-Mueble de forma temporal (Fig.2.--). Además, se colocará un sistema de arrastre integrado por una lanza con gato, acoplador y cadenas igualmente atornillado al chasis. Una vez instalados los sistemas de transporte en la estructura la vivienda será remolcada por una camioneta o pick-up desde la fábrica hasta el lugar de instalación. Los sistemas de transporte deben ser retirados con relativa facilidad por el equipo encargado de realizar la instalación.



Fig. 2.28 –Elementos adicionales para el transporte del Habita-Mueble

### **3. Planteamiento de la Tesis**

#### **3.1. Objetivos**

El objetivo de este trabajo de tesis es analizar, evaluar y rediseñar la estructura exterior del Habita-Mueble. Los resultados de dicho proceso de análisis servirán de base para proponer y elegir un material que permita a la estructura soportar las solicitaciones presentes durante el traslado, instalación y ocupación del Habita-Mueble. Así mismo, realizar las modificaciones y el rediseño de la estructura para asegurar su correcto desempeño.

#### **3.2. Justificación**

El trabajo realizado resulta esencial para continuar el proyecto Habita-Mueble, ya que permite definir una estructura probada que pueda cumplir con las especificaciones propuestas. Por otro lado, el uso de herramientas de simulación y análisis computacionales servirá para ahorrar tiempo y dinero en la fase de prototipos.

#### **3.3. Alcances**

Los alcances del trabajo de tesis serán los siguientes:

- Realizar un análisis estructural detallado del comportamiento de la estructura durante los escenarios de carga de traslado, descarga y operación normal del Habita-Mueble.
- Evaluar los resultados del análisis y realizar ajustes menores requeridos para asegurar el correcto desempeño de la estructura.
- Con base en los resultados del análisis proponer algunas opciones de perfiles geométricos y/o materiales comerciales que los satisfagan.
- Realizar una comparación de características de las opciones propuestas para realizar una selección de material preliminar. Dicha selección permitirá a otras personas involucradas en la evaluación de costos del proyecto tomar la decisión final del material de la estructura.

### 3. Análisis Estructural

#### 4.1. Diseño preliminar

Como parte de la propuesta conceptual, explicada a detalle en el primer capítulo, realizada por el equipo de trabajo multidisciplinario en el CIDI, se llegó a un diseño preliminar de la estructura. Éste diseño se planteó teniendo en cuenta los requerimientos de la estructura como un sostén al resto de los elementos dentro del Habita-Mueble. Se consideraron las dimensiones de ciertos elementos claves dentro del diseño conceptual del Habita-Mueble que van desde la antropometría hasta medidas comerciales de electrodomésticos. Además, se buscó el ajuste de la estructura con las presentaciones estandarizadas de los materiales que funcionarán como paredes externas, internas y pisos, tratando con ello de reducir el desperdicio de material y la elevación de costo que esto significa. Finalmente se emplearon nociones empíricas de la resistencia con la que debiera de contar la estructura para soportar el traslado del Habita-Mueble desde el sitio de fabricación hasta el de instalación.

La estructura esta resuelta completamente con perfiles tubulares rectangulares (PTR) de sección transversal cuadrada de 2x2" calibre 14. Los materiales planteados para la estructura obedecen a los disponibles comercialmente, en particular el Acero ASTM 500-B y el Aluminio 6061 T6. Los perfiles son dimensionados y posteriormente soldados para formar el armazón de la estructura. La separación de los perfiles obedece a la distribución arquitectónica y las medidas estandarizadas de ciertos materiales más que los esfuerzos mecánicos a los que esta sometida la estructura.

El diseño preliminar propuesto se utilizará entonces como primera iteración en este proceso de análisis estructural, ya que sus dimensiones obedecen a decisiones fundamentadas. El análisis estructural profundo, cuya realización compete a éste trabajo de tesis, permitirá localizar los aciertos y errores con los que cuenta el diseño para después proponer los ajustes correspondientes. Así mismo, si la estructura preliminar resulta excedida en sus capacidades mecánicas se propondrán cambios que permitan ahorro de peso, material y por consiguiente costo. Todos los cambios propuestos deberán, evidentemente, continuar cumpliendo los requerimientos propuestos en el diseño conceptual, en cuanto a distribución, medidas externas y demás aspectos esenciales del proyecto.



Fig. 4.1 – Vistas de la propuesta estructural realizada por el equipo de diseño conceptual en el CIDI

## 4.2. Metodología

### Método y Tipo de Elementos

El análisis estructural se realizará utilizando el método de Elementos Finitos asistido por computadora. Debido a las características geométricas de la estructura propuesta, la cual se encuentra resuelta esencialmente con perfiles tubulares rectos y con propiedades físicas homogéneas, se emplearán elementos tipo Marco para dicho análisis. Los elementos seleccionados permiten un análisis rápido, ya que no requieren de un mallado tridimensional. Además los resultados obtenidos tienden a ser más precisos en estos casos debido a la ausencia de errores asociados a la calidad de la malla tridimensional. Para que el programa realice los cálculos de esfuerzos y deformaciones en los elementos analizados sólo se requieren definir los ejes longitudinales de los perfiles, la orientación de su sección transversal y las propiedades mecánicas inherentes al material.

### Software

Para realizar el análisis mecánico de la estructura se utilizará el paquete de software comercial Autodesk Multiphysics 2012. La decisión de software se debió principalmente a la capacidad para realizar análisis utilizando elementos tipo Marco, si bien el paquete los denomina BEAM (Viga) se trata del mismo elemento de análisis. Como se explicó anteriormente, este modelo de análisis presenta claras ventajas en cuanto a la velocidad y precisión de los cálculos.

## 4.3. Consideraciones

### 4.3.1. Casos de Carga

#### Instalación

El primer caso de carga a analizar fue el que ocurre durante el proceso de instalación del Habita-Mueble. Si bien la vivienda sigue totalmente desocupada representa un caso crítico distinto a los otros, ya que se pretende apoyar el peso de la estructura y los artículos fijos que contiene en un menor número de puntos. Estos puntos se ubican de forma que permitan el retiro del sistema de rodamiento. Los puntos de apoyo provisionales deben de poder sostener la estructura sin que ésta sufra deformaciones mayores capaces de dañar los acabados o comprometer la integridad estructural. El análisis de este caso permitirá localizar los puntos más adecuados para apoyar la estructura mientras se prepara para depositarse en los anclajes definitivos.

Las cargas aplicadas para el caso de carga de Instalación se pueden encontrar dentro del Anexo IV en la Tabla 4.3.1

#### Ocupación

Se trata del caso de carga estático, el que se presenta una vez que el Habita-Mueble se encuentra colocado en su posición final sobre la superficie preparada. Las particularidades de este caso de carga son el cálculo de los ocupantes en el interior del Habita-Mueble, así como los extras almacenados, es decir, los artículos móviles de uso doméstico como ropa, utensilios de cocina, blancos, entre muchos otros. Las condiciones de frontera para éste caso son empotramientos localizados en los extremos de la estructura, así como en puntos clave de la base de la estructura para evitar grandes desplazamientos. Todos los soportes se encuentran apoyados en la superficie preparada.

Las cargas aplicadas para el caso de carga de ocupación se pueden encontrar dentro del Anexo IV en la Tabla 4.3.2

#### Traslado Horizontal - Caída en bache

El caso de carga más crítico a analizar es sin duda el del traslado del Habita-Mueble. A pesar de ser un caso de cargas claramente dinámicas el análisis realizado simplificará este complejo análisis utilizando una común idealización que involucra la conservación de la energía. Los fundamentos de dicha idealización se explican brevemente a continuación (Wright, 2012):

El análisis de un problema de impacto resulta complejo debido a que involucra muchos parámetros que van desde desplazamientos elevados, no linealidad de materiales, inestabilidad elástica y plástica, etc. Para evitar gran parte de estos problemas en muchas aplicaciones es posible llegar a estimaciones útiles mediante métodos menos complejos. Uno de estos métodos es la conversión de cargas dinámicas a una serie de cargas estáticas.

La física del impacto involucra conservación de energía y cantidad de movimiento. Al ocurrir un impacto entre un objeto en movimiento y una estructura la energía cinética contenida en el objeto que impacta se tiene que conservar. Parte de ésta se transforma en un esfuerzo en la estructura, el resto se disipará en fricción, deformación plástica localizada y esfuerzos “radiados” en forma de ondas. El comportamiento de este impacto puede ser muy complejo de modelar, sin embargo se pueden llegar a estimados cercanos realizando una serie de consideraciones.

El aspecto más complejo a determinar es estimar la capacidad del cuerpo a deformarse. La idea de un impacto totalmente rígido carece de utilidad ya que involucraría cambios instantáneos de velocidad, fuerzas infinitas, etc. En las estructuras reales la desaceleración del cuerpo en movimiento esta limitada por la deformación elástica y plástica de la misma. Si se considera que los impactos serán parte rutinaria del uso de la estructura la deformación se debe de limitar al rango elástico, ya que de no ser así se perdería la forma de la estructura luego de su uso. Tal es el caso del análisis que pretende realizar este trabajo de tesis, por lo que se centrará exclusivamente en la respuesta elástica de la estructura.

### Respuesta Elástica

El modelo más simplista y sencillo de analizar es el modelo elástico, en el cual se asume que la estructura permanece perfectamente elástica, es decir, que la energía cinética es transformada completamente en energía de deformación en la estructura. El modelo usa como análogo un cuerpo elástico como un resorte con constante K, una masa que lo impacta M, con un peso W y a una cierta velocidad V.

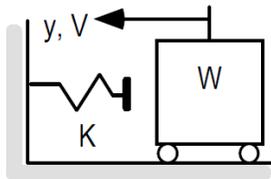


Fig. 4.2 – Modelo elástico

Luego de un análisis de trabajo, es fácil deducir que la fuerza de impacto F se transmite hacia el resorte y su reacción frena el cuerpo que comprime el resorte a una  $y_{m\acute{a}x}$ . Para su cálculo sólo se tienen que igualar el trabajo realizado por el resorte con la energía cinética del cuerpo.

$$\frac{1}{2}ky_{max}^2 = \frac{1}{2}\frac{W}{g}V^2 \quad \text{ó} \quad y_{max} = V\sqrt{\frac{W}{kg}} \quad (4.1)$$

Ya que la fuerza del resorte esta dada por la ecuación:

$$F_{max} = ky_{max} \quad \text{Entonces,} \quad F_{max} = V\sqrt{\frac{kW}{g}} \quad (4.2)$$

El modelo es evidentemente conservativo ya que ignora el amortiguamiento, fricción y la deformación plástica. Éste modelo se puede utilizar con resultados razonables cuando se están evaluando objetos cuya condición de trabajo involucra golpes, ya que se desea que el comportamiento sea completamente elástico.

### Masa cayendo sobre viga

El modelo elástico descrito anteriormente puede extrapolarse al impacto de una masa sobre una viga. En este caso la energía cinética a transformar es la cinética de la masa y el trabajo adicional realizado por el peso W actuando durante la deformación de la viga.

Energía a transformar:

$$E_k + Wy_{max} = \frac{1}{2}\frac{W}{g}V^2 + Wy_{max} \quad (4.3)$$

Igualando la energía a transformar con el trabajo elástico de deformación de la viga

$$E_k + Wy_{max} = \frac{1}{2}ky_{max}^2 \quad \text{ó} \quad y_{max} = \frac{W}{k}\left(1 + \sqrt{1 + \frac{2kEk}{W^2}}\right) = y_{st}\left(1 + \sqrt{1 + \frac{2kEk}{W^2}}\right) \quad (4.4)$$

Donde  $y_{st}$  es la deformación estática que sufre la viga producto del peso W. El factor en paréntesis es el factor de amplificación dinámica, éste multiplica a la carga estática al momento del impacto. La fuerza efectiva a la que esta sujeta la viga en el caso de un impacto o aplicación instantánea es igual al factor de amplificación por el peso W.

Reacomodando la expresión 4.4 se puede llegar a:

$$K = 1 + \sqrt{1 + \frac{2h}{y_{st}}} \quad (4.5)$$

Merece la pena recordar que para utilizar este modelo es necesario tomar las siguientes consideraciones:

- La rigidez de la viga es la misma en cargas estáticas y dinámicas
- La masa de la viga es ignorada
- La deformación ocurre sin pérdida de energía, modelo conservativo.

Tomando en cuenta el modelo explicado, se calculó un factor de amplificación dinámico el cual multiplicó a las cargas a las que se encuentra sujeta la estructura para realizar el análisis del traslado simulando la caída de la estructura en un bache de 10 cm de profundidad. Lo anterior considera que toda la energía es absorbida por la estructura, cuando en realidad parte de dicha energía se disiparía en el sistema de suspensión del habitáculo.

Los valores tomados para realizar dicho cálculo fueron:

$$y_{st} = 0.04 [m] *$$

$$h = 0.1 [m]**$$

\*Obtenido del análisis estructural estático

\*\*Considerando una caída de 10 cm, basado en la profundidad promedio de un bache urbano.

Por lo que el valor del factor calculado fue: **3.45**

Las condiciones de frontera establecidas para este caso de carga fueron soportes con resortes en los nodos que están en contacto con el sistema de remolque (lanza conectada al vehículo) y el sistema de rodamiento. Se asignó una constante de resorte K de 200,000 N/m, valor común en sistemas de suspensión automotriz para la aplicación seleccionada.

Las diferentes cargas aplicadas, así como los factores de carga correspondientes se encuentran en la Tabla 4.3.3 dentro del Anexo IV.

### **Traslado inclinado – Caída en bache + pendiente 10%**

Otro caso a evaluar fue el del traslado en un camino inclinado, debido a que los momentos y cargas que debe tolerar la estructura son distintos a los encontrados en el traslado horizontal. Se seleccionó una pendiente de 10% o 5.71°, ya que es una pendiente muy elevada para caminos y calles urbanas.

Utilizando el mismo modelo del traslado descrito en el inciso anterior de caída en un bache de 10 cm se multiplicaron las cargas por un vector inclinado, el cual representa la inclinación del terreno. El vector también se empleó como multiplicador de la gravedad, con esto se simula la inclinación de la estructura. A continuación se muestra el vector utilizado:

$$\bar{V} = [\text{sen } 5.71^\circ, \cos 5.71^\circ, 0] = [0.995, 0.0995, 0]$$

Las condiciones de frontera establecidas para este caso de carga fueron soportes que impiden giros entorno a X, Y, Z, así como desplazamientos en X para todos los nodos que están en contacto con el sistema de remolque (lanza conectada al vehículo) y el sistema de rodamiento.

#### 4.3.2. Pandeo

Como parte de un análisis complementario al análisis estructural de cada caso se agregó un rápido análisis de pandeo de elementos. El pandeo es un comportamiento altamente indeseable en los elementos estructurales ya que reduce las capacidades físicas y puede llevar al colapso de la estructura. Se analizarán individualmente los elementos críticos o más susceptibles a presentar pandeo en cada caso de carga para poder descartar que el fenómeno suceda.

Para modelar el efecto del pandeo sobre los elementos de la estructura se utilizó como base el modelo de la carga crítica de Euler (Santillana, 2008), la cual utiliza un estudio de equilibrio. Los resultados posibles de este estudio de equilibrio serían:

- Equilibrio estable – si al sufrir un pequeño desplazamiento con respecto al eje axial (2), tiende a regresar a su posición inicial alineada con el mismo (1).
- Equilibrio inestable - si al sufrir un pequeño desplazamiento con respecto al eje axial (2), tiende a alejarse de su posición inicial alineada con el mismo (1).
- Equilibrio indiferente - si al sufrir un pequeño desplazamiento con respecto al eje axial (2), mantiene la nueva posición.

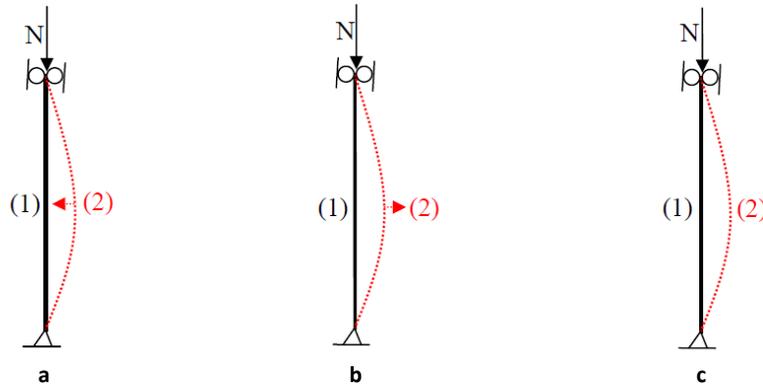


Fig. 4.3 – Equilibrio Estable (a), Equilibrio Inestable (b), Equilibrio Indiferente (c)

Euler definió la carga crítica  $N_{Cr}$  como aquella carga de compresión  $N$  que causa que la pieza adopte una condición de equilibrio indiferente.

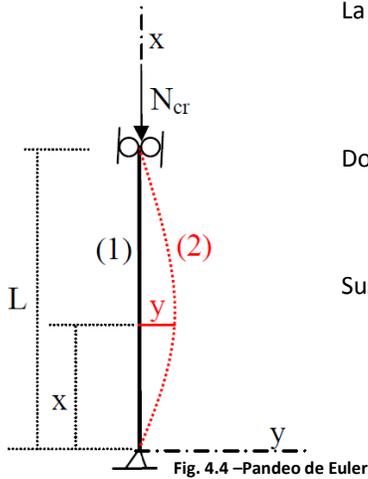
$$N = N_{Cr} \rightarrow \text{Equilibrio Indiferente o Neutro}$$

$$N < N_{Cr} \rightarrow \text{Equilibrio Estable}$$

$$N > N_{Cr} \rightarrow \text{Equilibrio Inestable}$$

Para calcular ese valor Euler utilizó el siguiente procedimiento:

Se considera una pieza (columna/viga), recta, con sus extremos articulados y que se encuentra sometida a una carga de compresión axial cuyo valor es igual a la carga crítica que se pretende calcular. Según lo explicado, si se desplaza el centro de la viga a la posición 2, ésta mantendrá la posición debido a que se encuentra en un estado de equilibrio neutro.



La ecuación diferencial para la posición 2 sería:

$$\frac{d^2y}{dx^2} = -\frac{M_z}{EI_z} \quad (4.6)$$

Donde:

$$M_z = N_{Cr} \cdot y \quad (4.7)$$

Sustituyendo 4.7 en 4.6:

$$EI_z \cdot \frac{d^2y}{dx^2} = -N_{Cr} \cdot y \quad (4.8)$$

$$\frac{d^2y}{dx^2} + \frac{N_{Cr}}{EI_z} \cdot y = 0 \quad (4.9)$$

Definiendo:

$$k_z^2 = \frac{N_{Cr}}{EI_z} \quad (4.10)$$

$$\frac{d^2y}{dx^2} + k_z^2 \cdot y = 0 \quad (4.11)$$

Finalmente la solución general de la ecuación diferencial resulta:

$$y = C_1 \text{sen} k_z x + C_2 \text{cos} k_z x \quad (4.12)$$

Las constantes se calculan a partir de las condiciones de frontera, en este caso el desplazamiento nulo en los extremos:

$$x = 0 \rightarrow y = 0 \Rightarrow C_2 = 0 \quad (4.13)$$

$$x = L \rightarrow y = 0 \Rightarrow C_1 \text{sen} k_z L = 0 \rightarrow C_1 = 0 \Rightarrow y = 0 \quad (4.14)$$

$$\rightarrow \text{sen} k_z = 0 \Rightarrow k_z L = n\pi \quad (n=1,2,3,\dots)$$

Obtenemos entonces:

$$k_z = \frac{n\pi}{L} \rightarrow k_z^2 = \frac{n^2\pi^2}{L^2} \quad (4.15)$$

Igualando las ecuaciones 4.11 y 4.15:

$$\frac{N_{Cr}}{EI_z} = \frac{n^2\pi^2}{L^2} \rightarrow N_{Cr} = n^2 \cdot \frac{\pi^2 EI_z}{L^2} \quad (4.16)$$

Como la menor carga crítica se obtendrá con n=1 el valor de  $N_{Cr}$  resulta la ecuación de Euler:

$$N_{Cr} = \frac{\pi^2 EI_z}{L^2} \quad (4.17)$$

## 4.4. Análisis por elementos finitos

### 4.4.1 Análisis Estructural

El proceso para realizar el análisis en el Software mencionado anteriormente consistió en las siguientes etapas:

\*Las imágenes en esta sección sólo tienen fines ilustrativos. Para resultados detallados ver las secciones de resultados

1. Modelado geométrico de la estructura – se declararon todos los elementos marco definiendo los puntos de inicio y fin correspondientes. Los elementos se distribuyeron en 9 grupos o capas (Layers) para facilitar su visualización y modificación de acuerdo a las necesidades, además dicha división permite asignar diferentes materiales o secciones transversales en etapas posteriores del proceso.

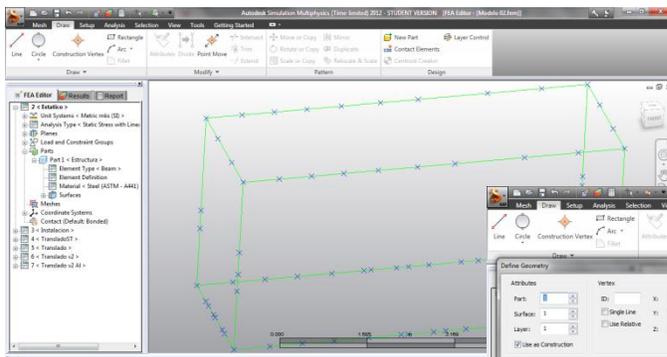


Fig. 4.5 –Modelado del contorno externo (Autodesk Simulation Multiphysics 2012)

Fig. 4.6 –Modelado del techo de la estructura (Autodesk Simulation Multiphysics 2012)

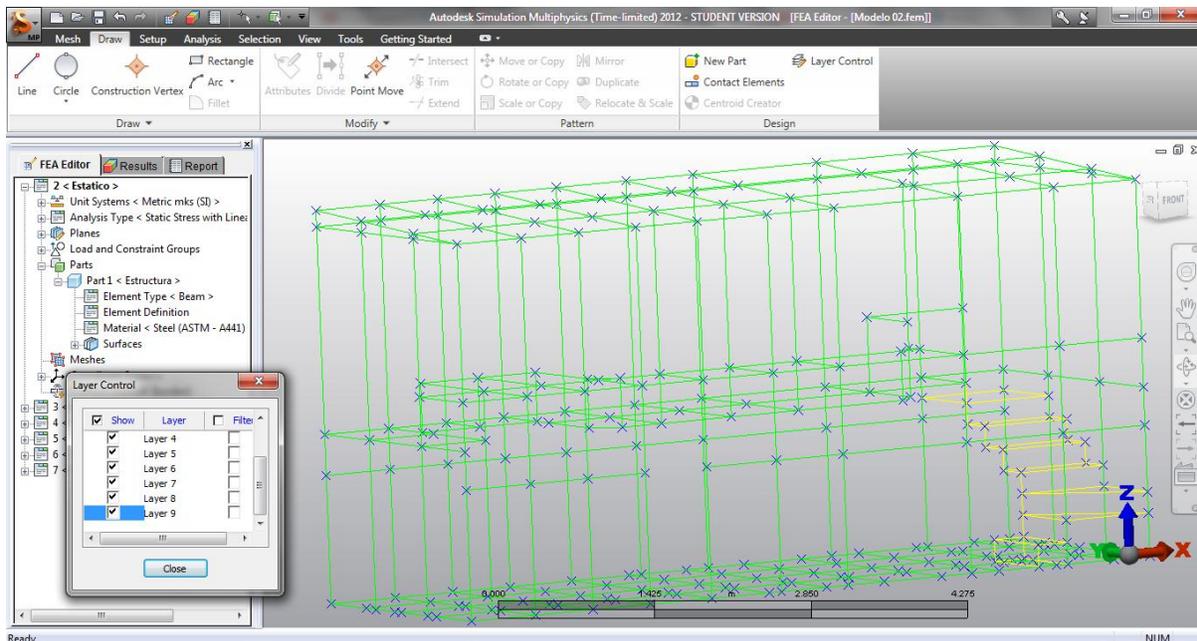
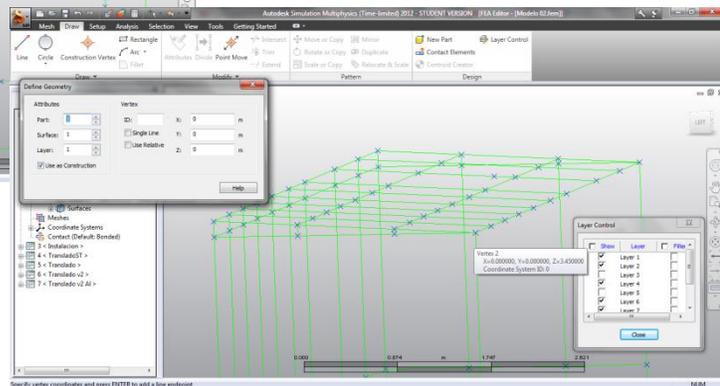


Fig. 4.7 –Modelado de la escalera (Autodesk Simulation Multiphysics 2012)

2. Establecimiento de la sección de los elementos – se especificó la sección transversal del perfil de cada elemento, eligiéndola entre una gran cantidad de secciones comerciales ya incluidas en el paquete. Una vez seleccionada la sección, el paquete se encarga de asignar el resto de los valores geométricos necesarios para el análisis, como el área, los momentos de inercia, la resistencia torsional, entre otros.

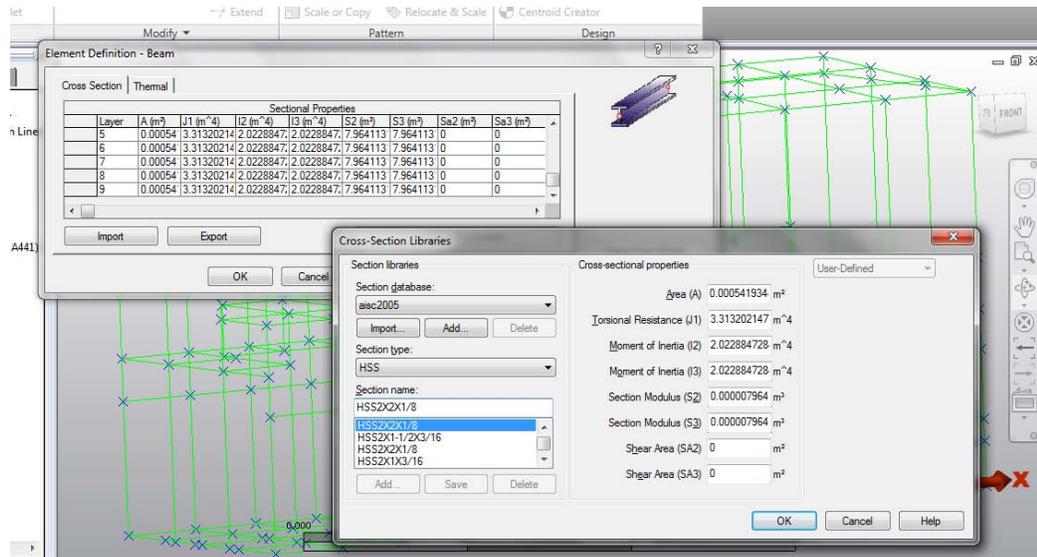


Fig. 4.8 –Selección de la sección de los elementos (Autodesk Simulation Multiphysics 2012)

3. Selección del material – se seleccionaron los materiales comerciales planteados en la primera sección de este capítulo y se asignaron a cada elemento antes de realizar el análisis, de forma que el programa pudiera determinar los niveles de deformación que sufrirá la estructura.

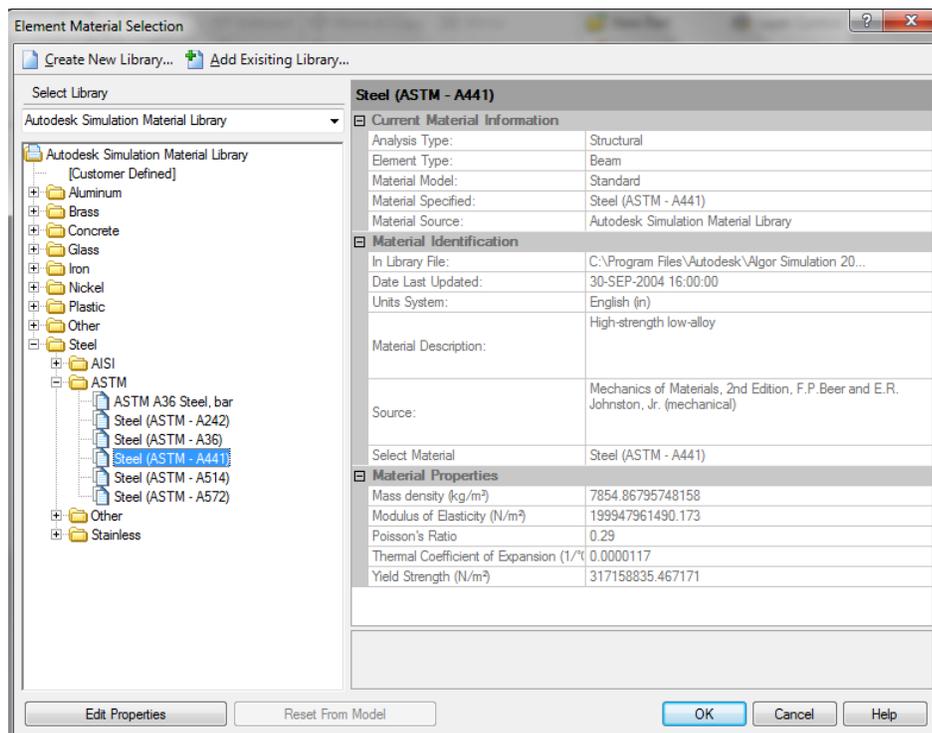


Fig. 4.9 –Selección del material asignado a los elementos (Autodesk Simulation Multiphysics 2012)

4. Determinar las cargas a aplicar – Se realizó una serie de tablas (Ver anexo IV) para desglosar las cargas a las que estará sujeta la estructura, así como su distribución. Al tratarse de un análisis con elementos marco las cargas de los elementos dentro de la estructura y/o los ocupantes, según sea el caso, se simplificaron como cargas uniformes distribuidas sobre los elementos involucrados. El proceso de conversión de cargas se realizó sumando el peso de los objetos en cada una de las zonas de la estructura, la longitud de los elementos involucrados se sumo para luego dividirse la carga por unidad de longitud. Esta nueva carga distribuida se aplicó a los elementos correspondientes, en el caso de los elementos frontera entre dos zonas de carga se sumaron las dos cargas obtenidas y se aplicaron al elemento.

The figure shows three overlapping tables with the following structure:

Caso	Elemento	Carga	Valor	Unidad
1	1	...	...	...
...	...	...	...	...
...	...	...	...	...

Fig. 4.10 –Tablas de Cargas para los diferentes casos a analizar (Tablas completas en el Anexo IV)

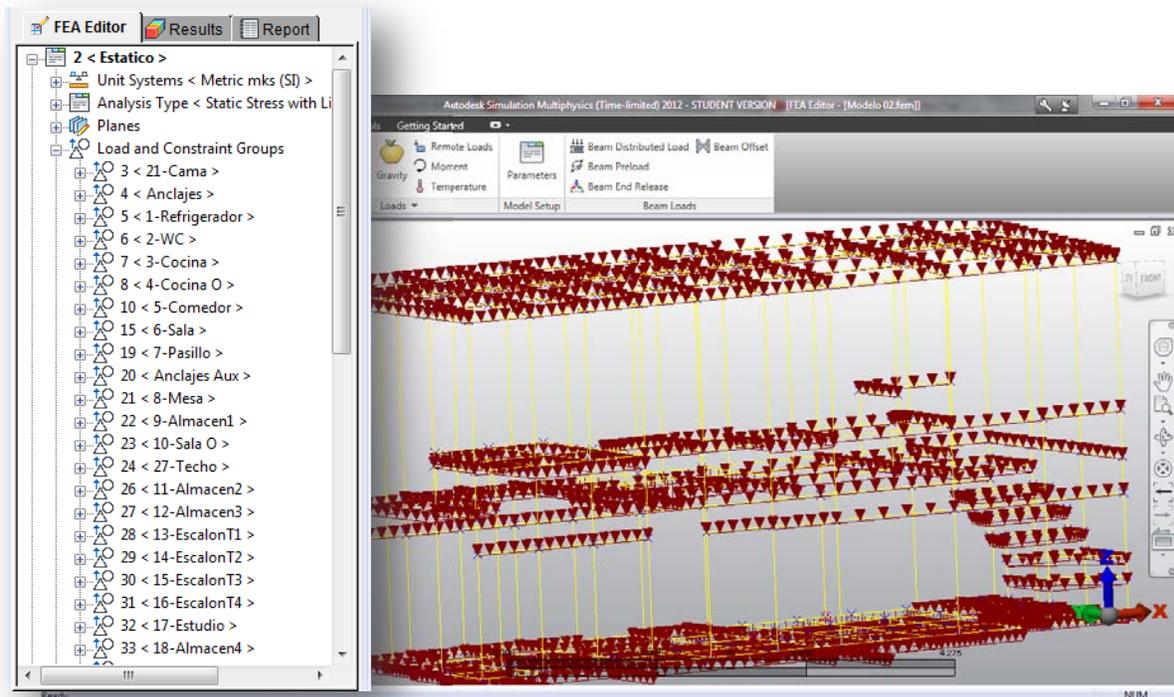


Fig. 4.11 –Cargas aplicadas en los elementos correspondientes (Autodesk Simulation Multiphysics 2012)

5. Determinar las condiciones de Frontera – Para poder realizar el análisis estructural fue indispensable definir las condiciones de frontera de la malla. En el caso dell análisis estructural realizado dichas condiciones fueron esencialmente empotramientos o desplazamientos nulos en ciertos grados de libertad según el caso de carga específico. En secciones posteriores se especifica las condiciones empleadas en cada caso. Los casos analizados son los siguientes:

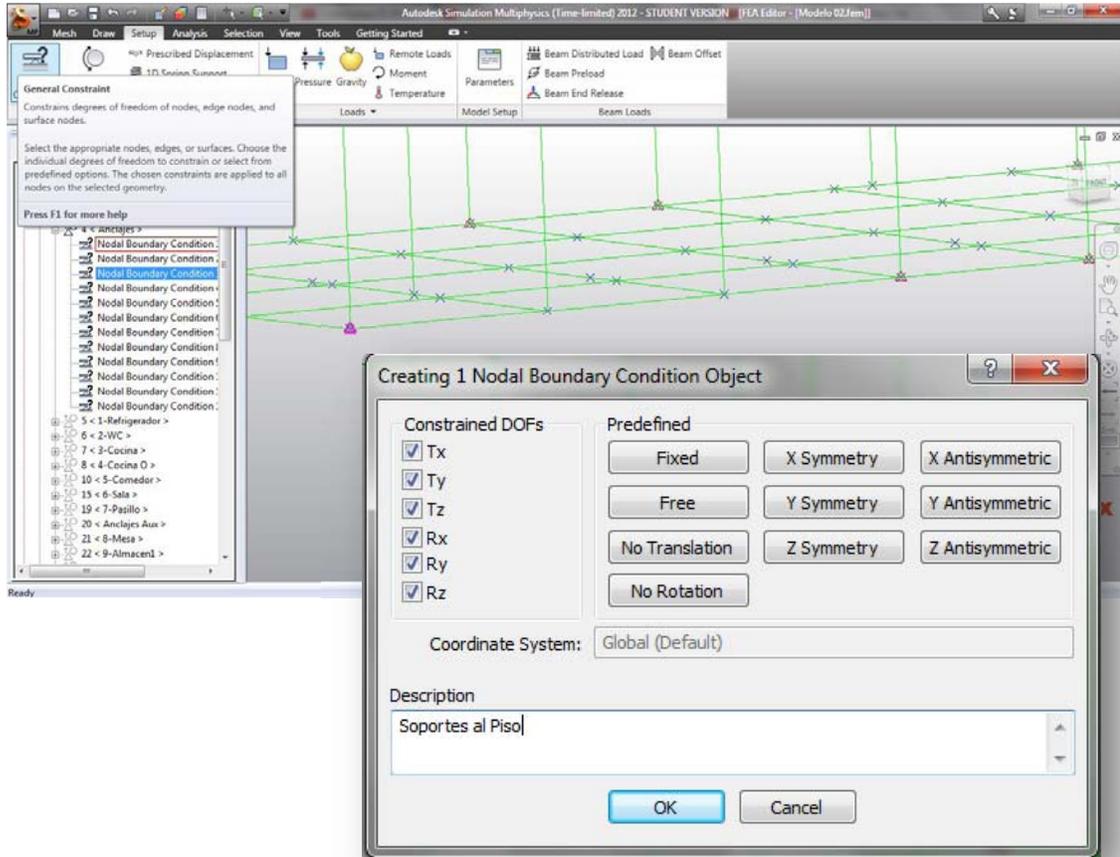


Fig. 4.12 –Definición de las condiciones de frontera nodales (Autodesk Simulation Multiphysics 2012)

6. Realizar el análisis del caso – Se ejecutó el análisis estructural de los elementos de dos nodos para obtener los resultados correspondientes a cada caso.

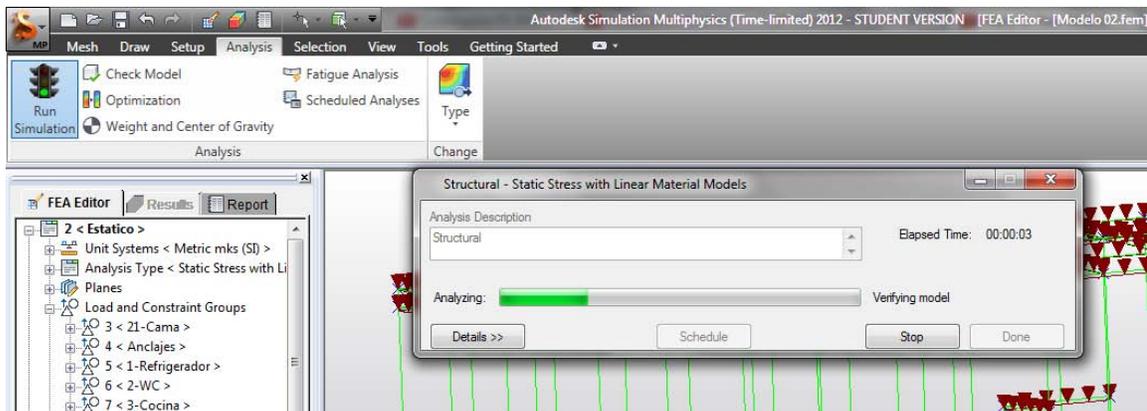


Fig. 4.13 –Ejecución de la simulación correspondiente en cada caso de carga (Autodesk Simulation Multiphysics 2012)

7. Recabado de datos – Se observaron y registraron los valores críticos de esfuerzos y deformaciones que ayudaron a extraer conclusiones del análisis.

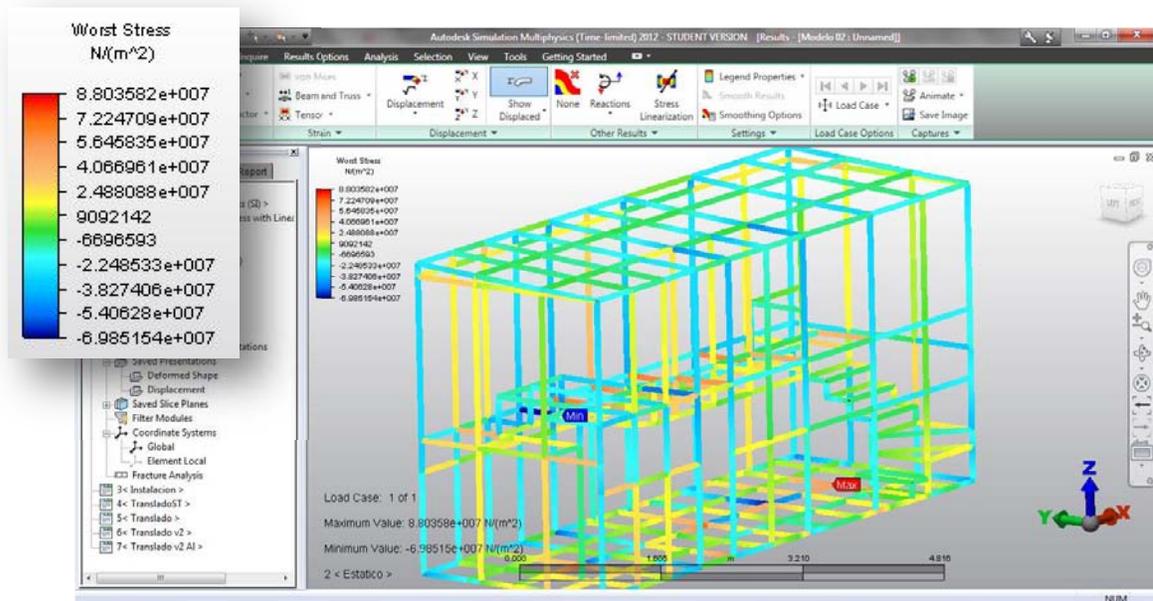


Fig. 4.14 –Resultados de esfuerzos por elemento (Autodesk Simulation Multiphysics 2012)

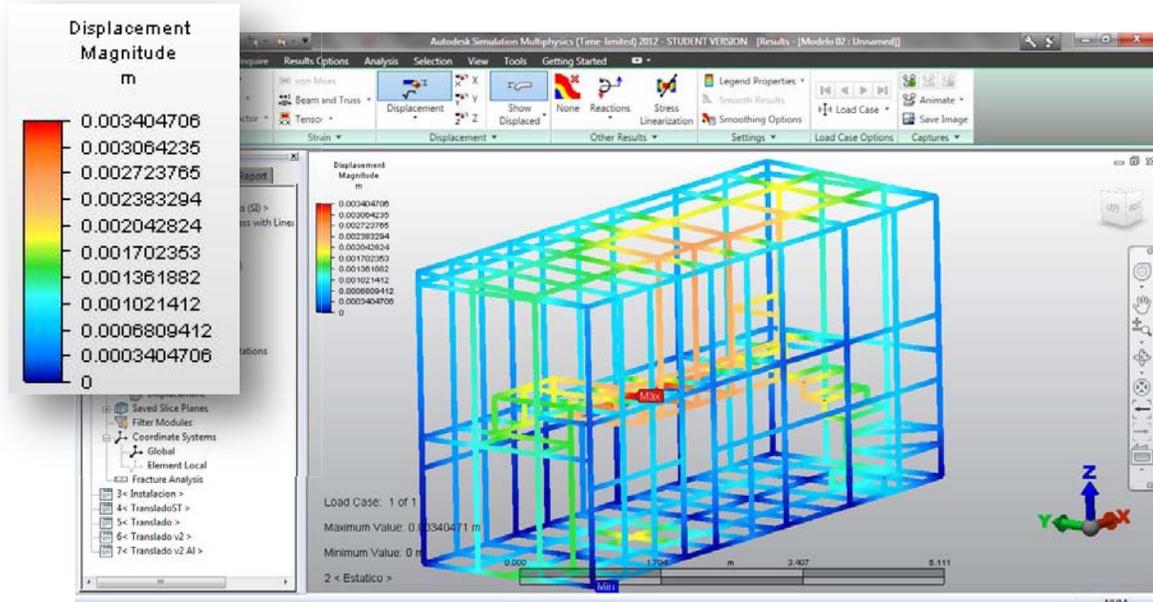


Fig. 4.15 –Resultados de desplazamientos (Autodesk Simulation Multiphysics 2012)

8. Análisis de resultados – Una vez observado el comportamiento de la estructura en cada caso se determina si la estructura presenta valores aceptables de esfuerzos y desplazamientos para las aplicaciones deseadas. Dichos criterios se fijan en el apartado 4.6 del capítulo y tienen que ver con el esfuerzo de cedencia y los valores de desplazamientos para asegurar que los acabados y demás materiales conserven su forma. En caso de que estos valores fueran excesivos se puede regresar a los pasos 1,2 o 3 para realizar las modificaciones correspondientes.

#### 4.4.2 Análisis de Pandeo

Para realizar el análisis de Pandeo explicado en el inciso 4.3.2 se siguió el procedimiento descrito a continuación:

1. Selección de elementos críticos – Luego de realizado el análisis estructural de cada caso de carga se seleccionaron los elementos más propensos a presentar pandeo. Selección basada principalmente en su longitud y las elevadas cargas de compresión a las que están sometidas.

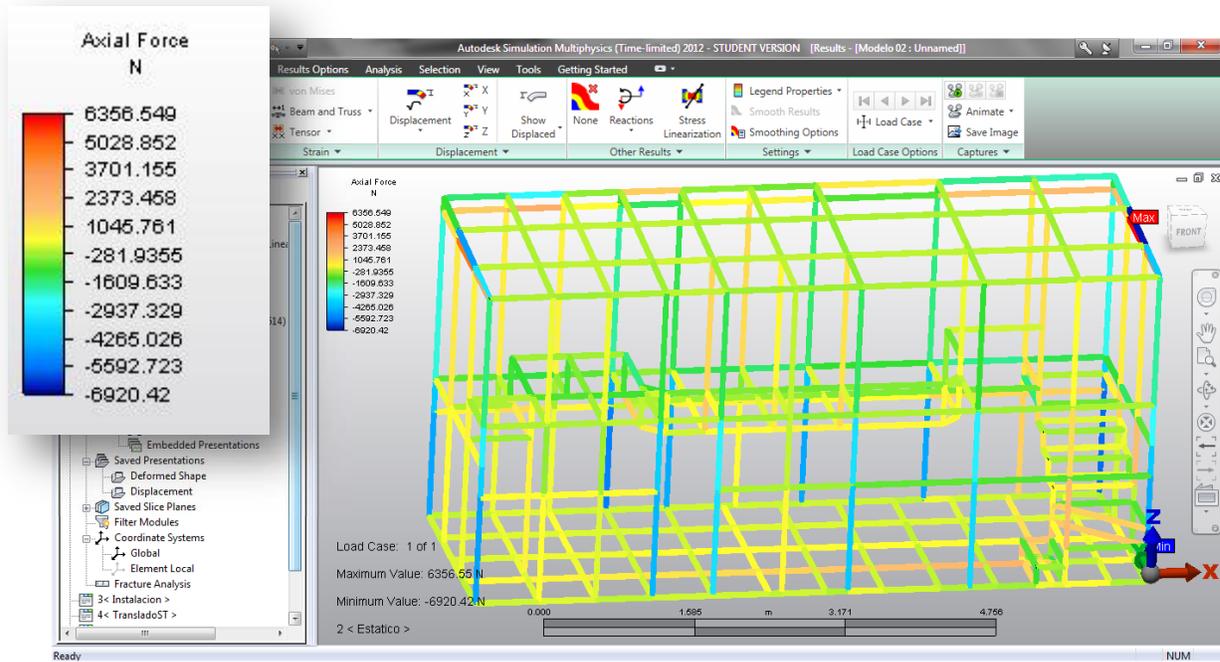


Fig. 4.16 –Resultados de las cargas axiales por elemento (Autodesk Simulation Multiphysics 2012)

2. Análisis de Elementos Críticos – Una vez seleccionados los elementos se procedió a analizarlos utilizando el módulo de Carga Crítica de Pandeo (Critical Buckling Load) incluido en el software Autodesk Simulation Multiphysics 2012 y que emplea la ecuación de pandeo de Euler expuesta en el punto 4.3.2.

Primero se definió el largo del elemento, su sección transversal y el material que lo compone. Al ser un análisis asociado a los Eigenvalores se seccionó la barra en segmentos de menor longitud para elevar la exactitud del cálculo. Posteriormente se le aplicó una carga unitaria en uno de sus extremos, ya que el resultado del análisis arroja una serie de multiplicadores de carga. Al tener una carga unitaria el primer eigenvalor calculado indica la carga en la que se presentará el pandeo. Las condiciones de frontera fueron un empotramiento en el nodo inferior y en el superior se limitaron los desplazamientos en el eje X y Y.

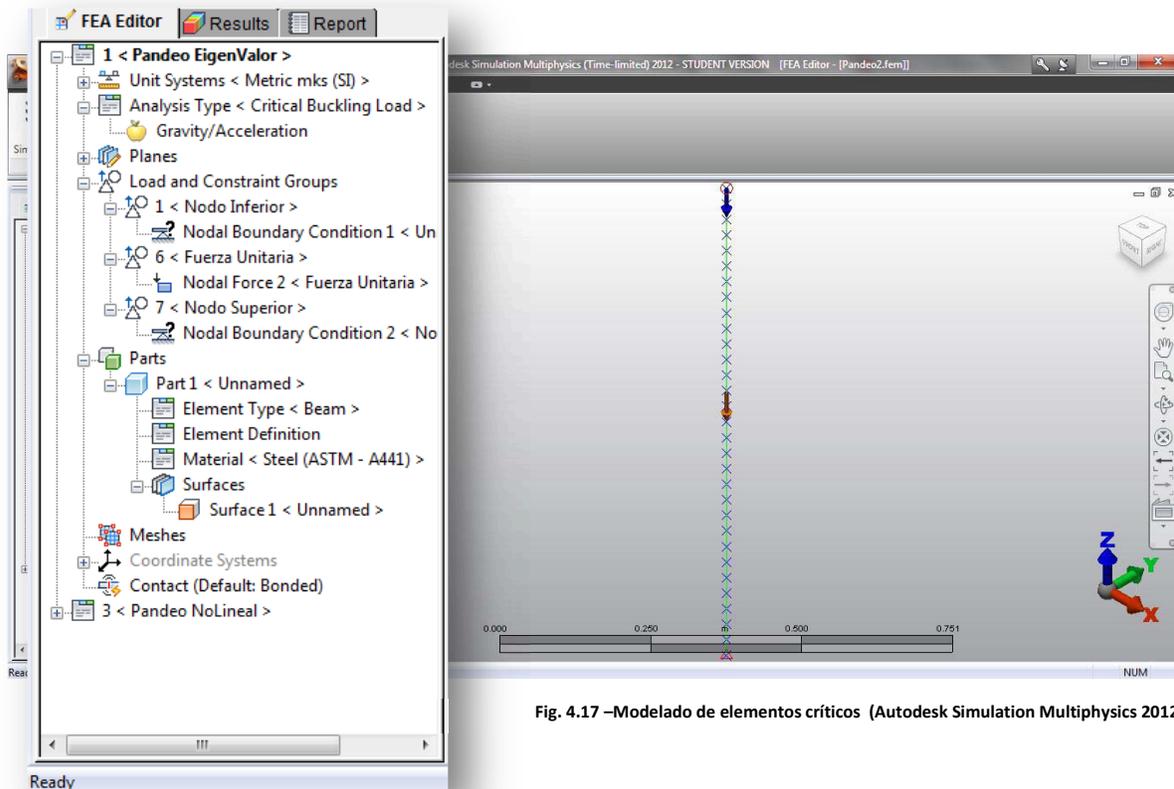


Fig. 4.17 –Modelado de elementos críticos (Autodesk Simulation Multiphysics 2012)

3. Verificación de elementos – Finalmente se registran los valores de carga críticos para el pandeo de cada elemento y se regresa al análisis estructural de los casos de carga para verificar que las cargas compresivas a las que estén sujetos dichos elementos no excedan la carga crítica calculada.

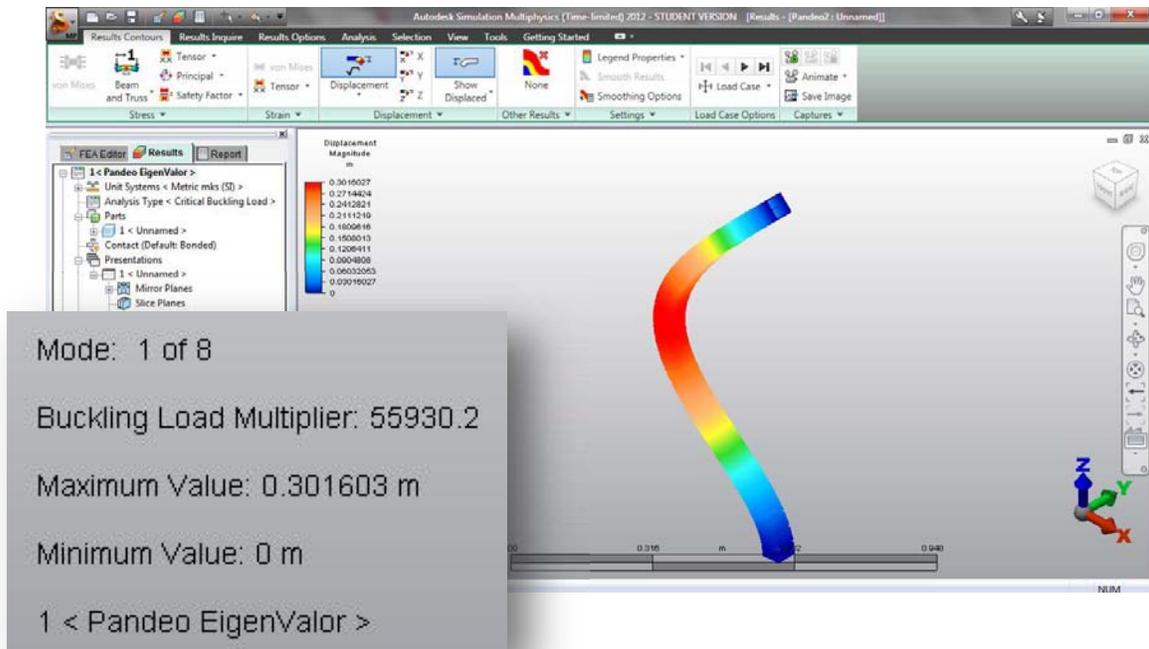


Fig. 4.18–Resultados Carga crítica de Pandeo (Autodesk Simulation Multiphysics 2012)

4. Modificaciones y ajustes – En caso de que los elementos analizados estén sujetos a cargas que excedan las cargas críticas calculadas para el pandeo la estructura debe de reforzarse aumentando el momento de inercia de la sección transversal, de forma que las cargas compresivas sobre esos elementos se reduzcan; o bien, reducir de alguna forma el largo del elemento que esta sufriendo de pandeo agregando elementos intermedios.

#### 4.5. Resultados Parciales

A continuación se presentan los parámetros utilizados y los resultados obtenidos en el análisis de cada uno de los casos de carga descritos en el punto 4.3.1.

##### Parámetros Generales de Análisis Empleados

Software: Autodesk Algor Simulation Multiphysics 2012 Student Version

Tipo de análisis: Esfuerzo estático con modelos de materiales lineales (Static Stress with Linear Material Models)

Tipo de elementos: Marco (Beam\*)

Materiales: Acero ASTM A500-B y Aluminio 6061 T6

Sección transversal de elementos: H.S.S (Hollow Structural Sections) – PTR

Medidas de sección transversal: (Alto x Ancho x Espesor)  $2 \times 2 \times 1/81'' = 50.8 \times 50.8 \times 3.18$  mm

Temperatura de análisis: 20°C

Aceleración de la Gravedad:  $9.81456 \text{ m/s}^2$

Tipo de contacto: Unido (Bonded)

\*A pesar de que la traducción literal de *beam* al español es viga, el software utiliza este nombre para los elementos marco y la palabra *truss* para las vigas.

##### Resultados generales del Modelo

Peso de la estructura calculada: 13797 N (Acero ASTM A500-B) / 4745.4 N (Aluminio 6061 T6)

Masa de la estructura: 1380.5 kg (Acero ASTM A500-B) / 483.5 kg (Aluminio 6061 T6)

Volumen:  $0.1791 \text{ m}^3$

Largo total de elementos: 332.528 m

Centro de gravedad:

$X_c = 3.624 \text{ m} \rightarrow$  Punto central = 3.6 m / Var = +0.024 m

$Y_c = 1.2582 \text{ m} \rightarrow$  Punto central = 1.25 m / Var = +0.082 m

$Z_c = 1.669 \text{ m} \rightarrow$  Punto central = 1.75 m / Var = -0.081 m

Momento de inercia de masa:

$I_{xx} = 3333 \text{ N}\cdot\text{s}^2/\text{m}$

$I_{yy} = 11197 \text{ N}\cdot\text{s}^2/\text{m}$

$I_{zz} = 10236 \text{ N}\cdot\text{s}^2/\text{m}$

Productos del momento de inercia de masa:

$I_{xy} = 2190.5 \text{ N}\cdot\text{s}^2/\text{m}$

$I_{xz} = 2804.7 \text{ N}\cdot\text{s}^2/\text{m}$

$I_{yz} = 1050.8 \text{ N}\cdot\text{s}^2/\text{m}$

#### 4.5.1 Instalación

##### Parámetros particulares del caso de carga

Cargas aplicadas: Ver sección correspondiente a la Instalación en el Anexo IV.

Dirección de las cargas aplicadas: Dirección negativa del eje Z (-Z).

##### Resultados particulares del caso de carga

Esfuerzo máximo calculado: 119.216 MPa

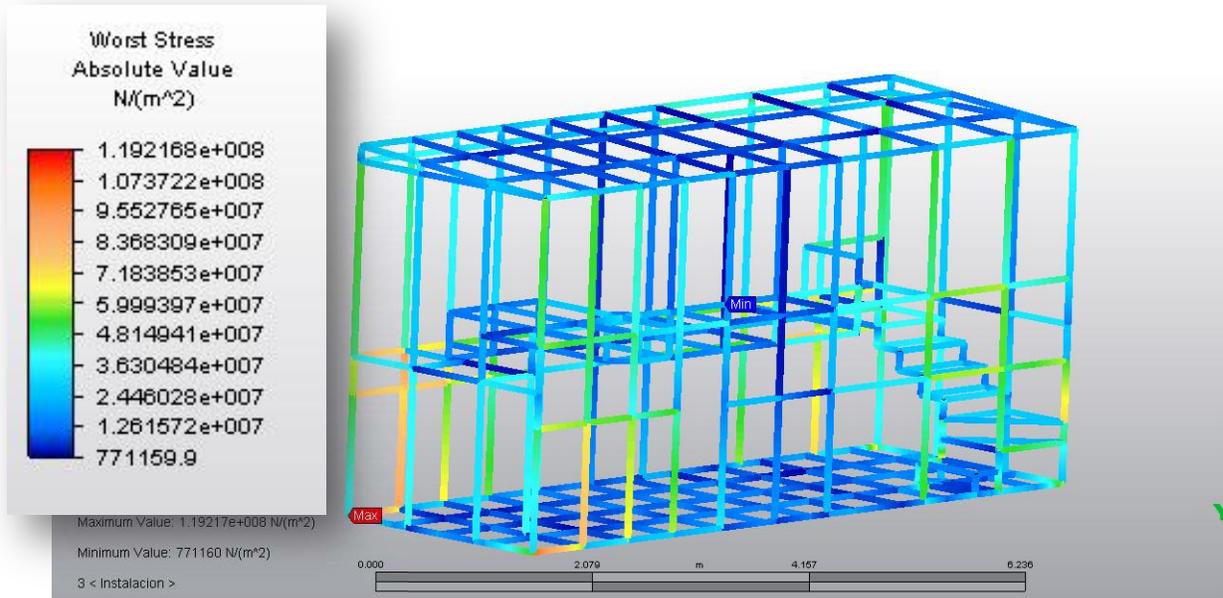


Fig. 4.19 –Resultados Esfuerzo Máximo (Autodesk Simulation Multiphysics 2012)

Material: Acero ASTM A500-B  
Desplazamiento máximo: 9.492 mm

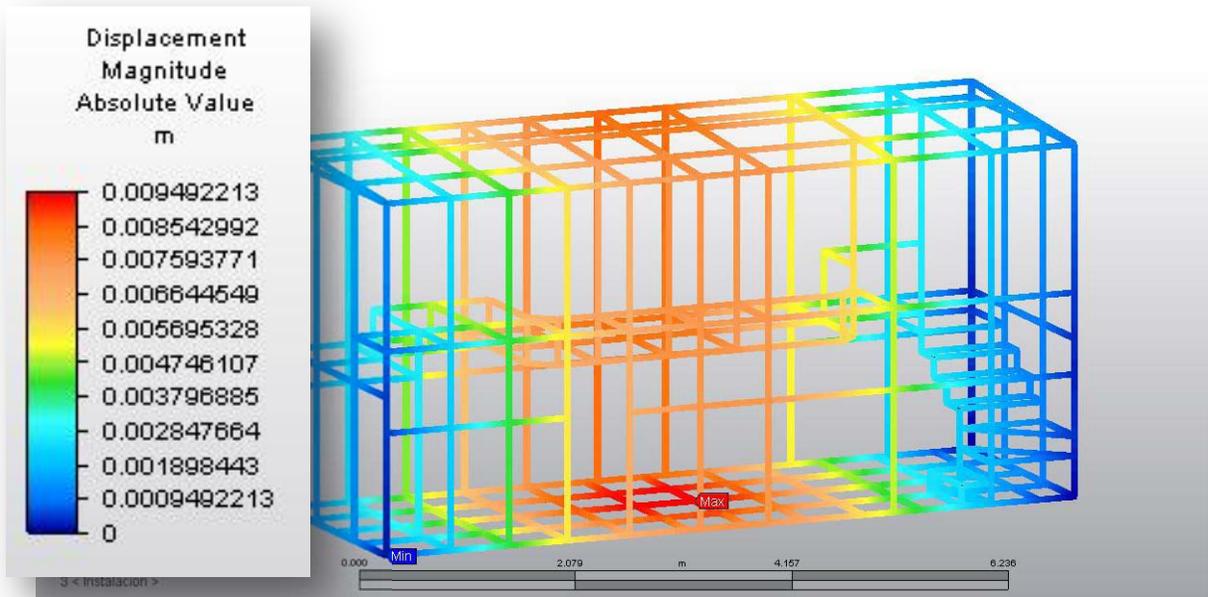


Fig. 4.20 –Resultados Desplazamiento Máximo con Acero (Autodesk Simulation Multiphysics 2012)

Material: Aluminio 6061 T6  
Desplazamiento máximo: 20.07 mm

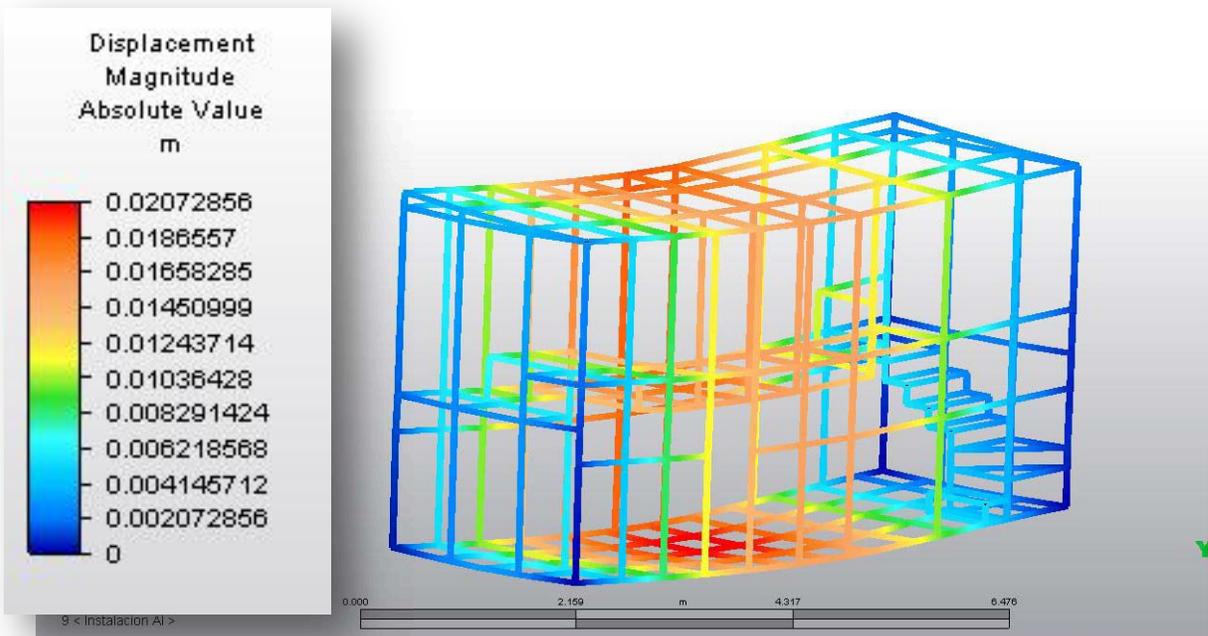


Fig. 4.21 –Resultados Desplazamiento Máximo con Aluminio (Autodesk Simulation Multiphysics 2012)

## 4.5.2 Ocupación

### Parámetros particulares del caso de carga

Cargas aplicadas: Ver sección correspondiente a la Ocupación en el Anexo IV.

Dirección de las cargas aplicadas: Dirección negativa del eje Z (-Z).

### Resultados particulares del caso de carga

Esfuerzo máximo calculado: 127.873 MPa

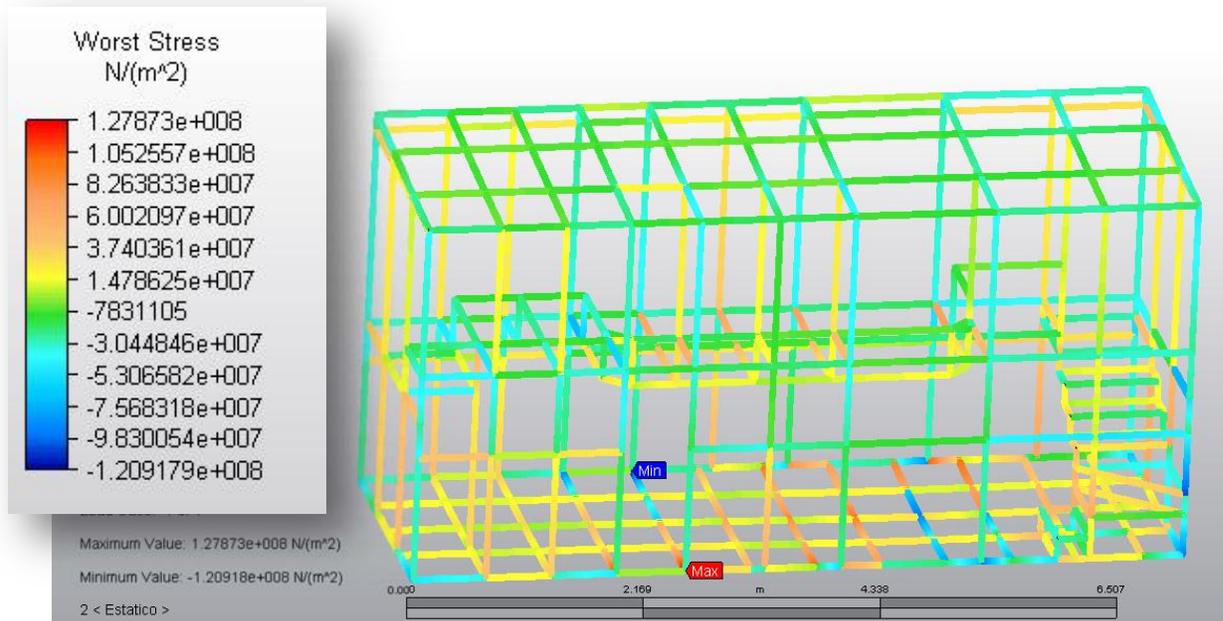


Fig. 4.22 –Resultados Esfuerzo Máximo (Autodesk Simulation Multiphysics 2012)

Material: Acero ASTM A500-B  
Desplazamiento máximo: 9.234 mm

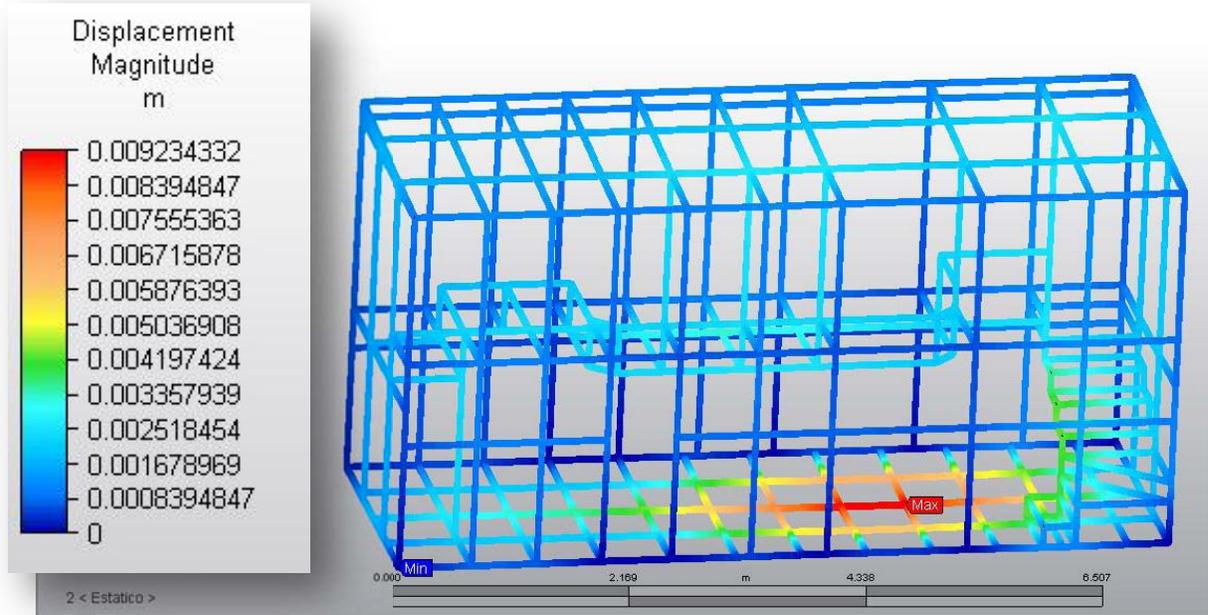


Fig. 4.23 –Resultados Desplazamiento Máximo con Acero (Autodesk Simulation Multiphysics 2012)

Material: Aluminio 6061 T6  
Desplazamiento máximo: 27.54 mm

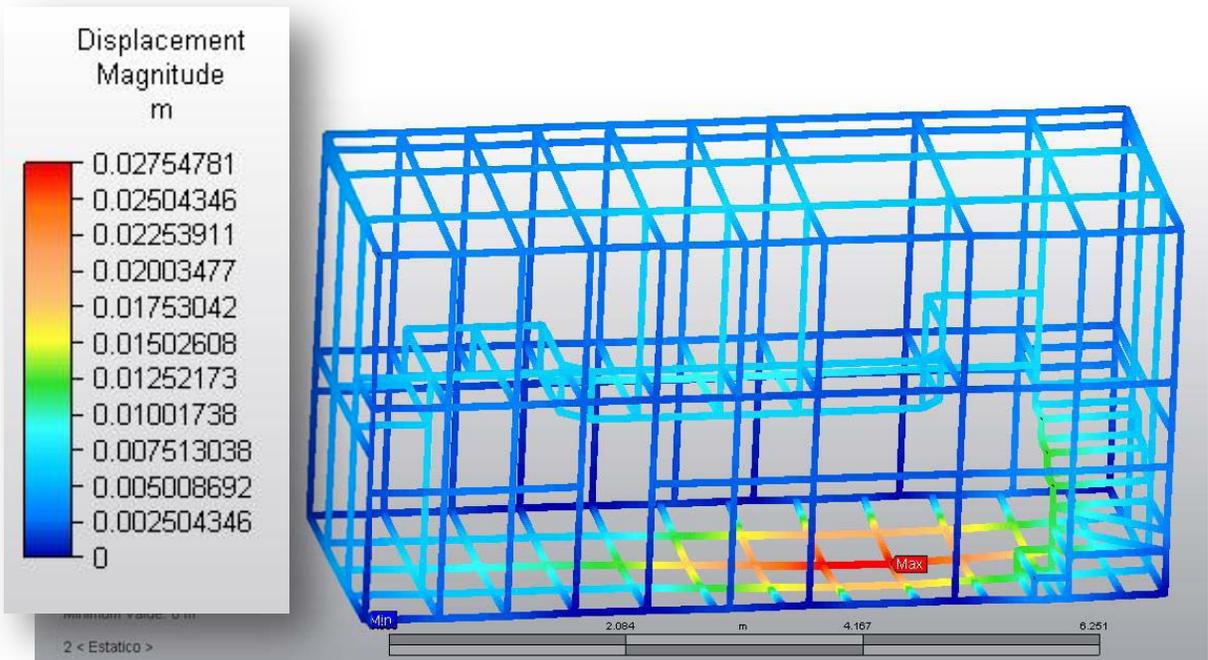


Fig. 4.24 –Resultados Desplazamiento Máximo con Aluminio (Autodesk Simulation Multiphysics 2012)

### 4.5.3 Traslado Horizontal – Caída en Bache

#### Parámetros particulares del caso de carga

Cargas aplicadas: Ver sección correspondiente al traslado horizontal en el Anexo IV y explicación del proceso de transformación de cargas dinámicas a estáticas en el apartado 4.3.1.

Dirección de las cargas aplicadas: Dirección negativa del eje Z (-Z).

#### Resultados particulares del caso de carga

Esfuerzo máximo calculado: 140.064 MPa

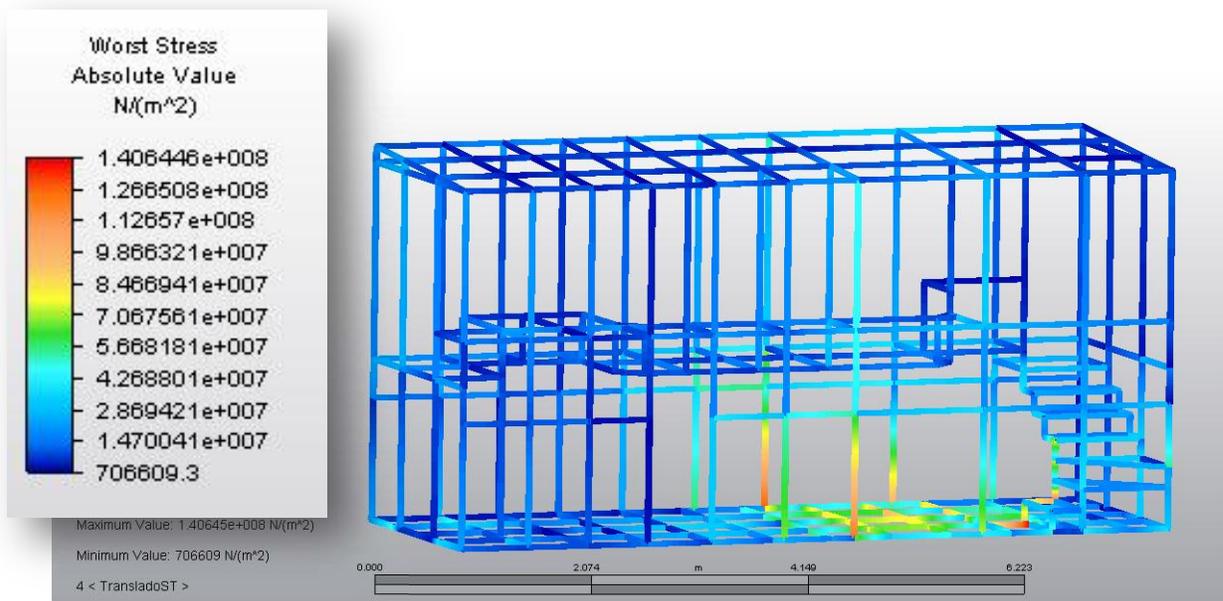


Fig. 4.25 –Resultados Esfuerzo Máximo (Autodesk Simulation Multiphysics 2012)

Material: Acero ASTM A500-B  
Desplazamiento máximo: 29.573 mm

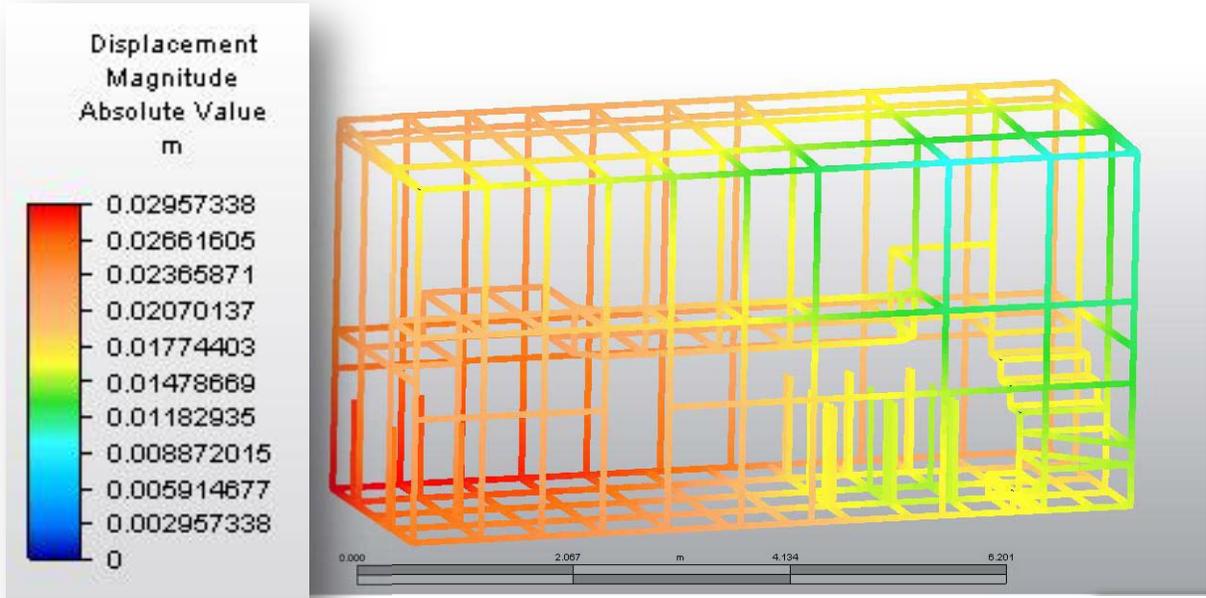


Fig. 4.26 –Resultados Desplazamiento Máximo con Acero (Autodesk Simulation Multiphysics 2012)

Material: Aluminio 6061 T6  
Desplazamiento máximo: 35.33 mm

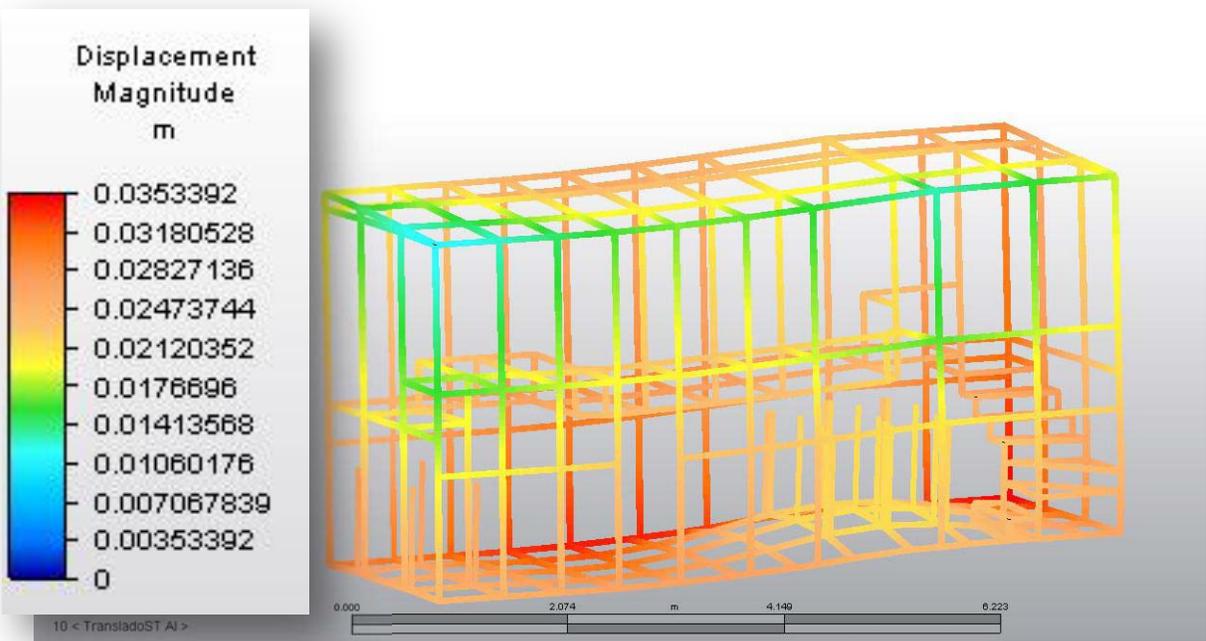


Fig. 4.27 –Resultados Desplazamiento Máximo con Aluminio (Autodesk Simulation Multiphysics 2012)

#### 4.5.4 Traslado inclinado – Caída en Bache + pendiente 10%

##### Parámetros particulares del caso de carga

Cargas aplicadas: Ver sección correspondiente al Traslado inclinado en el Anexo IV y explicación del proceso de transformación de cargas dinámicas a estáticas en el apartado 4.3.1.

Dirección de las cargas aplicadas:

$$\bar{V} = [\text{sen } 5.71^\circ, \text{cos } 5.71^\circ, 0] = [0.995, 0.0995, 0]$$

##### Resultados particulares del caso de carga

Esfuerzo máximo calculado: 193.68 MPa

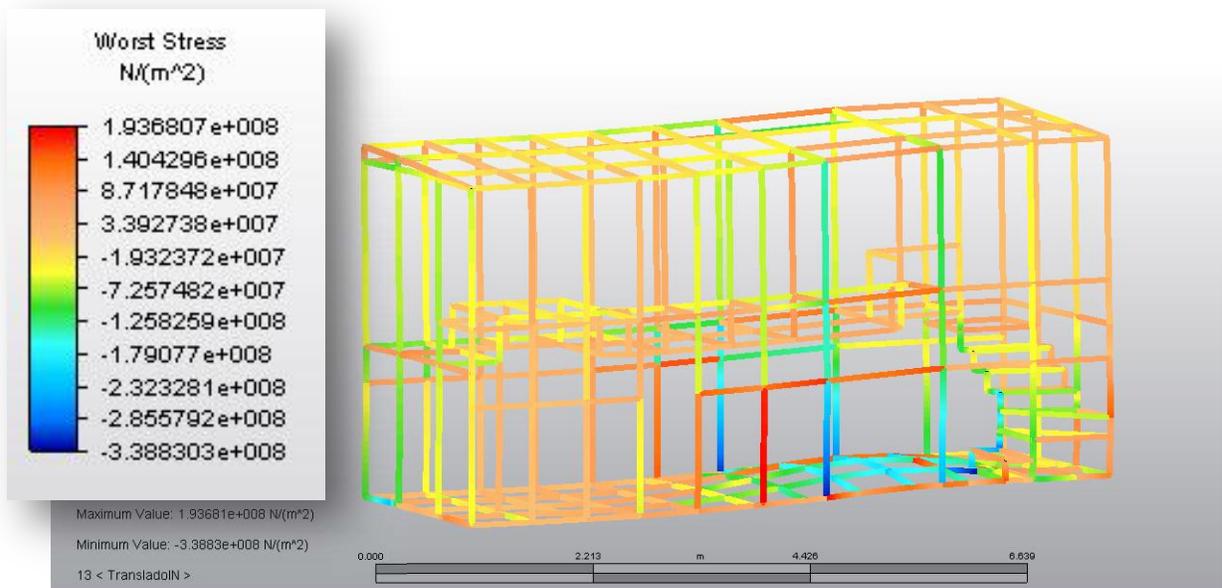


Fig. 4.28 –Resultados Esfuerzo Máximo (Autodesk Simulation Multiphysics 2012)

Material: Acero ASTM A500-B  
Desplazamiento máximo: 66.55 mm

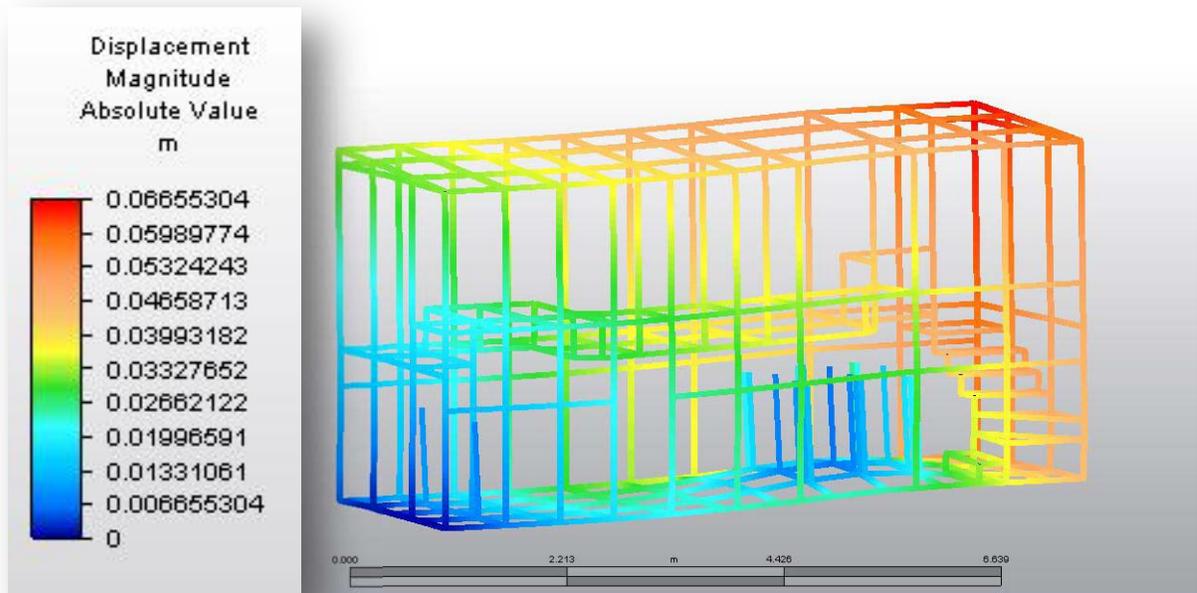


Fig. 4.29 –Resultados Desplazamiento Máximo con Acero (Autodesk Simulation Multiphysics 2012)

Material: Aluminio 6061 T6  
Desplazamiento máximo: 118.34 mm

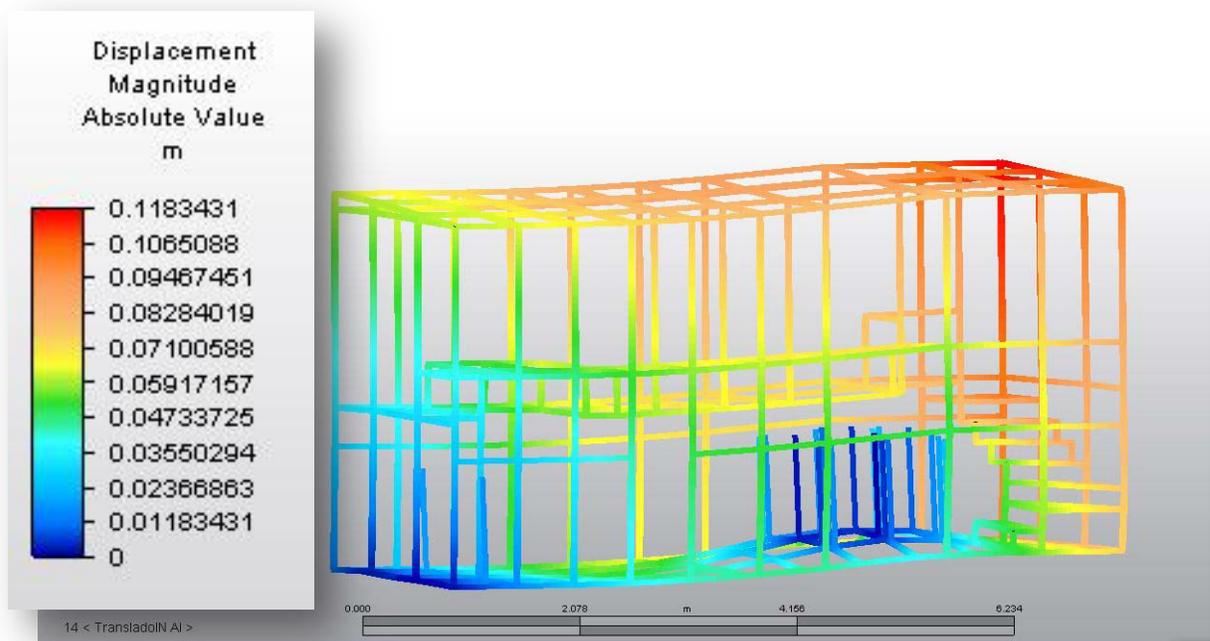


Fig. 4.30 –Resultados Desplazamiento Máximo con Aluminio (Autodesk Simulation Multiphysics 2012)

#### 4.5.5 Pandeo

##### Selección de elementos críticos

Tomando en cuenta los resultados parciales de los cuatro casos de carga anteriores se seleccionaron los elementos críticos susceptibles de presentar pandeo. Estos elementos están sujetos a las mayores cargas axiales de compresión y cuya longitud induciría el indeseable comportamiento.

##### Elemento Crítico

Caso de carga: Ocupación

Carga axial negativa: -5466.68 [N]

Longitud del elemento: 1.175 [m]

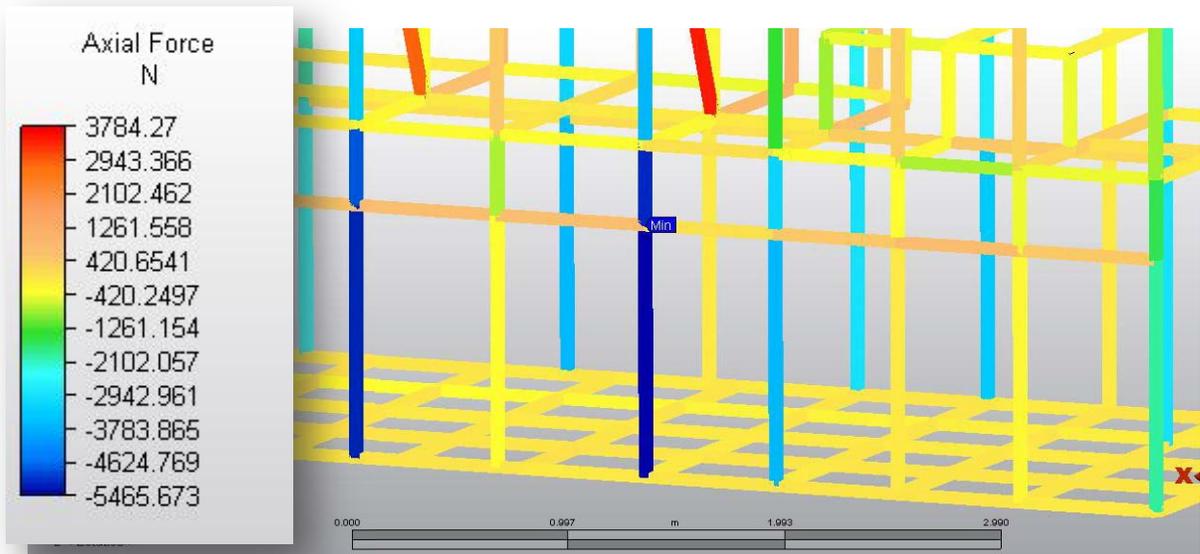


Fig. 4.31 –Resultados Cargas Axiales en la Ocupación (Autodesk Simulation Multiphysics 2012)

##### Análisis con elemento de Acero

Carga crítica de pandeo: -31386.7 [N]

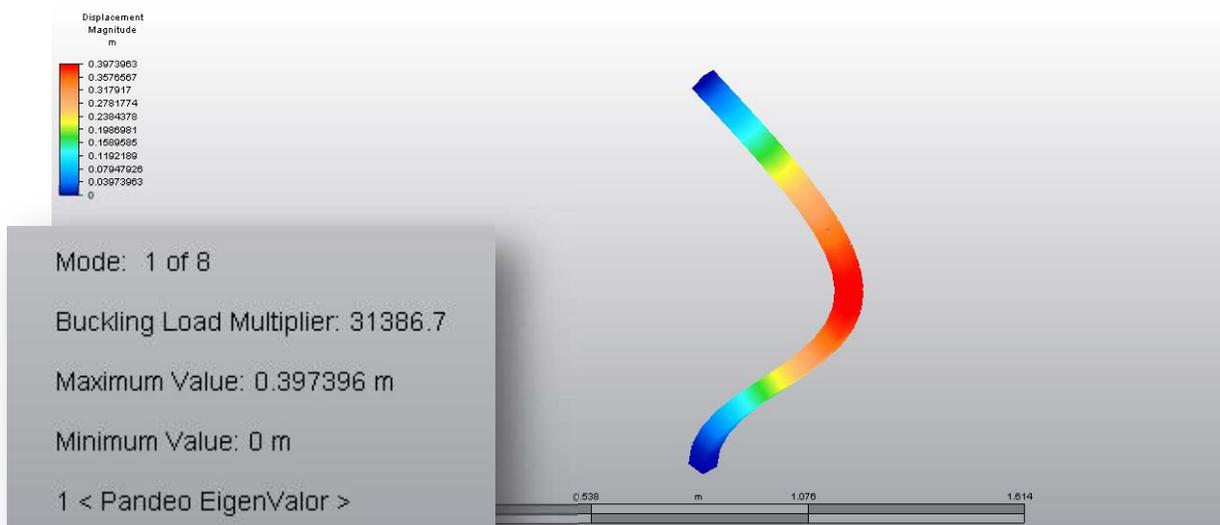


Fig. 4.32 –Resultados de Carga Crítica de Pandeo con Acero (Autodesk Simulation Multiphysics 2012)

## Análisis con elemento de Aluminio

Carga crítica de pandeo: -27505.3 [N]

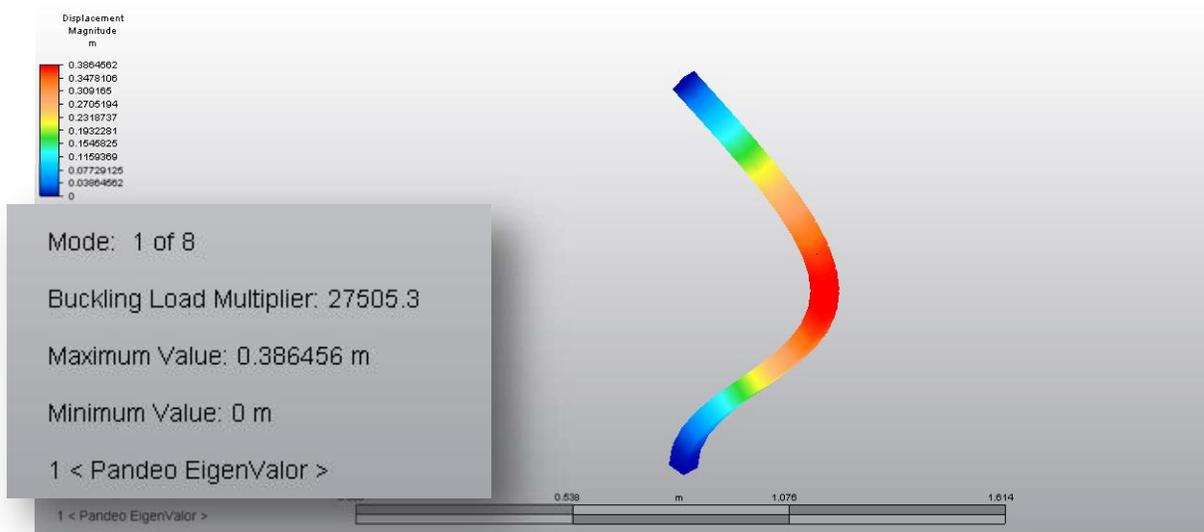


Fig. 4.33 –Resultados de Carga Crítica de Pandeo con Aluminio (Autodesk Simulation Multiphysics 2012)

## 4.6. Interpretación del análisis

### Inspección cualitativa del resultado

Una vez obtenidos los resultados, se realizaron inspecciones cualitativas del comportamiento de los resultados a través de la estructura, con ellos se pueden identificar errores atribuibles al método de elementos finitos, el modelado de los elementos, definición incorrecta de condiciones de frontera, entre otras fallas posibles.

### Criterios de Falla

Luego de verificar la calidad de la solución se procedió a analizar los resultados obtenidos en el análisis. Para ello se debieron establecer criterios de falla tanto en los esfuerzos como en las deformaciones contra los cuales se puedan comparar los resultados y determinar si la estructura cumple los requerimientos o no.

**Esfuerzos:** el criterio de falla elegido para los esfuerzos fue el esfuerzo de cedencia del material utilizado. Debido a que las cargas ya se encuentran afectadas por un factor de seguridad (Ver casos de carga en las tablas del Anexo IV) se toma el esfuerzo de cedencia como valor máximo para compararse con el esfuerzo peor esfuerzo combinado (*Worst Stress*). Este *Worst Stress* resulta de la suma de los esfuerzos máximos en los diferentes puntos del elemento, por lo que es imposible que se presente físicamente, ya que estos esfuerzos no se pueden dar en el mismo punto al mismo tiempo (Ver figura 4.34). Lo anterior agrega un factor de seguridad que en conjunto con el factor de carga otorgado a al momento de aplicarlas (Ver anexo IV) da un margen más que aceptable para asegurar el funcionamiento de la estructura sin deformaciones permanentes.

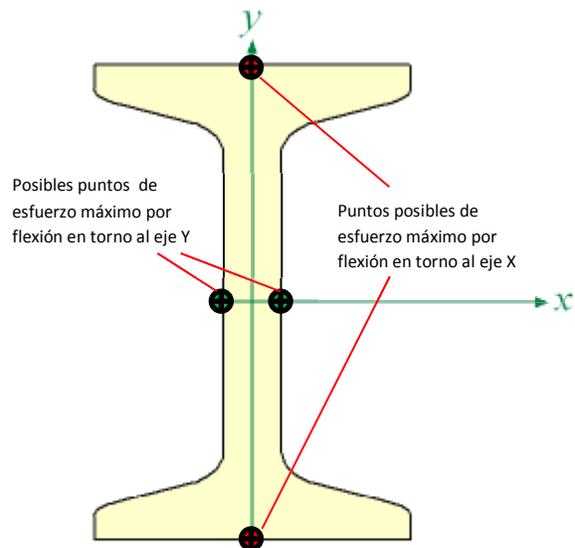


Fig. 4.34 –Puntos de esfuerzo máximo presentes en una viga

En síntesis el criterio de falla para los esfuerzos es:

$\sigma_{\Sigma} < \sigma_y \rightarrow$  El elemento no sufrirá deformación permanente por lo que CUMPLE.

$\sigma_{\Sigma} \geq \sigma_y \rightarrow$  El elemento sufrirá deformación permanente por lo que NO CUMPLE y debe de ser modificado. (Ver sección 4.7)

**Desplazamientos:** el límite de desplazamiento permitido para los elementos de la estructura resulta más complejo de determinar de forma analítica, sin embargo se elige un límite empírico basado en dos aspectos. El primero es que al interactuar la estructura con los demás elementos dentro del Habita-mueble los desplazamientos de la estructura deben de ser menores a los tolerados por pisos, recubrimientos, ventanas y demás elementos sujetos a ella. El segundo es que las deformaciones en los elementos estructurales no resulten incómodas a los ocupantes, es decir, causen pisos irregulares, escalones inclinados, etc. Para asegurarse de cumplir con ambos aspectos se estudiaron las tolerancias permitidas en una vivienda tradicional en aspectos como la planitud el piso. Se eligieron los pisos como factor determinante ya que representan las superficies con mayores desplazamientos, así como los recubrimientos y acabados con tolerancias más cerradas dentro del Habita-Mueble. Finalmente, se establecieron dos gradientes de desplazamiento permitido, en lugar de un valor límite de desplazamiento permitido basado en las variaciones permitidas en un piso dentro de una construcción tradicional. Dicho gradiente, que también se puede entender como una deformación normal, corresponde a la variación de desplazamiento de un nodo a otro dividido entre la distancia entre los mismos.

$$\text{gradiente de desplazamiento nodal (gdn.)} = \left| \frac{\text{Desplazamiento Nodo A} - \text{Desplazamiento Nodo B}}{\text{Distancia Nodo A a Nodo B}} \right| \quad (4.19)$$

Se separan los casos de carga en dos grupos:

1. Casos estáticos: cargas sostenidas y ocupación del Habita-Mueble, por lo que los valores de desplazamiento tolerados son menores. Este grupo incluye la Ocupación e Instalación.
2. Casos dinámicos: cargas y desplazamientos instantáneos. Valores tolerados mayores. Incluye los casos de Traslado y Traslado Inclinado.

El caso de carga que involucra la ocupación del Habita-Mueble tiene un importante aspecto a considerar, la comodidad de los ocupantes. Los niveles de desplazamiento tolerados son menores debido a esto.

De igual forma, el caso de instalación analiza una situación de cargas estáticas sostenidas que podrían inducir desplazamientos constantes de los materiales y acabados acoplados a la estructura externa por lo que se pueden dañar.

Por todo lo anterior el parámetro será:

Si  $gdn < 0.002$  → El desplazamiento resulta cómodo o imperceptible por los ocupantes y que no resulta en un daño o deformación de acabados o materiales, por lo que CUMPLE.

Si  $gdn \geq 0.002$  → El desplazamiento resulta incómodo o inhabitable y que no resulta en un daño o deformación de acabados o materiales, por lo que NO CUMPLE. (Ver sección 4.7)

El valor de 0.002 obedece a los niveles de desplazamiento tolerados en una construcción habitacional según la fuente consultada, en este caso, un Manual de Tolerancias en Edificación Habitacional (Cámara Chilena de la Construcción, 2009).

Para los casos de carga que no involucran ocupación del Habita-Mueble (Traslado y Traslado Inclinado) o cargas estáticas sostenidas, el único aspecto a considerar es la tolerancia de la estructura, acabados y mobiliario a dicha deformación momentánea. Por lo que el parámetro será considerablemente mayor al anterior, en este caso diez veces mayor (Cámara Chilena de la Construcción, 2009) (Smith, 1998):

Si  $gdn < 0.02$  → El desplazamiento es tolerado por la estructura, mobiliario y recubrimientos por lo que CUMPLE.

Si  $gdn \geq 0.02$  → El desplazamiento no es tolerado por la estructura, mobiliario y recubrimientos por lo que NO CUMPLE. (Ver sección 4.7)

**Cargas:** el criterio de falla para el análisis de pandeo es el valor de la carga crítica de pandeo ( $ccp$ ), cualquier valor mayor de carga axial induciría el indeseable comportamiento en el elemento, comprometiendo el desempeño de la estructura. Mientras las cargas presentes en los elementos críticos sean menores que este valor se considera que la estructura cumple con este criterio.

Si  $carga\ axial < ccp$  → La carga axial presente en el elemento es menor a la necesaria para inducir el pandeo del mismo, por lo tanto el elemento CUMPLE.

Si  $carga\ axial \geq ccp$  → La carga axial presente en el elemento es mayor a la necesaria para inducir el pandeo del mismo, por lo tanto el elemento NO CUMPLE.

## 4.6.1 Instalación

### Comparación de resultados contra criterios de falla

Esfuerzo máximo calculado ( $\sigma_z$ ) = 119.216 [MPa]

- Esfuerzo de cedencia del Acero ASTM 500-B ( $\sigma_y$ )= 317.16 [MPa]
  - $\sigma_z = 37.59\%$  de  $\sigma_y \rightarrow$  **CUMPLE**
- Esfuerzo de cedencia del Aluminio 6061 T6 ( $\sigma_y$ )= 276.00 [MPa]
  - $\sigma_z = 43.19\%$  de  $\sigma_y \rightarrow$  **CUMPLE**

Desplazamientos máximos calculados

- Acero ASTM 500-B = 0.00949 [m]
  - Gráficas de desplazamientos a lo largo de las líneas de elementos donde se presentan los desplazamientos de mayor magnitud (ver fig. 4.35 y fig. 4.36)

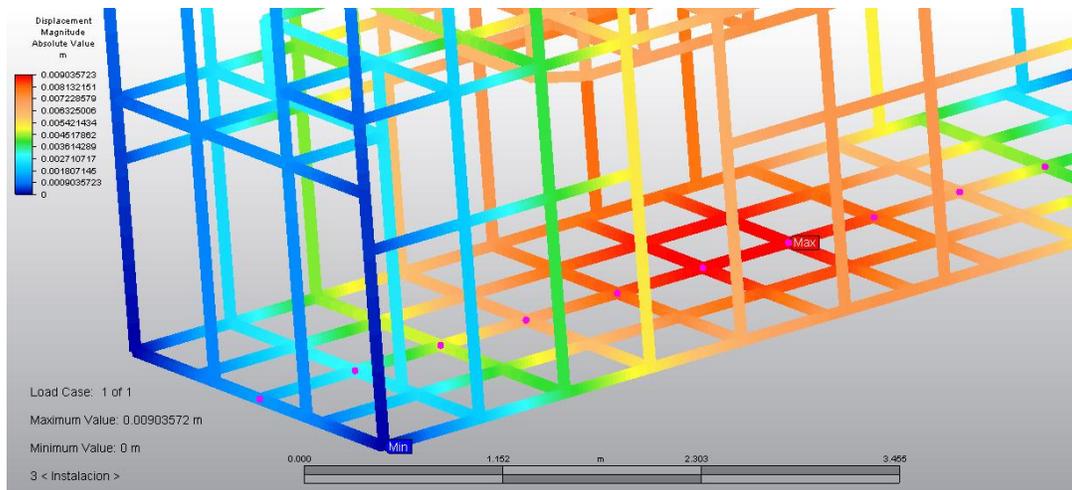
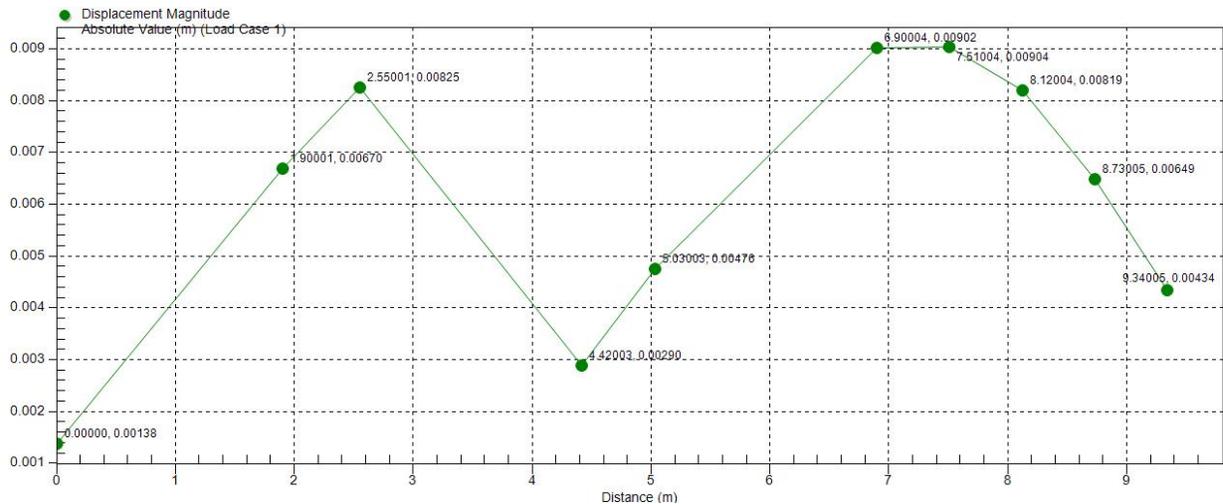


Fig. 4.35 –Línea de elementos con el mayor desplazamiento - Eje Y (Autodesk Simulation Multiphysics 2012)



Gráfica 4.1 –Desplazamiento de los nodos sobre la línea de máximo desplazamiento - Eje X (Autodesk Simulation Multiphysics 2012)

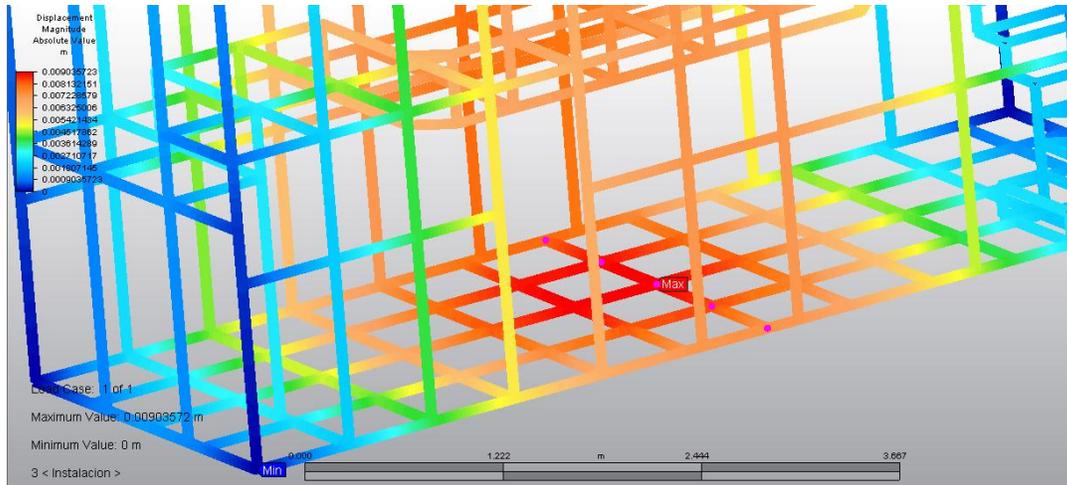
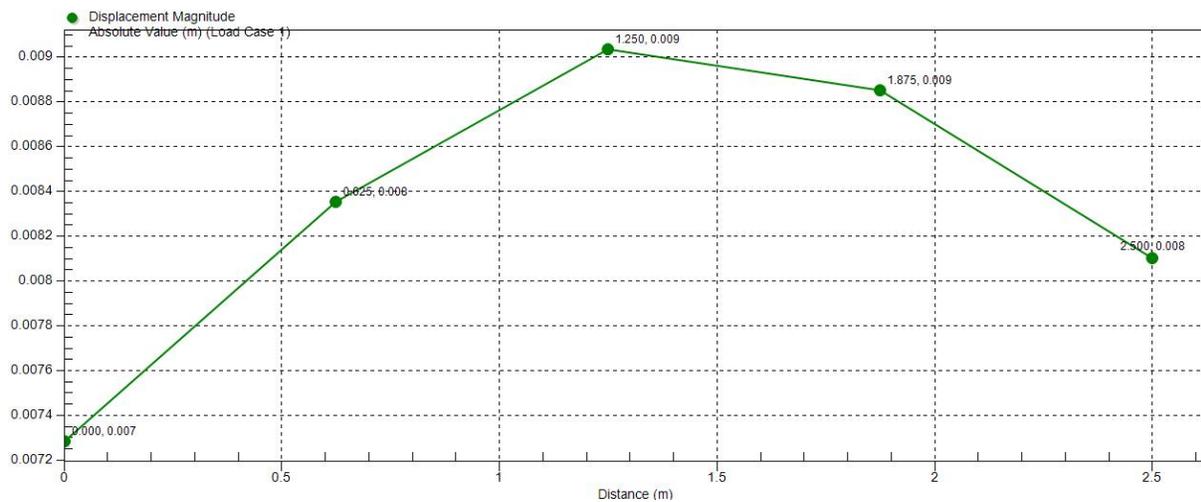


Fig. 4.37 –Línea de elementos con el mayor desplazamiento - Eje Y (Autodesk Simulation Multiphysics 2012)



Gráfica 4.2 –Desplazamiento de los nodos sobre la línea de máximo desplazamiento - Eje Y (Autodesk Simulation Multiphysics 2012)

- Calculando los gradientes máximos en cada eje para comparar con el criterio del gdn.  
 $gdn_x = 0.0030 \rightarrow$  **NO CUMPLE**  
 $gdn_y = 0.0016 \rightarrow$  **CUMPLE**

- Aluminio 6061 T6 = 0.02073 [m]
- Gráficas de desplazamientos a lo largo de las líneas de elementos donde se presentan los desplazamientos de mayor magnitud (ver fig. 4.39 y fig. 4.40)

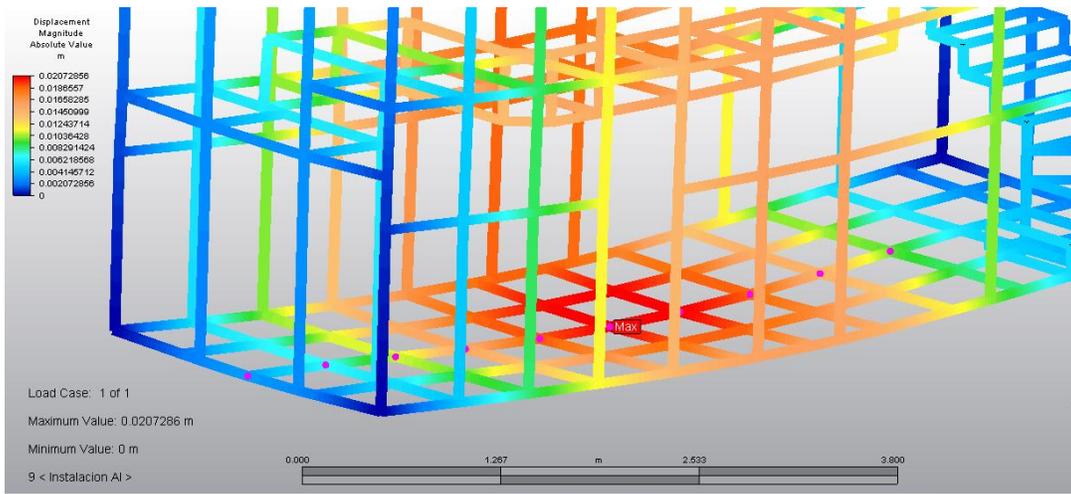
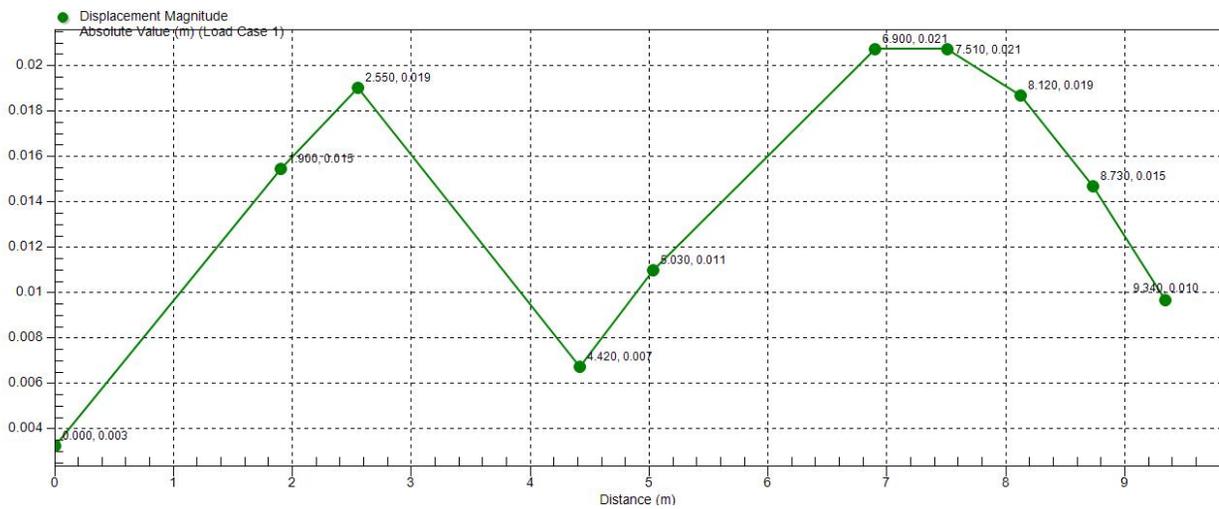


Fig. 4.39 –Línea de elementos con el mayor desplazamiento - Eje X (Autodesk Simulation Multiphysics 2012)



Gráfica 4.3 –Desplazamiento de los nodos sobre la línea de máximo desplazamiento - Eje X (Autodesk Simulation Multiphysics 2012)

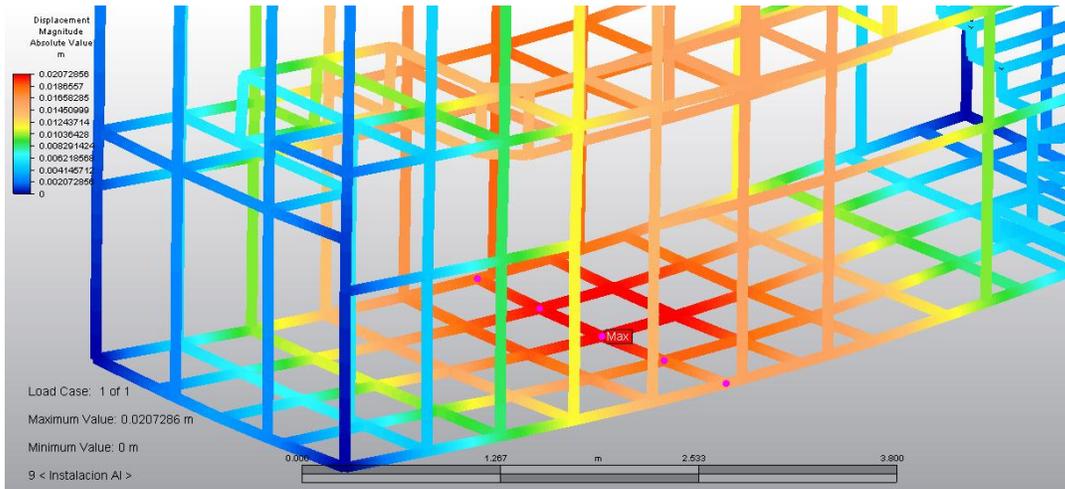
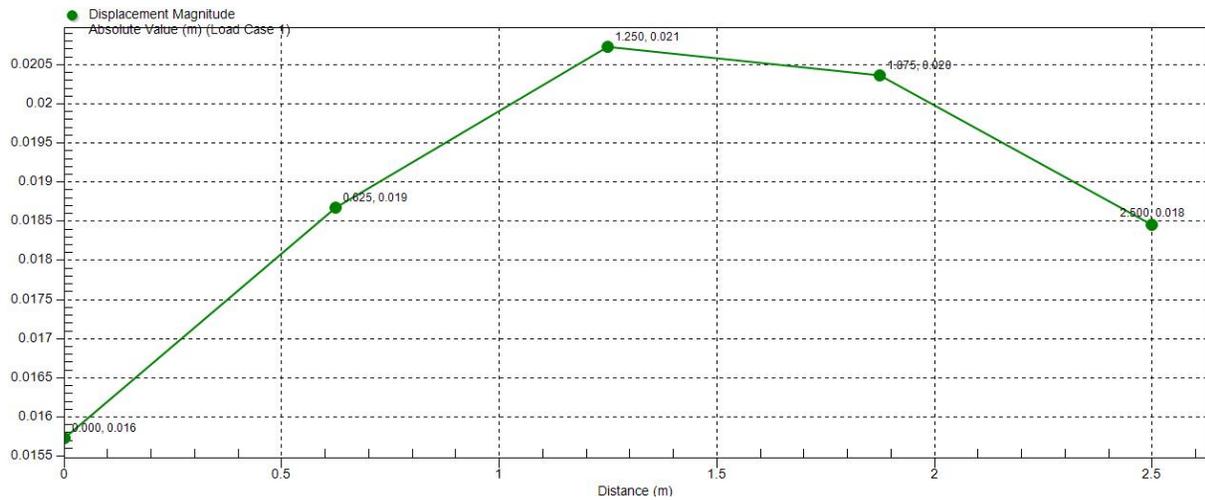


Fig. 4.40 –Línea de elementos con el mayor desplazamiento - Eje Y (Autodesk Simulation Multiphysics 2012)



Gráfica 4.4 –Desplazamiento de los nodos sobre la línea de máximo desplazamiento - Eje Y (Autodesk Simulation Multiphysics 2012)

- Calculando los gradientes máximos en cada eje para comparar con el criterio del gdn.  
 $gdn_x = 0.0065 \rightarrow$  **NO CUMPLE**  
 $gdn_y = 0.0048 \rightarrow$  **NO CUMPLE**

## 4.6.2 Ocupación

### Comparación de resultados contra criterios de falla

Esfuerzo máximo calculado ( $\sigma_z$ ) = 127.873 [MPa]

- Esfuerzo de cedencia del Acero ASTM 500-B ( $\sigma_y$ )= 317.16 [MPa]
  - $\sigma_z = 40.32\%$  de  $\sigma_y \rightarrow$  **CUMPLE**
  
- Esfuerzo de cedencia del Aluminio 6061 T6 ( $\sigma_y$ )= 276.00 [MPa]
  - $\sigma_z = 46.33\%$  de  $\sigma_y \rightarrow$  **CUMPLE**

Desplazamientos máximos calculados

- Acero ASTM 500-B = 0.00923 [m]
  - Gráficas de desplazamientos a lo largo de las líneas de elementos donde se presentan los desplazamientos de mayor magnitud (ver fig. 4.41 y fig. 4.42)

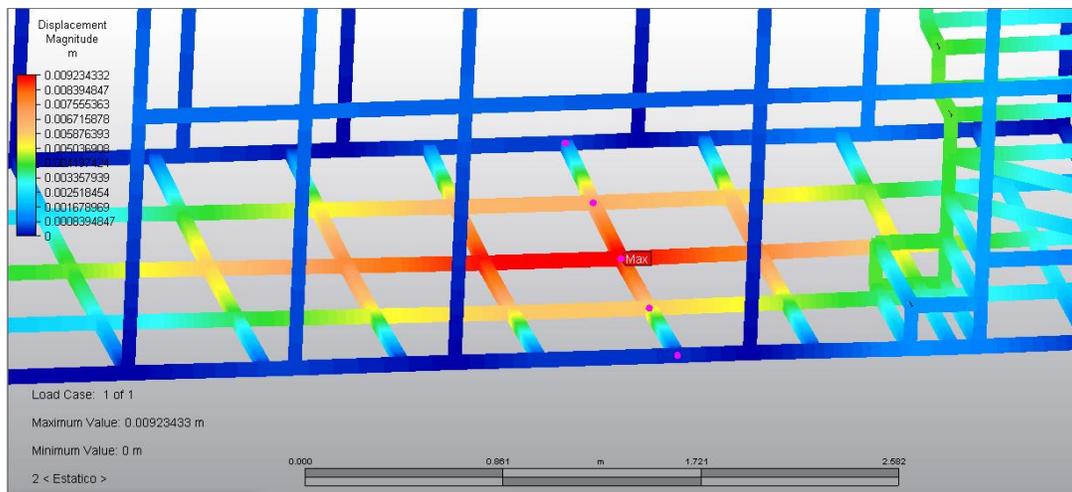
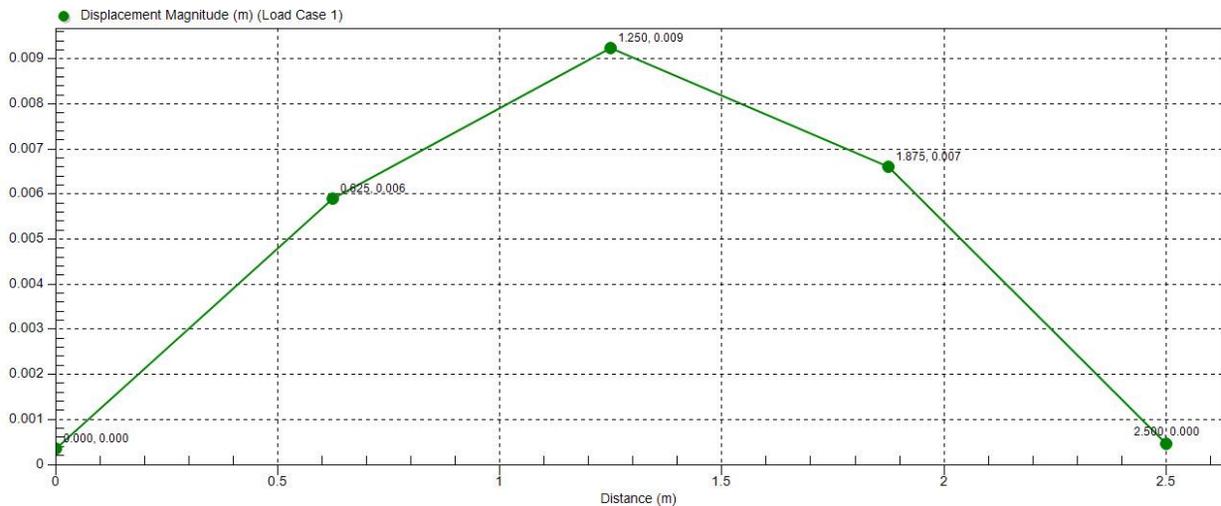


Fig. 4.41 –Línea de elementos con el mayor desplazamiento - Eje Y (Autodesk Simulation Multiphysics 2012)



Gráfica 4.5 –Desplazamiento de los nodos sobre la línea de máximo desplazamiento - Eje Y (Autodesk Simulation Multiphysics 2012)

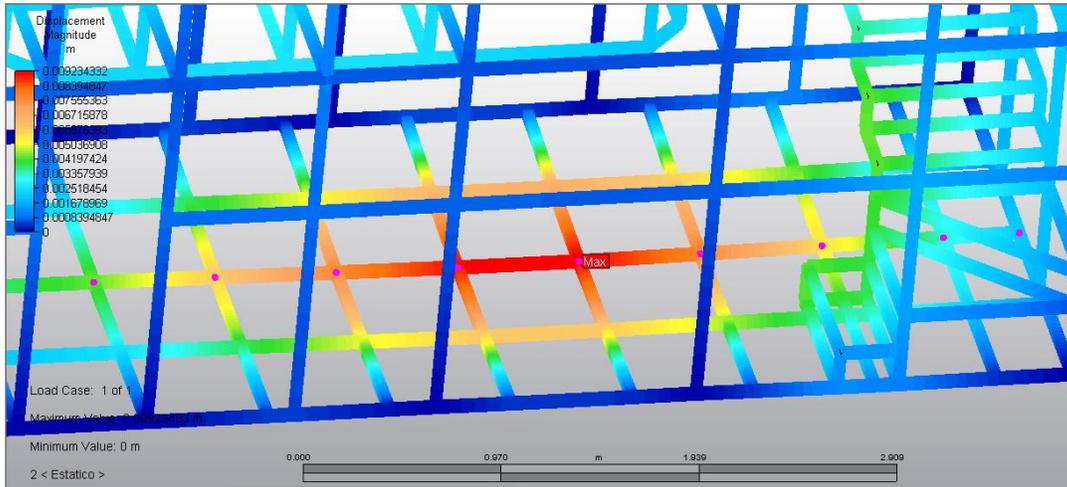
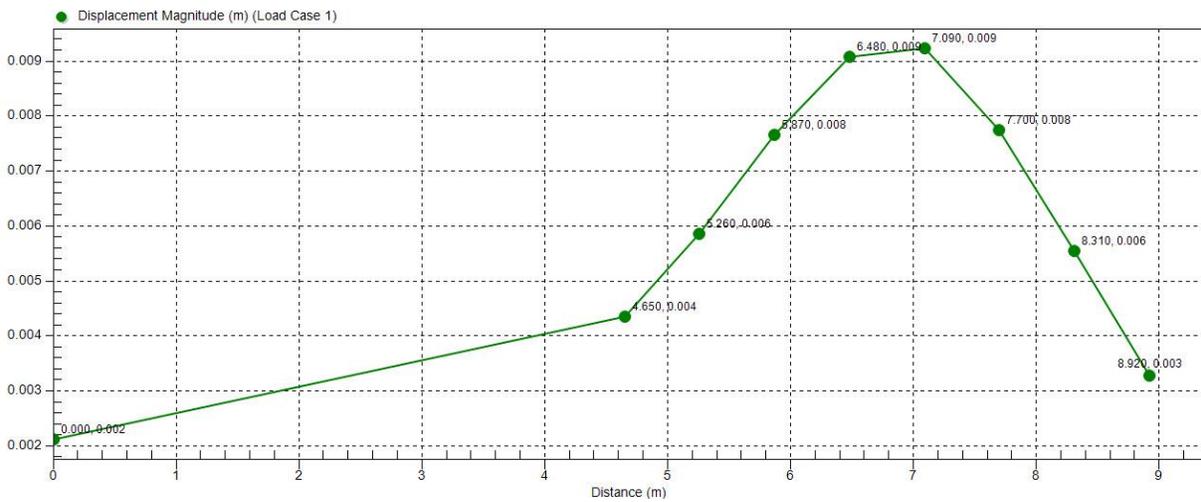


Fig. 4.42 –Línea de elementos con el mayor desplazamiento - Eje X (Autodesk Simulation Multiphysics 2012)



Gráfica. 4.6 –Desplazamiento de los nodos sobre la línea de máximo desplazamiento - Eje X (Autodesk Simulation Multiphysics 2012)

- Calculando los gradientes máximos en cada eje para comparar con el criterio del gdn.

$gdn_y = 0.0096 \rightarrow$  **NO CUMPLE**

$gdn_x = 0.0033 \rightarrow$  **NO CUMPLE**

- Aluminio 6061 T6 = 0.00479 [m]
- Gráficas de desplazamientos a lo largo de las líneas de elementos donde se presentan los desplazamientos de mayor magnitud (ver fig. 4.43 y fig. 4.44)

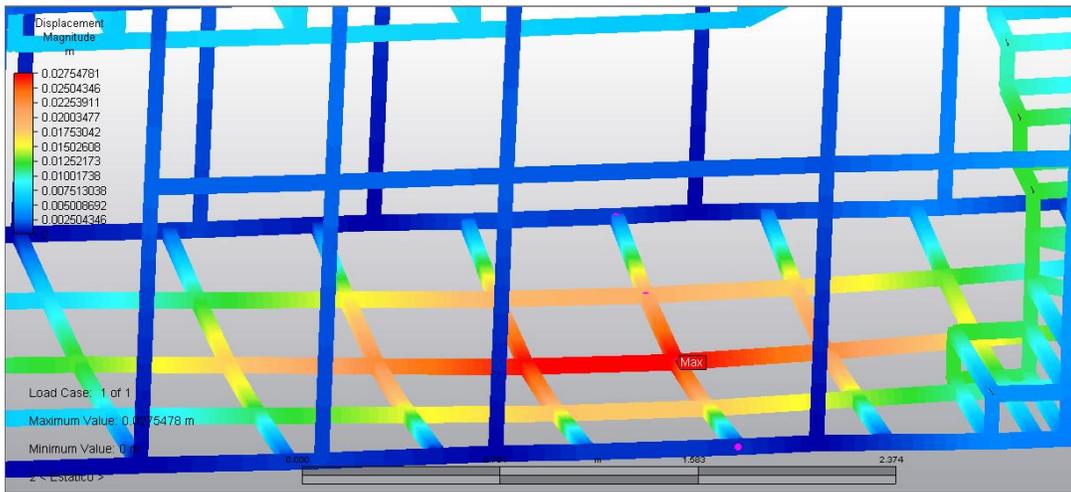
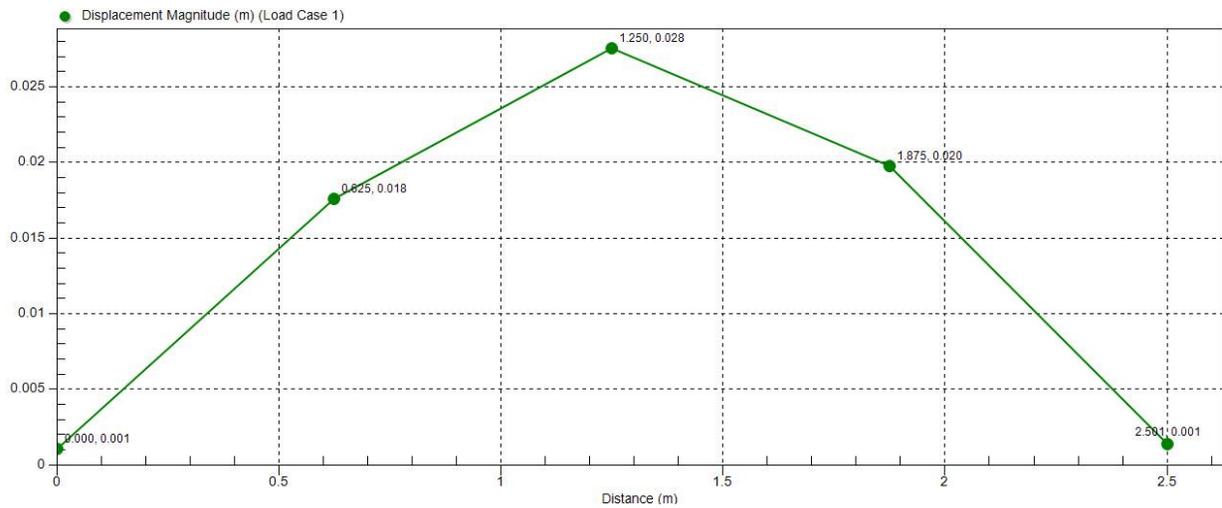


Fig. 4.43 –Línea de elementos con el mayor desplazamiento - Eje Y (Autodesk Simulation Multiphysics 2012)



Gráfica. 4.7 –Desplazamiento de los nodos sobre la línea de máximo desplazamiento - Eje Y (Autodesk Simulation Multiphysics 2012)

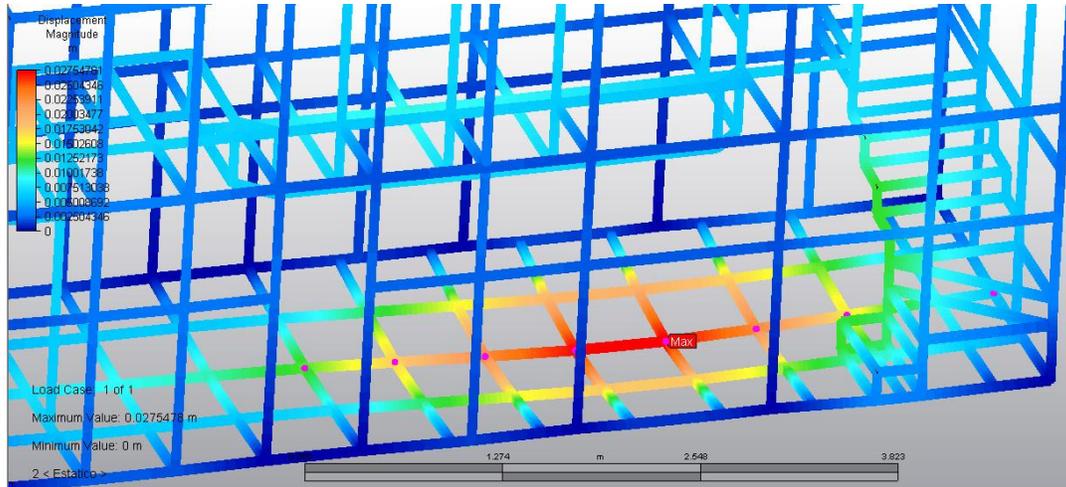
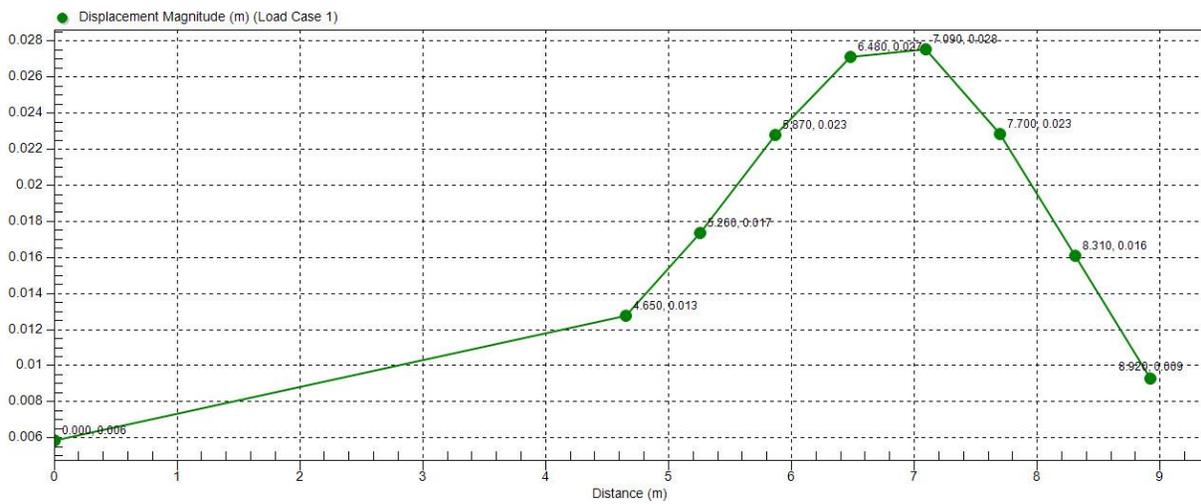


Fig. 4.44 –Línea de elementos con el mayor desplazamiento - Eje X (Autodesk Simulation Multiphysics 2012)



Gráfica. 4.8 –Desplazamiento de los nodos sobre la línea de máximo desplazamiento - Eje X (Autodesk Simulation Multiphysics 2012)

- Calculando los gradientes máximos en cada eje para comparar con el criterio del gdn.

$gdn_y = 0.0288 \rightarrow$  **NO CUMPLE**

$gdn_x = 0.0099 \rightarrow$  **NO CUMPLE**

### 4.6.3 Traslado Horizontal – Caída en Bache

#### Comparación de resultados contra criterios de falla

Esfuerzo máximo calculado ( $\sigma_z$ ) = 172.29 [MPa]

- Esfuerzo de cedencia del Acero ASTM 500-B ( $\sigma_y$ )= 317.16 [MPa]
  - $\sigma_z$  = 54.32 % de  $\sigma_y$  → **CUMPLE**
- Esfuerzo de cedencia del Aluminio 6061 T6 ( $\sigma_y$ )= 276.00 [MPa]
  - $\sigma_z$  = 62.42 % de  $\sigma_y$  → **CUMPLE**

Desplazamientos máximos calculados

- Acero ASTM 500-B = 0.0842 [m]
  - Gráficas de desplazamientos a lo largo de las líneas de elementos donde se presentan los desplazamientos de mayor magnitud (ver fig. 4.45 y fig. 4.46)

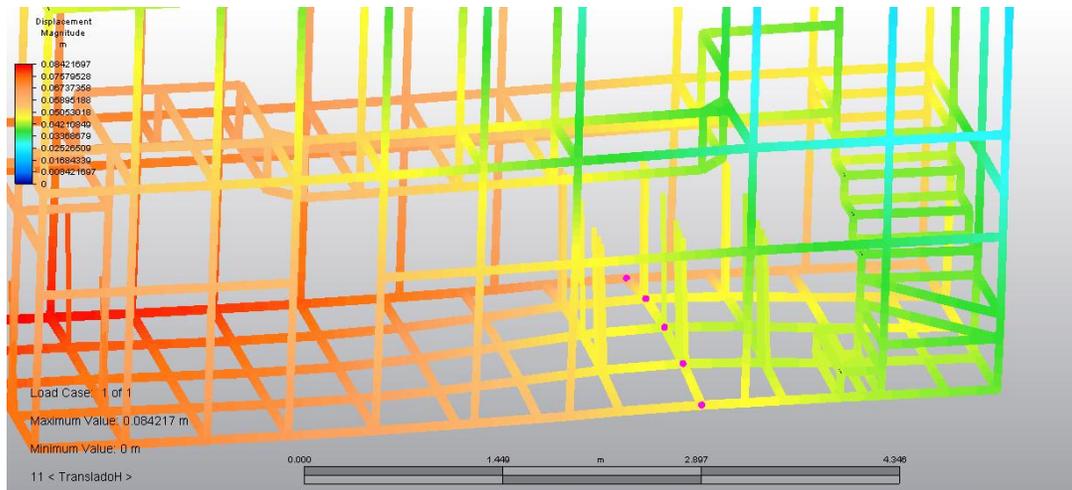
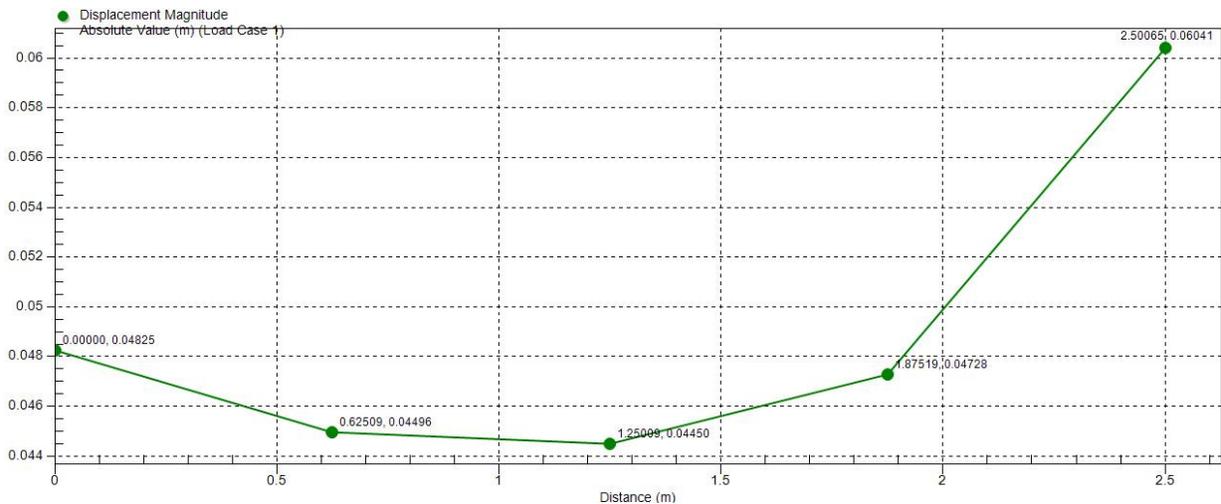


Fig. 4.45 –Línea de elementos con el mayor desplazamiento - Eje Y (Autodesk Simulation Multiphysics 2012)



Gráfica 4.9 –Desplazamiento de los nodos sobre la línea de máximo desplazamiento - Eje Y (Autodesk Simulation Multiphysics 2012)

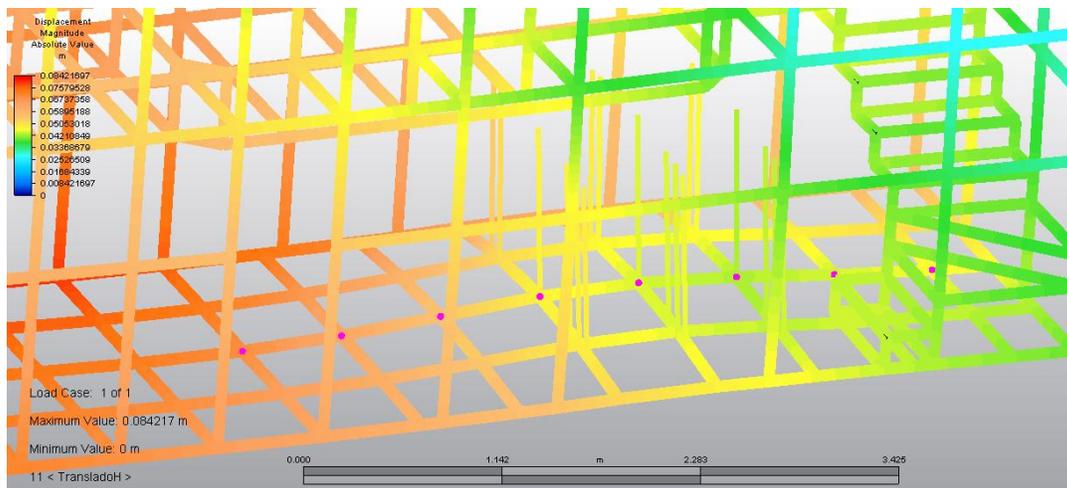
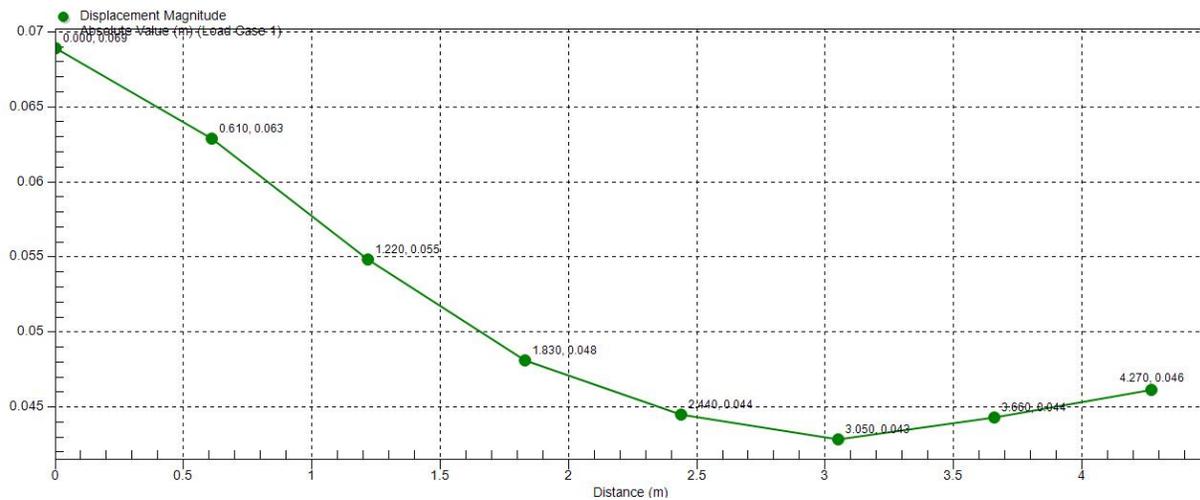


Fig. 4.46 –Línea de elementos con el mayor desplazamiento - Eje X (Autodesk Simulation Multiphysics 2012)



Gráfica. 4.10 –Desplazamiento de los nodos sobre la línea de máximo desplazamiento - Eje X (Autodesk Simulation Multiphysics 2012)

- Calculando los gradientes máximos en cada eje para comparar con el criterio del gdn.

$gdn_y = 0.0210 \rightarrow$  **NO CUMPLE**

$gdn_x = 0.0131 \rightarrow$  **CUMPLE**

- Aluminio 6061 T6 = 0.1046 [m]
- Gráficas de desplazamientos a lo largo de las líneas de elementos donde se presentan los desplazamientos de mayor magnitud (ver fig. 4.47 y fig. 4.48)

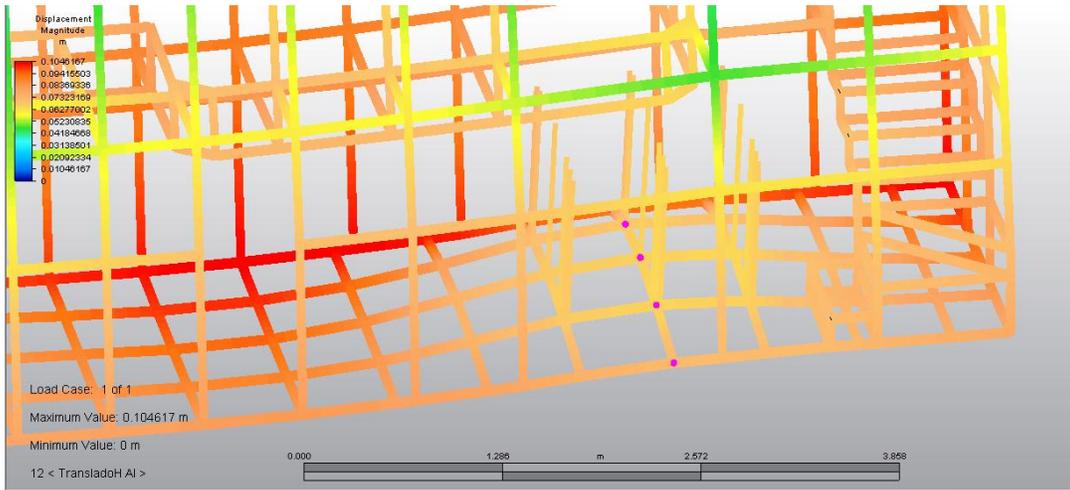
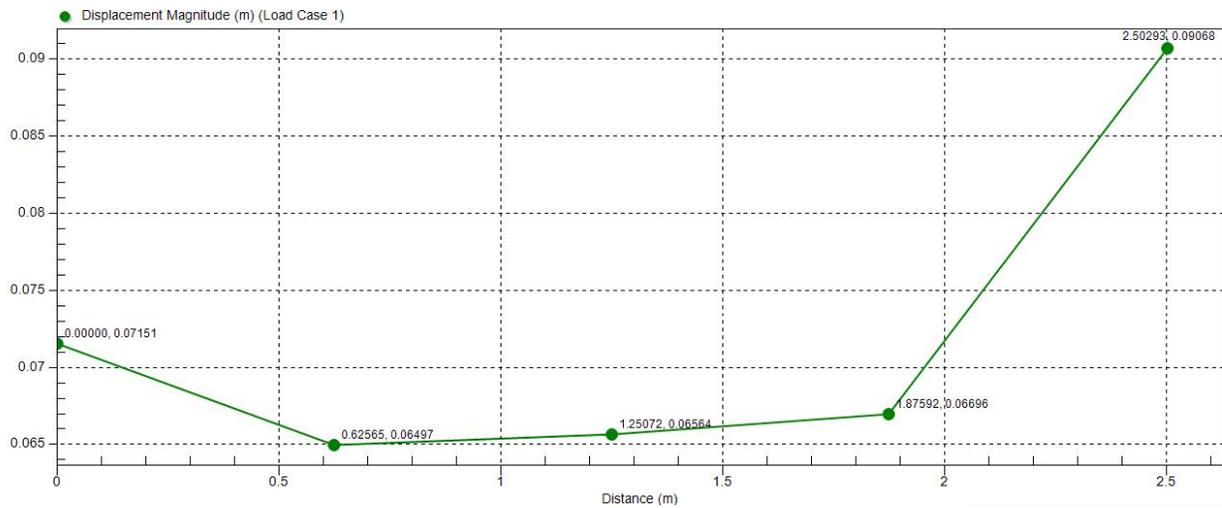


Fig. 4.47 –Línea de elementos con el mayor desplazamiento - Eje Y (Autodesk Simulation Multiphysics 2012)



Gráfica. 4.11 –Desplazamiento de los nodos sobre la línea de máximo desplazamiento - Eje Y (Autodesk Simulation Multiphysics 2012)

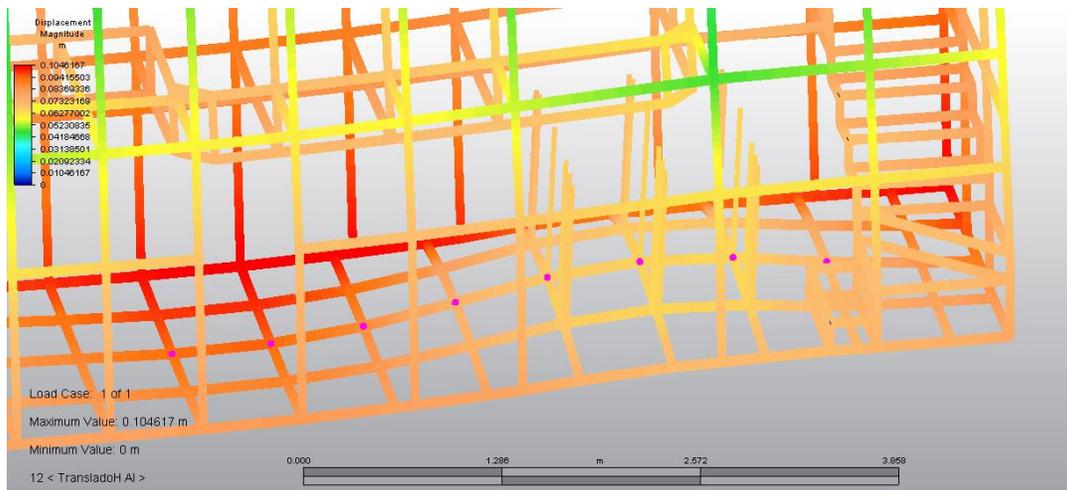
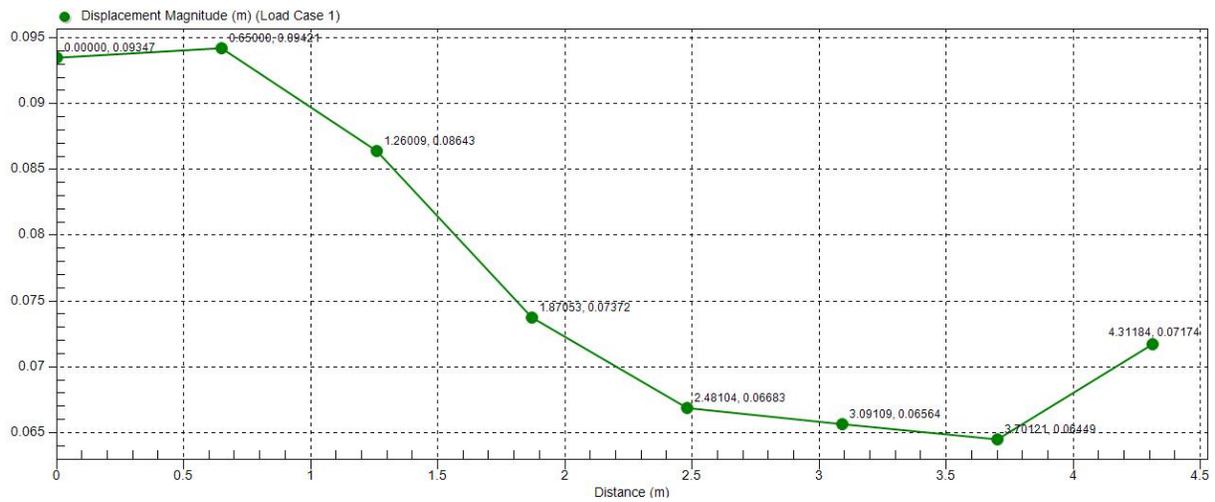


Fig. 4.48 –Línea de elementos con el mayor desplazamiento - Eje X (Autodesk Simulation Multiphysics 2012)



Gráfica. 4.12 –Desplazamiento de los nodos sobre la línea de máximo desplazamiento - Eje X (Autodesk Simulation Multiphysics 2012)

- Calculando los gradientes máximos en cada eje para comparar con el criterio del gdn.  
 $gdn_y = 0.0378 \rightarrow$  **NO CUMPLE**  
 $gdn_x = 0.0170 \rightarrow$  **CUMPLE**

#### 4.6.4 Traslado Inclinado – Caída en Bache + pendiente 10%

##### Comparación de resultados contra criterios de falla

Esfuerzo máximo calculado ( $\sigma_z$ ) = 193.68 [MPa]

- Esfuerzo de cedencia del Acero ASTM 500-B ( $\sigma_y$ )= 317.16 [MPa]
  - $\sigma_z = 61.07\%$  de  $\sigma_y \rightarrow$  **CUMPLE**
- Esfuerzo de cedencia del Aluminio 6061 T6 ( $\sigma_y$ )= 276.00 [MPa]
  - $\sigma_z = 70.17\%$  de  $\sigma_y \rightarrow$  **CUMPLE**

Desplazamientos máximos calculados

- Acero ASTM 500-B = 0.0665 [m]
  - Gráficas de desplazamientos a lo largo de las líneas de elementos donde se presentan los desplazamientos de mayor magnitud (ver fig. 4.49 y fig. 4.50)

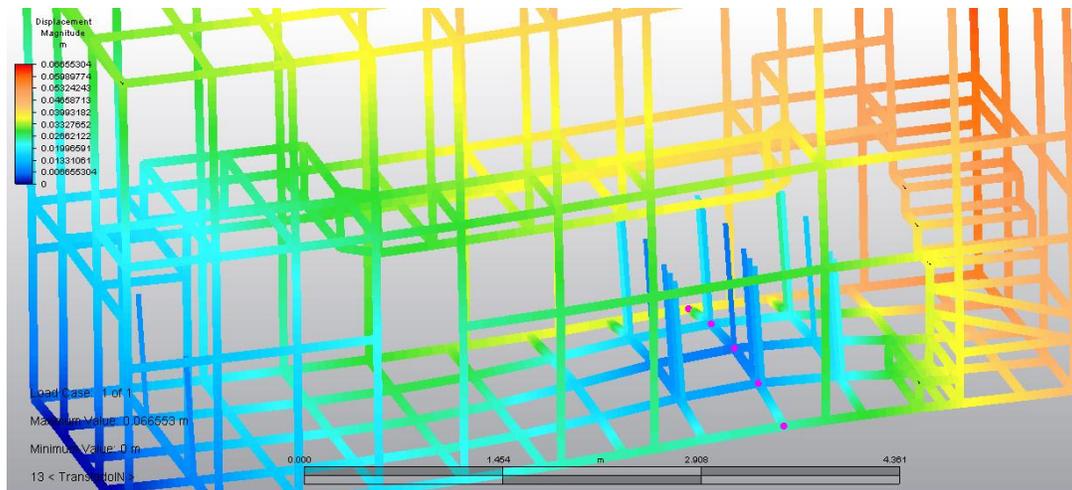
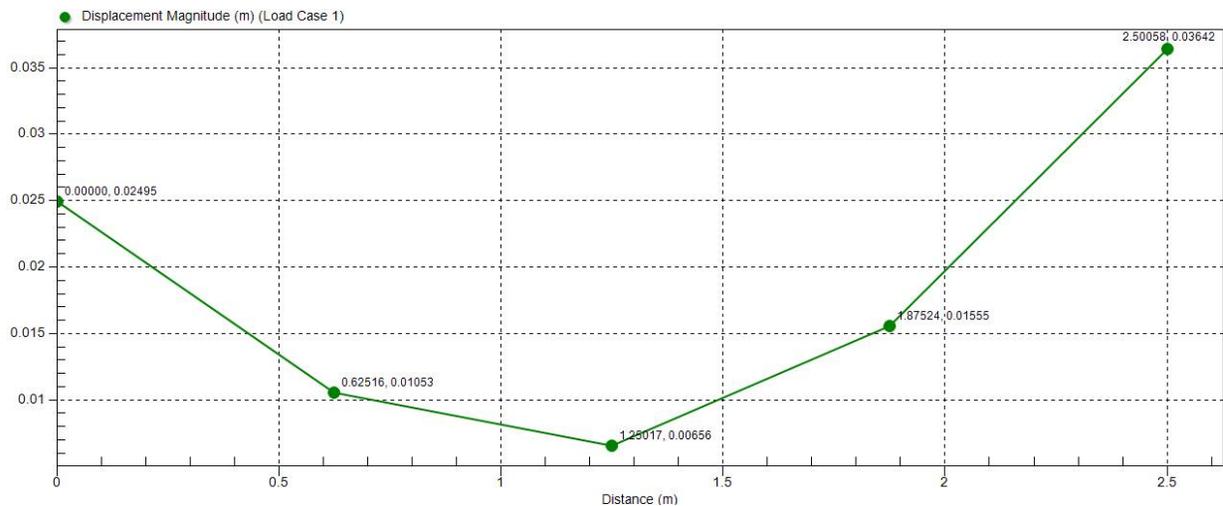


Fig. 4.49 –Línea de elementos con el mayor desplazamiento - Eje Y (Autodesk Simulation Multiphysics 2012)



Gráfica 4.13 –Desplazamiento de los nodos sobre la línea de máximo desplazamiento - Eje Y (Autodesk Simulation Multiphysics 2012)

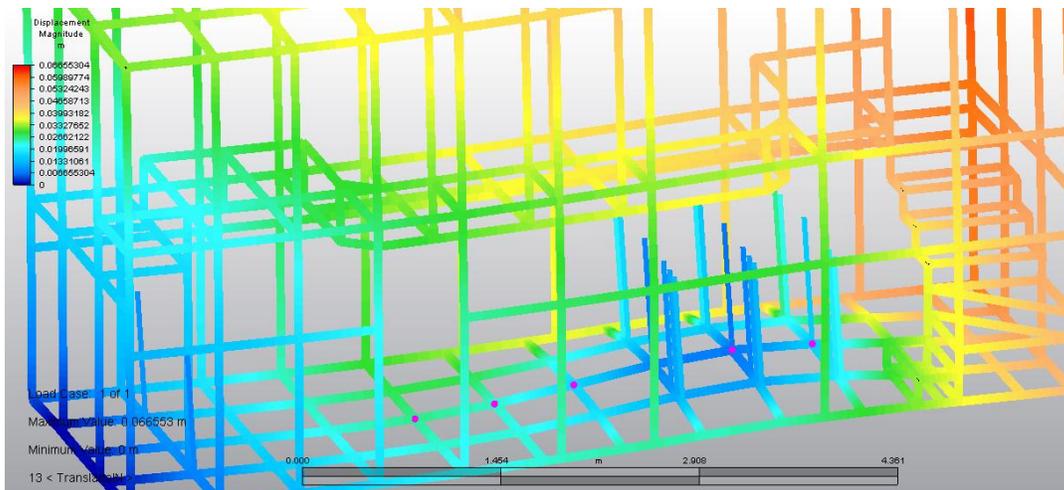
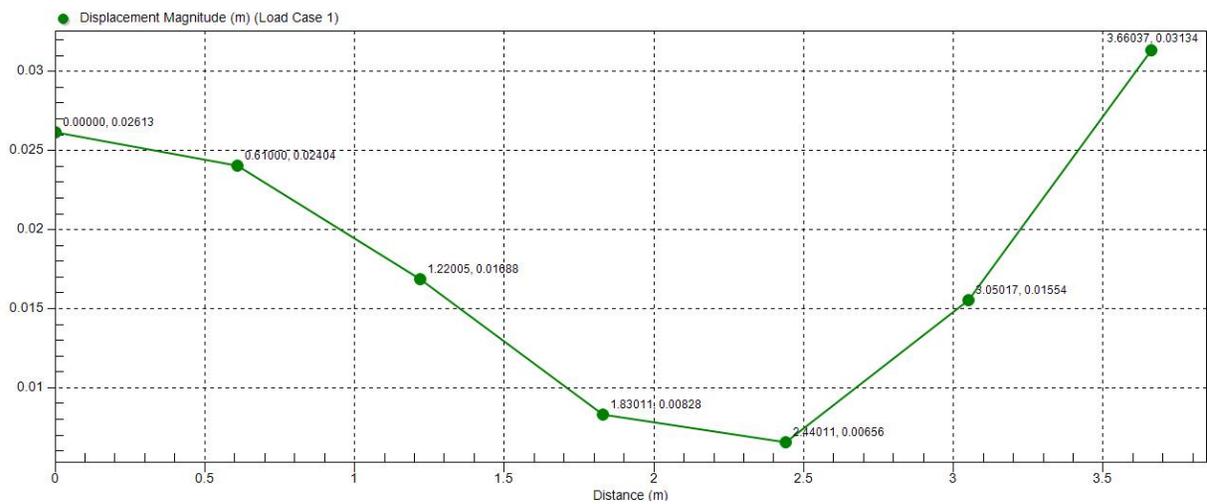


Fig. 4.50 –Línea de elementos con el mayor desplazamiento - Eje X (Autodesk Simulation Multiphysics 2012)



Gráfica. 4.14 –Desplazamiento de los nodos sobre la línea de máximo desplazamiento - Eje X (Autodesk Simulation Multiphysics 2012)

- Calculando los gradientes máximos en cada eje para comparar con el criterio del gdn.

$gdn_y = 0.0331 \rightarrow$  **NO CUMPLE**

$gdn_x = 0.0259 \rightarrow$  **NO CUMPLE**

- Aluminio 6061 T6 = 0.1183 [m]
- Gráficas de desplazamientos a lo largo de las líneas de elementos donde se presentan los desplazamientos de mayor magnitud (ver fig. 4.51 y fig. 4.52)

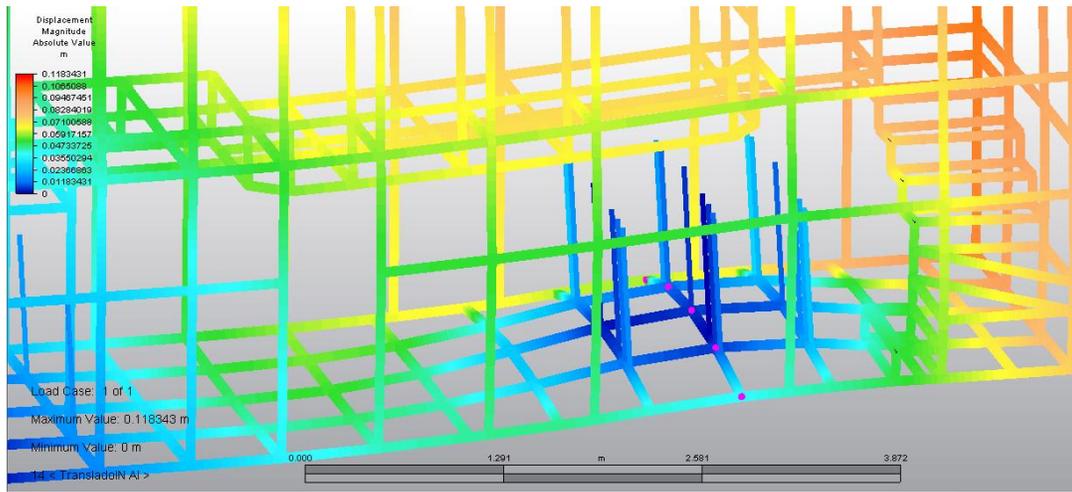
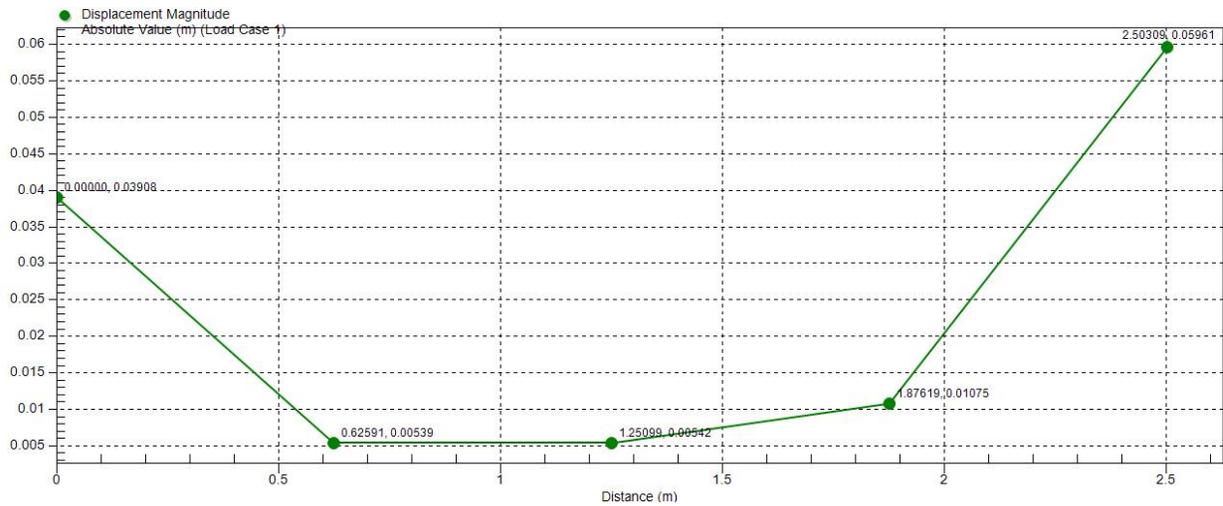


Fig. 4.51 –Línea de elementos con el mayor desplazamiento - Eje Y (Autodesk Simulation Multiphysics 2012)



Gráfica. 4.15 –Desplazamiento de los nodos sobre la línea de máximo desplazamiento - Eje Y (Autodesk Simulation Multiphysics 2012)

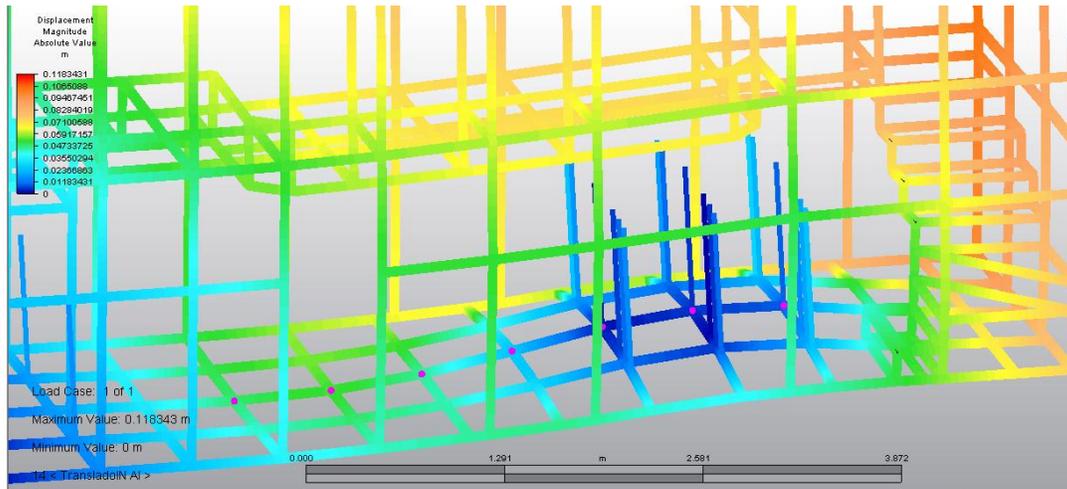
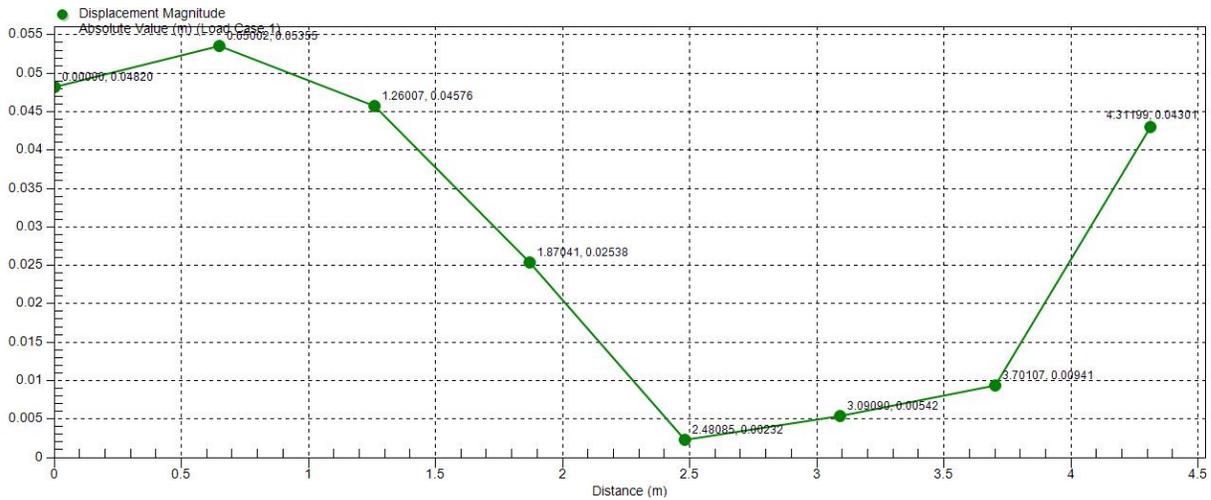


Fig. 4.52 –Línea de elementos con el mayor desplazamiento - Eje X (Autodesk Simulation Multiphysics 2012)



Gráfica. 4.16 –Desplazamiento de los nodos sobre la línea de máximo desplazamiento - Eje X (Autodesk Simulation Multiphysics 2012)

- Calculando los gradientes máximos en cada eje para comparar con el criterio del gdn.  
 $gdn_y = 0.0779 \rightarrow$  **NO CUMPLE**  
 $gdn_x = 0.0549 \rightarrow$  **NO CUMPLE**

#### 4.6.5 Pandeo

##### Comparación de resultados contra criterios de falla

Cargas máximo calculadas en elemento crítico = -5466.68 [N]

- Carga crítica de pandeo del elemento construido con Acero ASTM 500-B = -31386.7 [N]
  - $\sigma_z = 17.42\%$  de la carga máxima → **CUMPLE**
  
- Carga crítica de pandeo del elemento construido con Aluminio 6061 T6 ( $\sigma_y$ )= -27505.3 [N]
  - $\sigma_z = 19.87\%$  de  $\sigma_y$  → **CUMPLE**

## 4.7. Modificaciones y ajustes

### 4.7.1 Instalación

Debido a que la estructura falló en el criterio de desplazamiento se requieren modificaciones para asegurar el comportamiento esperado.

Se decidió atacar el problema del desplazamiento del piso desde el punto de vista de la ubicación de los soportes utilizados para desplazar el Habita-Mueble al momento de instalarlo. La deformación de la estructura tiene lugar en el centro debido a la flexión general, entonces se acercan los soportes para disminuir el momento generado por el peso suspendido sin necesidad de modificar la estructura. La posición de los soportes es tal que no obstruye los puntos de apoyo para los anclajes definitivos (Ver sección de ocupación).

Debido a la menor rigidez del aluminio comparado con el acero se requieren un par de soportes extras en la parte media de la estructura; al igual que los utilizados en el acero, se colocan en puntos de la estructura que no bloquean los anclajes definitivos. Una comparación de los soportes requeridos para la estructura de acero y de aluminio se encuentra en las figuras 4.53 y 4.54.

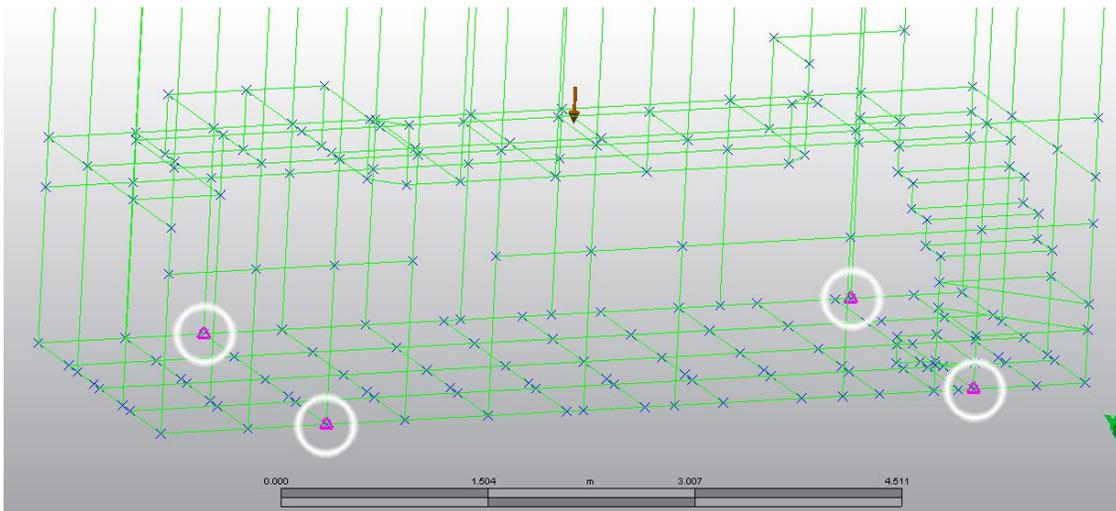


Fig. 4.53 – Ubicación corregida de los soportes de instalación para estructura de acero (Autodesk Simulation Multiphysics 2012)

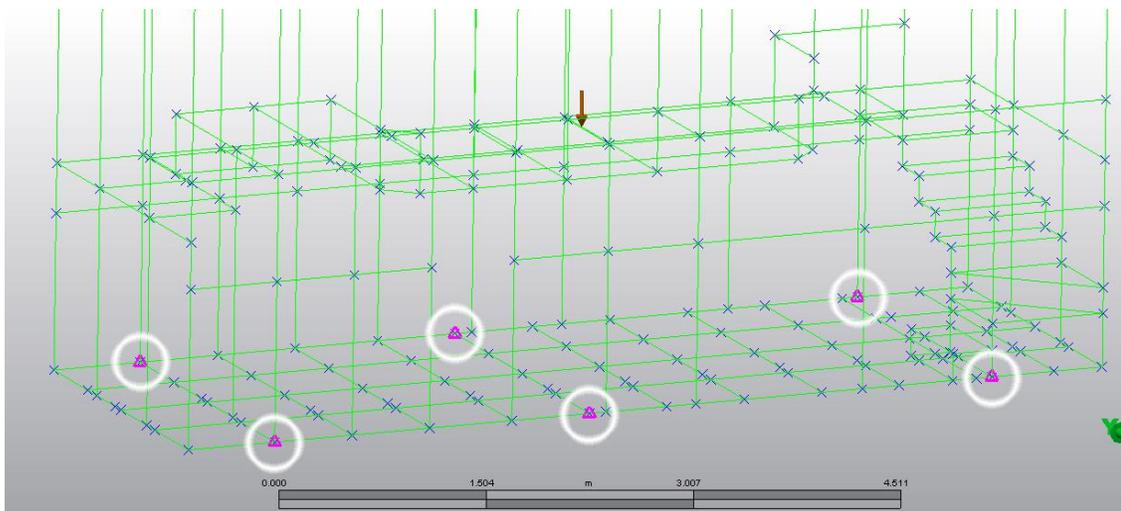


Fig. 4.54 – Ubicación corregida de los soportes de instalación para estructura de aluminio (Autodesk Simulation Multiphysics 2012)

### Comparación de resultados contra criterios de falla

Esfuerzo máximo calculado en el acero\* ( $\sigma_z$ ) = 60.57 [MPa]

- Esfuerzo de cedencia del Acero ASTM 500-B ( $\sigma_y$ )= 317.16 [MPa]
- $\sigma_z$  = 19.09 % de  $\sigma_y$  → **CUMPLE**

Esfuerzo máximo calculado en el aluminio\* ( $\sigma_z$ ) = 56.72 [MPa]

- Esfuerzo de cedencia del Aluminio 6061 T6 ( $\sigma_y$ )= 276.00 [MPa]
- $\sigma_z$  = 20.55 % de  $\sigma_y$  → **CUMPLE**

\*Los esfuerzos máximos calculados difieren entre el aluminio y el acero ya con el aluminio se requieren de más soportes como se explica al inicio de este apartado

Desplazamientos máximos calculados

- Acero ASTM 500-B = 0.00469 [m]
- Gráficas de desplazamientos a lo largo de las líneas de elementos donde se presentan los desplazamientos de mayor magnitud (ver fig. 4.55)

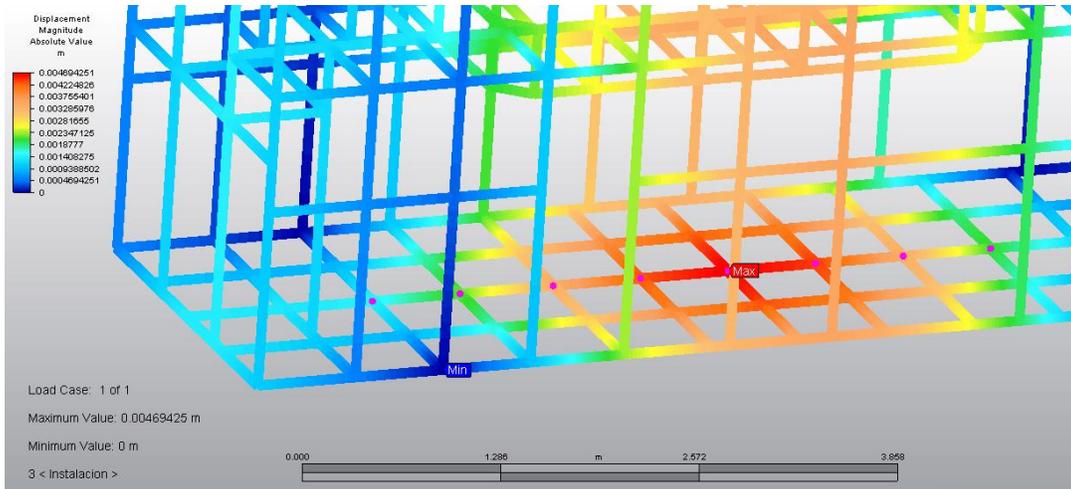
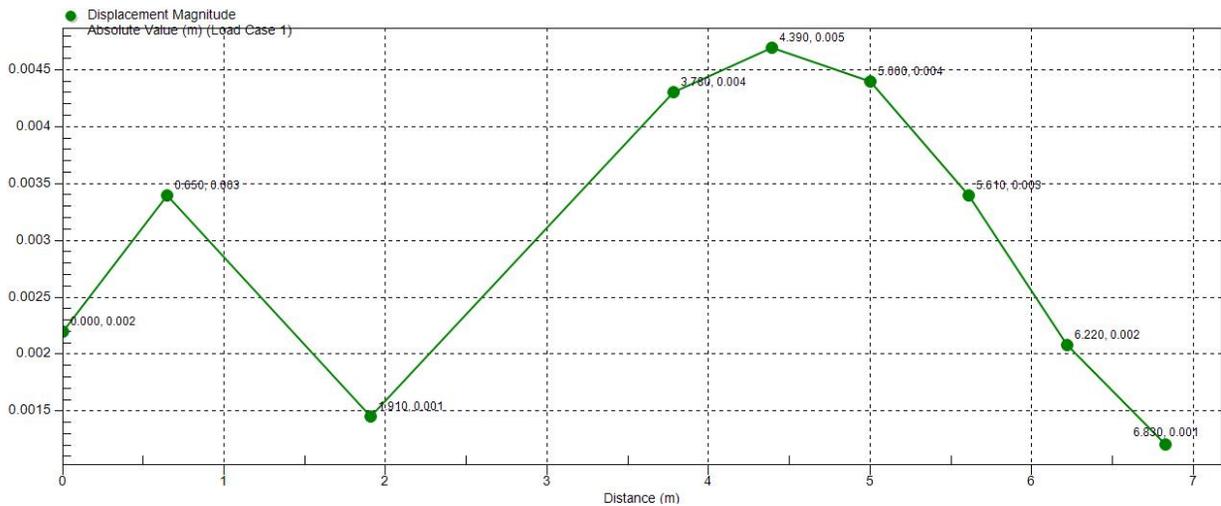


Fig. 4.55 –Línea de elementos con el mayor desplazamiento (Autodesk Simulation Multiphysics 2012)

- $\sigma_x = 40.32\%$  de  $\sigma_y \rightarrow$  **CUMPLE**
- Esfuerzo de cedencia del Aluminio 6061 T6 ( $\sigma_y$ )= 276.00 [MPa]
- $\sigma_x = 46.33\%$  de  $\sigma_y \rightarrow$  **CUMPLE**



Gráfica. 4.17 –Desplazamiento de los nodos sobre la línea de máximo desplazamiento (Autodesk Simulation Multiphysics 2012)

- Calculando los gradientes máximos para comparar con el criterio del gdn.  
gdn = 0.00164  $\rightarrow$  **CUMPLE**

- Aluminio 6061 T6 = 0.00456 [m]
- Gráficas de desplazamientos a lo largo de las líneas de elementos donde se presentan los desplazamientos de mayor magnitud (ver fig. 4.56)

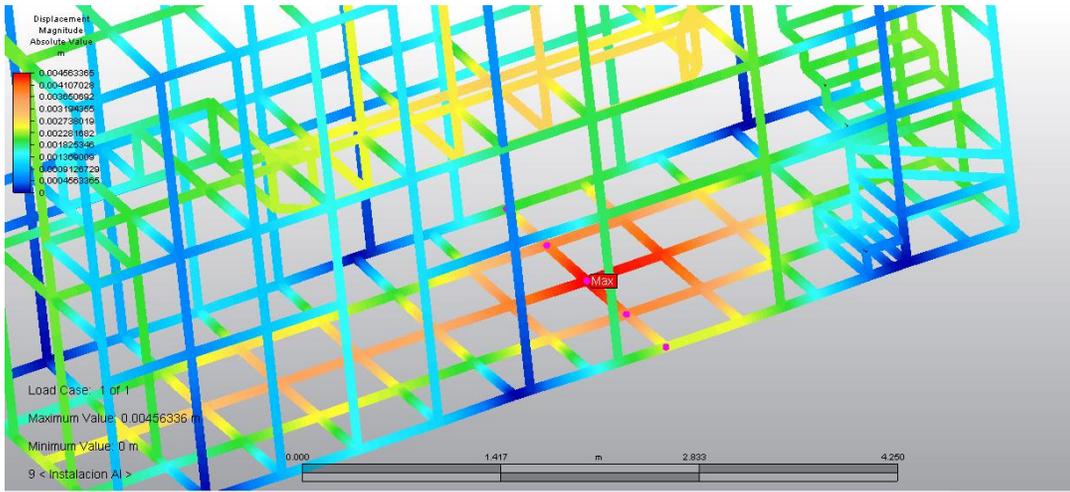
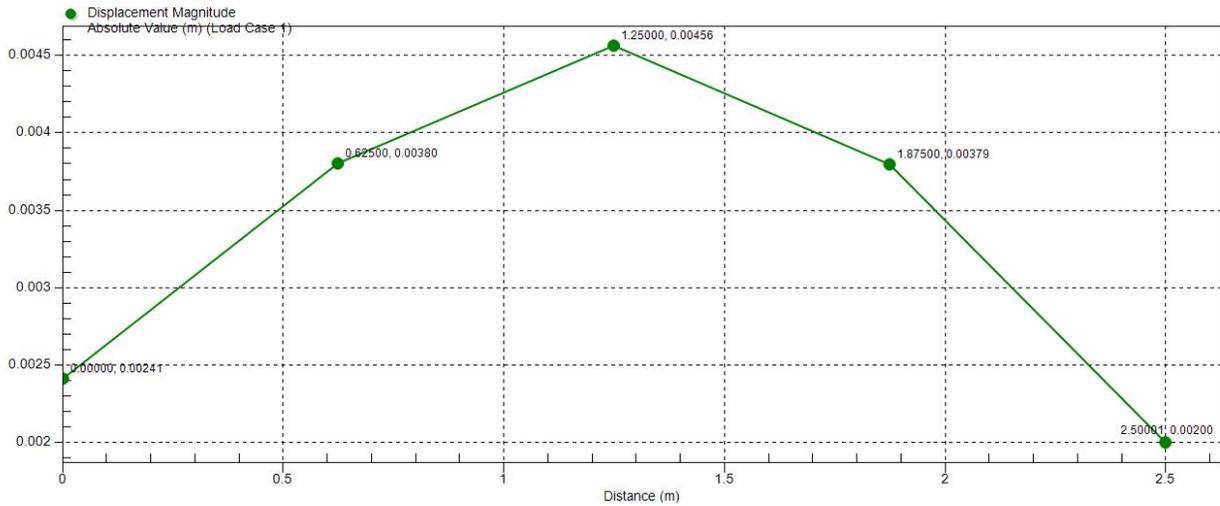


Fig. 4.56 –Línea de elementos con el mayor desplazamiento (Autodesk Simulation Multiphysics 2012)

- $\sigma_x = 40.32\%$  de  $\sigma_y \rightarrow$  **CUMPLE**
- Esfuerzo de cedencia del Aluminio 6061 T6 ( $\sigma_y$ )= 276.00 [MPa]
- $\sigma_x = 46.33\%$  de  $\sigma_y \rightarrow$  **CUMPLE**



Gráfica. 4.18 –Desplazamiento de los nodos sobre la línea de máximo desplazamiento (Autodesk Simulation Multiphysics 2012)

- Calculando los gradientes máximos comparar con el criterio del gdn.  
gdn=0.002  $\rightarrow$  **CUMPLE**

#### 4.7.2 Ocupación

Debido a que la estructura falló en el criterio de desplazamiento se requieren modificaciones para asegurar el comportamiento esperado.

Se decidió atacar el problema del desplazamiento del piso desde el punto de vista de los anclajes, debido a que modificar la estructura aumentará peso y costo. Además, el caso de carga de ocupación permite que se tengan tantos puntos de apoyo como sean necesarios, ya que solo se necesitan colocar en la plataforma o superficie donde se instalará el Habita-Mueble.

Luego de ubicar una serie de apoyos adicionales en los puntos donde se tienen los mayores desplazamientos de la estructura, se repite el análisis, la interpretación del nuevo resultado y la verificación de criterios; este proceso iterativo se repite hasta que se cumplen los criterios.

El problema del piso se corrigió rápidamente con los apoyos, sin embargo se identificaron nuevas zona con gradientes de desplazamientos elevados cerca de la zona del baño y la cama en el piso superior, así como en la escalera. Los problemas se corrigieron agregando elementos de refuerzo, éstos se modelaron en distintos layers para el acero y para el aluminio, ya que algunos no eran necesarios en el caso del acero.

A continuación se muestra la última iteración del proceso de análisis, interpretación, verificación de criterios.

#### Comparación de resultados contra criterios de falla

Esfuerzo máximo calculado en el acero\* ( $\sigma_z$ ) = 53.079 [MPa]

- Esfuerzo de cedencia del Acero ASTM 500-B ( $\sigma_y$ )= 317.16 [MPa]
- $\sigma_z$  = 16.73 % de  $\sigma_y$  → **CUMPLE**

Esfuerzo máximo calculado en el aluminio\* ( $\sigma_z$ ) = 51.963 [MPa]

- Esfuerzo de cedencia del Aluminio 6061 T6 ( $\sigma_y$ )= 276.00 [MPa]
- $\sigma_z$  = 18.83 % de  $\sigma_y$  → **CUMPLE**

\*Los esfuerzos máximos calculados difieren entre el aluminio y el acero ya que la estructura se tuvo que reforzar en puntos diferentes para cada material.

Desplazamientos máximos calculados

- Acero ASTM 500-B = 0.00923 [m]
- Gráficas de desplazamientos a lo largo de las líneas de elementos donde se presentan los desplazamientos de mayor magnitud (ver fig. 4.57)

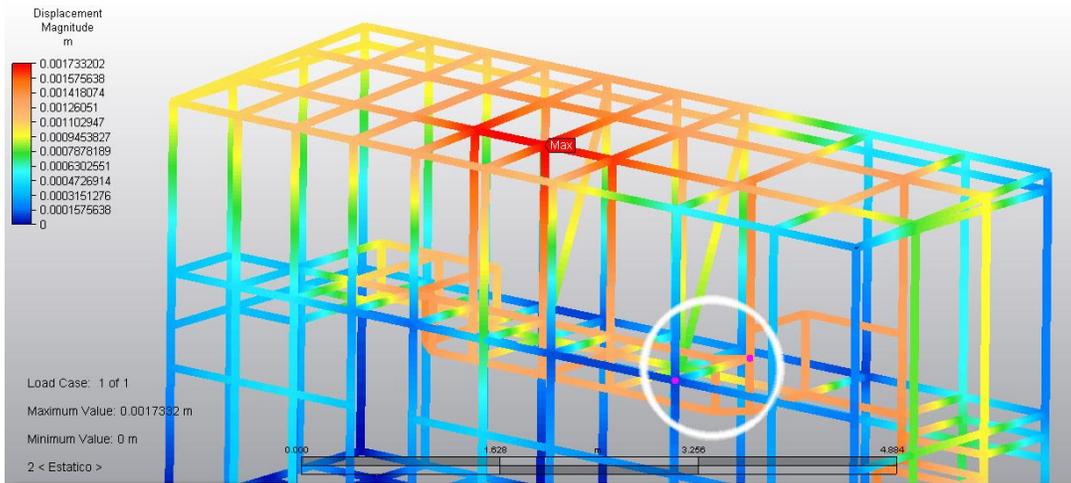
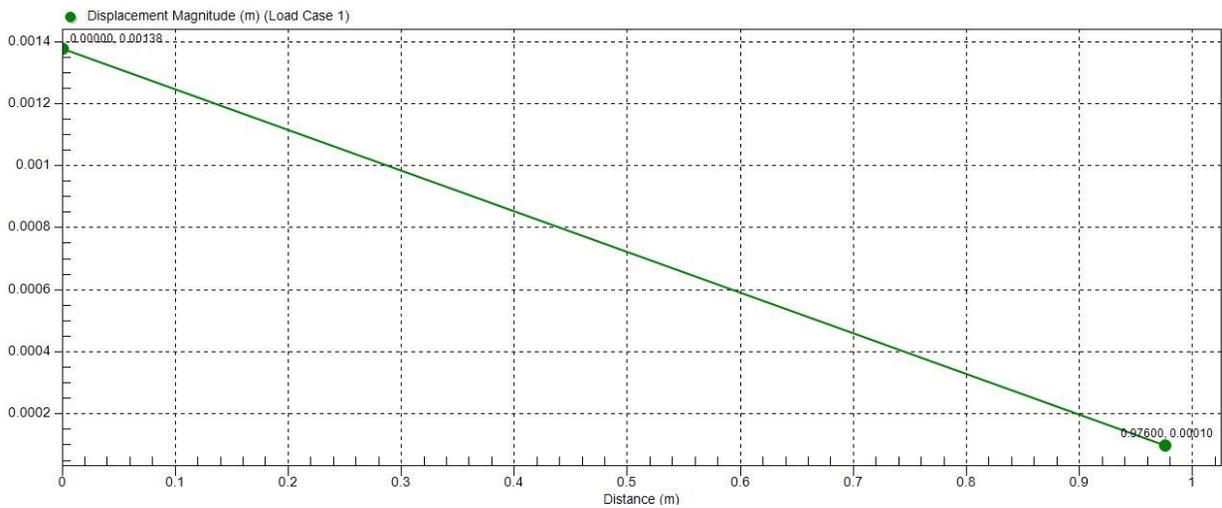


Fig. 4.57 –Línea de elementos con el mayor desplazamiento (Autodesk Simulation Multiphysics 2012)

- $\sigma_z = 40.32\%$  de  $\sigma_y \rightarrow$  **CUMPLE**
- Esfuerzo de cedencia del Aluminio 6061 T6 ( $\sigma_y$ )= 276.00 [MPa]
- $\sigma_z = 46.33\%$  de  $\sigma_y \rightarrow$  **CUMPLE**



Gráfica. 4.19 –Desplazamiento de los nodos sobre la línea de máximo desplazamiento (Autodesk Simulation Multiphysics 2012)

- Calculando los gradientes máximos en cada eje para comparar con el criterio del gdn.  
gdn=0.001311  $\rightarrow$  **CUMPLE**

- Aluminio 6061 T6 = 0.00479 [m]
- Gráficas de desplazamientos a lo largo de las líneas de elementos donde se presentan los desplazamientos de mayor magnitud (ver fig. 4.58)

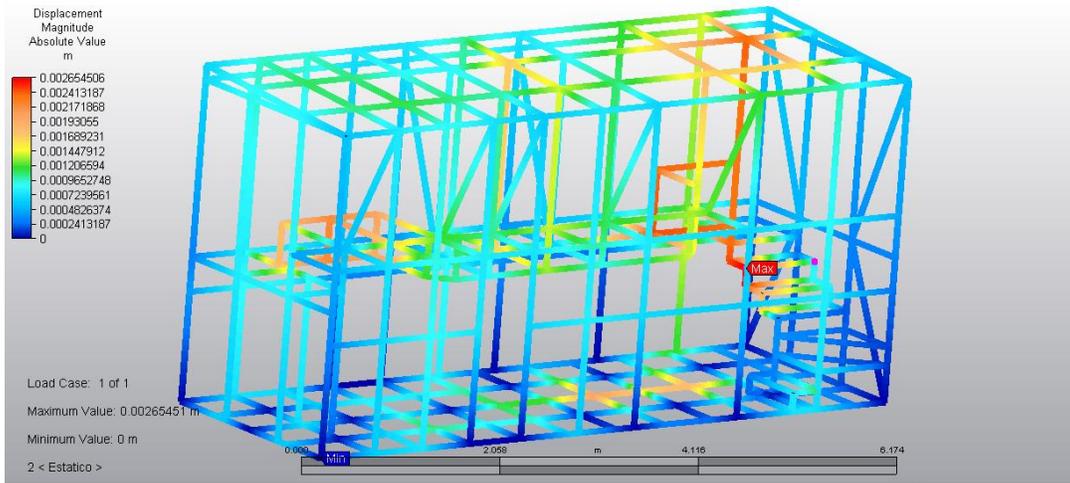
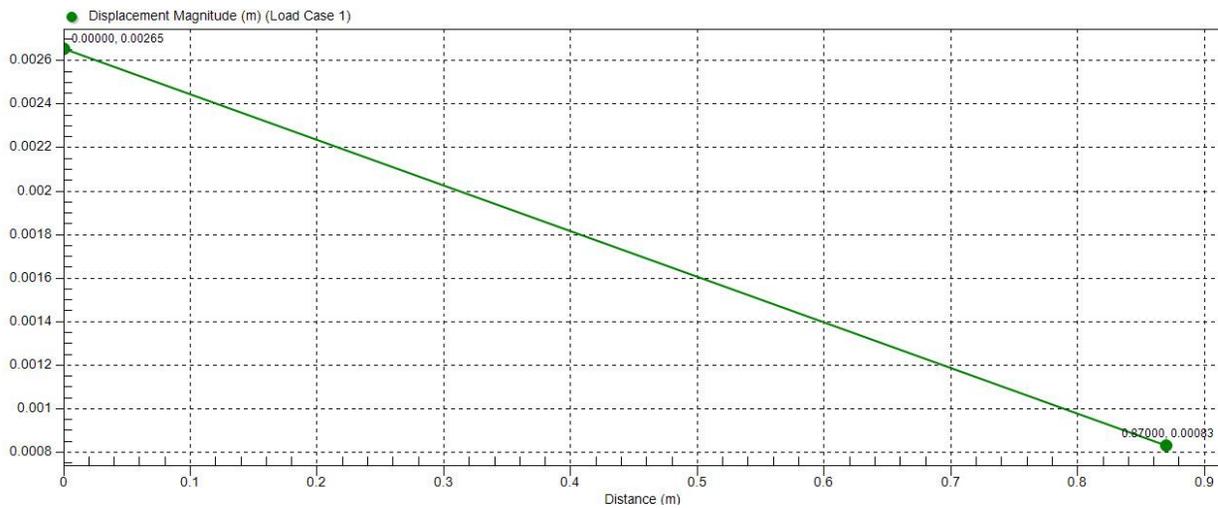


Fig. 4.58 –Línea de elementos con el mayor desplazamiento - Eje X (Autodesk Simulation Multiphysics 2012)

- $\sigma_x = 40.32\%$  de  $\sigma_y \rightarrow$  **CUMPLE**
- Esfuerzo de cedencia del Aluminio 6061 T6 ( $\sigma_y$ )= 276.00 [MPa]
- $\sigma_x = 46.33\%$  de  $\sigma_y \rightarrow$  **CUMPLE**



Gráfica. 4.20 –Desplazamiento de los nodos sobre la línea de máximo desplazamiento - Eje X (Autodesk Simulation Multiphysics 2012)

- Calculando los gradientes máximos en cada eje para comparar con el criterio del gdn.  
gdn=0.00198  $\rightarrow$  **CUMPLE**

### 4.7.3 Traslado Horizontal – Caída en Bache

Ya que la estructura describe un desplazamiento mayor que el que dicta el criterio de falla se requiere realizar ajustes a ciertos elementos.

El problema radica en el largo de la estructura y la flexión que presenta debido a que se apoya solamente en la lanza y el boogie. Luego de explorar diferentes alternativas de refuerzo agregando elementos en el piso, en los costados y columnas para agregar rigidez.

Finalmente, la solución que arroja mejores resultados sin comprometer la forma de la estructura es sustituir dos largueros de la base de la estructura por perfiles tubulares de 4 x 2". Así mismo, los travesaños que coinciden con el boogie se refuerzan para impedir el desplazamiento de los lados de la estructura. El incremento en el peso total de la estructura es el único inconveniente.

#### Comparación de resultados contra criterios de falla

Esfuerzo máximo calculado en el acero\* ( $\sigma_z$ ) = 214.98 [MPa]

- Esfuerzo de cedencia del Acero ASTM 500-B ( $\sigma_y$ )= 317.16 [MPa]
- $\sigma_z$  = 67.78 % de  $\sigma_y$  → **CUMPLE**

Esfuerzo máximo calculado en el aluminio\* ( $\sigma_z$ ) = 184.45 [MPa]

- Esfuerzo de cedencia del Aluminio 6061 T6 ( $\sigma_y$ )= 276.00 [MPa]
- $\sigma_z$  = 66.83 % de  $\sigma_y$  → **CUMPLE**

\*Los esfuerzos máximos calculados difieren entre el aluminio y el acero ya con el aluminio se requieren de más soportes como se explica al inicio del apartado de ocupación.

Desplazamientos máximos calculados

- Acero ASTM 500-B = 0.05763 [m]
- Gráficas de desplazamientos a lo largo de las líneas de elementos donde se presentan los desplazamientos de mayor magnitud (ver fig. 4.59)

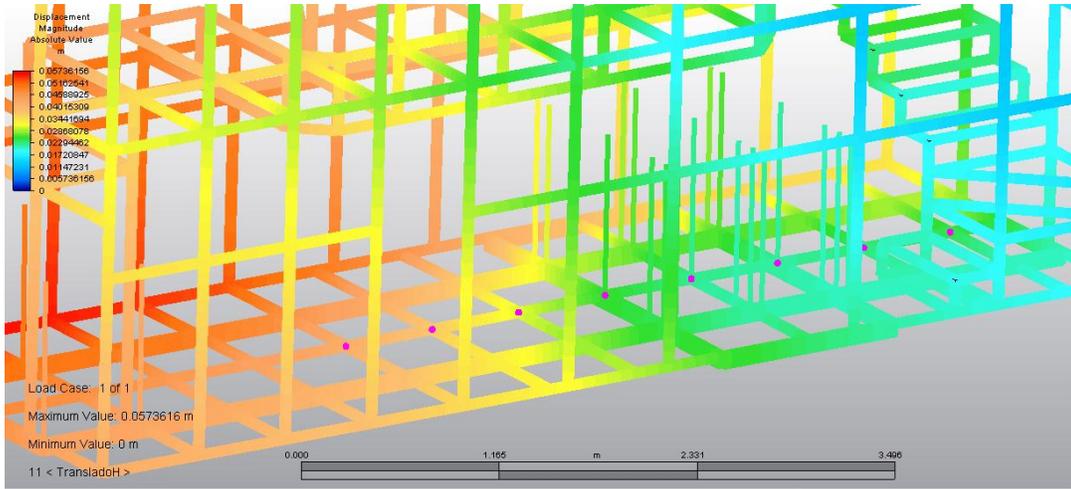
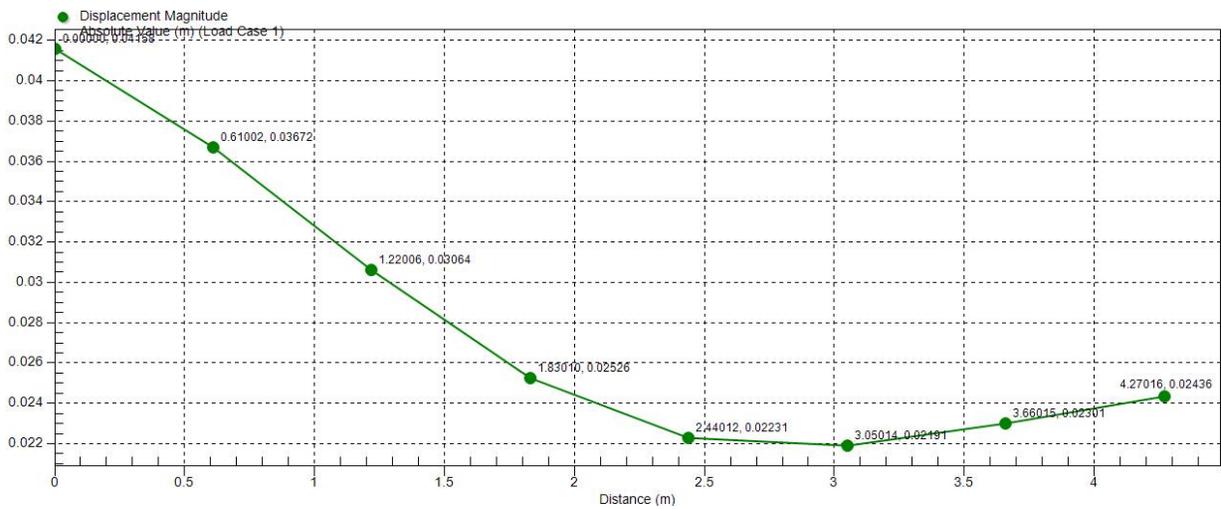


Fig. 4.59 –Línea de elementos con el mayor desplazamiento (Autodesk Simulation Multiphysics 2012)

- $\sigma_x = 40.32\%$  de  $\sigma_y \rightarrow$  **CUMPLE**
- Esfuerzo de cedencia del Aluminio 6061 T6 ( $\sigma_y$ )= 276.00 [MPa]
- $\sigma_x = 46.33\%$  de  $\sigma_y \rightarrow$  **CUMPLE**



Gráfica. 4.21 –Desplazamiento de los nodos sobre la línea de máximo desplazamiento (Autodesk Simulation Multiphysics 2012)

- Calculando los gradientes máximos para comparar con el criterio del gdn.  
gdn = 0.00882  $\rightarrow$  **CUMPLE**

- Aluminio 6061 T6 = 0.08937 [m]
- Gráfica de desplazamientos a lo largo de las líneas de elementos donde se presentan los desplazamientos de mayor magnitud (ver fig. 4.60)

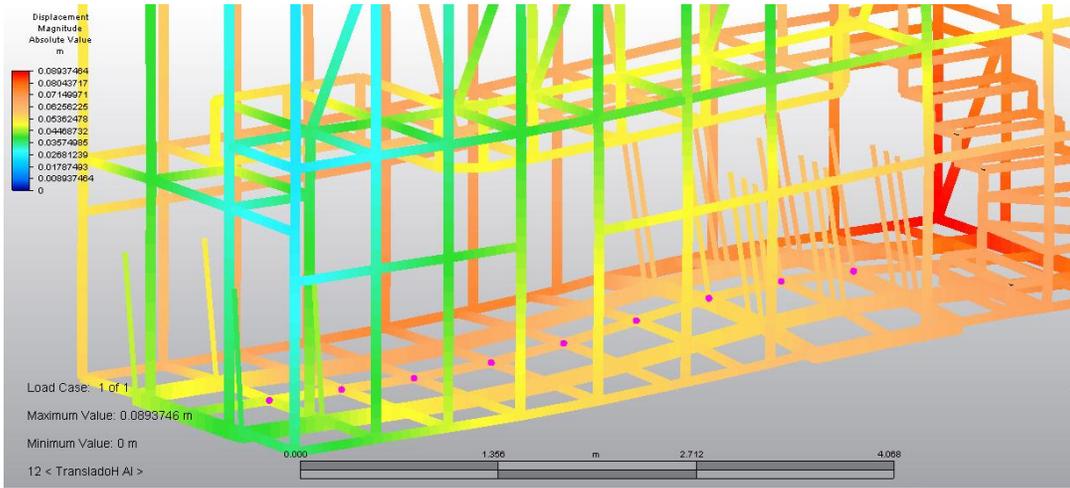
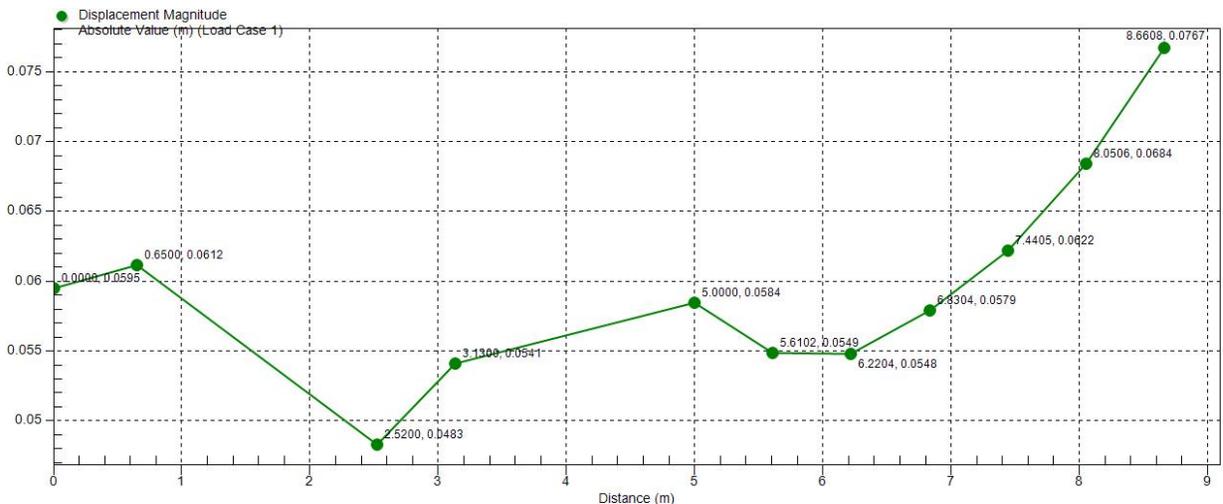


Fig. 4.60 –Línea de elementos con el mayor desplazamiento (Autodesk Simulation Multiphysics 2012)

- $\sigma_{\Sigma} = 40.32\%$  de  $\sigma_y \rightarrow$  **CUMPLE**
- Esfuerzo de cedencia del Aluminio 6061 T6 ( $\sigma_y$ )= 276.00 [MPa]
- $\sigma_{\Sigma} = 46.33\%$  de  $\sigma_y \rightarrow$  **CUMPLE**



Gráfica. 4.22 –Desplazamiento de los nodos sobre la línea de máximo desplazamiento (Autodesk Simulation Multiphysics 2012)

- Calculando los gradientes máximos comparar con el criterio del gdn.  
gdn=0.010  $\rightarrow$  **CUMPLE**

#### 4.7.4 Traslado Inclinado – Caída en Bache + pendiente 10%

Una vez reforzada la estructura con las modificaciones realizadas en el caso de traslado horizontal se volvieron a analizar los casos de traslado inclinado para verificar el desempeño de la estructura durante el traslado inclinado.

Es necesario agregar algunos elementos de refuerzo para incrementar la rigidez de la estructura, principalmente en la parte posterior. La sección de escalera en el extremo de la estructura requiere reforzarse para asegurar los niveles de desplazamiento permitidos.

#### Comparación de resultados contra criterios de falla

Esfuerzo máximo calculado en el acero\* ( $\sigma_x$ ) = 210.23 [MPa]

- Esfuerzo de cedencia del Acero ASTM 500-B ( $\sigma_y$ )= 317.16 [MPa]
- $\sigma_x$  = 66.28 % de  $\sigma_y$  → **CUMPLE**

Esfuerzo máximo calculado en el aluminio\* ( $\sigma_x$ ) = 150.61 [MPa]

- Esfuerzo de cedencia del Aluminio 6061 T6 ( $\sigma_y$ )= 276.00 [MPa]
- $\sigma_x$  = 54.57 % de  $\sigma_y$  → **CUMPLE**

\*Los esfuerzos máximos calculados difieren entre el aluminio y el acero ya con el aluminio se requieren de más soportes como se explica al inicio del apartado de ocupación.

Desplazamientos máximos calculados

- Acero ASTM 500-B = 0.0465 [m]
- Gráficas de desplazamientos a lo largo de las líneas de elementos donde se presentan los desplazamientos de mayor magnitud (ver fig. 4.61)

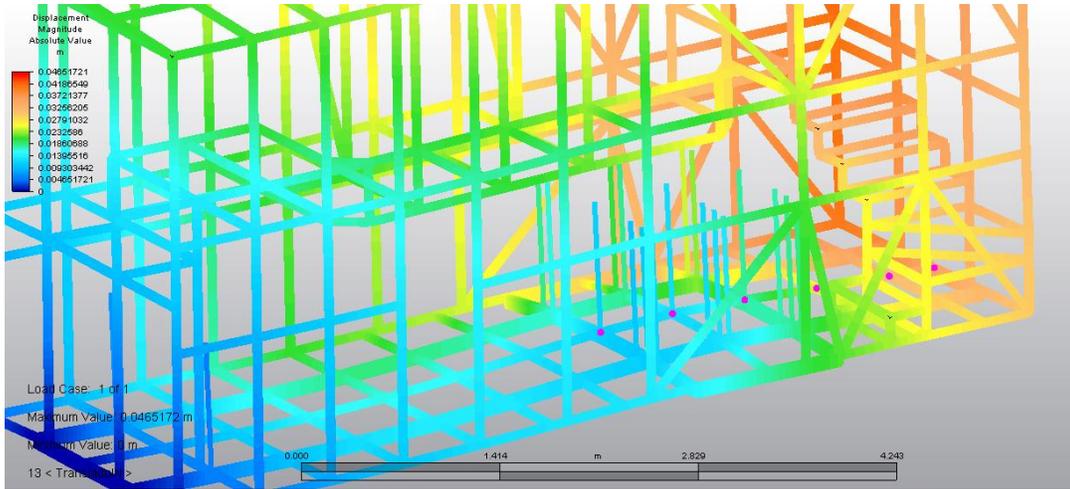
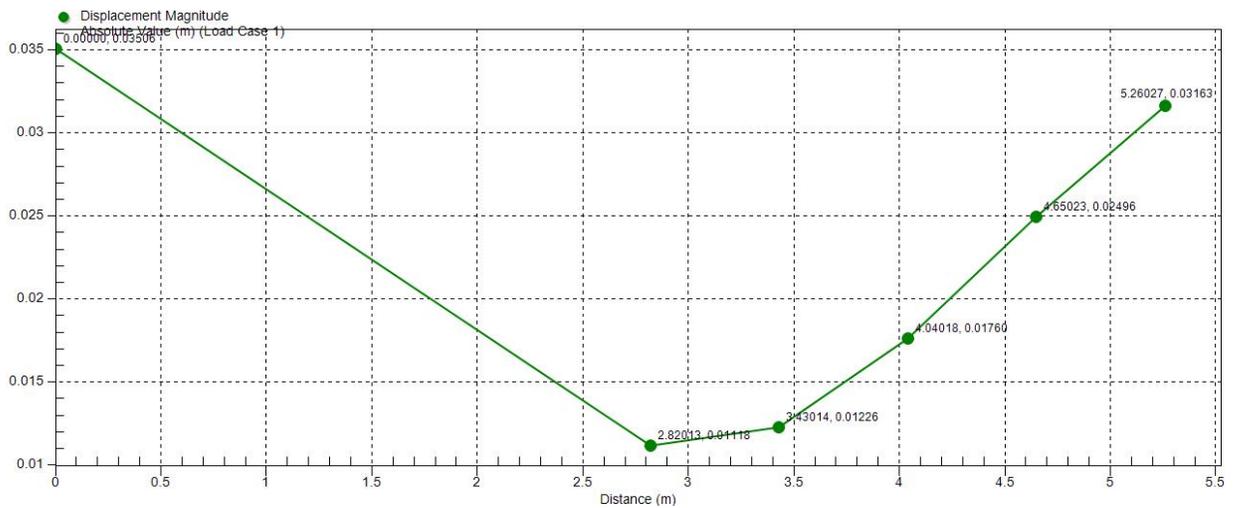


Fig. 4.61 –Línea de elementos con el mayor desplazamiento (Autodesk Simulation Multiphysics 2012)

- $\sigma_x = 40.32\%$  de  $\sigma_y \rightarrow$  **CUMPLE**
- Esfuerzo de cedencia del Aluminio 6061 T6 ( $\sigma_y$ )= 276.00 [MPa]
- $\sigma_x = 46.33\%$  de  $\sigma_y \rightarrow$  **CUMPLE**



Gráfica. 4.23 –Desplazamiento de los nodos sobre la línea de máximo desplazamiento (Autodesk Simulation Multiphysics 2012)

- Calculando los gradientes máximos para comparar con el criterio del gdn.  
gdn=0.0121  $\rightarrow$  **CUMPLE**

- Aluminio 6061 T6 = 0.05962 [m]
- Gráficas de desplazamientos a lo largo de las líneas de elementos donde se presentan los desplazamientos de mayor magnitud (ver fig. 4.65 y fig. 4.66)

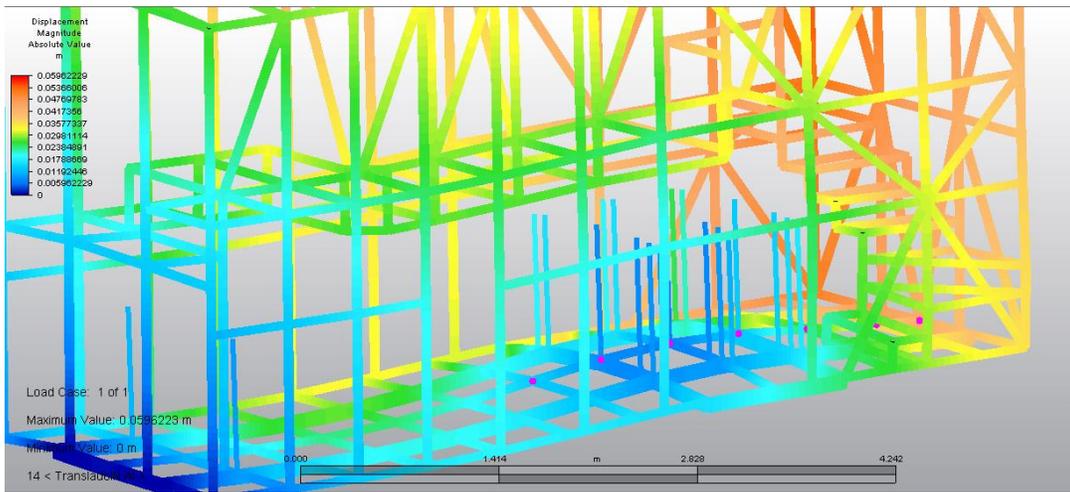
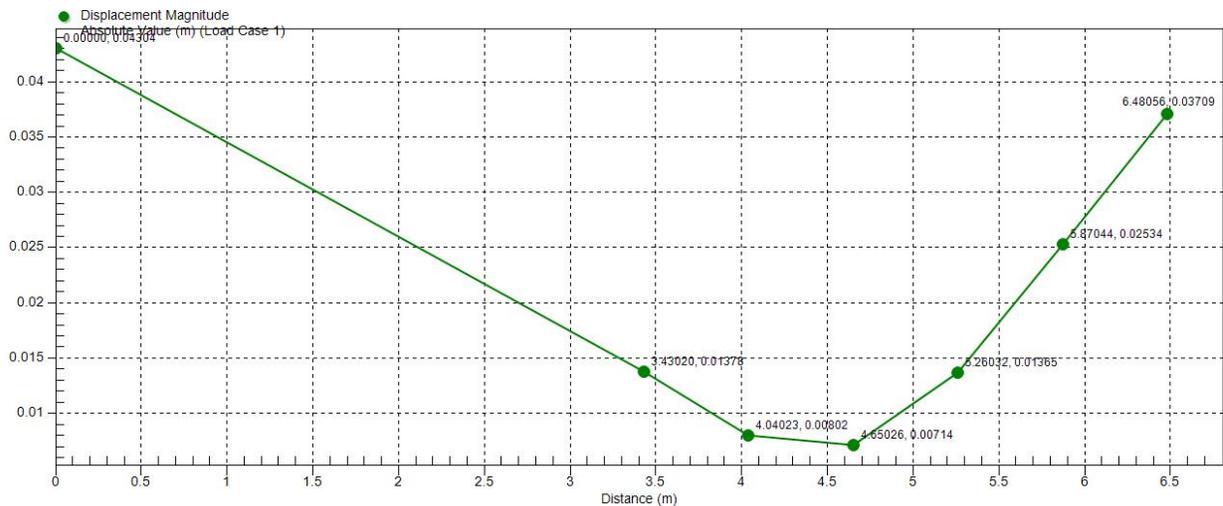


Fig. 4.62 –Línea de elementos con el mayor desplazamiento (Autodesk Simulation Multiphysics 2012)

- $\sigma_z = 40.32\%$  de  $\sigma_y \rightarrow$  **CUMPLE**
- Esfuerzo de cedencia del Aluminio 6061 T6 ( $\sigma_y$ )= 276.00 [MPa]
- $\sigma_z = 46.33\%$  de  $\sigma_y \rightarrow$  **CUMPLE**



Gráfica. 4.24 –Desplazamiento de los nodos sobre la línea de máximo desplazamiento (Autodesk Simulation Multiphysics 2012)

- Calculando los gradientes máximos comparar con el criterio del gdn.  
gdn=0.0191  $\rightarrow$  **CUMPLE**

#### 4.7.5 Pandeo

Los elementos analizados tuvieron valores muy por debajo de los críticos calculados, por lo que la estructura no requirió de modificaciones para cumplir éste criterio.

##### Comparación de resultados contra criterios de falla

Carga crítica de pandeo en el acero (ccp) = -31386.7 [N]

- Carga axial presente en el elemento crítico ( $C_{Axial}$ ) = -5466.68 [N]
- $C_{Axial}$  = 17.42 % de ccp → **CUMPLE**

Carga crítica de pandeo en el aluminio (ccp) = -27505.3 [N]

- Carga axial presente en el elemento crítico ( $C_{Axial}$ ) = -5466.68 [N]
- $\sigma_z$  = 19.875 % de  $\sigma_y$  → **CUMPLE**

#### 4.8. Resultados

Una vez analizados todos los casos de carga y realizados los ajustes correspondientes para asegurar que la estructura los soporta, se pudieron obtener los siguientes datos de la versión final del modelo.

##### Resultados generales del Modelo Corregido

Peso de la estructura calculada: 15755 N (Acero ASTM A500-B) / 6063.0 N (Aluminio 6061 T6)

Masa de la estructura: 1607.65 kg (Acero ASTM A500-B) / 618.67 kg (Aluminio 6061 T6)

Volumen: 0.20449 m<sup>3</sup> (Acero ASTM A500-B) / 0.2288 m<sup>3</sup> (Aluminio 6061 T6)

Longitud total de todos los elementos: 364.23 m (Acero ASTM A500-B) / 393.02 m (Aluminio 6061 T6)

Estos resultados servirán en la sección de selección de material para evaluar correctamente las diferencias entre uno y otro material.

## 5. Selección de Material

### 5.1. Metodología

La metodología seguida para la realización de esta sección del trabajo consistió en una serie de pasos que ayudó a comparar de manera objetiva materiales propuestos para la construcción de la estructura del Habita-Mueble. Si bien la selección inicial del Acero ASTM 500-B y Aluminio 6061 T6 se realizó basado en conocimiento básico de materiales y la disponibilidad comercial de éstos en la presentación requerida; éste método objetivo de selección permitirá justificar la selección de los mismos, así como la posibilidad de plantear otros capaces de cumplir con las especificaciones.

El método de selección fue el siguiente:

1. Utilizar Diagramas de Ashby para determinar las familias de materiales viables.
2. Realizar una pre-selección de materiales comerciales dentro de las familias determinadas.
3. Otorgar Factores de Peso a los diferentes criterios de selección que ayuden a comparar los materiales de manera objetiva.
4. Organizar la información recabada en Matrices de Decisión para determinar con un valor numérico el material más adecuado.

En los puntos posteriores se describe con mayor detalle cada paso del método, así como los resultados finales obtenidos.

### 5.2. Diagramas de Ashby

El primer paso en la selección del material a utilizar fue el uso de los Diagramas de Ashby para determinar las familias de materiales con los que se podría trabajar, descartando desde esta etapa a los materiales que debido a sus características resultan inadecuados (Ashby, 2005).

Para poder emplear los diagramas de Ashby se utilizaron dos criterios principales:

- Índices de eficiencia o rendimiento – elegidos de acuerdo a los tipos de carga a los que están sujetos los elementos de la estructura.

Forma del componente y modalidad de carga	Para rigidez	Para resistencia
Barra-carga axial de tensión, se especifican carga, rigidez, longitud; área de sección variable.	$\frac{E}{\rho}$	$\frac{\sigma_{ef}}{\rho}$
Barra o tubo con torsión, se especifican momento de torsión, rigidez, longitud; área de sección variable.	$\frac{G^{1/2}}{\rho}$	$\frac{\sigma_{ef}^{2/3}}{\rho}$
Viga, con carga externa o por peso propio con flexión; se especifican rigidez, longitud; área de sección variable.	$\frac{E^{1/2}}{\rho}$	$\frac{\sigma_{ef}^{2/3}}{\rho}$
Columna-compresión axial, pandeo elástico o compresión plástica; se especifican carga de compresión y longitud; área de sección variable	$\frac{E^{1/2}}{\rho}$	$\frac{\sigma_c}{\rho}$
Plancha, con carga externa o por peso propio con flexión, se especifican rigidez, longitud y anchura; el espesor es variable	$\frac{E^{1/3}}{\rho}$	$\frac{\sigma_{ef}^{1/2}}{\rho}$

Tabla 5.1 – Propiedades combinadas para maximizar los índices de eficiencia o rendimiento

- Valores calculados con el análisis por elemento finito – los niveles de esfuerzos, deformaciones permisibles, entre otras propiedades calculadas en la sección de análisis se utilizaron como datos de base para usar los diagramas. Ya que se comprobó la capacidad de los materiales (Acero ASTM 500-B y Aluminio 6061 T6) de soportar las solicitaciones planteadas, se pueden usar los resultados como parámetro de comparación para el resto de las familias de materiales.

Luego de establecer los parámetros de comparación para utilizar los diagramas, se procede a seleccionar los diagramas que pueden resultar útiles para la selección de familias de materiales. Los diagramas seleccionados son:

- Módulo de Young contra Densidad
- Esfuerzo de cedencia contra Densidad
- Costo por unidad de Volumen

Los diagramas permiten seleccionar familias de materiales que cumplen o exceden los parámetros propuestos. En este caso se limitarán las familias seleccionadas en cada diagrama a metales y compuestos, dejando de lado a los cerámicos. Esta decisión se justifica con que ningún elemento estructural cerámico puede tolerar los niveles de vibración e impacto a los que estará sujeta la estructura del Habita-Mueble durante su traslado e instalación.

Esfuerzo de cedencia (Resistencia) contra Densidad

Quizás las dos características más importantes para la selección del material para la estructura del Habita-Mueble son la rigidez y la densidad. Por un lado se observó en el análisis realizado que el criterio de falla más sensible es el gradiente de desplazamiento nodal (gdn). Éste parámetro está directamente ligado a la deformación de los elementos y por ende con la rigidez de los mismos, por lo que resulta extremadamente importante contar con material con un Módulo de Young alto que impida deformaciones mayores. Tener un material con módulos menores a los que presentan el Acero ASTM 500-B o el Aluminio 6061 T6 ocasionaría un rediseño de la estructura, agregando elementos y con ello peso y costo. La importancia de la densidad en el diseño de la estructura resulta evidente al tratarse el Habita-Mueble de un objeto que se pretende transportar de un lugar a otro. El ahorro de energía en el momento de transportar el Habita-Mueble, así como la facilidad de fabricación e instalación esta íntimamente relacionadas con el peso total del mismo; al ser la estructura el elemento independiente más pesado de todo el Habita-Mueble, la densidad del material con el cual se construya es un factor decisivo.

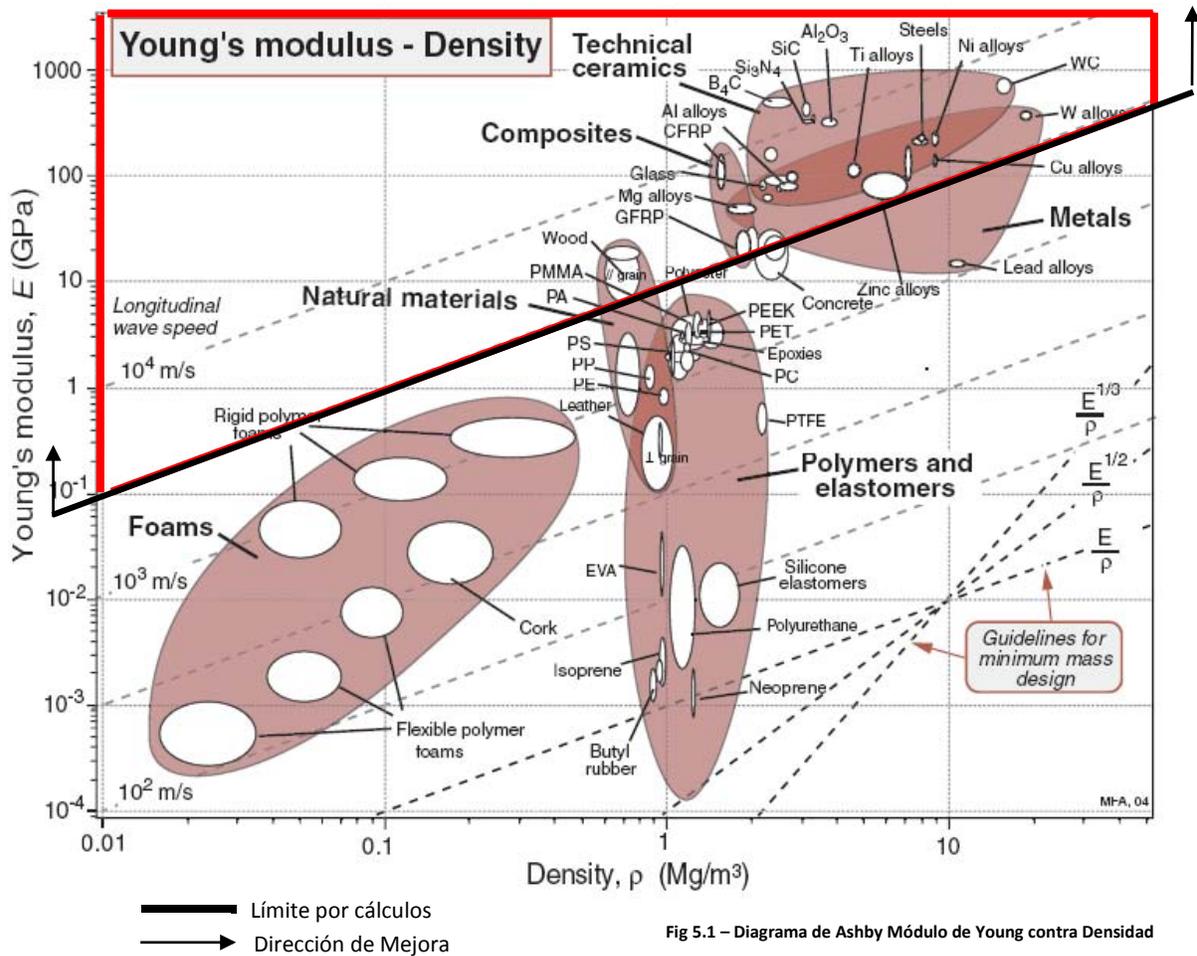


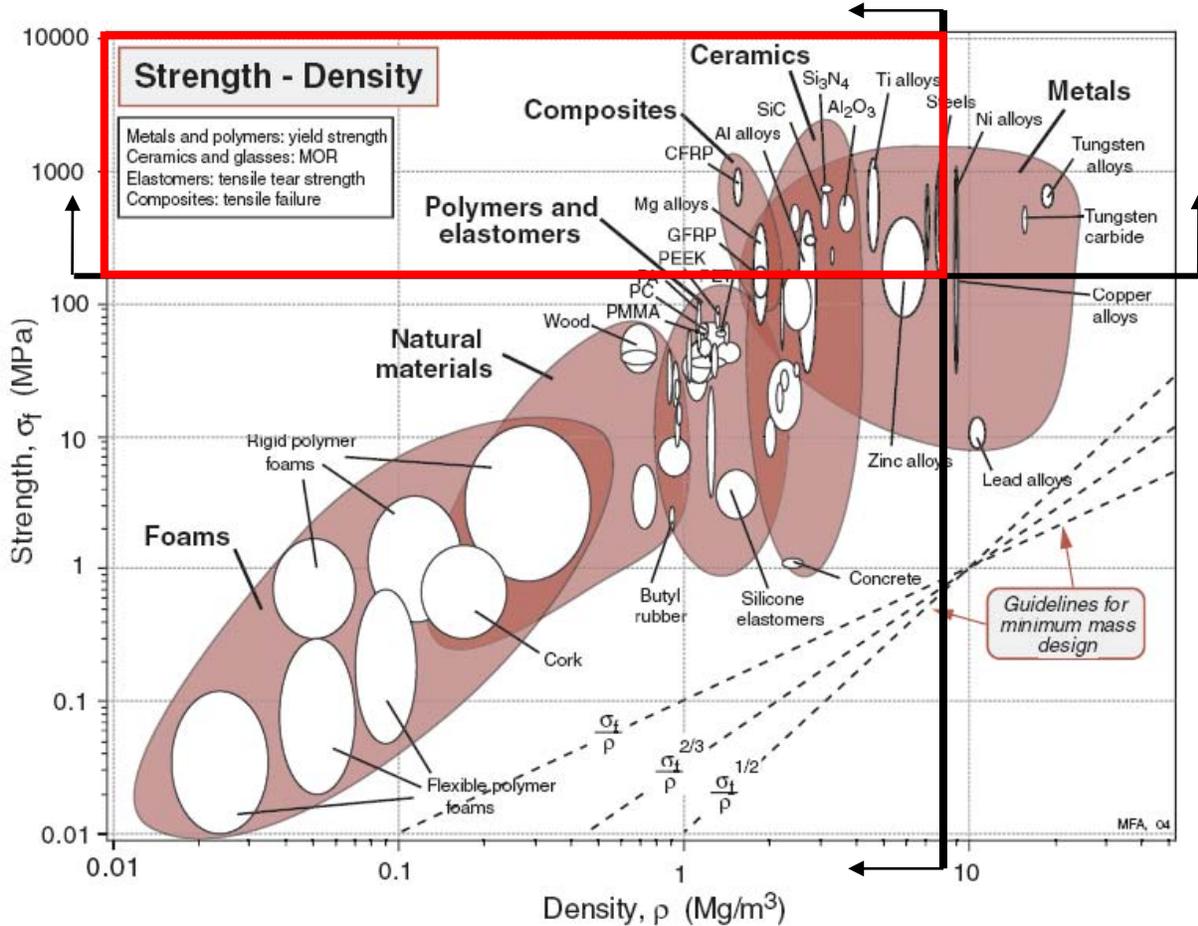
Fig 5.1 – Diagrama de Ashby Módulo de Young contra Densidad

Familias seleccionadas:

- Metales: Aleaciones de cobre, titanio, níquel, aluminio, tungsteno y aceros.
- Compuestos: Fibra de vidrio, fibra de carbono
- Cerámicos Ingenieriles: Descartados por niveles de vibración y esfuerzos cortantes.
- Polímeros: Descartados por estar fuera de rango

Esfuerzo de cedencia (Resistencia) contra Densidad

Otra característica física importante para material a seleccionar para la estructura es el esfuerzo de cedencia, aunque los niveles de esfuerzo calculados en la sección de análisis no resultaron muy altos se requiere de un material que los pueda soportar durante periodos prolongados de manera segura. Los límites se fijaron en los datos calculados para el acero y aluminio utilizados en la sección de análisis.



— Límite por cálculos  
 → Dirección de Mejora

Fig 5.2 – Diagrama de Ashby Esfuerzo de cedencia contra Densidad

Familias seleccionadas:

- Metales: Aleaciones de titanio, níquel, magnesio, zinc, aluminio de alta resistencia y aceros.
- Compuestos: Fibra de vidrio, fibra de carbono
- Cerámicos Ingenieriles: Descartados por niveles de vibración y esfuerzos cortantes.
- Polímeros: Descartados por estar fuera de rango

Costo por unidad de volumen

El costo del material es un aspecto fundamental en cualquier proyecto de ingeniería, sin embargo puede ser difícil de evaluar si no se tiene una relación con alguna propiedad equivalente a los materiales a comparar. El último diagrama utilizado ayuda a comparar el costo por unidad de volumen entre los materiales propuestos, parámetro que permite analizar de manera objetiva el verdadero costo de material propuesto, ya que el volumen de la estructura es esencialmente el mismo sin importar el material a elegir; aunque existen diferencias en cuanto a refuerzos necesarios para cada caso las variaciones son mínimas. Cabe destacar que este diagrama es uno de los más cambiantes, ya que el costo de los materiales varía constantemente según se popularizan los métodos de producción o se desarrolla tecnología que los hace más accesibles.

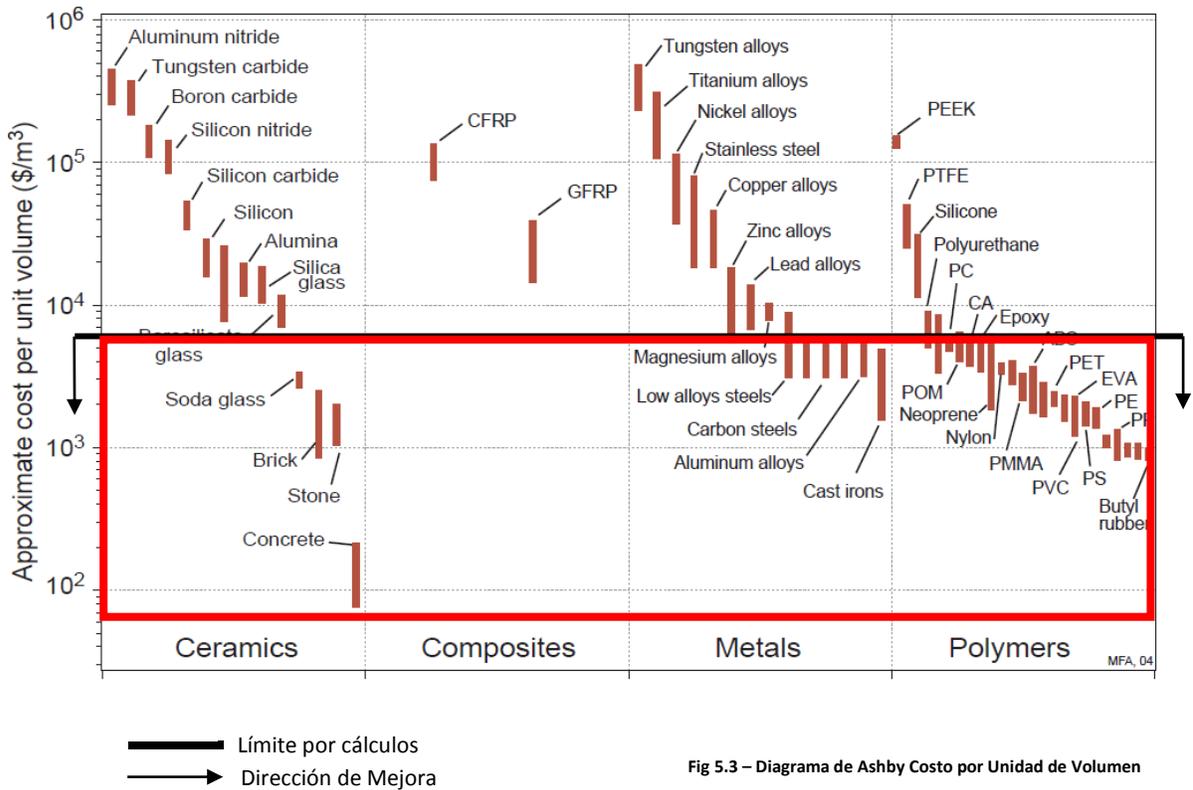


Fig 5.3 – Diagrama de Ashby Costo por Unidad de Volumen

Familias seleccionadas:

- Metales: Aleaciones de magnesio, zinc, aluminio, aceros y fundiciones de hierro.
- Compuestos: Descartados por estar fuera de rango
- Cerámicos Ingenieriles: Descartados por niveles de vibración y esfuerzos cortantes.
- Polímeros: PET, EVA, PVC, PS, Nylon, Neopreno, POM, etc.

### Materiales Seleccionados

Observando los materiales presentes en los tres diagramas (Fig. 5.1-5.3) se pueden identificar dos grupos presentes en todos los casos son: aleaciones de aluminio y aceros. Lo anterior está semi-forzado por la forma en que se determinaron los parámetros, sin embargo respalda la idea de que son de las pocas familias que reúnen las propiedades deseadas para la construcción de la estructura. Otro aspecto importante a considerar para seleccionar los materiales es la disponibilidad que existe de los materiales en presentaciones estandarizadas como tubulares (PTR). Tomando en cuenta esto se seleccionan los siguientes materiales:

- Aleaciones de Aluminio: 6061 T6, 6063 T4
- Aceros al carbono y aleados: ASTM 500-B, Q235

### 5.3. Factores de Peso

Una vez seleccionado los materiales a evaluar se establecen los criterios que afectan la decisión. Dichos criterios se compararon entre ellos para determinar los factores de peso comparativos utilizados para ponderar los resultados en la matriz de decisión.

#### Material Estructura

	Criterio de Selección	A	B	C	D	E	F	Total	Peso Relativo
<b>A</b>	Costo	-	1	1	1	1	1	5	0.357
<b>B</b>	Densidad	0	-	1	1	0	0	2	0.143
<b>C</b>	Esfuerzo de Cedencia	0	0	-	0	0	1	1	0.071
<b>D</b>	Módulo de Young	0	0	1	-	1	1	3	0.214
<b>E</b>	Disponibilidad	0	1	0	0	-	0	1	0.071
<b>F</b>	Facilidad de unión	0	1	0	0	1	-	2	0.143

Total 14 1

Tabla 5.2 –Factores de Peso

#### 5.4. Matriz de Decisión

La matriz de decisión utilizan los factores de peso determinados en el punto anterior para evaluar comparativamente los diferentes materiales propuestos en la etapa de preselección de materiales. Con base en las matrices se evaluará el desempeño de los materiales comparados y se propondrá el más adecuado.

Criterio	F.P.	Unidades	Acero ASTM A500-B			Acero Q235			Aluminio 6061 - T6			Aluminio 6063 -T5		
			Valor	Calif.	Puntos	Valor	Calif.	Puntos	Valor	Calif.	Puntuación	Valor	Calif.	Puntos
Costo	0.357	\$/m3	5887.5	7.867	2.810	4631.5	10	3.571	8370	5.533	1.976	8100	5.718	2.042
Densidad	0.143	Kg/m3	7850	3.4	0.491	7850	3.4	0.491	2700	10	1.429	2700	10	1.429
Esfuerzo de Cedencia	0.071	MPa	317	7.6	0.546	415	10	0.714	276	6.7	0.475	89.6	2.2	0.154
M. de Young	0.214	GPa	210	10	2.143	210	10	2.143	68.9	3.281	0.703	68.9	3.281	0.703
Disponibilidad	0.071	0 - 3	3	10	0.714	1	3.333	0.238	2	6.666	0.476	0	0	0.000
Facilidad de unión	0.143	0 - 2	2	10	1.429	2	10	1.429	1	5	0.714	1	5	0.714
				Totales	<b>8.132</b>		Totales	<b>8.587</b>			5.773			5.042

Tabla 5.3 –Matriz de decisión

## 5.5. Resultados

Los resultados del proceso de selección de material para la estructura del Habita-Mueble permitieron concluir que el material más adecuado es el acero estructural Q235 y en un cercano segundo puesto el acero estructural ASTM 500-B. Los aluminios analizados obtuvieron bajas puntuaciones debido al alto valor asignado al costo del material y al proceso de unión. Resulta muy importante mantener estos dos costos lo más bajo posibles, el primero (Costo de Material) por razones obvias y el del proceso de unión debido a que la tecnología e instalaciones necesarias para la soldadura de perfiles de Aluminio resulta considerablemente más costosa que las empleadas en el mismo proceso para perfiles de Acero. Además, en una estructura como la propuesta con un gran número de puntos de soldadura los costos del proceso de unión tendrán una sensible incidencia en el costo global de la fabricación de la estructura.

## 6. Resultados

### 6.1. Análisis de Resultados

Una vez realizado el análisis estructural (ver capítulo 4) y la selección de materiales (ver capítulo 5), es posible determinar que la estructura puede ser resuelta con la versión corregida de la geometría y los materiales propuestos. Dicha combinación cumple con las solicitaciones y criterios establecidos, mientras que el material representa el mejor balance de propiedades según los criterios de selección de material (Costo, densidad, esfuerzo de cedencia, módulo de Young, etc.)

### 6.2. Propuesta Final de Diseño

La propuesta de diseño final para la estructura es la siguiente:

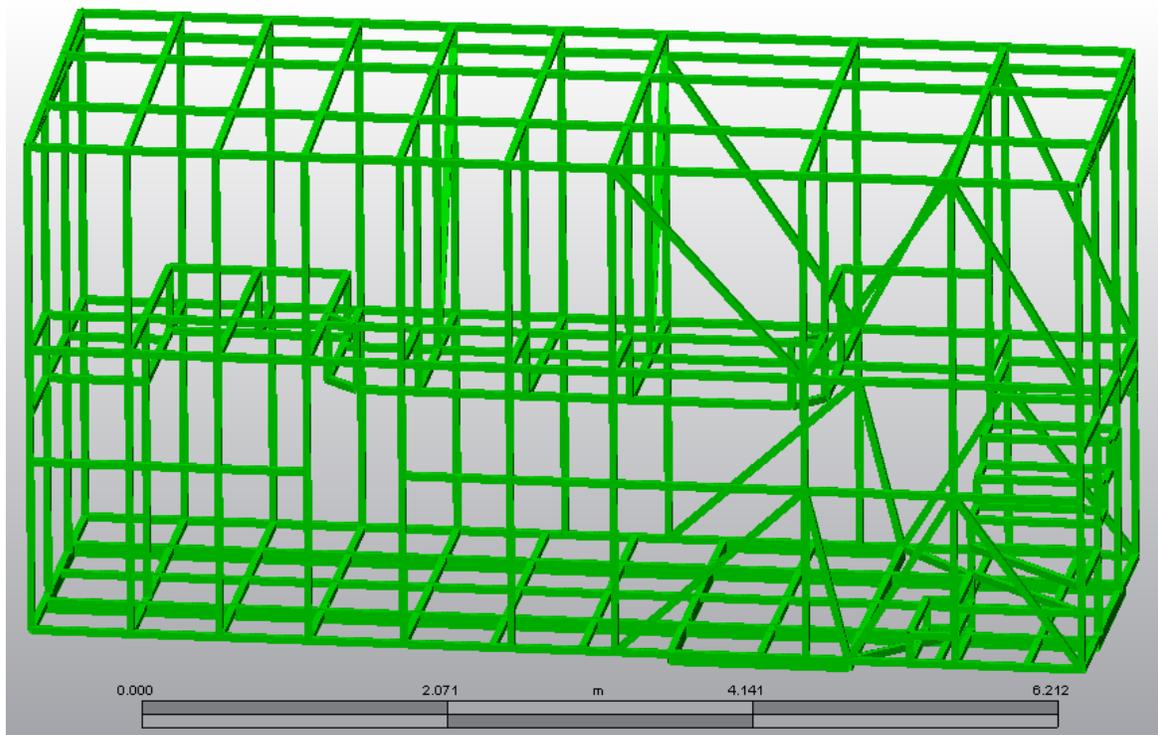


Fig 6.1 – Propuesta Final de Estructura

Las principales modificaciones realizadas a la primera estructura propuesta por el grupo de trabajo encargado del Diseño Conceptual fueron:

- Incorporar refuerzos verticales y tensores diagonales adicionales en lugares críticos para otorgar soporte adicional a la planta superior.

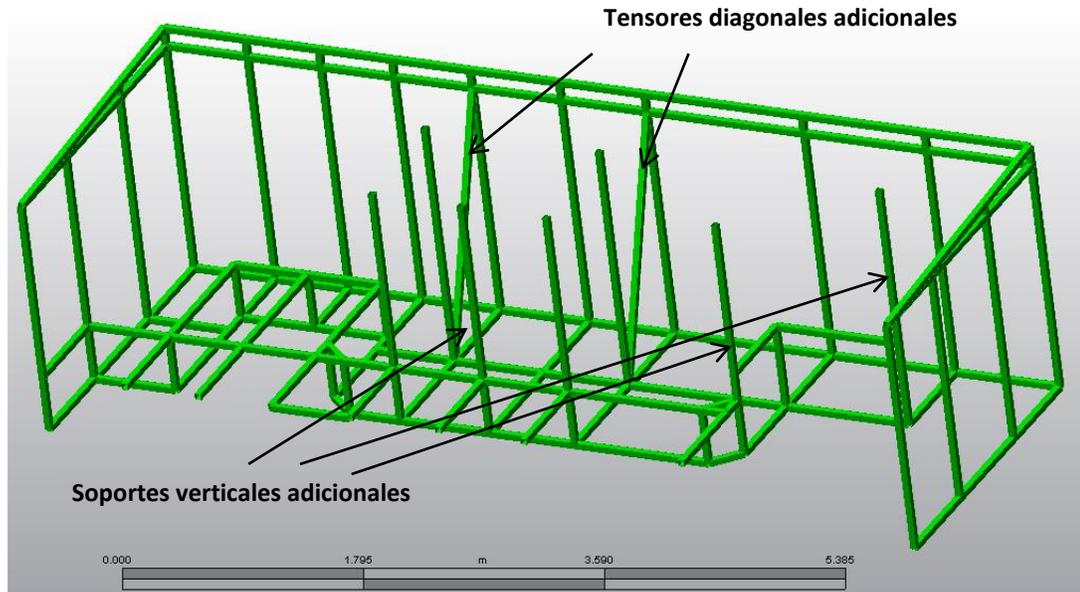


Fig 6.2 – Refuerzos verticales y diagonales en la Planta Alta

- Sustituir dos de los largueros de la base de la estructura de PTR de 2x2" a PTR de 2x4", luego de descartar el PTR 2x3" al no cumplir con los criterios de falla en la etapa de análisis. Lo anterior con el propósito de incrementar la rigidez general y reducir la deformación en los casos de traslado e instalación.

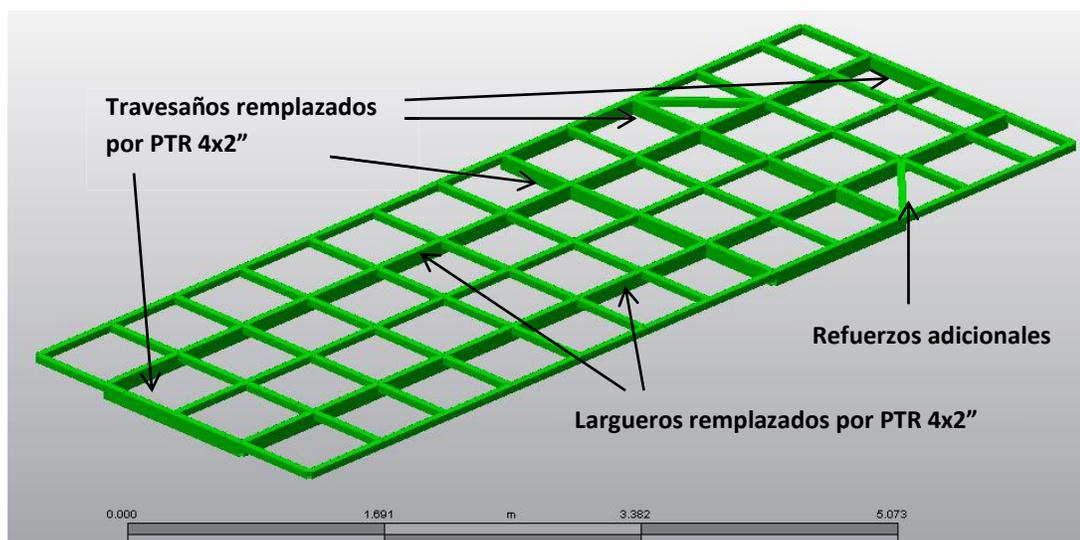


Fig 6.3 – Modificaciones en la base de la estructura

- Incorporar tensores de refuerzo en los costados de la estructura para incrementar la rigidez torsional e impedir desplazamientos excesivos en los casos de traslado y traslado inclinado.

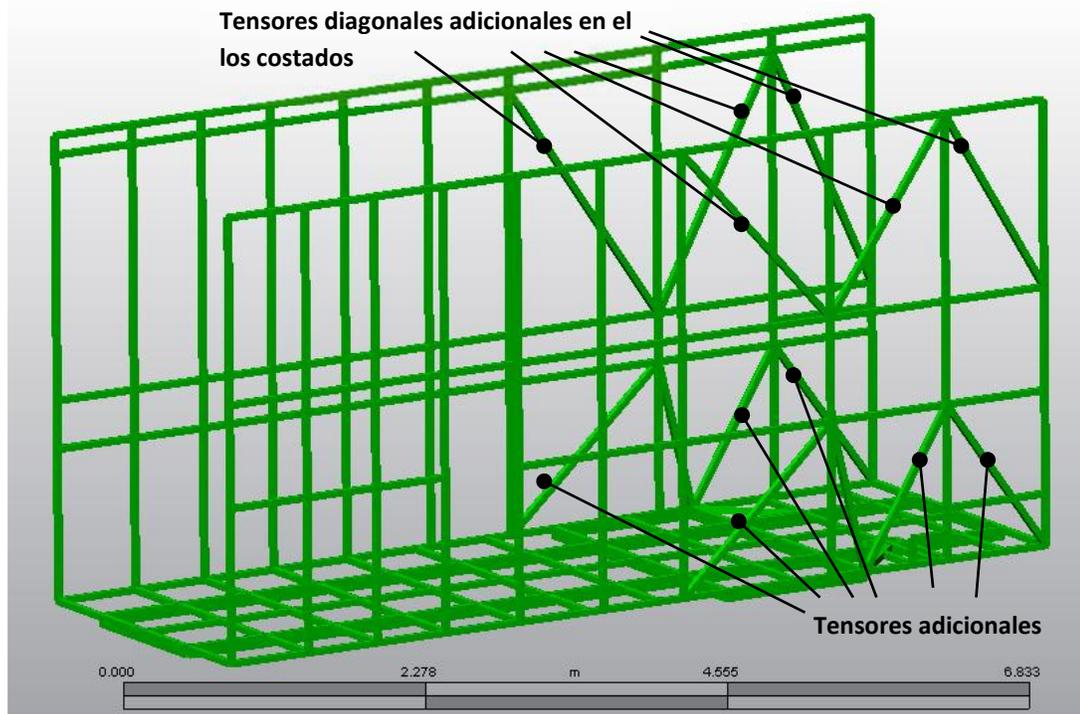


Fig 6.4 – Tensores diagonales en los costados de la Estructura

### 6.3. Propuesta Final de Material

El material elegido con base en el proceso de selección es: Acero Q235

Presentaciones empleadas:

- HSS 2x2x1/8" – Perfil tubular Rectangular (PTR)
- HSS 4x2x1/8" – Perfil tubular Rectangular (PTR)

Cabe mencionar que, si bien se podría optar por un perfil de menor sección transversal para los elementos que no están sujetos a cargas mayores, el hecho de resolver la estructura con únicamente dos tipos de perfil resulta en un descenso en el costo. Lo anterior debido a la posibilidad de comprar al mayoreo, así como la reducción de costos asociados al manejo, almacenaje y disponibilidad de la materia prima.

## 7. Conclusiones

### 7.1. Cumplimiento de Objetivos

Se analizó y evaluó la estructura exterior del Habita-Mueble con base en el método de análisis por elementos finitos. Los resultados obtenidos del análisis sirvieron como iteraciones de un proceso cíclico que involucró análisis, evaluación, rediseño y análisis consecuente hasta obtener los resultados que respaldaran el cumplimiento de las especificaciones propuestas para la estructura. La versión final del diseño de la estructura cumple con dichos requerimientos con factores de seguridad de 1.5 o superiores, por lo que servirá para la realización de un futuro prototipo capaz de continuar con el desarrollo de la propia estructura, así como el resto de los componentes del Habita-Mueble.

El análisis estructural y la evaluación realizada otorgan los elementos necesarios para realizar una propuesta inicial objetiva de los materiales susceptibles a ser utilizados para la fabricación del prototipo. Los materiales propuestos son elegidos luego de un proceso estructurado y documentado que justifica la selección. Los aceros (Q235 y ASTM 500 B) superan a la alternativa de aluminios (6061 T6 y 6063 T5) evaluados ya que las ventajas en la relación peso/resistencia no justifican la inversión adicional en costos de materia prima y procesos asociados. Las calificaciones numéricas calculadas durante el proceso de selección de material del Acero Q235 (8.587/10 pts) superan ampliamente a la obtenida por el mejor calificado de los aluminios, el 6061-T6 (5.773/10 pts).

### 7.2. Inconvenientes encontrados

El principal inconveniente encontrado durante la realización de este trabajo fue la determinación de las consideraciones necesarias para que el método de análisis funcione. Al igual que en muchos proyectos de ingeniería, la determinación de factores, cargas, condiciones de frontera, entre otros resulta complejo en una situación que no tiene análogos en la actualidad, o bien si la documentación del tema resulta escasa o inexistente. Los valores asignados a esta gran cantidad de constantes necesarias para obtener un resultado del método numérico fueron determinados mediante un método fundamentado en las primeras etapas de este trabajo, pero como toda tesis está sujeto a discusión y justificación. Las decisiones metodológicas tomadas están fundamentadas en teorías físico-matemáticas y en ocasiones en factores empíricos. Es en estos factores empíricos donde radica más profundamente la experiencia de los ingenieros, y por lo mismo lo complejo de determinarlos en estos primeros proyectos realizados luego de formación académica. Por otra parte, como en cualquier proyecto de ingeniería, la construcción de prototipos físicos y el someterlos a pruebas son fundamentales para el detallado del diseño antes de su producción en serie.

En el caso particular de este trabajo, los factores empíricos empleados abarcaron distintos aspectos del planteamiento y análisis; entre ellos las estimaciones en la cantidad de personas que ocuparán las zonas en el interior del habita-mueble en un determinado momento. Los datos empleados obedecieron a una relación entre el volumen que ocupa una persona y el volumen disponible en cada zona. Esta decisión, aunque exagerada permite plantear una situación crítica para la estructura. Otro dato determinado empíricamente fue el de la capacidad de carga dentro de cada espacio de guardado, lo anterior se fijó con un estimado de los artículos típicamente almacenados en dichos espacios y el volumen disponible. Así mismo, los factores de seguridad asignados a los elementos en las tablas de cargas se asignaron tomando en cuenta la posible variabilidad de cada uno; por ejemplo, si la diferencia de peso entre un m<sup>2</sup> de piso laminado entre proveedor y proveedor es de  $\pm 10\%$  el factor de seguridad asociado a este elemento es de 1.1, lo cual permitiría a la estructura soportar las solicitaciones en cualquiera de los casos.

Dentro de la sección de selección de material, se tomaron decisiones basadas en experiencia al momento de determinar cualitativamente si un material resultaba más fácil de unir que otro o la disponibilidad de cada uno, ya que en realidad estos valores requerirían de un estudio más profundo que los justificara en el caso específico de una empresa o un país.

Los factores empíricos empleados en el trabajo entonces facilitaron y agilizaron la toma de decisiones sin comprometer gravemente la calidad de los resultados finales.

### **7.3. Posibilidades de desarrollo futuro**

El siguiente paso, luego del desarrollo de este trabajo, es incorporar los resultados obtenidos al proyecto global. Basándose en la propuesta de estructura planteada se podrá construir un prototipo en el cual se podrá comprobar el comportamiento de la estructura durante el desempeño real de los casos simulados en el análisis. La metodología empleada consta de una serie de pasos lógicos y concretos que utilizan herramientas de precisión probada. Sin embargo, es susceptible de mejoras y ajustes que serán definidos con base en los resultados obtenidos en las pruebas con el prototipo físico.

## 8. Referencias

### 8.1. Fuentes Bibliográficas

Fernández F. (2011). *HABITA MUEBLE: Conceptualización*. México: Centro de Investigaciones de Diseño Industrial, UNAM.

Cámara Chilena de la Construcción (2009). *Manual de Tolerancias en Construcción Habitacional* (1ª Edición). Santiago de Chile, Chile: Corporación de Desarrollo Tecnológico.

Ashby, M. (2005). *Material Selection in Mechanical Design* (3ª Edición). Massachusetts, EUA: Elsevier.

Popov, E. (1981). *Introducción a la Mecánica de Sólidos*. México D.F: Limusa

Irvine, H. (1986). *Structural Dynamics for the Practising Engineer*. Londres, Reino Unido: Allen and Unwin.

Smith, M. (1998). *TRAILERS: How to Design and Build Vol.1*. California, EUA: Techni-Visions.

Wright, C (2012). *Introduction to Structural Impact*. Virginia, EUA: PDH Center.

### 8.2. Fuentes Digitales

Transteel México. Medidas y Calibres de Láminas de Acero. Recuperado el 18 de enero del 2012, de: [http://www.transteel.com.mx/tabla\\_pesos.html](http://www.transteel.com.mx/tabla_pesos.html).

Grupo Elektra. Características de Refrigeradores. Recuperado el 25 de enero de 2012, de: <http://www.elektra.com.mx/elektra/MuestraProducto.aspx?sku=7000105>

Pytco México. Características geométricas de los Perfiles tubulares cuadrados. Recuperado el 25 de enero de 2012, de: [http://www.pytco.com.mx/images/PRODUCTO\\_PTR%20CUADRADO.pdf](http://www.pytco.com.mx/images/PRODUCTO_PTR%20CUADRADO.pdf)

Steel Tube Institute of North America. Características geométricas de los Perfiles tubulares cuadrados. Recuperado el 25 de enero de 2012, de: <http://www.cim.mcgill.ca/~paul/HollowStruct.pdf>

Ikea Company. Características de Muebles y Electrodomésticos. Recuperado el 2 de febrero de 2012, de: <http://www.ikea.com/es/es/catalog/products>

Decorlux. Características de Piso Laminado. Recuperado el 2 de febrero de 2012, de: [http://decorluxonline.com/ficha\\_laminados.pdf](http://decorluxonline.com/ficha_laminados.pdf)

American Standard. Características de Inodoros comerciales. Recuperado el 2 de febrero de 2012, de: <http://www.americanstandard.com.mx/irj/portal/anonymous?NavigationTarget=navurl://3e823e156d472fc4fe4a7cd915ac875d&windowId=undefined>

Engineering Toolbox. Características de Láminas de acero y aluminio. Recuperado el 8 de febrero de 2012, de: [http://www.engineeringtoolbox.com/gauge-sheet-d\\_915.html](http://www.engineeringtoolbox.com/gauge-sheet-d_915.html)

Independence Tube Co. Características del Acero ASTM A500-B. Recuperado el 9 de febrero de 2012, de: [http://www.independencetube.com/downloads/ASTM\\_A500.pdf](http://www.independencetube.com/downloads/ASTM_A500.pdf)

The Home Depot Co. Características de Regaderas. Recuperado el 14 de febrero de 2012, de: [http://www.homedepot.com/Bath-Bath-Tubs-Showers-Whirlpool-Tubs-Showers-Shower-Stalls-Shower-Kits/h\\_d1/N-5yc1vZbza7/h\\_d2/Navigation?catalogId=10053&langId=-1&storeId=10051](http://www.homedepot.com/Bath-Bath-Tubs-Showers-Whirlpool-Tubs-Showers-Shower-Stalls-Shower-Kits/h_d1/N-5yc1vZbza7/h_d2/Navigation?catalogId=10053&langId=-1&storeId=10051)

Do it yourself: Audio and Video. Características MDF. Recuperado el 15 de febrero de 2012, de: <http://www.diyaudioandvideo.com/FAQ/MDF/#Q3>

PDH Center. Método de conversión de Cargas dinámicas a estáticas. Recuperado el 21 de febrero de 2012, de: <http://www.pdhonline.org/courses/s164/s164content.pdf>

INEGI. Cantidad de viviendas por tipo y población. Recuperado el 21 de junio de 2012, de: <http://www.inegi.org.mx/sistemas/sisept/default.aspx?t=mhog08&s=est&c=22231>

Facultad de Ingeniería de la Universidad de la República de Uruguay. Pandeo de Columnas. Recuperado el 21 de junio de 2012, de: <http://www.fing.edu.uy/iimpi/academica/grado/compmecmat/material/pandeo.pdf>

Santillana, J. (2008) OpenCourseWare de la Universidad de Salamanca. Pandeo y Ecuación de Euler. Recuperado el 21 de junio de 2012, de: <http://ocw.usal.es/enseñanzas-tecnicas/resistencia-de-materiales-ingeniero-tecnico-en-obras-publicas/contenidos/Tema10-Pandeo.pdf>

Loucon Metal. Catálogo de perfiles estructurales comerciales. Recuperado el 23 de junio de 2012, de: [http://www.louconmetal.com/lm\\_pdfs/LMSB11.pdf](http://www.louconmetal.com/lm_pdfs/LMSB11.pdf)

## ANEXO I – Estudio de Mercado

### 1. Cuestionarios utilizados para el estudio de Mercado

Hoja 1



CENTRO DE INVESTIGACIONES DE DISEÑO INDUSTRIAL   
Facultad de Arquitectura Universidad Nacional Autónoma de México

Encuesta para Investigación de Diseño Industrial sobre necesidades, gustos y preferencias en Vivienda.

Edad: \_\_\_\_\_ Sexo:  F  M

Contesta las siguientes preguntas sobre una vivienda, recuerda que no hay respuestas incorrectas. Gracias.

Lo más importante al adquirir una vivienda son los materiales con que está hecha

Totalmente en desacuerdo    En desacuerdo    Ni de acuerdo ni en desacuerdo    De acuerdo    Totalmente de acuerdo

Lo más importante al adquirir una vivienda es la comodidad

Totalmente en desacuerdo    En desacuerdo    Ni de acuerdo ni en desacuerdo    De acuerdo    Totalmente de acuerdo

Lo más importante al adquirir una vivienda es el precio

Totalmente en desacuerdo    En desacuerdo    Ni de acuerdo ni en desacuerdo    De acuerdo    Totalmente de acuerdo

Requiere un espacio de trabajo independiente

Totalmente en desacuerdo    En desacuerdo    Ni de acuerdo ni en desacuerdo    De acuerdo    Totalmente de acuerdo

Requiere una división entre las áreas sociales y privadas

Totalmente en desacuerdo    En desacuerdo    Ni de acuerdo ni en desacuerdo    De acuerdo    Totalmente de acuerdo

Es necesario medio baño para visitas

Totalmente en desacuerdo    En desacuerdo    Ni de acuerdo ni en desacuerdo    De acuerdo    Totalmente de acuerdo

Es necesario contar con un espacio para hospedar visitas

Totalmente en desacuerdo    En desacuerdo    Ni de acuerdo ni en desacuerdo    De acuerdo    Totalmente de acuerdo

¿Cuántas personas consideras que deben poder estar en el área social (sala-comedor) de una casa?

2-4    4-6    6-8    8-10    más de 10



**Espacios más usados**

**Numera del uno al cinco los espacios que más usas en una casa siendo el 1 el de mayor importancia.**

- |   |  |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> Antecomedor        | <input type="checkbox"/> Comedor       |
| <input type="checkbox"/> Balcón             | <input type="checkbox"/> Garaje        |
| <input type="checkbox"/> Baño completo      | <input type="checkbox"/> Gimnasio      |
| <input type="checkbox"/> Biblioteca         | <input type="checkbox"/> Medio baño    |
| <input type="checkbox"/> Bodega             | <input type="checkbox"/> Oficina       |
| <input type="checkbox"/> Cocina             | <input type="checkbox"/> Recamara      |
| <input type="checkbox"/> Cuarto de Juegos   | <input type="checkbox"/> Sala de estar |
| <input type="checkbox"/> Cuarto de Lavado   | <input type="checkbox"/> Sala de TV    |
| <input type="checkbox"/> Cuarto de Servicio | <input type="checkbox"/> Terraza       |
| <input type="checkbox"/> Vestidor           | <input type="checkbox"/> Vestíbulo     |

**Aspectos al comprar vivienda**

**Numera del uno al cinco los aspectos fundamentales al adquirir una vivienda siendo el 1 el de mayor importancia.**

- Comodidad
- Equipamiento (cocina, boiler, etc.)
- Mantenimiento
- Materiales con los que está hecha
- Precio
- Quien la diseño /construyó
- Tamaño
- Tipo de vivienda (casa, depto, loft, etc.)
- Ubicación

**Equipamiento**

**Numera del uno al diez el equipamiento de una casa siendo el 1 el de mayor importancia.**

- |   |  |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> Aire acondicionado | <input type="checkbox"/> Horno de microondas |
| <input type="checkbox"/> Aspiradora         | <input type="checkbox"/> Horno eléctrico     |
| <input type="checkbox"/> Caja fuerte        | <input type="checkbox"/> Impresora           |
| <input type="checkbox"/> Calefacción        | <input type="checkbox"/> Lavavajillas        |
| <input type="checkbox"/> Calentador de agua | <input type="checkbox"/> Lavadora            |
| <input type="checkbox"/> Computadora        | <input type="checkbox"/> Refrigerador        |
| <input type="checkbox"/> Closet             | <input type="checkbox"/> Secadora            |
| <input type="checkbox"/> Equipo de Sonido   | <input type="checkbox"/> Televisión          |
| <input type="checkbox"/> Estufa             | <input type="checkbox"/> Ventilador          |
| <input type="checkbox"/> Fregadero          |  |

**Espacios Imprescindibles**

**Numera del uno al diez los espacios imprescindibles que debería tener tu primera casa siendo el 1 el de mayor importancia.**

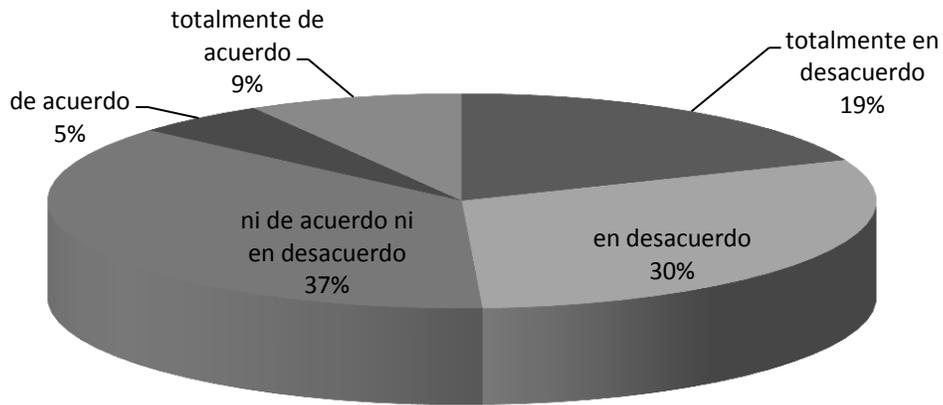
- |   |  |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> Antecomedor        | <input type="checkbox"/> Comedor       |
| <input type="checkbox"/> Balcón             | <input type="checkbox"/> Garaje        |
| <input type="checkbox"/> Baño completo      | <input type="checkbox"/> Gimnasio      |
| <input type="checkbox"/> Biblioteca         | <input type="checkbox"/> Medio baño    |
| <input type="checkbox"/> Bodega             | <input type="checkbox"/> Oficina       |
| <input type="checkbox"/> Cocina             | <input type="checkbox"/> Recamara      |
| <input type="checkbox"/> Cuarto de Juegos   | <input type="checkbox"/> Sala de estar |
| <input type="checkbox"/> Cuarto de Lavado   | <input type="checkbox"/> Sala de TV    |
| <input type="checkbox"/> Cuarto de servicio | <input type="checkbox"/> Terraza       |
| <input type="checkbox"/> Vestidor           | <input type="checkbox"/> Vestíbulo     |

2. Resultados de la encuesta realizada durante el estudio de mercado

**2.1 Lo más importante al adquirir una vivienda son los materiales con que está hecha**

totalmente en desacuerdo	47
en desacuerdo	76
ni de acuerdo ni en desacuerdo	93
de acuerdo	13
totalmente de acuerdo	21

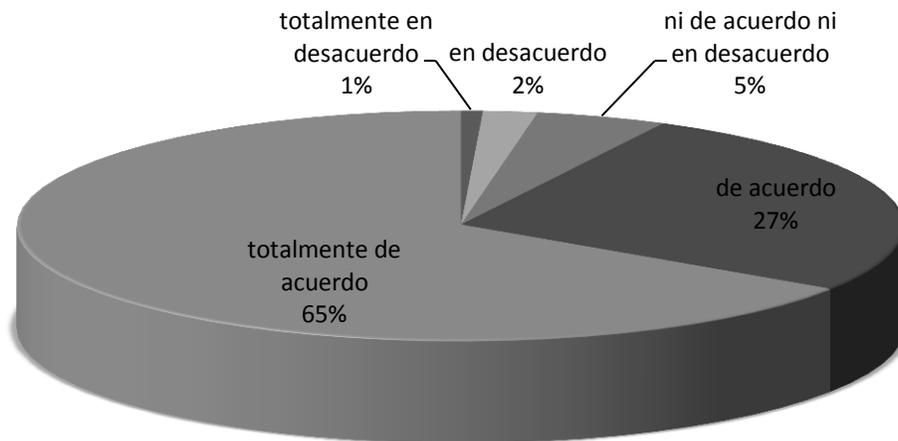
total 250



**2.2 Lo más importante al adquirir una vivienda es la comodidad**

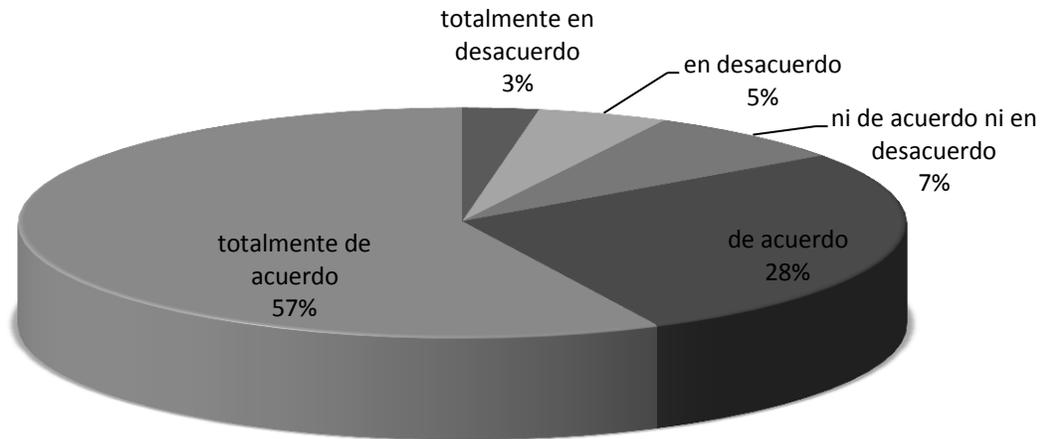
totalmente en desacuerdo	2
en desacuerdo	5
ni de acuerdo ni en desacuerdo	12
de acuerdo	67
totalmente de acuerdo	164

total 250



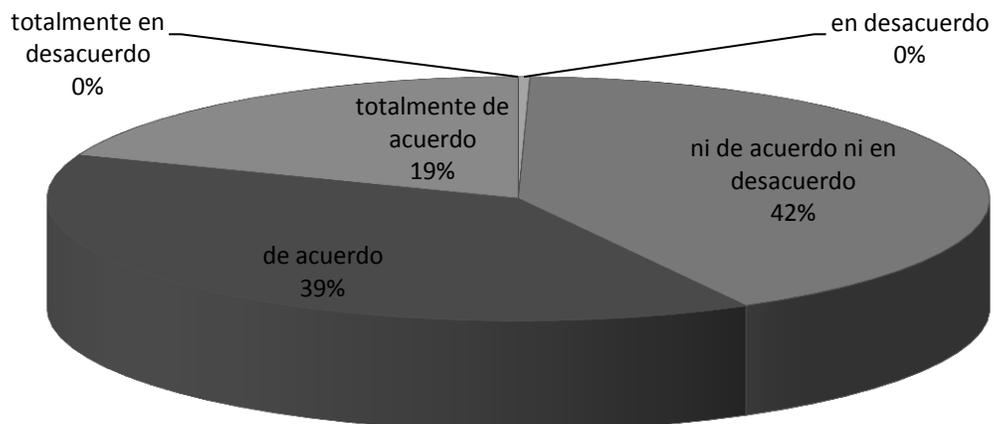
**2.3 Lo más importante al adquirir una vivienda es el precio**

totalmente en desacuerdo	7
en desacuerdo	12
ni de acuerdo ni en desacuerdo	19
de acuerdo	69
totalmente de acuerdo	143
<b>total</b>	<b>250</b>



**2.4 Requiere un espacio de trabajo independiente**

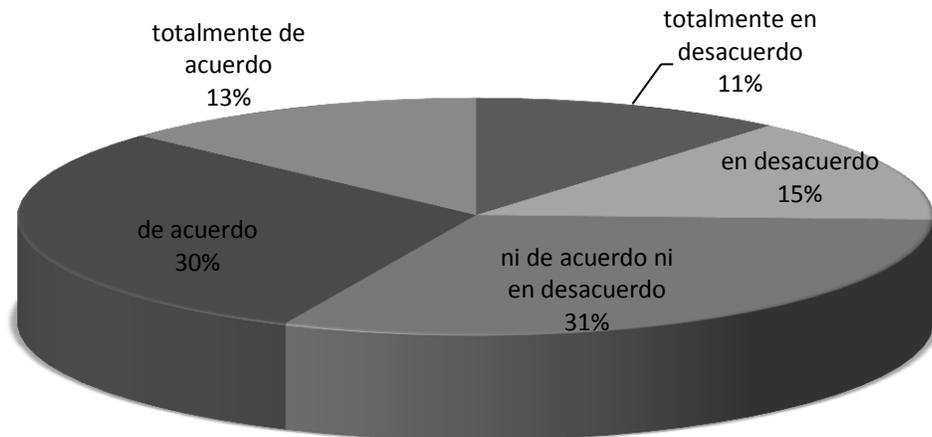
totalmente en desacuerdo	0
en desacuerdo	1
ni de acuerdo ni en desacuerdo	104
de acuerdo	97
totalmente de acuerdo	48
<b>total</b>	<b>250</b>



### 2.5 Es necesario medio baño para visitas

totalmente en desacuerdo	28
en desacuerdo	36
ni de acuerdo ni en desacuerdo	78
de acuerdo	75
totalmente de acuerdo	33

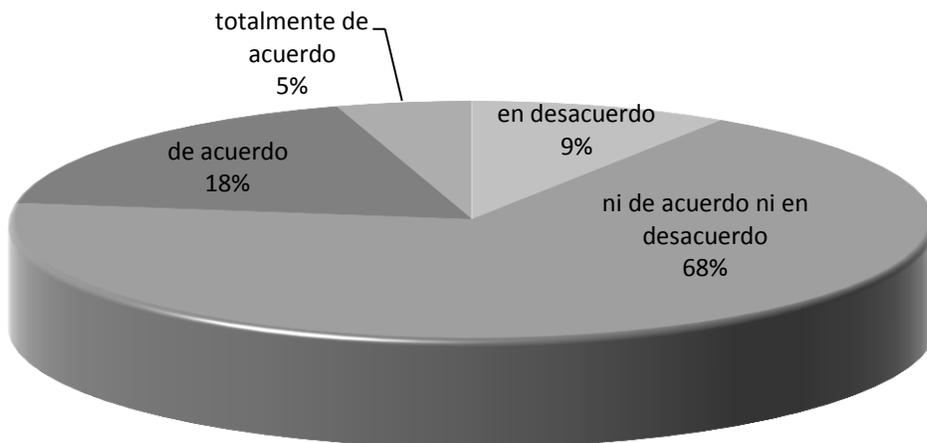
**total 250**



### 2.6 Es necesario contar con un espacio para hospedar visitas

totalmente en desacuerdo	0
en desacuerdo	23
ni de acuerdo ni en desacuerdo	170
de acuerdo	45
totalmente de acuerdo	12

**total 250**



**2.7 ¿Cuántas personas consideras que deben poder estar en el área social (sala-comedor) de una casa?**

<input type="checkbox"/> 2-4	36
<input type="checkbox"/> 4-6	94
<input type="checkbox"/> 6-8	77
<input type="checkbox"/> 8-10	29
<input type="checkbox"/> más de 10	14
<b>total</b>	<b>250</b>

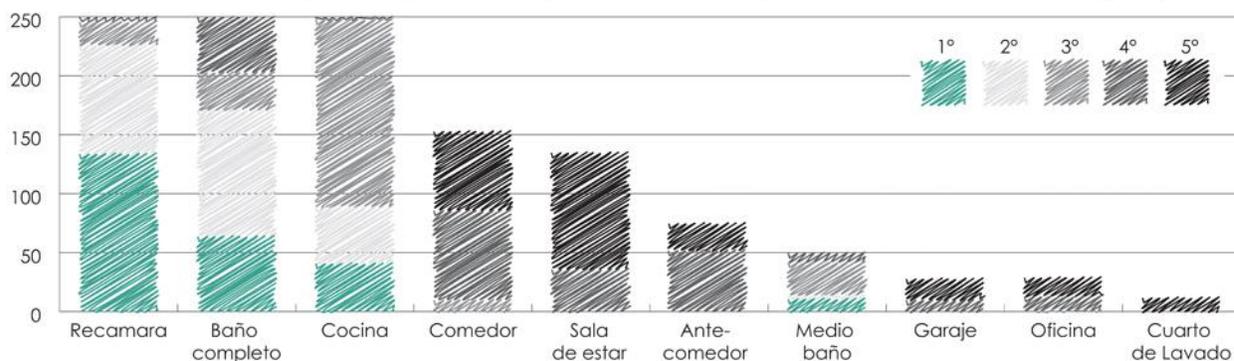
**¿Cuántas personas consideras deben poder estar en el área social (sala-comedor)?**



<b>2.8 Espacios Imprescindibles</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
Antecomedor				52	23
Balcón					
Baño completo	64	107	32	47	
Biblioteca				1	
Bodega				1	8
Cocina	41	48	159	2	
Cuarto de Juegos					
Cuarto de Lavado					12
Cuarto de servicio					
Comedor			10	76	67
Garaje				10	18
Gimnasio					2
Medio baño	11	3	28	8	
Oficina			1	12	16
Recamara	134	92	20	4	
Sala de estar				36	99
Sala de TV					
Terraza					
Vestíbulo					
Vestidor				1	5
<b>total</b>	<b>250</b>	<b>250</b>	<b>250</b>	<b>250</b>	<b>250</b>

## Espacios Imprescindibles

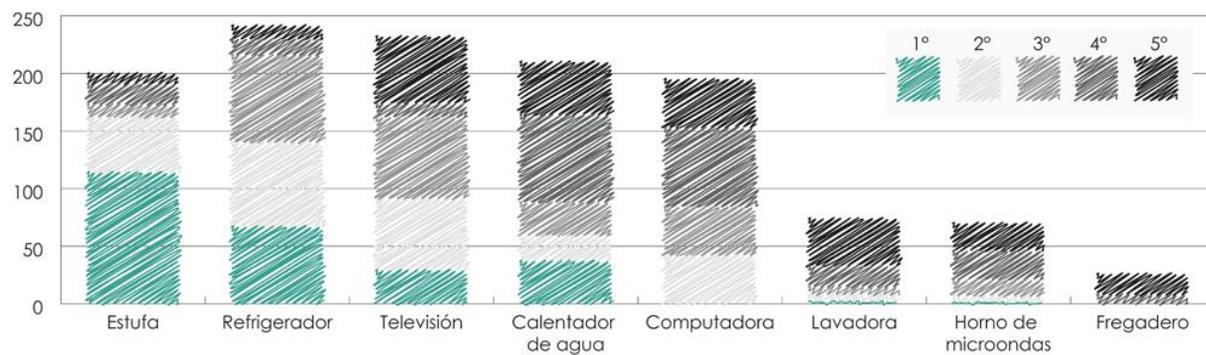
Numera del uno al cinco los espacios imprescindibles que debería tener tu primera casa siendo el 1 el de mayor importancia.



2.9 Equipamiento	1	2	3	4	5
Aire acondicionado					
Aspiradora					
Caja fuerte					
Calefacción					
Calentador de agua	37	12	29	69	36
Computadora		42	42	86	42
Closet		1			2
Equipo de Sonido					
Estufa	114	48	11	18	9
Fregadero				8	18
Horno de microondas	1	6	14	25	24
Horno eléctrico					
Impresora					
Lavavajillas					
Lavadora	2	6	7	18	41
Refrigerador	67	73	76	14	20
Secadora					
Televisión	29	62	71	12	58
Ventilador					
total	250	250	250	250	250

## Equipamiento

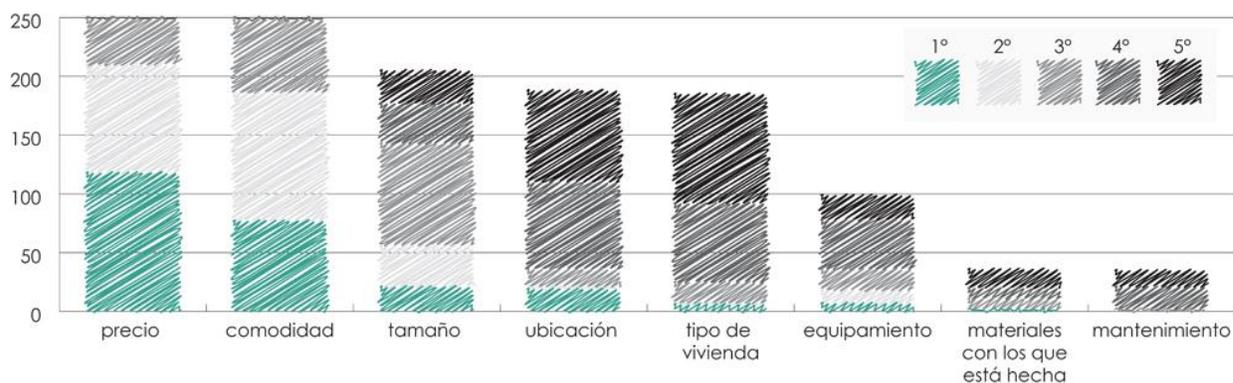
Numera del uno al diez el equipamiento de una casa siendo el 1 el de mayor importancia.



<b>2.10 Aspectos al comprar vivienda</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
Comodidad	77	109	62	2	0
Equipamiento (cocina, boiler, etc.)	6	1	18	67	93
Mantenimiento	0	0	2	19	14
Materiales con los que está hecha	7	11	18	42	21
Precio	118	92	39	1	0
Quien la diseño /construyó	0	0	0	2	0
Tamaño	21	35	87	34	28
Tipo de vivienda (casa, depto, etc)	2	0	9	9	16
Ubicación	19	2	15	74	78
<b>total</b>	<b>250</b>	<b>250</b>	<b>250</b>	<b>250</b>	<b>250</b>

## Aspectos al comprar vivienda

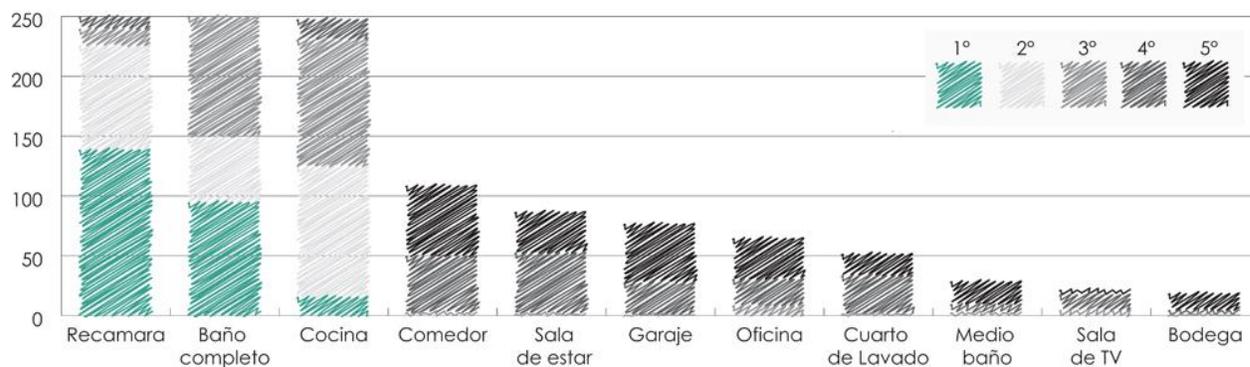
Numera del uno al cinco los aspectos fundamentales al adquirir una vivienda siendo el 1 el de mayor importancia.



<b>2.11 Espacios mas usados</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
Antecomedor			2	6	3
Balcón					
Baño completo	95	54	101		
Biblioteca				1	2
Bodega			1	4	14
Cocina	16	109	106	17	2
Cuarto de Juegos					
Cuarto de Lavado			2	47	59
Cuarto de servicio				3	
Comedor			3	32	18
Garaje			1	27	49
Gimnasio					2
Medio baño			3	7	19
Oficina			9	22	34
Recamara	139	87	14	10	
Sala de estar			2	51	34
Sala de TV			5	13	4
Terraza					
Vestíbulo				1	4
Vestidor			1	9	6
<b>total</b>	<b>250</b>	<b>250</b>	<b>250</b>	<b>250</b>	<b>250</b>

## Espacios más usados

Numera del uno al cinco los espacios que más usas en una casa siendo el 1 el de mayor importancia.



## ANEXO IV – Casos de Carga

Tabla 4.3.1 Cargas y zonas de aplicación durante la Instalación											
Planta	Zona	Nombre	Artículos	Descripción		Peso [kg]	F.S.	Cargas [N]	Carga c/FS [N]		
Baja	1	Refrigerador	Refrigerador	Refrigerador Comercial de 8 ft3*	1	41	1.5	401.8	602.7		
			Piso	Triplay 12 mm y piso laminado	0.4	13.62	1.1	53.4	58.7		
	Carga total aplicada en la Zona:									661.4	N
	Largo de Zona:									1.86	m
	Carga Uniforme Distribuida en los elementos de la Zona:									355.6	N/m
	2	W.C. PB	W.C.	Retrete Comercial American Standard	1	40	1.2	392	470.4		
			Ocupante	Ocupantes en el baño							
			Piso	Triplay 12 mm y piso laminado	0.53	13.62	1.1	70.72	77.80		
	Carga total aplicada en la Zona:									548.2	N
	Largo de Zona:									2.912	m
	Carga Uniforme Distribuida en los elementos de la Zona:									188.3	N/m
	3	Cocina	Cocina	Cocina integral inferior	1	100	1.5	980	1470		
			Parrilla	Plancha de inducción	1	5	1.5	49	73.5		
			Utensilios	Vajilla y utensilios 6 personas							
			Otros	Extras almacenados							
			Piso	Triplay 12 mm	2.75	7.62	1.1	205.3	225.8		
	Carga total aplicada en la Zona:									1769.3	N
	Largo de Zona:									12.323	m
	Carga Uniforme Distribuida en los elementos de la Zona:									143.6	N/m
	4	Cocina Ocupantes	Ocupantes	Ocupantes en la cocina							
			Piso	Triplay 12 mm y piso laminado	2.2875	13.62	1.1	305.25	335.77		
	Carga total aplicada en la Zona:									335.77	N
	Largo de Zona:									10.505	m
	Carga Uniforme Distribuida en los elementos de la Zona:									32.0	N/m
5	Comedor	Muebles	Bancas	2	20	1.5	392	588			
		Otros	Extras almacenados								
		Ocupantes	Ocupantes en bancas								
		Piso	Triplay 12 mm	2.75	7.62	1.1	205.3	225.8			
Carga total aplicada en la Zona:									813.79	N	
Largo de Zona:									10.556	m	
Carga Uniforme Distribuida en los elementos de la Zona:									77.1	N/m	

Tabla 4.3.1 Cargas y zonas de aplicación durante la Instalación (Continuación)

Planta	Zona	Nombre	Artículos	Descripción		Peso [kg]	F.S.	Cargas [N]	Carga c/FS [N]		
Baja	6	Sala	Muebles	Bancas	2	20	1.5	392	588		
			Otros	Extras almacenados							
			Piso	Triplay 12 mm	2.75	7.62	1.1	205.3	225.8		
			Ocupantes	Ocupantes en bancas							
	Carga total aplicada en la Zona:									813.79	N
	Largo de Zona:									9.208	m
	Carga Uniforme Distribuida en los elementos de la Zona:									88.4	N/m
	7	Pasillo	Ocupantes	Ocupantes en pasillo							
			Piso	Triplay 12 mm y piso laminado	3.35	13.62	1.1	447.03	491.73		
	Carga total aplicada en la Zona:									491.73	N
	Largo de Zona:									14.05	m
	Carga Uniforme Distribuida en los elementos de la Zona:									35.0	N/m
	8	Mesa	Piso	Triplay 12 mm y piso laminado	0.67	13.62	1.1	89.41	98.35		
			Ocupantes	Ocupantes de paso							
			Mesa	Mesa	1	10	1.2	98.00	117.60		
	Carga total aplicada en la Zona:									215.95	N
	Largo de Zona:									3.418	m
	Carga Uniforme Distribuida en los elementos de la Zona:									63.2	N/m
	9	Almacén 1	Piso	Triplay 12 mm	0.38	7.62	1.1	28.36	31.20		
			Otros	Extras almacenados							
	Carga total aplicada en la Zona:									31.20	N
	Largo de Zona:									2.47	m
	Carga Uniforme Distribuida en los elementos de la Zona:									12.6	N/m
	10	Sala Ocupantes	Ocupantes	Ocupantes en sala							
			Piso	Triplay 12 mm y piso laminado	1.34	13.62	1.1	178.81	196.69		
	Carga total aplicada en la Zona:									196.69	N
	Largo de Zona:									5.727	m
Carga Uniforme Distribuida en los elementos de la Zona:									34.3	N/m	
11	Almacén 2	Piso	Triplay 12 mm	1.63	7.62	1.1	121.76	133.94			
		Mueble	Mueble propuesto	1	15.00	1.5	147.00	220.50			
		Otros	Extras almacenados								
Carga total aplicada en la Zona:									354.44	N	
Largo de Zona:									6.068	m	
Carga Uniforme Distribuida en los elementos de la Zona:									58.4	N/m	

Tabla 4.3.1 Cargas y zonas de aplicación durante la Instalación (Continuación)

Planta	Zona	Nombre	Artículos	Descripción		Peso [kg]	F.S.	Cargas [N]	Carga c/FS [N]		
Baja	12	Almacén 3	Piso	Triplay 12 mm	1.09	7.62	1.1	81.53	89.68		
			Otros	Extras almacenados							
	Carga total aplicada en la Zona:									89.68	N
	Largo de Zona:									6.992	m
Carga Uniforme Distribuida en los elementos de la Zona:									12.8	N/m	
Escalera	13	Escalón T1	Piso	Triplay 12 mm y piso laminado	0.24	13.62	1.1	32.03	35.23		
			Ocupantes	Ocupante por escalón							
	Carga total aplicada en la Zona:									35.23	N
	Largo de Zona:									2.17	m
	Carga Uniforme Distribuida en los elementos de la Zona:									16.2	N/m
	14	Escalón T2	Piso	Triplay 12 mm y piso laminado	0.27	13.62	1.1	36.03	39.63		
			Ocupantes	Ocupante por escalón							
	Carga total aplicada en la Zona:									39.63	N
	Largo de Zona:									2.357	m
	Carga Uniforme Distribuida en los elementos de la Zona:									16.8	N/m
	15	Escalón T3	Piso	Triplay 12 mm y piso laminado	0.338	13.62	1.1	45.10	49.61		
			Ocupantes	Ocupante por escalón							
	Carga total aplicada en la Zona:									49.61	N
	Largo de Zona:									2.812	m
	Carga Uniforme Distribuida en los elementos de la Zona:									17.6	N/m
	16	Escalón T4	Piso	Triplay 12 mm y piso laminado	0.695	13.62	1.1	92.74	102.02		
Ocupantes			Ocupante por escalón								
Carga total aplicada en la Zona:									102.02	N	
Largo de Zona:									3.338	m	
Carga Uniforme Distribuida en los elementos de la Zona:									30.6	N/m	
Alta	17	Estudio	Piso	Triplay 12 mm y piso laminado	3.075	13.62	1.1	410.33	451.37		
			Ocupantes	Ocupantes estudio							
			Silla	Silla de oficina							
	Carga total aplicada en la Zona:									451.37	N
	Largo de Zona:									10.1	m
	Carga Uniforme Distribuida en los elementos de la Zona:									44.7	N/m
	17b	Estudio	Mesa	Mesa del estudio	0.800	7.62	1.1	59.71	65.69		
			Computadora	Laptop							
Carga total aplicada en la Zona:									65.69	N	
Largo de Zona:									1.745	m	
Carga Uniforme Distribuida en los elementos de la Zona:									37.6	N/m	

Tabla 4.3.1 Cargas y zonas de aplicación durante la Instalación (Continuación)

Planta	Zona	Nombre	Artículos	Descripción		Peso [kg]	F.S.	Cargas [N]	Carga c/FS [N]		
Alta	18	Almacén 4	Superficies	Mueble propuesto	1	10	1.2	98.00	117.60		
			Impresora	Multifuncional							
			Otros	Extras almacenados							
	Carga total aplicada en la Zona:									117.60	N
	Largo de Zona:									4.655	m
	Carga Uniforme Distribuida en los elementos de la Zona:									25.3	N/m
	19	Vestidor	Piso	Triplay 12 mm y piso laminado	1.350	13.62	1.1	180.15	198.16		
			Ocupantes	Ocupantes							
	Carga total aplicada en la Zona:									198.16	N
	Largo de Zona:									5.675	m
	Carga Uniforme Distribuida en los elementos de la Zona:									34.9	N/m
	20	Recámara	Piso	Triplay 12 mm y piso laminado	3.270	13.62	1.1	436.36	479.99		
			Ocupantes	Ocupantes							
	Carga total aplicada en la Zona:									479.99	N
	Largo de Zona:									13.8	m
	Carga Uniforme Distribuida en los elementos de la Zona:									34.8	N/m
	21	Cama	Cama	Cama Matrimonial de resortes	1	50	1.2	490	588		
			Base	Triplay 12 mm	2.4	7.62	1.1	179.14	197.06	N	
			Ocupantes	Ocupantes en la cama						m	
	Carga total aplicada en la Zona:									785.1	N/m
	Largo de Zona:									9.363	
	Carga Uniforme Distribuida en los elementos de la Zona:									83.8	
	22	Almacén 5	Piso	Triplay 12 mm	1.05	7.62	1.1	78.37	86.21		
			Otros	Extras almacenados							
Carga total aplicada en la Zona:									86.21	N	
Largo de Zona:									5.764	m	
Carga Uniforme Distribuida en los elementos de la Zona:									15.0	N/m	
23	Almacén 6	Piso	Triplay 12 mm	0.55	7.62	1.1	41.05	45.16			
		Otros	Extras almacenados								
Carga total aplicada en la Zona:									45.16	N	
Largo de Zona:									2.972	m	
Carga Uniforme Distribuida en los elementos de la Zona:									15.2	N/m	

Tabla 4.3.1 Cargas y zonas de aplicación durante la Instalación (Continuación)													
Planta	Zona	Nombre	Artículos	Descripción		Peso [kg]	F.S.	Cargas [N]	Carga c/FS [N]				
	24	Lavabo	Mueble	Triplay 12 mm	1	5	1.1	49.00	53.90				
			Lavabo	Lavabo comercial	1	6	1.1	58.80	64.68				
			Otros	Extras almacenados									
	Carga total aplicada en la Zona:									118.58	N		
	Largo de Zona:									3.032	m		
	Carga Uniforme Distribuida en los elementos de la Zona:									39.1	N/m		
	25	W.C. PA	W.C.	Retrete Comercial American Standard	1	40	1.2	392	470.4				
			Ocupante	Ocupantes en el baño									
			Piso	Triplay 12 mm y piso laminado	0.57	13.62	1.1	76.06	83.67				
	Carga total aplicada en la Zona:									554.07	N		
Largo de Zona:									3.018	m			
Carga Uniforme Distribuida en los elementos de la Zona:									183.6	N/m			
26	Regadera	Piso	Triplay 12 mm	0.6	7.62	1.1	44.79	49.26					
		Lavabo	Regadera Comercial	1	65	1.1	637.00	700.70					
		Ocupante	Ocupantes regadera										
		Otros	Extras almacenados										
Carga total aplicada en la Zona:									749.96	N			
Largo de Zona:									3.08	m			
Carga Uniforme Distribuida en los elementos de la Zona:									243.5	N/m			
27	Techo	Techo	Triplay 3 mm + Aislante de EPS +Cubierta	18.03	8.15	1.1	1440.06	1584.06					
		Carga total aplicada en la Zona:									1584.1	N/m	
		Largo de Zona:									53.84	m	
		Carga Uniforme Distribuida en los elementos de la Zona:									29.4	N/m	
Exterior	28	Paredes A	Paredes costados	Aluminio+ Aislante de EPS +MDF	17.25	12.35	1.1	2088.60	2297.46				
			Carga total aplicada en la Zona:									2297.5	N/m
			Largo de Zona:									15	m
	Carga Uniforme Distribuida en los elementos de la Zona:									153.2	N/m		
	29	Paredes B	Paredes Frente S	Aluminio+ Aislante de EPS +MDF	10.44	12.35	1.1	1264.06	1390.46				
			Carga total aplicada en la Zona:									1390.5	N/m
Largo de Zona:									14.4	m			
Carga Uniforme Distribuida en los elementos de la Zona:									96.6	N/m			

Tabla 4.3.1 Cargas y zonas de aplicación durante la Instalación (Continuación)										
Planta	Zona	Nombre	Artículos	Descripción		Peso [kg]	F.S.	Cargas [N]	Carga c/FS [N]	
Exterior	30	Paredes C	Paredes Frente I	Aluminio+ Aislante de EPS +MDF	7.86	12.35	1.1	951.68	1046.84	
	Carga total aplicada en la Zona:								1046.8	N/m
	Largo de Zona:								13.2	m
	Carga Uniforme Distribuida en los elementos de la Zona:								79.3	N/m
	31	Paredes D	Paredes Atrás S	Aluminio+ Aislante de EPS +MDF	13.68	12.35	1.1	1656.35	1821.99	
	Carga total aplicada en la Zona:								1822.0	N/m
	Largo de Zona:								14.4	m
	Carga Uniforme Distribuida en los elementos de la Zona:								126.5	N/m
	32	Paredes E	Paredes Atrás I	Aluminio+ Aislante de EPS +MDF	8.46	12.35	1.1	1024.32	1126.76	
	Carga total aplicada en la Zona:								1126.8	N/m
	Largo de Zona:								14.4	m
	Carga Uniforme Distribuida en los elementos de la Zona:								78.2	N/m
	33	Ventanas	Frente	Aluminio+ Vidrios+Herrajes	2.432	18.84	1.1	449.03	493.93	
Carga total aplicada en la Zona:								493.9	N/m	
Largo de Zona:								6.08	m	
Carga Uniforme Distribuida en los elementos de la Zona:								81.2	N/m	

**Notas de la Tabla 4.3.1:**

- Peso del m2 de Triplay de 12 mm = 7.6 kg/m<sup>2</sup>
- Peso del m2 de Triplay de 12 mm + Piso = 13.6 kg/m<sup>2</sup>
- Peso del m2 de Triplay de 6 mm + Aislante + Cubierta de EPDM (Ethylene Propylene-Diene Monomer)= 8.15 kg/m<sup>2</sup>
- Peso de la pared tipo (Aislante+Aluminio+MDF 6mm + Recubrimiento Interno)= 12.35 kg/m<sup>2</sup>
- Peso de m2 de ventana con marco de aluminio y vidrios= 18.84 kg/m<sup>2</sup>

Tabla 4.3.2 Cargas y zonas de aplicación durante la Ocupación

Planta	Zona	Nombre	Artículos	Descripción		Peso [kg]	F.C.	Cargas [N]	Carga c/FC [N]		
Baja	1	Refrigerador	Refrigerador	Refrigerador Comercial de 8 ft3*	1	41	1.5	401.8	602.7		
			Piso	Triplay 12 mm y piso laminado	0.4	13.62	1.1	53.4	58.7		
	Carga total aplicada en la Zona:									661.4	N
	Largo de Zona:									1.86	m
	Carga Uniforme Distribuida en los elementos de la Zona:									355.6	N/m
	2	W.C. PB	W.C.	Retrete Comercial American Standard	1	40	1.2	392	470.4		
			Ocupante	Ocupantes en el baño	1	80	1.5	784	1176		
			Piso	Triplay 12 mm y piso laminado	0.53	13.62	1.1	70.72	77.80		
	Carga total aplicada en la Zona:									1724.2	N
	Largo de Zona:									2.912	m
	Carga Uniforme Distribuida en los elementos de la Zona:									592.1	N/m
	3	Cocina	Cocina	Cocina integral inferior	1	100	1.5	980	1470		
			Parrilla	Plancha de inducción	1	5	1.5	49	73.5		
			Utensilios	Vajilla y utensilios 6 personas	1	20	1.5	196	294		
			Otros	Extras almacenados	1	100	1	980	980		
			Piso	Triplay 12 mm	2.75	7.62	1.1	205.3	225.8		
	Carga total aplicada en la Zona:									3043.3	N
	Largo de Zona:									12.323	m
	Carga Uniforme Distribuida en los elementos de la Zona:									247.0	N/m
	4	Cocina Ocupantes	Ocupantes	Ocupantes en la cocina	4	80	1.5	3136	4704		
Piso			Triplay 12 mm y piso laminado	2.2875	13.62	1.1	305.25	335.77			
Carga total aplicada en la Zona:									5039.77	N	
Largo de Zona:									10.505	m	
Carga Uniforme Distribuida en los elementos de la Zona:									479.8	N/m	

Tabla 4.3.2 Cargas y zonas de aplicación durante la Ocupación (Continuación)

Planta	Zona	Nombre	Artículos	Descripción		Peso [kg]	F.C.	Cargas [N]	Carga c/FC [N]		
Baja	5	Comedor	Muebles	Bancas	2	20	1.5	392	588		
			Otros	Extras almacenados	1	50	1	490	490		
			Ocupantes	Ocupantes en bancas	4	80	1.5	3136	4704		
			Piso	Triplay 12 mm	2.75	7.62	1.1	205.3	225.8		
	Carga total aplicada en la Zona:									6007.79	N
	Largo de Zona:									10.556	m
	Carga Uniforme Distribuida en los elementos de la Zona:									569.1	N/m
	6	Sala	Muebles	Bancas	2	20	1.5	392	588		
			Otros	Extras almacenados	1	50	1	490	490		
			Piso	Triplay 12 mm	2.75	7.62	1.1	205.3	225.8		
			Ocupantes	Ocupantes en bancas	6	80	1.5	4704	7056		
	Carga total aplicada en la Zona:									8359.79	N
	Largo de Zona:									9.208	m
	Carga Uniforme Distribuida en los elementos de la Zona:									907.9	N/m
	7	Pasillo	Ocupantes	Ocupantes en pasillo	5	80	2	3920	7840		
			Piso	Triplay 12 mm y piso laminado	3.35	13.62	1.1	447.03	491.73		
	Carga total aplicada en la Zona:									8331.73	N
	Largo de Zona:									14.05	m
	Carga Uniforme Distribuida en los elementos de la Zona:									593.0	N/m
	8	Mesa	Piso	Triplay 12 mm y piso laminado	0.67	13.62	1.1	89.41	98.35		
			Ocupantes	Ocupantes de paso	2	80.00	1.5	1568.00	2352.00		
			Mesa	Mesa servida	1	25	1.2	245.00	294.00		
	Carga total aplicada en la Zona:									2744.35	N
	Largo de Zona:									3.418	m
Carga Uniforme Distribuida en los elementos de la Zona:									802.9	N/m	
9	Almacen 1	Piso	Triplay 12 mm	0.38	7.62	1.1	28.36	31.20			
		Otros	Extras almacenados	1	50	1	490.00	490.00			
Carga total aplicada en la Zona:									521.20	N	
Largo de Zona:									2.47	m	
Carga Uniforme Distribuida en los elementos de la Zona:									211.0	N/m	
10	Sala Ocupantes	Ocupantes	Ocupantes en sala	4	80	1.5	3136	4704			
		Piso	Triplay 12 mm y piso laminado	1.34	13.62	1.1	178.81	196.69			
Carga total aplicada en la Zona:									4900.69	N	
Largo de Zona:									5.727	m	
Carga Uniforme Distribuida en los elementos de la Zona:									855.7	N/m	

Tabla 4.3.2 Cargas y zonas de aplicación durante la Ocupación (Continuación)

Planta	Zona	Nombre	Artículos	Descripción		Peso [kg]	F.C.	Cargas [N]	Carga c/FC [N]		
	11	Almacén 2	Piso	Triplay 12 mm	1.63	7.62	1.1	121.76	133.94		
			Mueble	Mueble propuesto	1	15.00	1.5	147.00	220.50		
			Otros	Extras almacenados	1	100	1	980.00	980.00		
	Carga total aplicada en la Zona:									1334.44	N
	Largo de Zona:									6.068	m
	Carga Uniforme Distribuida en los elementos de la Zona:									219.9	N/m
	12	Almacén 3	Piso	Triplay 12 mm	1.09	7.62	1.1	81.53	89.68		
			Otros	Extras almacenados	1	100	1	980.00	980.00		
			Carga total aplicada en la Zona:								
	Largo de Zona:									6.992	m
Carga Uniforme Distribuida en los elementos de la Zona:									153.0	N/m	
Escalera	13	Escalón T1	Piso	Triplay 12 mm y piso laminado	0.24	13.62	1.1	32.03	35.23		
			Ocupantes	Ocupante por escalón	1	80	1.5	784	1176		
		Carga total aplicada en la Zona:									1211.23
	Largo de Zona:									2.17	m
	Carga Uniforme Distribuida en los elementos de la Zona:									558.2	N/m
	14	Escalón T2	Piso	Triplay 12 mm y piso laminado	0.27	13.62	1.1	36.03	39.63		
			Ocupantes	Ocupante por escalón	1	80	1.5	784	1176		
		Carga total aplicada en la Zona:									1215.63
	Largo de Zona:									2.357	m
	Carga Uniforme Distribuida en los elementos de la Zona:									515.8	N/m
	15	Escalón T3	Piso	Triplay 12 mm y piso laminado	0.338	13.62	1.1	45.10	49.61		
			Ocupantes	Ocupante por escalón	1	80	1.5	784	1176		
		Carga total aplicada en la Zona:									1225.61
	Largo de Zona:									2.812	m
	Carga Uniforme Distribuida en los elementos de la Zona:									435.9	N/m
	16	Escalón T4	Piso	Triplay 12 mm y piso laminado	0.695	13.62	1.1	92.74	102.02		
			Ocupantes	Ocupante por escalón	1	80	1.5	784	1176		
		Carga total aplicada en la Zona:									1278.02
Largo de Zona:									3.338	m	
Carga Uniforme Distribuida en los elementos de la Zona:									382.9	N/m	
Alta	17	Estudio	Piso	Triplay 12 mm y piso laminado	3.075	13.62	1.1	410.33	451.37		
			Ocupantes	Ocupantes estudio	3	80	1.5	2352	3528		
			Silla	Silla de oficina	2	5	1.2	98	117.6		
	Carga total aplicada en la Zona:									4096.97	N
	Largo de Zona:									10.1	m
Carga Uniforme Distribuida en los elementos de la Zona:									405.6	N/m	

Tabla 4.3.2 Cargas y zonas de aplicación durante la Ocupación

Planta	Zona	Nombre	Artículos	Descripción		Peso [kg]	F.C.	Cargas [N]	Carga c/FC [N]		
Alta	17b	Estudio	Mesa	Mesa del estudio	0.800	7.62	1.1	59.71	65.69		
			Computadora	Laptop	2	6	1.5	117.6	176.4		
	Carga total aplicada en la Zona:									242.09	N
	Largo de Zona:									1.745	m
	Carga Uniforme Distribuida en los elementos de la Zona:									138.7	N/m
	18	Almacén 4	Superficies	Mueble propuesto	1	10	1.2	98.00	117.60		
			Impresora	Multifuncional	1	5	1.1	49.00	53.90		
			Otros	Extras almacenados	1	30	1	294.00	294.00		
	Carga total aplicada en la Zona:									465.50	N
	Largo de Zona:									4.655	m
	Carga Uniforme Distribuida en los elementos de la Zona:									100.0	N/m
	19	Vestidor	Piso	Triplay 12 mm y piso laminado	1.350	13.62	1.1	180.15	198.16		
			Ocupantes	Ocupantes	2	80	1.5	1568	2352		
	Carga total aplicada en la Zona:									2550.16	N
	Largo de Zona:									5.675	m
	Carga Uniforme Distribuida en los elementos de la Zona:									449.4	N/m
	20	Recámara	Piso	Triplay 12 mm y piso laminado	3.270	13.62	1.1	436.36	479.99		
			Ocupantes	Ocupantes	4	80	1.5	3136	4704		
	Carga total aplicada en la Zona:									5183.99	N
	Largo de Zona:									13.8	m
	Carga Uniforme Distribuida en los elementos de la Zona:									375.7	N/m
	21	Cama	Cama	Cama Matrimonial de resortes	1	50	1.2	490	588		
			Base	Triplay 12 mm	2.4	7.62	1.1	179.14	197.06		
			Ocupantes	Ocupantes en la cama	2	80	3	1568	4704		
Carga total aplicada en la Zona:									5489.1	N	
Largo de Zona:									9.363	m	
Carga Uniforme Distribuida en los elementos de la Zona:									586.2	N/m	
22	Almacén 5	Piso	Triplay 12 mm	1.05	7.62	1.1	78.37	86.21			
		Otros	Extras almacenados	1	50	1	490.00	490.00			
Carga total aplicada en la Zona:									576.21	N	
Largo de Zona:									5.764	m	
Carga Uniforme Distribuida en los elementos de la Zona:									100.0	N/m	
23	Almacén 6	Piso	Triplay 12 mm	0.55	7.62	1.1	41.05	45.16			
		Otros	Extras almacenados	1	100	1	980.00	980.00			
Carga total aplicada en la Zona:									1025.16	N	
Largo de Zona:									2.972	m	
Carga Uniforme Distribuida en los elementos de la Zona:									344.9	N/m	

Tabla 4.3.2 Cargas y zonas de aplicación durante la Ocupación (Continuación)

Planta	Zona	Nombre	Artículos	Descripción		Peso [kg]	F.C.	Cargas [N]	Carga c/FC [N]		
Alta	24	Lavabo	Mueble	Triplay 12 mm	1	5	1.1	49.00	53.90		
			Lavabo	Lavabo comercial	1	6	1.1	58.80	64.68		
			Otros	Extras almacenados	1	10	1	98.00	98.00		
	Carga total aplicada en la Zona:									216.58	N
	Largo de Zona:									3.032	m
	Carga Uniforme Distribuida en los elementos de la Zona:									71.4	N/m
	25	W.C. PA	W.C.	Retrete Comercial American Standard	1	40	1.2	392	470.4		
			Ocupante	Ocupantes en el baño	1	80	1.5	784	1176		
			Piso	Triplay 12 mm y piso laminado	0.57	13.62	1.1	76.06	83.67		
	Carga total aplicada en la Zona:									1730.07	N
	Largo de Zona:									3.018	m
	Carga Uniforme Distribuida en los elementos de la Zona:									573.2	N/m
	26	Regadera	Piso	Triplay 12 mm	0.6	7.62	1.1	44.79	49.26		
			Lavabo	Regadera Comercial	1	65	1.1	637.00	700.70		
			Ocupante	Ocupantes regadera	2	80	1.5	1568	2352		
Otros			Extras almacenados	1	5	1	49.00	49.00			
Carga total aplicada en la Zona:									3150.96	N	
Largo de Zona:									3.08	m	
Carga Uniforme Distribuida en los elementos de la Zona:									1023.0	N/m	
27	Techo	Techo	Triplay 3 mm + Aislante de EPS +Cubierta	18.03	8.15	1.1	1440.06	1584.06			
Carga total aplicada en la Zona:									1584.1	N/m	
Largo de Zona:									53.84	m	
Carga Uniforme Distribuida en los elementos de la Zona:									29.4	N/m	
Exterior	28	Paredes A	Paredes costados	Aluminio+ Aislante de EPS +MDF	17.25	12.35	1.1	2088.60	2297.46		
	Carga total aplicada en la Zona:									2297.5	N/m
	Largo de Zona:									15	m
	Carga Uniforme Distribuida en los elementos de la Zona:									153.2	N/m
	29	Paredes B	Paredes Frente S	Aluminio+ Aislante de EPS +MDF	10.44	12.35	1.1	1264.06	1390.46		
Carga total aplicada en la Zona:									1390.5	N/m	
Largo de Zona:									14.4	m	
Carga Uniforme Distribuida en los elementos de la Zona:									96.6	N/m	

Tabla 4.3.2 Cargas y zonas de aplicación durante la Ocupación (Continuación)											
Planta	Zona	Nombre	Artículos	Descripción		Peso [kg]	F.C.	Cargas [N]	Carga c/FC [N]		
Exterior	30	Paredes C	Paredes Frente I	Aluminio+ Aislante de EPS +MDF	7.86	12.35	1.1	951.68	1046.84		
	Carga total aplicada en la Zona:									1046.8	N/m
	Largo de Zona:									13.2	m
	Carga Uniforme Distribuida en los elementos de la Zona:									79.3	N/m
	31	Paredes D	Paredes Atrás S	Aluminio+ Aislante de EPS +MDF	13.68	12.35	1.1	1656.35	1821.99		
	Carga total aplicada en la Zona:									1822.0	N/m
	Largo de Zona:									14.4	m
	Carga Uniforme Distribuida en los elementos de la Zona:									126.5	N/m
	32	Paredes E	Paredes Atrás I	Aluminio+ Aislante de EPS +MDF	8.46	12.35	1.1	1024.32	1126.76		
	Carga total aplicada en la Zona:									1126.8	N/m
	Largo de Zona:									14.4	m
	Carga Uniforme Distribuida en los elementos de la Zona:									78.2	N/m
	33	Ventanas	Frente	Aluminio+ Vidrios+Herrajes	2.432	18.84	1.1	449.03	493.93		
	Carga total aplicada en la Zona:									493.9	N/m
	Largo de Zona:									6.08	m
Carga Uniforme Distribuida en los elementos de la Zona:									81.2	N/m	

**Notas de la Tabla 4.3.2:**

- Peso del m2 de Triplay de 12 mm = 7.6 kg/m2
- Peso del m2 de Triplay de 12 mm + Piso = 13.6 kg/m2
- Peso del m2 de Triplay de 6 mm + Aislante + Cubierta de EPDM (Ethylene Propylene-Diene Monomer)= 8.15 kg/m2
- Peso de la pared tipo (Aislante+Aluminio+MDF 6mm + Recubrimiento Interno)= 12.35 kg/m2
- Peso de m2 de ventana con marco de aluminio y vidrios= 18.84 kg/m2

Tabla 4.3.3 Cargas y zonas de aplicación durante el Traslado											
Planta	Zona	Nombre	Artículos	Descripción		Peso [kg]	F.S.	Cargas [N]	Carga c/FS [N]		
Baja	1	Refrigerador	Refrigerador	Refrigerador Comercial de 8 ft3*	1	41	1.5	401.8	602.7		
			Piso	Triplay 12 mm y piso laminado	0.4	13.62	1.1	53.4	58.7		
	Carga total aplicada en la Zona multiplicada por el Factor de Impacto:									2281.5	N
	Largo de Zona:									1.86	m
	Carga Uniforme Distribuida en los elementos de la Zona:									1226.6	N/m
	2	W.C. PB	W.C.	Retrete Comercial American Standard	1	40	1.2	392	470.4		
			Ocupante	Ocupantes en el baño							
			Piso	Triplay 12 mm y piso laminado	0.53	13.62	1.1	70.72	77.80		
	Carga total aplicada en la Zona multiplicada por el Factor de Impacto:									1891.0	N
	Largo de Zona:									2.912	m
	Carga Uniforme Distribuida en los elementos de la Zona:									649.4	N/m
	3	Cocina	Cocina	Cocina integral inferior	1	100	1.5	980	1470		
			Parrilla	Plancha de inducción	1	5	1.5	49	73.5		
			Utensilios	Vajilla y utensilios 6 personas							
			Otros	Extras almacenados							
			Piso	Triplay 12 mm	2.75	7.62	1.1	205.3	225.8		
	Carga total aplicada en la Zona multiplicada por el Factor de Impacto:									6103.2	N
	Largo de Zona:									12.323	m
	Carga Uniforme Distribuida en los elementos de la Zona:									495.3	N/m
	4	Cocina Ocupantes	Ocupantes	Ocupantes en la cocina							
Piso			Triplay 12 mm y piso laminado	2.2875	13.62	1.1	305.25	335.77			
Carga total aplicada en la Zona multiplicada por el Factor de Impacto:									1158.25	N	
Largo de Zona:									10.505	m	
Carga Uniforme Distribuida en los elementos de la Zona:									110.3	N/m	
5	Comedor	Muebles	Bancas	2	20	1.5	392	588			
		Otros	Extras almacenados								
		Ocupantes	Ocupantes en bancas								
		Piso	Triplay 12 mm	2.75	7.62	1.1	205.3	225.8			
Carga total aplicada en la Zona multiplicada por el Factor de Impacto:									2807.17	N	
Largo de Zona:									10.556	m	
Carga Uniforme Distribuida en los elementos de la Zona:									265.9	N/m	

Tabla 4.3.3 Cargas y zonas de aplicación durante el Traslado (Continuación)											
Planta	Zona	Nombre	Artículos	Descripción		Peso [kg]	F.S.	Cargas [N]	Carga c/FS [N]		
Baja	6	Sala	Muebles	Bancas	2	20	1.5	392	588		
			Otros	Extras almacenados							
			Piso	Triplay 12 mm	2.75	7.62	1.1	205.3	225.8		
			Ocupantes	Ocupantes en bancas							
	Carga total aplicada en la Zona multiplicada por el Factor de Impacto:									2807.17	N
	Largo de Zona:									9.208	m
	Carga Uniforme Distribuida en los elementos de la Zona:									304.9	N/m
	7	Pasillo	Ocupantes	Ocupantes en pasillo							
			Piso	Triplay 12 mm y piso laminado	3.35	13.62	1.1	447.03	491.73		
	Carga total aplicada en la Zona multiplicada por el Factor de Impacto:									1696.23	N
	Largo de Zona:									14.05	m
	Carga Uniforme Distribuida en los elementos de la Zona:									120.7	N/m
	8	Mesa	Piso	Triplay 12 mm y piso laminado	0.67	13.62	1.1	89.41	98.35		
			Ocupantes	Ocupantes de paso							
			Mesa	Mesa	1	10	1.2	98.00	117.60		
	Carga total aplicada en la Zona multiplicada por el Factor de Impacto:									744.91	N
	Largo de Zona:									3.418	m
	Carga Uniforme Distribuida en los elementos de la Zona:									217.9	N/m
	9	Almacén 1	Piso	Triplay 12 mm	0.38	7.62	1.1	28.36	31.20		
			Otros	Extras almacenados							
	Carga total aplicada en la Zona multiplicada por el Factor de Impacto:									107.63	N
Largo de Zona:									2.47	m	
Carga Uniforme Distribuida en los elementos de la Zona:									43.6	N/m	
10	Sala Ocupantes	Ocupantes	Ocupantes en sala								
		Piso	Triplay 12 mm y piso laminado	1.34	13.62	1.1	178.81	196.69			
Carga total aplicada en la Zona multiplicada por el Factor de Impacto:									678.49	N	
Largo de Zona:									5.727	m	
Carga Uniforme Distribuida en los elementos de la Zona:									118.5	N/m	

Tabla 4.3.3 Cargas y zonas de aplicación durante el Traslado (Continuación)

Planta	Zona	Nombre	Artículos	Descripción		Peso [kg]	F.S.	Cargas [N]	Carga c/FS [N]		
Baja	11	Almacén 2	Piso	Triplay 12 mm	1.63	7.62	1.1	121.76	133.94		
			Mueble	Mueble propuesto	1	15.00	1.5	147.00	220.50		
			Otros	Extras almacenados							
	Carga total aplicada en la Zona multiplicada por el Factor de Impacto:									1222.62	N
	Largo de Zona:									6.068	m
	Carga Uniforme Distribuida en los elementos de la Zona:									201.5	N/m
	12	Almacén 3	Piso	Triplay 12 mm	1.09	7.62	1.1	81.53	89.68		
			Otros	Extras almacenados							
			Carga total aplicada en la Zona multiplicada por el Factor de Impacto:								
	Largo de Zona:									6.992	m
Carga Uniforme Distribuida en los elementos de la Zona:									44.2	N/m	
Escalera	13	Escalón T1	Piso	Triplay 12 mm y piso laminado	0.24	13.62	1.1	32.03	35.23		
			Ocupantes	Ocupante por escalón							
	Carga total aplicada en la Zona multiplicada por el Factor de Impacto:									121.52	N
	Largo de Zona:									2.17	m
	Carga Uniforme Distribuida en los elementos de la Zona:									56.0	N/m
	14	Escalón T2	Piso	Triplay 12 mm y piso laminado	0.27	13.62	1.1	36.03	39.63		
			Ocupantes	Ocupante por escalón							
	Carga total aplicada en la Zona multiplicada por el Factor de Impacto:									136.71	N
	Largo de Zona:									2.357	m
	Carga Uniforme Distribuida en los elementos de la Zona:									58.0	N/m
	15	Escalón T3	Piso	Triplay 12 mm y piso laminado	0.338	13.62	1.1	45.10	49.61		
			Ocupantes	Ocupante por escalón							
	Carga total aplicada en la Zona multiplicada por el Factor de Impacto:									171.14	N
	Largo de Zona:									2.812	m
	Carga Uniforme Distribuida en los elementos de la Zona:									60.9	N/m
	16	Escalón T4	Piso	Triplay 12 mm y piso laminado	0.695	13.62	1.1	92.74	102.02		
			Ocupantes	Ocupante por escalón							
	Carga total aplicada en la Zona multiplicada por el Factor de Impacto:									351.90	N
Largo de Zona:									3.338	m	
Carga Uniforme Distribuida en los elementos de la Zona:									105.4	N/m	

Tabla 4.3.3 Cargas y zonas de aplicación durante el Traslado (Continuación)

Planta	Zona	Nombre	Artículos	Descripción		Peso [kg]	F.S.	Cargas [N]	Carga c/FS [N]		
Alta	17	Estudio	Piso	Triplay 12 mm y piso laminado	3.075	13.62	1.1	410.33	451.37		
			Ocupantes	Ocupantes estudio							
			Silla	Silla de oficina							
	Carga total aplicada en la Zona multiplicada por el Factor de Impacto:									1556.99	N
	Largo de Zona:									10.1	m
	Carga Uniforme Distribuida en los elementos de la Zona:									154.2	N/m
	17b	Estudio	Mesa	Mesa del estudio	0.800	7.62	1.1	59.71	65.69		
			Computadora	Laptop							
	Carga total aplicada en la Zona multiplicada por el Factor de Impacto:									226.58	N
	Largo de Zona:									1.745	m
	Carga Uniforme Distribuida en los elementos de la Zona:									129.8	N/m
	18	Almacén 4	Superficies	Mueble propuesto	1	10	1.2	98.00	117.60		
			Impresora	Multifuncional							
			Otros	Extras almacenados							
	Carga total aplicada en la Zona multiplicada por el Factor de Impacto:									405.66	N
	Largo de Zona:									4.655	m
	Carga Uniforme Distribuida en los elementos de la Zona:									87.1	N/m
	19	Vestidor	Piso	Triplay 12 mm y piso laminado	1.350	13.62	1.1	180.15	198.16		
			Ocupantes	Ocupantes							
	Carga total aplicada en la Zona multiplicada por el Factor de Impacto:									683.56	N
	Largo de Zona:									5.675	m
Carga Uniforme Distribuida en los elementos de la Zona:									120.5	N/m	
20	Recámara	Piso	Triplay 12 mm y piso laminado	3.270	13.62	1.1	436.36	479.99			
		Ocupantes	Ocupantes								
Carga total aplicada en la Zona multiplicada por el Factor de Impacto:									1655.73	N	
Largo de Zona:									13.8	m	
Carga Uniforme Distribuida en los elementos de la Zona:									120.0	N/m	
21	Cama	Cama	Cama Matrimonial de resortes	1	50	1.2	490	588			
		Base	Triplay 12 mm	2.4	7.62	1.1	179.14	197.06	N		
		Ocupantes	Ocupantes en la cama						m		
Carga total aplicada en la Zona multiplicada por el Factor de Impacto:									2708.0	N/m	

Tabla 4.3.3 Cargas y zonas de aplicación durante el Traslado (Continuación)											
Planta	Zona	Nombre	Artículos	Descripción		Peso [kg]	F.S.	Cargas [N]	Carga c/FS [N]		
Alta	22	Almacén 5	Piso	Triplay 12 mm	1.05	7.62	1.1	78.37	86.21		
			Otros	Extras almacenados							
	Carga total aplicada en la Zona multiplicada por el Factor de Impacto:								297.39	N	
	Largo de Zona:								5.764	m	
	Carga Uniforme Distribuida en los elementos de la Zona:								51.6	N/m	
	23	Almacén 6	Piso	Triplay 12 mm	0.55	7.62	1.1	41.05	45.16		
			Otros	Extras almacenados							
	Carga total aplicada en la Zona multiplicada por el Factor de Impacto:								155.77	N	
	Largo de Zona:								2.972	m	
	Carga Uniforme Distribuida en los elementos de la Zona:								52.4	N/m	
	24	Lavabo	Mueble	Triplay 12 mm	1	5	1.1	49.00	53.90		
			Lavabo	Lavabo comercial	1	6	1.1	58.80	64.68		
			Otros	Extras almacenados							
	Carga total aplicada en la Zona multiplicada por el Factor de Impacto:								409.04	N	
	Largo de Zona:								3.032	m	
	Carga Uniforme Distribuida en los elementos de la Zona:								134.9	N/m	
	25	W.C. PA	W.C.	Retrete Comercial American Standard	1	40	1.2	392	470.4		
			Ocupante	Ocupantes en el baño							
			Piso	Triplay 12 mm y piso laminado	0.57	13.62	1.1	76.06	83.67		
	Carga total aplicada en la Zona multiplicada por el Factor de Impacto:								1911.25	N	
	Largo de Zona:								3.018	m	
Carga Uniforme Distribuida en los elementos de la Zona:								633.3	N/m		
26	Regadera	Piso	Triplay 12 mm	0.6	7.62	1.1	44.79	49.26			
		Lavabo	Regadera Comercial	1	65	1.1	637.00	700.70			
		Ocupante	Ocupantes regadera								
		Otros	Extras almacenados								
Carga total aplicada en la Zona multiplicada por el Factor de Impacto:								2586.99	N		
Largo de Zona:								3.08	m		
Carga Uniforme Distribuida en los elementos de la Zona:								839.9	N/m		
27	Techo	Techo	Triplay 3 mm + Aislante de EPS +Cubierta	18.03	8.15	1.1	1440.06	1584.06			
		Carga total aplicada en la Zona multiplicada por el Factor de Impacto:								5464.2	N/m
		Largo de Zona:								53.84	m
Carga Uniforme Distribuida en los elementos de la Zona:								101.5	N/m		

Tabla 4.3.3 Cargas y zonas de aplicación durante el Traslado (Continuación)										
Planta	Zona	Nombre	Artículos	Descripción		Peso [kg]	F.S.	Cargas [N]	Carga c/FS [N]	
Exterior	28	Paredes A	Paredes costados	Aluminio+ Aislante de EPS +MDF	17.25	12.35	1.1	2088.60	2297.46	
	Carga total aplicada en la Zona multiplicada por el Factor de Impacto:								7925.1	N/m
	Largo de Zona:								15	m
	Carga Uniforme Distribuida en los elementos de la Zona:								528.3	N/m
	29	Paredes B	Paredes Frente S	Aluminio+ Aislante de EPS +MDF	10.44	12.35	1.1	1264.06	1390.46	
	Carga total aplicada en la Zona multiplicada por el Factor de Impacto:								4796.4	N/m
	Largo de Zona:								14.4	m
	Carga Uniforme Distribuida en los elementos de la Zona:								333.1	N/m
	30	Paredes C	Paredes Frente I	Aluminio+ Aislante de EPS +MDF	7.86	12.35	1.1	951.68	1046.84	
	Carga total aplicada en la Zona multiplicada por el Factor de Impacto:								3611.1	N/m
	Largo de Zona:								13.2	m
	Carga Uniforme Distribuida en los elementos de la Zona:								273.6	N/m
	31	Paredes D	Paredes Atrás S	Aluminio+ Aislante de EPS +MDF	13.68	12.35	1.1	1656.35	1821.99	
	Carga total aplicada en la Zona multiplicada por el Factor de Impacto:								6284.9	N/m
	Largo de Zona:								14.4	m
	Carga Uniforme Distribuida en los elementos de la Zona:								436.5	N/m
	32	Paredes E	Paredes Atrás I	Aluminio+ Aislante de EPS +MDF	8.46	12.35	1.1	1024.32	1126.76	
	Carga total aplicada en la Zona multiplicada por el Factor de Impacto:								3886.7	N/m
Largo de Zona:								14.4	m	
Carga Uniforme Distribuida en los elementos de la Zona:								269.9	N/m	
33	Ventanas	Frente	Aluminio+ Vidrios+Herrajes	2.432	18.84	1.1	449.03	493.93		
Carga total aplicada en la Zona multiplicada por el Factor de Impacto:								1703.8	N/m	
Largo de Zona:								6.08	m	
Carga Uniforme Distribuida en los elementos de la Zona:								280.2	N/m	

**Notas de la Tabla 4.3.3:**

- Peso del m2 de Triplay de 12 mm = 7.6 kg/m2
- Peso del m2 de Triplay de 12 mm + Piso = 13.6 kg/m2
- Peso del m2 de Triplay de 6 mm +Aislante+ Cubierta de EPDM (Ethylene Propylene-Diene Monomer)= 8.15 kg/m2
- Peso de la pared tipo (Aislante+Aluminio+MDF 6mm + Recubrimiento Interno)= 12.35 kg/m2
- Peso de m2 de ventana con marco de aluminio y vidrios= 18.84 kg/m2
- Factor de Impacto (Dinámico a Estático)= 3.45