



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN INGENIERÍA
INGENIERÍA CIVIL – CONSTRUCCIÓN

USO DE CONTENEDORES DE CARGA PARA PROYECTOS DE EDIFICACIÓN

TESIS
QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:
MAESTRO EN INGENIERÍA

PRESENTA:

ING. JOSÉ GUSTAVO AVILA ARCHUNDIA

TUTOR PRINCIPAL:

ING. LUIS ARMANDO DÍAZ INFANTE DE LA MORA
FACULTAD DE INGENIERÍA

MÉXICO, D. F. 2015

JURADO ASIGNADO:

Presidente: Ing. Antonio Jesús Coyoc Campos
Secretario: M.I. Miguel Ángel Rodríguez Vega
Vocal: Ing. Luis Armando Díaz Infante de la Mora
1 er. Suplente: M. I. Marco Tulio Mendoza Rosas
2 d o. Suplente: M.I. Jesús Antonio Esteva Medina

Lugar donde se realizó la tesis: Facultad de Ingeniería, UNAM, México D.F.

TUTOR DE TESIS:

Ing. Luis Armando Díaz Infante de la Mora

FIRMA

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Autónoma de México y a la Facultad de Ingeniería.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por la beca otorgada durante el posgrado. (CVU 486946)

Al Ing. Luis Armando Díaz Infante de la Mora por la dirección de este trabajo de investigación, así como la confianza depositada en mí para poder concluir esta etapa de mi formación académica.

A los miembros del jurado, al M.I. Marco Tulio Mendoza Rosas, al Ing. Antonio Jesús Coyoc Campos, al M.I. Miguel Ángel Rodríguez Vega y al M.I. Jesús Antonio Esteva Medina, por sus valiosas aportaciones a la redacción de este trabajo.

A los profesores del posgrado por sus enseñanzas y consejos a lo largo del camino, en especial al Dr. Jesús Hugo Meza Puesto, al Ing. Juan Luis Cottier Caviedes y al Ing. Alejandro Vázquez Vera.

Cómo no agradecer a las personas que conociera en el posgrado y que hicieran menos pesados los semestres, a la M.I. Leslie Bajonero Manrique, al M.I. Sergio García Carrera, al Arq. Carlos Medina García, al Ing. Karoll Lazos Horta, al M.I. Carlos Ruelas López y al M.I. Diego Rodríguez García.

DEDICATORIA

A mi madre, Martha Archundia Galván

A mi padre, José Gustavo Ávila Zárraga

A mis hermanos Martha Marian y Guillermo Isac

A mi novia Elida Velasco Arriaga

RESUMEN

La construcción con contenedores marítimos representa poder utilizar un elemento geométrico, altamente reforzado, práctico, amplio, desmontable y transportable, para crear espacios nuevos habitables y además con un tiempo de ejecución muy rápido. Este proceso constructivo representa una alternativa sin impacto ambiental en lugares rurales y urbanos.

La presente tesis expone un panorama general de la sustentabilidad en la construcción de edificaciones, así como también se proponen dos proyectos de edificación en los cuales se analiza la seguridad estructural que proveen estas cajas metálicas para su habitabilidad por el ser humano.

ABSTRACT

The construction with sea containers represents the ability to use a highly reinforced, practical, wide, removable and transportable geometric element to create livable new spaces and also with a very fast execution time. This constructive process represents an alternative without environmental impact in rural and urban places.

This thesis presents an overview of sustainability in building construction and two construction projects in which the structural safety that provide these metal boxes is analyzed for its habitability by human beings.

USO DE CONTENEDORES DE CARGA PARA PROYECTOS DE EDIFICACIÓN

CONTENIDO

RESUMEN / ABSTRACT

INTRODUCCIÓN	8
CAPÍTULO PRIMERO MARCO TEÓRICO	10
1.1 Sostenibilidad y desechos	10
1.2 Reducción, reutilización y reciclaje	12
1.3 Impacto ambiental en la construcción	15
1.4 Uso de materiales reciclados o reutilizados para la construcción	18
CAPÍTULO SEGUNDO CONTENEDORES DE CARGA	20
2.1 Reseña histórica de los contenedores	20
2.2 Tipos de contenedores	23
2.3 Especificaciones y acondicionamiento de contenedores	25
2.4 Tratamiento de limpieza de contenedores	27
2.5 Disponibilidad, características y resistencia	29
2.6 Termoaislantes	29
CAPÍTULO TERCERO USO DE CONTENEDORES DE CARGA PARA PROYECTOS DE EDIFICACIÓN	31
3.1 Proyecto de vivienda	31
3.1.1 Características del proyecto	31
3.1.2 Procedimiento de diseño estructural	33
3.1.3 Propiedades de los materiales	35
3.1.4 Análisis de cargas	40
3.1.5 Análisis estructural	46
3.1.6 Revisión y diseño de la estructura	57
3.1.7 Conclusiones	66

3.2 Proyecto de escuela	67
3.2.1 Características del proyecto	67
3.2.2 Procedimiento de diseño estructural	69
3.2.3 Revisión y diseño de la estructura.....	82
3.2.4 Conclusiones.....	92
CONCLUSIONES GENERALES	94
BIBLIOGRAFÍA	96
ANEXOS	97

INTRODUCCIÓN

Para muchos visualizar el construir con materiales reciclados o hablar de sustentabilidad y ecología es difícil; pues creen que sacrificarán calidad de vida, para otros es todo lo contrario, pues ven en ello el futuro inmobiliario en cualquier cultura.

Edificar con contenedores representa un paso importante en aprovechar éste y otros materiales que después de su uso aparentan ser inservibles.

En el mundo nada se desperdicia y la basura de uno, es el tesoro del otro. Diversas firmas en el mundo realizan proyectos que utilizan las fuertes estructuras de los contenedores para evitar la construcción de muros, vigas, techos y demás elementos de las estructuras.

Es por ello que la presente investigación busca proporcionar al lector una alternativa para la construcción de proyectos de edificación con un enfoque ecológico e innovador, creando en sí una sensación de satisfacción al contribuir con la preservación del medio ambiente. Se centra en exponer la importancia de la *Regla de las tres erres de la ecología*, conocidas como las *RRR*: Reciclaje, Reutilización y Reducción. Lo anterior es aplicable a casi cualquier material de desecho, como es en este caso el de los contenedores de carga.

De lo anterior se establece la siguiente hipótesis: el contar con alternativas para la construcción que tomen en cuenta la innovación, la economía y la ecología, lo que permitirá obtener resultados más eficientes y eficaces para la elaboración de proyectos de edificación.

El presente trabajo de investigación se compone de 3 capítulos, el primero de ellos recopila los temas fundamentales para la familiarización con el documento y para despertar el interés del lector en cuanto a sustentabilidad, desechos y reciclaje. El

capítulo segundo expone una reseña histórica de la creación de los contenedores y su impacto en el mundo de la transportación de mercancías, así como la transformación del mismo para su uso habitacional, comercial o de servicios. Y en el capítulo tercero se plantean dos proyectos; de vivienda y una escuela.

Finalmente, se pretende que esta investigación sea útil para todos aquellos profesionistas y constructores que deseen iniciarse en el campo de la edificación ecológica y tecnología de la construcción.

CAPÍTULO PRIMERO

MARCO TEÓRICO

1.1 Sostenibilidad y desechos

Durante miles de años el ser humano ha realizado actividades tendientes a satisfacer sus necesidades, sin importarle la cantidad de residuos que produce la realización de tales actividades. Esto responde a una constante visión a corto plazo que busca el beneficio inmediato sin medir las consecuencias.

Pero a partir de la Revolución Industrial, y particularmente en el último siglo, la producción de residuos es tan importante que el hombre ha tenido que empezar a pensar qué va a hacer con ellos, pues constituyen un verdadero problema.

Paralelamente a los entes gubernamentales les comienza a preocupar la gestión integral de los residuos, surgen movimientos ecológicos que animan a tomar conciencia en la temática del reciclado, como una forma de no despilfarrar los recursos disponibles, y de disminuir la contaminación del medio ambiente.

En el campo de la arquitectura y la construcción es muy reciente el comienzo del uso de materiales reciclados, sobre todo de aquellos procedentes de otras industrias.¹

El concepto de desarrollo sustentable se hizo conocido mundialmente a partir del informe *"Nuestro Futuro Común"* o también conocido como *"Informe de Brundtland"* publicado en 1987 y realizado por la Primer Ministro noruega Harlem Brundtland, con motivo de la preparación para la Conferencia Mundial de las

¹ Gaggino Rosana. "Un nuevo desafío: construir con materiales reciclados" *Revista Vivienda Popular*. Montevideo, Uruguay. Ed. Facultad de Arquitectura de la Universidad de la República. 2004. Nº 14, pp. 59 a 62.

Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo, realizada en Río de Janeiro, Brasil, en 1992.

La Comisión Mundial para el Medio Ambiente y el Desarrollo, establecida por las Naciones Unidas en 1983, definen el desarrollo sustentable como el **"desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer las capacidades que tienen las futuras generaciones para satisfacer sus propias necesidades"**.

El desarrollo sustentable implica pasar de un desarrollo pensado en términos cuantitativos - basado en el crecimiento económico - a uno de tipo cualitativo, donde se establecen estrechas vinculaciones entre aspectos económicos, sociales y ambientales, en un renovado marco institucional democrático y participativo, capaz de aprovechar las oportunidades que supone avanzar simultáneamente en estos tres ámbitos, sin que el avance de uno signifique ir en deterioro de otro.²

La OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico) define como residuo a "aquellas materias generadas en las actividades de producción y consumo, que no han alcanzado un valor económico en el contexto en el que son producidas."³

El manejo de residuos es el término empleado para designar al control humano de recolección, tratamiento y eliminación de los diferentes tipos de residuos. Estas acciones se encaminan a reducir el nivel de impacto negativo de los residuos sobre el medio ambiente y la sociedad.

Normalmente se depositan en lugares previstos para su recolección y ser canalizados a tiraderos o vertederos, a rellenos sanitarios u a otro lugar. Actualmente, se usa ese término para denominar aquella fracción de residuos que no son aprovechables y que por lo tanto deberían ser tratados y dispuestos para evitar problemas sanitarios o ambientales.

La composición de residuos está estrechamente relacionada al desarrollo humano en lo tecnológico y lo social. La composición de los diferentes tipos de residuos varía de acuerdo a las condiciones de tiempo y de lugar. La invención y el

² Sitio de internet: www.promexico.gob.mx/desarrollo-sustentable/

³ Colomar Mendoza, F. J. y Gallardo Izquierdo, A. "Tratamiento y gestión de residuos sólidos." Universidad Politécnica de Valencia. Limusa, 2007.

desarrollo de la industria se relacionan directamente con los distintos tipos de residuos generados o afectados. Ciertos componentes de los residuos tienen valor económico y rentable utilizado por el reciclaje.⁴

El desarrollo sostenible ha sido un tema abordado desde la década de 80's, es sencillo y entendido por la mayoría que no siempre se toman acciones para colaborar en favor de éste. En el ámbito de la construcción existen tres dimensiones en las que se afecta al ambiente: la primera es la obtención y transformación de las materias primas para obtener elementos utilizables, donde existe una demanda de energía y al mismo tiempo se generen desechos y se produzcan cambios morfológicos en el lugar de extracción; la segunda es la creación de un ambiente inadecuado, todas aquellas construcciones donde se eligieron materiales y distribuciones de espacio equivocadas, mismas condiciones que se subsanan por medios activos de acondicionamiento; la tercera es cuando los materiales llegan al final de su vida útil y se convierten en desechos.

1.2 Reducción, reutilización y reciclaje

La regla de las tres erres de la ecología, también conocida simplemente 3R, es una propuesta sobre hábitos de consumo popularizada por la organización ecologista Greenpeace que pretende desarrollar hábitos de consumo responsables. Este concepto hace referencia a estrategias para el manejo de residuos que buscan ser más amable o identificable con el medio ambiente y específicamente dar prioridad a la reducción en el volumen de residuos generados.

Durante la Cumbre del G8 en junio de 2004, el Primer Ministro del Japón, Koizumi Junichiro, presentó la Iniciativa tres erres que busca construir una sociedad orientada hacia el reciclaje. En abril de 2005 se llevó a cabo una asamblea de ministros en la que se discutió con Estados Unidos, Alemania, Francia y otros 20 países la manera en que se pueden implementar internacionalmente acciones relacionadas a las tres erres.

Reducir

Consiste en minimizar la cantidad de residuos sólidos generados para disminuir los impactos ambientales y los costos asociados a su manipulación. La reducción de residuos sólidos puede realizarse en las viviendas, las instalaciones comerciales e

⁴ Sitio de internet: <http://es.wikipedia.org/wiki/Basura>

industriales a través de compras selectivas y del aprovechamiento de productos y materiales.

Si reducimos el problema, disminuimos el impacto en el medio ambiente. Los problemas de concientización, habría que solucionarlos empezando por esta erre. La reducción puede realizarse en 2 niveles: La reducción del consumo de bienes o la reducción del consumo energético. De hecho, actualmente la producción de energía produce numerosos desechos (inorgánicos, nucleares, radiactivos, dióxido de carbono, etc.)

El objetivo sería:

- Reducir o eliminar la cantidad de materiales destinados a un uso único (por ejemplo, los embalajes).
- Adaptar los aparatos en función de sus necesidades, por ejemplo, un gordo come más que un flaco, así la dimensión de las lavadoras y lavavajillas debe estar a la medida de las necesidades, eso permitiría que siempre trabajaran llenas y no a media carga.
- Reducir pérdidas energéticas o de recursos: sean de agua, desconexión de aparatos eléctricos en stand by, conducción eficiente, transformadores permanentemente cargados, etc.

Reutilizar

Es la acción por la cual el residuo sólido con una previa limpieza, es utilizado directamente para su función original o para alguna relacionada, sin adicionarles procesos de transformación. No siempre es posible recuperar todos los residuos que se quiere puesto que no se cuenta con la tecnología apropiada. La participación en campañas para la separación de residuos, lleva en aumentar la cantidad de material recuperable y reducir el volumen que se lleva al relleno sanitario.

Ésta se basa en reutilizar un objeto para darle una segunda vida útil. Todos los materiales o bienes pueden tener más de una vida útil, bien sea reparándolos para un mismo uso o con imaginación para un uso diferente.

Reciclar

El reciclaje conlleva un proceso fisicoquímico, mecánico o de operación que somete a una materia o a un producto ya utilizado (basura) a un ciclo de tratamiento total o parcial para obtener una materia prima o un nuevo producto. También se podría

definir como la obtención de materias primas a partir de desechos, introduciéndolos de nuevo en el ciclo de vida y se produce ante la perspectiva del agotamiento de recursos naturales para eliminar de forma eficaz los desechos que los humanos no necesitamos.⁵

Es aprovechar y transformar los residuos sólidos urbanos que se han recuperado para utilizarlos en la elaboración de nuevos productos.

De acuerdo con el diccionario de la lengua española (22^a edición) “reciclar quiere decir someter un material usado a un proceso para que se pueda volver a utilizar”. A diferencia de la reutilización, el reciclaje involucra un proceso transformador o renovador, por lo tanto un consumo de energía y en función de ésta será la elección del método a usar, que dependerá del estado de conservación que guarden los materiales, del tipo de uso que se le venía dando (clasificación de desechos) y del uso que se le pretenda dar. En la recuperación y reciclado de residuos de construcción y demolición un aspecto fundamental a tener en cuenta es el hecho de que concurren intereses económicos y medioambientales en el mismo punto. El desafío para el futuro es por tanto aportar un impulso a la situación económica de la sociedad y preservar el medio ambiente que la sustenta.

Normalmente hay tres opciones al final de la vida útil de un edificio:

1. Reutilizar las partes en una nueva construcción.
2. Reciclar el material (por ejemplo, como agregados para concreto nuevo).
3. Demoler el edificio y enterrar los escombros en un tiradero controlado.

Es preferible reutilizar que reciclar (debido a los costos energéticos que supone transformar un material) y es preferible reciclar que eliminar. Éste sería un último recurso ya que además de que la capacidad de los basureros es cada vez más escasa se pierde la oportunidad de sacarle un provecho adicional.

Los materiales para la construcción derivados del reciclaje no necesariamente provienen de una construcción, los desechos tienen orígenes diversos y algunos son potencialmente utilizables como insumos para la edificación.

⁵ Ídem

Una adecuada gestión de los recursos debe sustentar su reciclaje y la utilización de materiales recuperados como fuente de energía o materias primas, a fin de colaborar en la preservación y uso racional de los recursos naturales.

1.3 Impacto ambiental en la construcción

La Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) define impacto ambiental como “la modificación del ambiente ocasionada por la acción del hombre o de la naturaleza”. La evolución de los asentamientos humanos hasta formar ciudades, tiene implícito el requerimiento de industrias de distintos tipos para abastecer a las poblaciones que albergan. Estas industrias y la ocupación del territorio generan un impacto en el ambiente que se trata de estimar mediante cálculos sobre los índices de afectación de las actividades implicadas en cada proceso.⁶

El impacto ambiental producido por la industria de la construcción a la luz de la Revolución Industrial constituye la deuda aún pendiente que han de afrontar las sociedades industrializadas con vistas a este nuevo milenio; lo cierto es que la Revolución Industrial supone un gran cambio en las técnicas empleadas en la producción de los materiales de construcción, dado que hasta entonces, los materiales eran naturales, propios de la biosfera, procedentes del entorno inmediato, de fabricación simple y adaptados a las condiciones climáticas del territorio donde se llevaba a cabo la edificación.

El resultado de este cambio se traduce, en primer lugar, en un gran aumento de la distancia entre la obtención de materias primas y la ubicación de su elaboración o construcción; en segundo lugar, en el agotamiento de los recursos naturales próximos; y finalmente, en el aumento de la emisión de contaminantes derivados de la industria de la construcción.

Asimismo, la gran demanda de materiales de construcción a mediados del siglo XX comporta la necesidad de extraer y procesar gran cantidad de materias primas, elaborar nuevos materiales y tratar una elevada cantidad de residuos de construcción y demolición con el coste energético que ello representa.

⁶ Sitio de internet

<http://www.semarnat.gob.mx/transparencia/transparenciafocalizada/impactoambiental/Paginas/impactoambiental.aspx>

No obstante, el reto a superar por la industria de la construcción, en cualquiera de sus tipologías, sigue siendo fundamentalmente el empleo de materiales de construcción de bajo impacto ambiental, dado que son estos los que más repercuten sobre el medio natural, sin descartar otros impactos relacionados con el consumo de energía o los residuos.

Es necesario señalar que, aún se encuentran en fase embrionaria los criterios o parámetros de sostenibilidad ambiental aplicados a la construcción en general, y a la edificación en particular, relativos al empleo de materiales con menor impacto ambiental para su uso en la edificación de alta eficiencia energética, durabilidad, recuperabilidad y recursos renovables. De hecho, sorprende el poco interés existente entre los actores intervinientes en el proceso edificatorio, tanto del sector privado como del público, para facilitar el uso de materiales de construcción con menor impacto ambiental y mayor capacidad para ser reciclados o reutilizados, empleando técnicas de eficiencia energética en las construcciones y fomentando la gestión adecuada de los residuos.

La mitad de los materiales empleados en la industria de la construcción proceden de la corteza terrestre, produciendo anualmente en el ámbito de la Unión Europea (UE) 450 millones de toneladas de residuos y demolición (RCD); esto es, más de una cuarta parte de todos los residuos generados por el total de las actividades. Este volumen de RCD aumenta constantemente, siendo su naturaleza cada vez más compleja a medida que se diversifican los materiales utilizados. Este hecho limita las posibilidades de reutilización y el reciclado de los residuos, que en la actualidad es sólo un 28%, lo que aumenta la necesidad de crear vertederos y de intensificar la extracción de materias primas.

En términos estadísticos, se puede decir que el sector de la construcción es responsable del 50% de los recursos naturales empleados, del 40% de la energía consumida (incluyendo la energía en uso) y del 50% del total de los residuos generados.

Si bien es cierto que el procesado de materias primas y la fabricación de los materiales generan un alto coste energético y medioambiental, no es menos cierto que la experiencia ha puesto de relieve que no resulta fácil cambiar el actual sistema de construcción y la utilización irracional de los recursos naturales, donde las prioridades de reciclaje, reutilización y recuperación de materiales, brillan por su ausencia frente a la tendencia tradicional de la extracción de materias naturales. Por ello, se hace necesario reconsiderar esta preocupante situación de crisis

ambiental, buscando la utilización racional de materiales que cumplan sus funciones sin menoscabo del medio ambiente.

Conocido es que los materiales de construcción inciden en el medio ambiente a lo largo de su ciclo de vida, desde su primera fase; esto es, desde la extracción y procesamiento de materias primas, hasta el final de su vida útil; es decir, hasta su tratamiento como residuo; pasando por las fases de producción o fabricación del material y por la del empleo o uso racional de estos materiales en la edificación.

La *fase de extracción* y procesamiento de materias primas constituye la etapa más impactante, dado que la extracción de rocas y minerales industriales se lleva a cabo a través de la minería a cielo abierto, en sus dos modalidades: las *canteras* y las *graveras*.

El impacto producido por las canteras y graveras en el paisaje, su modificación topográfica, pérdida de suelo, así como la contaminación atmosférica y acústica, exigen un estudio muy pormenorizado de sus efectos a fin de adoptar las medidas correctoras que tiendan a eliminar o minimizar los efectos negativos producidos.

La *fase de producción o fabricación* de los materiales de construcción representa igualmente otra etapa de su ciclo de vida con abundantes repercusiones medioambientales. Lo cierto es que en el proceso de producción o fabricación de los materiales de construcción, los problemas ambientales derivan de dos factores: de la gran cantidad de materiales pulverizados que se emplean y del gran consumo de energía necesario para alcanzar el producto adecuado. Los efectos medioambientales de los procesos de fabricación de materiales se traducen, pues, en emisiones a la atmósfera de CO₂, polvo en suspensión, ruidos y vibraciones, vertidos de líquidos al agua, residuos y el exceso de consumo energético.

La *fase de empleo o uso racional* de los materiales, quizás la más desconocida pero no menos importante, dado que incide en el medio ambiente, en general; y, en particular, en la salud. Los contaminantes y toxinas más habituales en ambientes interiores y sus efectos biológicos -inherentes a los materiales de construcción en procesos de combustión y a determinados productos de uso y consumo- van desde gases como ozono y radón, monóxido de carbono, hasta compuestos orgánicos volátiles como los organoclorados (PVC).

Por último, la *fase final del ciclo de vida* de los materiales de construcción coincide con su tratamiento *como residuo*. Estos residuos proceden, en su mayor parte, de derribos de edificios o de rechazos de materiales de construcción de obras de nueva

creación o de reformas a las existentes. Se conocen habitualmente como escombros, la gran mayoría no son contaminantes; sin embargo, algunos residuos con proporciones de amianto, fibras minerales o disolventes y aditivos de hormigón que pueden ser perjudiciales para la salud. La mayor parte de estos residuos se trasladan a vertederos, que si bien en principio no contaminan, sí producen un gran impacto visual y paisajístico.⁷

1.4 Uso de materiales reciclados o reutilizados para la construcción

Los productos que empleamos en la construcción de edificios e infraestructuras, se fabrican a partir de materia prima extraída directamente de la naturaleza, de fuentes no renovables y, tras procesos de transformación más o menos intensos se colocan en obra.

La intensidad de la transformación de la materia prima, en la que se emplean grandes cantidades de agua y energía, tiene como objetivo fabricar productos de calidad, que se adecuen a las exigencias establecidas en la normativa, y que sean durables, es decir, que no se deterioren por la acción de los fenómenos meteorológicos, por la agresividad ambiental, o por el uso continuado.

La materia prima utilizada en la fabricación de materiales de construcción, puede tener diversa procedencia:

- Extraída directamente de la naturaleza, de fuentes no renovables o con tasas de renovación lenta con respecto a la tasa de uso, como es el caso de la madera.
- De material reciclado procedente de la demolición de edificios e infraestructuras, que se procesa y se transforma dando origen a nuevos productos.
- De la reutilización de productos seleccionados de la demolición de edificaciones, de elementos de otras industrias, o de materiales o elementos particulares de alguna edificación.

Tradicionalmente, en la fabricación de algunos materiales se han empleado residuos y desechos de otras industrias, como en el caso de los cementos, en los que las adiciones provienen de las centrales térmicas o de la fabricación de aleaciones

⁷ Sitio de internet http://huespedes.cica.es/aliens/gimadus/17/03_materiales.html

ferrosilíceas, disminuyendo las fracciones de recursos no renovables y valorizando o poniendo en valor el residuo.

La reutilización de elementos constructivos o de piezas ha sido frecuente en la historia de la construcción, el material de demolición cobraba un valor muy alto en el mercado, sobre todo las tejas o elementos de madera o acero decorados, que se restauraban y se colocaban en obra.

Los productos provenientes de material reutilizado, tienen cada vez más presencia en el mercado, ya que con su uso se evitan los problemas medioambientales asociados a la extracción en cantera y se preservan los recursos naturales materia prima y energía, cuya extracción para la fabricación de materiales de construcción ha sido alta en los últimos años.

CAPÍTULO SEGUNDO

CONTENEDORES DE CARGA

2.1 Reseña histórica de los contenedores

Un contenedor es un recipiente de carga para el transporte marítimo, fluvial, ferrocarrilero y en camiones de carga, lo que se denomina transporte multimodal. Se trata de unidades estancas que protegen las mercancías de la climatología y que están fabricadas de acuerdo con la normativa ISO (International Standardization Organization), o bien, ISO-668; por ese motivo, también se conocen con el nombre de contenedores ISO.

Los contenedores pueden utilizarse para transportar objetos voluminosos o pesados: motores, maquinaria, pequeños vehículos, etc. o mercancía paletizada. Menos frecuentes son los que transportan carga a granel. Las dimensiones del contenedor se encuentran normalizadas para facilitar su manipulación y almacenamiento.

Los contenedores son fabricados principalmente de acero corten, pero también los hay de aluminio y algunos otros de madera contrachapada reforzados con fibra de vidrio. En la mayor parte de los casos, el suelo es de madera, aunque ya hay algunos de bambú. Interiormente llevan un recubrimiento especial anti-humedad, para evitar las humedades durante el viaje. Otra característica definitoria de los contenedores es la presencia, en cada una de sus esquinas exteriores, de alojamientos para los twistlocks, que les permiten ser enganchados e izados por grúas especiales estancas o colocadas en buques o en camiones. Los twistlocks son unos elementos de acero dispuestos en la parte inferior de las esquinas de los spraders. Los twistlocks, se introducen en los dados de los contenedores y se les hace dar un giro de 90 grados, afirmando de esta forma el contenedor para que pueda ser izado o arriado.

La idea de utilizar contenedores de carga para el transporte de productos proviene de Malcom McLean, que para evitar el trabajoso proceso de descargar la mercadería desde los camiones para luego cargarla a la cubierta de los buques, con su posterior proceso de ubicación y todo esto a ritmo de hombre, ingenió un sistema que estaba basado en la construcción de cajas rectangulares metálicas, con las mismas dimensiones de los trailers de sus camiones, pero sin el sistema de rodamiento; y agregó en las esquinas del equipo dispositivos, llamados esquineros, para manipularlos con facilidad. Los dos primeros buques que modificó McLean, para el transporte de estas cajas, posteriormente conocidas como containers, fueron Ideal X y Alameda, con capacidad para 58 unidades. Este invento generó un gran impacto en el comercio internacional. Redujo costos y tiempos, llegando a consumidores en todo el planeta con la carga intacta.

El primer transporte de mercancías con contenedores fue el 26 de abril de 1956. Corrió a cargo de Malcom MacLean que hizo el trayecto desde Nueva York a Houston.⁸

El concepto de construir utilizando contenedores data de la década de 1960. Por tanto, su adecuación al contexto habitacional no supone novedad. De hecho, el primer planteamiento documentado acontece en el año 1966, cuando el Arquitecto Paul Rudolph propuso el diseño y construcción de un complejo de apartamentos en el área de Manhattan incorporando contenedores como parte fundamental de la propuesta. Los contenedores suelen ser objetos versátiles, preciados y prácticos, globalmente utilizados como instrumentos de acarreo para el embalaje industrial.

En el año 2005 el inventario de contenedores en desuso ascendió al orden de 700,000 unidades sólo en puertos marítimos Estadounidenses, donde aguardan por ser reutilizados, reacondicionados o desechados. Este enorme volumen de unidades varadas en parte responde al notable incremento de importaciones provenientes de Asia.

El mercado asiático es uno de los mayores exportadores del orbe. Anualmente en la República Popular China se construyen alrededor de 1.6 millones de unidades para satisfacer sus necesidades domésticas y foráneas. De acuerdo a reportes sobre tráfico portuario elaborados por la firma *Ocean Shipping Consultants*, entre los años 2000 y 2012 el movimiento mundial de contenedores se multiplicó.

⁸ Sitio de internet <http://es.wikipedia.org/wiki/Contenedor>

El tráfico de contenedores ha pasado de 188 millones en el año 1998 a 288 millones en el año 2000, representando en términos absolutos un dramático incremento de 100 millones de contenedores. Para el año 2012, esta figura se estimó en 490 millones, implicando un cambio absoluto de 202 millones respecto al año 2000.⁹

El contenedor debe cumplir con los siguientes requisitos:

- a) De carácter permanente y suficientemente resistente para poder ser usado repetidas veces.
- b) Especialmente diseñado para facilitar el transporte de mercancías, en uno o más medios de transporte, sin manipulaciones intermedias de las mismas.
- c) Dotado de dispositivos que permitan su fácil manejo, particularmente en el transbordo de uno a otro medio de transporte.
- d) Diseñado para dar facilidad a las operaciones de llenado y vaciado.

Todos los contenedores normalizados tienen que tener las siguientes características en común:

- a) Ningún dispositivo o parte del mismo deberá rebasar los límites de su estructura exterior.
- b) No serán excedidos en modo alguno los pesos que establecen las normas para cada contenedor.
- c) El contenedor deberá ser completamente estanco.
- d) Una vez cargado al máximo de su capacidad permitida, deberá satisfacer determinadas condiciones operativas; entre ellas, podrá el ser apilado hasta en seis unidades de altura, dentro de límites, por medio de dispositivos colocados en las esquinas de la parte superior o inferior del contenedor (dichos dispositivos tienen que estar instalados en todos los contenedores de la Serie I)
- e) El suelo del contenedor de carga, deberá resistir la presión de una carga uniformemente repartida, de por lo menos 200 Kg. sobre una extensión de 600 x 300 mm.
- f) Los paneles de la parte delantera y trasera, deberán soportar una carga uniformemente repartida, de no menos de 0,4 veces el máximo de carga útil; en los paneles laterales la resistencia será de 0,6 veces.

⁹ De la Rosa, Orlando. *Neópolis, Ciudades, Suburbios, ¿Contenedores?*, 1ª ed., Ed. Digital Group Color Printing Inc. Puerto Rico, 2011. Pp.. 80-81.

- g) Los contenedores habrán de estar provistos, al menos de una puerta en uno de sus extremos, con la condición de que sea lo más grande posible.

2.2 Tipos de contenedores

A partir de la introducción del contenedor como medio de transporte de mercancías en régimen multimodal, el contenedor ha evolucionado a medida que el mercado lo ha exigido. Desde aquella caja metálica estándar original, el contenedor ha evolucionado hasta el desarrollo de una serie de diversos tipos de contenedores que permiten transportar hoy en día casi cualquier tipo de mercancías por complejas que estas sean. Desde una simple caja de cartón, pasando por maquinaria pesada, hasta un delicado embarque de helados. Con todo, las medidas de los contenedores en cuanto a largo, ancho y alto siguen siendo medidas estándar, indiferentemente de cual sea el tipo o clase de contenedor utilizado.¹⁰

En la fabricación de un contenedor marítimo se utiliza mayormente acero corten. Algunos se construyen con aluminio e incluso madera, particularmente cuando se trata de contenedores aéreo transportados. El acero corten es una aleación de cromo, cobre y níquel desarrollada para retardar el indefectible proceso de oxidación de todo material ferroso al oxígeno. Por lo regular el piso es de madera y sus laterales se cubren con aislantes hidroabsorbentes.

Sus dimensiones obedecen a normativas enunciadas por la International Standard Organization (ISO) y se adecuan a tenor con las necesidades y requerimientos de la industria tanto en altura (8.5 y 9.5 pies) como en longitud (20, 30, 35, 40, 45, 48 y 53 pies), mas su ancho es de ocho pies como medida estandarizada.¹⁰

Existen diferentes tipos de contenedores:

- **Estándar:** Son los contenedores cerrados herméticamente, metálicos y sin refrigeración o ventilación.
- **High Cube:** Contenedores estándar mayoritariamente de 40 pies; su característica principal es su sobrealtura (9,6 pies).

¹⁰ Mallofré Joan Martín. Tratamiento de las averías en las mercancías transportadas en contenedor Dry Box. Universidad Politécnica de Cataluña. Tesis Doctoral, Barcelona, España, 2000.

- **Reefer:** Contenedores refrigerados, ya sea de 40 o 20 pies, pero que cuentan con un sistema de conservación de frío o calor y termostato. Deben ir conectados en el buque y en la terminal, incluso en el camión si fuese posible o en un generador externo, funcionan bajo corriente trifásica. Algunas de las marcas que se dedican a fabricarlos: Carrier, Mitsubishi, Thermo King y Daikin.
- **Open Top:** De las mismas medidas que los anteriores, pero abiertos por la parte de arriba. Puede sobresalir la mercancía pero, en ese caso, se pagan suplementos en función de cuánta carga haya dejado de cargarse por este exceso.
- **Flat Rack:** Carecen también de paredes laterales e incluso, según casos, de paredes delanteras y posteriores. Se emplean para cargas atípicas y pagan suplementos de la misma manera que los open top.
- **Open Side:** Su mayor característica es que es abierto en uno de sus lados, sus medidas son de 20 o 40 pies. Se utiliza para cargas de mayores dimensiones en longitud que no se pueden cargar por la puerta del contenedor.
- **Tank o Contenedor cisterna:** Para transportes de líquidos a granel. Se trata de una cisterna contenida dentro de una serie de vigas de acero que delimitan un paralelepípedo cuyas dimensiones son equivalentes a las de un "dry van". De esta forma, la cisterna disfruta de las ventajas inherentes a un contenedor: pueden apilarse y viajar en cualquiera de los medios de transporte típicos del transporte intermodal. En algunas fotos de este artículo pueden distinguirse contenedores cisterna.
- **Flexi-Tank:** Para transportes de líquidos a granel. Suponen una alternativa al contenedor cisterna. Un flexi-tank consiste en un contenedor estándar (dry van), normalmente de 20 pies, en cuyo interior se fija un depósito flexible de polietileno de un solo uso denominado flexibag.⁸

2.3 Especificaciones y acondicionamiento de contenedores

CONTENEDOR ESTANDAR							
Standard de 20'							
Largo interno	Ancho interno	Altura interna	Ancho de la puerta	Alto de la puerta	Capacidad	Peso del contenedor vacío	Máxima capacidad peso
19'4"	7'8"	7'10"	7'8"	7'6"	1,172CuFt	4,916lbs	47,900lbs
5.900m	2.350m	2.393m	2.342m	2.280m	33.2CBM	2,230Kg	21,770Kg
Standard de 40'							
Largo interno	Ancho interno	Altura interna	Ancho de la puerta	Alto de la puerta	Capacidad	Peso del contenedor vacío	Máxima capacidad peso
39'5"	7'8"	7'10"	7'8"	7'6"	2,390CuFt	8,160lbs	59,040lbs
12.036m	2.350m	2.392m	2.340m	2.280m	67.7CBM	3,700Kg	26,780Kg

CONTENEDOR FLAT RACK							
Flatrack de 20'							
Largo interno	Ancho interno	Altura interna	Ancho de la puerta	Alto de la puerta	Capacidad	Peso del contenedor vacío	Máxima capacidad peso
18'5"	7'3"	7'4"	-	-	-	5,578lbs	47,333lbs
5.620m	2.200m	2.233m	-	-	-	2,530Kg	21,470Kg
Flatrack de 40'							
Largo interno	Ancho interno	Altura interna	Ancho de la puerta	Alto de la puerta	Capacidad	Peso del contenedor vacío	Máxima capacidad peso
39'7"	6'10"	6'5"	-	-	-	12,081lbs	85,800lbs
12.080m	2.438m	2.103m	-	-	-	5,480Kg	39,000Kg

CONTENEDOR VENTILADO O REEFER							
Refrigerado de 20'							
Largo interno	Ancho interno	Altura interna	Ancho de la puerta	Alto de la puerta	Capacidad	Peso del contenedor vacío	Máxima capacidad peso
17'8"	7'5"	7'5"	7'5"	7'3"	1,000CuFt	7,040lbs	45,760lbs
5.425m	2.275m	2.260m	2.258m	2.216m	28.3CBM	3,200Kg	20,800Kg
Refrigerado de 40'							
Largo interno	Ancho interno	Altura interna	Ancho de la puerta	Alto de la puerta	Capacidad	Peso del contenedor vacío	Máxima capacidad peso
37'8"	7'5"	7'2"	7'5"	7'0"	2,040CuFt	10,780lbs	56,276lbs

11.493m	2.270m	2.197m	2.282m	2.155m	57.8CBM	4,900Kg	25,580Kg
Refrigerado de Alto Cubicaje de 40'							
Largo interno	Ancho interno	Altura interna	Ancho de la puerta	Alto de la puerta	Capacidad	Peso del contenedor vacío	Máxima capacidad peso
37'11"	7'6"	8'2"	7'6"	8'0"	2,344CuFt	9,900lbs	57,761lbs
11.557m	2.294m	2.500m	2.294m	2.440m	66.6CBM	4,500Kg	25,980Kg

CONTENEDOR HIGH CUBE							
Alto Cubicaje de 40'							
Largo interno	Ancho interno	Altura interna	Ancho de la puerta	Alto de la puerta	Capacidad	Peso del contenedor vacío	Máxima capacidad peso
39'5"	7'8"	8'10"	7'8"	8'5"	2,694CuFt	8,750lbs	58,450lbs
12.036m	2.350m	2.697m	2.338m	2.584m	76.3CBM	3,970Kg	26,510Kg
Alto Cubicaje de 45'							
Largo interno	Ancho interno	Altura interna	Ancho de la puerta	Alto de la puerta	Capacidad	Peso del contenedor vacío	Máxima capacidad peso
44'6"	7'8"	8'10"	7'8"	8'5"	3,026CuFt	9,061lbs	58,450lbs
13.58m	2.350m	2.697m	2.338m	2.584m	85.7CBM	4,110Kg	26,510Kg

CONTENEDOR OPEN TOP							
Opentop de 20'							
Largo interno	Ancho interno	Altura interna	Ancho de la puerta	Alto de la puerta	Capacidad	Peso del contenedor vacío	Máxima capacidad peso
19'4"	7'7"	7'8"	7'6"	7'2"	1,136CuFt	5,280lbs	47,620lbs
5.894m	2.311m	2.354m	2.286m	2.184m	32.23CBM	2,400Kg	21,600Kg
Opentop de 40'							
Largo interno	Ancho interno	Altura interna	Ancho de la puerta	Alto de la puerta	Capacidad	Peso del contenedor vacío	Máxima capacidad peso
39'5"	7'8"	7'8"	7'8"	7'5"	2,350CuFt	8,490lbs	58,710lbs
12.028m	2.350m	2.345m	2.341m	2.274m	65.5CBM	3,850Kg	26,630Kg

Tabla 2.1. Especificaciones de contenedores. Fuente: Norma ISO 6346

Además de haber sido creados para alojar en su interior todo tipo de carga imaginable y transportados en columnas apiladas dispuestas en grupos por tara, tamaño y contenido, estas “cajas” metálicas disponen de una vida útil limitada a

unos 15 años. Esto en parte, debido al nivel de exposición al ambiente marino donde sólo embarcaciones sometidas a rigurosos protocolos de mantenimiento y servicio preventivo pueden disminuir su corrosión.

Por lo regular los contenedores suelen recibir un escaso o tal vez nulo mantenimiento, mientras toleran lluvias torrenciales, vientos tempestuosos y temperaturas extremas. Además, deben ser capaces de soportar completamente cargados y durante tiempo indefinido enormes presiones por compresión cuando se añaden pesos estáticos estructuralmente sobrepuestos al igual que tensiones por fuerzas laterales; golpes, caídas y lodo que son parte de su cotidianidad al ser transportados por superficies accidentadas, irregulares o sinuosas. Sin tomar en consideración las casi 10,000 unidades anualmente extraviadas en todo el planeta al caer accidentalmente de las embarcaciones, que terminaran flotando en el mar por días, meses o incluso años (si poseen revestimiento isotérmico) antes de zozobrar.

Lo planteado permite entender la razón de su corta vida como objeto de embalaje, principalmente marítimo. Sin embargo, retirados de los escenarios descritos, estos potenciales “bloques de construcción posmodernos” pueden reacondicionarse preservando y renovando su integridad estructural. Protegidos con poliepóxido, revestidos con materiales compuestos u homologaciones, un contenedor alcanzará un rendimiento operacional superior a 80 años con niveles de mantenimiento considerablemente menores que los habitualmente requeridos por el concreto, la madera o el acero expuesto.

2.4 Tratamiento de limpieza de contenedores

Debido al uso y al envejecimiento del contenedor se tendrá que realizar un mantenimiento frecuente del mismo. El mantenimiento se basará en las reparaciones que se deben efectuar a los daños ocasionados al contenedor durante su período de explotación a fin de que pueda acogerse a la normativa contratada en el caso de los contenedores alquilados o bien en el caso de contenedores de propiedad de navieras, se repararán aquellos daños que puedan hacer al contenedor “no seguro”, tanto para las personas como para las mercancías transportadas.

El contenedor está expuesto, por su propio uso, a una serie de riesgos como son las manipulaciones incorrectas, impactos accidentales tanto en tierra como a bordo del

Buque, etc. y al mismo tiempo está sometido a un desgaste natural potenciado, al estar en contacto con el medio marino. Los roces y golpes del contenedor contra otros contenedores o contra el mismo buque, durante las operaciones de carga y descarga o durante las manipulaciones del contenedor en tierra, provocan ralladuras en la pintura o incluso pérdidas zonales de la misma, quedando el acero expuesto a la corrosión. A partir de este momento, comenzará un proceso corrosivo de los elementos estructurales y paneles afectados que si no se sana debilitará los primeros hasta llegar a provocar la falta de material y la aparición de agujeros en los segundos, perdiendo el contenedor la condición de estanqueidad al agua y a la luz.

El agua de lluvia y la salpicadura de agua salada que resbala por gravedad por los paneles verticales, va dejando mella en aquellos contenedores que están estibados sobre la cubierta principal y en los de abajo, a los que les escurre esa agua. También en las juntas de goma de las puertas se filtra el agua y queda retenida sobre todo en las inferiores, produciéndose un foco de corrosión que afectará a los remaches de acero que las unen a él. Con el tiempo, al romperse estos remaches, las gomas quedan sueltas y el contenedor habrá perdido estanqueidad. Si no se hace un mantenimiento adecuado, el foco de corrosión se ampliará, pasando de los remaches a las planchas de acero de las puertas, agravándose los daños.

Para un mantenimiento a la pintura debido a los agentes atmosféricos como la corrosión, es necesario un cepillado con cepillo de alambre de acero o con esmeril para acero y retirar el óxido hasta llegar a la placa metálica para después aplicar pintura anticorrosiva o de esmalte para exteriores.



Fig 2.1. Mantenimiento de contenedores. Fuente: Sitio de internet <http://issuu.com/ledg/docs/contenedoresmaritimos>

2.5 Disponibilidad, características y resistencia

La revolución comercial, a partir de 1956, que produjo el empleo de contenedores para el transporte, generó nuevas alternativas en el traslado de mercaderías, sin contemplar que en un futuro, generaría otras posibilidades con respecto a su uso, una vez cumplida la función del equipo. Al ser el contenedor un producto industrial y al ganar tanto éxito comercial, se masificó, es decir, en la actualidad hay miles y miles de contenedores en uso; como su vida útil es de aproximadamente 15 años, hay cerca de 300 millones de contenedores abandonados en los puertos de todo el mundo, que se transforman en desechos, ocupando inútilmente espacio y desperdiciando acero; ya no sirven para el transporte de mercaderías, pero continúan manteniendo las características de durabilidad y resistencia. Debido a esto, se comenzó a contemplar la posibilidad, como se dijo antes, de emplearlos en otros usos diferentes para los que fueron fabricados, por ejemplo la utilización de contenedores reciclados y acondicionados para oficinas, escuelas, viviendas, locales comerciales, e inclusive como hoteles y galerías de arte o museos.

China es el país con mayor cantidad de contenedores ya que cuenta con el 90% de los 18 millones de contenedores que hay aproximadamente en todo el planeta, por lo mismo es un país pionero en la reutilización de los contenedores en espacios habitables adaptados. En la actualidad existe una gran oferta de empresas dedicadas a esto en China. En México se estima existen alrededor de 300,000 unidades de contenedores en desuso dentro de los puertos con mayor movimiento de TEU's como los son: Manzanillo (Colima), Altamira (Tamaulipas) y Lázaro Cárdenas (Michoacán).

2.6 Termoaislantes

Los contenedores no están diseñados para ser espacios habitables, requieren un cuidadoso reacondicionamiento térmico que será determinado por el nuevo uso o aplicación propuesta, la posición geográfica, altura y clima en que serán ubicados. Existen varias formas para crear lo que se conoce como sistema de aislamiento de calor; entre éstos se encuentra la goma-espuma de poliuretano y los rellenos de fibra de vidrio. Considerado como uno de los mejores aisladores de calor de la industria, particularmente útil en interiores como paredes y techos.

Este producto tiene dos posibles presentaciones, “célula abierta” o “célula cerrada”, siendo el segundo el más apropiado por su densidad y durabilidad para el revestimiento interior de contenedores. Otro versátil aislador térmico es la pintura

de cerámica. Tal vez, el mejor aislador de calor, certificado y utilizado por los estadounidenses en sus transbordadores espaciales. Dentro de sus atributos se encuentra la no toxicidad, aplicabilidad general a todo material y/o superficie, es sorprendentemente efectivo, incluso al verse en capas de un milímetro (0.03 Pulgadas) de espesor.

Este producto repele el calor generado por los rayos ultravioleta, además, puede usarse con prácticamente cualquier pintura y pigmentación. Los aisladores de cerámica protegen de corrosión los materiales ferrosos, absorben sonidos y operan como retardadores de incendio. Al combinar los aisladores de cerámica en el exterior, con el aislador de poliuretano para el interior, se consigue una estructura que dispersa mejor el calor, por tanto más simple de ventilar y refrigerar. Se advierte que un contenedor tratado de esta manera no posee necesariamente los índices de dispersión térmica ni patrones de absorción del hormigón, pero puede acercarse significativamente alcanzando el objetivo ulterior de habitabilidad funcional deseado.

CAPÍTULO TERCERO

USO DE CONTENEDORES DE CARGA PARA PROYECTOS DE EDIFICACIÓN

3.1 Proyecto de vivienda

Tal como se ha dicho, el interés de la construcción con contenedores de cara a la consideración del cierre de los ciclos materiales en la arquitectura, se centra en las potencialidades que ésta ofrece para poder mantener de los recursos físicos a lo largo de su ciclo de vida dentro de un ciclo de reciclaje constante que evite la generación de residuos.

En tal sentido, la posibilidad de trabajar con pocos materiales, optimizar el uso de los mismos, reducir y controlar los residuos en fábrica y, finalmente, recuperar los materiales al final de la vida útil del edificio son sus principales ventajas.

Uno de los motivos por los cuales se idean nuevas alternativas de vivienda, es la falta de espacio para su construcción en las grandes ciudades; al haber tanta demanda aumentan los precios de los inmuebles y de los terrenos volviéndose inaccesibles para muchas personas. En busca de respuestas para éste y otros tipos de problemáticas sociales, se comenzó a contemplar a estos grandes recipientes de carga, como un opción resistente, flexible y, gracias a las nuevas tecnologías, con la posibilidad de acondicionarlos con sistemas de calefacción y refrigeración, para convertirlos en viviendas reales.

3.1.1 Características del proyecto

El proyecto se basa en una estructura de dos niveles de uso habitacional a base de contenedores marítimos.

En la planta baja se cuenta con un acceso desde el frente de la casa hacia un Hall en la entrada, una estancia, cocina, comedor, un medio baño y escaleras de acceso a planta alta. El área de construcción en planta baja es alrededor de 38.3 m².

En planta alta se tiene un estudio, dos recamaras principales y un baño principal. El área de construcción en planta alta es alrededor de 38.3 m².

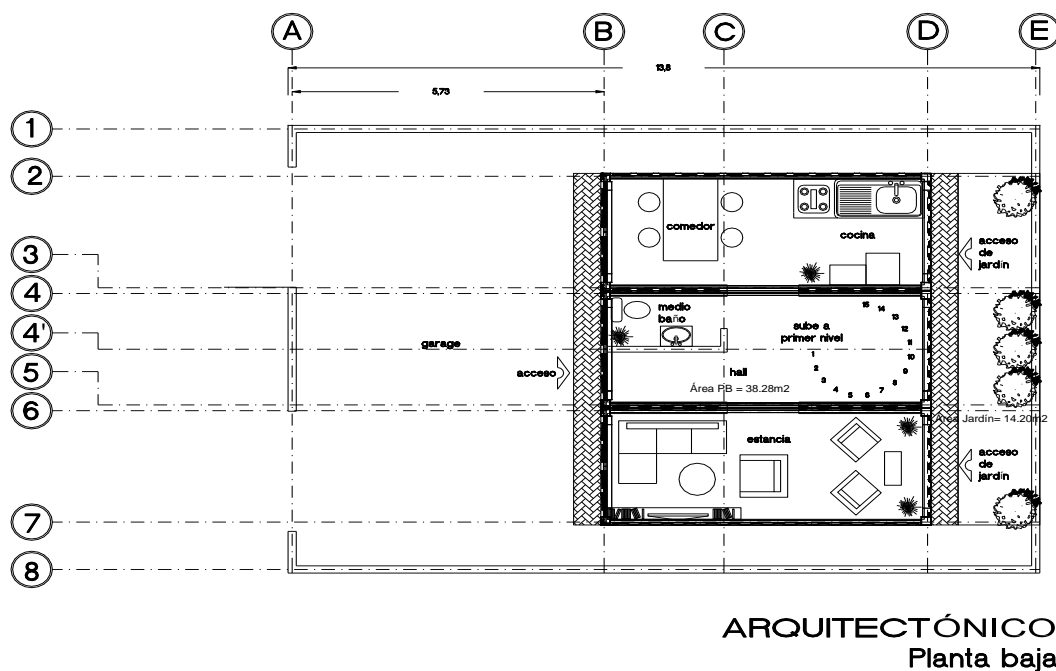
Las dimensiones en planta son de 6.08 m de largo por 7.32 m de ancho, con una altura total de 4.88 m.

La estructura es clasificada como una estructura regular debido a las dimensiones en planta y en elevación.

El proyecto a realizar es una estructura diseñada para el uso de habitacional, clasificado por su uso como una estructura del Grupo B.

El sistema estructural se analizara mediante un criterio de marcos rígidos de acero representados por la propia estructura del contenedor, un sistema de losas tipo losacero debido a las condiciones de forma de la losa y techo de los contenedores.

La estructura cuenta a su vez, con muros divisorios que no tienen función estructural, apoyados directamente sobre la capa de compresión en cada uno los pisos de la estructura.



ARQUITECTÓNICO
Planta baja

Fig. 3.1. Planta baja arquitectónica. Fuente: Elaboración propia.

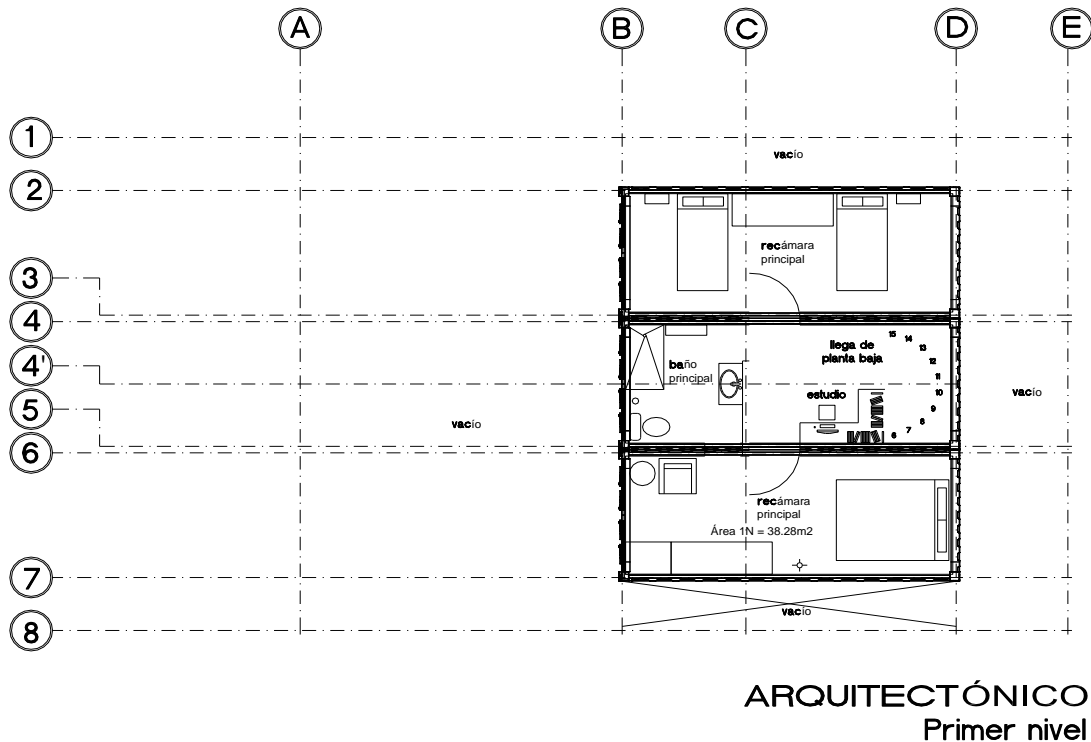


Fig. 3.2. Planta alta arquitectónica. Fuente: Elaboración propia.

3.1.2 Procedimiento de diseño estructural

El diseño es un proceso mediante el cual se le da forma a un sistema estructural para que cumpla una función determinada con un grado de seguridad razonable y que en condiciones normales de servicio tenga un comportamiento adecuado. Es importante considerar ciertas restricciones que surgen de la interacción con otros aspectos del proyecto global.

La etapa de estructuración es probablemente la etapa más importante del diseño estructural pues, la optimización del resultado final del diseño depende de gran medida del acierto que se haya obtenido en adoptar la estructuración más adecuada para una edificación específica.

En una segunda etapa, se identifican las acciones que se consideran que van a incidir o que tienen posibilidad de actuar sobre el sistema estructural durante su vida útil. Entre estas acciones se encuentra, las acciones permanentes como la carga muerta, acciones variables como la carga viva y las acciones accidentales como el viento y el sismo.

El proceso de diseño estructural será el siguiente:

- Definición de los reglamentos de diseño.
- Descripción de las propiedades de los materiales.
- Análisis de cargas.
- Análisis estructural mediante software SAP 2000 versión 15.1
- Resultados del análisis estructural.
- Conclusiones.

3.1.2.1 Reglamentos de diseño empleados

Para realizar la revisión y diseño estructural de la casa habitación nos basamos en el *Reglamento de Construcción para el Distrito Federal del 2004* y sus correspondientes *Normas Técnicas de Diseño de Elementos de Acero y Diseño de elementos de Concreto*.

Al realizar el análisis estructural mediante el software SAP 2000 versión 15.1 se emplearán los criterios de diseño de elementos de acero por el método del AISC (American Institute of Steel Construction), LRFD (Load and Resistance Factor Design). El dimensionamiento de las estructuras y de los elementos que las componen se efectuará de acuerdo con los criterios relativos a los estados límite de falla y de servicio establecidos.

El primero se basa en la seguridad o capacidad de carga de las estructuras e incluye las resistencias plásticas, de pandeo, de fractura, de fatiga, de volteo, etc.

Mientras que los estados límite de servicio se refieren al comportamiento de las estructuras bajo cargas normales de servicio, mismas que tienen que ver con el uso y la ocupación como deflexiones excesivas, deslizamientos, vibraciones y agrietamientos.

En el método LRFD las cargas de servicio son multiplicadas por los llamados factores de carga o de seguridad, teniendo así cargas factorizadas que serán utilizadas para el diseño de la estructura. Dicha estructura deberá tener un diseño lo suficientemente fuerte que permita resistir estas cargas factorizadas. Esta resistencia se considera igual a la resistencia teórica o nominal del miembro estructural, multiplicado por un factor de resistencia que es normalmente menor a la unidad. Con esto se busca tomar en cuenta las incertidumbres que se tienen en cuestión a las propiedades de resistencia de los materiales dimensiones y mano de obra.

$$(\lambda)Q \leq (\Phi)R_n$$

Dónde:

λ =Factor de carga.

Q=Cargas de servicio.

Φ =Factor de reducción de resistencia.

R_n =Resistencia nominal.

3.1.3 Propiedades de los materiales

De acuerdo a las *Normas Técnicas de Diseño de Elementos de Concreto del 2004*, en su *Capítulo 1.5 Materiales*:

1.5.1 Concreto

El concreto de resistencia normal empleado para fines estructurales puede ser de dos clases: clase 1, con peso volumétrico en estado fresco superior a 22 kN/m³ (2.2 t/m³) y clase 2 con peso volumétrico en estado fresco comprendido entre 19 y 22 kN/m³ (1.9 y 2.2 t/m³). Para las obras clasificadas como del grupo A o B1, según se definen en el artículo 139 del Reglamento, se usará concreto de clase 1.

Los requisitos adicionales para concretos de alta resistencia con resistencia especificada a la compresión, f_c' , igual o mayor que 40 MPa (400 kg/cm²) se encuentran en el *Capítulo 11 del mismo reglamento*.

1.5.1.1 Materiales componentes para concretos clase 1 y 2

En la fabricación de los concretos, se empleará cualquier tipo de cemento que sea congruente con la finalidad y características de la estructura, clase resistente 30 ó 40, que cumpla con los requisitos especificados en la norma *NMXC-414-ONNCCE*. Los agregados pétreos deberán cumplir con los requisitos de la norma *NMX-C-111* con las modificaciones y adiciones establecidas en la sección 14.3.1.

El concreto clase 1 se fabricará con agregados gruesos con peso específico superior a 2.6 (caliza, basalto, etc.) y el concreto clase 2 con agregados gruesos con peso específico superior a 2.3, como andesita. Para ambos se podrá emplear arena andesítica u otra de mejores características.

El agua de mezclado deberá ser limpia y cumplir con los requisitos de la norma *NMX-C-122*. Si contiene sustancias en solución o en suspensión que la enturbien o le produzcan olor o sabor fuera de lo común, no deberá emplearse.

Podrán usarse aditivos a solicitud expresa del usuario o a propuesta del productor, en ambos casos con la autorización del Corresponsable en Seguridad Estructural, o del Director Responsable de Obra cuando no se requiera de Corresponsable. Los aditivos deberán cumplir con los requisitos de la norma *NMX-C-255*.

1.5.1.2 Resistencia a compresión

Los concretos clase 1 tendrán una resistencia especificada, f_c' , igual o mayor que 25 MPa (250 kg/cm²).

La resistencia especificada de los concretos clase 2 será inferior a 25 MPa (250 kg/cm²) pero no menor que 20 MPa (200 kg/cm²). En ambas clases deberá comprobarse que el nivel de resistencia del concreto estructural de toda construcción cumpla con la resistencia especificada. Se admitirá que un concreto cumple con la resistencia especificada si satisface los requisitos prescritos en la sección 14.3.4.1. El Corresponsable en Seguridad Estructural o el Director Responsable de Obra, cuando el trabajo no requiera de Corresponsable, podrá autorizar el uso de resistencias, f_c' , distintas de las antes mencionadas, sin que, excepto lo señalado en el párrafo siguiente, sean inferiores a 20 MPa (200 kg/cm²).

En muros de concreto reforzado de vivienda de interés social, se admitirá el uso de concreto clase 2 con resistencia especificada de 15 MPa (150 kg/cm²) si se garantizan los recubrimientos mínimos requeridos en 4.9.3.

Todo concreto estructural debe mezclarse por medios mecánicos. El de clase 1 debe proporcionarse por peso; el de clase 2 puede proporcionarse por volumen.

Para diseñar se usará el valor nominal, f_c^* , determinado con la expresión siguiente. $f_c^* = 0.8f_c'$ (1.12).

El valor f_c^* se determinó de manera que la probabilidad de que la resistencia del concreto en la estructura no lo alcance es de dos por ciento. Puesto que f_c^* es una medida de la resistencia del concreto en la estructura, para que sea válida la ec. 1.12 deben cumplirse los requisitos de transporte, colocación, compactación y curado prescritos en las secciones 14.3.5, 14.3.6 y 14.3.9, respectivamente. Se hace hincapié

en que el proporcionamiento de un concreto debe hacerse para una resistencia media, f_c , mayor que la especificada, f_c' , y que dicha resistencia media es función del grado de control que se tenga al fabricar el concreto.

Para el proyecto en cuestión se construirá una losa de concreto tipo losacero en cada uno de los pisos, en los cuales se usara un concreto con las características siguientes:

Resistencia a la compresión del concreto	$f_c = 250 \text{ kg/cm}^2$
Módulo de elasticidad del concreto	$E = 221,000 \text{ kg/cm}^2$
Módulo de Poisson	$\mu = 0.2$

Las propiedades del acero empleadas están plasmadas en las *Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras Metálicas*, en su *Capítulo 1.3 Materiales*:

Los aceros que pueden utilizarse en estructuras diseñadas de acuerdo con estas Normas, así como los remaches, tornillos, conectores de cortante, metales de aportación y fundentes para soldadura, son los que se indican en las secciones 1.3.1 a 1.3.7.

Pueden utilizarse otros materiales y productos, diferentes de los indicados, si son aprobados por el diseñador y la Administración. La aprobación puede basarse en especificaciones publicadas que establezcan las propiedades y características del material o producto, que lo hacen adecuado para el uso que se le pretende dar, o en ensayos realizados en un laboratorio acreditado por la entidad de acreditación reconocida en los términos de la *Ley Federal sobre Metrología y Normalización*.

Los valores del esfuerzo de fluencia, F_y , y de ruptura en tensión, F_u , que se utilizarán en el diseño, serán los mínimos especificados en la norma correspondiente. No se emplearán en el diseño los valores reportados en certificados de ensayos de los productos laminados.

1.3.1 Acero estructural

- B-254 (ASTM A36) Acero estructural.
- B-99 (ASTM A529) Acero estructural con límite de fluencia mínimo de 2 950 kg/cm².
- B-282 (ASTM A242) Acero estructural de baja aleación y alta resistencia.
- B-284 (ASTM A572) Acero estructural de alta resistencia y baja aleación al manganeso–vanadio.

- (ASTM A588) Acero estructural de alta resistencia y baja aleación de hasta 100 mm de grueso, con límite de fluencia mínimo de 3 515 kg/cm).
- (ASTM A913) Perfiles de acero de alta resistencia y baja aleación, de calidad estructural, producidos por un proceso de tratamiento térmico especial.
- (ASTM A992) Acero estructural para perfiles H laminados para uso en edificios.
- B-177 (ASTM A53, grado B) Tubos de acero, con o sin costura.
- B-199 (ASTM A500) Tubos de acero al carbono para usos estructurales, formados en frío, con o sin costura, de sección circular o de otras formas.
- B-200 (ASTM A501) Tubos de acero al carbono para usos estructurales, formados en caliente, con o sin costura.

En la siguiente tabla se indican los valores de los esfuerzos F_y y F_u de los aceros listados arriba.

Tabla 1.1 Esfuerzos F_y y F_u de aceros estructurales

Nomenclatura		F_y ⁽³⁾		F_u ⁽⁴⁾				
NMX ¹	ASTM ²	MPa	kg/cm ²	MPa	kg/cm ²			
B-254	A36	250	2 530	400 a	4 080 a			
				550	5 620			
B-99	A529	290	2 950	414 a	4 220 a			
				585	5 975			
B-282	A242	290	2 950	435	4 430			
				320	4 710			
				345	4 920			
B-284	A572	290	2 950	414	4 220			
				345	4 570			
				414	5 270			
				450	5 620			
				A992	345	3 515	450 a	4 570 a
				620	6 330			
B-177	A53	240	2 460	414	4 220			
B-199	A500 ⁽⁵⁾	320	3 235	430	4 360			
B-200	A501	250	2 530	400	4 080			
				A588	345 ⁽⁶⁾	3 515 ⁽⁶⁾	483 ⁽⁶⁾	4 920 ⁽⁶⁾
				A913	345 a	3 515 a	448 a	4 570 a
				483 ⁽⁷⁾	4 920 ⁽⁷⁾	620 ⁽⁷⁾	6 330 ⁽⁷⁾	

Tabla 3.1. Esfuerzos límite para diferentes propiedades del acero. *Fuente: Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Estructuras Metálicas*

Para nuestro caso de estudio, se considerara un acero estructural A-36 para los contenedores teniendo las siguientes características.

- Esfuerzo de fluencia. $f_y = 2530 \text{ kg/cm}^2$
- Módulo de elasticidad del acero. $E = 2\,040\,000 \text{ kg/cm}^2$.
- G módulo de elasticidad al esfuerzo cortante. $784\,000 \text{ kg/cm}^2$.
- Módulo de Poisson $\mu = 0.3$

Las características del contenedor especificado para el proyecto están basadas en la normativa ISO (International Standardization Organization) que es la entidad internacional encargada de favorecer normas de fabricación, comercio y comunicación en todo el mundo. La norma ISO que se refiere a las características de los contenedores para comercio es la ISO 6346, la cual describe en su Anexo D, *Código de Designación de las Dimensiones*, los dos caracteres alfanuméricos utilizados para expresar el código de dimensiones de un contenedor se eligen tal como sigue:

El primer carácter, que representan la longitud, conforme a la tabla D.1;
 El segundo carácter, que representa la anchura y la altura, conforme a la tabla D.2.

Tabla D.1
Primer carácter

Longitud			Código
mm	ft	in	
2 991	10		1
6 068	20		2
9 125	30		3
12 192	40		4
	libre		5
	libre		6
	libre		7
	libre		8
	libre		9
7 150			A
7 315	24		B
7 430	24	6	C
7 450		-	D
7 820		-	E
8 100		-	F
12 500	41		G
13 106	43		H
13 600		-	K
13 716	45		L
14 630	48		M
14 935	49		N
16 154		-	P
	libre		R

Tabla D.2
Segundo carácter

Altura			Código		
			Anchura		
mm	ft	in	2 438 mm (8 ft)	> 2 438 mm y ≤ 2 500 mm	> 2 500 mm
2 438	8		0		
2 591	8	6	2	C	L
2 743	9		4	D	M
2 895	9	6	5	E	N
> 2 895	>9	6	6	F	P
1 295	4	3	8		
<1 219	<4		9		

Tabla 3.2. Tabla de designación de dimensiones de contenedores. Fuente: Norma ISO 6346

Para este proyecto en específico se determinó usar contenedores estándar de 20 ft de longitud, por 8 ft de ancho con una altura de 8ft.

CONTENEDOR "STANDARD"							
Standard de 20'							
largo interno	ancho interno	altura interna	ancho de la puerta	alto de la puerta	capacidad	peso del contenedor vacío	máxima capacidad peso
19'4"	7'8"	7'10"	7'8"	7'6"	1,172CuFt	4,916lbs	47,900lbs
5.900m	2.350m	2.393m	2.342m	2.280m	33.2CBM	2,230Kg	21,770Kg




20 pies Standar 20'x8'x8'6". Utilizado para cualquier carga seca normal, como cajas, tambores, bolsas, pallets, etc.

Tara: 2302 kg / 5070 lb

Carga Máxima: 28180 kg/ 62130 lb

Máxima P.B.: 30480 kg/ 67200 lb

Medidas Internas:

Largo: 5898 mm

Ancho: 2352 mm

Altura: 2393 mm

Tabla 3.3. Dimensiones de contenedor específico del proyecto. Fuente: Norma ISO 6346

3.1.4 Análisis de cargas

El análisis de cargas es el procedimiento mediante el cual se determinan los pesos que tienen posibilidad de actuar sobre el sistema estructural durante su vida útil. Entre estas acciones se encuentran las acciones permanentes como la carga muerta, acciones variables como la carga viva y las acciones accidentales como el viento y el sismo.

3.1.4.1 Cargas muertas

Análisis de cargas para losas

Tipo de Losa: Losacero

Análisis por Módulo:

Dimensiones por módulo:

Peralte:	0.05	cm
Largo:	2.40	m
Ancho:	1.00	m
Módulo:	2.40	m ²

	L (m)	b (m)	h (m)	γ (kg/m ³)	kg	
Capa de compresión	1.00	1.00	0.05	2400	120.00	
Valles	1.00	0.15	0.05	2400	9.00	
Lamina					15.00	
						Carga Muerta 144.00 Kg/modulo
Peso de Losa por m²:	345.60	Kg/m²				

Losas de Azotea:

	L (m)	b (m)	h (m)	γ (kg/m ³)	Kg/m ²	
Losas:					345.60	
Impermeabilizante:					5.00	
Plafond:	1.00	1.00	0.02	430.00	8.60	
Por norma:					40.00	
						Carga muerta= 399.20 Kg/m²
						Carga Viva= 100 Kg/m²
						Wa= 499.20 Kg/m²

Losa de Entrepiso:

	L (m)	b (m)	h (m)	γ (kg/m ³)	Kg/m ²
Losa:					345.60
Mortero:	1.00	1.00	0.02	2100.00	42.00
Piso:	1.00	1.00	0.02	2200.00	44.00
Plafond:	1.00	1.00	0.02	430.00	8.60
Por norma:					40.00
				Carga muerta=	480.20 Kg/m²
				Carga Viva=	170.00 Kg/m²
				Wa=	650.20 Kg/m²

Análisis de cargas por muros y pretil

	L (m)	b (m)	h (m)	γ (kg/m ³)	kg/m
Muros	1.00	0.15	2.30	300.00	103.50
Pretil	1.00	0.15	0.50	300.00	22.50

3.1.4.2 Cargas vivas

Las cargas vivas están representadas en las normas técnicas sobre los criterios de análisis en 6.1.2 *Disposiciones generales*.

Para la aplicación de las cargas vivas unitarias se deberá tomar en consideración las siguientes disposiciones:

- a) La carga viva máxima W_m se deberá emplear para diseño estructural por fuerzas gravitacionales y para calcular asentamientos inmediatos en suelos, así como para el diseño estructural de los cimientos ante cargas gravitacionales;
- b) La carga instantánea W_a se deberá usar para diseño sísmico y por viento y cuando se revisen distribuciones de carga más desfavorables que la uniformemente repartida sobre toda el área;
- c) La carga media W se deberá emplear en el cálculo de asentamientos diferidos y para el cálculo de flechas diferidas; y
- d) Cuando el efecto de la carga viva sea favorable para la estabilidad de la estructura, como en el caso de problemas de flotación, volteo y de succión por viento, su intensidad se considerará nula sobre toda el

área, a menos que pueda justificarse otro valor acorde con la definición de la sección 2.2.

Las cargas uniformes de la tabla 6.1 se considerarán distribuidas sobre el área tributaria de cada elemento.

Tabla 6.1 Cargas vivas unitarias, kN/m² (kg/m²)

Destino de piso o cubierta	W	W _a	W _m	Observaciones
a) Habitación (casa–habitación, departamentos, viviendas, dormitorios, cuartos de hotel, internados de escuelas, cuarteles, cárceles, correccionales, hospitales y similares)	0.7 (70)	0.9 (90)	1.7 (170)	1
b) Oficinas, despachos y laboratorios	1.0 (100)	1.8 (180)	2.5 (250)	2
c) Aulas	1.0 (100)	1.8 (180)	2.5 (250)	
d) Comunicación para peatones (pasillos, escaleras, rampas, vestíbulos y pasajes de acceso libre al público)	0.4 (40)	1.5 (150)	3.5 (350)	3 y 4
e) Estadios y lugares de reunión sin asientos individuales	0.4 (40)	3.5 (350)	4.5 (450)	5
f) Otros lugares de reunión (bibliotecas, templos, cines, teatros, gimnasios, salones de baile, restaurantes, salas de juego y similares)	0.4 (40)	2.5 (250)	3.5 (350)	5
g) Comercios, fábricas y bodegas	0.8W _m	0.9W _m	W _m	6
h) Azoteas con pendiente no mayor de 5 %	0.15 (15)	0.7 (70)	1.0 (100)	4 y 7
i) Azoteas con pendiente mayor de 5 %; otras cubiertas, cualquier pendiente.	0.05 (5)	0.2 (20)	0.4 (40)	4, 7, 8 y 9
j) Volados en vía pública (marquesinas, balcones y similares)	0.15 (15)	0.7 (70)	3 (300)	
k) Garajes y estacionamientos (exclusivamente para automóviles)	0.4 (40)	1.0 (100)	2.5 (250)	10

Tabla 3.4. Magnitudes de Cargas Vivas Máximas y Accidentales. Fuente: Normas técnicas complementarias sobre criterios y acciones para el diseño estructural de las edificaciones, cimentaciones, viento, sismo, hidráulicas, arquitectónico.

3.1.4.3 Cargas accidentales

Dentro de las cargas accidentales es muy importante tomar en cuenta el factor de cargas debidas a sismos.

La República Mexicana se encuentra dividida en cuatro zonas sísmicas. Teniendo como antecedentes que la edificación se encuentra en una zona donde se presentan estas eventualidades se realizó con fines de diseño antisísmico un estudio de mecánica de suelos in-situ.

La edificación se encuentra en la ciudad de Puebla, Puebla y como se observa en el mapa de la regionalización sísmica, se encuentra en la zona sísmica B y El tipo de suelo está clasificado como Tipo II determinado por la mecánica de suelos.



Fig. 3.3. Mapa de regionalización sísmica de la República Mexicana. *Fuente: CENAPRED*

Por la importancia de la construcción, esta se clasificó como del grupo B con objeto de tener una resistencia adecuada para evitar colapsos o daños mayores tratando de evitar reparaciones costosas en temblores severos. El sistema estructural de marcos rígidos de acero, principalmente se caracteriza con un factor de

comportamiento sísmico $Q = 2$. (Sección 5.3 de las Normas Técnicas Complementarias).

3.1.4.4 Espectro de diseño por sismo

El coeficiente sísmico, c , es el cociente de la fuerza cortante horizontal que debe considerarse que actúa en la base de la edificación por efecto del sismo, V_o , entre el peso de la edificación sobre dicho nivel, W_o . Con este fin se tomará como base de la estructura el nivel a partir del cual sus desplazamientos con respecto al terreno circundante comienzan a ser significativos. Para calcular el peso total se tendrán en cuenta las cargas muertas y vivas que correspondan, según las *Normas Técnicas Complementarias sobre Criterios y Acciones para el Diseño Estructural de las Edificaciones*.

El coeficiente sísmico para las edificaciones clasificadas como del grupo B en el artículo 139 del Reglamento se tomará igual a 0.16 en la zona I, 0.32 en la II, 0.40 en las zonas IIIa y IIIc, 0.45 en la IIIb y 0.30 en la III d.

Tabla 3.1 Valores de los parámetros para calcular los espectros de aceleraciones

Zona	c	a_o	T_a^{-1}	T_b^{-1}	r
I	0.16	0.04	0.2	1.35	1.0
II	0.32	0.08	0.2	1.35	1.33
III _a	0.40	0.10	0.53	1.8	2.0
III _b	0.45	0.11	0.85	3.0	2.0
III _c	0.40	0.10	1.25	4.2	2.0
III _d	0.30	0.10	0.85	4.2	2.0

Tabla 3.5. Valores para determinación del coeficiente sísmico. *Fuente: Normas Técnicas Complementarias sobre Criterios y Acciones para el Diseño Estructural de las Edificaciones.*

Por lo tanto se considera para nuestro proyecto $C=0.32$.

3.1.5 Análisis estructural

Análisis estructural es un procedimiento muy importante en el diseño estructural ya que con él se determinan de las respuestas del sistema estructural ante la sollicitación de las acciones externas que puedan incidir sobre dicho sistema. La respuesta de una estructura o de un elemento es su comportamiento bajo una acción determinada; está en función de sus propias características y puede expresarse en función de deformaciones, agrietamiento, vibraciones, esfuerzos, reacciones, etc.

En muchas situaciones las cargas y otras acciones que introducen esfuerzos en la estructura están definidas por los reglamentos de las construcciones y es obligación del proyectista sujetarse a ellos. Es necesario obtener los elementos mecánicos y los desplazamientos en el sistema estructural. Los elementos mecánicos se determinan por medio de un análisis elástico-lineal.

Las secciones se dimensionan de tal manera que su resistencia a las diversas acciones de trabajo a las que puedan estar sujetas sean igual a dichas acciones multiplicadas por factores de carga, de acuerdo con el grado de seguridad deseado o especificado. La resistencia de la sección se determina prácticamente en la falla o en su plastificación completa.

La capacidad de una estructura para resistir un conjunto de acciones depende con frecuencia de la resistencia a la falla de los elementos que la componen. Es necesario tener en cuenta la forma en las que se presentan las acciones y la forma en que los elementos pueden llegar a fallar; así entonces, se busca siempre que las estructuras cuenten con suficiente ductilidad para hacer frente a las situaciones no previstas en el

Cálculo evitando la falla frágil y buscando una falla dúctil, siempre y cuando no se presenten deformaciones importantes por estructuras muy flexibles y basta con que la estructura tenga suficiente resistencia, también es necesario que su comportamiento en condiciones normales de servicio sea satisfactorio.

Se realizó un modelo tridimensional de la estructura mediante el software SAP2000 v.15.1 para realizar el análisis sísmico dinámico y al mismo tiempo diseñar los elementos de acero que conforman a la estructura.

El modelo matemático elaboro empleando las disposiciones y consideraciones del Reglamento AISC-LRFD del 99, los *Criterios de Diseño del Reglamento de Construcciones para el DF* y sus respectivas *Normas Técnicas Complementarias*.

Bajo este criterio se diseñó de manera tal que los esfuerzos calculados por efectos de las cargas de servicio no superen los valores máximos en las especificaciones.

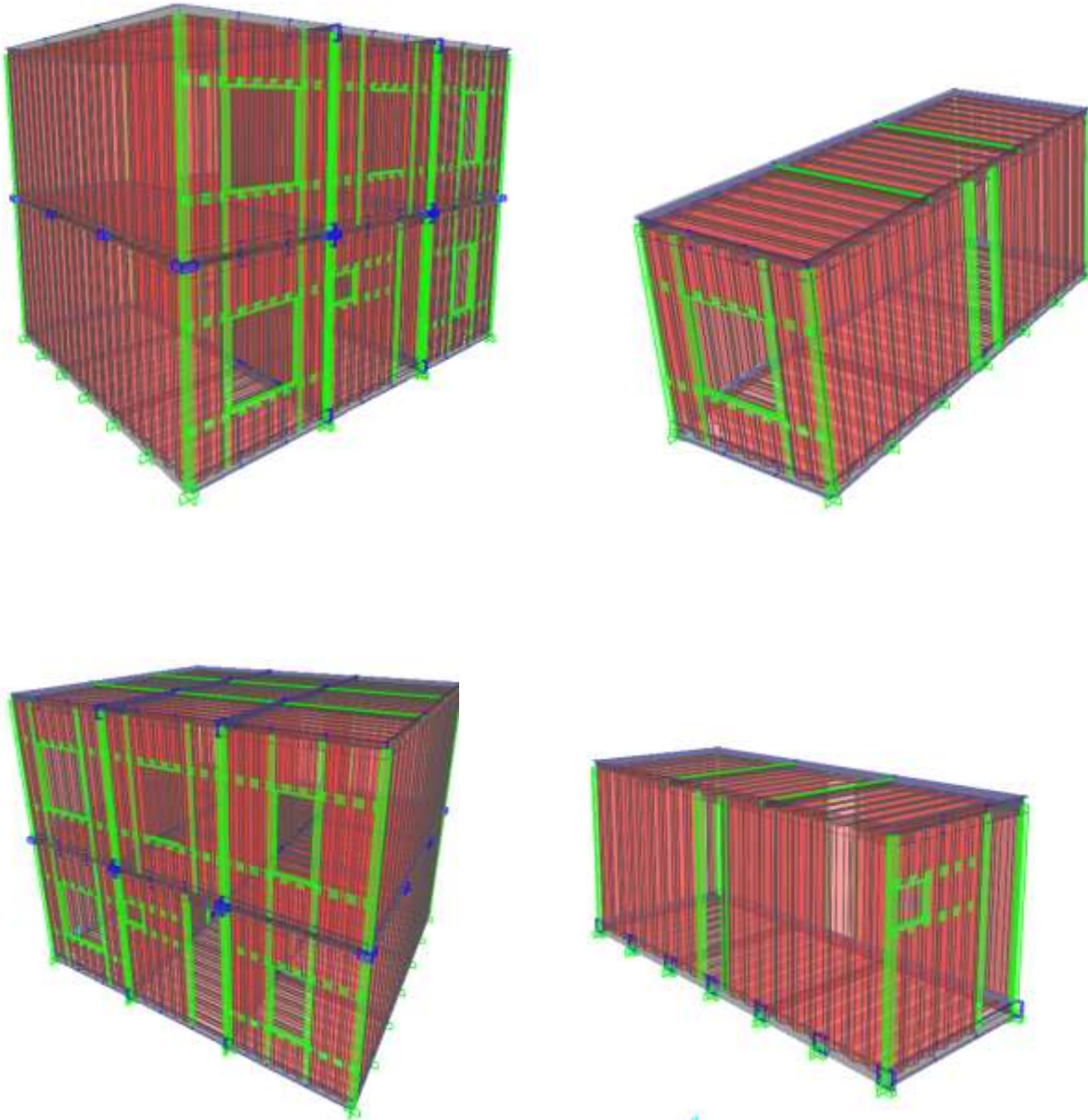


Figura 3.4. Modelo General de casa habitación en software SAP 2000.

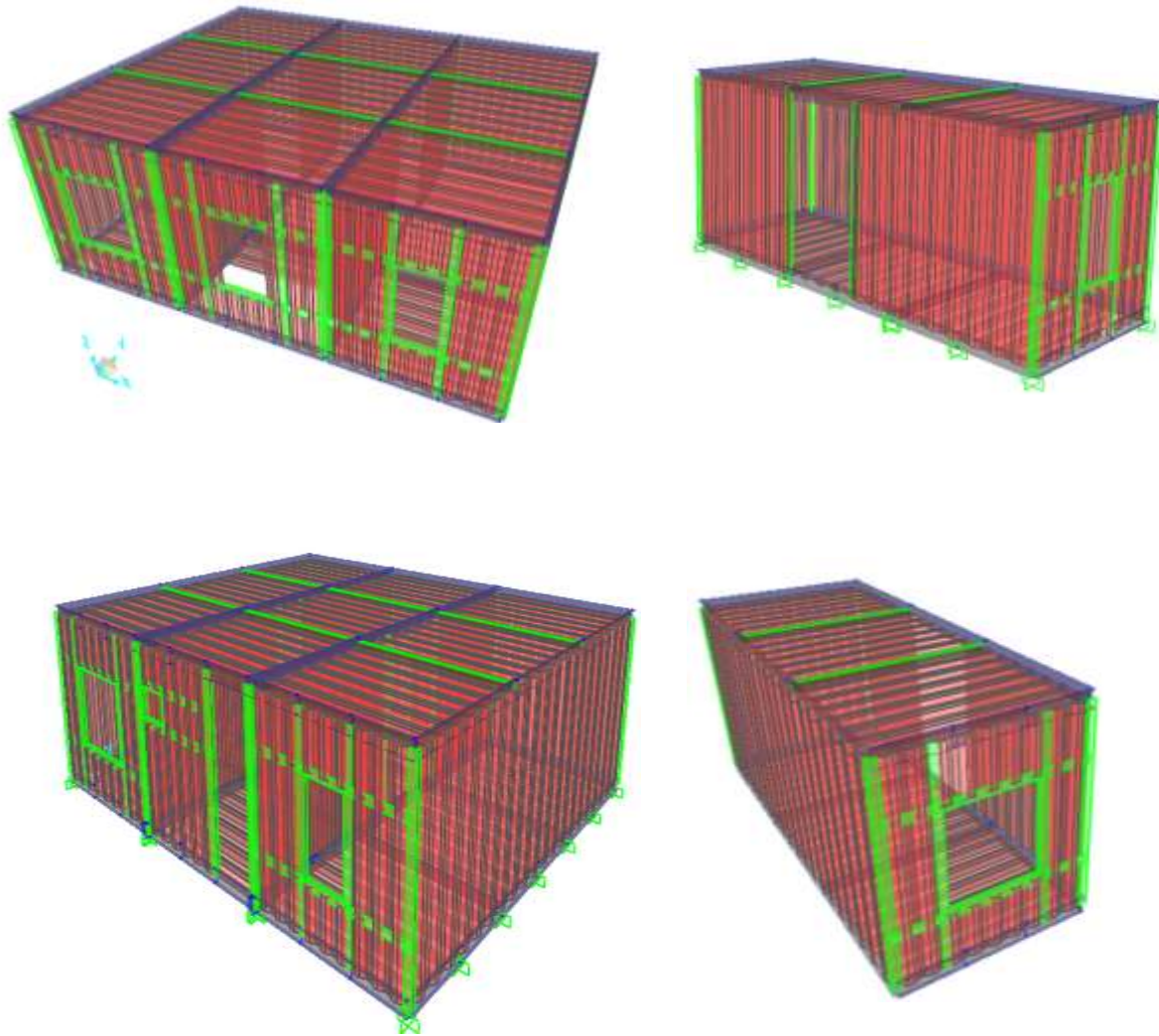


Figura 3.5. Modelo General de casa habitación en software SAP 2000. Vistas planta baja y alta.

Antes de pasar a realizar el análisis estructural se deben definir todas las características de los materiales en base a lo visto anteriormente.

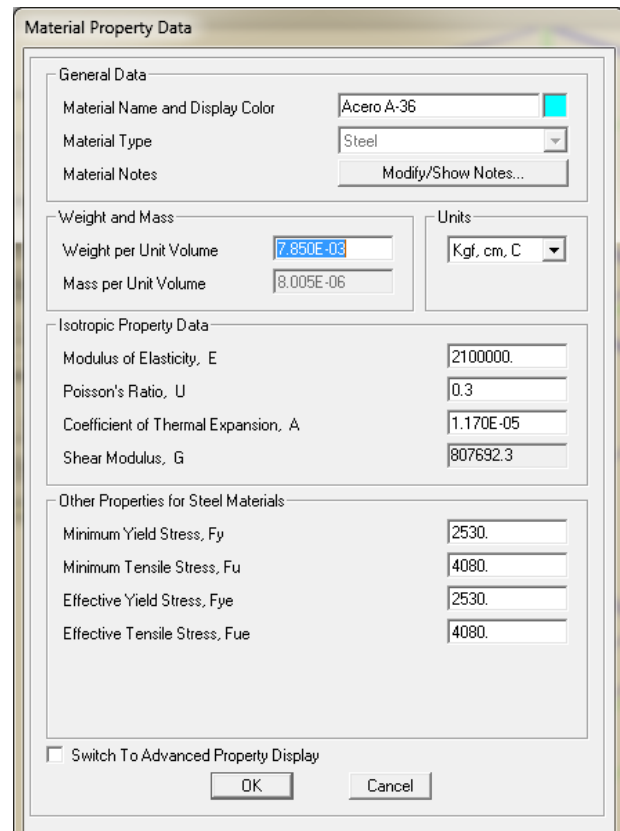
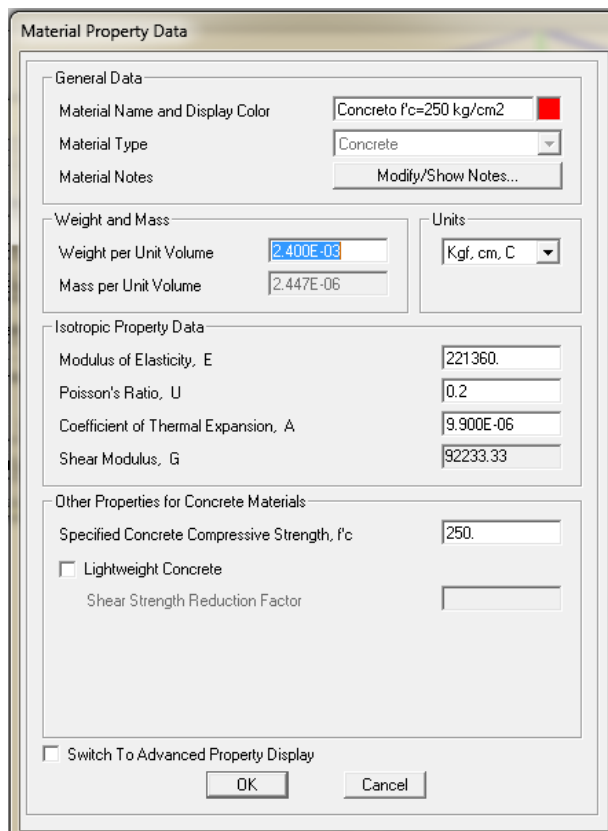
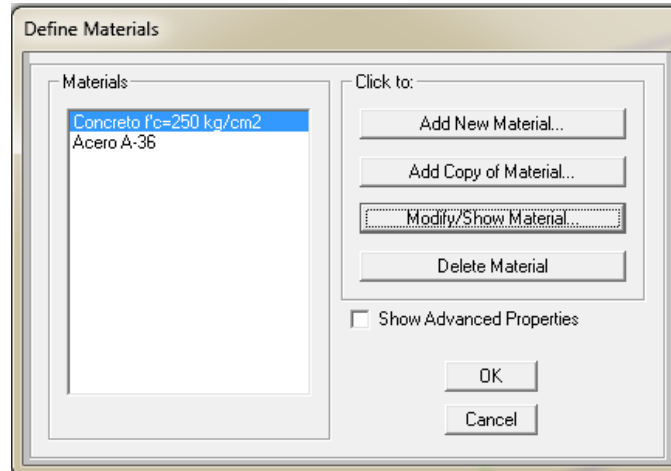


Figura 3.6. Definición de las propiedades de los materiales en software SAP 2000.

Además, de acuerdo al reglamento se definieron los tipos de cargas que se aplicaran a la estructura.

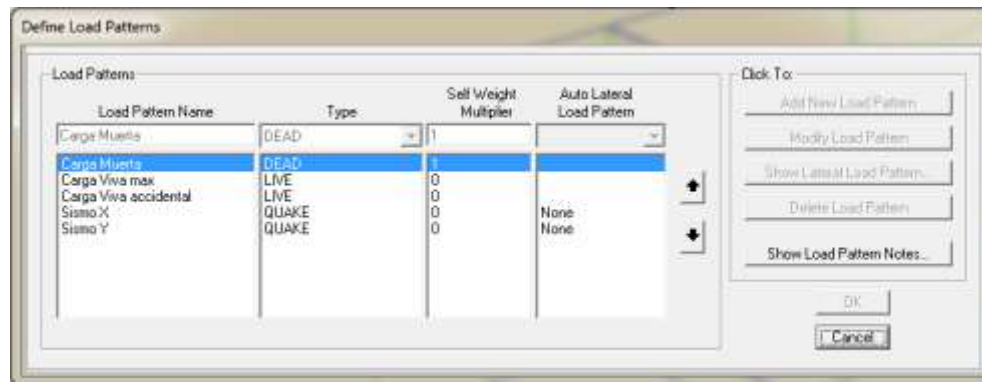


Figura 3.7. Definición de los tipos de cargas usadas por normativa en software SAP 2000.

Para la realización de análisis es necesario definir los parámetros sísmicos empleados para el diseño por sismo, por lo tanto se presenta el espectro de diseño el cual parte de las características de la zona y el grupo de la estructura. Dicho espectro para el proyecto de diseño se planteó como una estructura del grupo B, zona sísmica B y un Terreno Tipo II.

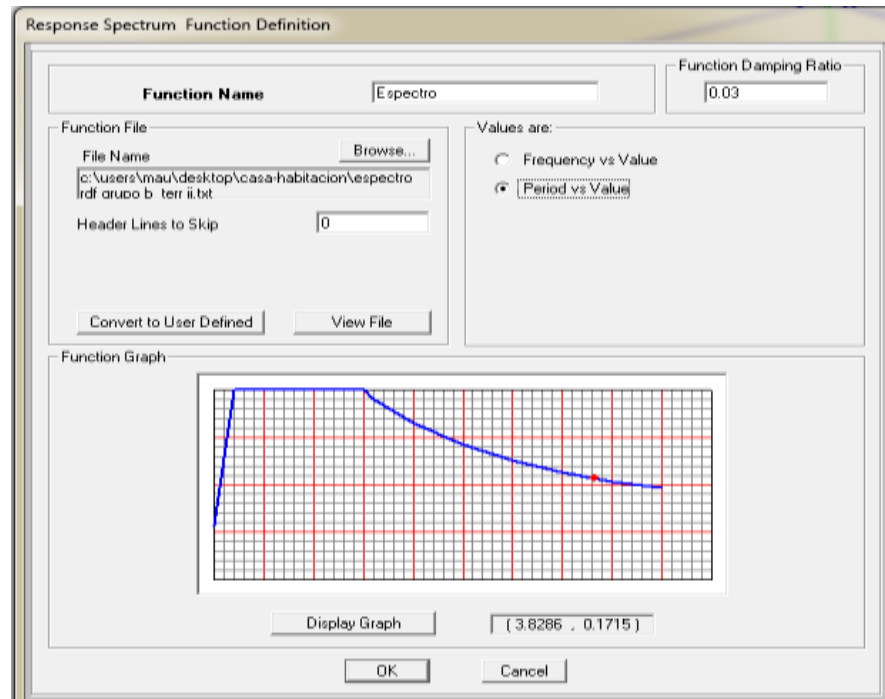


Figura 3.8. Definición del espectro de diseño por sismo en software SAP 2000.

Las combinaciones de cargas es un factor muy importante a considerar en el análisis estructural, ya que de estas dependerá el diseño de los elementos estructurales, por lo tanto hay que definir éstas de acuerdo a la normativa correspondiente.

TABLE: Combination Definitions						
ComboName	ComboType	AutoDesign	CaseType	CaseName	ScaleFactor	SteelDesign
Text	Text	Yes/No	Text	Text	Unitless	Text
COMB1	Linear Add	No	Linear Static	Carga Muerta	1.4	Strength
COMB1			Linear Static	Carga Viva max	1.4	
COMB2	Linear Add	No	Linear Static	Carga Muerta	1.1	Strength
COMB2			Linear Static	Carga Viva accidental	1.1	
COMB2			Response Spectrum	Sismo X	1.1	
COMB2			Response Spectrum	Sismo Y	0.33	
COMB3	Linear Add	No	Linear Static	Carga Muerta	1.1	Strength
COMB3			Linear Static	Carga Viva accidental	1.1	
COMB3			Response Spectrum	Sismo X	1.1	
COMB3			Response Spectrum	Sismo Y	-0.33	
COMB4	Linear Add	No	Linear Static	Carga Muerta	1.1	Strength
COMB4			Linear Static	Carga Viva accidental	1.1	
COMB4			Response Spectrum	Sismo X	-1.1	
COMB4			Response Spectrum	Sismo Y	-0.33	
COMB5	Linear Add	No	Linear Static	Carga Muerta	1.1	Strength
COMB5			Linear Static	Carga Viva accidental	1.1	
COMB5			Response Spectrum	Sismo X	-1.1	
COMB5			Response Spectrum	Sismo Y	0.33	
COMB6	Linear Add	No	Linear Static	Carga Muerta	1.1	Strength
COMB6			Linear Static	Carga Viva accidental	1.1	
COMB6			Response Spectrum	Sismo X	0.33	
COMB6			Response Spectrum	Sismo Y	1.1	
COMB7	Linear Add	No	Linear Static	Carga Muerta	1.1	Strength
COMB7			Linear Static	Carga Viva accidental	1.1	
COMB7			Response Spectrum	Sismo X	0.33	
COMB7			Response Spectrum	Sismo Y	-1.1	
COMB8	Linear Add	No	Linear Static	Carga Muerta	1.1	Strength
COMB8			Linear Static	Carga Viva accidental	1.1	
COMB8			Response Spectrum	Sismo X	-0.33	
COMB8			Response Spectrum	Sismo Y	-1.1	
COMB9	Linear Add	No	Linear Static	Carga Muerta	1.1	Strength
COMB9			Linear Static	Carga Viva accidental	1.1	
COMB9			Response Spectrum	Sismo X	-0.33	
COMB9			Response Spectrum	Sismo Y	1.1	

Tabla 3.6. Combinaciones de cargas de acuerdo a las NTC.

Se presenta a continuación imágenes del modelo con la aplicación de cargas, tanto muerta como viva de acuerdo al análisis de cargas planteado.

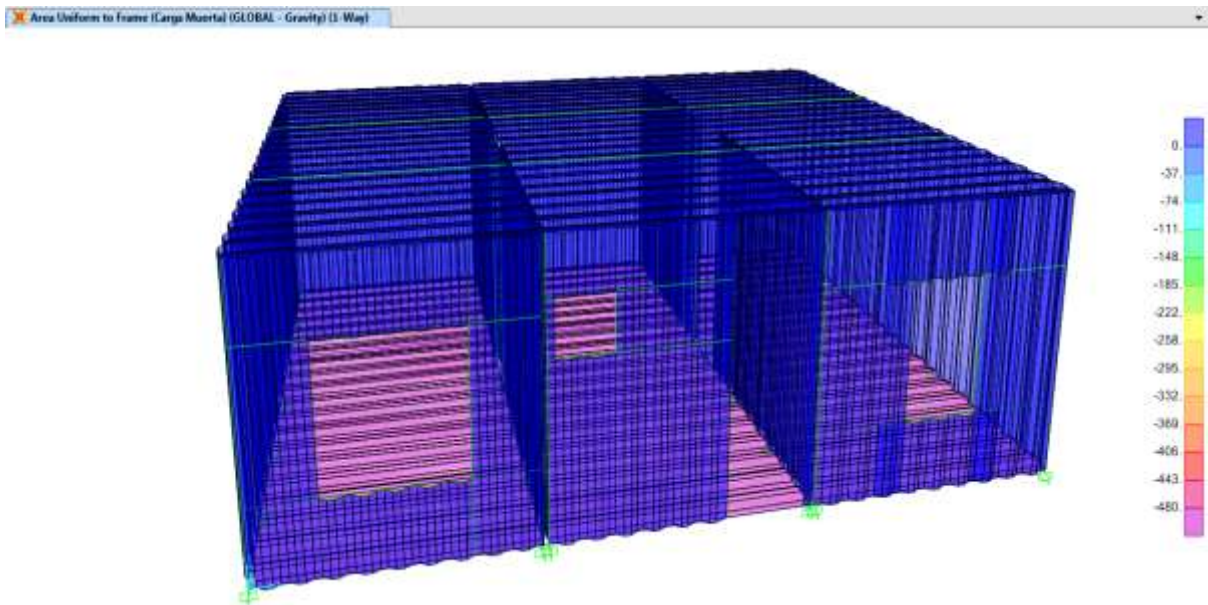


Figura 3.9. Aplicación de cargas muertas en planta baja

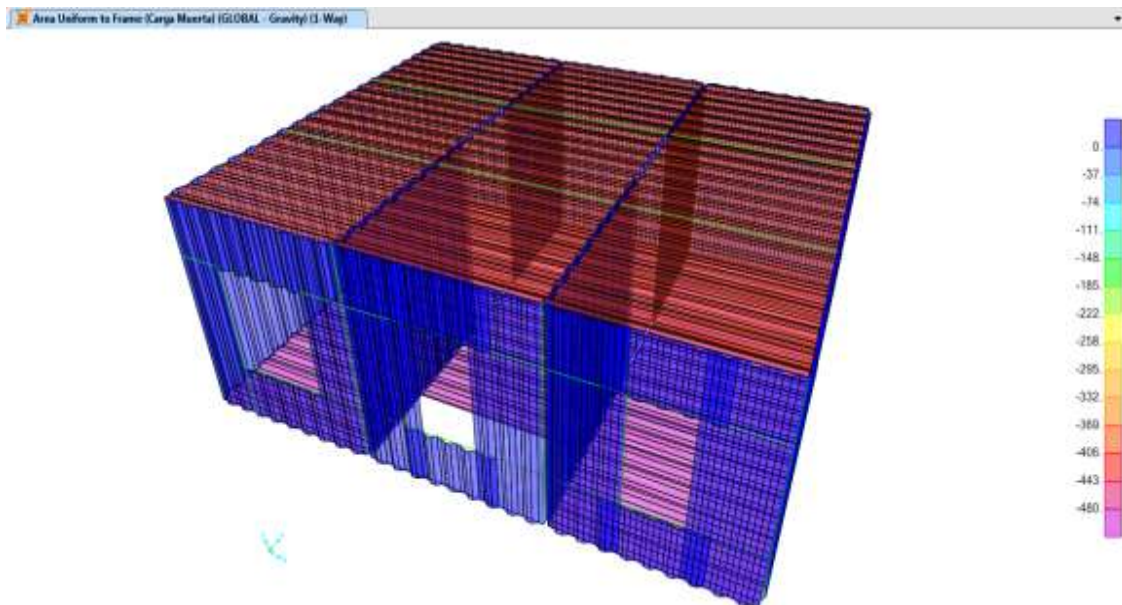


Figura 3.10. Aplicación de cargas muertas en planta alta

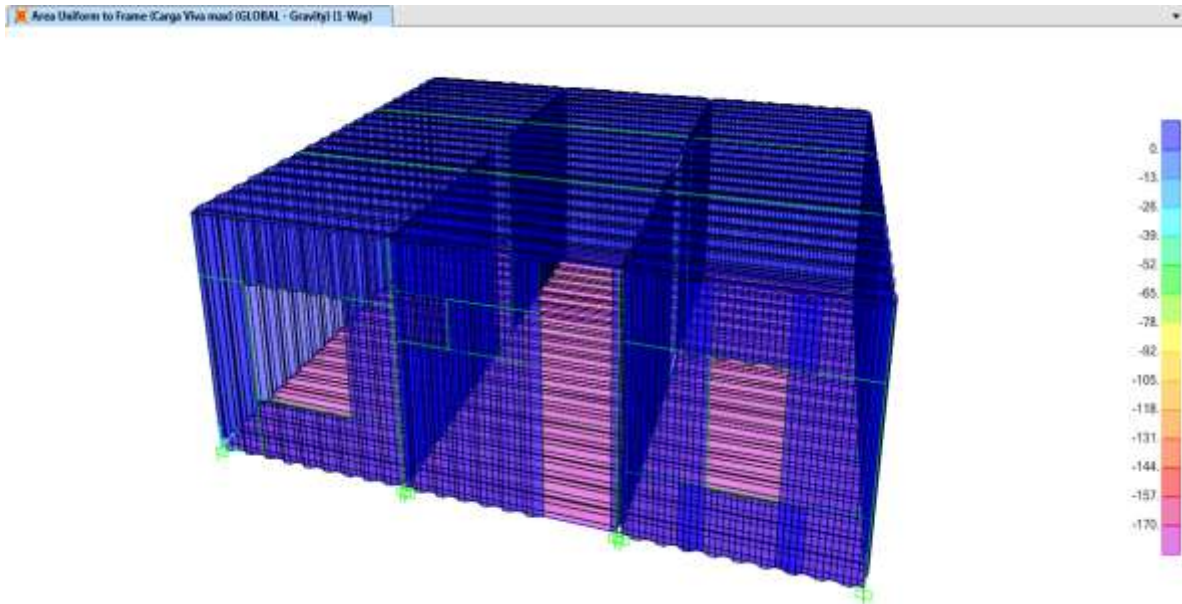


Figura 3.11. Aplicación de cargas vivas máximas en planta baja

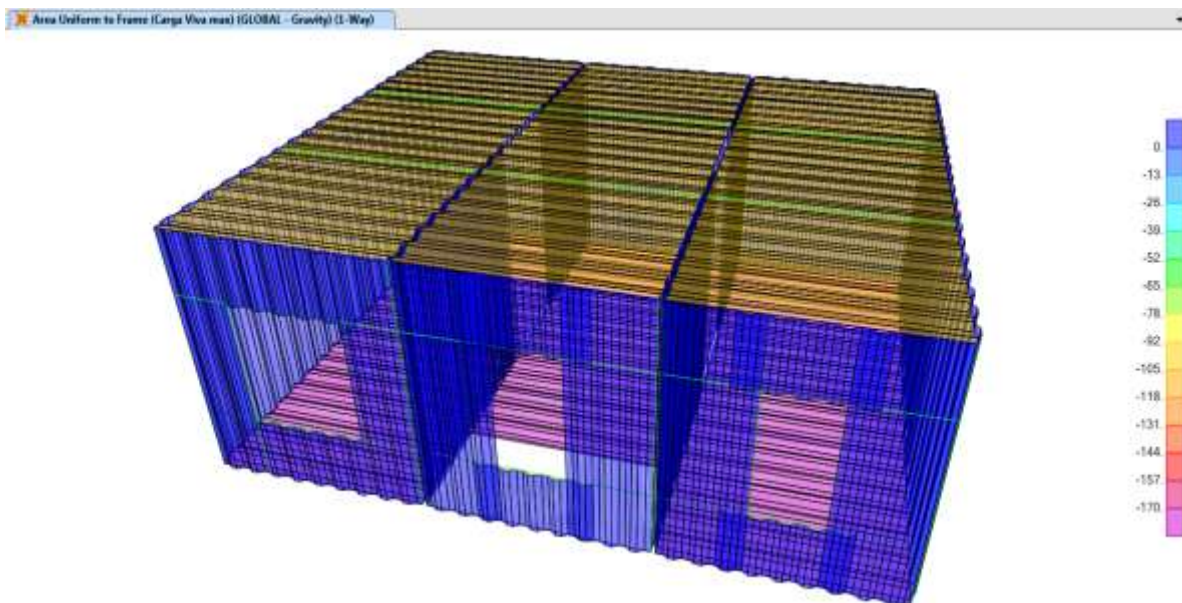


Figura 3.12. Aplicación de cargas vivas máximas en planta baja

En estos esquemas podemos observar la magnitud de las cargas sobre la estructura, tanto en planta baja como planta alta. Las unidades para las cargas están dadas en kg/m^2 . Una vez teniendo todas las cargas en el modelo de análisis se procede a hacer la corrida del software y poder revisar el comportamiento de la estructura ante dichas sollicitaciones.

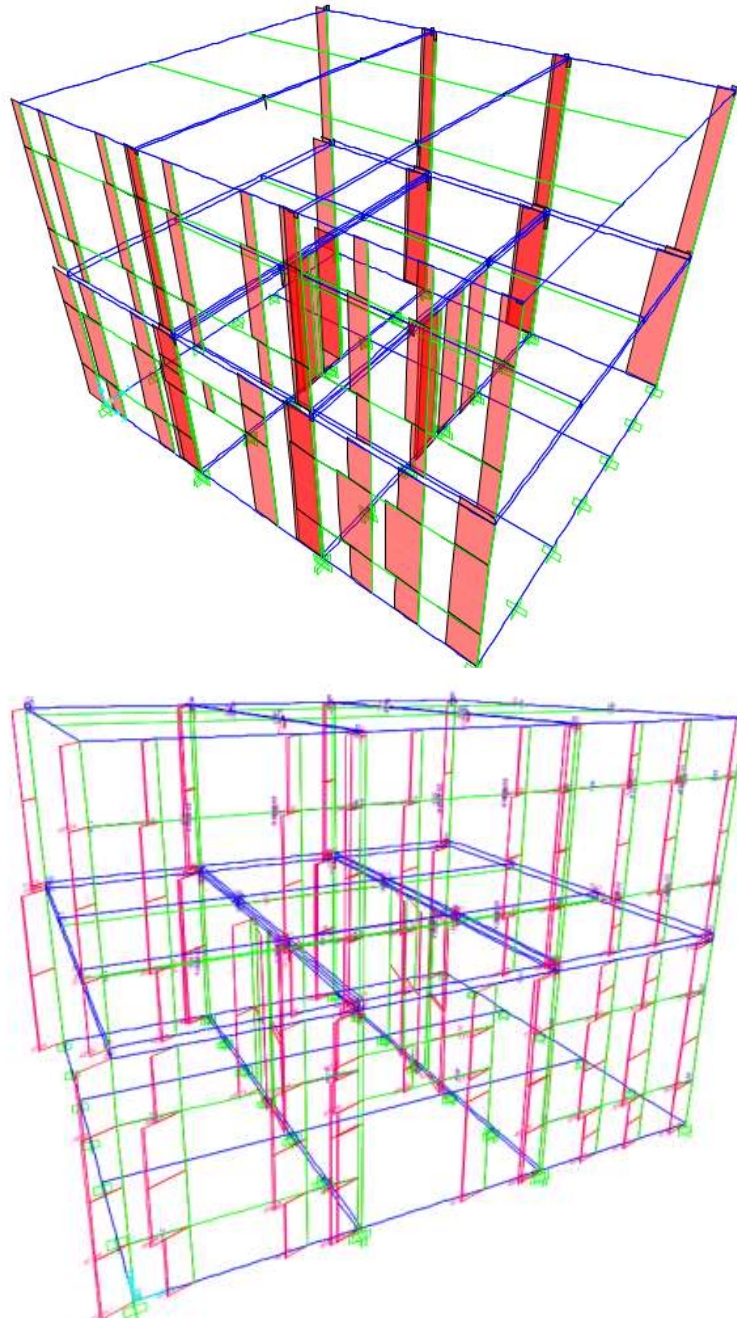


Figura 3.13. Diagramas de fuerzas axiales.

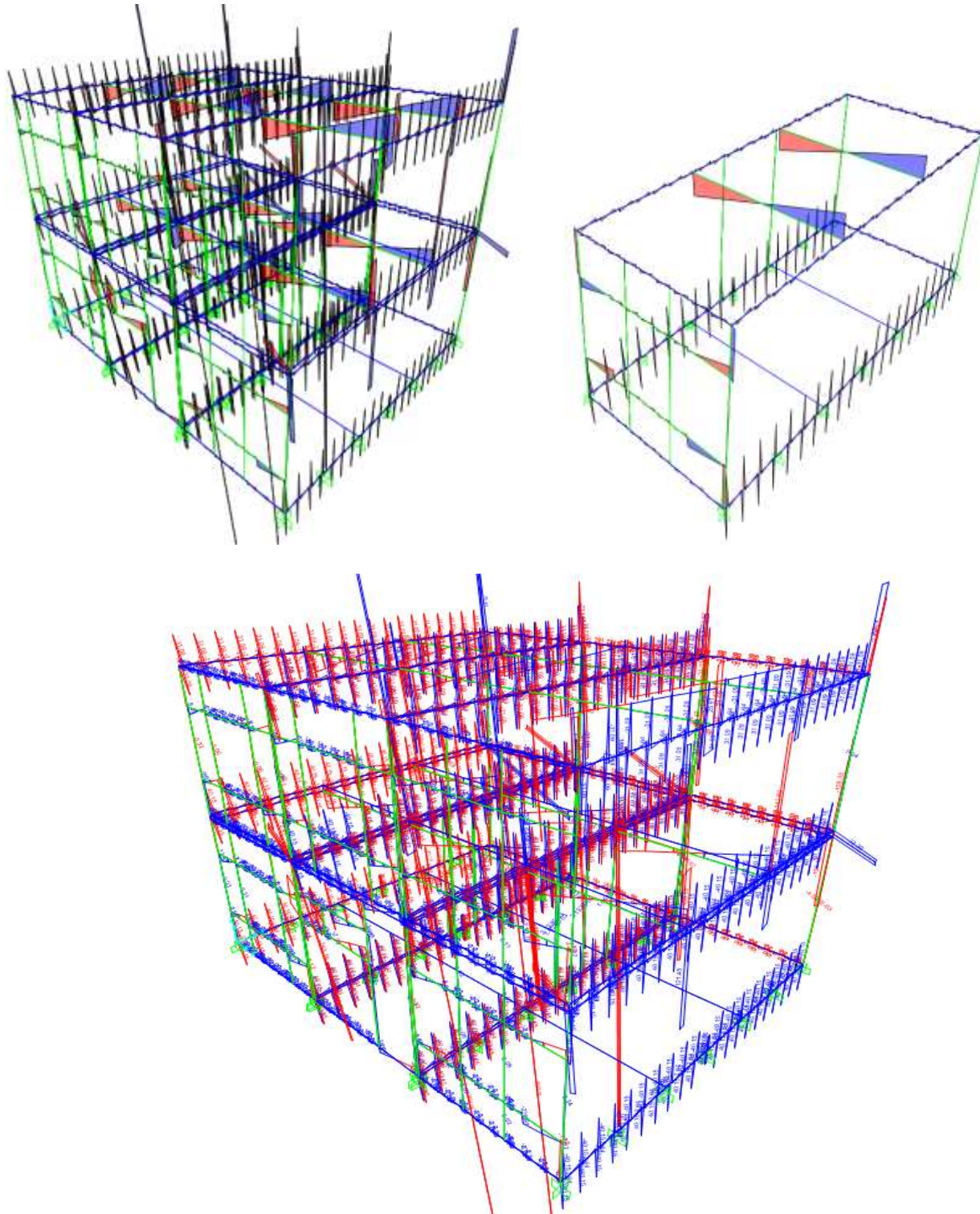


Figura 3.14. Diagramas de fuerzas axiales.

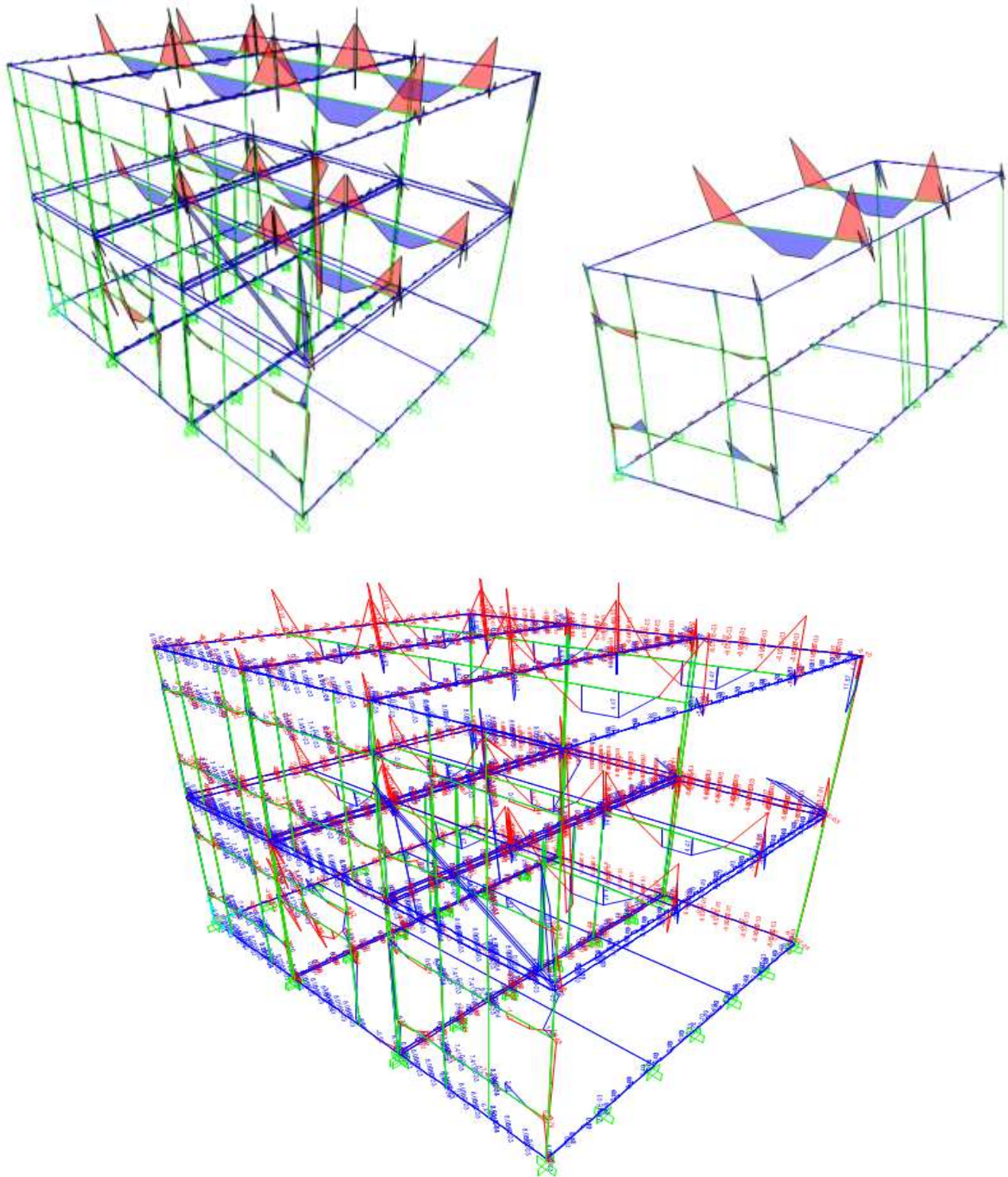
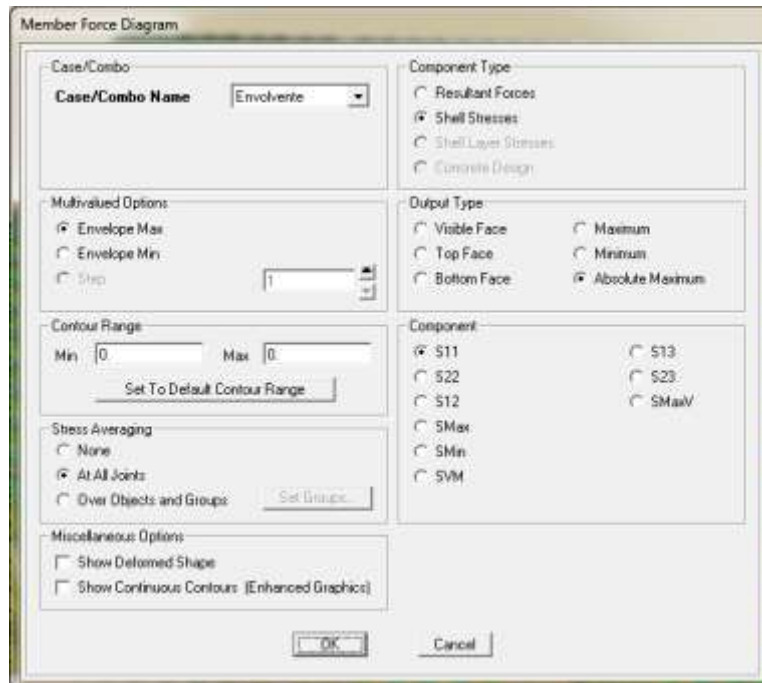


Figura 3.15. Diagramas de momentos flexionantes.

3.1.6 Revisión y diseño de la estructura

Revisaremos ahora los esfuerzos generados en la lámina de los contenedores debido a las acciones solicitadas. Los esfuerzos mostrados a continuación son los valores absolutos máximos en cada una de las componentes geométricas del muro de acuerdo a los resultados del análisis estructural.



Stress S11 Diagram - Abs Max - Envlovente - Max

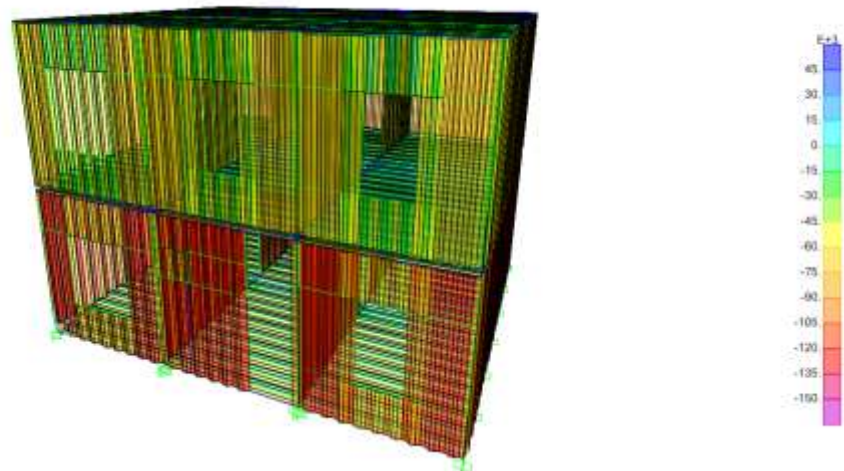


Figura 3.16. Esfuerzos en la dirección S11 de las paredes del contenedor.

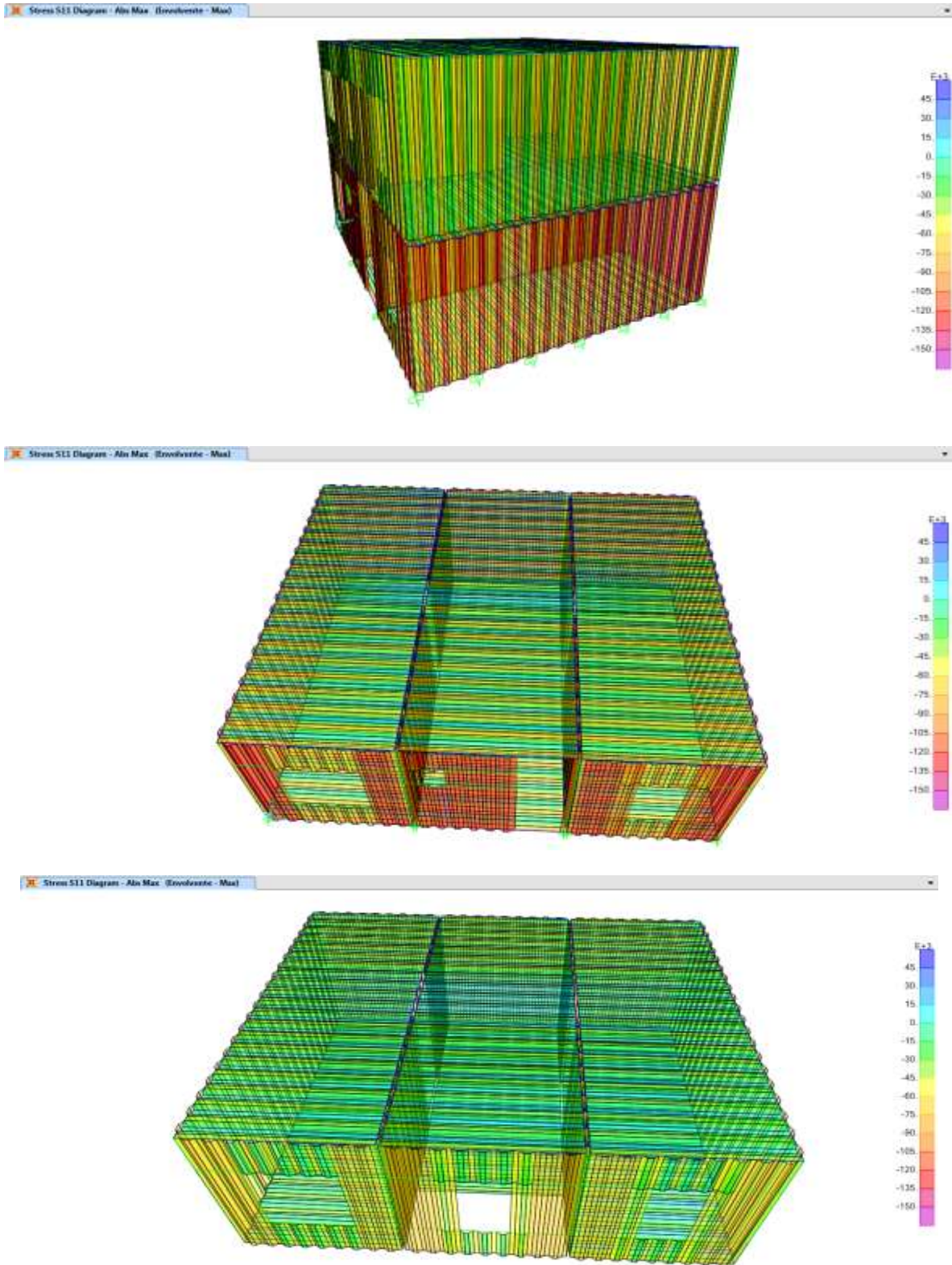


Figura 3.17. Esfuerzos en la dirección S11 de las paredes del contenedor. Planta baja y alta

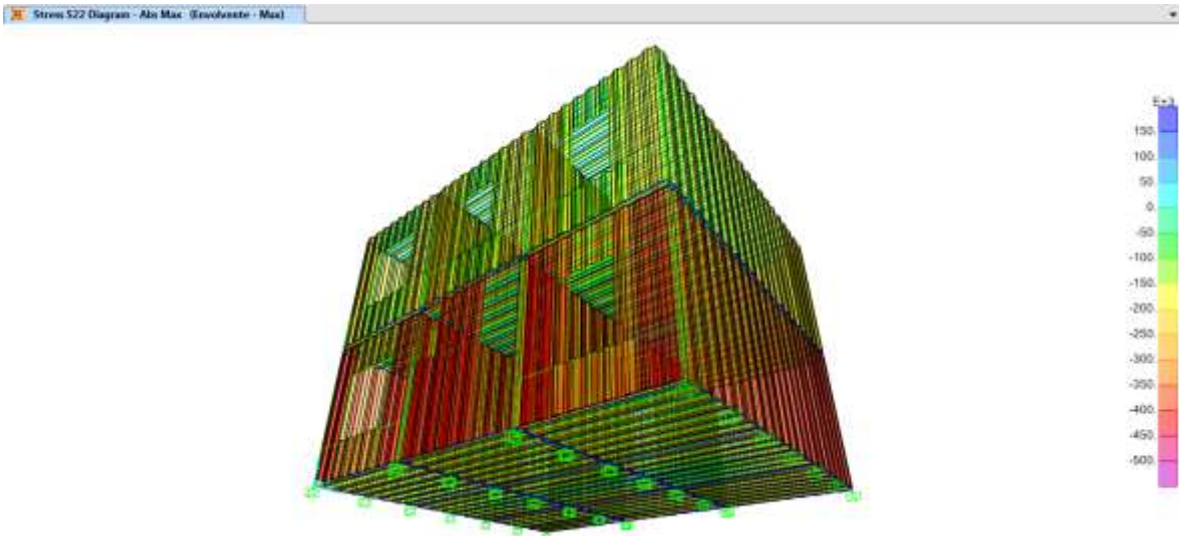
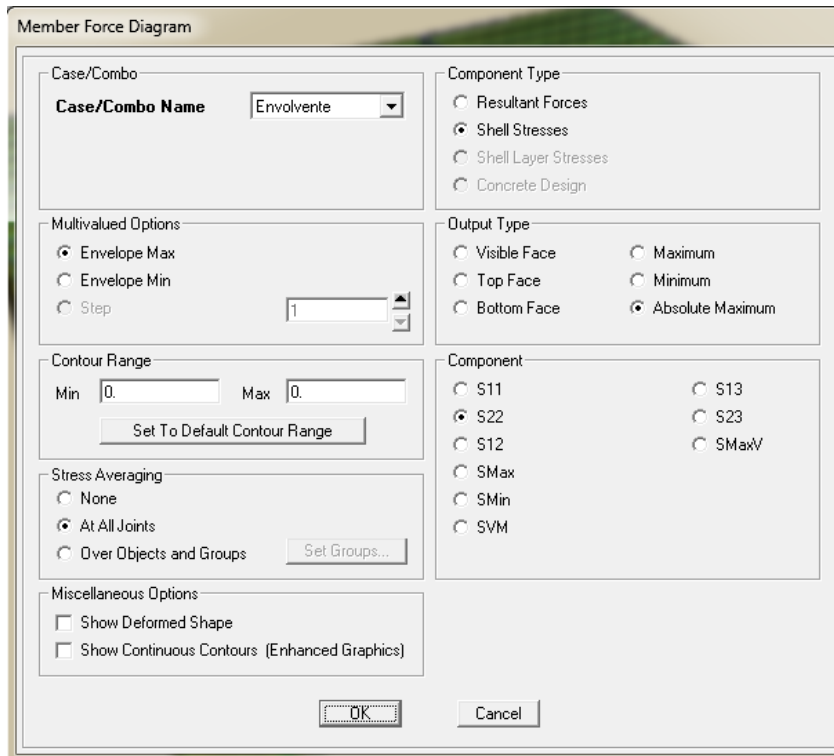


Figura 3.18. Esfuerzos en la dirección S22 de las paredes del contenedor.

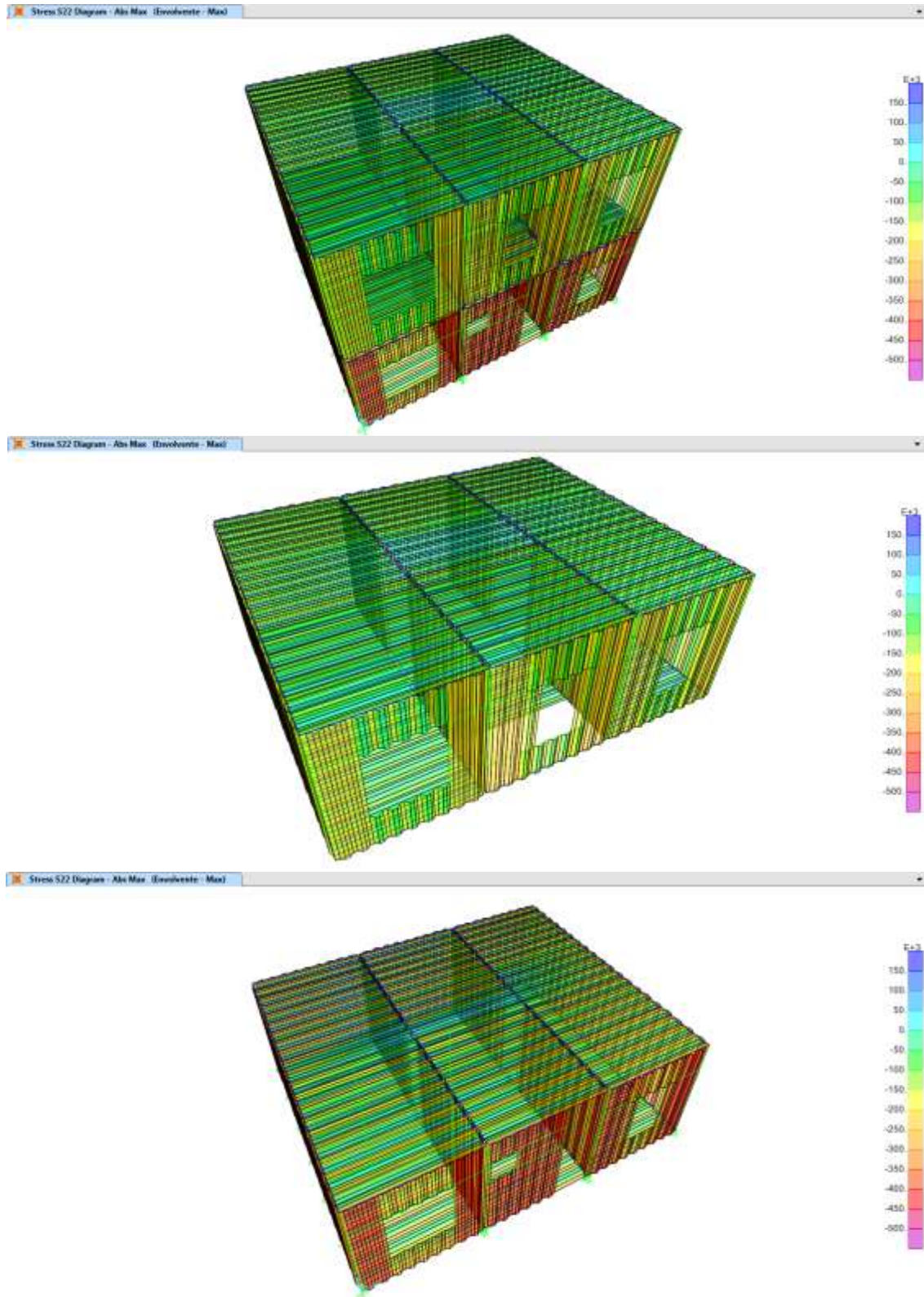


Figura 3.19. Esfuerzos en la dirección S22 de las paredes del contenedor. Planta baja y alta

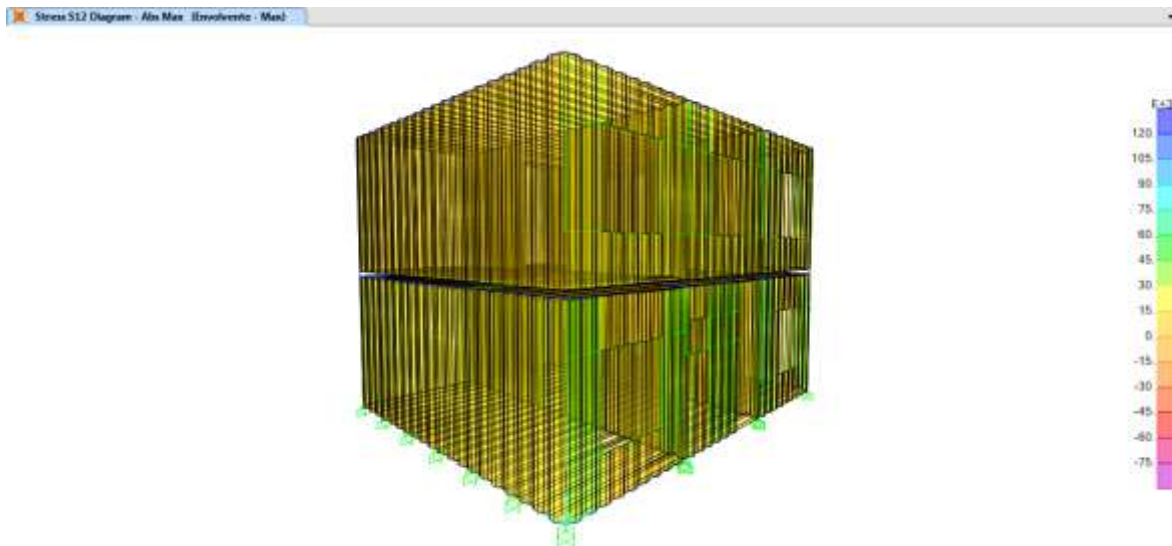
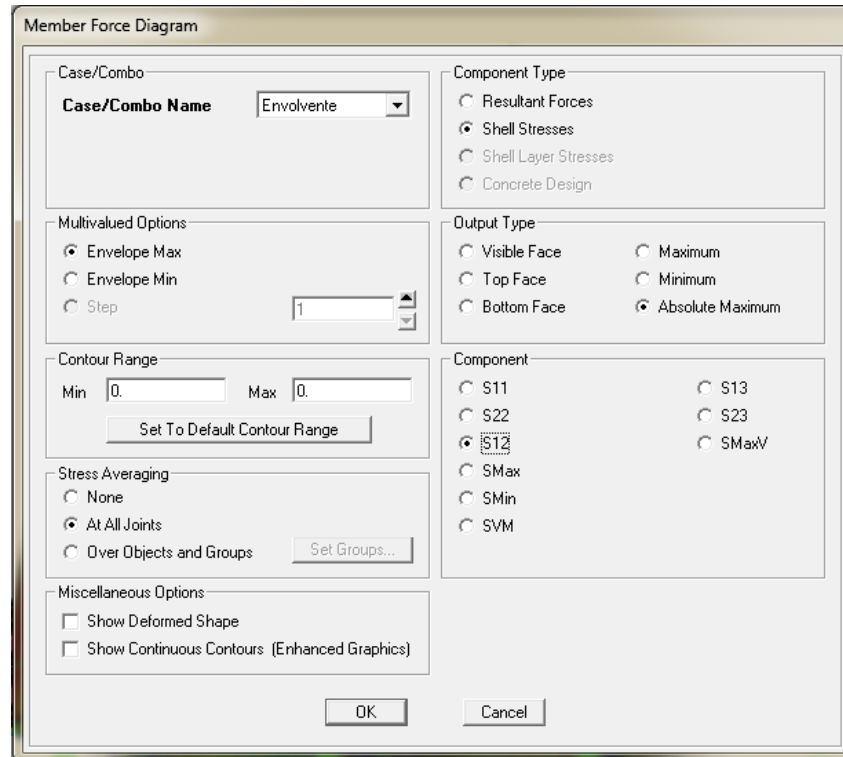


Figura 3.20. Esfuerzos en la dirección S12 de las paredes del contenedor.

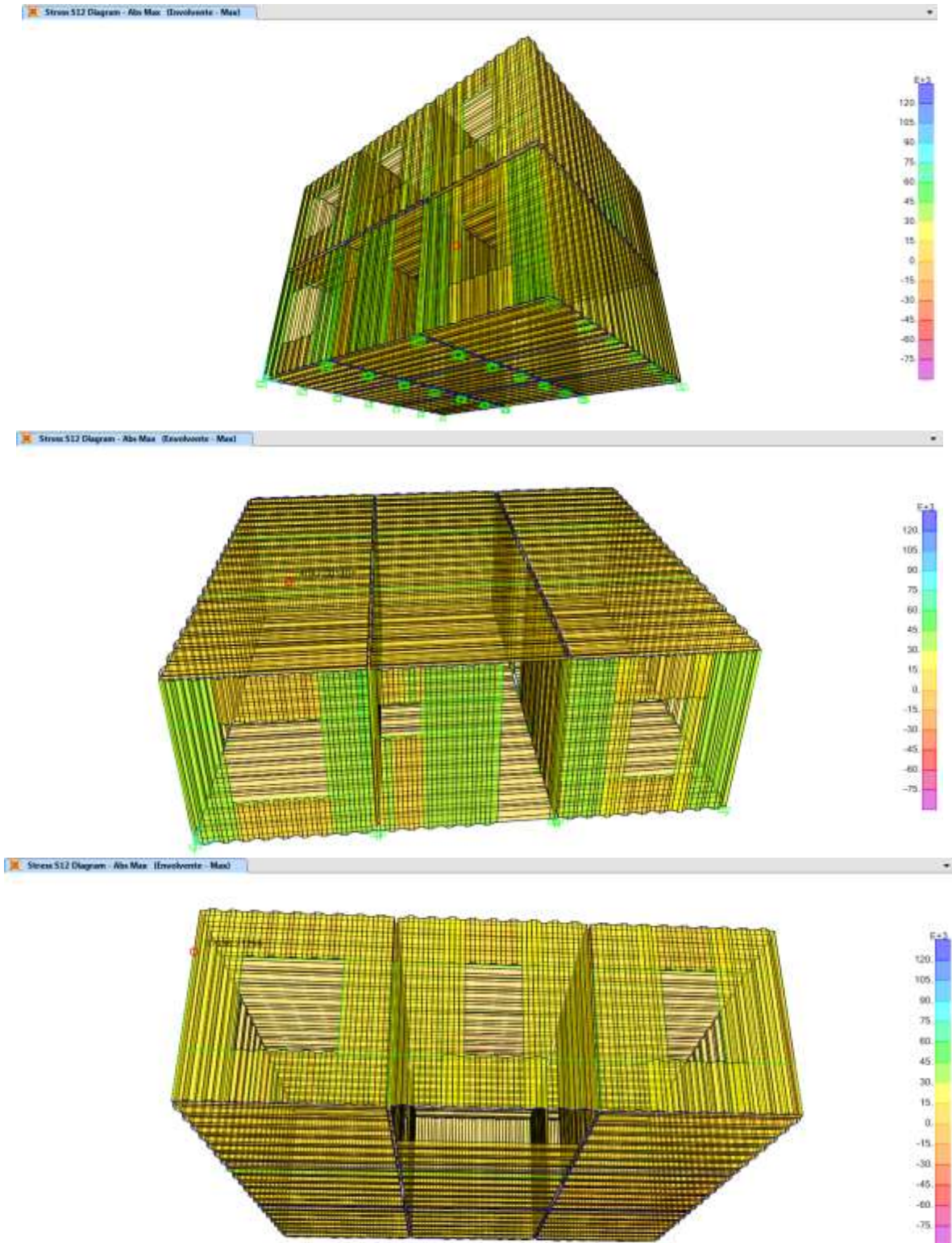


Figura 3.21. Esfuerzos en la dirección S12 de las paredes del contenedor. Planta baja y alta

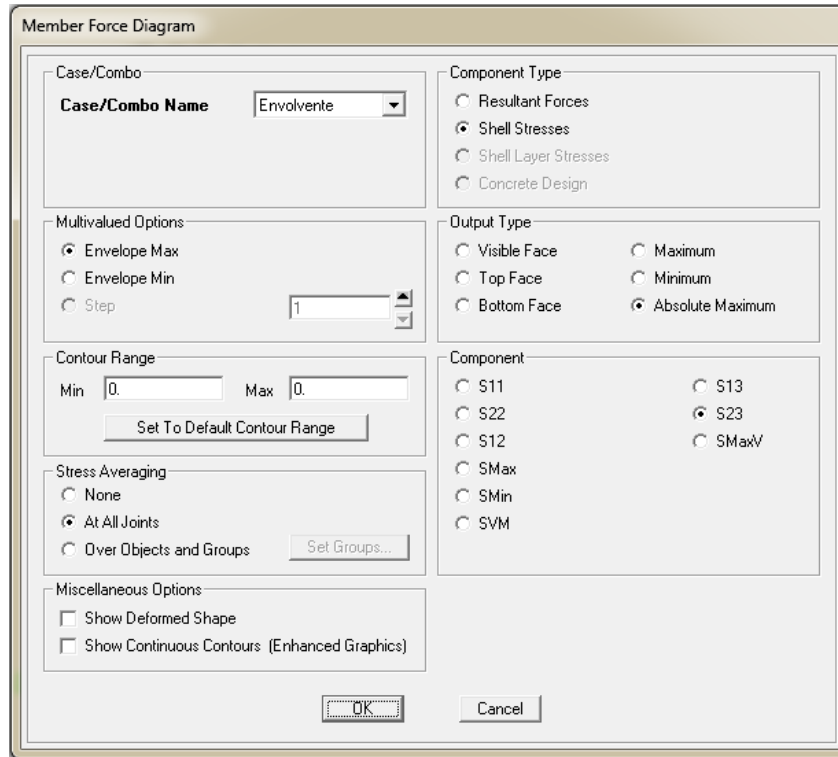


Figura 3.22. Esfuerzos en la dirección S23 de las paredes del contenedor.

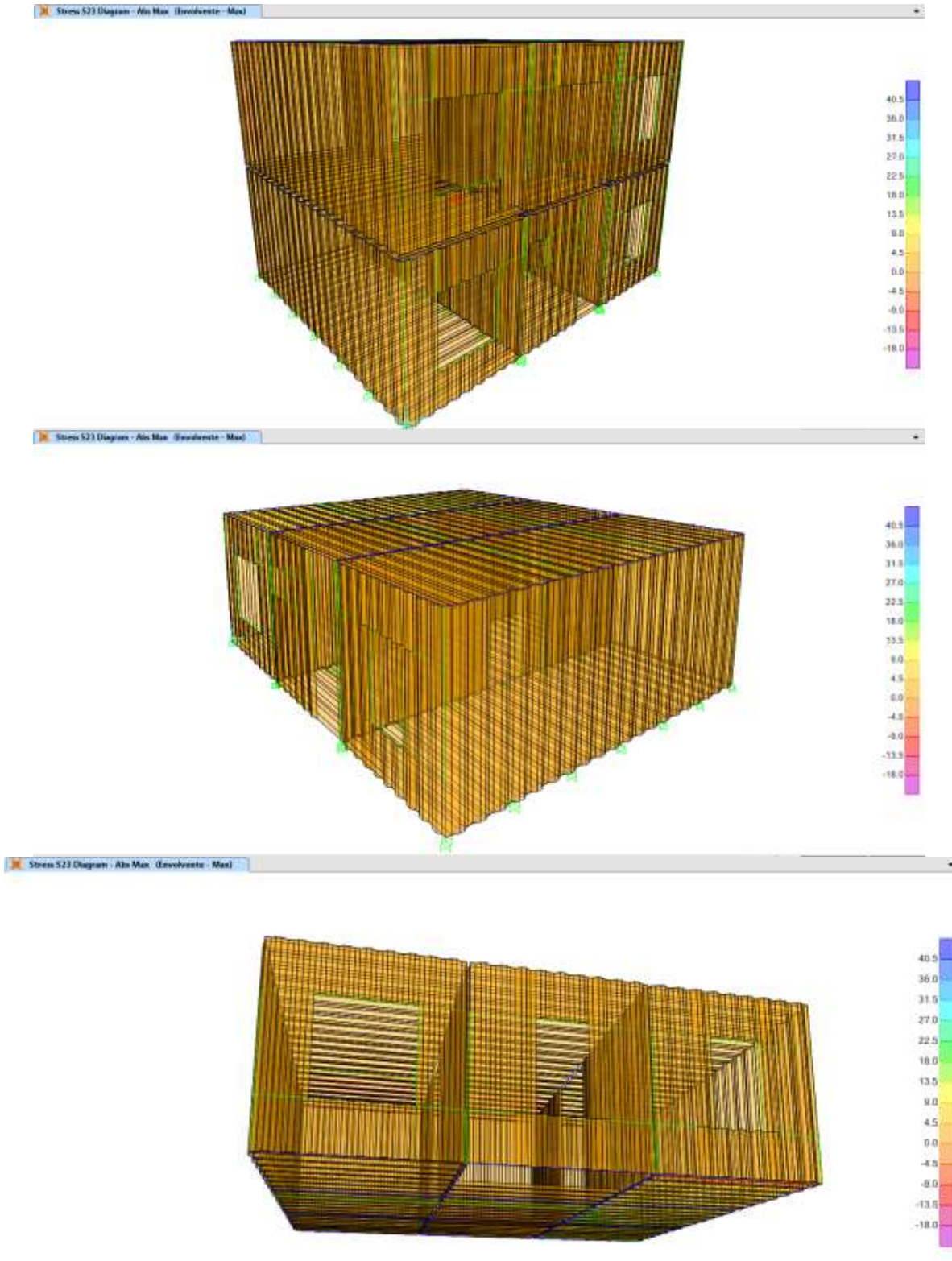


Figura 3.23. Esfuerzos en la dirección S12 de las paredes del contenedor. Planta baja y alta

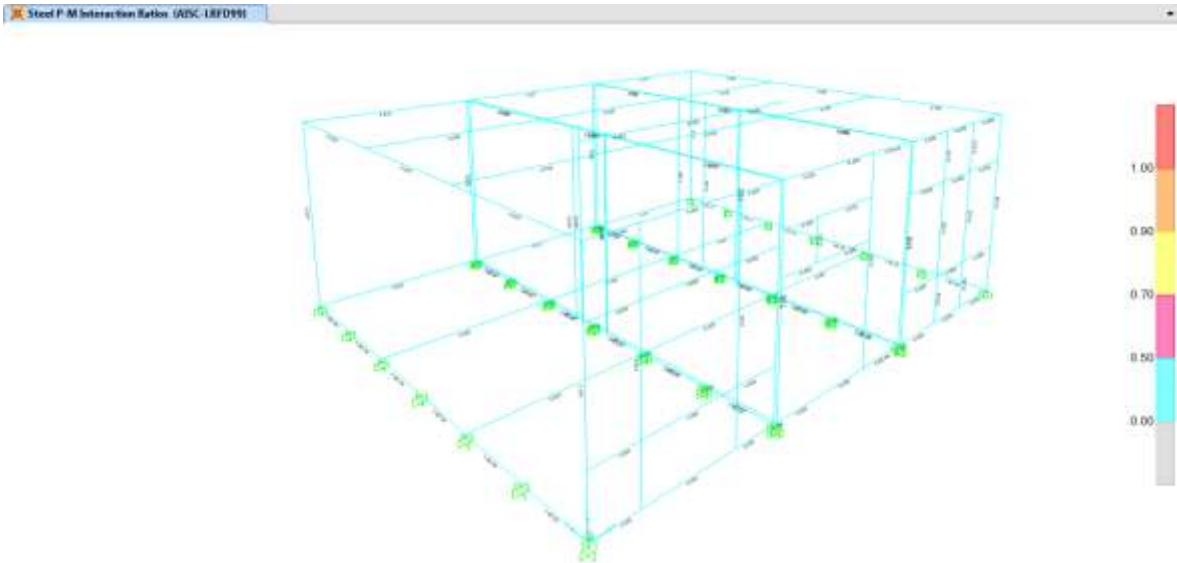


Figura 3.24. Revisión de la resistencia de los elementos estructurales. Planta baja

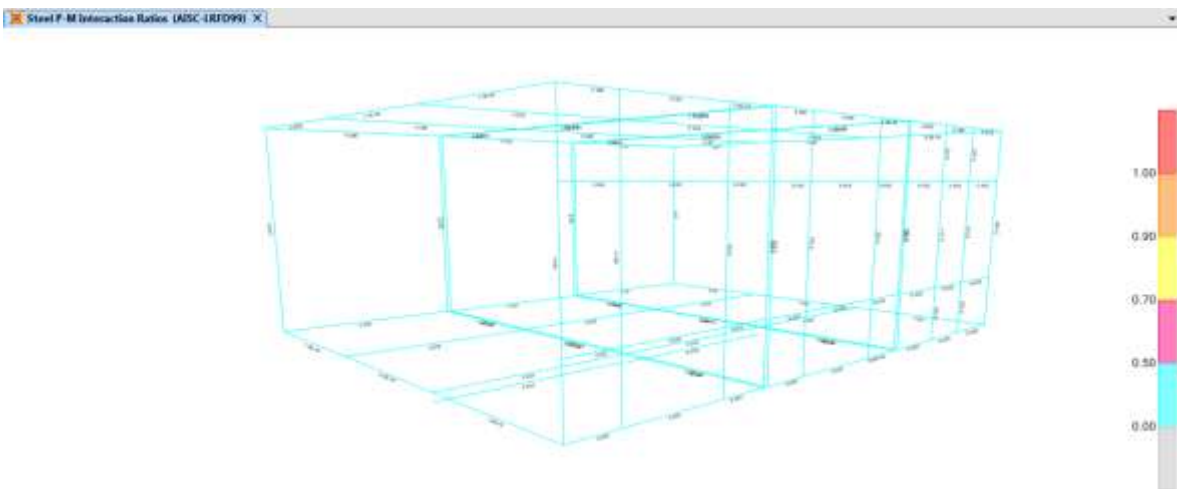


Figura 3.25. Revisión de la resistencia de los elementos estructurales. Planta alta.

En la escala grafica presentada anteriormente se muestran colores dando valores desde cero en color azul cyan hasta la unidad en color rojo, dicha escala representa los esfuerzos a los que los elementos estructurales están sometidos en porcentaje del cero al 100% de su capacidad de carga o resistencia.

Se puede observar de las figuras anteriores que los esfuerzos en los elementos que componen a la estructura tienen un comportamiento y resistencia adecuados de acuerdo a las cargas solicitadas.

3.1.7 Conclusiones

1. Las magnitudes de las fuerzas que actúan en la estructura generan acciones muy por debajo de las condiciones convenidas en las normas.
2. De acuerdo a la revisión de los desplazamientos relativos de las columnas bajo normas se determinó que la rigidez de la estructura en conjunto con sus elementos es suficiente para soportar las fuerzas actuantes en ella bajo la acción de las cargas y sus combinaciones.
3. Al aplicar la fuerza sísmica y obtener los Momentos Torsionantes estos podrán ser soportados y distribuidos de manera favorable en cada nivel de la estructura sin tener un comportamiento perjudicial para su funcionalidad o uso.
4. Con la estructura planteada en este proyecto, se comprobó que al tener estructuras regulares y que cumplen con la mayoría de las condiciones de regularidad se obtendrán valores del centro de masas y del centro de rigideces muy cercanos por lo que las excentricidades en ambas direcciones son muy pequeñas provocando momentos de torsión muy bajos, lo que conlleva a concluir que estructuras regulares raramente presenten problemas de torsión considerables.
5. La distribución de columnas en los edificios es una parte muy importante para la estabilidad y buen comportamiento de la misma, de esta distribución puede depender si se tendrán problemas de desplazamiento y torsión en la estructura, ya que si no se tiene una uniformidad en las rigideces de los entresijos, es decir, que algunos sean más rígidos que otros, puede ocasionar distorsiones de entresijo debido a las fuerzas sísmicas. Por tanto hay que ser cautelosos con la buena distribución de las rigideces, y es especial si esta rigidez es aportada por las columnas.

6. La estructura analizada bajo las acciones y sus combinaciones, tuvo desplazamientos relativos no considerables tales que cumple con la condición de no exceder 0.012 como indican las NTC-04. Esto quiere decir que los elementos estructurales aportan una mayor rigidez a la estructura de la requerida para cumplir con la norma.
7. Para disminuir la rigidez de la estructura se puede reducir la sección de los elementos para volverlos más flexibles, sin embargo el volver más flexible la estructura conlleva a tener mayores desplazamientos de los elementos, por esta razón hay ser cuidadosos en que tanto las deformaciones como los desplazamientos no sean considerables aplicando los criterios de la normatividad.

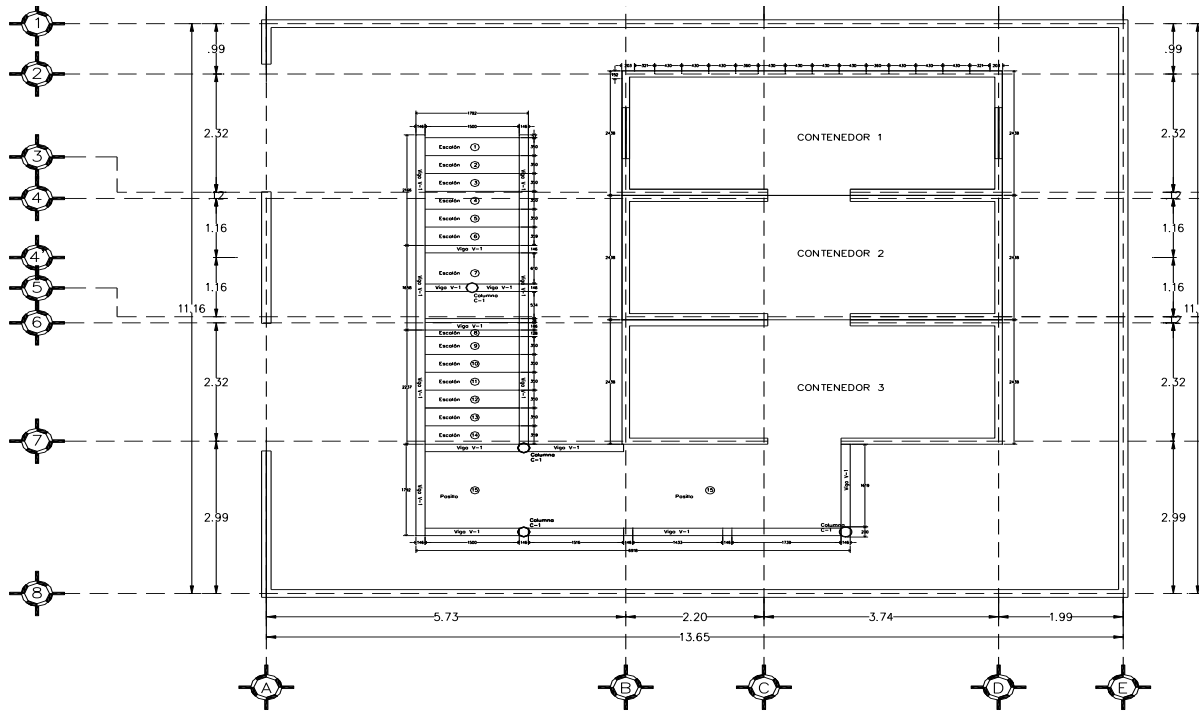
3.2 Proyecto escuela

3.2.1 Características del proyecto

El proyecto se basa partiendo del mismo número de contenedores y posición que en el proyecto de vivienda, pero adaptado a una escuela. El área de construcción en planta baja y planta alta es alrededor de 76.6 m². Las dimensiones en planta son de 6.08 m de largo por 7.32 m de ancho, con una altura total de 4.88 m. La estructura es clasificada como una estructura regular debido a las dimensiones en planta y en elevación.

El proyecto a realizar es una estructura diseñada para el uso de escuela, clasificado por su uso como una estructura del Grupo A. El sistema estructural se analizara mediante un criterio de marcos rígidos de acero representados por la propia estructura del contenedor, un sistema de losas tipo losacero debido a las condiciones de forma de la losa y techo de los contenedores.

La estructura cuenta a su vez, con muros divisorios que no tienen función estructural, apoyados directamente sobre la capa de compresión en cada uno los pisos de la estructura.



PLANTA DE CONJUNTO
A NIVEL DE ENTREPISO
COTAS: mm

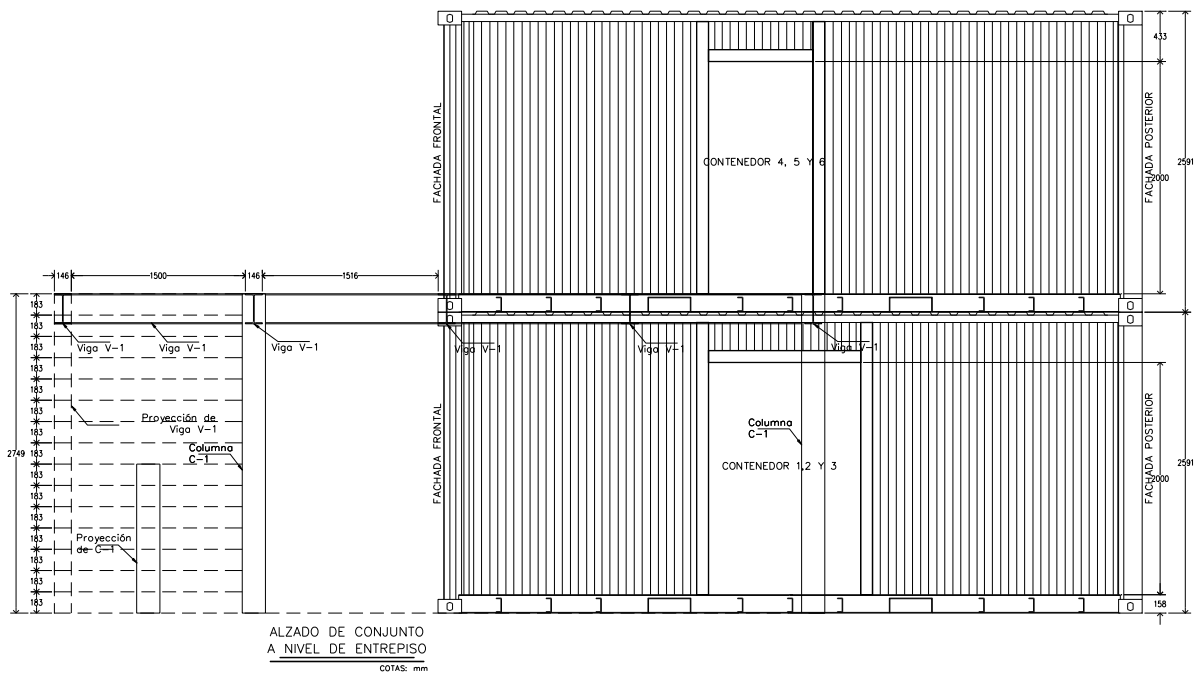


Fig. 3.26. Plano de conjunto y alzado de conjunto.

3.2.2 Procedimiento de diseño estructural

Como bien se ha dicho, se pretende utilizar el mismo número y acomodo de los contenedores previstos para el proyecto de vivienda, además de incluir una escalera de estructura metálica por la parte frontal con pasillo para conectar ambas plantas, por lo tanto, se ocuparán los mismos requisitos de diseño. Para nuestro caso de estudio, se considerara un acero estructural A-36 para los contenedores teniendo las siguientes características.

Esfuerzo de fluencia.	$f_y = 2530 \text{ kg/cm}^2$
Módulo de elasticidad del acero.	$E = 2\,040\,000 \text{ kg/cm}^2$
G módulo de elasticidad al esfuerzo cortante.	$784\,000 \text{ kg/cm}^2$
Módulo de Poisson	$\mu = 0.3$
Coefficiente sísmico	$C = 0.48$
Concreto	$f'_c = 250 \text{ kg/cm}^2$

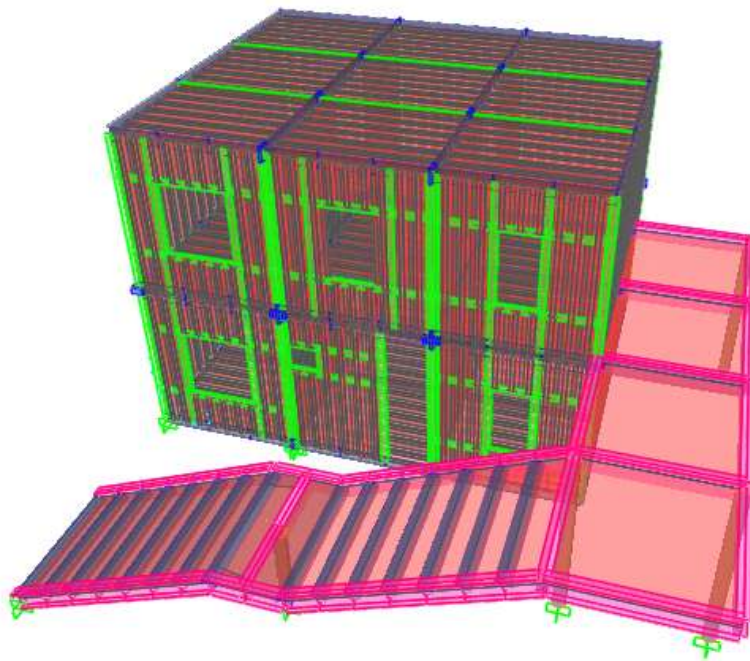


Fig. 3.27. Modelo de conjunto en software SAP 2000.

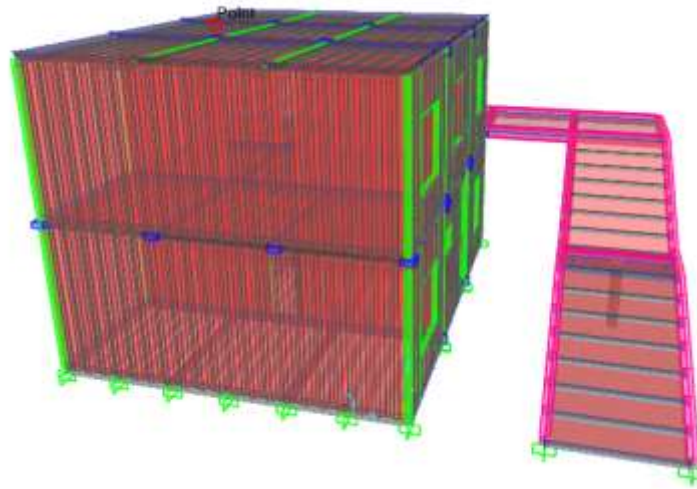


Fig. 3.28. Modelo de conjunto en software SAP 2000.

Antes de pasar a realizar el análisis estructural se deben definir todas las características de los materiales en base a lo visto anteriormente.

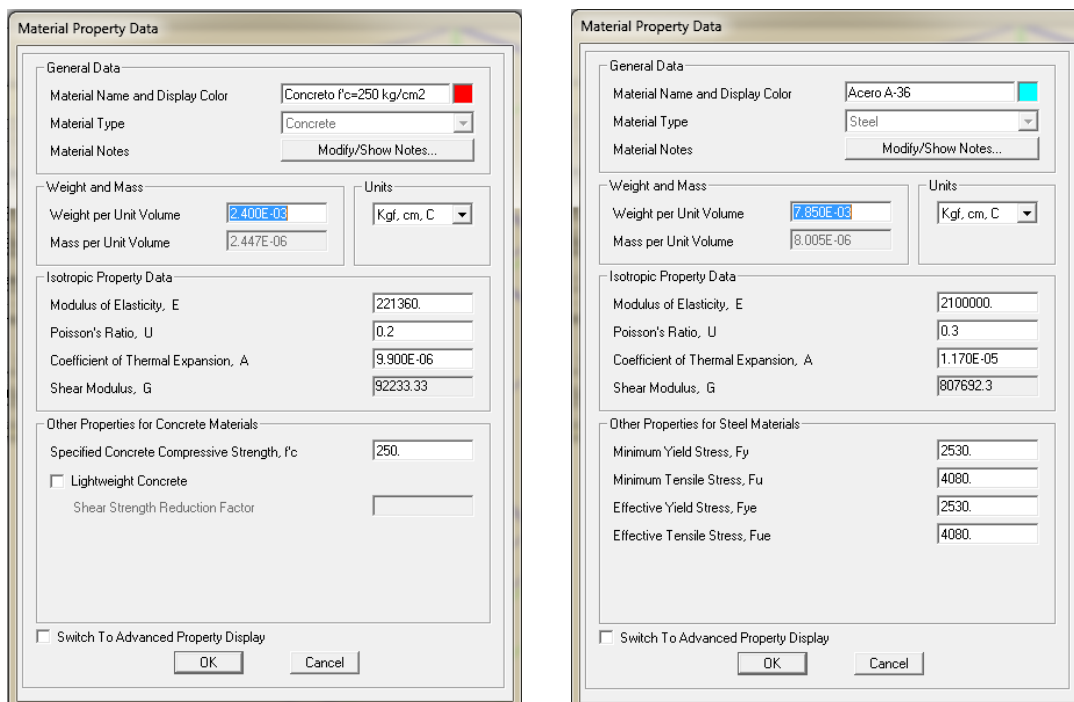


Fig. 3.29. Definición de las propiedades de los materiales en el programa SAP 2000.

Además, de acuerdo al reglamento se definieron los tipos de cargas que se aplicaran a la estructura.

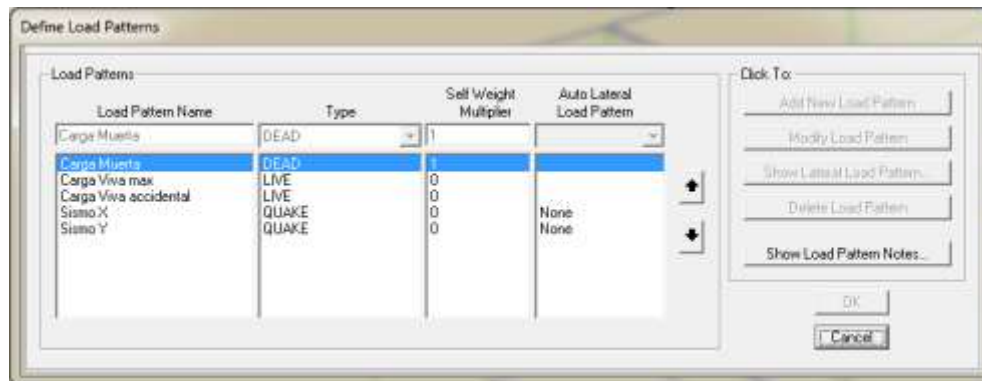


Fig. 3.30. Definición de los tipos de cargas usadas por normativa.

Para la realización de análisis es necesario definir los parámetros sísmicos empleados para el diseño por sismo, por lo tanto se presenta el espectro de diseño el cual parte de las características de la zona y el grupo de la estructura. Dicho espectro para el proyecto de diseño se planteó como una estructura del **grupo A**, **zona sísmica B** y un **Terreno Tipo II**.

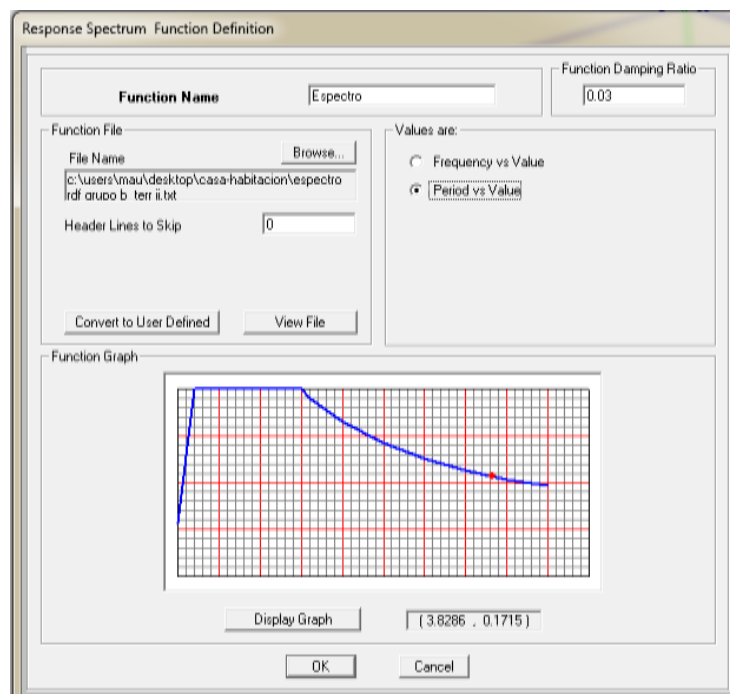


Fig. 3.31. Definición del espectro de diseño por sismo.

Las combinaciones de cargas es un factor muy importante a considerar en el análisis estructural, ya que de estas dependerá el diseño de los elementos estructurales, por lo tanto hay que definir éstas de acuerdo a la normativa correspondiente.

TABLE: Combination Definitions						
ComboName	ComboType	AutoDesign	CaseType	CaseName	ScaleFactor	SteelDesign
Text	Text	Yes/No	Text	Text	Unitless	Text
COMB1	Linear Add	No	Linear Static	Carga Muerta	1.5	Strength
COMB1			Linear Static	Carga Viva max	1.5	
COMB2	Linear Add	No	Linear Static	Carga Muerta	1.1	Strength
COMB2			Linear Static	Carga Viva accidental	1.1	
COMB2			Response Spectrum	Sismo X	1.1	
COMB2			Response Spectrum	Sismo Y	0.33	
COMB3	Linear Add	No	Linear Static	Carga Muerta	1.1	Strength
COMB3			Linear Static	Carga Viva accidental	1.1	
COMB3			Response Spectrum	Sismo X	1.1	
COMB3			Response Spectrum	Sismo Y	-0.33	
COMB4	Linear Add	No	Linear Static	Carga Muerta	1.1	Strength
COMB4			Linear Static	Carga Viva accidental	1.1	
COMB4			Response Spectrum	Sismo X	-1.1	
COMB4			Response Spectrum	Sismo Y	-0.33	
COMB5	Linear Add	No	Linear Static	Carga Muerta	1.1	Strength
COMB5			Linear Static	Carga Viva accidental	1.1	
COMB5			Response Spectrum	Sismo X	-1.1	
COMB5			Response Spectrum	Sismo Y	0.33	
COMB6	Linear Add	No	Linear Static	Carga Muerta	1.1	Strength
COMB6			Linear Static	Carga Viva accidental	1.1	
COMB6			Response Spectrum	Sismo X	0.33	
COMB6			Response Spectrum	Sismo Y	1.1	
COMB7	Linear Add	No	Linear Static	Carga Muerta	1.1	Strength
COMB7			Linear Static	Carga Viva accidental	1.1	
COMB7			Response Spectrum	Sismo X	0.33	
COMB7			Response Spectrum	Sismo Y	-1.1	
COMB8	Linear Add	No	Linear Static	Carga Muerta	1.1	Strength
COMB8			Linear Static	Carga Viva accidental	1.1	
COMB8			Response Spectrum	Sismo X	-0.33	
COMB8			Response Spectrum	Sismo Y	-1.1	
COMB9	Linear Add	No	Linear Static	Carga Muerta	1.1	Strength
COMB9			Linear Static	Carga Viva accidental	1.1	
COMB9			Response Spectrum	Sismo X	-0.33	
COMB9			Response Spectrum	Sismo Y	1.1	

Tabla 3.7. Combinaciones de cargas de acuerdo a las NTC.

Se presenta a continuación imágenes del modelo con la aplicación de cargas, tanto muertas como vivas de acuerdo al análisis de cargas planteado.

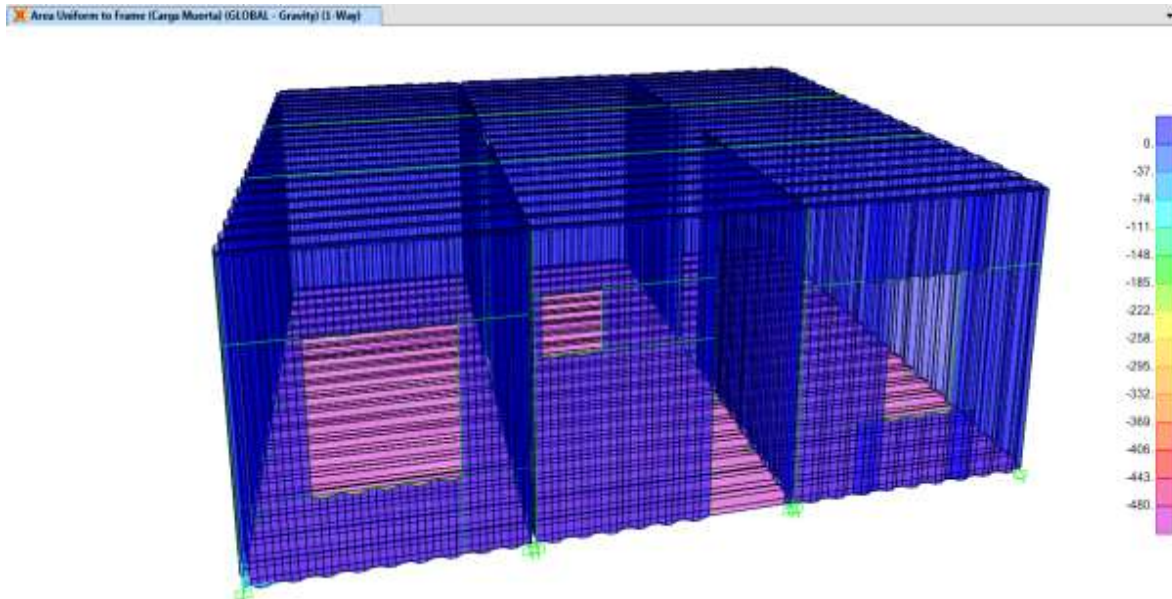


Fig. 3.32. Aplicación de cargas muertas en planta baja

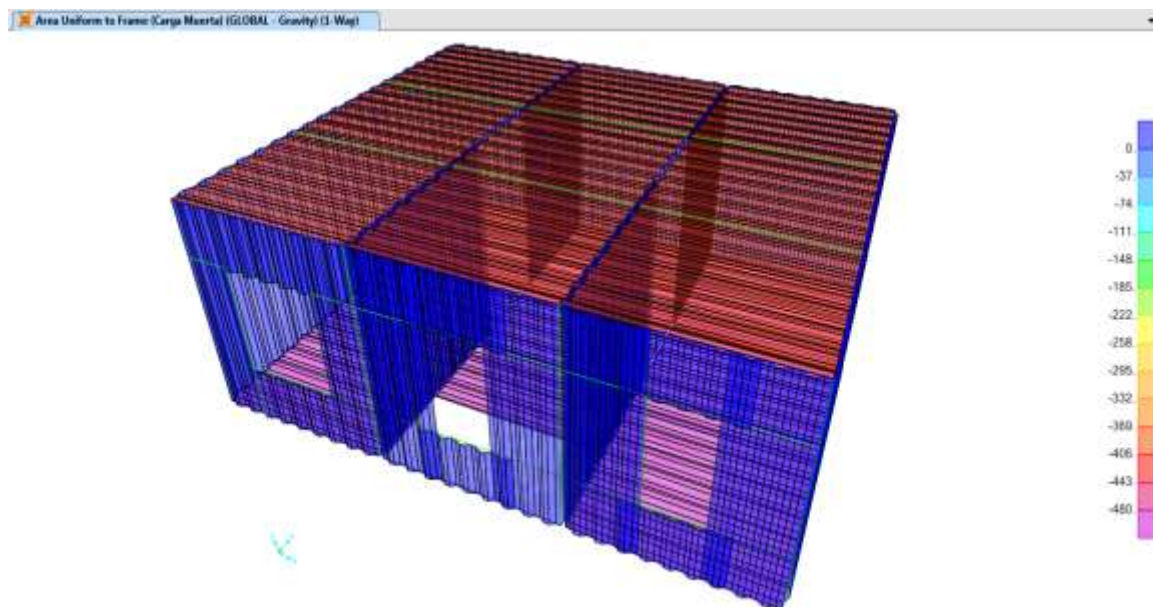


Fig. 3.33. Aplicación de cargas muertas en planta alta

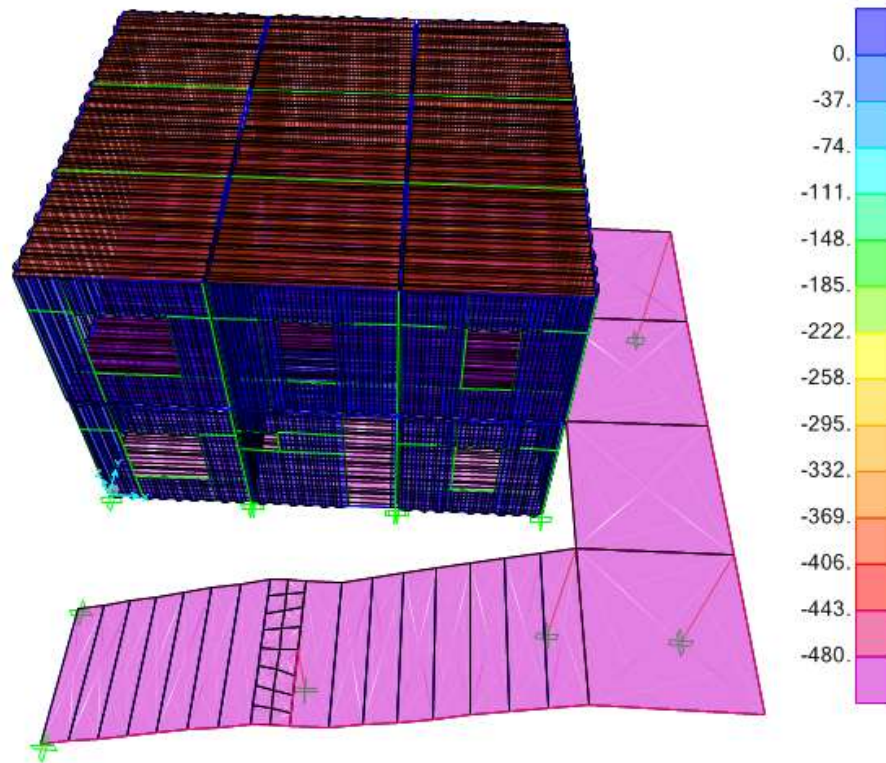


Fig. 3.34. Aplicación de cargas muertas en escalera y pasillo.

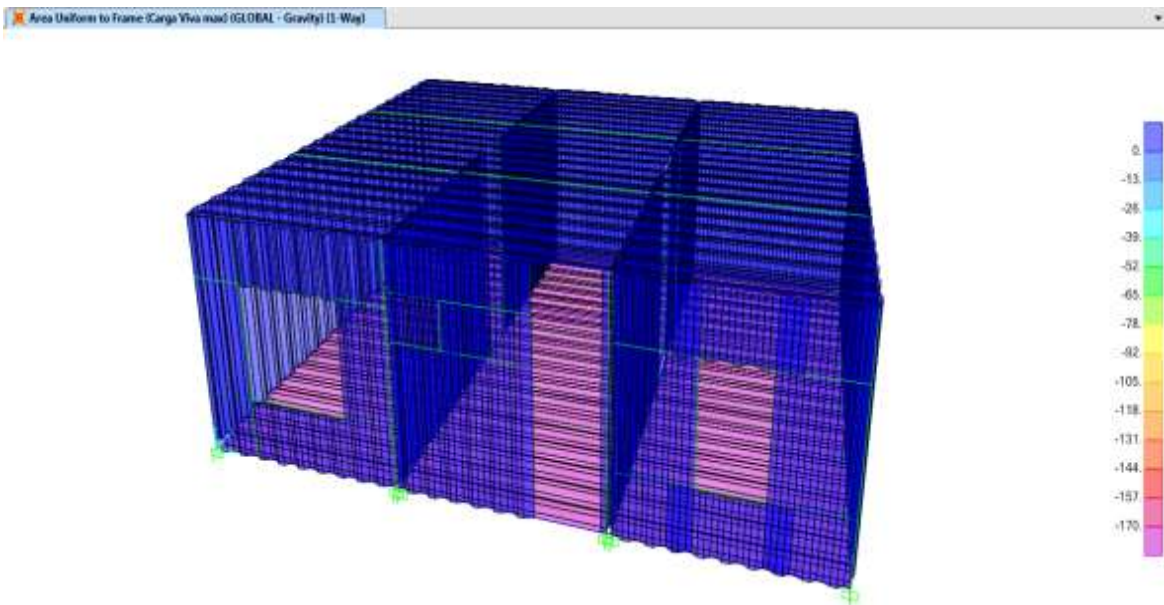


Fig. 3.35. Aplicación de cargas viva máxima en planta baja

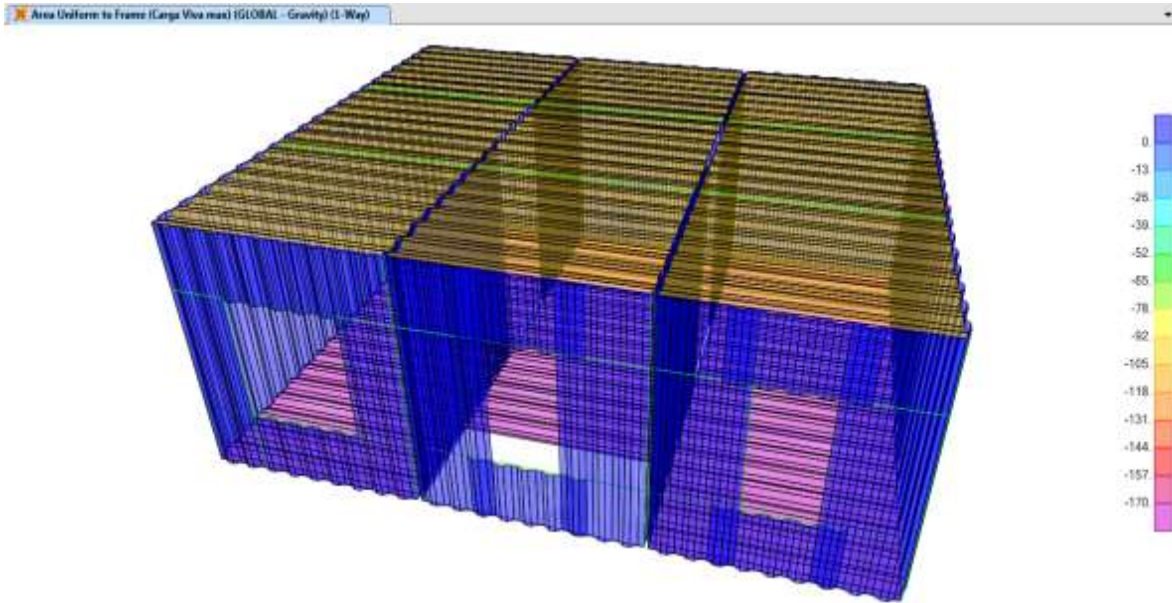


Fig. 3.36. Aplicación de cargas viva máxima en planta baja

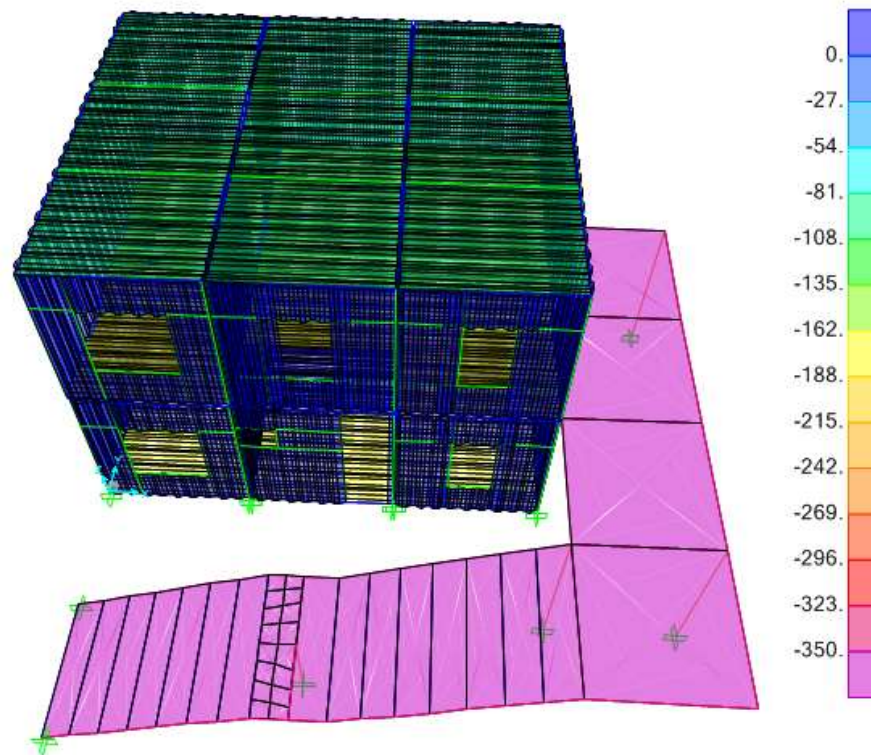


Fig. 3.37. Aplicación de cargas viva máxima en escalera y pasillo.

En estos esquemas podemos observar la magnitud de las cargas sobre la estructura, tanto en planta baja como planta alta. Las unidades para las cargas están dadas en kg/m^2 . Una vez teniendo todas las cargas en el modelo de análisis se procede a hacer la corrida del software y poder revisar el comportamiento de la estructura ante dichas solicitaciones.

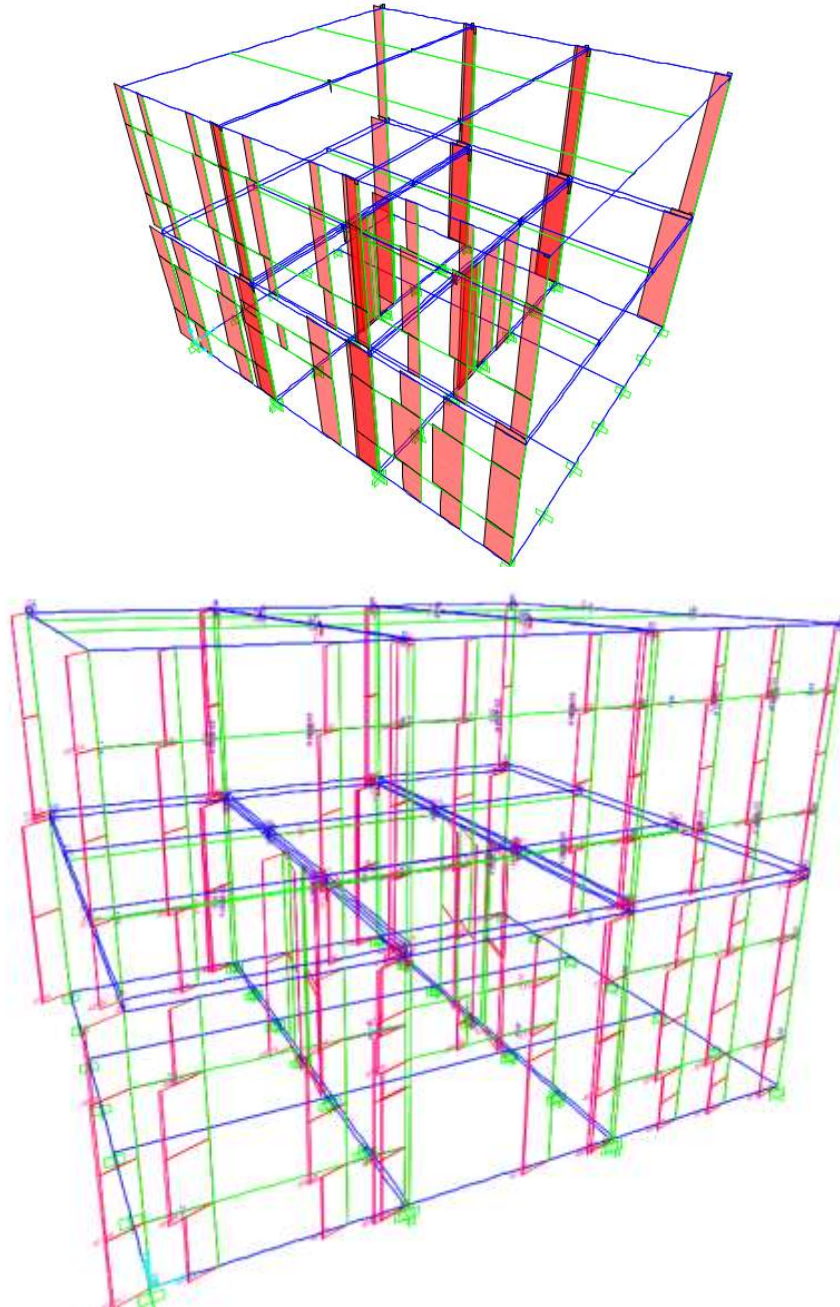


Fig. 3.38. Diagramas de fuerzas axiales. Estructura General.

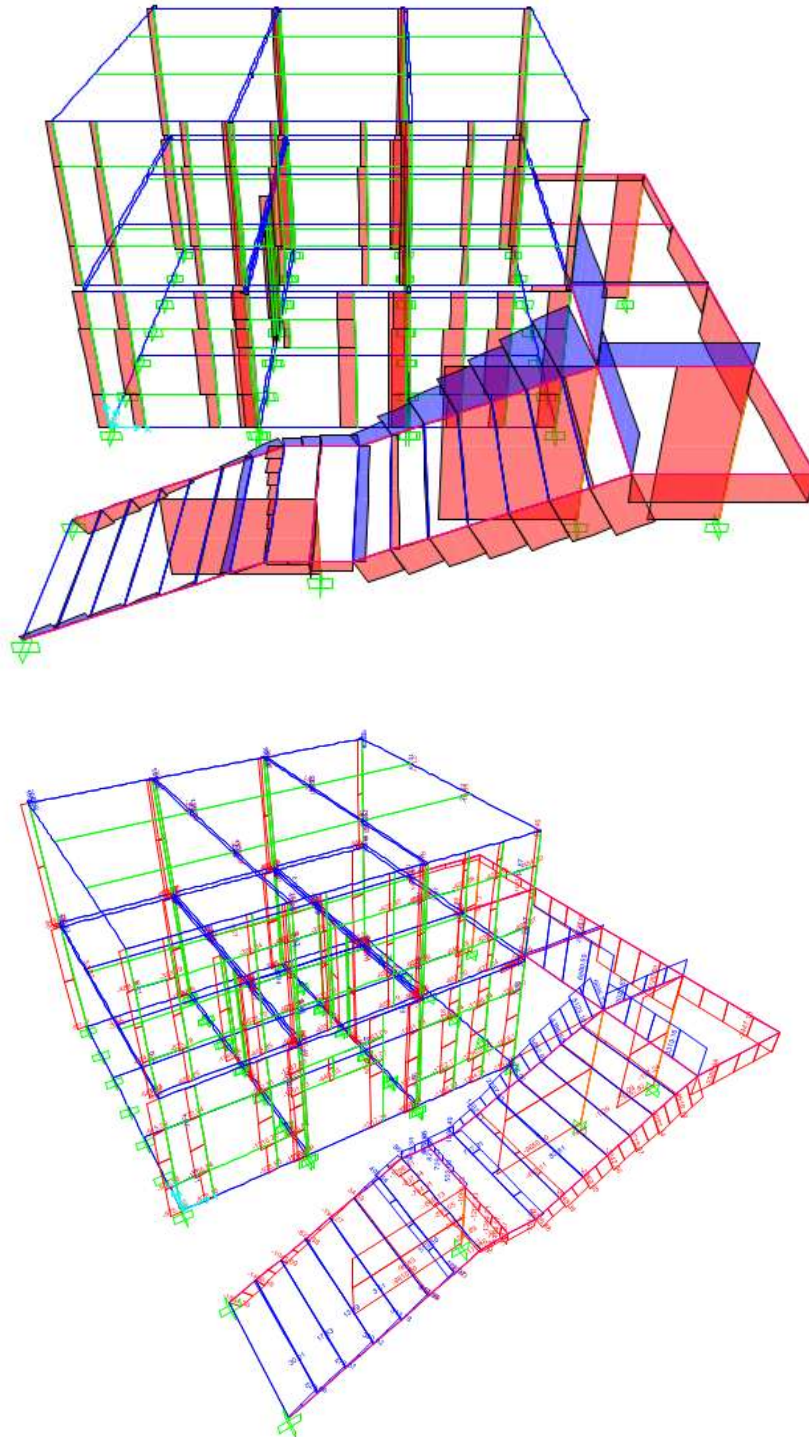


Fig. 3.39. Diagramas de fuerzas axiales. Escaleras y Pasillo.

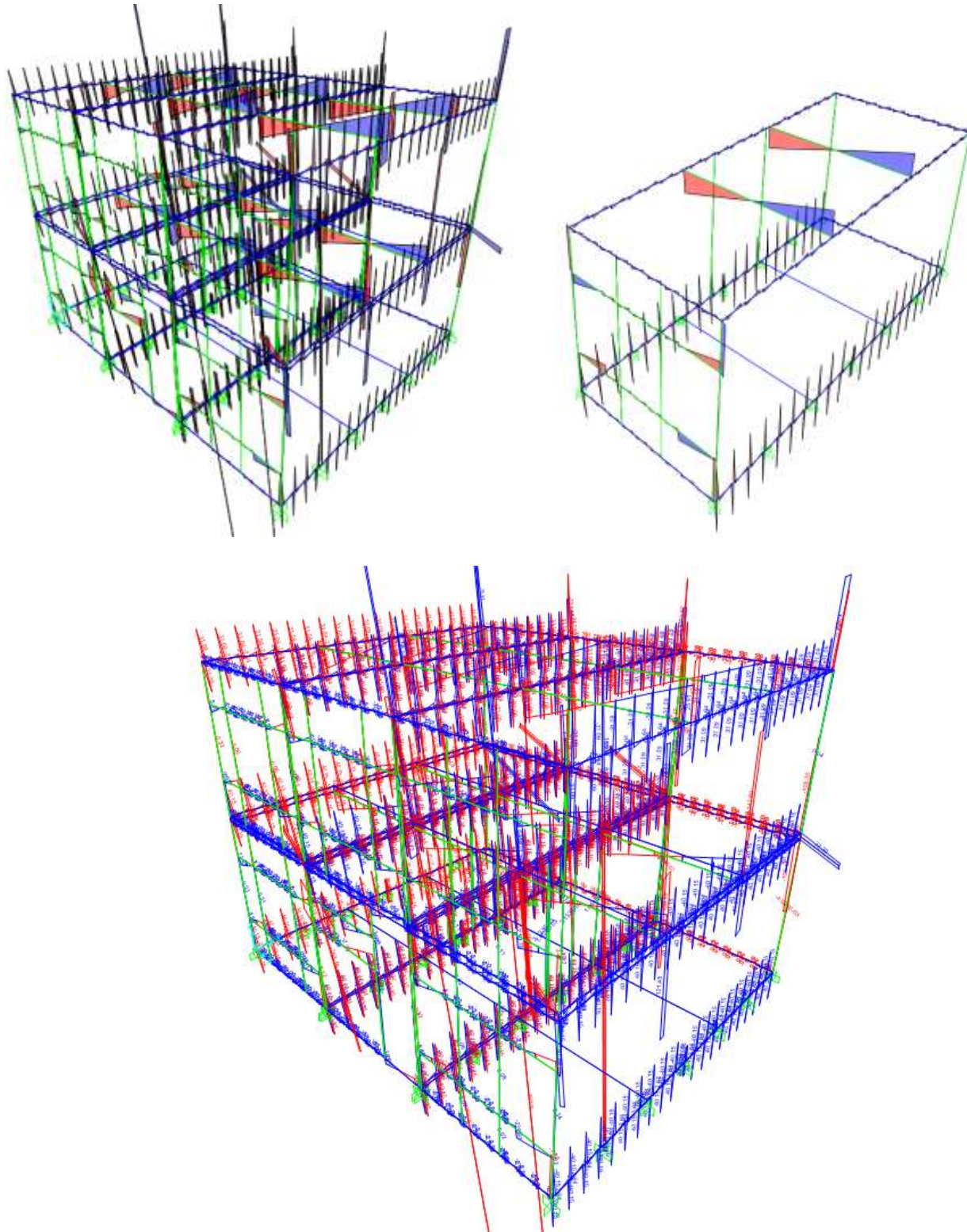


Fig. 3.40. Diagramas de fuerzas cortantes. Estructura general.

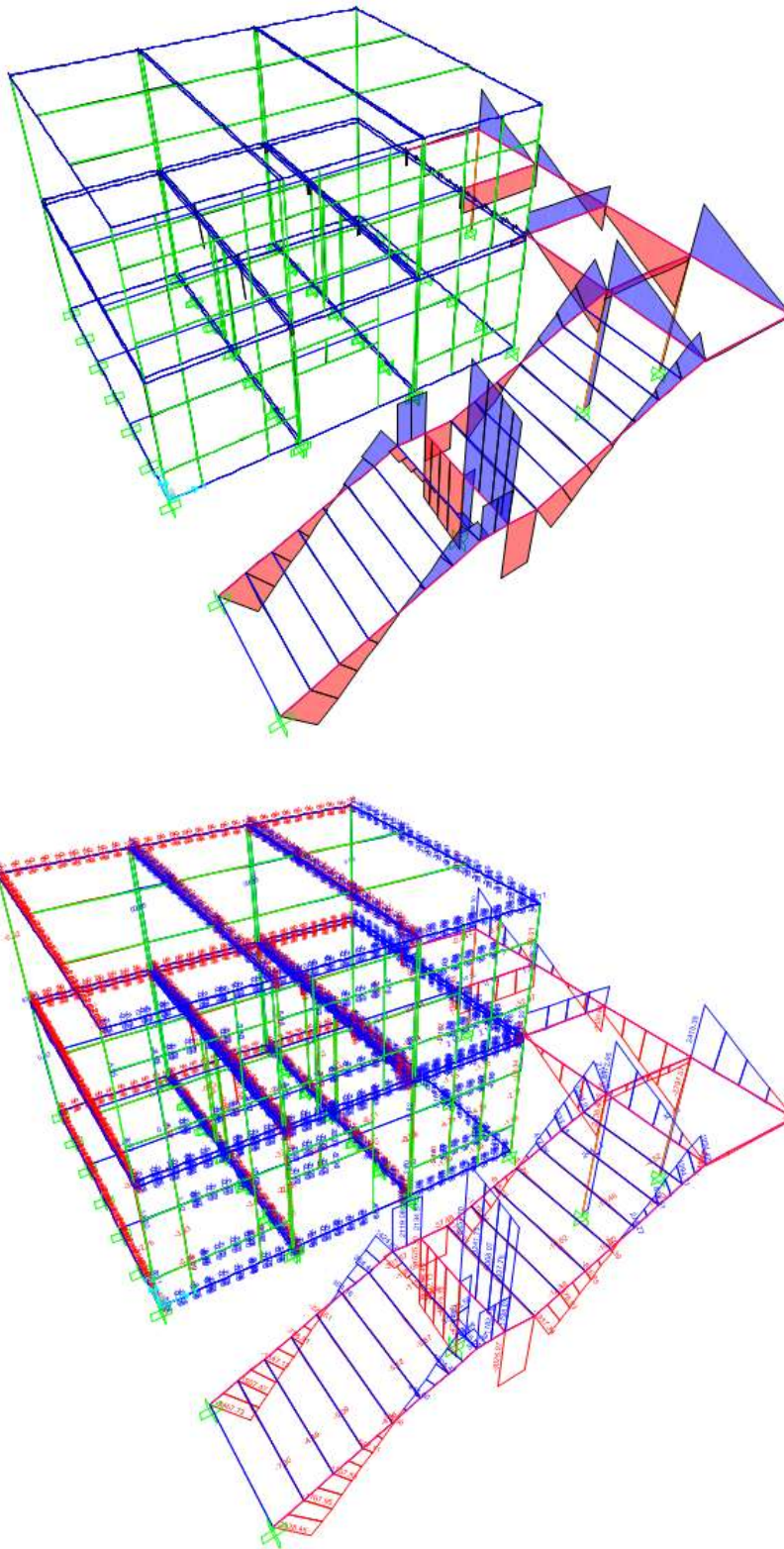


Fig. 3.41. Diagramas de fuerzas cortantes. Escaleras y Pasillo.

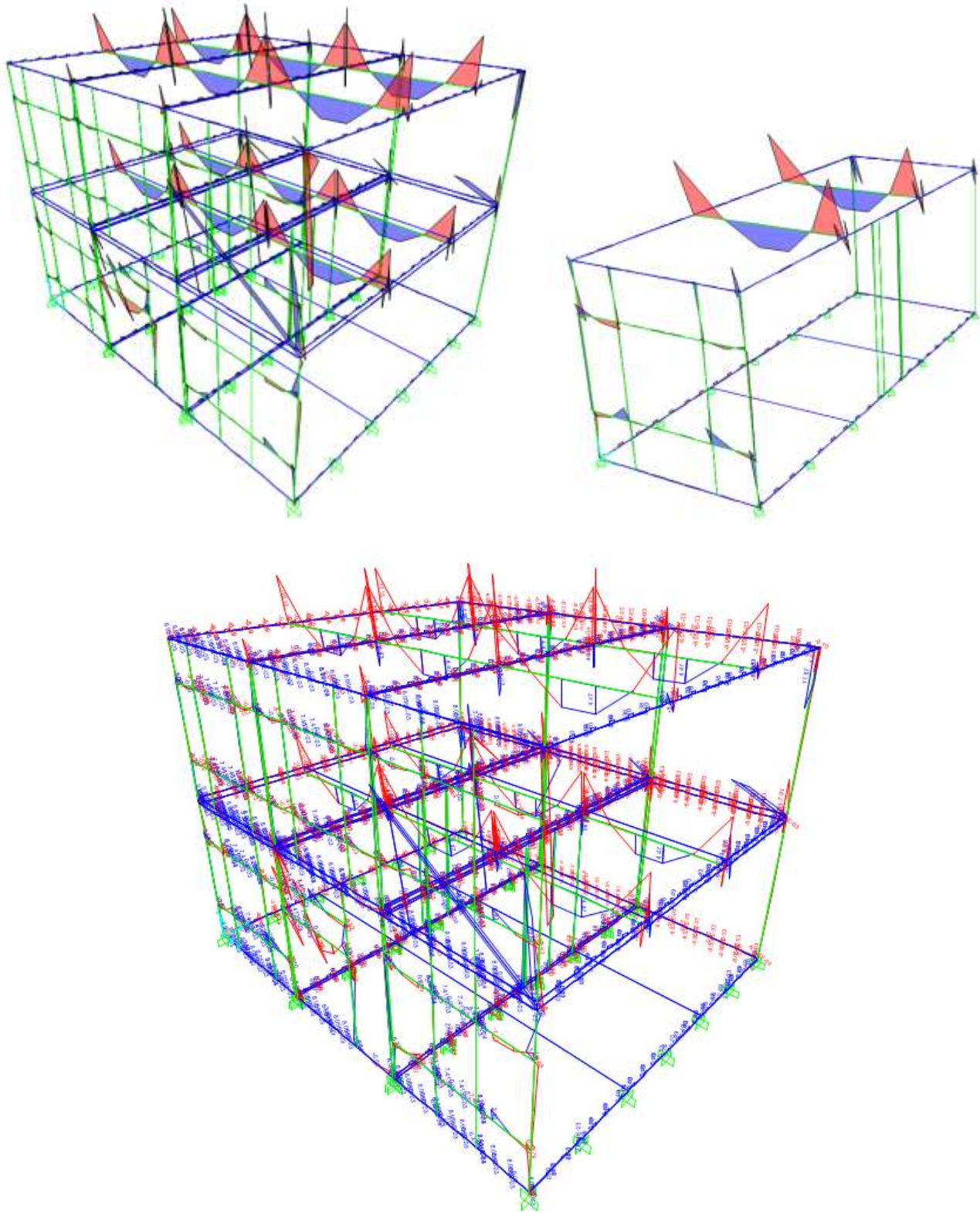


Fig. 3.42. Diagramas de momentos flexionantes. Estructura General.

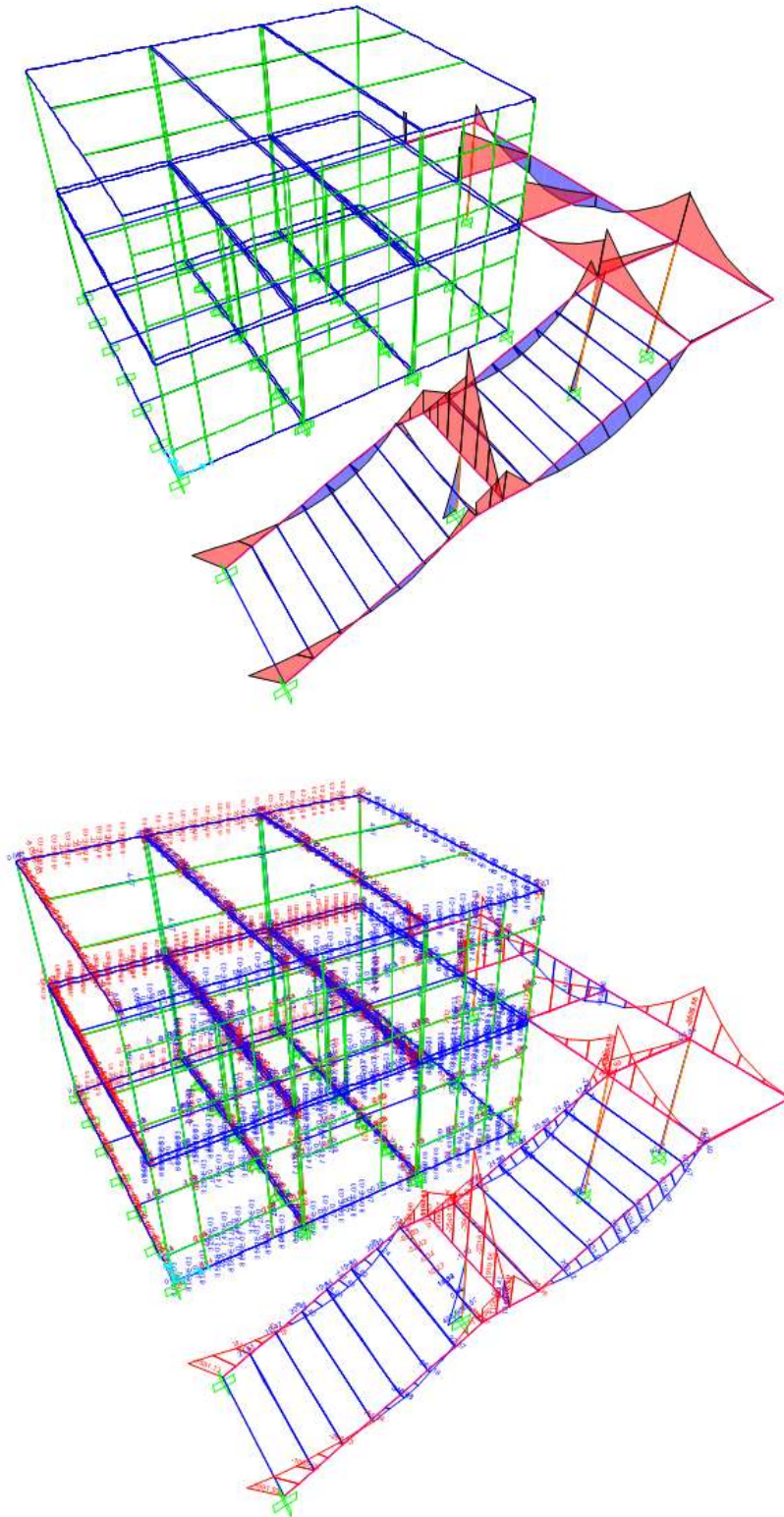


Fig. 3.43. Diagramas de momentos flexionantes. Escaleras y Pasillo.

3.2.3 Revisión y diseño de la estructura

Revisaremos ahora los esfuerzos generados en la lámina de los contenedores debido a las acciones solicitadas.

Los esfuerzos mostrados a continuación son los valores absolutos máximos en cada una de las componentes geométricas del muro de acuerdo a los resultados del análisis estructural.

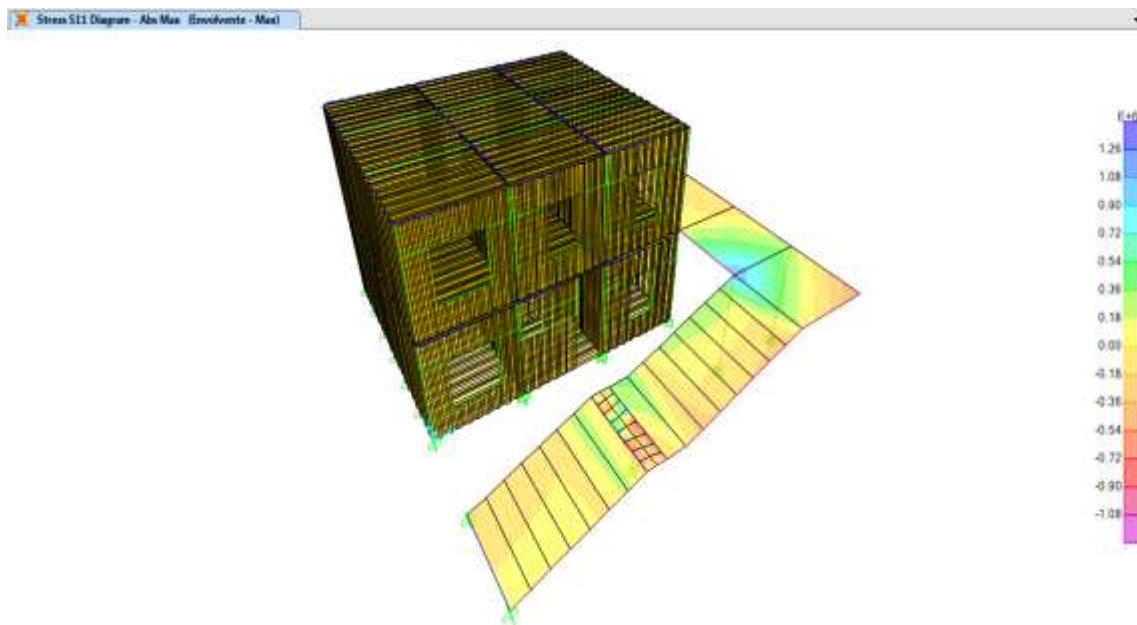
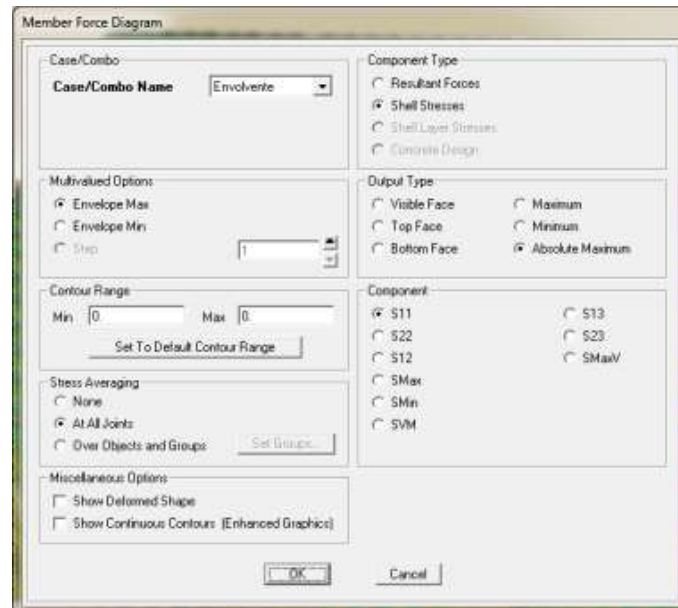


Fig. 3.44. Esfuerzos en la dirección S11. Estructura General.

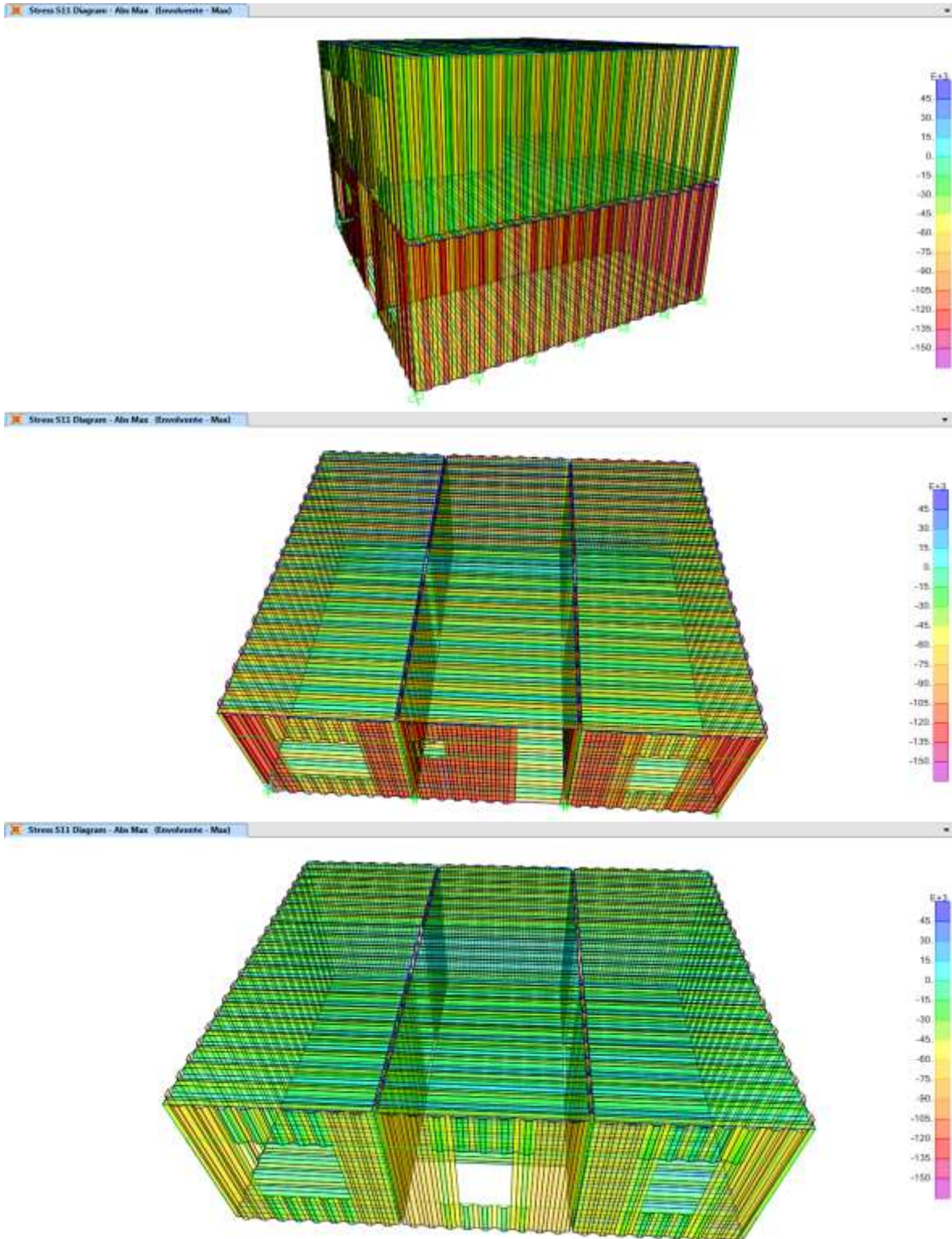
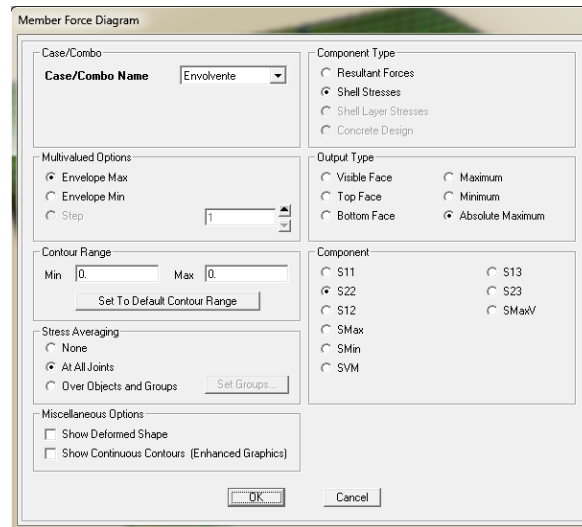


Fig. 3.45. Esfuerzos en la dirección S11 de las paredes del contenedor. Planta baja y alta.



Stress S22 Diagram - Abs Max (Envolvente - Max)

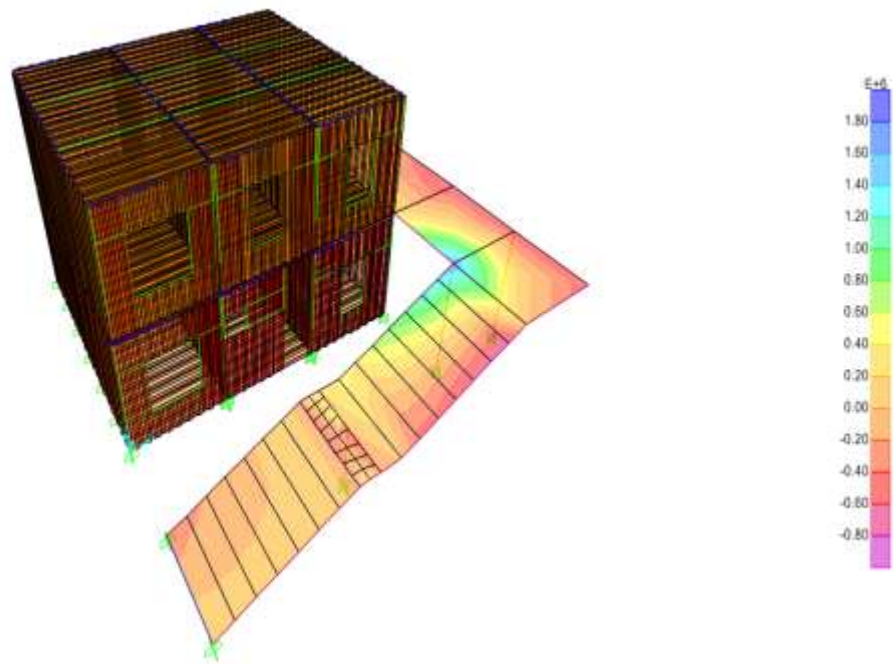


Fig. 3.46. Esfuerzos en la dirección S22. Estructura General.

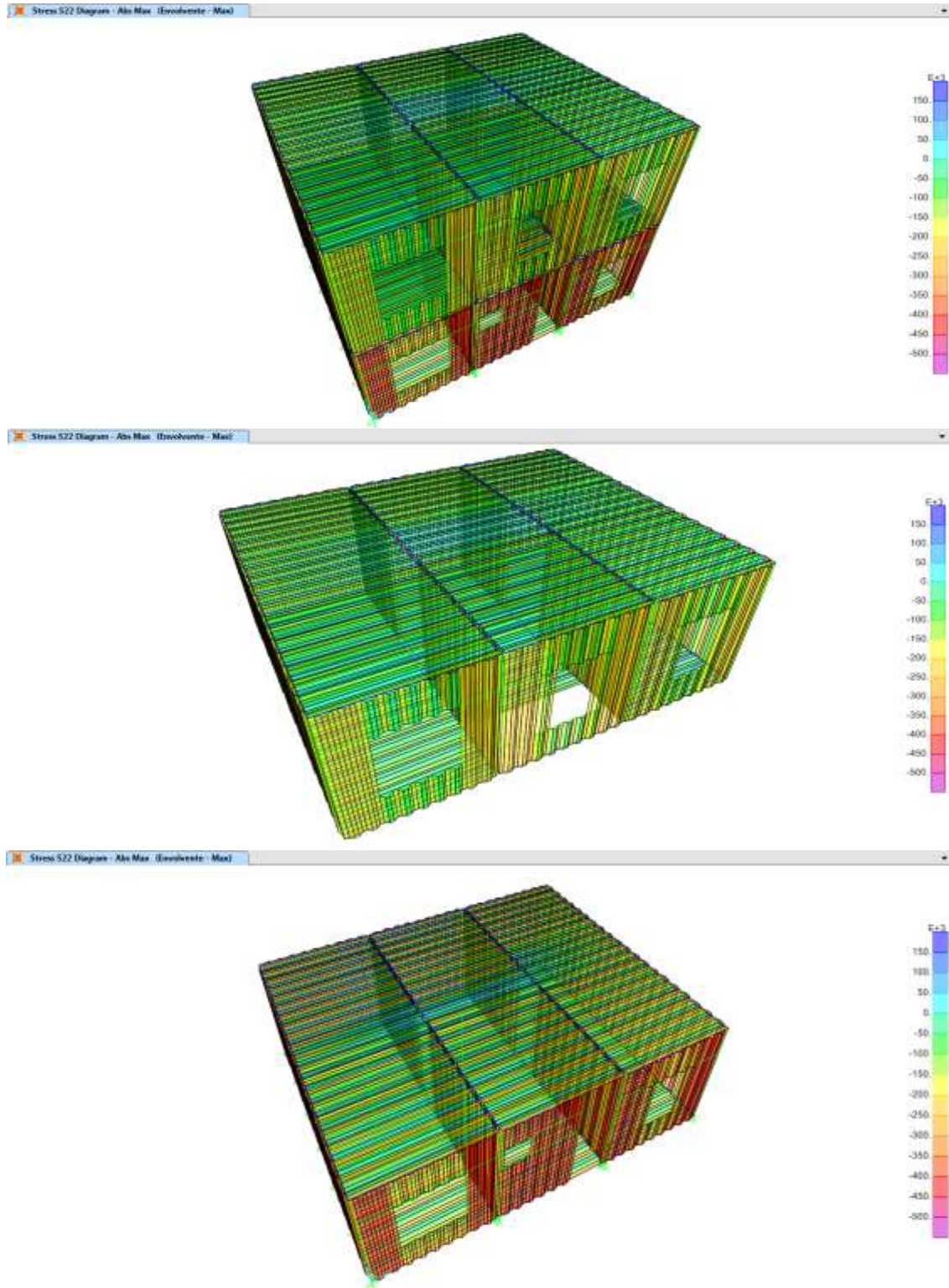


Fig. 3.47. Esfuerzos en la dirección S22 de las paredes del contenedor. Planta baja y alta

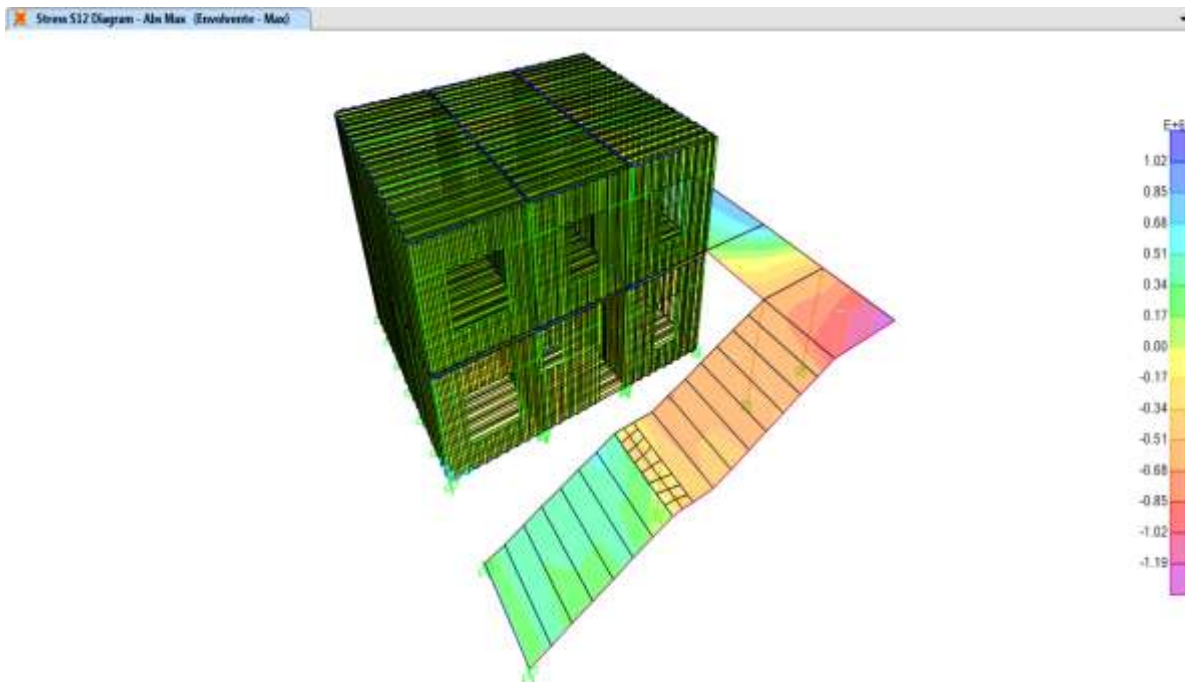
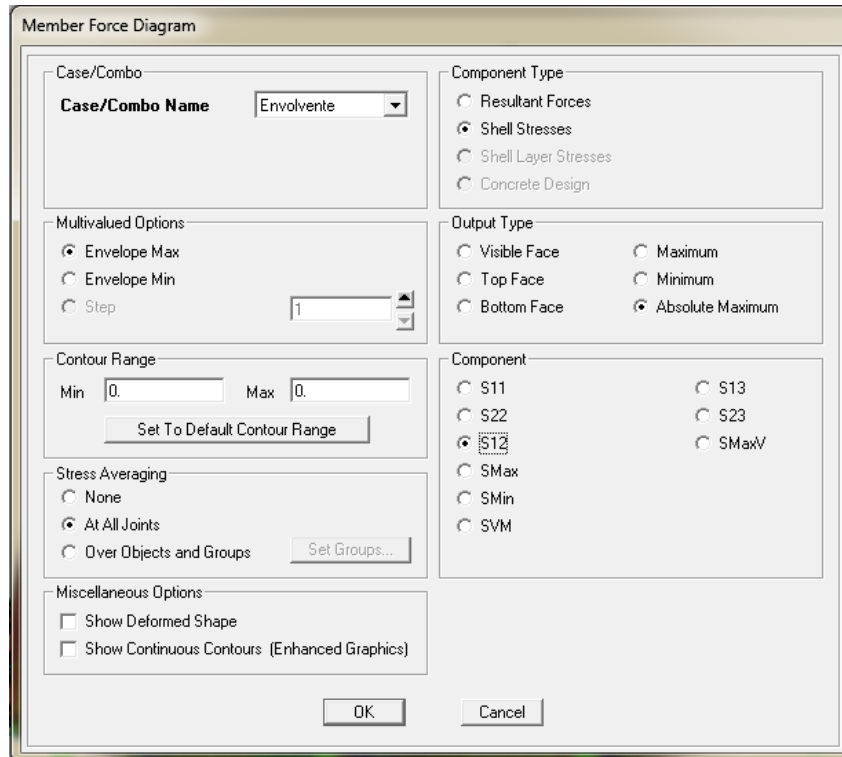


Fig. 3.48. Esfuerzos en la dirección S12. Estructura General.

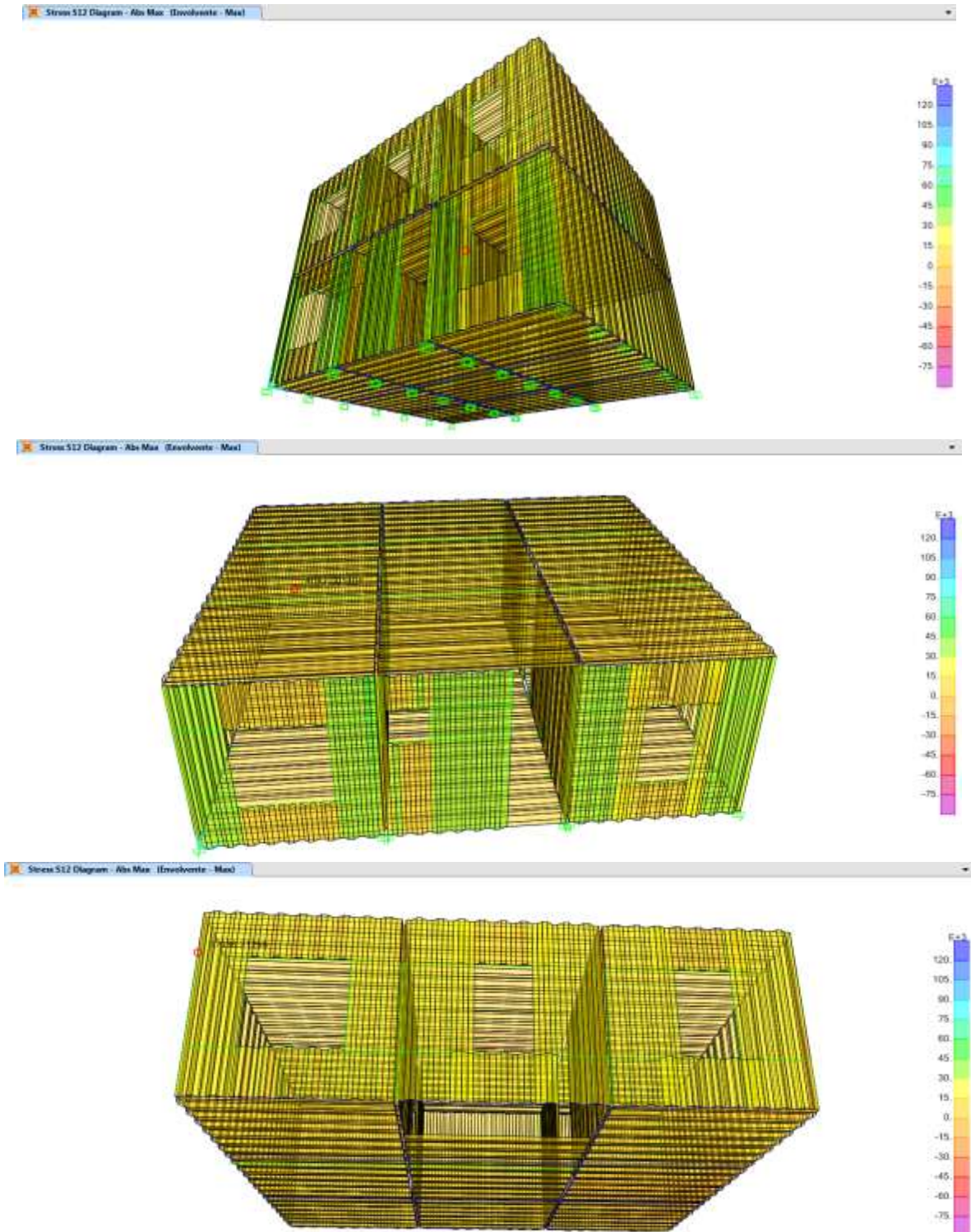
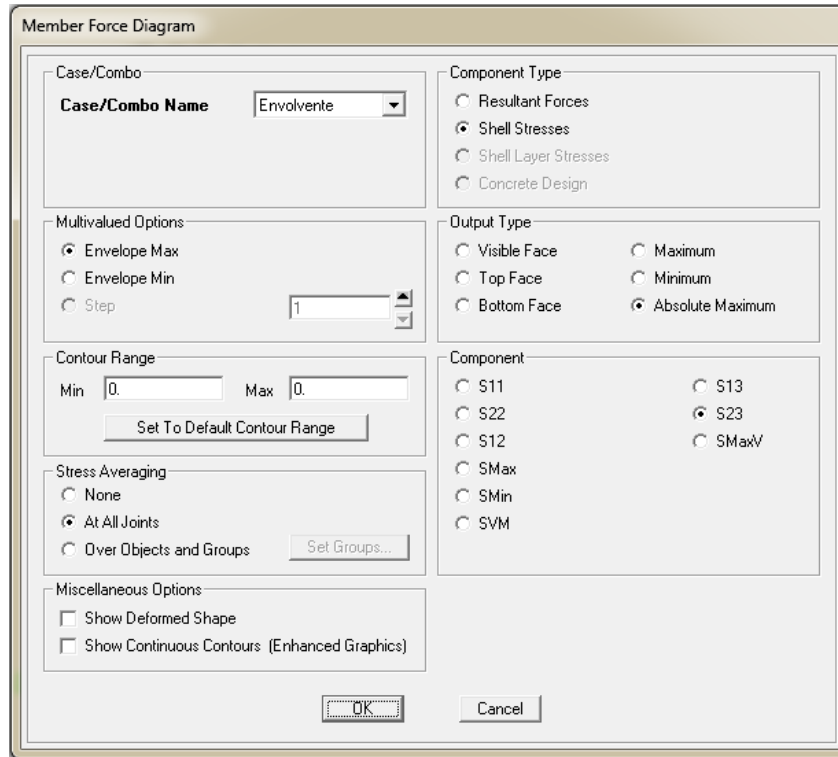


Fig. 3.49. Esfuerzos en la dirección S12 de las paredes del contenedor. Planta baja y alta



Stress S23 Diagram - Abs Max - (Envolvente - Max)

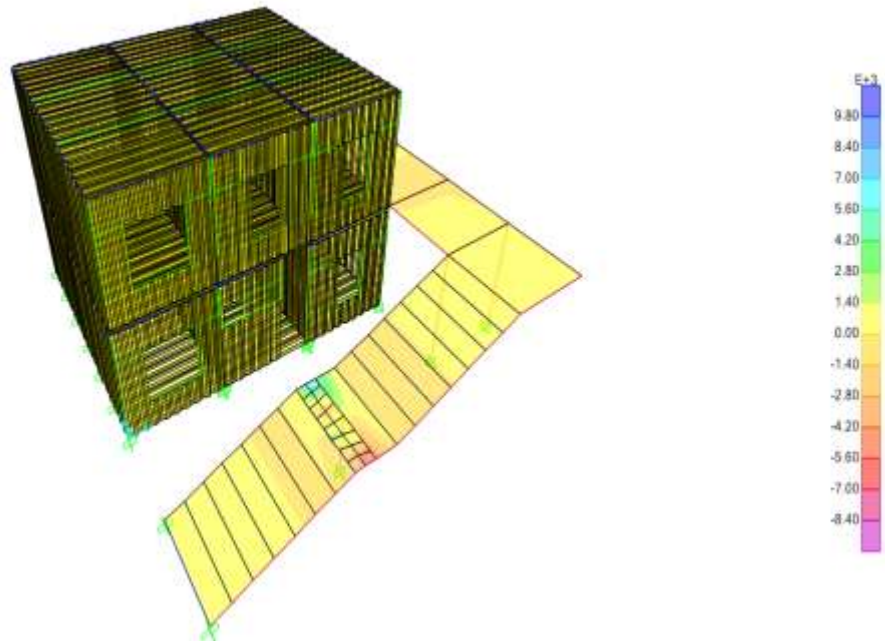


Fig. 3.50. Esfuerzos en la dirección S23. Estructura General.

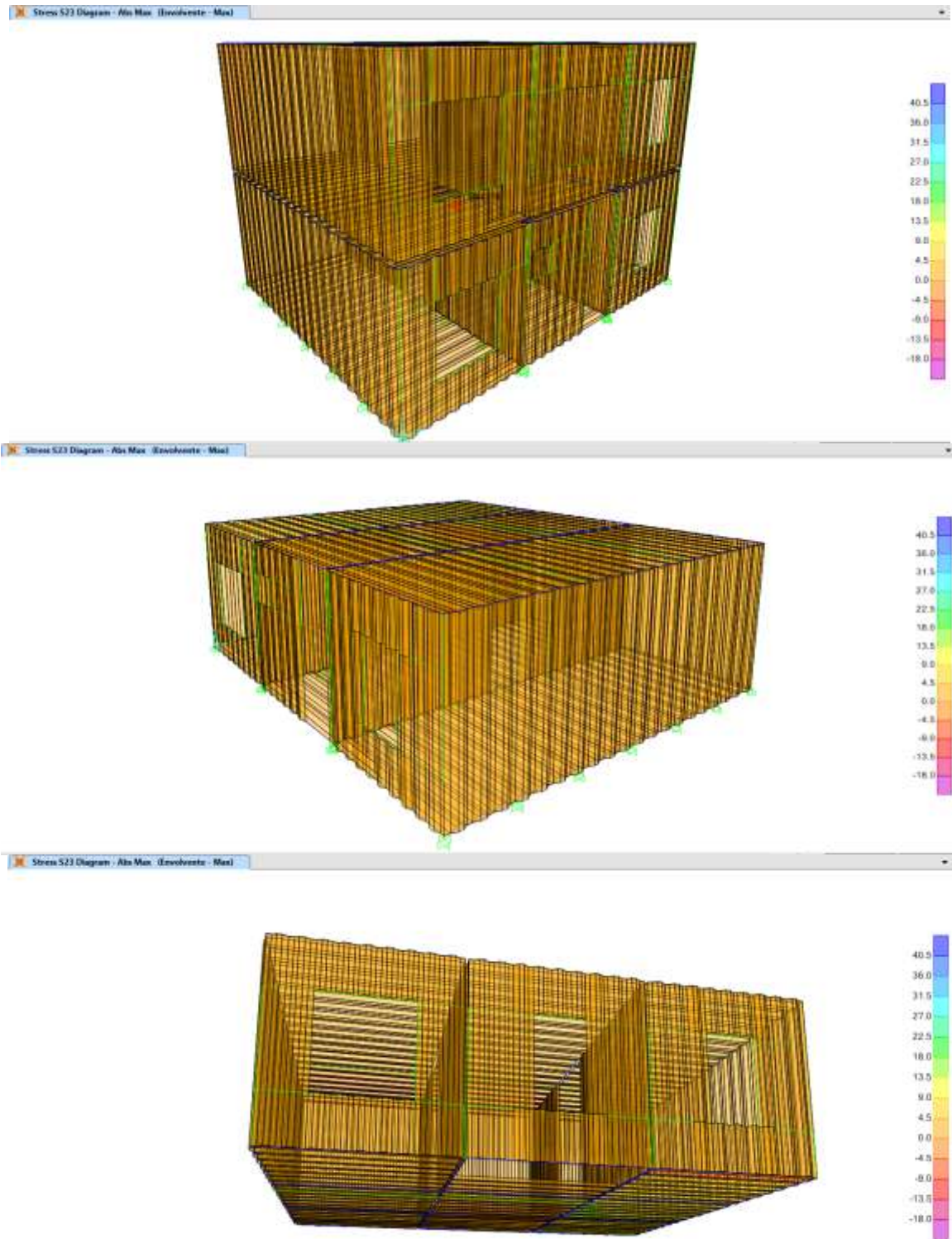


Fig. 3.51. Esfuerzos en la dirección S23 de las paredes del contenedor. Planta baja y alta

Al realizar el análisis de la estructura mediante el software SAP2000, estos fueron los resultados obtenidos de acuerdo a las secciones de los elementos estructurales y propiedades de los materiales planteadas en dicho modelo, los cuales fueron revisados y comparados con la normativa correspondiente para verificar el comportamiento adecuado ante las cargas solicitadas.

En el método LRFD la resistencia se considera igual a la resistencia teórica o nominal del miembro estructural, multiplicado por un factor de resistencia que es normalmente menor a la unidad. Con esto se busca tomar en cuenta las incertidumbres que se tienen en cuestión a las propiedades de resistencia de los materiales dimensiones y mano de obra.

$$(\lambda)Q \leq (\Phi)R_n$$

Dónde:

λ =Factor de carga.

Q=Cargas de servicio.

Φ =Factor de reducción de resistencia.

R_n =Resistencia nominal.

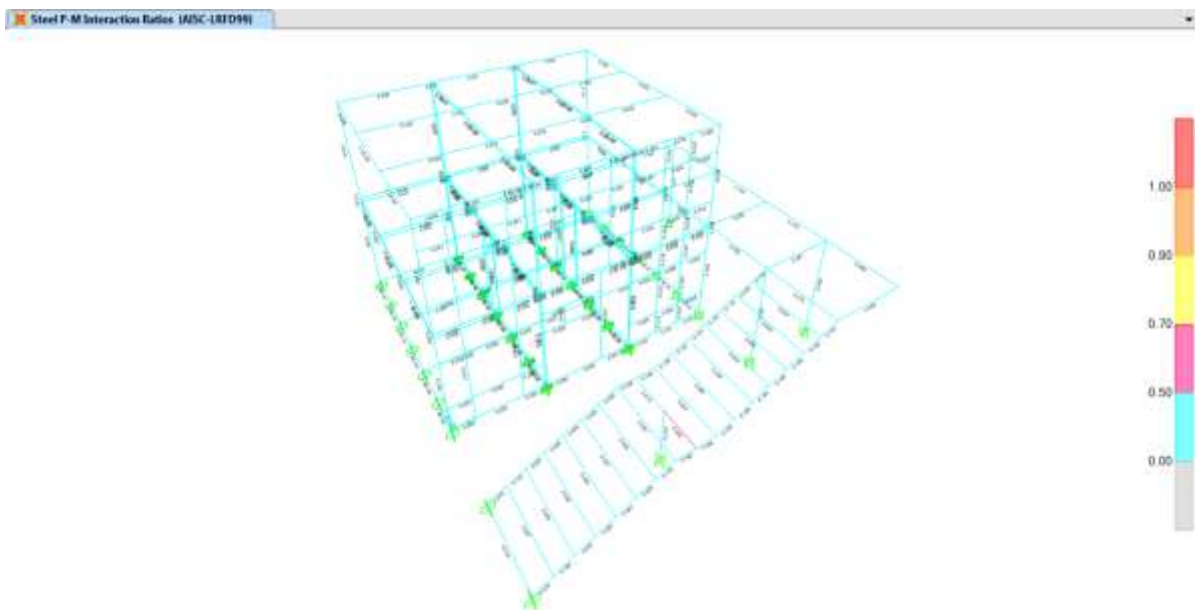


Fig. 3.52. Revisión de la resistencia de los elementos estructurales. Modelo general.

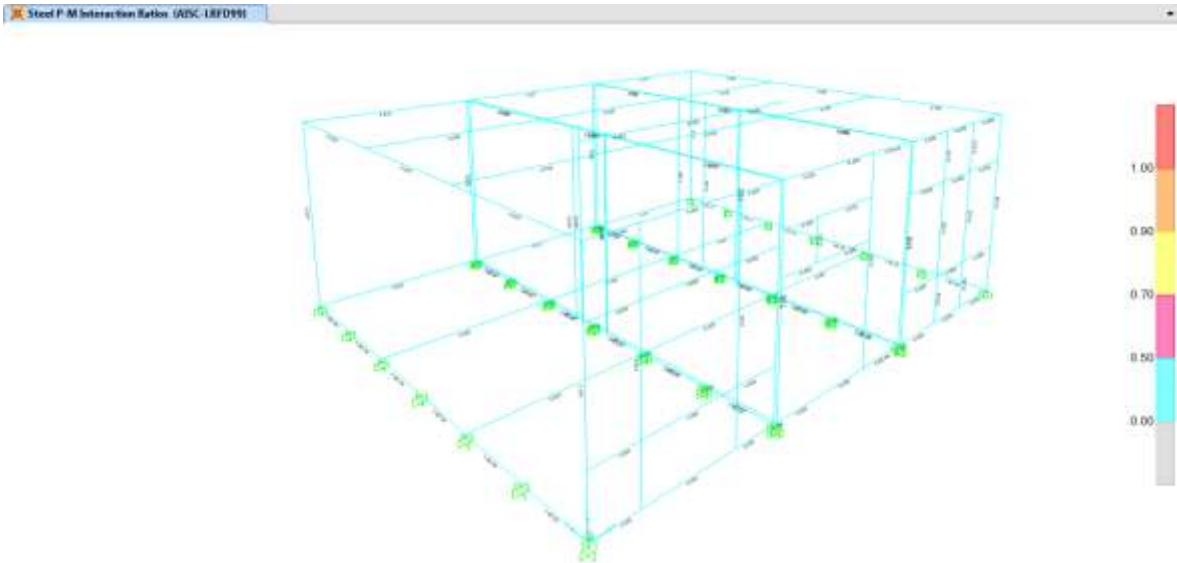


Fig. 3.53. Revisión de la resistencia de los elementos estructurales. Planta baja

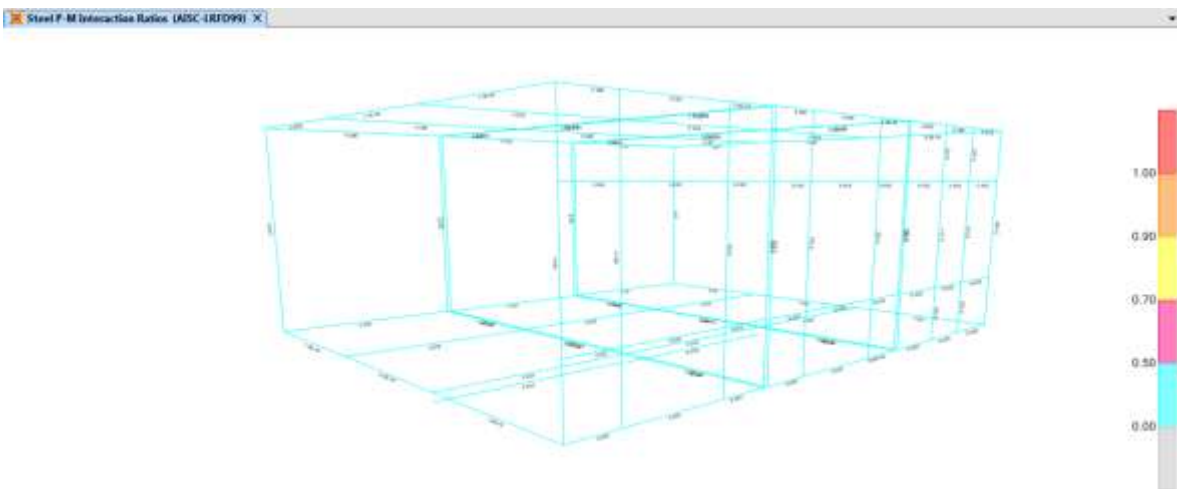


Fig. 3.54. Revisión de la resistencia de los elementos estructurales. Planta alta.

En la escala grafica presentada anteriormente se muestran colores dando valores desde cero en color azul cyan hasta la unidad en color rojo, dicha escala representa los esfuerzos a los que los elementos estructurales están sometidos en porcentaje del cero al 100% de su capacidad de carga o resistencia.

Se puede observar de las figuras anteriores que los esfuerzos en los elementos que componen a la estructura tienen un comportamiento y resistencia adecuados de acuerdo a las cargas solicitadas.

3.2.4 Conclusiones

1. Las magnitudes de las fuerzas que actúan en la estructura generan acciones muy por debajo de las condiciones convenidas en las normas.
2. De acuerdo a la revisión de los desplazamientos relativos de las columnas bajo normas se determinó que la rigidez de la estructura en conjunto con sus elementos es suficiente para soportar las fuerzas actuantes en ella bajo la acción de las cargas y sus combinaciones.
3. Al aplicar la fuerza sísmica y obtener los Momentos Torsionantes estos podrán ser soportados y distribuidos de manera favorable en cada nivel de la estructura sin tener un comportamiento perjudicial para su funcionalidad o uso.
4. Con la estructura planteada en este proyecto, se comprobó que al tener estructuras regulares y que cumplen con la mayoría de las condiciones de regularidad se obtendrán valores del centro de masas y del centro de rigideces muy cercanos por lo que las excentricidades en ambas direcciones son muy pequeñas provocando momentos de torsión muy bajos, lo que conlleva a concluir que estructuras regulares raramente presenten problemas de torsión considerables.
5. La distribución de columnas en los edificios es una parte muy importante para la estabilidad y buen comportamiento de la misma, de esta distribución puede depender si se tendrán problemas de desplazamiento y torsión en la estructura, ya que si no se tiene una uniformidad en las rigideces de los entrepisos, es decir, que algunos sean más rígidos que otros, puede ocasionar distorsiones de entrepiso debido a las fuerzas sísmicas. Por tanto hay que ser cautelosos con la buena distribución de las rigideces, y es especial si esta rigidez es aportada por las columnas.

6. La estructura analizada bajo las acciones y sus combinaciones, tuvo desplazamientos relativos no considerables tales que cumple con la condición de no exceder 0.012 como indican las NTC-04. Esto quiere decir que los elementos estructurales aportan una mayor rigidez a la estructura de la requerida para cumplir con la norma.
7. Para disminuir la rigidez de la estructura se puede reducir la sección de los elementos para volverlos más flexibles, sin embargo el volver más flexible la estructura conlleva a tener mayores desplazamientos de los elementos, por esta razón hay que ser cuidadosos en que tanto las deformaciones como los desplazamientos no sean considerables aplicando los criterios de la normatividad.

CONCLUSIONES GENERALES

1. Los contenedores de carga son estructuras demasiado estables y resistentes debido a su composición física; así como por su forma geométrica.
2. Es de conocimiento de todos el poder ver contenedores de carga por todo el mundo, atravesando los climas más adversos y soportando movimientos y fuerzas de grandes magnitudes, lo cual nos deja una muy buena impresión de lo que estas cajas metálicas son capaces de soportar.
3. El hecho de poder reutilizar los desechos de otras industrias, como lo es la del comercio, produce beneficios de gran magnitud como lo es dar habitabilidad a seres humanos debido al acondicionamiento de los contenedores de carga.
4. El acondicionamiento de dichos contenedores no representa un costo elevado, de hecho, resulta ser más favorable y viable debido a que el sistema integral de sus componentes; permiten que se aproveche al máximo cada parte de ellos, como lo son sus puertas o sus pisos de madera, inclusive los twist locks que resultan acondicionarse como elementos de la cimentación.
5. El mantenimiento que se debe dar a un contenedor de reuso es variable, esto depende del grado de daños con el que se encuentre, como lo son desde abolladuras hasta rupturas de las paredes de metal, entre otras.
6. Si bien la construcción de proyectos de edificación con contenedores de carga no es nueva en el mundo, en México parece tener a corto plazo un detonante en la construcción modular y ecológica.

7. El estudio estructural al que fueron sometidos los proyectos planteados en este trabajo dan como resultado estructuras estables, rígidas y sobretodo con buena resistencia a sismos.
8. Otro factor ventaja para el uso de estos contenedores en la construcción es que da a los inversionistas una más pronta recuperación de la inversión, debido a que los tiempos de construcción son demasiado rápidos, que van desde un mes hasta cuatro meses dependiendo el diseño arquitectónico y el uso de la edificación.
9. En los puertos mexicanos se estima que aproximadamente 300,000 contenedores se encuentran en desuso y las cifras van en aumento.
10. En México existen ya diversos proyectos ejecutados a base de contenedores de carga que van desde los centros comerciales como Container City en Cholula, Puebla y hasta escuelas en Iztapalapa, D.F. o restaurantes en Cuautitlán en el Estado de México, lo cual nos quiere decir que el uso de este elemento metálico tiene buen recibimiento en la cultura mexicana y además satisface los requerimientos estructurales que exige nuestro tipo de suelo.

BIBLIOGRAFÍA

- Gaggino Rosana. “*Un nuevo desafío: construir con materiales reciclados*” Revista Vivienda Popular. Montevideo, Uruguay. Ed. Facultad de Arquitectura de la Universidad de la República. 2004. N° 14, pp. 59 a 62.
- Colomar Mendoza, F. J. y Gallardo Izquierdo, A. “*Tratamiento y gestión de residuos sólidos*” Universidad Politécnica de Valencia. Limusa, 2007.
- De la Rosa, Orlando. “*Neópolis, Ciudades, Suburbios, ¿Contenedores?*”, 1ª ed., Ed. Digital Group Color Printing Inc. Puerto Rico, 2011. Pp.. 80-81.
- Mallofré Joan Martín. “*Tratamiento de las averías en las mercancías transportadas en contenedor Dry Box*”. Universidad Politécnica de Cataluña. Tesis Doctoral, Barcelona, España, 2000.
- Reglamento de Construcciones del Distrito Federal y sus Normas Técnicas Complementarias
- Centro Nacional de Prevención de Desastres - *CENAPRED*
- Sitios de internet:

www.promexico.gob.mx/desarrollo-sustentable/

<http://es.wikipedia.org/wiki/Basura>

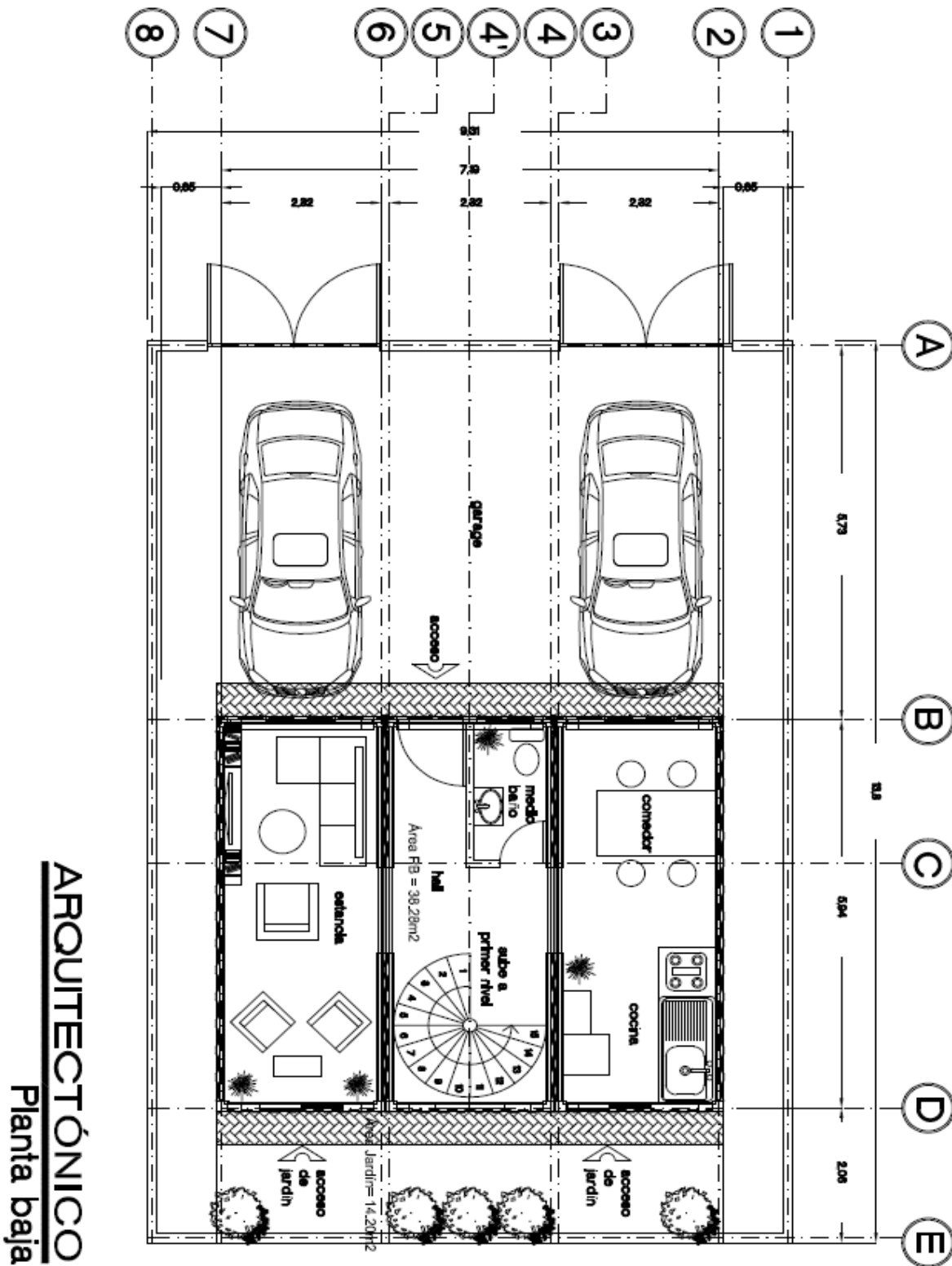
<http://www.semarnat.gob.mx/transparencia/transparenciafocalizada/impactoambiental/Paginas/impactoambiental.aspx>

http://huespedes.cica.es/aliens/gimadus/17/03_materiales.html

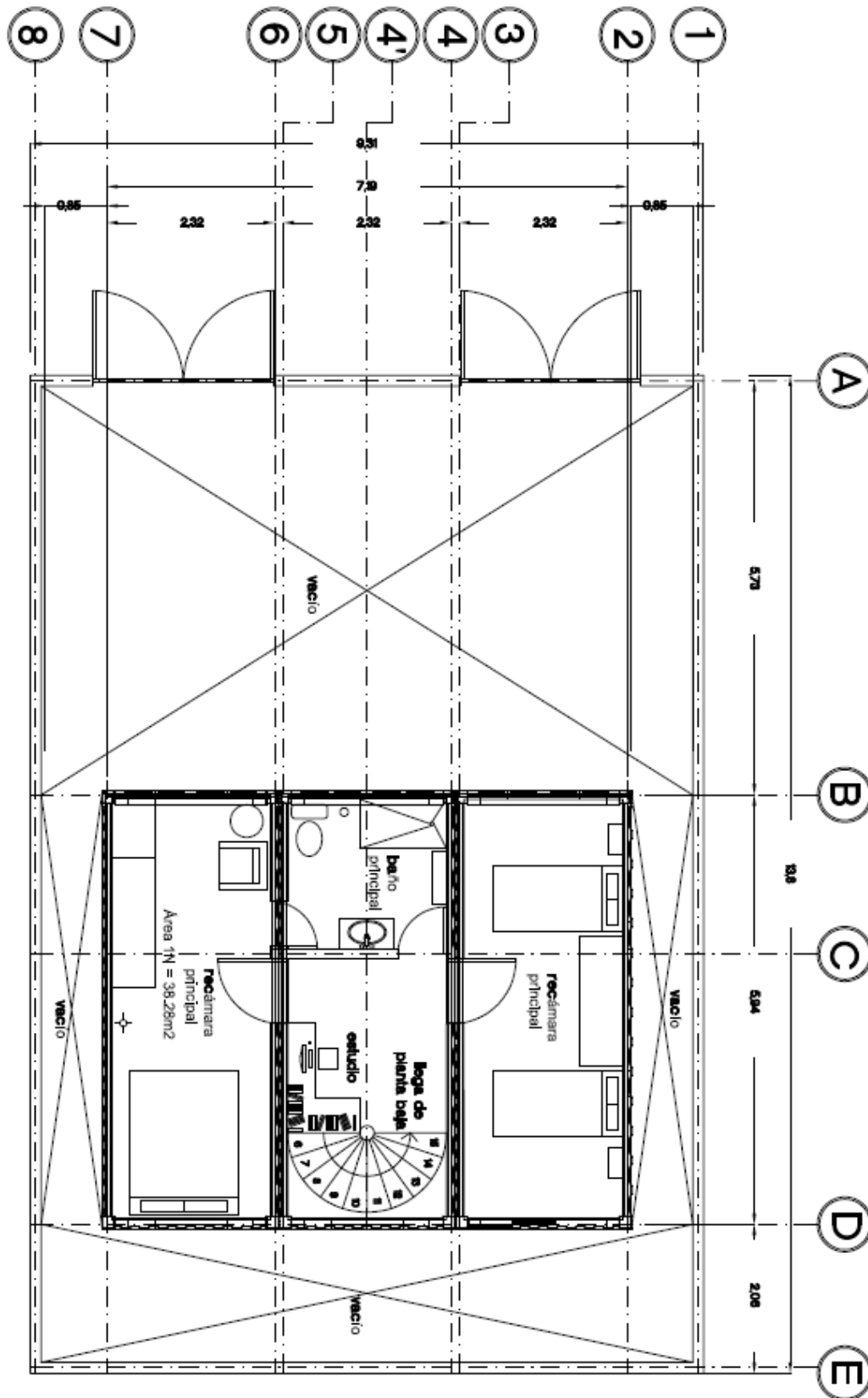
<http://es.wikipedia.org/wiki/Contenedor>

<http://issuu.com/ledg/docs/contenedoresmaritimos>

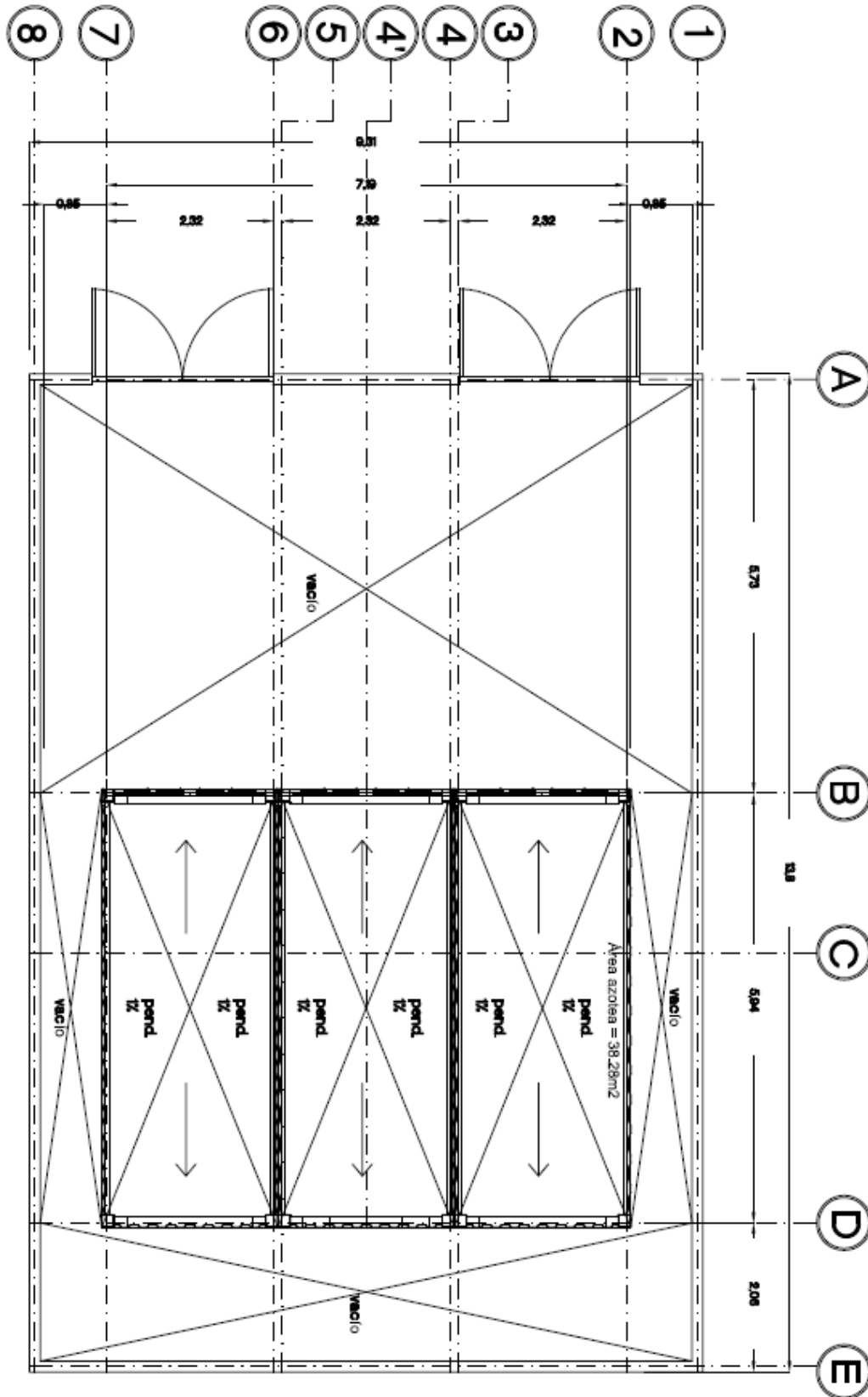
ANEXOS



ARQUITECTÓNICO
Planta baja



ARQUITECTÓNICO
Primer nivel



ARQUITECTÓNICO
Azotea



Figura A.1. Renders casa con contenedores. Fuente: Elaboración propia

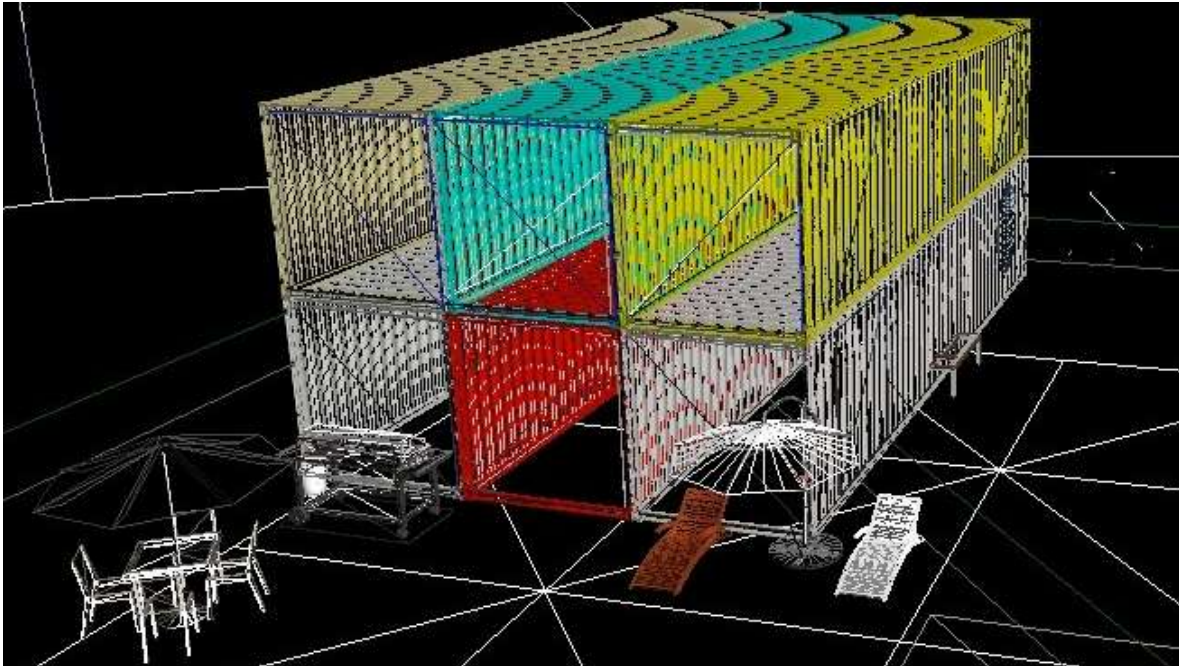


Figura A.2. Renders casa con contenedores. Fuente: Elaboración propia