



**UNIVERSIDAD CENTRAL
VICERRECTORÍA ACADÉMICA**

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

TEMA DE LA INVESTIGACIÓN:

**“Elaboración del diseño estructural del edificio, a
base de contenedores de los Scouts de San
Lorenzo de Heredia”**

**MODALIDAD DE TESIS PARA OPTAR POR EL GRADO DE
LICENCIATURA EN INGENIERÍA CIVIL**

NOMBRE DEL ESTUDIANTE:

KIMBERLING ROJAS ROJAS

NOMBRE DEL TUTOR DE LA INVESTIGACIÓN:

ING.MOISES DODERO MOLINA

SEDE ARANJUEZ (10)

Enero, 2022

1. Capítulo N°1: Problema

1.1. Introducción

Los Scout de Costa Rica es un grupo de niños, niñas, jóvenes y adultos comprometidos en forma libre y voluntaria, además es un movimiento de educación no formal, que busca crear mejores ciudadanos y ciudadanas, su programa educativo se basa en el Escultismo y el Guidismo.

Lo más importante en el mundo Guía y Scout es el compartir, cumplir los principios, promesa y sobre todo vivir con alegría la Ley Guía y Scout, en nuestro país el primer grupo de Muchachas Guías se organiza en 1922 en el Colegio Superior de Señoritas y el 1 de diciembre del 2011 la Asamblea Legislativa decreta a la Asociación de Guías y Scouts de Costa Rica Beneméritos de la Patria.

Misión y Visión

- “Somos una organización de educación no formal, dirigida a la niñez y a la juventud, basada en la aplicación del Método Guía y Scout”.
- “Más y mejores Guías y Scouts, una mejor sociedad”

Escultismo y Guidismo

Consiste en un movimiento educativo, voluntario, no político y abierto a todas las personas está basado en un propósito, que cubre seis áreas de crecimiento:

- Corporalidad
- Creatividad
- Carácter
- Espiritualidad
- Sociabilidad
- Afectividad

Dentro del propósito de Guidismo y el Escultismo está “contribuir al desarrollo de la niñez y juventud mediante la realización plena de sus potencialidades espirituales, sociales, intelectuales y físicas como individuos, como ciudadanos responsables y como miembros de sus comunidades local, nacional e internacional”, que, en otras palabras, su fin es contribuir con la educación integral de la niñez y juventud que ocupen un lugar constructivo en la sociedad.

Ley y Promesa

El método Guía y Scout se basa en una Ley y una Promesa que nos comprometemos a cumplir por el resto de nuestras vidas:

Ley

- Honorable: íntegro ante sí mismo y ante los demás en todos los aspectos de su vida
- Leal: Para con Dios, su Patria, sus padres, sus jefes, subordinados y compañeros.
- Servicial: Ayuda a los demás sin esperar recompensa.
- Amigable: Es amigo de todos y hermano de todo Guía y Scout sin distinción de credo, raza, nacionalidad o clase social.
- Cortés: Manifiesta su estima y consideración a los demás.
- Bondadoso: Ve en la naturaleza la obra de Dios y la conserva.
- Obediente: Acepta la legítima autoridad y obedece racionalmente.
- Alegre: Es optimista, jovial aún en sus dificultades.
- Trabajador: Hace buen uso del producto de su trabajo y es cuidadoso del bien ajeno.
- Limpio: Es limpio y sano en sus pensamientos, palabras y acciones.

Promesa

- Por mi honor y con la ayuda de Dios prometo hacer todo lo posible por cumplir mis deberes para con Dios y la Patria, ayudar al prójimo en toda circunstancia y cumplir fielmente la Ley Guía y Scout.

Actualmente la Asociación de Guías y Scouts cuenta con una Oficina Nacional, la cual tiene presencia en las nueve regiones del país:

- Heredia
- Cartago
- San José
- Alajuela Central
- Guanacaste
- Puntarenas
- Limón
- Huetar
- Brunca



Ilustración 1 Grupo Scout Costa Rica

1.2. Planteamiento del problema

El Grupo 112 Guías y Scouts de San Lorenzo en la actualidad no cuenta con un espacio físico para la realización de las actividades sociales y ambientales de su organización. Debido a que el terreno donde provisionalmente se reúnen es propiedad de la Municipalidad de Flores, Heredia, los scouts requieren de una edificación móvil y que a su vez sea económicamente sostenible para ellos. Por ello el presente proyecto de tesis deberá facilitar un diseño estructural y arquitectónico, el cual supla las necesidades que su organización requiera.

La necesidad nace debido a que la municipalidad les cedió en préstamo un terreno, pero al no tener una edificación el mismo no se puede utilizar para las reuniones, pues al ser un grupo diverso entre niños y jóvenes como mínimo se requiere un espacio seguro y con las necesidades básicas, actualmente las reuniones las realizan en la casa de un miembro o dirigente del grupo.

1.3. Pregunta de investigación

Qué diseño estructural a base de contenedores es el idóneo para el proyecto del edificio de los scouts de San Lorenzo de Heredia.

1.4. Antecedentes de la investigación

Un primer trabajo corresponde a Sebastián Rodrigo Vega Murga (2019), quien realizó la “Construcción Modular Con Contenedores Marítimos”, presentada a la Universidad Técnica Federico Santa María Sede Viña Del Mar-José Miguel Carrera como Trabajo de titulación para optar al Título de técnico universitario en construcción. En este trabajo se investigó todo lo referente a los contenedores marítimos, determinando así aspectos básicos para incorporarlos en construcción de viviendas.

El objetivo general del trabajo es detallar el acondicionamiento del contenedor para su uso habitacional; como objetivos específicos se cuentan con los siguientes: indagar la historia del contenedor; determinar características y tipos de contenedor existentes; detallar instalaciones, modificaciones, materialidad y requerimientos que debe tener el contenedor para su uso habitacional; presentar diseño de una construcción con estas estructuras; mostrar obras en la zona, a nivel país y a nivel internacional; análisis comparativo de presupuestos entre viviendas construidas con contenedores marítimos y otras materialidades. (Murga, 2019)

La investigación determinó que la construcción con contenedores marítimos resultó ser más económico que otro tipo de construcciones, tales como las hechas de hormigón armado; siendo este uno de los más

utilizados en construcción de viviendas. Asimismo, los contenedores marítimos resultaron ser una construcción más eficiente, ya que optimizan los tiempos de construcción y a la vez disminuyen los costos incurridos en la obra.(Murga, 2019)

Este trabajo se relaciona con la investigación en curso, ya que propone un proyecto de construcción con contenedores, el cual logra tener un impacto beneficioso en ámbitos ambientales como económicos. La reutilización de contenedores marítimos para procesos de construcción permite disminuir el impacto en el medio ambiente y a su vez, a nivel económico, se presenta como una opción viable, reduciendo los tiempos y costos en los procesos de construcción.

Un segundo trabajo es de María del Mar Biera García (2017), titulado: “Construcción Sostenible con Contenedores” y presentado como tesis doctoral presentada a la Universidad de Sevilla. Se trata de un proyecto, cuyos resultados indican el nivel de sostenibilidad del uso de contenedores en su implementación.

El objetivo general del trabajo es analizar el abanico de propuestas que se han realizado con contenedores marítimos y determinar cuáles son los aspectos cualitativos que se puedan considerar sostenibles.(García, 2017)

Este trabajo evaluó el tiempo y las condiciones óptimas en la utilización de este material como una alternativa aceptada de sostenibilidad. Para esto se tuvo en consideración los límites de su uso, manipulación del material, transporte y versatilidad de los distintos elementos bajo el prisma de la teoría de Coste Global y Huella Ecológica. (García, 2017)

Como objetivos específicos se determinaron los siguientes aspectos: la importancia cuantitativa de la arquitectura construida con contenedores; la importancia cualitativa de los edificios o intervenciones encontradas, clasificación de los edificios o proyectos desde el punto de vista de la sostenibilidad; estudiar el emplazamiento y transporte desde el punto de

vista sostenible; la repercusión económica que posee esta tipología de proyectos; aceptación social de la arquitectura realizada con contenedores. (García, 2017)

Para el desarrollo de esta Tesis se siguió una metodología que combina, el estudio de edificios con información exclusivamente divulgativa, análisis de contenidos de proyectos pendientes de ejecutar o ya ejecutados, visitas a edificios construidos con contenedores, entrevistas con arquitectos autores y responsables del mantenimiento de los mismos, así como la aportación de experiencias en obras con contenedores marítimos y seguimiento una vez terminadas, dirigidas por la autora de la tesis. (García, 2017).

Este trabajo se relaciona con la investigación planteada, pues muestra un proyecto que tiene como objeto la implantación de una vivienda unifamiliar de un dormitorio de una planta, que previamente será fabricada a base de módulos.

Un tercer trabajo de Jair Duván Infante Páez (2014), lleva por título: “Elemento De Unión Para Contenedores De Carga Marítimos Uso De Estructuras Recicladas Para Construcción De Edificaciones En Altura”. Se trata de un proyecto donde se realizó el estudio y análisis del diseño estructural de los contenedores marítimos para edificaciones con altura; dado que por la naturaleza de su diseño los contenedores presentan una discontinuidad en su estructura cuando se apilan uno sobre otro.

El objetivo general del trabajo es el estudio de los elementos de unión de contenedores de carga marítimos para su utilización en construcciones de viviendas de no más de 6 pisos; como objetivos específicos se cuentan con los siguientes: Estudiar y analizar estructuralmente el comportamiento grupal en altura de los contenedores de carga marítimos usados para la construcción de edificaciones; hacer un planteamiento de uniones para mejorar el comportamiento global de una estructura, buscando aprovechar una estructura previa; plantear una adecuación óptima de los contenedores de carga marítimos en un sistema modular para una

construcción rápida y viable de edificios en altura para solucionar problemas habitacionales de familias desplazadas por causas sociales en Colombia. (Páez, 2014).

Este proyecto utilizó la metodología de desarrollar los temas más relevantes que abarcan el uso de los contenedores de carga marítimos y el análisis de un modelo para obtener resultados del comportamiento grupal de los contenedores, se definió una solución basada en dichos resultados y se aplicó nuevamente al modelo para presentar una solución viable en cualquier proyecto de la vida real. Se explicaron los resultados, profundizando los puntos que siguen siendo críticos para plantear un futuro estudio, el cual puede llegar a complementar este trabajo.(Páez, 2014)

Este trabajo es pertinente con la investigación aquí planteada, ya que aborda el tema de la colocación de un contenedor sobre otro. En el proyecto de los scouts aún no se define si en la ejecución se requerirá esta implementación, pero de requerirlo, esta información es importante para determinar los mejores elementos de unión.

Un cuarto trabajo de Guamán Vallejo Luis Gilberto (2017), lleva por título: “Viviendas de interés social mediante la utilización de contenedores marítimos en zonas vulnerables de la sierra centro del Ecuador”, proyecto de investigación previo a la obtención del título de Arquitecto de Interiores en la Universidad Técnica De Ambato. Plantea la forma de crear una solución habitacional, mediante un estudio y análisis de las técnicas de diseño que permitan la utilización de contenedores marítimos como espacios que proyecten y creen ambientes confortables y acogedores, los cuales potencien el desarrollo físico y emocional de las familias que los habiten.

El objetivo general del trabajo es diseñar una vivienda de interés social, utilizando contenedores marítimos reciclados, convirtiéndolos en espacios habitables; como objetivos específicos se cuentan con los siguientes: diagnosticar los factores que influyen en el diseño interior de una vivienda

de interés social; analizar los parámetros arquitectónicos que favorecen al diseño interior de la estructura formal y funcional de una vivienda de interés social para su correcto funcionamiento; elaborar una propuesta de diseño interior de una vivienda de interés social, empleando contenedores marítimos reciclados que contribuya a brindar confort a sus habitantes. (Vallejo, 2017)

Además, este proyecto persigue contribuir al alivio del déficit habitacional que aqueja al país con una propuesta accesible que permita a las familias de bajos recursos acceder a créditos destinados a este fin. (Vallejo, 2017)

Este trabajo tiene relación con el proyecto aquí planteado, ya que tiene como objetivo general diseñar una vivienda de interés social, utilizando contenedores marítimos reciclados, convirtiéndolos en espacios habitables y el objetivo general de la investigación acá propuesto es diseñar el edificio de los scouts, implementando contenedores como estructura principal.

Un quinto trabajo de Maureen Sofía Fallas Acuña (2015), lleva por título: “El contenedor: módulo de alojamiento en la Sede del Catie, Turrialba, Costa Rica”, proyecto de investigación para la obtención del título en el grado de licenciatura en arquitectura, tesis presentada a la Universidad de Costa Rica. Este trabajo propone la reutilización del contenedor marítimo en la arquitectura, por medio del diseño de un módulo para el alojamiento, adaptable a las funciones y necesidades actuales de los diferentes usuarios específicos, en las instalaciones de la sede del Catie, en la ciudad de Turrialba, Costa Rica.

El objetivo general del trabajo es diseñar por medio del reuso del contenedor marítimo industrial como elemento constructivo, un módulo de alojamiento adaptado al clima tropical, para el alojamiento de los residentes de la sede central del Catie en Turrialba, Costa Rica. Como objetivos específicos se tienen: Investigar y analizar el contenedor marítimo y sus características como material alternativo constructivo; utilizar el contenedor marítimo como base estructural para la propuesta

del módulo de alojamiento; diseñar por medio del análisis anterior, la propuesta de un módulo habitacional como parte de un complejo para los residentes estudiantiles de la sede central Catie en Turrialba, Costa Rica; desarrollar un espacio habitacional que posea las condiciones primordiales y de confort, respondiendo a las pautas de arquitectura bioclimática ante el clima tropical húmedo en Costa Rica; realizar por medio del uso de herramientas virtuales, el análisis para el cumplimiento de las condiciones de confort y pautas de diseño propuestas en el trabajo. (Acuña, 2015)

El proceso de realización de este trabajo se puede catalogar como método científico experimental, el cual “consiste en una sucesión ininterrumpida de problemas que surgen a partir de los resultados obtenidos en la investigación y se resuelven mediante el razonamiento y la experimentación” (Acuña, 2015)

Este proyecto tiene relación con el trabajo propuesto, pues propone una construcción con materiales alternativos e innovadores que a su vez son amigables con el ambiente; además de proponer la utilización de contenedores al no ser un método de construcción común en Costa Rica.

Un sexto trabajo de Seemor Johnson Vargas (2019), lleva por título “Estudio comparativo de la producción de CO₂ para propuesta de vivienda unifamiliar, entre un sistema a base de contenedores y el otro a base del diseño simplificado del CSCR-2010”, proyecto para optar por el grado de licenciatura en ingeniería civil, presentada en la Universidad Fidélitas. La investigación consiste en el diseño estructural, presupuestación y análisis ambiental para una propuesta de vivienda unifamiliar construida con contenedores marítimos, la cual fue comparada con otra de diseño simplificado del CSCR-2010.

El objetivo general del proyecto es evaluar mediante un estudio comparativo entre una propuesta de diseño con contenedores y otra mediante el sistema simplificado del CSCR 2010 para una vivienda unifamiliar, qué proyecto es más viable en la mitigación de la huella de

carbono. Como objetivos específicos tiene: realizar un diseño estructural de una propuesta de vivienda unifamiliar con contenedores y otra con el diseño simplificado que cumpla con los requisitos del CSCR 2010; calcular el presupuesto detallado, con base en los diseños propuestos, tanto para la estructura con contenedores como para el realizado mediante el diseño simplificado; estimar la carga o huella de carbono que produce cada uno de los diseños propuestos: realizar una comparación de los resultados obtenidos, determinando cuál es la mejor alternativa en cuanto a la huella de carbono (Vargas, 2019).

El proyecto presenta un modelo metodológico sistemático y ordenado que se lleva a cabo, siguiendo determinados pasos, además es un trabajo de carácter cuantitativo. Por lo cual la investigación consiste en proyectar el trabajo de acuerdo con una estructura lógica de decisiones y con una estrategia que oriente la obtención de respuestas adecuadas a los problemas de indagación propuestos. (Vargas, 2019)

Este trabajo tiene relación con el proyecto propuesto, ya que define si la implementación del sistema constructivo cumple con los requerimientos del código sísmico de Costa Rica 2010.

1.5. Objetivos

1.6. Objetivo general

Proponer el diseño civil de un campamento móvil de trabajo para los Guías y Scouts de San Lorenzo de Heredia con base en contenedores.

1.7. Objetivos específicos

Recopilar los requerimientos funcionales de un campamento móvil para los Guías y Scouts de San Lorenzo de Heredia con base en contenedores.

Elaborar el diseño civil del campamento móvil para los Guías y Scouts de San Lorenzo de Heredia con base en contenedores, cumpliendo las normativas nacionales vigentes.

Elaborar un presupuesto detallado de los costos de construcción para el diseño civil propuestos a los Guías y Scouts de San Lorenzo de Heredia.

1.8. Justificación

Al momento de buscar recursos y elementos multivalentes que nos permitan desarrollar espacios de calidad, se puede pensar en el contenedor, y es con base en un estudio de sus características. ¿Pero, por qué el contenedor? ¿Por qué no otro elemento? El contenedor es un elemento que luego de su “vida útil” como recurso de transporte ha sido desechado, ocupando espacios en la ciudad, sin ningún aporte funcional o espacial en el medio; siendo un elemento de gran escala se cree conveniente no debería desecharlo, sino buscar la forma de reutilizarlo para incorporarlo en la ciudad como parte del habitar efectivo. En el contexto mundial de la arquitectura, se han creado algunos proyectos, en donde los contenedores han sido utilizados como alternativas de construcción con “tinte sustentable”, de los cuales es importante analizar sus cualidades, tomando ventajas y desventajas. Creemos que con la “reutilización” de los contenedores, se minimizará la explotación de materia prima, mano de obra y valor económico del “espacio” creado, este será el elemento principal, con el cual se pretende dar nuevas soluciones. El presente proyecto de tesis deberá facilitar un diseño estructural y arquitectónico que supla las necesidades de ellos, generando un aporte sostenible para beneficiar al grupo de 112 scouts de San Lorenzo de Heredia.

1.9. Alcances y limitaciones

1.10. Alcances

El presente proyecto tiene como alcance el diseño civil de un campamento móvil de trabajo para los Guías y Scouts de San Lorenzo de Heredia a base de contenedores, además de un presupuesto detallado de los costos de construcción para el diseño civil propuesto a los Guías y Scouts.

1.11. Limitaciones

El diseño se llevará a cabo con las normas vigentes en el país, el desarrollo y supervisión del proyecto no forman parte de la presente investigación.

La presentación de documentación en el Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos no es uno de los objetivos de este proyecto.

2. Capítulo Nº2: Marco Teórico

2.1. El contenedor como unidad reutilizable

El contenedor es un elemento a gran escala y producción, con este proceso viene también un fenómeno de descarte, el cual cuenta con una vida útil que varía entre 7 y 14 años para el uso como transporte, luego de esto puede ser usado para nuevas funciones o necesidades que el hombre requiera, como, por ejemplo, para la construcción.

Para esto es necesario un tratamiento previo de protección contra fuego, termitas, hongos y demás agentes que lo pudieran deteriorar. A nivel estructural es idóneo, debido a la rigidez metálica que lo conforma, lo cual sería un gran ahorro en estructura, por lo esto, habría que pensar en su funcionalidad interior.

Al ser considerado el contenedor como unidad, se presenta una serie de alternativas al momento de desarrollar algún proyecto en su interior, pues presenta características de orden ecológico por su reutilización con un mínimo porcentaje de desperdicio en su construcción, debido a la modulación de elementos que se realicen, controlando la calidad de construcción y optimizando cada recurso.

2.2. Historia y antecedentes del uso de contenedores

2.2.1. Contenedor: Historia, Concepto, Partes, Características **Historia**

El elemento más revolucionario de la segunda mitad del siglo XX fue el contenedor, cambiando la forma de fabricar, comercializar y transportar diversos productos, reduciendo costo y tiempo. El origen del contenedor como unidad de carga comienza tras la II Guerra Mundial (1939-1945) donde se creó para el transporte seguro de material bélico, pero, en 1956 cuando Malcom Mclean establece un nuevo servicio de transporte para

poder empacar en la fábrica los bienes, transportarlos en un contenedor y cargarlo a un barco con poca intervención humana.

Este nuevo elemento cambió totalmente la manera de transportar productos de diversas escalas a diferentes lugares, lamentablemente el mundo se encontraba en la crisis posterior a la segunda guerra mundial, por ello los contenedores sólo se utilizaban para algunos sectores y para determinados productos.

Hasta 1945 cada naviera construía sus contenedores de acuerdo con necesidades y requerimientos específicos, debido a esto la ISO (International Standard Organization) normaliza el contenedor en características como: diseño, dimensiones, capacidad de carga, entre las principales en el año 1965.



Ilustración 2

El 8 de mayo de 1956, el Convenio Aduanero de Ginebra lo define como: “Instrumento de transporte móvil o de carácter permanente, apto para su uso reiterado y para el transporte de mercancías con propósito de transporte sin manipulaciones.

La Ordenanza de Aduanas de España, lo expresa como: “Un elemento (cajón portátil, cisterna móvil o análogo) que tenga carácter permanente y sea, por esta razón, lo suficientemente resistente para facilitar el transporte de mercancías sin rupturas o interrupción de carga, en forma reiterada, por ferrocarril, camión u otro medio cualquiera, que se

encuentre dotado de los dispositivos, que faciliten su manipulación en caso de transporte, resulte sencillo llenarlo o vaciarlo, que ostente marcas o señales para su perfecta identificación y que tenga, por lo menos, un metro cúbico de cabida”, en su artículo 138, apartado C.

El Convenio Internacional sobre la Seguridad de los Contenedores (CSC), lo expresa en los siguientes términos: “Como contenedor se entiende un elemento de equipo de transporte de carácter permanente, y por lo tanto, suficientemente resistente para permitir su empleo repetido, especialmente ideado para facilitar el transporte de mercancías, por uno o varios modos de transporte, sin manipulación intermedia de la carga, construido de manera que pueda sujetarse y/o manipularse fácilmente, con cantoneras para este fin y de un tamaño tal que la superficie delimitada por las cuatro esquinas inferiores exteriores sea: por lo menos de 150 pies cuadrados (14 m²) o, por lo menos de 75 pies cuadrados (7 m²), si lleva cantoneras superiores”.

Todos los contenedores llevan una identificación alfanumérica para hacer seguimientos y evitar su pérdida, esta identificación se da a través de una combinación alfanumérica de 11 dígitos. Las primeras tres letras identifican al propietario y son asignadas a las compañías por el BIC (Bureau International des Containers). La cuarta letra toma los siguientes valores:

- U para identificar a los contenedores propiamente dichos.
- J para el equipo auxiliar adosable.
- Z para chasis o trailers de transporte vial.

Seguido a esta combinación alfanumérica están 6 dígitos numéricos y un último dígito verificador que asegura la correcta relación de los 10 dígitos anteriores. El dígito verificador garantiza en transmisiones y en el ingreso a sistemas asistidos por ordenadores su correcta nomenclatura, su cálculo se da a través de un logaritmo, cada letra recibe un valor de acuerdo a la siguiente tabla:

TABLA DE ASIGNACION DE VALORES NUMERICOS AL ALFABETO																									
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z
1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3
0	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	4	5	6	7	8

Tabla 1Asignacion de valores numéricos al alfabeto

2.2.2. Partes de un contenedor

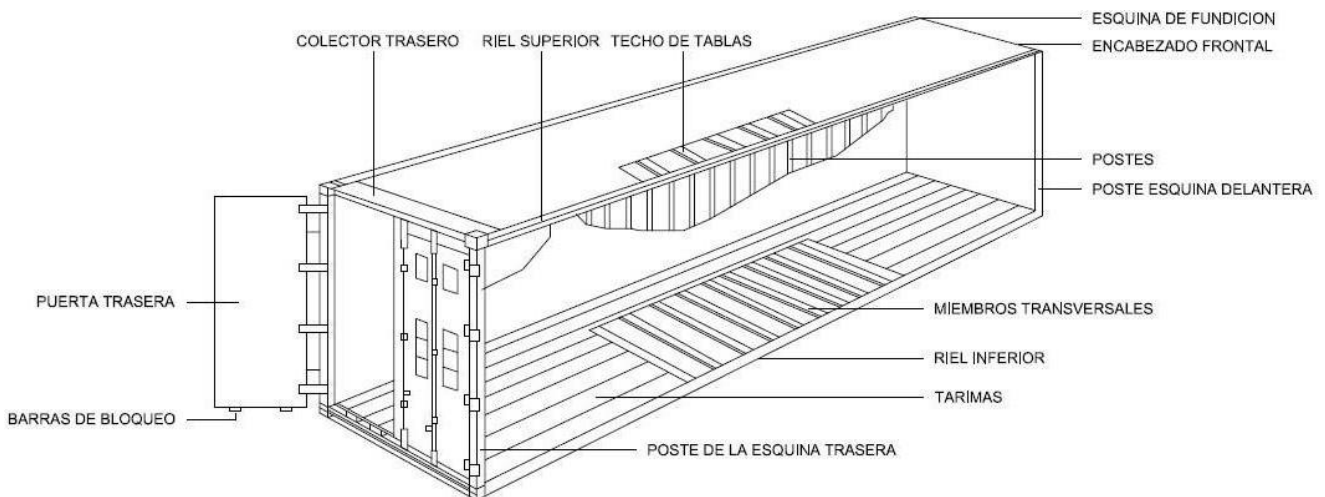


Ilustración 3 Partes de un contenedor

- Postes - Pilares:** Son elementos ubicados en las esquinas del contenedor, formando un marco vertical.
- Esquineros:** Son molduras ubicadas en las esquinas del contenedor, éstas sirven para manipular el contenedor.
- Travesaño y solera:** Es el elemento que se encuentra en la puerta principal formando un marco sobre dicha puerta.
- Marco frontal:** Se ubica frente a la puerta principal del contenedor, está conformada por los travesaños superiores e inferiores.

-Travesaño Superior: Son los elementos superiores en los costados del contenedor, formando una estructura.

-Travesaño inferior: Son los elementos inferiores a manera de vigas, ubicados en los costados del contenedor, formando una estructura.

-Travesaños de piso: Ubicadas dentro del marco del soporte del piso, son las vigas transversales que soportan el contenedor.

-Piso: Generalmente es de tablonos o madera lamina dura o suave.

-Costados y Frente: Los contenedores GP tienen paneles de acero corrugado, los mismos que se apoyan en los durmientes longitudinales, mientras que los contenedores GRP no utilizan elementos longitudinales para apoyar dichos paneles.

-Puertas: Por lo general estos elementos son de metal y enchapado, corrugado.

-Sello de seguridad: Es un código propio del contenedor, este se coloca en la puerta principal.

2.2.3. Materiales

Existen diversos tipos de materiales, los cuales se ajustan al tipo y especificaciones técnicas de la mercadería que se transportará, entre los principales tenemos:

- Acero corrugado de alta resistencia, para este tipo de material los perfiles metálicos varían de forma y tamaño.
- Aluminio, proporcionan resistencia, y soportan la corrosión.
- Madera contrachapada reforzada con vidrio.

Todos estos materiales, corresponden con la parte exterior de los contenedores, pero en su interior, por lo general, son de madera e interiormente llevan un recubrimiento especial antihumedad, para evitar las humedades durante el viaje.

2.2.4. Tipos de contenedores

DRY VAN: Es un tipo de contenedor cerrado herméticamente y sin refrigeración o ventilación, posee un peso bruto máximo de 24 toneladas, llegando incluso a soportar hasta 30 toneladas, se accede a través de dos portones que se encuentran a cada extremo del contenedor. Según su dimensionamiento existen dos tipos de 20 pies y 40 pies, estos pueden ser de acero o aluminio.

CONTENEDOR SECO DE 20 PIES							
EXTERIOR		INTERIOR		PUERTAS ABIERTAS		CAPACIDAD	TARA
Largo	6.06 m	Largo	5.89 m	Ancho	2.34m	33.1 m ³	4960 lb
Ancho	2.43 m	Ancho	2.35 m	Alto	2.27m		2250 kg
Alto	2.59 m	Alto	2.39 m				

Tabla 2 Contenedor seco de 20 pies



Ilustración 4 contenedor de 20 pies

CONTENEDOR SECO DE 40 PIES							
EXTERIOR		INTERIOR		PUERTAS ABIERTAS		CAPACIDAD	TARA
Largo	12.19 m	Largo	12.03 m	Ancho	2.34m	67.6 m ³	8200 lb
Ancho	2.43 m	Ancho	2.35 m	Alto	2.27m		3720 kg
Alto	2.59 m	Alto	2.39 m				

Tabla 3 Contenedor seco de 40 pies



Ilustración 5 Contenedor de 40 pies

2.2.5. Potencialidades de un contenedor de 20 pies

El contenedor de 20 pies es uno de los contenedores más comúnmente utilizados para el envío de mercancías generales en el ámbito del transporte internacional. Puede ser utilizado para muchos propósitos, pues tiene como ventaja su facilidad de transporte. Las dimensiones de los contenedores se especifican en las dimensiones exteriores e interiores.

- **Dimensiones exteriores:** 6,10 metros (20 pies) de largo x 2,44 metros (8 pies) de ancho x 2,59 metros (6 pulgadas) de alto.
- **Dimensiones interiores:** 5,898 metros (19 pies y 4 pulgadas) de largo x 2,352 metros (9 pulgadas) de ancho x 2,393 metros (7 pies y 10 pulgadas) de alto.
- **Capacidad (volumen) útil:** 32,6m³

Los contenedores de 20 pies están pensados para ser desplegados y montados en todas partes del mundo, hasta en las condiciones más remotas y con mayor facilidad o flexibilidad que los contenedores de mayor dimensión. Se pueden unir entre sí mediante uniones rígidas o mecánicas, y son apilables hasta 5-6 alturas dependiendo de la carga y uso.

Una característica particular de los contenedores de 20 pies es su capacidad y flexibilidad de ubicación en relación con los demás contenedores, aunque de forma general el proceso de construcción nos recuerda que la estructura del contenedor permite una construcción rápida y sencilla mediante el ensamblaje de gigantes piezas de lego y que se necesita una adecuación mínima para ser habitables: aislamiento, climatización; apertura de ventanas; instalación de ventanas; instalación de una fachada.

Para el proyecto que se realice con el contenedor de 20 pies se debe buscar una manera creativa del uso de diferentes materiales existentes para aligerar su huella de carbono y reducir sus gastos, aunque el elemento mismo como contenedor ofrezca una luz natural, ventilación o aislamientos acústico limitado se puede aumentar a niveles óptimos y responder de mejor manera a las condiciones climáticas, requerimientos de iluminación, calefacción, control de humedad, etc.

2.2.6. Potencialidades de un contenedor de 40 pies

El contenedor de 40 pies tiene un volumen interno aproximado de 66,7m³, en donde su peso bruto máximo alcanza las 32 toneladas, dependiendo de la naviera y el tipo de contenedor; por lo general los contenedores high cube, open side y reefer poseen este dimensionamiento.

- **Dimensiones Exteriores:** 40'0" (12.192m) de largo x 8'0" (2.438m) de ancho x 8'6" (2.591m) de alto.
- **Dimensiones Interiores:** 39'3" (12.000m) de largo x 7'7" (2.330m) de ancho x 7'8" (2.350m) de alto
- **Capacidad Cúbica:** 2346 pies cúbicos (66 metros cúbicos)

La tara o peso del contenedor puede variar desde 3,2 toneladas hasta 4,8 toneladas para los de 40 pies, estos se trasladan vía terrestre desde la zona de carga al puerto, pero se debe tomar en consideración la legislación vigente en cada país sobre pesos máximos en camiones.

El contenedor de 40 pies tiene la gran ventaja que debido a su dimensionamiento puede enmarcar proyectos muchos más grandes y satisfacer las diferentes necesidades de los usuarios, esto proyectos se pueden convertir hasta cierto punto en una edificación.

2.2.7. Zonas sísmicas según CSCR

El Código Sísmico de Costa Rica en el artículo 2.1. indica que toda edificación debe de ubicarse en alguna de las zonas de sismicidad ya establecidas que también nos proporciona el tipo de suelo presente de acuerdo con su ubicación, siendo estos factores muy importantes por considerar en el diseño estructural.

El país se divide en tres zonas sísmicas de la siguiente manera: ZONA II, ZONA III, ZONA IV, dicha asignación se distribuye por cada uno de los cantones y distritos del territorio nacional. La siguiente figura muestra la distribución de la zonificación sísmica.

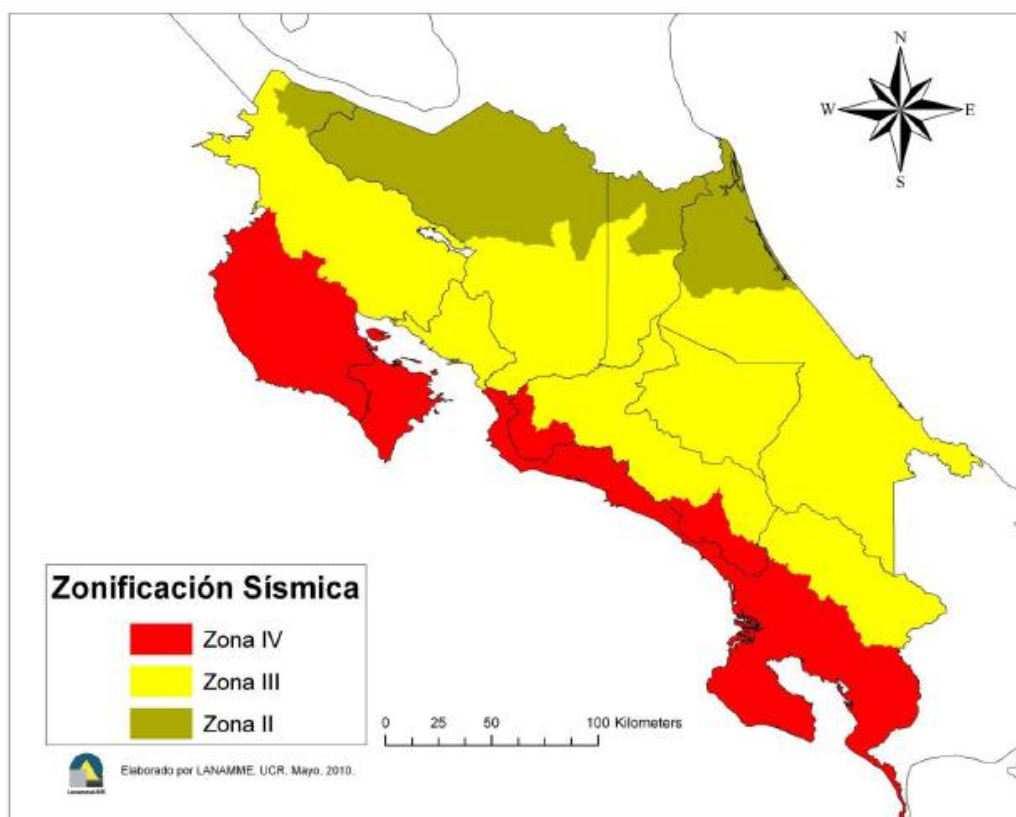


Tabla 4 Zonificación sísmica, Provincia Heredia.

Provincia	Cantón	Distrito	Zona	
4. Heredia	1. Heredia	Todos	III	
	2. Barva	Todos	III	
	3. Santo Domingo	Todos	III	
	4. Santa Bárbara	Todos	III	
	5. San Rafael	Todos	III	
	6. San Isidro	Todos	III	
	7. Belén	Todos	III	
	8. Flores	Todos	III	
	9. San Pablo	Todos	III	
	10. Sarapiquí	1. Puerto Viejo		II
		2. La Virgen		III
		3. Las Horquetas		III
		4. Llanuras del Gaspar		II
		5. Cureña		II

Fuente: Código Sísmico (2010).

2.2.8. Sitios de cimentación

El Código Sísmico de Costa Rica (CSCR, 2010) establece que, para considerar el efecto de las condiciones locales del suelo en la demanda sísmica, y en ausencia de estudios más refinados de amplificación dinámica, la siguiente clasificación de los Sitios de cimentación:

A. SITIO TIPO S1

Un perfil de roca o suelo rígido o denso con propiedades semejantes a la roca.

B. SITIO TIPO S2

Un perfil de suelo con condiciones predominantes de medianamente denso a denso o de medianamente rígido a rígido.

C. SITIO TIPO S3

Un perfil de suelo con 6 a 12m de arcilla de consistencia de suave a medianamente rígido o con más de 6m de suelos no cohesivos de poca a media densidad.

D. SITIO TIPO S4

Un perfil de suelo caracterizado por una velocidad de onda cortante Menor de 150 m/s o con más de 12 m de arcilla suave.

Tabla 5 Tipos de Sitio y sus parámetros geotécnicos

Tipo de Sitio	Perfil de suelo / descripción genérica	Propiedades promedio para los 30 m superficiales del perfil de suelo		
		Velocidad de onda cortante, - vs (m/s)	Prueba de Penetración Estándar \bar{N} (o N_{CH} para capas de suelo no cohesivo) (golpes/pie)	Resistencia al corte no drenado, C_u (kg/cm ²)
S1	Roca	≥ 760		
S2	Suelo muy denso o roca blanda	360 a 760	≥ 50	≥ 1.0
S3	Suelo rígido	180 a 360	De 15 a 50	0.50a 1.00
S4	Suelo blando	≤ 180	≤ 15	≤ 0.50

Nota: El tipo de sitio de cimentación es establecido a partir de datos Geotécnicos debidamente sustentados. Cuando las propiedades del Sitio no se conozcan con suficiente detalle se supone un sitio de Cimentación Tipo S3, salvo que el ingeniero responsable del diseño considere que el Tipo S4 pueda corresponder al sitio en consideración.

Fuente: Costa Rica (Código Sísmico 2010).

2.3. Aceleración pico efectivo de diseño

El artículo 2.4 del CSCR indica lo siguiente:

Es un parámetro indicador de la sacudida sísmica en el sitio de cimentación para la zona sísmica correspondiente, expresado como fracción de la aceleración de la gravedad.

Con base en la zonificación sísmica y el sitio de cimentación se establecen los siguientes valores de aceleración pico efectiva de diseño, a_{ef} como parámetro indicador de la sacudida sísmica correspondiente a un período de retorno de 475 años.

Cuando la edificación deba ser diseñada para otros niveles de severidad sísmica, de acuerdo con consideraciones de importancia, la aceleración pico efectiva de diseño a_{ef} de la tabla 2.3 se multiplica por un factor de importancia, I .

Tabla 6 Aceleración pico efectiva

Aceleración pico efectiva de diseño, a_{ef} , para un período de retorno de 475 años y para diferentes zonas sísmicas y tipos de sitio.			
Tipo de Sitio	Zona II	Zona III	Zona IV
S1	0.20	0.30	0.40
S2	0.24	0.33	0.40
S3	0.28	0.36	0.44
S4	0.34	0.36	0.36

Fuente: Costa Rica (Código Sísmico 2010)

2.4. Requerimientos de los sistemas sismorresistentes

El CSCR en el artículo 3.1 indica que toda edificación debe tener un sistema estructural compuesto por uno o varios sistemas sismorresistentes, de resistencia, rigidez y ductilidad apropiadas, capaces de transmitir todas las fuerzas por medio de una o, preferiblemente, de varias trayectorias continuas y redundantes, desde su punto de aplicación hasta los cimientos de la estructura.

También deben resistir deformaciones internas compatibles con los desplazamientos laterales correspondientes con la ductilidad global asignada o a la ductilidad global requerida, en caso de que se utilicen los métodos alternos de análisis del artículo 7.7 del Código Sísmico de Costa Rica (CSCR), sin pérdida sensible de su capacidad.

Para esto, el sistema estructural de la edificación se debe diseñar para resistir todas las combinaciones de cargas definidas en el artículo 6.2 del CSCR, satisfacer los requisitos de desplazamientos definidos en el artículo 7.8 del CSCR, y cumplir con los requisitos del diseño generales y específicos de la sección 3 de esta normativa.

2.5. Consideraciones para desarrollar la ductilidad del sistema estructural

En todo diseño sismorresistente que considere una respuesta inelástica de la estructura, es decir, que defina una ductilidad global asignada mayor a la unidad para cada uno de los sistemas sismorresistentes que configuren el sistema estructural, el profesional responsable del diseño debe identificar las trayectorias de las fuerzas sísmicas desde su origen hasta la cimentación y clasificar los diversos elementos, componentes y uniones estructurales que los conforman, en dúctiles o frágiles, conforme al inciso 4.4.1 del CSCR.

En cualquier sistema sismorresistente todos sus elementos, componentes y uniones deben ser capaces de deformarse de manera compatible con los desplazamientos presentes durante la acción sísmica, sin que pierdan su capacidad de resistir las cargas gravitacionales durante el sismo. En consecuencia, en este caso, todos los elementos, componentes y uniones frágiles deben ser capaces de soportar esos desplazamientos en el rango elástico y los dúctiles, deformándose sin perder su capacidad estructural.

2.6. Sobre resistencia

Es la razón entre la capacidad real y la capacidad nominal sismorresistente de una edificación. Es función del tipo de sistema estructural y del método de análisis.

Como resultado del diseño estructural, que considera factores como redundancia, sobrestimación de cargas y proceso constructivo, y de las dimensiones y propiedades mecánicas reales de los elementos, componentes y uniones estructurales, todo sistema estructural posee una capacidad real sismorresistente, el cual es mayor que la capacidad

nominal sismorresistente, siendo la sobre resistencia, SR, la razón entre ambas capacidades. (Código Sísmico de Costa Rica, 2010)

2.7. Consideraciones sobre diafragmas de entrepiso

Debe procurarse que los entrepisos se comporten como diafragmas rígidos en su propio plano, capaces de distribuir las fuerzas sísmicas entre los sistemas sismorresistentes, de acuerdo con sus respectivas rigideces y capacidades. El profesional responsable del diseño debe verificar que la rigidez y la capacidad estructural de los diafragmas sea la adecuada para cumplir con estos requerimientos.

Salvo que el profesional responsable del diseño justifique alguna ductilidad, los diafragmas de entrepiso se consideran componentes frágiles y, por consiguiente, deben ser diseñados para resistir las fuerzas cortantes y los momentos de torsión incrementados por su factor incremental, FI.

2.8. Efectos de la componente vertical del sismo

La componente vertical del sismo debe ser considerada cuando, a criterio del profesional responsable del diseño, su efecto en la respuesta de la edificación o de alguno de sus elementos, componentes y uniones sea significativa y su efecto en el diseño sea determinante.

En especial, según se menciona en el inciso 7.2.3 del CSCR, cuando la flexibilidad vertical de la estructura, elementos y componentes es significativa debe tomarse en cuenta en el modelado de la edificación. Asimismo, las componentes direccionales del sismo deben realizarse conforme al artículo 7.3 del código.

2.9. Clasificación de las estructuras y sus componentes

2.9.1. Factor de importancia, I

Es el coeficiente que se asigna a las edificaciones en función de su importancia y riesgo. Según el código sísmico de Costa Rica se clasifican

las edificaciones según su importancia. A continuación, se muestran los factores de importancia:

Grupo	Descripción	Ocupación o función de la edificación	Factor I	Factor Ip
A	Edificaciones e instalaciones esenciales	Hospitales e instalaciones que poseen áreas de cirugía o atención de emergencias. Estaciones de policía y bomberos. Garajes y refugios para vehículos o aviones utilizados para emergencias. Instalaciones y refugios en centros de preparación para emergencias. Terminales aeroportuarias y torres de control aéreo. Edificaciones y equipo en centros de telecomunicaciones y otras instalaciones requeridas para responder a una emergencia. Generadores de emergencia para instalaciones pertenecientes al grupo A. Tanques de almacenamiento de agua y productos esenciales. Estructuras que contienen bombas u otros materiales o equipo para suprimir el fuego.	1.25	1.50
B	Edificaciones e instalaciones riesgosas	Obras e instalaciones utilizadas para la producción, almacenamiento y otras de sustancias químicas tóxicas o explosivas. Obras que contienen o portan sustancias tóxicas o explosivas. Obras cuya falla puede poner en peligro otras edificaciones de los grupos A y B.	1.25	1.50
C	Edificaciones de ocupación especial	Edificaciones para actividades educativas con una capacidad mayor que 300 estudiantes. Edificios usados para colegios o para educación de adultos con una capacidad mayor que 500 estudiantes. Edificios para centros de salud con 50 o más pacientes residentes incapacitados, pero no incluidas en el grupo A. Todas las edificaciones con una ocupación mayor que 5000 personas no incluidas en los grupos A o B. Edificaciones y equipo en estaciones de generación de energía y otras instalaciones públicas no incluidas en el Grupo A y requeridas para mantener operación continua.	1.00	1.25
D	edificaciones de ocupación normal	Todas las obras de habitación, oficinas, comercio o industria y cualquier otra edificación no especificada en los grupos A, B, C o E.	1.00	1.25
E	Edificaciones misceláneas	Construcción agrícola y edificios de baja ocupación. Galpones y naves de almacenamiento de materiales no tóxicos y de baja ocupación. Tapias y muros de colindancia. Obras e instalaciones provisionales para la construcción.	0.75	1.00

Tabla 7 Clasificación de edificaciones. Fuente: Costa Rica (Código Sísmico 2010).

2.9.2. Objetivos de desempeño

Con base en la clasificación de la tabla 4, se establecen los siguientes objetivos de desempeño:

En edificaciones de ocupación normal, grupo D, y ante sismos severos ($I=1.0$), se protege la vida de ocupantes y transeúntes, evitando el colapso parcial o total de la estructura y de aquellos componentes no estructurales capaces de causar daño. La edificación debe mantener su integridad estructural durante y después del sismo, y permitir una segura evacuación de sus ocupantes, aunque podría sufrir daños en su estructura o en sus componentes no estructurales.

En edificaciones de ocupación especial, grupo C, y ante sismos severos ($I=1.0$), se protege la vida de ocupantes y transeúntes. La edificación no solo debe mantener su integridad estructural, sin el colapso parcial o total de la estructura y de aquellos componentes no estructurales capaces de causar daño, sino que se debe minimizar la ocurrencia de daños en la estructura y en todos aquellos componentes y sistemas no estructurales capaces de interrumpir seriamente los servicios y funciones propias de la edificación.

- I. En edificaciones e instalaciones riesgosas, grupo B, y ante sismos extremos, ($I=1.25$), además de protegerse la vida de ocupantes y transeúntes, se debe minimizar la ocurrencia de daños en la estructura y en sus componentes y sistemas no estructurales cuando estos puedan causar daños severos en la población o en el ambiente.
- II. En edificaciones e instalaciones esenciales, grupo A, y ante sismos extremos ($I=1.25$), además de protegerse la vida de ocupantes y transeúntes, se debe minimizar la ocurrencia de daños en la estructura y en aquellos componentes y sistemas no estructurales capaces de interrumpir seriamente los servicios y funciones propios de la edificación.

En edificaciones misceláneas, grupo E, se debe asegurar el mismo desempeño definido para las edificaciones de ocupación normal, pero para sismos moderados, ($I=0.75$).

Para procurar el cumplimiento de estos objetivos de desempeño se establecen los requisitos señalados en la tabla 5 para cada categoría de edificación.

Tabla 8 Requisitos para el cumplimiento de los objetivos de desempeño.

Categoría de edificación según importancia	Posibilidad de irregularidad severa	Límites a los desplazamientos relativos	Requisitos de ductilidad local
A. Esencial	Se prohíbe	Severo	Óptima (1)
B. Riesgosa	Se prohíbe	Normal	Moderada u óptima
C. Especial	Se prohíbe	Severo	Moderada u óptima
D. Normal	Se permite	Normal	Moderada u
E. Miscelánea	Se permite	Normal	Moderada u

Fuente: Costa Rica (Código Sísmico 2010).

Este requerimiento puede omitirse siempre y cuando el profesional responsable demuestre que no se requiere tener una ductilidad local óptima para que la estructura desarrolle la ductilidad global requerida. En este caso, el requisito de ductilidad local se establece como moderada.

2.9.3. Clasificación de los sistemas estructurales

Las especificaciones del CSCR en el artículo 4.2 define los siguientes tipos de sistema estructural, según sus propiedades geométricas, físicas y estructurales:

2.9.3.1. Tipo marco

Se incluyen dentro de este tipo aquellas edificaciones que resisten las fuerzas sísmicas por medio de sistemas sismorresistentes constituidos por marcos de concreto reforzado, acero o madera, vinculados o no, por medio de un sistema horizontal o entrepiso de concreto reforzado, acero u otros, en cada nivel. No forman parte de este tipo los sistemas estructurales constituidos exclusivamente por columnas y losas planas, los cuales se prohíben expresamente como sistemas sismorresistentes.

2.9.3.2. Tipo dual

Se incluyen dentro de este tipo aquellas edificaciones que resisten las fuerzas sísmicas por medio de sistemas sismorresistentes constituidos por: a) marcos de concreto reforzado, acero o madera, y b) muros de concreto o de mampostería reforzada, marcos arriostrados de concreto reforzado, acero o madera. También se incluyen dentro de

este tipo los sistemas sismorresistentes constituidos por marcos parcialmente arriostrados, solos o en combinación con alguno de los sistemas (a) y (b) anteriores. Estos sistemas están vinculados o no por medio de un sistema horizontal o entrepiso de concreto reforzado, acero u otros, en cada nivel.

En cada nivel, para los marcos de los sistemas duales, la sumatoria de las fuerzas cortantes en las columnas, calculadas como se indica a continuación, debe ser igual o mayor que el 25% de las fuerzas cortantes de diseño obtenidas del análisis para ese nivel. En caso contrario, la edificación se considera como tipo muro y los marcos no se consideran como parte de los sistemas sismorresistentes.

La fuerza cortante de cada columna, para los efectos de este inciso, se calculará como el menor valor de los siguientes: a) la suma de su capacidad en flexión en los extremos superior e inferior dividida por su altura libre y b) su capacidad en cortante. Para la determinación de esta última, se considerará la menor capacidad en la altura de la columna, así como, para el caso de concreto reforzado.

2.9.4. Tipo muro

Se incluyen dentro de este tipo aquellas edificaciones que resisten las fuerzas sísmicas por medio de sistemas sismorresistentes constituidos por: a) marcos arriostrados de concreto reforzado, acero o madera, b) muros de concreto, mampostería reforzada, acero o madera, o c) la combinación de sistemas sismorresistentes descritos en a) y b), comportándose de manera independiente o combinada, vinculados o no por medio de un sistema horizontal o entrepiso de concreto reforzado, acero u otros, en cada nivel.

2.9.5. Tipo voladizo

Se incluyen dentro de este tipo aquellas edificaciones que resisten las fuerzas sísmicas por medio de sistemas sismorresistentes formados exclusivamente por una o varias columnas o muros que actúan esencialmente como voladizos aislados, libres o articulados en su extremo superior y empotrados en la base, tales como cubiertas (tipo péndulo invertido), tanques elevados, chimeneas, torres y naves industriales que presenten esta estructuración.

2.9.6. Tipo otros

Se incluyen dentro de este último tipo aquellas edificaciones cuyo sistema sismorresistente está compuesto por estructuraciones, elementos o materiales diferentes a los explícitamente descritos en los tipos estructurales marco, dual, muro y voladizo, salvo que se demuestre mediante pruebas experimentales y cálculos analíticos que son capaces de un desempeño similar al de alguno de estos tipos.

2.10. Clasificación de estructuras según la regularidad para efectos de asignación de la ductilidad global

Las edificaciones según el CSCR en el artículo 4.3. se pueden clasificar según su sistema estructural en:

2.10.1. Regularidad en altura.

Se considera que una edificación de varios pisos es regular en altura cuando satisface cada uno de los requisitos siguientes:

- a) Todos los elementos verticales de los sistemas sismorresistentes son continuos desde la cimentación hasta el nivel superior de cada uno de estos elementos, sin discontinuidades o desfases horizontales en ningún nivel.
- b) Los diafragmas de todos los niveles salvo el nivel de techo, que podría no serlo, son diafragmas rígidos.
- c) La capacidad en cortante de cada piso en ambas direcciones horizontales no es menor que la capacidad en cortante del piso superior inmediato. (Código Sísmico de Costa Rica).

2.10.2. Regularidad en planta

Se considera que un edificio es regular en planta cuando satisface cada uno de los siguientes requisitos:

- a) Para cada nivel i la excentricidad, o distancia entre los centros de masa y de rigidez, en cada una de las direcciones ortogonales x , y no excede en más del 5% la dimensión

en planta en la respectiva dirección.

Ecuación 1 Límite de excentricidad en regularidad en planta

Límite de excentricidad en regularidad en planta

$$e_{xi} / D_{xi} \leq 0,05$$

$$e_{yi} / D_{yi} \leq 0,05$$

Donde:

e_{xi} , e_{yi} = componentes de la excentricidad en el nivel i , en las direcciones “x”, y “y” respectivamente.

D_{xi} , D_{yi} = dimensiones en planta en las direcciones “x”, y “y” del nivel

Fuente Código Sísmico de Costa Rica

- b) La estructura ofrece resistencia en al menos dos ejes diferentes en cada dirección ortogonal.
- c) La proyección, en un plano horizontal, de los centros de masa de todos los niveles está circunscrita por un rectángulo de dimensiones iguales al 10% de las máximas dimensiones del edificio en cada dirección ortogonal.

2.10.3. Irregularidad moderada

Todo edificio que no cumple los requisitos de regularidad en altura o en planta se considera de irregularidad moderada.

2.10.4. Irregularidad severa

Los edificios irregulares en planta o en altura se consideran de irregularidad severa cuando presenten cualesquiera de las siguientes condiciones:

- a) Cuando se incumpla el requisito: La estructura ofrece resistencia en al menos dos ejes diferentes en cada dirección ortogonal.

- b) Cuando la rigidez lateral de un piso cualquiera es menor que el 60% de la rigidez del piso inmediatamente superior o su capacidad en cortante es menor que el 80% de la capacidad del piso superior.
- c) Cuando en algún nivel i la excentricidad en cualesquiera de las direcciones ortogonales excede el 25% de la dimensión de esa planta, en la respectiva dirección:

Ecuación 2 Irregularidad severa

$$e_{xi} / D_{xi} > 0,25$$

$$e_{yi} / D_{yi} > 0,25$$

2.11. Ductilidad de los sistemas estructurales y sus componentes

2.11.1. Elementos, componentes y uniones dúctiles y frágiles

Según el CSCR en el artículo 4.4 los elementos, componentes y uniones que forman parte de los sistemas sismorresistentes de un edificio se clasifican como frágiles o dúctiles:

- a) Se clasifican como elementos, componentes y uniones frágiles, o gobernados por fuerzas, aquellos que son incapaces de mantener al menos el 80% de su capacidad máxima cuando sus deformaciones exceden el doble de las deformaciones correspondientes al límite de cedencia. Estos elementos, componentes y uniones se deben calcular con cargas sísmicas incrementadas por el factor incremental, FI. Los diafragmas rígidos de entrepiso, en general, se consideran componentes frágiles. Adicionalmente, estos elementos, componentes y uniones deben ser capaces de resistir deformaciones compatibles con los niveles de desplazamientos relativos máximos, manteniendo su capacidad de resistir cargas gravitacionales cuando les corresponda.
- b) Se clasifican como elementos, componentes y uniones dúctiles, o gobernados por desplazamientos, todos aquellos capaces de resistir deformaciones inelásticas, de

naturaleza cíclica y reversible, manteniendo al menos el 80% de su capacidad máxima cuando sus deformaciones excedan el doble de las deformaciones correspondientes al límite de cedencia. Adicionalmente, estos elementos, componentes y uniones deben ser capaces de resistir deformaciones compatibles con los niveles de desplazamientos relativos máximos para la estructura en consideración.

c) Con el propósito de definir la ductilidad global asignada, los elementos, componentes y uniones dúctiles se clasifican a su vez en:

- Elementos, componentes y uniones de ductilidad local óptima. Pertenecen a esta clasificación los elementos de concreto reforzado, de mampostería y de acero diseñados y detallados conforme con los requisitos para ductilidad local óptima de los capítulos 8, 9 y 10 del CSCR, así como los elementos, componentes y uniones de estos u otros materiales estructurales que, en pruebas experimentales, demuestren ser capaces de resistir deformaciones cíclicas correspondientes a desplazamientos relativos de entrepiso de 0.030 o más de la altura del piso sin que su capacidad se reduzca a menos del 80% de su capacidad máxima.
- Elementos, componentes y uniones de ductilidad local moderada. Son los elementos, componentes y uniones dúctiles de concreto, mampostería, acero y madera que cumplen con los requisitos mínimos especificados en los capítulos 8, 9, 10 y 11 del CSCR.

2.11.2. Sistemas estructurales dúctiles y frágiles

El sistema estructural se clasifica como de ductilidad local óptima o moderada de acuerdo con la clasificación correspondiente de aquellos elementos, componentes y uniones cuya ductilidad sea determinante para asegurar el comportamiento dúctil del sistema estructural.

Asimismo, un sistema estructural se considera frágil si posee elementos, componentes y uniones frágiles que sean determinantes en su comportamiento estructural ante la acción de un sismo.

La ductilidad es importante, ya que permite la redistribución de los esfuerzos internos, excrementa la resistencia de los elementos, conexiones, estructuras y permite que la estructura sobreviva a la gran carga producida por los sismos.

2.11.3. Ductilidad global asignada

La ductilidad global asignada μ para cada una de las clasificaciones de los sistemas estructurales. La siguiente tabla clasifica los sistemas estructurales con una ductilidad global asignada para ambas direcciones de análisis. Si la ductilidad global asignada fuese diferente en cada una de las dos direcciones ortogonales del edificio, se debe utilizar la menor de las dos en ambas direcciones, excepto si el sistema se diseña para que permanezca elástico en alguna de sus direcciones (ductilidad global asignada igual a uno), en cuyo caso se podrá utilizar la ductilidad correspondiente en la otra dirección.

La siguiente tabla 4.3 del CSCR, muestra las diferentes ductilidades globales asignadas.

Tabla 9 Ductilidad global asignada.

Fuente: Costa Rica (Código Sísmico 2010).

Sistema estructural tipo marco					
Tipo	Regular	Irregular moderado	Ductilidad local óptima	Ductilidad local moderada	Ductilidad global asignada
marco	X		X		6.0
marco	X			X	3.0
marco		X	X		3.0
marco		X		X	2.0
Sistema estructural tipo dual					
Tipo	Regular	Irregular moderado	Ductilidad local óptima	Ductilidad local moderada	Ductilidad global asignada
dual a	X		X		4.0
dual b	X			X	3.0
dual c		X	X		3.0
dual d		X		X	2.0
Sistema estructural tipo muro					

Tipo	Regular	Irregular moderado	Ductilidad local óptima	Ductilidad local moderada	Ductilidad global asignada
muro a	X		X		3.0
muro b	X			X	2.0
muro c		X	X		2.0
muro d		X		X	1.5
Sistema estructural tipo voladizo					
Tipo	Regular	Irregular moderado	Ductilidad local óptima	Ductilidad local moderada	Ductilidad global asignada
voladiz	X		X		1.5
voladiz	X			X	1.0
voladiz		X	X		1.0
voladiz		X		X	1.0
Sistema estructural tipo otros					
Tipo	Regular	Irregular moderado	Ductilidad local óptima	Ductilidad local moderada	Ductilidad global asignada
otros a	X		X		1.0
otros b	X			X	1.0
otros c		X	X		1.0
otros d		X		X	1.0

2.12. Diafragmas

Los diafragmas de piso deben ser diseñados para las fuerzas de cortantes flexiones resultantes de las cargas laterales de diseño.

El diseño de los entrepisos requerirá que se consideren las fuerzas presentes por la transferencia de cargas a los elementos en sus bordes y se deberán detallar los elementos colectores y de borde para asegurar la transferencia de fuerzas a los sistemas sismorresistentes. Especial cuidado se debe tener si se presenta alguna de las siguientes condiciones:

- En algún nivel la configuración en planta tiene entrantes o reducciones.
- Los diafragmas tienen discontinuidades o variaciones abruptas de rigidez o aberturas.
- Los sistemas sismorresistentes no son paralelos ni ortogonales entre sí.

Los diafragmas de entrepiso, siempre y cuando posean la rigidez y resistencia adecuadas, se pueden considerar como diafragmas infinitamente rígidos en su plano, capaces de transmitir

horizontalmente las fuerzas sísmicas a los sistemas sismorresistentes. Cuando el diafragma es rígido, las cargas horizontales del sismo de cada nivel se distribuyen a los elementos verticales o inclinados resistentes según su contribución a la rigidez lateral total.

Para efectos de distribuir las fuerzas cortantes de piso y momentos torsionales, un diafragma se considera rígido si la deformación lateral máxima del diafragma en su propio plano es menor o igual a dos veces el promedio de las derivas máxima y mínima del diafragma. En caso contrario el diafragma se considera flexible.

Alternativamente, se podrá considerar que el diafragma es infinitamente rígido si se cumplen todas las siguientes condiciones:

- a) Relación larga/ancho menor que 3.
- b) No existen entrantes, reducciones, o discontinuidades en el diafragma.
- c) Dimensión máxima en planta del edificio menor o igual a 50 m.
- d) Losa o sobre losa de concreto con un espesor mínimo de 6 cm.

Si el diafragma no puede ser clasificado como rígido, se debe considerar su flexibilidad en el modelo analítico. En este caso, el modelo utilizado para el análisis debe considerar las rigideces relativas del diafragma y de los elementos verticales o inclinados que formen parte del sistema resistente a cargas laterales y la ductilidad global asignada de la estructura no puede ser superior a 1.5.

2.13. Coeficiente sísmico, c

Es un coeficiente utilizado para la determinación de las fuerzas sísmicas según el capítulo 5 del CSCR se determina con la siguiente fórmula:

Ecuación 3 Coeficiente Sísmico

$$C = \frac{a_{ef} I FED}{SR}$$

Donde:

- a_{ef} : aceleración pico efectiva de diseño.
- I : factor de importancia de la edificación.
- FED : factor espectral dinámico.

- SR: sobre resistencia.

2.14. Factor espectral dinámico, f_{ed}

Es el factor que modifica la aceleración de un sistema de un grado de libertad con respecto a la aceleración pico efectiva de diseño. Está en función de la zona sísmica, del sitio de cimentación, de la ductilidad global asignada al sistema estructural, del periodo de vibración del mismo y del amortiguamiento. (Código Sísmico de Costa Rica).

2.15. Cargas

Las cargas son fuerzas que actúan sobre una estructura. Estas cargas pueden ser permanentes, temporales, entre otras. La tarea más importante y difícil en el diseño es la estimación precisa de todas las cargas que pueden actuar en la estructura durante su vida útil.

2.16. Cargas muertas o permanentes

Se consideran cargas muertas o permanentes a:

(...) todos los pesos propios de los elementos de la estructura y de aquellos objetos unidos permanente a la estructura. Por lo tanto, las cargas muertas de un edificio son el peso de las losas, vigas columnas, techos, tuberías, instalaciones eléctricas entre otros (Hibbeler, 2012).

Los pesos se pueden determinar a partir de las densidades de los diferentes materiales utilizados en la estructura; estas se pueden definir por fichas técnicas del material o tablas de diseño mínimas según códigos o normas.

2.17. Cargas vivas o temporales

Las cargas vivas o temporales son una carga gravitacional que se adiciona a la carga permanente en relación con su ocupación.

De acuerdo con lo enunciado, estas cargas temporales pueden llegar a presentar una serie de factores variables para el cálculo de las fuerzas, que eventualmente pueden aplicarse a una estructura dependiendo de su uso, debido a esto existen códigos o normas que determinan las cargas temporales mínimas de diseño.

En Costa Rica, el Código Sísmico, en el capítulo 6, establece las cargas temporales unitarias mínimas para los distintos usos con respecto a su ocupación.

Tabla 10 Cargas temporales unitarias mínimas

Destino del piso	Carga temporal (kg/m ²)
Habitación (casas de habitación, apartamentos, viviendas, dormitorios, cuartos de hotel, edificios para internados en escuelas, cuarteles, cárceles, correccionales, hospitales y similares).	200
Oficinas, despachos, laboratorios, salones de lectura, aulas, salas de juegos similares.	250
Escaleras, rampas, vestíbulos y pasajes de libre acceso al público.	400
Lugares de reunión desprovistos de asientos fijos, estadios, salones de baile, etc.	500
Bibliotecas y salones de archivo.	500
Lugares de reunión con asientos fijos, templos, cines, teatros, gimnasios, etc.	400
Comercios, bodegas y fábricas de mercancía ligera.	500
Comercios, bodegas y fábricas de mercancías con peso intermedio.	650
Comercios, bodegas y fábricas de mercancía pesada.	800
Techos de fibrocemento, láminas de acero galvanizado y otros.	40
Azoteas con pendiente superior al 5 por ciento.	100
Azoteas con pendiente inferior o igual al 5 por ciento.	200
Voladizos en vía pública (marquesinas, balcones y similares).	300
Garajes y aparcamientos (para automóviles exclusivamente).	300

Fuente: Costa Rica (Código Sísmico 2010).

2.18. Carga sísmica

Hibbeler (2012) explica una carga sísmica como:

Los sismos o terremotos producen cargas sobre una estructura a través de su interacción con el suelo y las características de su respuesta. Estas cargas resultan de la distorsión de la estructura a causa del movimiento del suelo y la resistencia lateral de la estructura. Su magnitud depende de la cantidad y tipo de aceleraciones del suelo y de la masa y la rigidez de la estructura. (p. X)

El Código Sísmico de Costa Rica establece los requisitos mínimos para el análisis, diseño y construcción sismorresistente de edificaciones y obras afines que se construyan en el territorio de la República de Costa Rica (Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos, 2011).

El capítulo 5 del CSCR, del Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos (2011), determina que el coeficiente sísmico (C), se obtiene de la ecuación tres antes mencionada:

Ecuación 4

$$C = \frac{a_{ef} I FED}{SR}$$

Dónde:

- a_{ef} = aceleración pico efectiva de diseño, expresada como fracción de la Gravedad.
- I = factor de importancia de la edificación.
- FED = factor espectral dinámico: es la modificación en aceleración que sufre un sistema de un grado de libertad con respecto a la aceleración del suelo y es función de la zona sísmica, del sitio de Cimentación, de la ductilidad global asignada μ y del periodo.
- SR = factor de sobre resistencia según se define el tipo de estructura.

Para la determinación de la carga sísmica, el capítulo 6 del CSCR, define el peso de cada nivel (W_i), como el peso de la carga permanente más una fracción de la carga temporal.

Dicha fracción se calcula de la siguiente manera:

- a) Equipo o instalaciones fijas a la estructura: 1.00
- b) Carga en bodegas: 0.25
- c) Cargas en edificios: 0.15
- d) Carga en azoteas, marquesinas y techos: 0.00

Lo anterior representa fracciones mínimas; para cada caso en particular se debe analizar si es necesario incrementarlas.

2.19. Cargas de viento

Las cargas de viento se definen en el Reglamento de Construcciones del Instituto Nacional de Vivienda y Urbanismo (INVU) como “la fuerza aplicada a una estructura por la acción del viento”. Según el (Reglamento de Construcciones 1983) de publicado en el periódico La Gaceta en marzo del 1983, en el artículo XX.7 se determina el método de cálculo de las presiones de viento sobre las estructuras por diseñar de la siguiente manera:

Ecuación 5 Presión del viento

$$q = q_x * C * I$$

Donde:

q: presión del viento (kg/m²)

q_x: presión básica del viento (kg/m²)

C: factor de forma

I: Coeficiente de uso

La presión básica del viento se determina de acuerdo con la altura de edificación sobre el nivel de suelo, según el siguiente cuadro:

Tabla 11 Presión básica del viento

Construcciones situadas en la ciudad		Construcciones en campo abierto	
m	q (kg/m ²)	m	q (kg/m ²)
0	55	0	70
15	75	1	70
20	85	7	95
30	95	10	105
40	105	15	120
50	110	20	125
75	120	30	135
100	130	40	145
		50	150
		75	165
		100	170

Fuente Reglamento de construcciones 1983

El factor de forma se aplica a la presión del viento y se determina de la siguiente manera:

Tabla 12 Factor de forma en edificaciones

Factor de forma en edificaciones		
	Coefficiente de forma de presión (Cp)	Coefficiente de forma de succión (Cs)
Techo frente a viento	$1,2 \sin A - 0,4$ (A: Pendiente del techo en grados)	0,8
Techo fondo	0,8	-0,4
Techo lados	0,4	-0,4
Pared frente a viento	0,8	-0,4
Pared fondo	0,6	-0,4
Pared lados	0,4	-0,4

Fuente Reglamento de construcciones 1983.

La manera para determinar el coeficiente de uso es la siguiente:

Tabla 13 Coeficiente de Uso

Tipo de Edificación	Coefficiente de uso (I)
A	1,2
B	1
C	0,7

Fuente Reglamento de construcciones 1983.

2.20. Combinaciones de cargas

Debido a que las cargas no actúan por separado, hay normas que reglamentan las combinaciones de cargas, como, por ejemplo, el CSCR indica cómo se realizan estas combinaciones.

En Costa Rica, el Código Sísmico, en su capítulo 6, define 4 combinaciones para determinar la carga última de diseño y dos más que se agregan según el Reglamento de Construcciones del Instituto Nacional de Vivienda y Urbanismo (INVU) para cargas de viento.

Tabla 14 Combinación de cargas

Nombre	Ecuación
CU1	$CU = 1.4 CP$
CU2	$CU = 1.2 CP + 1.6 fR CT + 1.6 CE$



Combinaciones del
Reglamento de Construcción
de 1983

CU3	$CU = 1.05 CP + f1 fR CT \pm CS + CE$
CU4	$CU = 0.95 CP \pm CS + CE$
CU5	$CU = 1.05 CP + 1.275 CT \pm CV$
CU6	$CU = 0,9 CP + CV$

Fuente elaboración propia

Donde:

CU: Carga última de diseño.

CP: Carga permanente.

CT: Carga temporal (sin la reducción indicada en el artículo 6.3).

CS: Carga sísmica.

CE: Carga de empuje.

CV: Carga de viento.

fR: Factor de reducción de carga.

f1: Factor de baja o alta ocupación está dado por:

$f1 = 0.5$ para edificaciones de baja probabilidad de ocupación plena de carga temporal a la hora del sismo.

$f1 = 1.0$ para edificaciones con alta probabilidad de ocupación plena de carga temporal a la hora del sismo, como: bodegas, sitios de reunión pública, estacionamientos públicos, etc.

$f1 = 0.0$ para techos.

El producto ($f1 fR$) dado en la ecuación no puede ser menor que 0.5 (6/3).

2.21. Métodos de análisis y desplazamientos limite

El Código Sísmico de Costa Rica en el capítulo 7 indica dos métodos de análisis, método estático y método dinámico, que permiten estimar, mediante análisis elásticos, las fuerzas internas y los desplazamientos laterales de estructuras que se deforman en el rango inelástico, para una demanda sísmica que considera los efectos de la sobre resistencia, SR,

y de la ductilidad global asignada, μ , la cual afecta los valores del factor espectral dinámico, FED (7/1).

2.22. Método estático

El CSCR en el artículo 7.4. define que este método cuantifica los efectos del sismo sobre la edificación mediante el análisis elástico-lineal del sistema estructural solicitado por un conjunto de fuerzas estáticas horizontales aplicados en cada uno de sus niveles. El valor de estas fuerzas es el resultado de suponer un primer modo de oscilación cuyos componentes en cada entrepiso son proporcionales a su altura y un cortante en la base igual al producto del coeficiente sísmico por el peso total de la edificación.

Dado el carácter de este método, su uso para diseño queda limitado a estructuras que cumplan las tres características siguientes:

- Edificios regulares en altura.
- Edificios regulares en planta.
- Edificios con un número de pisos no superior a cinco, ni altura máxima sobre el nivel de calle o de acceso superior a veinte metros.

Para el análisis estático se debe aplicar una fuerza sísmica horizontal en cada dirección ortogonal cuyo valor total V es:

Ecuación 6 Cortante en la base

$$V = C * W$$

Donde:

V = cortante en la base o sumatoria de todas las fuerzas sísmicas horizontales en cada dirección ortogonal.

C = coeficiente sísmico

N

$W = \sum W$, peso total de la edificación para efectos sísmicos.

$i=1 \quad i$

W= peso asignado al nivel i.

i

N= número total de pisos del edificio.

Para el cálculo inicial del coeficiente sísmico C se puede suponer un período de vibración según el CSCR en el artículo 7.4.5:

- $T= 0.12 N$, para edificios tipo marco formados exclusivamente por marcos de acero.
- $T= 0.10 N$, para edificios tipo marco formados exclusivamente por marcos de concreto.
- $T= 0.08 N$, para edificios tipo dual con sistemas duales de marcos y muros estructurales, marcos arriostrados o muros de mampostería.
- $T= 0.05 N$, para edificios tipo muro formados, exclusivamente, por muros estructurales o marcos arriostrados.

Donde:

T= período fundamental (en segundos).

N= número total de pisos.

Alternativamente, se puede utilizar el valor de C correspondiente al máximo valor de FED de todo el rango de períodos.

2.23. Método dinámico

Es el método descrito en los textos de dinámica de estructuras como el método de superposición modal espectral. Se supone un comportamiento elástico y lineal de la estructura y se calculan sus modos de oscilación y sus correspondientes períodos. Seguidamente, para aprovechar las propiedades de ortogonalidad de los modos de oscilación con respecto a la masa y a la rigidez de la estructura, se desacoplan las ecuaciones del movimiento. Con las ecuaciones desacopladas, para cada modo de oscilación j, se calculan los desplazamientos máximos de la estructura durante el sismo y sus correspondientes deformaciones y fuerzas internas, utilizando el coeficiente sísmico C_j asociado al período de oscilación T_j Finalmente

se combinan los valores máximos obtenidos para cada modo de oscilación para obtener una estimación probabilística de la respuesta máxima de cada parámetro de interés de la estructura.

Para el modelo de análisis se indica lo siguiente:

- En edificaciones regulares en planta los modos de oscilación en cada dirección ortogonal están desacoplados entre sí.
- En edificaciones irregulares en planta los modos de oscilación están acoplados entre sí.
- En edificaciones con entrepisos sin diafragmas rígidos, el análisis se debe realizar considerando la flexibilidad de los entrepisos.
- El número mínimo de modos por considerar debe ser tal que la masa efectiva oscilante acumulada sea al menos el 90% de la masa total para las sollicitaciones sísmicas en cada dirección ortogonal.

2.24. Cálculo de desplazamientos y derivas

Cuando se utilicen los métodos estático o dinámico de análisis, los desplazamientos horizontales en cada nivel y las derivas, o desplazamientos relativos entre niveles adyacentes, se deben estimar por medio de las siguientes expresiones que consideran las deformaciones, en el rango inelástico, necesarias para absorber y disipar energía según lo indica el CSCR en el artículo 7.6.

Ecuación 7 Desplazamiento inelástico

$$\delta_i = \alpha \mu SR \delta_i^e$$

Ecuación 8 Deriva inelástica

$$\Delta_i = \mu SR \Delta_i^e$$

Donde:

δ_i = desplazamiento inelástico absoluto horizontal del nivel i

Δ_i = deriva inelástica relativo horizontal entre el nivel i y el nivel adyacente inferior

α = factor de desplazamiento inelástico. Para edificaciones de un piso, $\alpha = 1.0$

μ = ductilidad global asignada

SR = factor de sobre resistencia

δ_i^e , Δ_i^e = desplazamiento elástico absoluto del nivel i y deriva elástica entre el nivel i y el nivel adyacente inferior respectivamente.

Tabla 15 Factor de desplazamiento inelástico, α

Fuente CSCR-Tabla 7.1

Tipo estructura	Factor α
Tipo marco	0.7
Tipo dual	0.7
Tipo muro	0.7
Tipo voladizo	1.0
Tipo otros	1.0

2.25. Consideraciones y límites de desplazamientos y deformaciones

Según el CSCR en el artículo 7.8.:

Se define como razón de deriva inelástica, Δ_i / H_i , la razón del desplazamiento inelástico relativo de cualquier nivel con respecto al nivel adyacente inferior dividido por la altura entre estos niveles. La razón de deriva inelástica no debe exceder los valores de la tabla 10, con las consideraciones de los restantes incisos de este artículo. Estos límites se deben verificar en los puntos de mayor desplazamiento relativo de cada nivel.

Tabla 16 Límite superior de la razón de la deriva inelástica, Δ_i / H_i (1), según categoría de edificación y sistema estructural.

Sistema estructural	Edificaciones tipo A y C	Edificaciones B, D y E
Tipo marco	0.0125	0.020
Tipo dual	0.0125	0.018
Tipo muro	0.0100	0.010
Tipo voladizo	0.0125	0.020
Tipo otros	0.0065	0.010

Nota: $i = h_i - h_{i-1}$, altura entre el nivel del piso i y el nivel adyacente inferior.

Fuente CSCR-Tabla 7.2.

En edificaciones de categoría B, D o E diseñadas con ductilidad local óptima, pueden incrementar los límites superiores de las razones de deriva inelásticas de la tabla 10 hasta en un 50%. En este caso, para el análisis se debe utilizar alguno de los métodos alternos del artículo 7.7 del CSCR y es necesario considerar el efecto P- Δ . La capacidad estructural ante cargas laterales que considere este factor y correspondiente a los límites de desplazamientos relativos, debe ser mayor que el 80% de la capacidad estructural máxima.

Cuando para la clasificación del tipo estructural se ha supuesto que los muros y particiones están desligados de los sistemas sismorresistentes, se debe revisar esta suposición y asegurar que los valores calculados de los desplazamientos inelásticos relativos para el piso en consideración sean menores que las separaciones de estos muros y particiones con los elementos estructurales.

Todas las estructuras deben estar separadas entre sí de tal manera que no haya posibilidad de contacto cuando se desplacen una hacia la otra con la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de sus respectivos desplazamientos inelásticos absolutos. Lo anterior incluye también las partes de un mismo edificio diseñadas para actuar independientemente y separadas por juntas de aislamiento.

Todos los componentes del sistema estructural, que incluyen aquellos que no formen parte de los sistemas sismorresistentes, deben ser capaces de tolerar las deformaciones impuestas por los desplazamientos de cada nivel, sin pérdida de su integridad estructural, particularmente su capacidad para resistir cargas gravitacionales.

En marcos industriales de un solo nivel, con entresuelo (mezanine) o sin él, de menos de 15 m de altura máxima y con cargas permanentes de techo que no excedan 75kg/m², se pueden incrementar los límites superiores de las razones de deriva inelásticas de la tabla 10 hasta en un 50% sin necesidad de cumplir los requisitos del inciso b (7/15)

2.26. Requerimientos para el diseño estructural en acero

El capítulo 10 del CSCR establece:

Para estructuras con elementos sismorresistentes a base de perfiles de acero estructural se utiliza el método de diseño por factores de carga y resistencia (LRFD); alternativamente, estas estructuras pueden proporcionarse utilizando la metodología de diseño plástico.

Para estructuras con elementos sismorresistentes a base de perfiles de acero laminado en frío con secciones esbeltas se utiliza el método de diseño por factores de carga y resistencia (LRFD).

En ambos casos se deben satisfacer los requisitos aplicables de las especificaciones del Instituto Americano de Construcción de Acero (American Institute of Steel Construction, AISC), del Instituto Americano de Hierro y Acero (American Iron and Steel Institute, AISI) y de la Sociedad Americana de soldadura (American Welding Society, AWS) (referencias 1 a 8), excepto donde sean modificadas por disposiciones del CSCR.

Es recomendable que estructuras de acero diseñadas según estas disposiciones cumplan adicionalmente con condiciones de servicio y control de vibraciones según se establece en el CSCR con las siguientes referencias:

- ANSI/AISC 360-10 Specification for Structural Steel Buildings, American Institute of Steel Construction (AISC)
- ANSI/AISC 358-10 Prequalified Connections for Special and Intermediate Steel Moment Frames for Seismic Applications, American Institute of Steel Construction (AISC)
- ANSI/AISC 341-10 Seismic Provisions for Structural Steel Buildings, American Institute of Steel Construction (AISC)
- ANSI S100-2007 North American Specification for the Design of Cold-Formed Steel Structural Members, American Iron and Steel Institute (AISI)
- AWS D1.1/D1.1M:2008 Structural Welding Code - Steel, American Welding Society (AWS)
- AWS D1.3/D1.3M:2008 Structural Welding Code - Sheet Steel, American Welding Society (AWS)
- AWS D1.4/D1.4M:2005 Structural Welding Code Reinforcing Steel, American Welding Society (AWS)
- AWS D1.8/D1.8M:2009 Structural Welding Code – Seismic Supplement, American Welding Society (AWS)
- Specification for Structural Joints Using ASTM A 325 or A 490 Bolts, Research Council on Structural Connections, 2004 (10/2).

2.27. Requisitos generales de diseño para los sistemas sismorresistentes en acero

Según el CSCR artículo 10.2 se deben tomar en cuenta lo siguientes aspectos:

Diseño sísmico: La resistencia requerida por los elementos, componentes y uniones de acero de los sistemas sismorresistentes es determinada según la demanda sísmica y requisitos indicados en los capítulos 3,4,5,6 y 7 del CSCR.

Cargas y combinación de cargas: El CSCR indica que, en la determinación de la demanda sísmica, cuando se especifique como carga sísmica amplificada, CS_a , esta se calcula como el producto de la carga sísmica, CS , y la sobre resistencia, SR . En este caso se utiliza CS_a , en vez de CS .

También indica que, cuando se especifiquen las cargas sísmicas derivadas del análisis deben ser sustituidas por las demandas esperadas del producto del desarrollo de la capacidad de los elementos del sistema sismorresistente. En este caso, en el cálculo de cargas se utiliza la demanda esperada en lugar de CS .

Criterios de diseño: Para el diseño de estructuras con elementos, componentes y uniones de acero el CSCR indica que se utiliza el método de diseño por factores de carga y resistencia (LRFD por sus siglas en ingles).

La resistencia requerida en los elementos, componentes y uniones de los sistemas sismorresistentes debe ser la mayor de la carga última del análisis estructural determinada para las combinaciones de cargas.

La resistencia disponible se define como la resistencia de diseño, ΦR_n , donde R_n es la resistencia nominal.

El sistema estructural debe contener ejes de resistencia compuestos por marcos, marcos arriostrados, muros de corte o combinaciones de estos en

cada dirección principal del sistema estructural, que cumplan con los requisitos establecidos en el CSCR (10/9).

En los sistemas estructurales de acero se debe usar al menos uno de los sistemas sismorresistentes indicados en la siguiente tabla o combinaciones entre ellos.

2.28. Ductilidad local de los diferentes tipos de sistemas sismorresistentes:

En el artículo 10.2.5. se indica que, para determinar la ductilidad global de la estructura, cada tipo de sistema sismorresistente tiene la ductilidad local.

- a) Espesor mínimo para los elementos: El CSCR indica que las secciones utilizadas para fabricar los elementos, componentes y uniones de los sistemas sismorresistentes en acero estructural deben tener un espesor mínimo de 3mm (10/10).

Tabla 17 Ductilidad local según el tipo de sistema sismorresistente

		Sistema	Ductilidad local	Ductilidad global asignada	Limitación en altura	Notas
Sistemas a base de elementos de acero	Sistemas de marcos	OMF	-	1.5 o 1.0	Sí	Ver notas 1 y 2
		IMF	Moderada	Según tabla 4	Sí	Ver nota 3
		SMF	Óptima	Según tabla 4	No	-
		STMF	Óptima	Según tabla 4	No	-
	Sistemas arriostrados	OCBF	Moderada	1.5 o 1.0	Sí	Ver notas 1,3 y 7
		SCBF	Óptima	Según tabla 4	No	Ver notas 5 y 7

	EBF	Óptima	Según tabla 4	No	Ver notas 6 y 7
	SPSW	Óptima	Según tabla 4	No	Ver notas 6 y 7
Sin uniones precalificadas	Marcos y marcos arriostrados Tipo NP	-	1.0	Sí	Ver notas 1, 4 y 7
Con uniones precalificadas	Marcos y marcos arriostrados tipo P	-	1.5 o 1.0	Sí	Ver notas 1, 4 y 7

Notas: Según la tabla 4 los sistemas OMF, OCMF y tipo P tienen una ductilidad global asignada de 1.5, a menos que presenten una irregularidad severa, en cuyo caso la ductilidad global asignada es 1.0. Los sistemas tipo NP tienen una ductilidad global asignada de 1.0.

Las siguientes limitaciones y restricciones se aplican en sistemas a base de OMF:

1. Pueden ser utilizados en edificaciones de un solo nivel con una altura máxima de 18m en su parte más alta y cuya carga permanente a nivel de techo no exceda 95 kg/m².
2. Pueden ser utilizados en edificaciones de varios niveles con una altura máxima de 10m en su parte más alta, siempre y cuando la carga permanente de entrepiso y techo no exceda 95 kg/m².
3. Las siguientes limitaciones y restricciones se aplican en sistemas a base de IMF y OCBF:
4. Pueden ser utilizados en edificaciones de un solo nivel con una altura máxima de 18m en su parte más alta y cuya carga permanente a nivel de techo no exceda 95 kg/m².
5. Pueden ser utilizados en edificaciones de varios niveles con una altura máxima de 10m en su parte más alta.

6. Los sistemas a base de perfiles de acero laminado en frío tipo P y tipo NP pueden ser utilizados únicamente en edificaciones de uno o dos niveles con una altura máxima de 10 m en su parte más alta y cuya carga permanente de entrepiso y techo no exceda 95 kg/m².
7. La ductilidad global del sistema se asigna según la tabla 4. Sin embargo, para sistemas duales a base de SCBF la ductilidad global no puede ser mayor que 3.
8. Para la determinación de la ductilidad global asignada de sistemas tipo muro a base de EBF o SPSW, se permite utilizar las disposiciones para estructuras tipo dual de la tabla 4. En este caso rigen los desplazamientos límites de la tabla 7.2 del CSCR correspondientes a estructuras duales.
9. Se prohíbe el uso de arriostramientos en “K” (ver figura) en cualquier sistema estructural arriostrado (10/12). Fuente CSCR-tabla 10.5

2.29. Programas de análisis estructural

Los programas o software para el análisis estructural y dimensionamiento de edificios proporcionan un conjunto de herramientas para ingenieros estructurales. Estos modelan y dimensionan, permitiendo la visualización de objetos en tres dimensiones y opciones sofisticadas que abarcan una amplia gama de materiales, informes y diseños esquemáticos, lo cual facilita la comprensión del análisis y los resultados.

Estos programas realizan un modelado de la estructura y detalles, donde se cubren todos los pasos del proceso de dimensionamiento, con una rápida generación de plantas y alzados estructurales. Los modelos se pueden crear

de forma realista y todos los resultados pueden representarse directamente en la estructura.

En el caso de estructuras de concreto armado y metálicas, es posible obtener diseños del modelo, cuadros resumen de armaduras, tablas informativas de los perfiles y conexiones dimensionadas, detalles de los elementos estructurales y respectivos cortes entre otras funciones.

2.30. Requerimientos para la elaboración de planos

Los planos y dibujos que se elaboren para toda edificación deben de mostrar en su totalidad el sistema estructural con el que se diseña, con las dimensiones, secciones y ubicación de los elementos, componentes y uniones necesarios para su construcción.

Características básicas de la elaboración de planos:

a) Planos estructurales:

Nos permiten guiarnos en la materialización de cualquier obra, por lo que, debe tener el orden secuencial del proceso constructivo, haciendo constar, cada etapa de manera general, mostrando además los detalles de cada elemento estructural que la conforma o que se construyen conjuntamente.

b) Formato:

Se enfoca en el tamaño del papel para el plano donde se representan los elementos de construcción, está definido por su ancho y su alto. Las medidas más comunes son 90cm de largo por 60cm de alto.

c) Individualidad de los planos:

Los planos son individuales (uno para cada obra), porque son el resultado de las características específicas propias y únicas de cada edificación, que responden al tipo de suelo, a la carga que va a soportar durante su vida útil

y a la respuesta sísmica que se espera, de acuerdo, entre otras cosas, a su uso. Por lo que se debe emplear uno para cada diseño según se necesite.

d) Contenido de los planos:

Deben contar con el nombre de la lámina, ejemplo: S 01/03, S 02/03, S 03/03, esto significa que la obra tiene tres planos estructurales y que se lee: plano estructural uno de tres, plano estructural dos de tres y plano estructural tres de tres. Indicar el tipo de información que tiene el plano, ejemplo: Columnas primer nivel, Planta de techo, etc.

Se debe indicar la escala con la que se dibujaron los detalles. Y cualquier detalle importante por tener en consideración para la correcta interpretación de la información contenida en el plano. Esta información se debe encontrar en todos los planos sin excepción.

e) Conjunto de planos o plantas:

Las plantas son dibujos de planos horizontales acotados, en los cuales se representan en forma general y en conjunto, los diferentes elementos que conforman la estructura en las diferentes etapas constructivas, representada generalmente por los diferentes niveles del edificio, desde la cimentación hasta la cubierta.

f) Detalles estructurales y especificaciones:

Los planos de detalles y especificaciones incluyen principalmente:

- Cortes (vista interior) de los diferentes elementos estructurales que conforman la estructura general.
- Resistencia del acero(f_y) también expresada en Kg/cm² (Kilogramo por centímetro cuadrado) así como su protección contra el fuego de ser necesaria.

- Detalles estructurales de uniones, conexiones, etc. que se deban considerar en el proceso constructivo.

Para realizar la confección de los planos se debe tener presente lo siguiente:

- Se debe incluir la información de diseño que se contempló para la elaboración de los planos, como por ejemplo tipos y especificación de los materiales, consideraciones importantes del diseño, condiciones del suelo donde se construirá, detalles típicos por utilizar en el proceso constructivo y toda indicación de relevancia para que el desarrollo constructivo se ejecute lo mejor posible y así evitar cualquier mal entendido o falta de información en el transcurso de la construcción.

Propiedades mecánicas de los materiales considerados en el diseño estructural.

- Clasificación del sitio de cimentación (artículo 2.2 del CSCR) y capacidad de soporte del suelo considerada en el diseño.
- Clasificación del edificio según el uso (artículo 4.1 del CSCR).
- Clasificación del edificio según el sistema estructural (artículo 4.2 del CSCR).
- Indicación de si el edificio es regular o irregular, moderado o severo en planta y en altura (artículo 4.3 del CSCR).
- Ductilidad global asignada (tabla 4.2 del CSCR).
- Aceleración pico efectiva de diseño (tabla 2.3 del CSCR).
- Método de análisis utilizado según el capítulo 7 del CSCR.

- Estimación de los períodos fundamentales y coeficientes sísmicos correspondientes para cada una de las direcciones de análisis.
- Estimación de los desplazamientos inelásticos relativos entre pisos.
- En estructuras con procedimiento constructivo no convencional, indicaciones e instrucciones sobre el sistema constructivo.
- Por último, se debe tener presente que el propósito fundamental de la elaboración de los planos de una edificación se resume en:
 - Presentarlos ante las instituciones respectivas para obtener los permisos constructivos
 - Poder realizar un presupuesto detallado de la edificación para conocer el costo de construcción
 - Son la guía de construcción que servirán para planificar y llevar el control del desarrollo constructivo de la edificación.

2.31. Presupuesto de una edificación

El presupuesto se utiliza para pronosticar los costos que puede tener un proyecto de construcción.

Todo presupuesto puede basarse en cuatro aspectos fundamentales:

- a) Aproximación: Las consideraciones que se contemplen en los cálculos se acercarán al costo real de la obra, dependiendo de la habilidad (uso correcto de técnicas presupuestales), el criterio (interpretación de la información) y experiencia de quien elabora el presupuesto.
- b) Temporal: Los costos establecidos solo son válidos mientras tengan

vigencia los precios que sirvieron de base para su elaboración. Los principales factores de variación son: incremento del costo de los insumos y servicios; utilización de nuevos productos y técnicas; desarrollo de nuevos equipos, herramientas, materiales, tecnología, etc.

- c) Único: Como lo es cada obra, su ubicación, tipo de construcción, calidad de la mano de obra, equipos, etc. Cada obra requiere un presupuesto propio, así como cada persona o empresa tiene su forma particular de presupuestar.
- d) Herramientas de control: Permite unir la información obtenida del presupuesto con el avance físico, su comparación con el costo real permite detectar y corregir fallas y prevenir causales de variación por ajuste en alcances o cambios en actividades.

Se debe tener en cuenta que un presupuesto es un documento cuya función es dar un costo aproximado de la edificación y que concluye una vez elaborado el proyecto. El presupuesto de construcción se debe estructurar como un instrumento dinámico, que además de ser confiable y preciso sea fácilmente controlable para permitir su actualización sistemática y evitar que se convierta en una herramienta obsoleta y de poca utilidad práctica.

2.32. Elaboración del presupuesto

El presupuesto se realiza con base en los planos y en las especificaciones técnicas de un proyecto, con esta información se elaboran los cálculos de los trabajos por realizar, se hacen los análisis de precios unitarios de los materiales por utilizar para establecer los costos totales de cada actividad y así se obtiene el valor total de la obra.

Aspectos que se deben contemplar al realizar un presupuesto:

- a) Listado de precios básicos: El presupuesto debe incluir la lista de precios básicos de materiales, equipos y salarios utilizados con datos actualizados y apegados a la realidad.
- b) Análisis unitario: Incluye indicaciones de cantidades y costos de materiales, transportes, equipos, herramienta menor, rendimientos, costo de mano de obra, etc.
- c) Presupuesto por actividad: Los costos de obra se presentan divididos por actividades de acuerdo con al tipo de construcción, contratación, programación, etc.
- d) Componentes del presupuesto: Se presenta un desglose del presupuesto con las cantidades y precios totales de sus actividades divididos generalmente en: materiales, mano de obra, subcontratos, equipos y gastos generales. Finalmente, se suman los costos directos e indirectos.
- e) Fecha del presupuesto: Se debe indicar la fecha en la que se hace el estimativo. En caso de haber proyecciones de costos en el tiempo también deben ser indicadas.

2.33. Beneficios al realizar un correcto presupuesto

Los principales beneficios que ofrece elaborar un presupuesto de obra son:

- a) Evitar gastos innecesarios, como comprar cantidades excesivas de materiales a precios elevados y desperdiciar recursos.

- b) Conocer el valor más aproximado para construir un proyecto antes de empezar con la obra.
- c) Planificar y controlar en relación a los gastos que se vayan realizando.
- d) Ahorrar; al cotizar con tiempo se pueden obtener descuentos en los materiales y servicios para que sean más económicos.
- e) Evitar que la obra se paralice hasta quedar inconclusa, por la falta de materiales.

2.34. Componentes del presupuesto

- a) Listado de actividades: Se define el alcance que tendrá la construcción después del estudio y análisis de los planos y especificaciones de la obra.
- b) Tabla de cantidades: De acuerdo al listado de actividades a cada una se le asigna una unidad de medida para facilitar su análisis y calculo.
- c) Precios unitarios: De acuerdo con el análisis de los planos se realizan los cálculos necesarios y se procede a asignar un costo real o estimado de cada actividad teniendo en cuenta el costo de materiales, costos directos, mano de obra, equipo, herramientas, viáticos, etc.

Con cada una de estas variables ya definida se obtiene un presupuesto final donde se realiza la sumatoria de los costos directos sumados a los costos indirectos que da como resultado un presupuesto aproximado del costo total de la obra, teniendo siempre en cuenta que un mal presupuesto incurre en pérdidas económicas, atrasos en la construcción y puede afectar el eficiente desarrollo de la obra.

3. Capítulo N°3: Marco metodológico

3.1. Enfoque de la investigación

El siguiente proyecto se lleva a cabo desde el enfoque cuantitativo, pues para lograr los objetivos se requiere un conjunto de procesos secuenciales y probatorias.

Entre estos se encuentran la correcta caracterización del proyecto, mediciones pertinentes para los cálculos, análisis, comprobación de resultado y diseño de las estructuras requeridas para la edificación mencionada y para poder llevar a cabo el trabajo requerido es importante realizar un procedimiento que resuelva el problema planteado y pueda ofrecer una solución, la cual supla la necesidad existente.

3.2. Tipo de investigación

El tipo de investigación es descriptiva, ya que parte de considerar el objeto estudiado y sus componentes, medición y definición.

Este enfoque tiene como objetivo central la descripción del fenómeno, este enfoque permitirá el análisis de las diferentes situaciones para obtener resultados más precisos.

3.3. Sujetos y fuentes de información

Las fuentes de investigación de este proyecto se limitan al cumplimiento de normas y códigos aplicables a la legislación costarricense, en específico el Código Sísmico de Costa Rica, las Normas de Diseño AISC y el Reglamento de Construcción del INVU.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

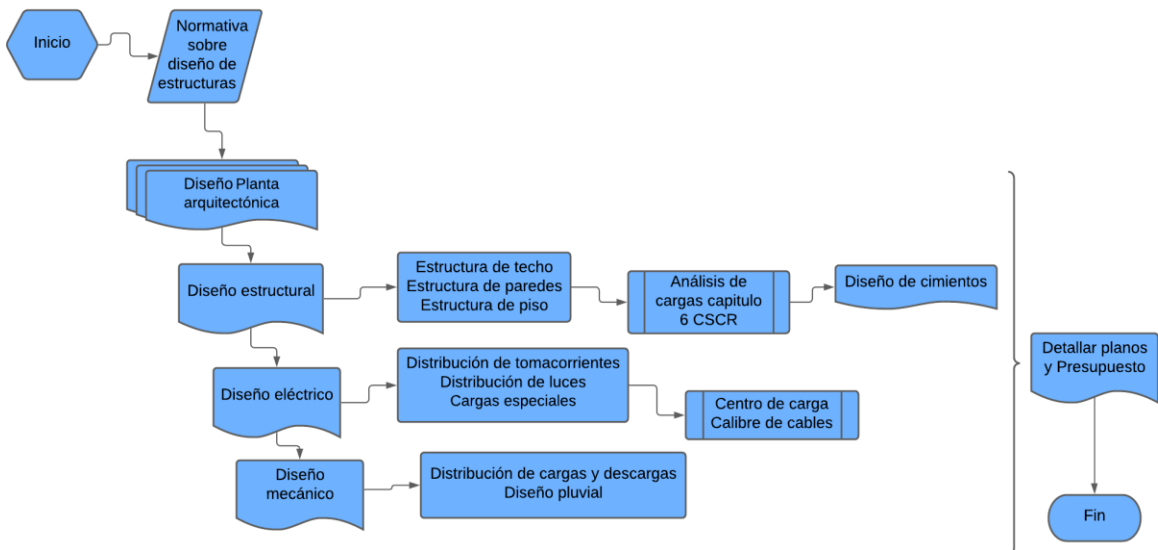
En el siguiente proyecto se utilizarán distintas técnicas e instrumentos de recolección de datos tales como:

- Hojas de cálculo: Las hojas de cálculo son documentos digitales que brindan las herramientas necesarias para sumar, restar, multiplicar y dividir números en celdas mediante fórmulas o funciones. Estas funciones son importantes en una hoja de cálculo, ya que permiten realizar cálculos sencillos o complejos, dependiendo de lo que se necesite.
- Software de diseño: Software es un término informático que hace referencia a un programa o conjunto de programas de cómputo este incluye datos, procedimientos y pautas que permiten realizar distintas tareas o procesos en un solo sistema informático.

De acuerdo al trabajo que se realiza los softwares por utilizar son:

- El software de diseño asistido por computadora es el programa de dibujo de Autodesk AutoCAD.

Se presenta el diagrama metodológico que se utilizará para la memoria de cálculo y presupuesto del proyecto planteado.



4. Capítulo N°4: Análisis de resultados

4.1. Diseño Estructural

4.1.1. Combinación de carga

Ecuaciones por utilizar

- $CU1=1,4 CP$
- $CU2=1,2CP+1,6f_{RCT}+1,6CE$

Cargas Permanentes	kg/m ²
Clavadores	12
Cerramiento	8
Iluminación	5
Total	25

Cargas Temporales	kg/m ²
Techo	40
Total	40

Carga por Empuje	CE
Carga por Empuje	0
Total	0

Ecuación 1	kg/m ²
$CU=1,4 CP$	35

Ecuación 2	kg/m ²
$CU=1,2CP+1,6f_{RCT}+1,6CE$	99

Por área tributaria

$99 \text{ kg/m}^2 * 4\text{m} = 396 \text{ kg/m}$ (ver anexo 3 sección 6.3)

Demanda
$M_{\mu} = 120 \text{ kgf}\cdot\text{m}$
$M_{\mu} = 1180 \text{ N}\cdot\text{m}$
$M_{\mu} = 1,18 \text{ KN}\cdot\text{m}$
$\phi M_n = \phi f_y \cdot S_x$
$S_x = 11,04 \text{ cm}^3$
$S_x = 11,04 \times 10^{-6} \text{ m}^3$
$f_y = 227000 \text{ KPa}$
$\phi = 0,9$
$\phi M_n = 0,9 \cdot 227000 \cdot 11,04 \times 10^{-6}$
$\phi M_n = 2,25 \text{ KN}\cdot\text{m}$
$M_{\mu} < \phi M_n$

4.1.2. Estructura de paredes y piso

Cargas Permanentes	kg/m ²
Pared liviana, acabados fijos a la estructura, techo	180
Total	180

Cargas Temporales	kg/m ²
Oficinas	200
Total	200

Ecuación 1 sin contenedor	kg/m ²
$CU = 1,4 \text{ CP}$	252

Ecuación 2 sin contenedor	kg/m ²
$CU = 1,2 \text{ CP} + 1,6 f_{RCT} + 1,6 \text{ CE}$	536

Ecuación 2 con contenedor
$CU_2 = 536 \text{ kg/m}^2 \cdot 3,1 \text{ m} \cdot 12 \text{ m}$
$CU_2 = 19930 \text{ kgf} + 4000 \text{ kgf} \cdot 1,2$

CU=24740 kgf

Zapata 2, 3, 4, 7, 8, 9

CU=24740 kgf / (1,55 * 3,1)

CU=5149 kgf

Zapata 1, 5, 6, 10

CU=5149 kgf / 2

CU=2575 kgf

Ver anexo 4 secciones 6.4

4.1.3. Cálculo de zapatas

Datos

CU=5149 kgf

$q_{adm}=5 \text{ t/m}^2$

Profundidad=50cm

$f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$

$W_{contenedor}= 107,5 \text{ kg/m}^2$
--

$W_{concreto} 2,4 \text{ t/m}^2$

Calculo

$P_p=2,4(B^2*0,15+0,35*0,2^2)$

$P_p=0,36B^2+0,0336$ ton

$CU_2=1,2(0,36B^2+0,034)$

$CU_2=0,43B^2+0,041$

Para una zapata

$P_T=P_U*A-(1,2(\text{peso propio}+CP)+1,6(CT))(1,55*3)$
--

CP=2266,9Kgf

CP=2,26 ton

$\bar{e}=P/\alpha$

$\alpha=P/\bar{e}dm$

$B^2=(2,26+0,43B^2+0,041)/5$

$B^2=0,46+0,08B^2$

$0,85B^2=0,46$

B=0,8m

Cortante en 1 dirección, revisión de la sección crítica por penetración

B= base de la columna

B= 20cm

d= peralte efectivo

t=15cm

Demanda

$$V_u = \frac{qn(B^2 - (b * b)^2)}{4}$$

$$V_u = \frac{3,75(0,8^2 - (0,2)^2)}{4}$$

$V_u=0,56$ ton

$$q_u = (2,26\text{ton} + 0,736) / 0,8^2$$

$q_u = 3,75$ t /m²

$$\phi V_c = \phi 0,53 \sqrt{f'c} * b * d$$

$$\phi V_c = \frac{0,75 * 0,53 \sqrt{(210) * 45 * 10}}{1000}$$

$\phi V_c = 3,456$ ton

$\phi V_c > V_u$

Cuantía mínima

$f_y = 2800$ kg/cm²

$\phi = 0,9$

$\rho = 0,002b * t$

$\rho = 1,6$ cm²/m

area #3= 0,71cm

$s = \text{area} / \rho$

$s = 0,44$ cm

#3 @ 35cm

$$M_\mu = \frac{B - t}{2} * \frac{q_u(B - t)}{4}$$

$M_\mu = ((B-t)^2/8) * q_u$

$M_\mu = ((0,8-0,1)^2/8) * 3,75$

$M_{\mu} = 0,23 \text{ ton}\cdot\text{m}$
$M_{\mu} = 22968,75 \text{ kg}\cdot\text{cm}$
$V_u = ((B-t)/2) \cdot q_u$
$V_u = 1,31 \text{ ton}$
$q = 1 - \sqrt{1 - \frac{2M_u}{\phi f'_c \cdot b \cdot d^2}}$
$q = 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 22968,7}{0,9 \cdot 210 \cdot 80 \cdot 10^2}}$
$q = 0,015$

Cuantía de diseño
$p = \frac{q \cdot f'_c}{f_y}$
$p = 0,0011$
$p = 0,0011 < p(\text{Temp})$

Capacidad en compresion
$\phi P_n = \phi 0,80 (8,85 f'_c (A_g - A_{st}) + A_{st} f_y)$
$\phi = 0,65$
$A_g = 20 \cdot 20$
$A_g = 400 \text{ cm}^2$
$A_{st} = 4 \cdot 0,71$
$A_{st} = 2,84 \text{ cm}^2$
$P_n = 40999 \text{ kgf}$
$P_n = 41 \text{ tonf} > P_u$

Area del refuerzo
Area 4#3 = 2,84 cm ²
$A_g = 400 \text{ cm}^2$
$A_c = 397,16 \text{ cm}^2$
$s = 15 \text{ cm}$
$h_c = 13 \text{ cm}$
No puede ser menor a las siguientes ecuaciones
$A_{sh} = \frac{0,3 \cdot s \cdot h_c \cdot f'_c}{f_y h} \left(\frac{A_g}{A_c} - 1 \right)$

Alimentador	Fases (cobre)			Neutro (cobre)			Tierra (Cobre)			Canalización			
	Forro	Hilos	Calibre	Forro	Hilos	Calibre	Forro	Hilos	Calibre	Tip o	Di m.(pul g)	%CV	Longitud
	THHN	2	10	THHN	1	10	THHN	1	10	PVC	1"	0,26	6,00

Medidor #1 Tablero TA	
KVA Totales	5,025
KVA Demandados	3,71
Factor de demanda	0,74
Factor de potencia	0,95
ACOMETIDA	
Línea vivas AWG	2x#10
Neutro AWG	#10
Tierra AWG	#10
Longitud	6
Voltaje nominal	120
Voltaje nominal	240
Voltaje calculado	119,68
Voltaje calculado	239,37
% Caída de voltaje	0,26

4.3. Diseño mecánico

4.3.1. Sistema agua potable

Cuadro 16. Diámetros, presiones y gastos mínimos requeridos en los puntos de alimentación de las piezas sanitarias

Pieza	Diámetro mínimo (1) (mm)	Presión mínima (2) (m)	Gasto mínimo (l/s)	
			Uso Privado	Uso Público
Bañera	18	2	0.30	
Bidet	12	3	0.10	
Ducha	12	2	0.20	0.30
Fregadero	12	2	0.20	0.30
Fuente	12	2.5	0.10	

Inodoro con tanque	12	2	0.20	
Inodoro con válvula semiautomática (3)	31	7 a 14	1.50	1.90
Lavatorio	12	2	0.15	0.20
Lavadora	12	3.5	0.30	
Llave para riego jardín	12	10	0.30	
Orinal corrido	12	2	0.075/ml	
Orinal con válvula Semiautomática	18	5 a 10	1.00	
Pileta de lavar	12	2	0.30	

(1) Diámetro interno mínimo de tubería de alimentación, (2) Presión dinámica mínima a la entrada de accesorio.

Fuente: Código de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias en Edificaciones, 2010

Caudal de diseño

$$Q = \alpha \cdot \sum Q_i + \sqrt{\sum (Q_i)^2}, i=1, \dots, n$$

$$Q = 1/2(0,15 \text{ l/s} + 0,20 \text{ l/s} + 0,20 \text{ l/s}) + \sqrt{(0,15 \text{ l/s})^2 + (0,20 \text{ l/s})^2 + (0,20 \text{ l/s})^2}$$

$$Q = 0,365 \text{ l/s}$$

Cuadro 17. Capacidades máximas recomendadas para tuberías de PVC

Diámetro nominal (mm)	Velocidad máxima (m/s)					Caudal (l/s)				
	SCH 40	SDR 13,5	SDR 17	SDR 26	SDR 32,5	SCH 40	SDR 13,5	SDR 17	SDR 26	SDR 32,5
12	1.26	1.35				0.25	0.35			
18	1.45		1.53			0.5		0.67		
25	1.63		1.72	1.74		0.91		1.17	1.25	
31			1.93	1.97				2.1	2.34	
38			2	2	2			2.84	3.12	3.22
50			2	2	2			4.44	4.88	5.04

Fuente: AMANCO, sin año

Pérdidas por fricción

$\frac{h_f}{L} = 10.675 * \frac{\left(\frac{Q}{C}\right)^{1.85}}{D^{4.87}}$
$\frac{h_f}{L} = 10.675 * \frac{\left(\frac{0.000402 \text{ m}^3/\text{s}}{140}\right)^{1.85}}{0.0182 \text{ m}^{4.87}}$
$\frac{h_f}{L} = 0.17 \text{ m/m}$
$h_f = 0.17 \frac{\text{m}}{\text{m}} * L$
$h_f = 0.17 \frac{\text{m}}{\text{m}} * 8.80 \text{ m}$
$h_f = 1.49 \text{ m}$

Suponiendo el caso de que la estructura móvil cuente con la presión mínima en la entrada del medidor (10 m), lo cual es poco común, las pérdidas por fricción obtenidas no afectarían el buen funcionamiento, ni tampoco ocasionarían que se llegue al valor de presión mínima de los aparatos sanitarios (2 m).

Pérdidas locales

$h_L = K * \left(\frac{V^2}{2g}\right)$
$h_{L \text{ codo a } 90^\circ} = 2 * 2 * \left(\frac{(1.35 \text{ m/s})^2}{2 * 9.8 \text{ m/s}^2}\right)$
$h_{L \text{ codo a } 90^\circ} = 0.37 \text{ m}$

$h_{L \text{ tee}} = 2 * 0.9 * \left(\frac{(1.35 \text{ m/s})^2}{2 * 9.8 \text{ m/s}^2} \right)$
$h_{L \text{ tee}} = 0.17 \text{ m}$

El total de pérdidas locales para el tramo considerado es 0.54 m; dada la magnitud del valor obtenido se puede llegar a la misma consideración que para el caso de las pérdidas por fricción en una estructura, es decir, las pérdidas locales obtenidas no afectan el buen funcionamiento de la red de agua potable.

4.3.2. Sistema de aguas negras

Cuadro 19. Caudales y diámetros mínimos de sifones y conductos de descarga de aparatos sanitarios

Aparato	Diámetro de sifón y conducto de descarga (mm)	Caudal de diseño (l/s)
Bañera o tina	38	0.60
Bidé	38	0.60
Ducha	50	0.60
Fregadero doméstico	38	0.60
Comercial	50	0.60
Inodoro con tanque uso residencial	100	1.50
Inodoro con válvula semiautomática	75	1.50
Lavatorio (uso residencial)	31	0.30
Lavatorio (uso colectivo)	38	0.60
Lavadora	50	0.90
Orinal corrido (por metro)	50	0.60
Orinal con válvula semi – automática de 19 mm	50	1.20
Pileta de lavar	38	0.60

Fuente: Código de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias en Edificaciones, 2010

Cuadro 20. Pendientes mínimas de los conductos de descarga, ramales y colectores

Diámetro (mm)	Pendiente mínima (%)
50	2
75	2
100	1.5
150	1.0
200	1.0

Fuente: Código de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias en Edificaciones, 2010

Caudal de diseño

$Q = \sqrt{\sum(Q_i)^2}, i=1,2 \dots n$
$Q = \sqrt{(0,60 \text{ l/s})^2 + (1,50 \text{ l/s})^2 + (0,60 \text{ l/s})^2}$
$Q = 1,72 \text{ l/s}$
$D_o = \left(\frac{Q \cdot n}{0,3117 \cdot \sqrt{S}}\right)^{3/8}$
$D_o = \left(\frac{0,00172 \text{ m}^3}{\text{s}} \cdot 0,01\right)^{3/8} / (0,3117 \cdot \sqrt{0,02})$
$D_o = 0,52 \text{ m} = 52 \text{ mm}$

Se selecciona un diámetro comercial de 50mm.

Caudal a tubo lleno

$Q_o = \left(\frac{0,3117}{n}\right) \cdot (D_o)^{8/3} \cdot \sqrt{S}$
$Q_o = \left(\frac{0,3117}{0,01}\right) \cdot (0,05 \text{ m})^{8/3} \cdot \sqrt{0,02}$

$$Q_o = 1,49 \text{ l/s}$$

Velocidad a tubo lleno

$$V_o = \frac{1}{n} * \left(\frac{D_o}{4}\right)^{\frac{2}{3}} * \sqrt{S}$$

$$V_o = \left(\frac{1}{0,01}\right) * \left(\frac{0,05}{4}\right)^{\frac{2}{3}} * \sqrt{S}$$

$$V_o = 0,76 \text{ m/s}$$

Caudal entre caudal a tubo lleno

$$\frac{Q_d}{Q_o} = \frac{1,72 \text{ l/s}}{1,49 \text{ l/s}}$$

$$\frac{Q_d}{Q_o} = 1,15$$

$$V_o = 0,76 \text{ m/s}$$

4.4. Planos



Guías Scouts de Costa Rica









LOCALIZACIÓN
EN ESCALA

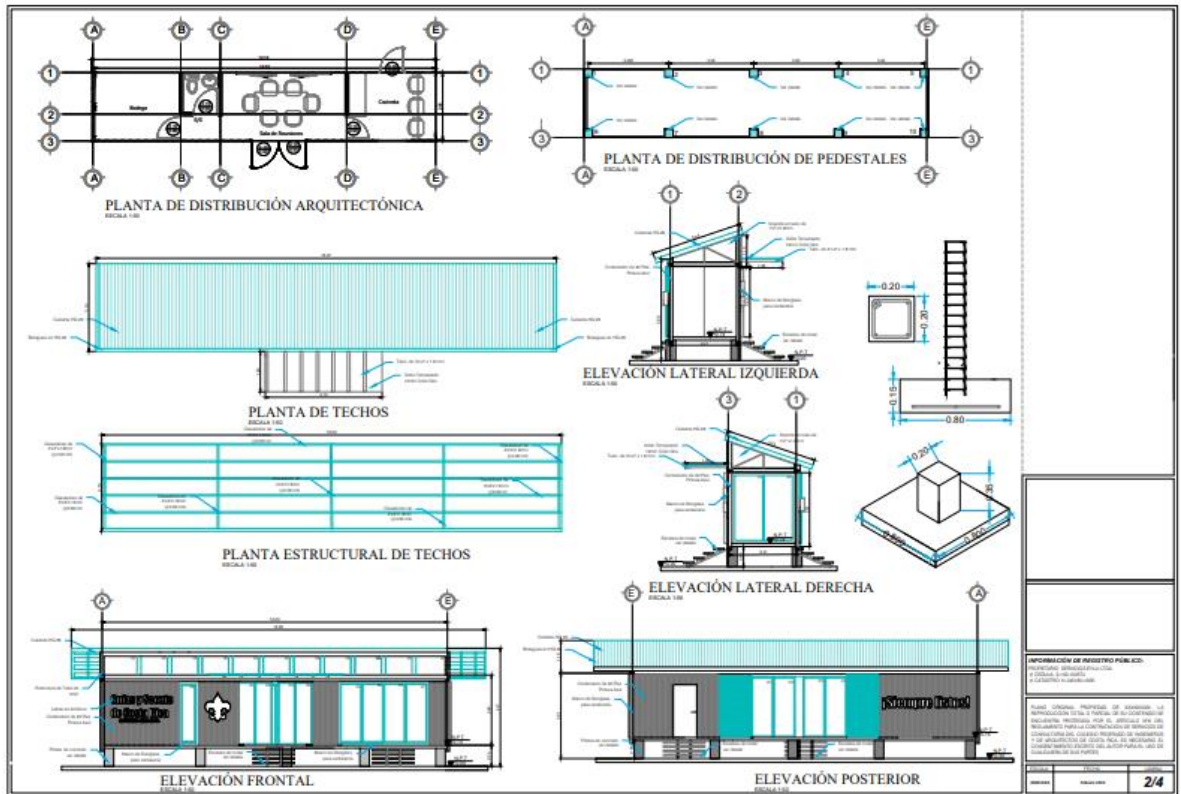


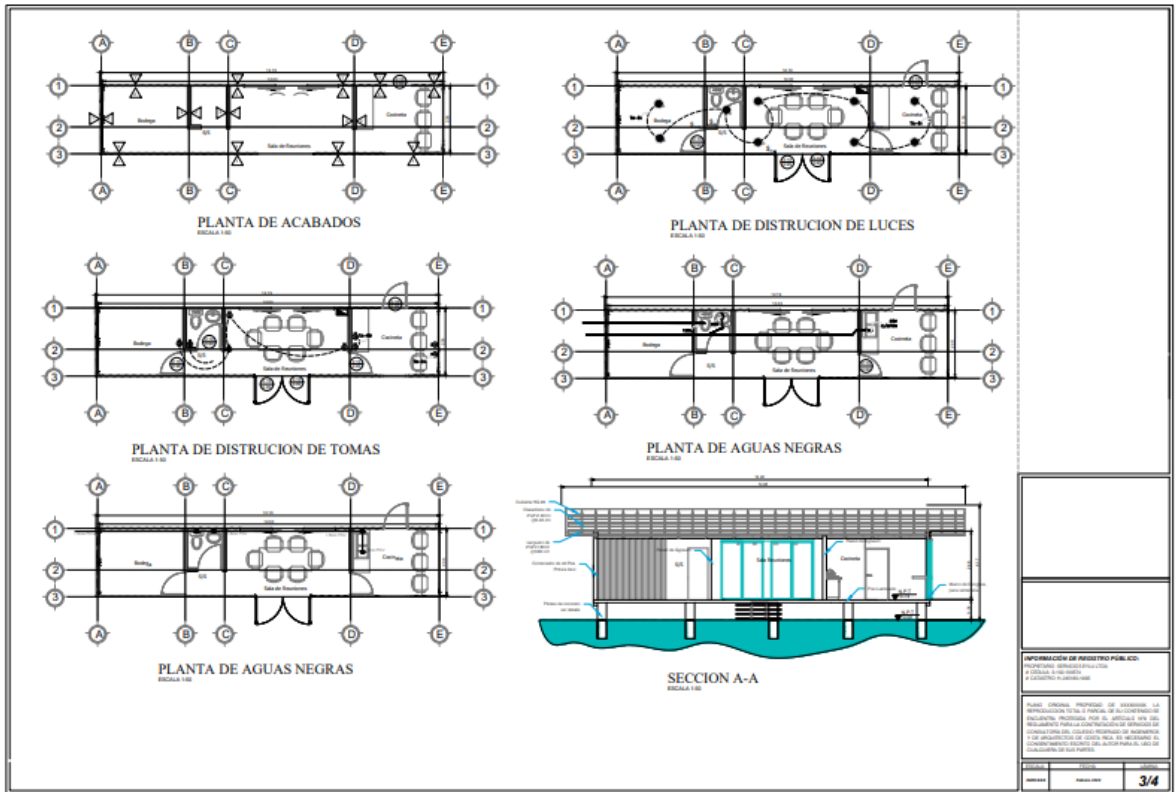
VISTAS DEL PROYECTO
EN ESCALA

INFORMACIÓN DE PROYECTO PÚBLICO
 PROYECTO: GUÍAS DE COSTA RICA
 ASESOR: [Nombre]
 APROBADO: [Fecha]

Este documento es propiedad de [Entidad] y no debe ser reproducido, distribuido, ni utilizado sin el consentimiento escrito de [Entidad]. Toda reproducción o uso no autorizado sin el consentimiento escrito de [Entidad] puede ser considerado un delito y será perseguido legalmente. Se prohíbe la explotación económica de este documento sin el consentimiento escrito de [Entidad].

AUTOR	FECHA	PÁGINA
[Nombre]	[Fecha]	1/4





4.5. Presupuesto



Fecha de cálculo:		
Área total	m2	50,43
Áreas externas	m2	
Acceso	m2	

SECCION 1. COSTOS DIRECTOS					
	DESCRIPCION DE PARTIDAS	UNID.	CANT TOTAL	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL POR ACTIVIDAD
1	PRELIMINARES				
	SUBTOTAL				380 000,00
2	MOVIMIENTOS DE TIERRA				
	SUBTOTAL				300 000,00
3	CIMENTOS				
	SUBTOTAL				500 000,00
4	INSTALACION DE CONTENEDOR				
	SUBTOTAL				4 000 000,00
5	METALES				
	SUBTOTAL				2 800 013,16

6	PROTECCIÓN TÉRMICA Y DE HUMEDAD	
	SUBTOTAL	1 828 000,00
7	CANOAS	
	SUBTOTAL	500 000,00
8	PUERTAS Y VENTANAS	
	SUBTOTAL	2 000 000,00
9	PAREDES LIVIANAS	
	SUBTOTAL	333 200,00
10	LOZA SANITARIA	
	SUBTOTAL	214 000,00
11	SISTEMA MECÁNICO	
	SUBTOTAL	2 300 000,00
12	SISTEMA ELÉCTRICO	
	SUBTOTAL	1 632 000,00
GRAN TOTAL OFERTA SIN IVA SERVICIOS		₡ 16 787 213,16

5. Capítulo 5: Conclusiones y recomendaciones

5.1.1. Conclusiones

Se lograron recopilar los requerimientos funcionales para un campamento móvil para los Guías y Scouts considerando todas las necesidades que un grupo de estos requiere, entre los cuales está un espacio de almacenamiento (bodega), un área de reuniones, un baño y un sitio para la preparación de meriendas.

Se elaboró el diseño civil del campamento móvil para los Guías y Scouts, cumpliendo con todas las normativas nacionales vigentes, Código Sísmico de Costa Rica, Código Eléctrico y Código de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias en Edificaciones. Dentro de los diseños se consideró una capacidad cortante de 5 ton, tomando esto como un dato conservador.

Se elaboró un presupuesto de los costos de construcción para el diseño civil propuesto a los Guías y Scouts de San Lorenzo de Heredia.

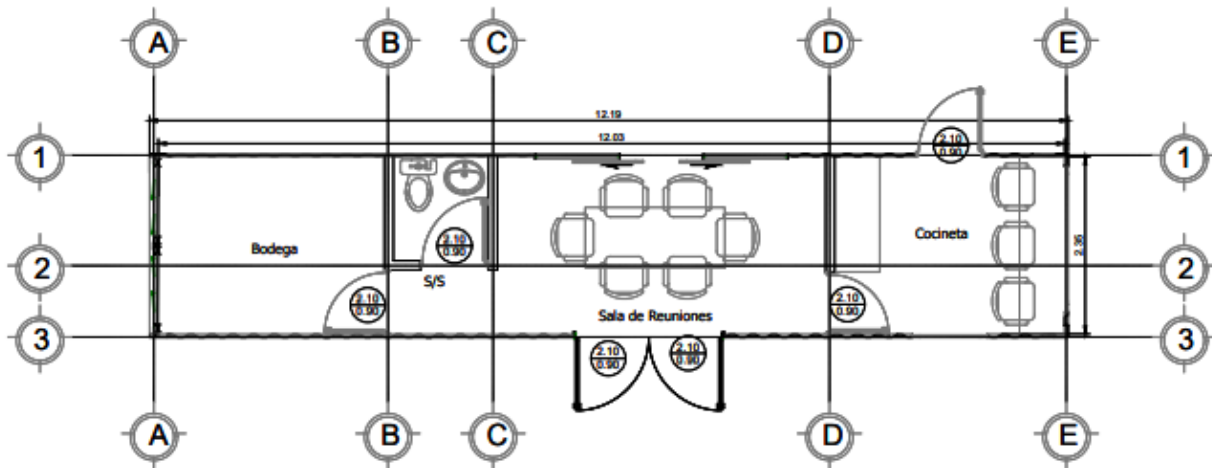
5.1.2. Recomendaciones

Se recomienda a próximos diseñadores contemplar para futuras remodelaciones del sistema constructivo campamento móvil para los Guías y Scouts contemplar la implementación de tecnologías verdes como son los paneles solares.

Se recomienda a futuros diseñadores contemplar e incluir un sistema de tratamiento de aguas que sea móvil para complementar el concepto del sistema constructivo campamento móvil para los Guías y Scouts y que sea un solo conjunto al momento de trasladar las instalaciones.

6. Anexos

6.1. Anexo 1. Diseño de planos arquitectónicos

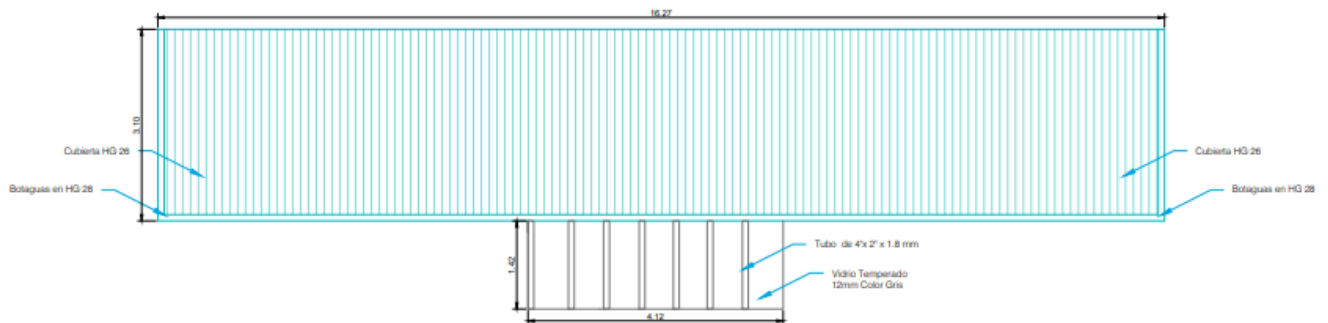


PLANTA DE DISTRIBUCIÓN ARQUITECTÓNICA

 ESCALA 1:50

6.2. Anexo 2. Diseño Estructural

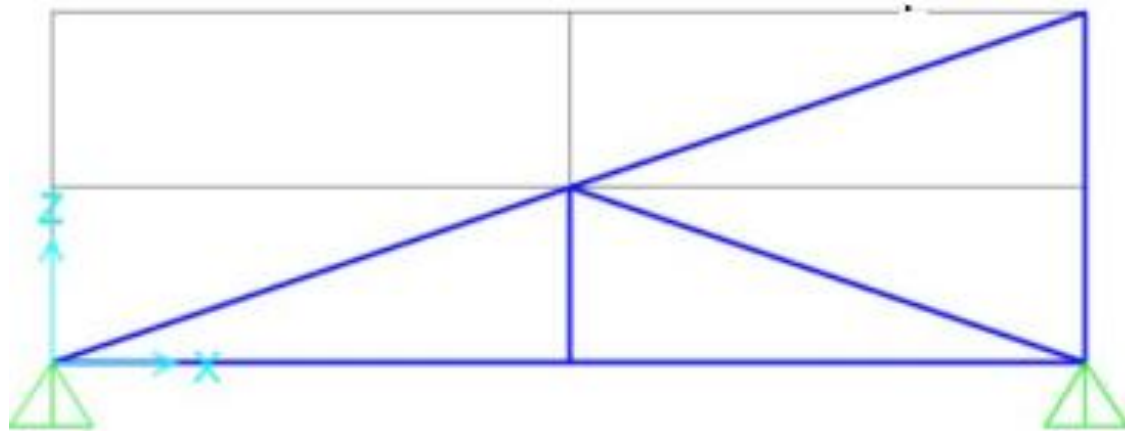
6.2.1. Estructura de techos



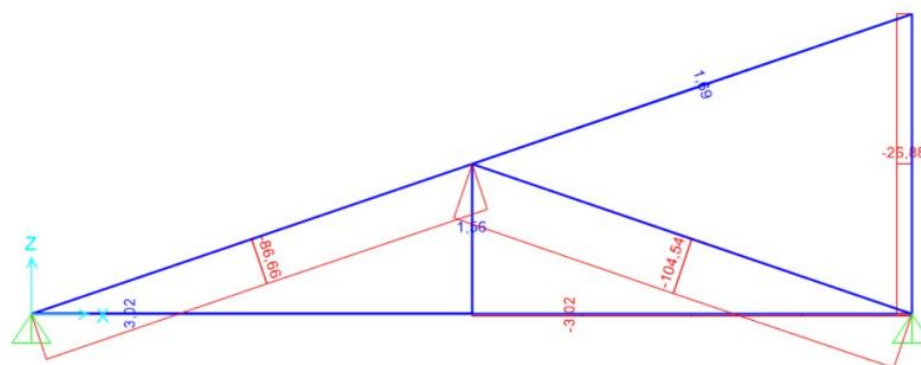
PLANTA DE TECHOS

 ESCALA 1:50

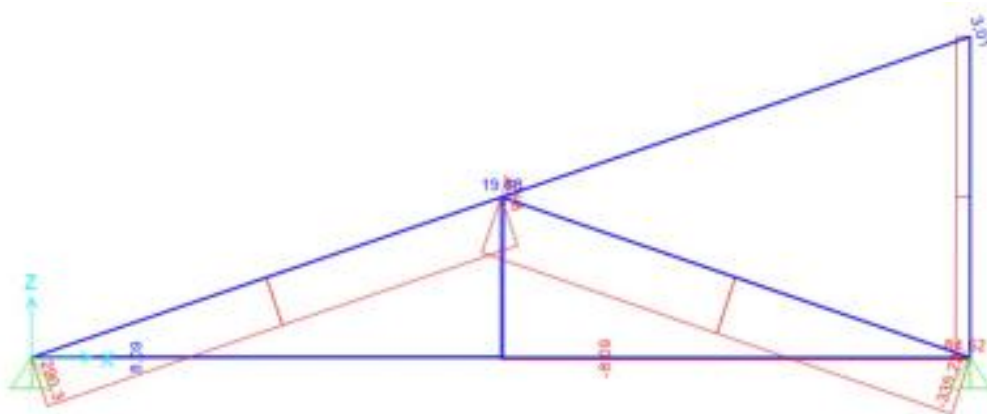
6.3.2. Propuesta Geométrica de Cercha



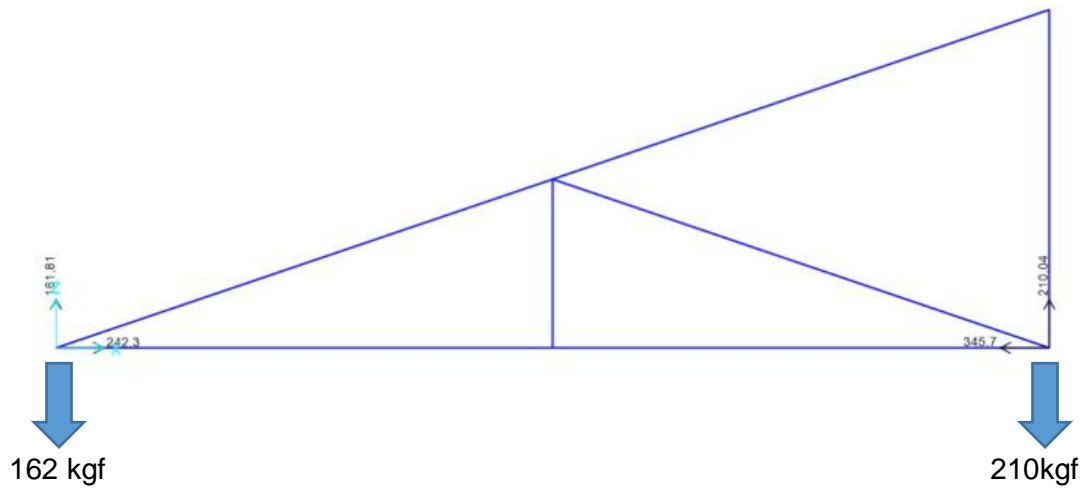
6.3.3. Diagrama Axial Combo 1



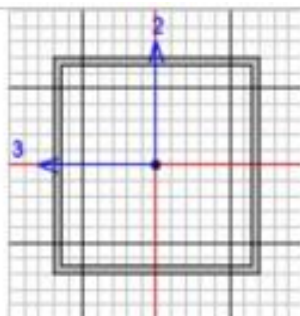
6.3.4. Diagrama Axial Combo 2



6.3.5. Reacción de los apoyos



6.3.6. Resultados arrojados por SAP2000



Units Kgf, m, C

AISC 360-16 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)

Units : Kgf, m, C

Frame : 11 X Mid: 2,43 Combo: DSTL2 Design Type: Brace
 Length: 1,711 Y Mid: 0, Shape: tubo 50x50x1,8 Frame Type: SMF
 Loc : 1,711 Z Mid: 0,275 Class: Compact Princpl Rot: 0, degrees

Provision: LRFD Analysis: Direct Analysis Reduction: Tau-b Fixed
 D/C Limit=0,95 2nd Order: General 2nd Order EA factor=0,8 EI factor=0,8
 AlphaPr/Py=0,04 AlphaPr/Pe=0,035 Tau_b=1,

PhiB=0,9 PhiC=0,9 PhiTY=0,9 PhiTF=0,75
 PhiS=0,9 PhiS-RI=1, PhiST=0,9

A=3,470E-04 I33=0, r33=0,02 S33=5,383E-06 Av3=1,800E-04
 J=0, I22=0, r22=0,02 S22=5,383E-06 Av2=1,800E-04
 E=2,039E+10 Fy=23147557,56 Ry=1, z33=6,276E-06
 RLLF=1, Fu=31611201,96 z22=6,276E-06

HSS Welding: ERW Reduce HSS Thickness? No

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo DSTL2)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
1,711	-322,673	-2,978	0,	4,921	0,	0,

PHI DEMAND/CAPACITY RATIO (H1-1b)

D/C Ratio: 0,055 = 0,032 + 0,023 + 0,
 $= (1/2) (Pr/Pc) + (Mr33/Mc33) + (Mr22/Mc22)$

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1-1b)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,
Minor Bending	1,	1,	1,	1,	1,	1,

LTB	Lltb	Kltb	Cb
	1,	1,	2,722

Axial	Pu Force	phi*Pnc Capacity	phi*Pnt Capacity
	-322,673	8026,817	7229,816

Major Moment	Mu Moment	phi*Mn Capacity	phi*Mn No LTB	phi*Mn Cb=1
	-2,978	130,74	130,74	130,74
Minor Moment	0,	130,74		

Torsion	Tu Moment	Tn Capacity	phi*Tn Capacity
	0,	115,846	104,262

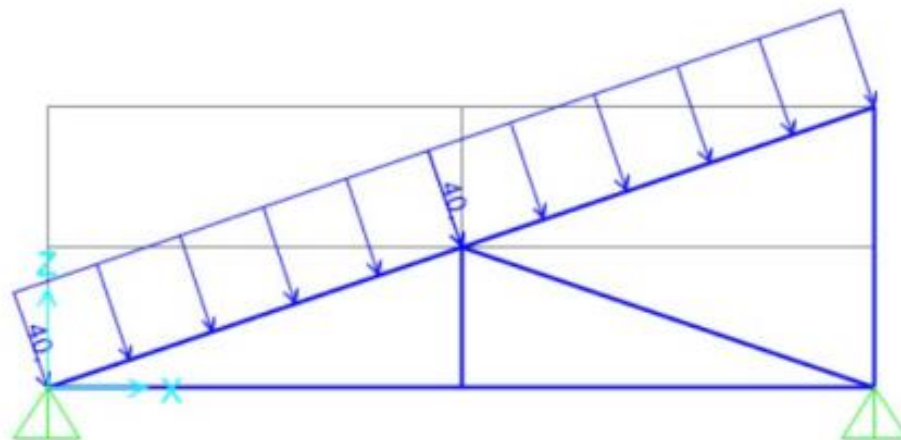
SHEAR CHECK

Major Shear	Vu Force	phi*Vn Capacity	Stress Ratio	Status Check
	4,921	2087,947	0,002	OK
Minor Shear	0,	2087,947	0,	OK

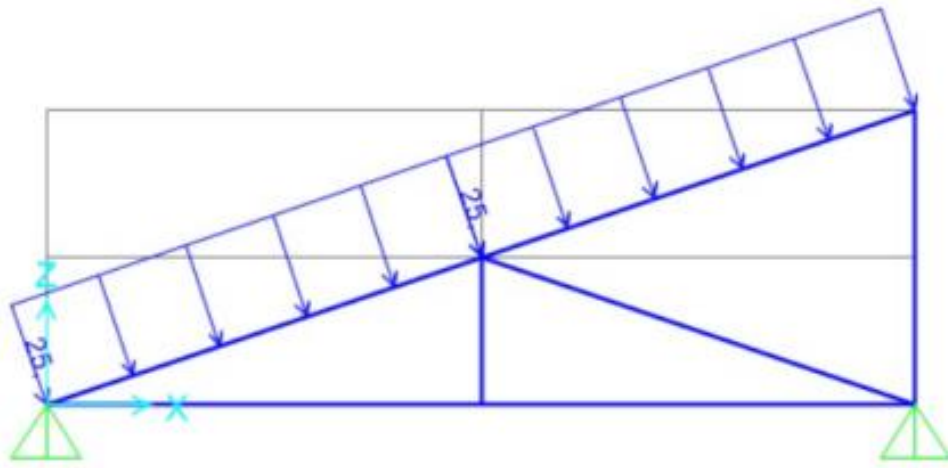
BRACE MAXIMUM AXIAL LOADS

Axial	P Comp	P Tens
	-322,673	0,

6.3.7. Aplicación de la Carga Temporal

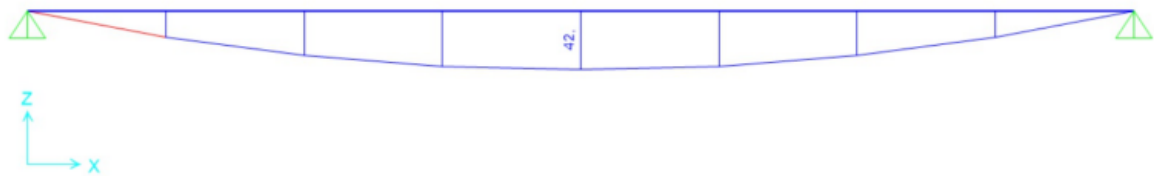


6.3.8. Aplicación de la Carga Permanente

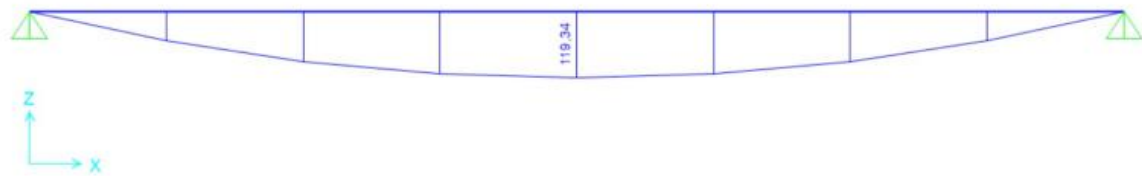


6.3.9. Diseño por Flexión de Clavadores @60cm

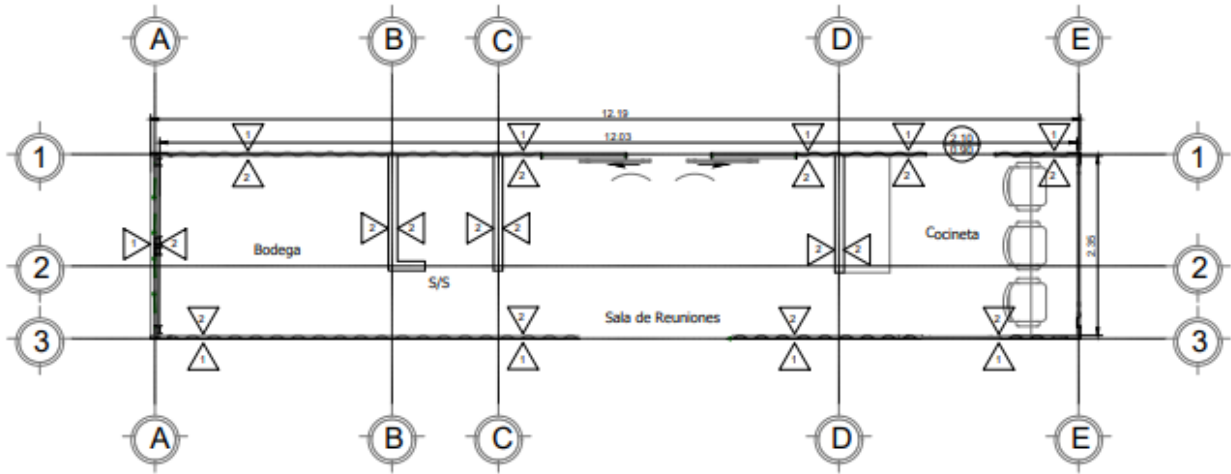
CU1



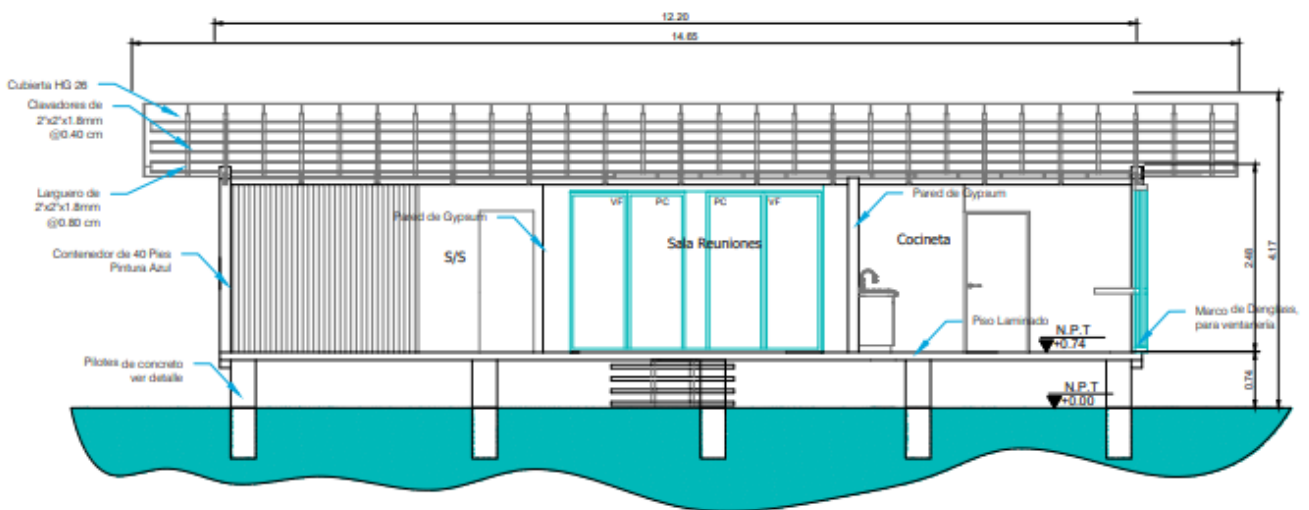
CU2



6.4. Anexo 4. Estructura de paredes y piso



PLANTA DE ACABADOS
 ESCALA 1:50



SECCION A-A
 ESCALA 1:50

7. Referencias

- Acuña, M. S. (2015). "El contenedor: módulo de alojamiento en la Sede del Catie, Turrialba, Costa Rica". Turrialba, Costa Rica. Obtenido de <http://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080/jspui/handle/123456789/2652>
- García, M. d. (2017). "Construcción Sostenible con Contenedores". Sevilla. Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/157761349.pdf>
- Murga, S. R. (2019). "Construcción Modular Con Contenedores Marítimos". Viña Del Mar. Obtenido de <https://repositorio.usm.cl/bitstream/handle/11673/48859/3560901064881UTFSM.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Páez, J. D. (2014). : "Elemento De Unión Para Contenedores De Carga Marítimos Uso De Estructuras Recicladas Para Construcción De Edificaciones En Altura". Obtenido de https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/23041/TRABAJO_FINAL_DE_MASTER_10_JAIR_INFANTE.pdf?sequence=7&isAllowed=y
- Vallejo, L. G. (2017). "Viviendas de interés social mediante la utilización de contenedores marítimos en zonas vulnerables de la sierra centro del Ecuador". Ambato. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/24804>
- Vargas, S. J. (2019). Estudio comparativo de la producción de CO2 para propuesta de vivienda unifamiliar, entre un sistema a base de contenedores y el otro a base del diseño simplificado del CSCR-2010". Coronado, Costa Rica. Obtenido de <http://biblioteca.ufidelitas.ac.cr/ufidelitas/Home/BusquedaAvanzadaPorBiblioteca?campo1=0&termino1=dise%C3%B1o%20con%20contenedores&nombrebib=UNIVERSIDAD%20FIDELITAS&idbiblioteca=1&idtipomaterial=2®istros=1>
- Colegio Federado de Ingenieros y de Arquitectos de Costa Rica. (2010). Código Sísmico de Costa Rica. En Capítulo 13 Cimentaciones. En 13.10 Cimentaciones para viviendas. (5a.ed ed.). Cartago, Costa Rica: Tecnológico de Costa Rica. Obtenido de <https://www.codigosismico.or.cr/descargas/CSCR2010.pdf>

Colegio Federado de Ingenieros y de Arquitectos de Costa Rica. (2010). Código Sísmico de Costa Rica. En Capítulo 14 Sistemas y componentes no estructurales. (5a.ed ed., Vol. Revisión 2014). Cartago, Costa Rica: Tecnológica de Costa Rica. Obtenido de <https://www.codigosismico.or.cr/descargas/CSCR2010.pdf>

Colegio Federado de Ingenieros y de Arquitectos de Costra Rica. (2010). Código Sísmico de Costa Rica. En Capítulo 17 Vivienda unifamiliar (5a.ed ed.). Cartago, Costa Rica: Técnica de Costa Rica. Obtenido de <https://www.codigosismico.or.cr/descargas/CSCR2010.pdf>

Escobar, J. O. (2019). Construcción De Viviendas Bio-Sostenibles A Partir De Contenedores Reutilizados Y Transformados. Obtenido de https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/17911/4/2020_Construcci%C3%B3n_viviendas_bio-sostenibles.pdf

Fernández, A. T. (2013). La evolución de la construcción y sus materiales. Obtenido de <https://obras.expansion.mx/arquitectura/2013/10/29/la-evolucion-de-la-construccion-y-sus-materiales>

Ma. Soledad Franco. (s.f.). Espacio&Confort - Arquitectura y decoración. Creatividad de bajo costo. Obtenido de Espacio&Confort - Arquitectura y decoración: <https://www.espacioyconfort.com.ar/casas/creatividad-de-bajo-costo.html>

Structuralia, S.A. (2021). Arquitectura con contenedores: ¿Técnica de construcción o reciclaje? Obtenido de <https://blog.structuralia.com/arquitectura-y-reciclaje-obras-singulares-construidas-con-contenedores-maritimos>