



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
CARRERA INGENIERÍA CIVIL**

“DISEÑO ESTRUCTURAL DE UNA VIVIENDA RESIDENCIAL DE
DOS PLANTAS USANDO PANELES DE AISLAMIENTO
ESTRUCTURAL DE ÓXIDO DE MAGNESIO (SIP MGO) BASADO
EN LA NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN (NEC-
2015)”

**PROYECTO PRÁCTICO DEL EXAMEN COMPLEXIVO
“TRABAJO DE INVESTIGACIÓN”**

AUTOR:

SOTO LA ROSA ANGÉLICA DENISSE

TUTOR:

ING. RAMÍREZ PALMA RICHARD IVÁN MSc.

LA LIBERTAD, ECUADOR

2021

UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

TEMA:

**DISEÑO ESTRUCTURAL DE UNA VIVIENDA
RESIDENCIAL DE DOS PLANTAS USANDO PANELES
DE AISLAMIENTO ESTRUCTURAL DE ÓXIDO DE
MAGNESIO (SIP MGO) BASADO EN LA NORMA
ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN (NEC-2015)**

**PROYECTO PRÁCTICO DEL EXAMEN COMPLEXIVO
“TRABAJO DE INVESTIGACIÓN”**

AUTOR:

SOTO LA ROSA ANGÉLICA DENISSE

TUTOR:

ING. RAMÍREZ PALMA RICHARD IVÁN MSc.

LA LIBERTAD, ECUADOR

2021

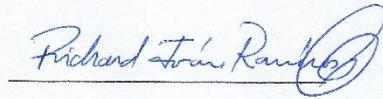
TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN



Ing. Jonny Villao Borbor MSc.

DIRECTOR DE CARRERA



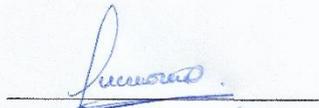
Ing. Richard Ramírez Palma MSc.

DOCENTE TUTOR



**Ing. Vianna Pinoargote Rovello
MSc.**

DOCENTE ESPECIALISTA



Ing. Lucrecia Moreno Alcívar Mg.

SECRETARIA DEL TRIBUNAL

“Dedico este presente trabajo a todas las personas que me han apoyado en el transcurso de este período de tiempo, a aquellos que han creído en mí y me han dado fuerza para no desmallar.”

CARTA DE ORIGINALIDAD

CARTA DE ORIGINALIDAD

Ing. Jonny Raúl Carlos Villao Borbor, MSc.
Director de la Carrera de Ingeniería Civil
Universidad Estatal Península de Santa Elena

Cumpliendo con los requisitos exigidos, envío a Uds. La tesina titulada, “**Diseño Estructural de una vivienda residencial de dos plantas usando Paneles de Aislamiento Estructural de Óxido de Magnesio (SIP MgO) basado en la Norma Ecuatoriana de la Construcción (Nec-2015)**”, para que se considere la Sustentación, señalando lo siguiente:

1. La investigación es original.
2. No existen compromisos ni obligaciones financieras con organismos estatales ni privados que puedan afectar el contenido, resultados o conclusiones de la presente Investigación.
3. Constatamos que la persona designada como autor es el responsable de generar la versión final de la investigación.
4. El Tutor certifica la originalidad de la investigación y el desarrollo de la misma cumpliendo con los principios éticos.

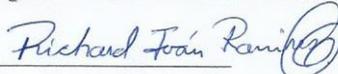
Autor: Soto La Rosa Angélica Denisse

Firma: 

N.º de Cédula: 2400255317

Correo: angelica.sotolarosa@upse.edu.ec – angelical2222015@gmail.com

Tutor: Ing. Ramírez Palma Richard Iván MSc.

Firma: 

N.º de cédula: 0912248451

Correo: rramirez@upse.edu.ec

AGRADECIMIENTO

En primera instancia agradezco a Dios por la fuerza que me ha dado y aún me da para seguir adelante y sin desfallecer.

Agradezco a mis padres por todo el apoyo que me han brindado, a mis tíos y tías que a pesar de no saber cómo ayudarme, seguían animándome. A los hermanos de la iglesia que me respaldaban con sus oraciones.

Agradezco al ing. Richard Ramírez, que me apoyó hasta el final en este período de tiempo.

Agradezco a todos aquellos que incluso en la distancia me brindaban apoyo moral y buenos deseos.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
CARTA DE ORIGINALIDAD	iv
AGRADECIMIENTO	v
TABLA DE CONTENIDO	vi
LISTA DE TABLAS	ix
LISTA DE FIGURAS	xi
RESUMEN.....	xiv
ABSTRACT	xv
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	1
1.1. Planteamiento del problema	4
1.2. Justificación de la investigación	5
1.3. Objetivos	6
1.3.1. Objetivo General	6
1.3.2. Objetivos Específicos.....	6
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	7
2.1. SISTEMA ESTRUCTURAL	7
2.2. PANEL SIP MGO	8
2.3. METODOLOGÍA CONSTRUCTIVA SIP MGO	9
2.3.1. Cimentación.	10
2.3.2. Instalación de soleras.	10
2.3.3. Instalación del panel esquinero.	12
2.3.4. Unión de paneles de muro.....	13
2.3.5. Instalación de puertas y ventanas.....	16
2.3.6. Instalación de solera superior.....	16
2.3.7. Instalación de paneles de losa para segundo piso.	17
2.3.8. Unión de muro y techo.....	19

2.3.9.	Instalaciones eléctricas y sanitarias.....	20
2.4.	DISEÑO POR ESTADOS LÍMITES	21
2.4.1.	Estado Límite de Agotamiento Resistente	21
2.4.2.	Estado Límite de Servicio	22
2.5.	CARGAS.....	22
2.5.1.	Cargas permanentes (Carga Muerta).....	22
2.5.2.	Carga Viva.	22
2.5.3.	Carga Sísmica.....	23
2.5.4.	Combinaciones de Cargas	23
2.6.	DISEÑO SÍSMICO	24
2.6.1.	Zonificación sísmica y factor de zona Z	24
2.6.2.	Tipos de perfiles de suelo.....	25
2.6.3.	Coeficiente de perfil de suelo.....	26
2.6.4.	Espectro de diseño Sa.....	27
2.6.5.	Cortante Basal V	29
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA, RESULTADOS Y DISCUSIÓN		33
3.1.	DETERMINACIÓN DE CARGAS	33
3.2.	DISEÑO SÍSMICO	34
3.3.	CIMENTACIÓN	37
3.4.	RESISTENCIA TEÓRICA DE LA ESTRUCTURA.	38
3.4.1.	Cargas Axiales y Transversales.	40
3.4.2.	Esfuerzos cortantes.....	40
3.5.	DISEÑO ESTRUCTURAL DE LA EDIFICACIÓN.....	41
3.5.1.	Características de los elementos.....	42
3.5.2.	Asignación de cargas.....	46
3.5.3.	Modelado de la estructura SIP	48
3.6.	ANÁLISIS ESTRUCTURAL	49
3.6.1.	Verificación de derivas	49
3.6.2.	Capacidad de muros y losas a compresión y cortante.....	51
3.6.3.	Verificación de deflexiones en losa y cubierta	54
3.6.4.	Verificación de perfiles de acero a flexión	56

3.7.	ANÁLISIS DE RESULTADOS	60
3.8.	ANÁLISIS DE COSTOS	65
CAPÍTULO IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		69
5.1.	CONCLUSIONES.....	69
5.2.	RECOMENDACIONES	71
BIBLIOGRAFÍA		72
ANEXOS		76

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Medidas de los paneles y sus características.....	8
Tabla 2 Elementos usados para la construcción de viviendas SIP.....	8
Tabla 3 Valores del factor Z.....	25
Tabla 4 Clasificación de los perfiles de suelo	25
Tabla 5 Tipo de suelo y factores de sitio Fa.....	26
Tabla 6 Tipo de suelo y factores de sitio Fd	26
Tabla 7 Tipo de suelo y factores del comportamiento no lineal del subsuelo Fs.....	27
Tabla 8 Coeficiente de importancia I	30
Tabla 9 Coeficiente de reducción R	31
Tabla 10 Coeficientes de configuración en planta y elevación.....	32
Tabla 11 Carga permanente CM de la estructura	33
Tabla 12 Valores de coeficientes Fa, Fd y Fs	35
Tabla 13 Valores respectivos al Espectro de Respuesta Sa	35
Tabla 14 Cortante basal.....	37
Tabla 15 Dimensiones y refuerzos mínimos de la cimentación corrida	38
Tabla 16 Factores de Reducción de Resistencia	38
Tabla 17 Factores de Reducción por Resistencia.....	39
Tabla 18 Factores de Minoración.....	39
Tabla 19 Cargas Axiales y Transversales	40
Tabla 20 Esfuerzos Cortantes.....	40
Tabla 21 Características de los elementos del sistema SIP.....	42
Tabla 22 Cargas de Viento W	47
Tabla 23 Coeficiente de forma Cf.....	47
Tabla 24 Deriva máxima de piso.....	50
Tabla 25 Desplazamiento de entrepiso en X.....	50
Tabla 26 Desplazamiento de entrepiso en Y	51
Tabla 27 Capacidad de muro fachada	52

Tabla 28 Capacidad de losa de entrepiso	54
Tabla 29 Deflexión máxima en losa y cubierta.....	55
Tabla 30 Propiedades del perfil C	58
Tabla 31 Propiedades del perfil H.....	60
Tabla 32 Derivas de piso.....	61
Tabla 33 Deflexiones máximas en cada sistema constructivo.....	62
Tabla 34 Deflexiones máximas en conexiones entre paneles	63
Tabla 35 Presupuesto – Sistema con paneles SIP y perfiles de acero.....	65
Tabla 36 Presupuesto - Sistema con paneles SIP y entramados de madera.....	66
Tabla 37 Comparación de precios del sistema constructivo con paneles SIP.....	67
Tabla 38 Derivas de piso- Sistema de Paneles SIP con Perfiles de Acero.....	76
Tabla 39 Derivas de piso - Sistema de Paneles SIP con Entramados de Madera	77
Tabla 40 Capacidad de carga	78
Tabla 41 Cronograma - Sistema de Paneles SIP con Perfiles de Acero	78
Tabla 42 Cronograma - Sistema de Paneles SIP con Entramados de Madera.....	80

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 Estructuración vivienda SIP	7
Figura 2 Instalación de soleras de madera.	10
Figura 3 Instalación de solera inferior con perfil de acero galvanizado.	11
Figura 4 Conexión a la fundación con soleras y conexiones de madera.....	11
Figura 5 Instalación de panel con solera o conexión metálica.....	11
Figura 6 Puesta del panel esquinero.....	12
Figura 7 Instalación panel vertical	13
Figura 8 Unión mediante clavijas	13
Figura 9 Unión H	14
Figura 10 Unión doble o pie derecho.....	14
Figura 11 Unión mini SIP	14
Figura 12 Encuentro en muros	15
Figura 13 Unión de muro SIP T.....	15
Figura 14 Instalación vanos de puertas y ventanas	16
Figura 15 Instalación de soleras superiores de madera.....	16
Figura 16 Instalación de solera superior con perfiles de acero.	17
Figura 17 Vigas de madera	17
Figura 18 Conectores y vigas de entrepiso	18
Figura 19 Conexión segundo piso y techo.....	18
Figura 20 Vigas de acero.	18
Figura 21 Aleros de techo de una o varias aguas	19
Figura 22 Conexión techo a techo.....	19
Figura 23 Conexión techo a muro vertical.....	20
Figura 24 Instalación eléctrica y sanitaria.....	20
Figura 25 Sellado de juntas	21
Figura 26 Mapa de zonificación sísmica.....	24

Figura 27 Espectro de diseño de aceleración Sa	27
Figura 28 Espectro de Respuesta Sa	36
Figura 29 Tipos de cimentación.....	38
Figura 30 Planta arquitectónica	41
Figura 31 Elevación Fachada Frontal	41
Figura 32 Elevación Fachada Posterior	41
Figura 33 Elevación Fachada Lateral Derecha	42
Figura 34 Elevación Fachada Lateral Izquierda	42
Figura 35 Propiedades de los materiales.....	44
Figura 36 Sección de muros tipo Shell	45
Figura 37 Propiedades de los perfiles de acero.....	45
Figura 38 Casos de cargas definidos en ETABS	46
Figura 39 Asignación del cortante Basal	46
Figura 40 Asignación de cargas de viento.	48
Figura 41 Modelado vivienda SIP	49
Figura 42 Desplazamientos SX y SY.....	50
Figura 43 Esfuerzo actuante S11 en panel SIP	51
Figura 44 Esfuerzo actuante S22 en panel SIP	52
Figura 45 Esfuerzo actuante S12 en panel SIP	52
Figura 46 Esfuerzo actuante S11 en losa	53
Figura 47 Esfuerzo actuante S22 en losa	53
Figura 48 Esfuerzo actuante S12 en losa	54
Figura 49 Deflexión aplicada en losa y cubierta.....	56
Figura 50 Perfil C Losa y Cubierta	57
Figura 51 Dimensiones perfil C	57
Figura 52 Perfil H losa y cubierta	59
Figura 53 Dimensiones perfil H.....	59
Figura 54 Flecha máxima en losa y cubierta - Sistema SIP con perfiles de acero....	61
Figura 55 Flecha máxima en losa y cubierta - Sistema SIP con entramados de madera	62
Figura 56 Deflexiones en perfiles de acero.....	63
Figura 57 Momento flector máximo y deflexiones en los entramados de madera ...	64
Figura 58 Comparación de precios por m2 de cada sistema.....	67
Figura 59 Porcentaje de cada Rubro	81

Figura 60 APU trazado y replanteo.....	82
Figura 61 APU Excavación manual.....	82
Figura 62 APU Relleno compactado	83
Figura 63 APU Replanteo	83
Figura 64 APU Contrapiso 180 kg/cm ²	84
Figura 65 APU Perfiles de acero.....	84
Figura 66 APU Entramados de madera	85
Figura 67 APU Paneles SIP	85
Figura 68 APU Punto de luz	86
Figura 69 APU Punto de tomacorriente.....	87
Figura 70 APU Punto de agua potable.....	88
Figura 71 APU Punto de agua servida.....	88
Figura 72 APU Piezas sanitarias.....	89
Figura 73 APU Puertas y ventanas	89

“DISEÑO ESTRUCTURAL DE UNA VIVIENDA RESIDENCIAL DE DOS PLANTAS USANDO PANELES DE AISLAMIENTO ESTRUCTURAL DE ÓXIDO DE MAGNESIO (SIP MgO) BASADO EN LA NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN (NEC-2015)”

Autor: Soto La Rosa Angélica Denisse

Tutor: Ing. Ramírez Palma Richard Iván

RESUMEN

En el Ecuador la construcción de viviendas residenciales es un área muy importante, ya que en nuestro país es muy demandada la construcción de las mismas para personas de bajos recursos económicos, por ello, el emplear nuevos sistemas constructivos que faciliten la construcción de viviendas, y sobre todo que agilicen el tiempo en la mano de obra, es una de las ventajas que poseen dichos sistemas. El presente trabajo tiene como objetivo realizar un diseño estructural de una vivienda residencial de dos plantas usando un material novedoso en el área constructiva moderna como lo son los paneles de aislamiento estructural de óxido de magnesio, en el cual nos basaremos en la normativa ecuatoriana NEC-2015 y proyectando un desempeño estructural que se asemeje al real en el programa ETABS, estableciendo parámetros mínimos requeridos para el diseño del mismo de tal forma que estructuralmente la edificación sea segura y eficiente, determinando también las ventajas y desventajas que posee el material a emplear ya montado tratando de demostrar si esta metodología es apta para ejecutar en futuros trabajos de construcción de viviendas en el Ecuador.

Palabras Claves: *Sistemas Constructivos, Estados límites, Desempeño estructural, Cargas, Resistencia teórica, Capacidad.*

“STRUCTURAL DESIGN OF A TWO-FLOOR RESIDENTIAL HOUSE USING MAGNESIUM OXIDE STRUCTURAL INSULATION PANELS (SIP MgO) BASED ON THE ECUADORIAN CONSTRUCTION STANDARD (NEC-2015)”

Autor: Soto La Rosa Angélica Denisse

Tutor: Ing. Ramírez Palma Richard Iván

ABSTRACT

In Ecuador, the construction of residential housing is a very important area, since in our country the construction of the same is highly demanded for people with low economic resources, therefore, the use of new construction systems that facilitate the construction of housing, and especially that they speed up the time in the labor force, is one of the advantages that these systems possess. The objective of this work is to carry out a structural design of a two-story residential house using a new material in the modern construction area such as magnesium oxide structural insulation panels, in which we will base ourselves on the Ecuadorian NEC- 2015 and projecting a structural performance that resembles the real one in the ETABS program, establishing minimum parameters required for its design in such a way that the building is structurally safe and efficient, also determining the advantages and disadvantages of the material to be used and mounted trying to demonstrate if this methodology is suitable to execute in future works of construction of houses in Ecuador.

Keywords: Construction Systems, Limit States, Structural Performance, Loads, Theoretical Strength, Capacity.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

Con el paso del tiempo, la industria de la construcción ha ido evolucionando considerablemente, experimentando cambios significativos como es el caso de la implementación de nuevos sistemas constructivos que hacen uso de materiales producidos en serie (prefabricados), según Cabrera (2010), la prefabricación es el único modo industrial de acelerar masivamente la construcción de edificaciones por su facilidad de instalación, permitiéndose un ahorro de tiempo considerable en su ejecución.

Como manifiesta Ghazali & Azree, (2018), los edificios que usamos hoy en día consumen cantidades significativas de materiales y energía, para construir, e incluso en su vida operativa. LiPeixian et al, (2018) expone que las preocupaciones de sostenibilidad han impulsado las innovaciones para mejorar la eficiencia energética de los edificios, mientras que los avances en la prefabricación de materiales mejoran la velocidad, el costo y la calidad de las edificaciones (Organizacion de las Naciones Unidas, 2021).

La implementación del sistema constructivo de paneles de aislamiento estructural SIP es una de las tecnologías que puede lograr mejorar el rendimiento de un edificio, además es un sistema de construcción de alto rendimiento para obras ligeras de construcción residencial y comercial (Ghazali & Azree, 2018).

Los paneles estructurales SIP fueron introducidos en 1935 en los laboratorios de productos forestales (FPL) en Madison, Wisconsin, USA, como nos muestra Mohammad et al, (2012), donde los ingenieros experimentaron con el uso de tableros contrachapados y maderas duras de revestimientos dando como resultado una sección de un muro con carga estructural que podría ser usada tanto en paredes, techos y pisos, e incluso con estructuras de marcos de acero y concreto, ofreciendo una serie de ventajas sobre el encuadre convencional de la vivienda (CaSIP, 2018; CHILE.CUBICA, 2009).

Los paneles de aislamiento estructural SIP están compuestos por un núcleo de poliestireno expandido de alta densidad (EPS HD), que se encuentra entre dos placas estructurales que pueden ser de OSB (Oriented Strand Board), contrachapados, fibrocemento u Óxido de magnesio, entre otros; y se distinguen por desempeñar las funciones de funcionalidad envolvente, aislamiento térmico y transferencia de cargas estructurales (Construcciones Terminus, 2020; Łukasz et al, 2020).

Estas estructuras tipo sándwich se vuelven populares y fácilmente utilizadas cada vez en el área de ingeniería civil, debido a que su uso permite reducir el peso muerto de la estructura poseyendo una alta relación resistencia-peso, mejora la sostenibilidad y la rentabilidad general, además el bajo peso permite que los elementos más grandes puedan ser manipulados fácilmente, mejorando su transporte y velocidad de montaje. Otra de sus ventajas es el mantener al mínimo los desperdicios y ahorro de mano de obra, tienen el potencial de ahorrar tiempo y dinero a los constructores y mantienen la calidad de la misma, además este material posee un comportamiento estructural similar a las vigas de acero. (Construcciones Terminus, 2020; Łukasz et al, 2020; Mohammad et al, 2012; Smakosz & Kreja, 2018).

En el Ecuador, el sector de la construcción ha estado en constante evolución y se han registrado cambios importantes donde la utilización de nuevos materiales y sistemas de construcción tienen parte en estos cambios, conjuntamente, El Oficial, (2013) enfatiza que estos modernos sistemas poseen ventajas tal como un menor tiempo de construcción, materiales estructurales más ligeros que otros, no son combustibles, sus acabados son precisos, poseen elementos como paredes rectas y esquinas cuadradas, producen menos desperdicios y basura, y sobre todo una de las ventajas más prometedora que poseen es el menor costo de inversión en comparación con los sistemas tradicionales.

Al tener en cuenta estos detalles, se realizaron consultas a profesionales expresando la utilización de sistemas mixtos, estructuras metálicas y hormigón. Además, una de las ventajas que estos profesionales establecen es la rapidez de ejecución que permiten estos sistemas constructivos, por lo que podemos recalcar que la utilización de sistemas constructivos modernos y tradicionales varían según el presupuesto y los requerimientos del contratante (El Oficial, 2019).

Como expresa Yucra, (2018), las constructoras de viviendas y edificios han comenzado a emplear materiales de última generación con el propósito de disminuir el uso de mano de obra, agilizar la ejecución de las estructuras y evitar la utilización de materiales complementarios, donde la ecología y el ahorro en el consumo de suministros también es una característica muy importante de los materiales de última generación.

En esta investigación se tomará para material de estudio los paneles de aislamiento estructural de óxido de magnesio, constituidos por dos placas del mismo elemento (MgO, Sulfato de Magnesio), el cual es un aglomerado de minerales naturales y mallas de fibra de vidrio, siendo un sustituto para el panel estructural de OSB. El panel SIP MgO se caracteriza por tener inmunidad a la corrosión biológica, resistente al fuego, moho, insectos, hongos y productos químicos, tener un alto aislamiento térmico, también tiene muchas características ecológicas, permitiéndole ser un material ambientalmente sostenible, además posee alta resistencia a la compresión y flexión, importante para un compuesto de carga (MetCorp, 2020; Modul MgO, 2020; Smakosz & Kreja, 2018).

Nuestro país al encontrarse en una zona de alta actividad sísmica, es necesario establecer requisitos mínimos para el análisis, diseño y construcción de viviendas sismorresistentes, por ende, la implementación de las normas ecuatorianas permitirá que las edificaciones puedan comportarse adecuadamente ante la acción de fuerzas sísmicas, protegiendo así la vida y bienes de los ocupantes. Además, si el sistema empleado para diseñar una edificación es diferente a lo descrito en la norma, se deberá emplear un método racional que garantice seguridad de vida de las personas frente a un sismo de diseño, tal como plantea la Norma Ecuatoriana de la Construcción - Vivienda, (2015).

Al implementar la Norma Ecuatoria de la Construcción en un nuevo sistema constructivo muy poco conocido en el país, debemos tener en cuenta que el uso de estos nuevos materiales a los que se usan comúnmente, es limitado debido a la falta de información que se posee de los mismos, e incluso al momento que el material ya este montado, además lo que buscan la mayoría de estos materiales es la sustentabilidad y provocar el menor impacto negativo al ambiente (Rivera, 2018).

Al tener estas nuevas innovaciones constructivas, muchas de ellas no son comúnmente puesta en práctica en nuestro país, sin embargo, es necesario implementar estas nuevas técnicas para mejorar el rendimiento y reduzcan el tiempo de ejecución, con una mejor respuesta sísmica y bajos costos; por ende, las nuevas ideas arquitectónicas deben estar ligadas a un diseño estructural de calidad, que ofrezcan soluciones viables y que proyecten a su vez crear edificaciones innovadoras y modernas (Mateo & Medina, 2021).

1.1. Planteamiento del problema

El déficit habitacional ha sido uno de los problemas sociales más grandes, y nuestro país no es la excepción. El Ecuador al estar ubicado en el cinturón de fuego del pacífico, se convierte en una zona de alto peligro sísmico, donde la mayor parte de las viviendas que se encuentran en la zona urbana de Santa Elena son construidas en base al sistema tradicional de construcción, las cuales no cuentan con materiales adecuados, e incluso no disponen con el apoyo y planificación de un profesional, por lo tanto, son edificaciones que sufren problemas estructurales, que al estar sometidas a fuerzas externas como lo son los sismos, estas colapsan poniendo en peligro la vida de sus ocupantes (HOWARD, 2020).

Como expresa Aquino, (2020), gracias a los frecuentes avances tecnológicos, se presentan materiales nuevos para los sistemas constructivos, los cuales cuentan con varias ventajas, como son: reducción del peso muerto de la estructura, facilidad de manipulación, menores costos de producción y reducción del tiempo de construcción.

Además, Mateo & Medina, (2021) dan a conocer que, en la actualidad, para mejorar la vivienda han aparecido nuevas formas y técnicas constructivas, pero el problema radica en que estas nuevas técnicas son muy poco empleadas por los constructores, debido a la carencia de conocimiento de la misma y las ventajas que podría generar el uso de estas técnicas constructivas.

Estos nuevos métodos constructivos al usar materiales pocos conocidos por el público, poseen un déficit de adquisición al ser un material extranjero, aunque se han hecho

estudios y análisis de los mismos, no hay suficiente información para que este método pueda ser aplicado en nuestro entorno.

Existen empresas en nuestro país que proveen este material, e incluso han empleado este sistema en proyectos habitacionales, pero usando los manuales constructivos de donde fueron provistos, siendo estos estructuralmente resistentes desde fábrica, dando seguridad al cliente.

Al tener en cuenta estos parámetros, existe un manual de construcción donde emplean el material basándose en la norma constructiva panameña y chilena, por ende, el presente trabajo se basará en diseñar una estructura sismorresistente donde cuente con los parámetros designados por la norma ecuatoriana de la construcción NEC-2015 y puntos importantes de los manuales de diseño extranjeros, donde permitirá determinar ventajas y desventajas del material y que servirá como guía para futuros trabajos.

1.2. Justificación de la investigación

Este trabajo de investigación se llevará a cabo con la finalidad de estudiar el método constructivo de paneles SIP de MgO, implementando la normativa ecuatoriana NEC-2015 y el manual de diseño chileno, para el diseño de viviendas residenciales de dos plantas, tomando en cuenta la provincia de Santa Elena. Servirá como guía para aquellos interesados en ampliar sus conocimientos y quieran innovar sus métodos de trabajo, e incluso para cualquier persona relacionada con el área constructiva, ya que el mundo constantemente está en evolución y nuevos materiales se dan a conocer, siendo estos más eficientes que los ya antes conocidos.

Se determinarán las ventajas y desventajas que posea el método constructivo de paneles SIP MgO, observando el comportamiento que tenga el mismo y la seguridad que aportaría a sus ocupantes. Este trabajo es de importancia, porque el presente método no ha sido estudiado basándose en la NEC, siendo una guía para futuras investigaciones.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Diseñar un sistema estructural para una vivienda residencial de dos plantas aplicando paneles de aislamiento estructural de óxido de magnesio (SIP MgO) tomando como base la normativa ecuatoriana NEC-2015.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Emplear los paneles SIP MgO para el diseño de la vivienda.
- Aplicar los parámetros propuestos por la norma ecuatoriana NEC-2015, según los capítulos de Peligro Sísmico y Vivienda.
- Analizar el comportamiento del material ya montado según la NEC-2015 mediante el uso del programa ETABS.
- Verificar si este nuevo sistema constructivo es viable para emplear en futuros proyectos.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. SISTEMA ESTRUCTURAL

De acuerdo con AQSO, (2021), un sistema estructural está conformado por un conjunto de elementos que unidos forman un solo cuerpo, siendo un soporte básico para la estructura la cual transmitirá las fuerzas a la cimentación. Además, por las particularidades de nuestro país y su zona sísmica, es necesario desarrollar sistemas estructurales con la capacidad de resistir eventos sísmicos y asegurar la vida de sus ocupantes.

El método constructivo SIP (Structural Insulate Panel) o también llamado Paneles de Aislamiento Estructural, es un sistema ampliamente usado en EEUU y en algunos países de Latinoamérica, debido a su facilidad de manejo y montaje, económicos, excelente aislador térmico y acústico, sobre todo posee alta resistencia estructural, etc. Siendo un sistema viable en el área constructiva.

Figura 1

Estructuración vivienda SIP



Nota. Vivienda construida con paneles de aislamiento estructural SIP. Fuente:

MEKELEKTRO, (s.f.)

2.2. PANEL SIP MGO

Los paneles SIP de MgO son paneles estructurales modernos auto soportantes constituido por dos placas de Óxido de Magnesio, el cual es un aglomerado de minerales naturales y mallas de fibra de vidrio. Según PROMETAL, (s.f.), el óxido de Magnesio es un componente mineral aplicado principalmente como material refractario, el cual es un material físico y químicamente resistente a altas temperaturas y al agua, ofreciendo al panel SIP una ventaja en zonas húmedas o secas donde la resistencia al fuego y al agua es importante. Además, el panel SIP, con su centro de poliestireno expandido de alta densidad (EPS), convirtiéndose en un panel sándwich, ofrece una excelente resistencia térmica, resistencia estructural, facilidad y rapidez de instalación, siendo una alternativa ecológica para sustituir el panel SIP de OSB (MetCorp, 2020).

Los paneles SIP MgO son una técnica constructiva de alto rendimiento y versatilidad, son fabricados en plantas especializadas tomando todas las consideraciones de seguridad y calidad como expresa Yucra, (2018). Estos paneles vienen de tamaños y espesores diferentes, con sus especificaciones de aplicación, como se muestra en la tabla 1, donde se han provisto de valores que se utilizarán más adelante; además los elementos que se usan para el armado de una vivienda se mostrarán en la tabla 2.

Tabla 1

Medidas de los paneles y sus características.

PANELES SIP MGO							
Medidas (m)	Espesor (mm)			Total (m)	Aplicación		
	Cara	Núcleo	Cara		Muro	Cubierta	Losa
1,22x2,44	12,5	75	12,5	0,10	x	x	
1,22x2,44	12,5	125	12,5	0,15	x	x	x
1,22x2,44	12,5	175	12,5	0,20	x	x	x

Nota. Medidas de los paneles estructurales SIP de MgO según su fabricación.

Fuente: Paneles Monoplac, (2019).

Tabla 2

Elementos usados para la construcción de viviendas SIP.

<p>Panel SIP MgO</p> 	<p>Tiras de conexión o splines</p> 	<p>Pernos de expansión</p> 
<p>Tornillos autoperforantes</p> 	<p>Tirafondo cabeza estrellada</p> 	<p>Rebajador o cortador de espuma</p> 
<p>Adhesivo de montaje</p> 	<p>Material de tratamiento de juntas o sellador</p> 	<p>Barrera de humedad</p> 

Nota. Elementos usados para el armado de una vivienda SIP. Fuente: Elaboración propia.

2.3. METODOLOGÍA CONSTRUCTIVA SIP MGO

La metodología de paneles de aislamiento estructural sea de óxido de magnesio o de OSB, son uno de los sistemas más usados en EEUU y en algunos países de Latinoamérica, debido a su facilidad de montaje, resistencia estructural, resistencia al fuego, entre otros aspectos.

El uso del sistema constructivo con paneles SIP para la edificación de viviendas se representa con los pasos a continuación, teniendo en cuenta que esta metodología puede usar como uniones entre paneles a los perfiles de acero y entramados de madera.

2.3.1. Cimentación.

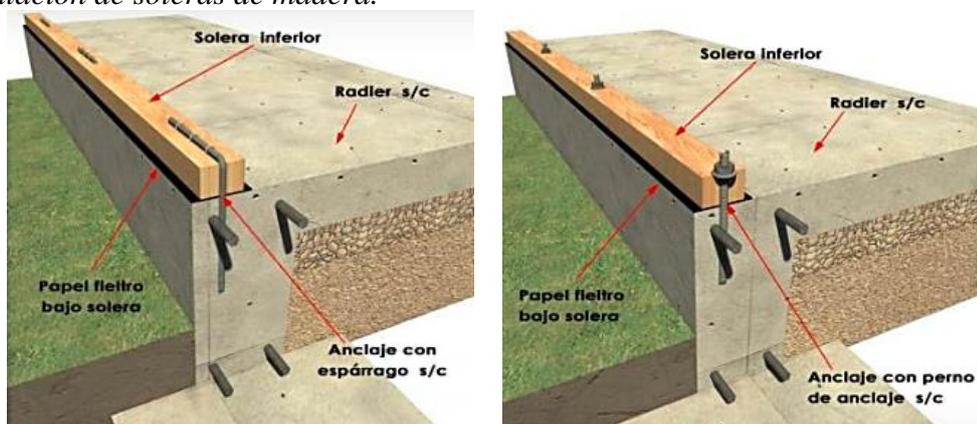
En este proceso se deberá tener en cuenta los planos estructurales de la edificación donde se deberá considerar la transmisión de esfuerzos al terreno que se da a través de los elementos lineales y no puntuales. Además, este tipo de transmisión de esfuerzos se soluciona con vigas corridas o losas de cimentación como menciona Yucra, (2018).

2.3.2. Instalación de soleras.

Para la instalación de las soleras se deberá trazar una guía como cordones o líneas con tiza en el caso de losas de hormigón y contrapiso, según el plano estructural, pero también dependerá del tipo de cimentación en el cual estarán instaladas. Además, se deberá colocar la barrera de humedad antes de colocar la solera inferior para mayor protección, se pueden colocar soleras de perfiles de acero galvanizado tipo U o C, donde se colocarán los paneles, o en el caso de usar madera tratada, se colocará una sobresolera donde se instalarán los paneles de muro, el cual será del mismo espesor del poliestireno del panel a usarse.

Existen dos formas de instalar las soleras inferiores, los cuales se presentarán en la figura 2 y 3, y cómo sería el resultado de la instalación de la sobresolera en la figura 4.

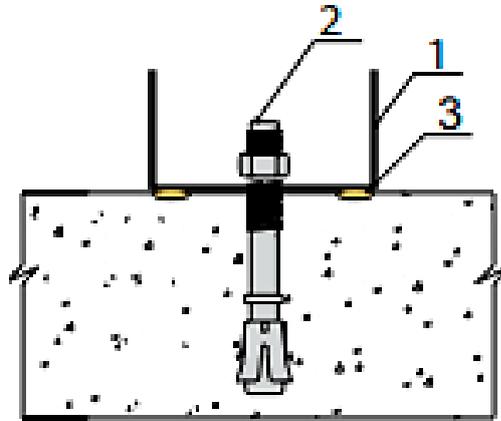
Figura 2
Instalación de soleras de madera.



Nota. El gráfico representa una opción de instalación de solera inferior a la cimentación. Fuente: Constructora Marvilla, (2017).

Figura 3

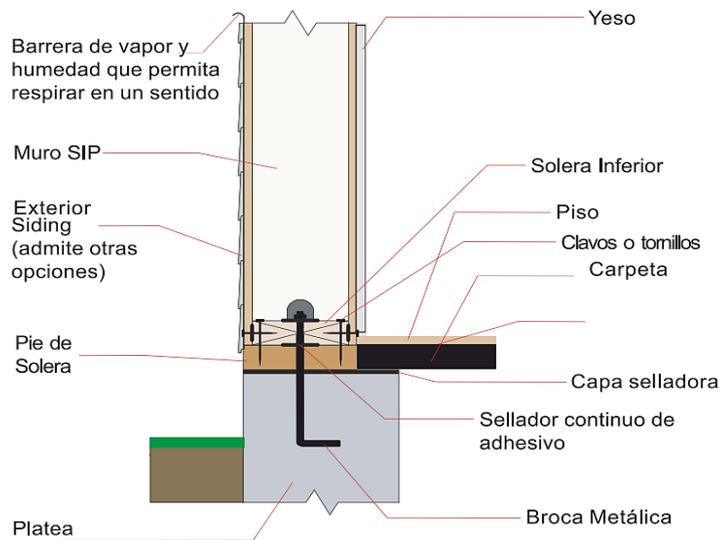
Instalación de solera inferior con perfil de acero galvanizado.



Nota. El grafico representa una alternativa usando perfiles de acero fijados con pernos de expansión. Fuente: PLYCEM, (2010).

Figura 4

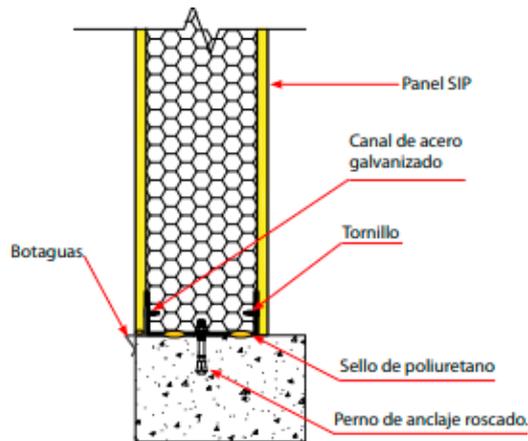
Conexión a la fundación con soleras y conexiones de madera.



Nota. Esta imagen representa a la vista en corte de la instalación de solera inferior. Fuente: Nogara, (2018).

Figura 5

Instalación de panel con solera o conexión metálica.



Nota. Alternativa de conexión con perfil metálico. Fuente: PLYCEM, (2010).

2.3.3. Instalación del panel esquinero.

Para la instalación del mismo se deberá colocar las tiras de conexión o pie derecho, tanto de madera o metálicas, el cual quedará al tope de la esquina antes del montaje, de esta forma la esquina quedará amarrada con el panel de encuentro. Se recomienda apoyar una de las esquinas del panel y luego bajarlo para una mejor fijación, tanto para el primer panel como el panel de encuentro y, se fijarán los mismos con tornillos según el espesor de los paneles, el cual se mostrará en la figura 6.

Figura 6

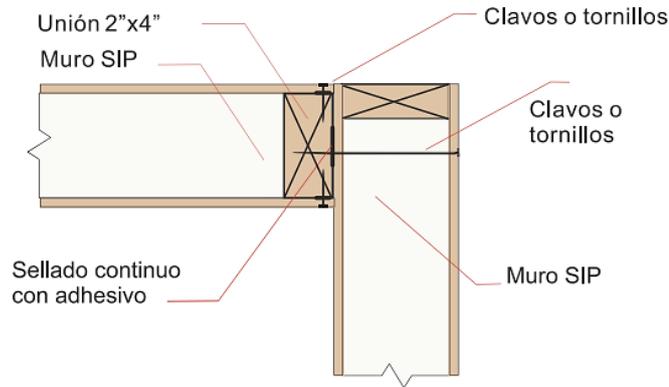
Puesta del panel esquinero



Nota. La imagen representa los pasos para la instalación del primer panel o panel esquinero. Fuente: Constructora Marvilla, (2017).

Figura 7

Instalación panel vertical



Nota. La figura representa la vista en corte de la instalación del panel esquinero.

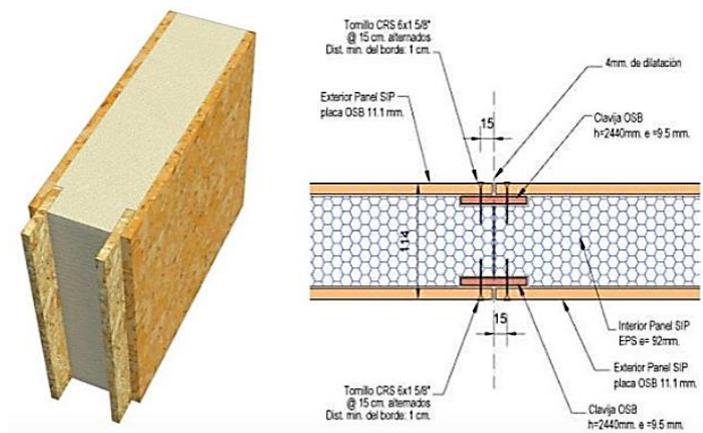
Fuente: Nogara, (2018).

2.3.4. Unión de paneles de muro.

Existe cuatro formas para unir los paneles, los cuales pueden ser del material del tablero del panel (OSB o MgO), tablillas o soleras de madera curada, perfiles de acero galvanizado, o Mini SIP; estas estarán fijadas en unas hendiduras entre ambos paneles dejando una separación entre ellos de 3 a 4 mm para que permita la expansión o contracción del panel según la humedad ambiental. Se fijará con tornillos a cada lado con una separación de 15cm alternadamente para una mejor fijación.

Figura 8

Unión mediante clavijas

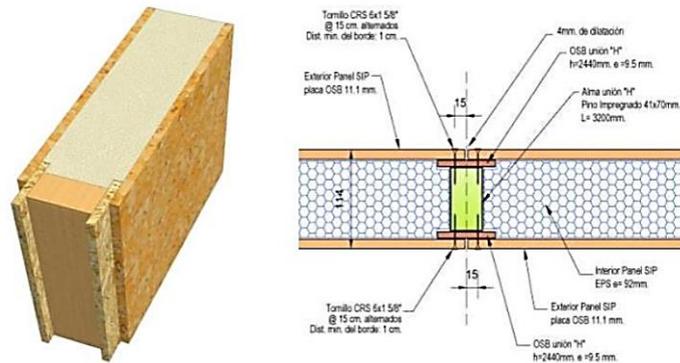


Nota. La figura muestra la vista en corte de la unión mediante clavijas. Fuente:

Constructora Marvilla, (2017).

Figura 9

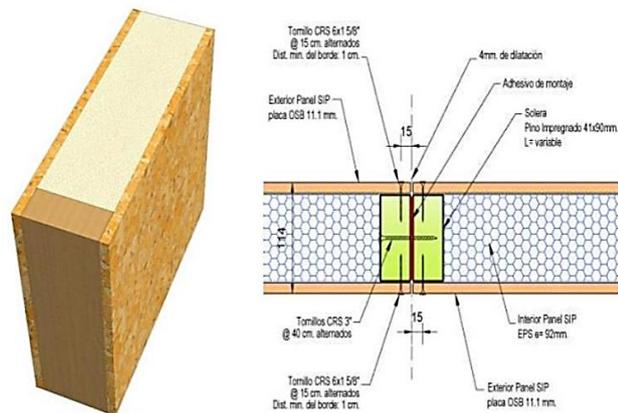
Unión H



Nota. La imagen representa la instalación de la unión H en corte por medio de clavijas y tiras de madera. Fuente: Constructora Marvilla, (2017).

Figura 10

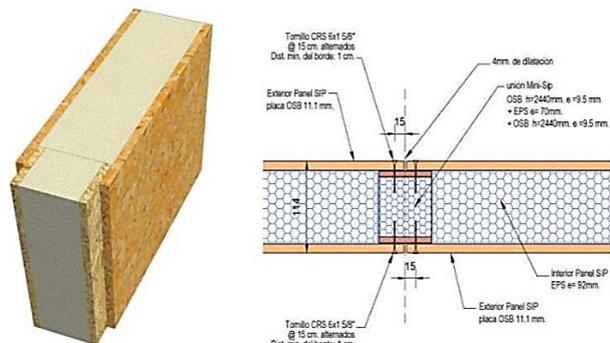
Unión doble o pie derecho



Fuente: Constructora Marvilla, (2017).

Figura 11

Unión mini SIP

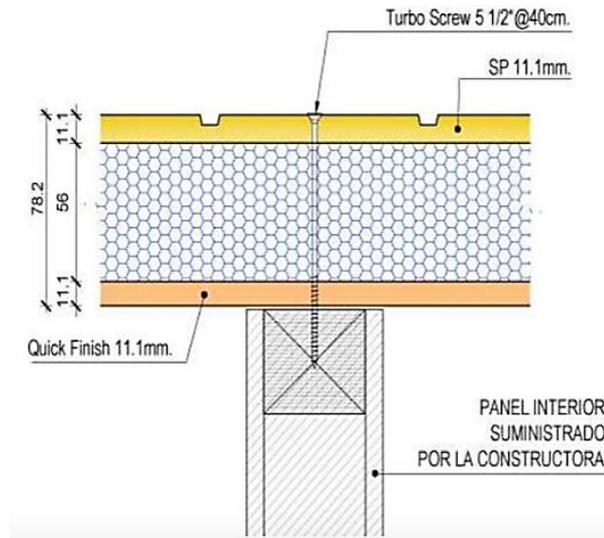


Nota. La imagen representa la unión del panel por medio de un pequeño panel SIP del mismo material en uso. Fuente: Constructora Marvilla, (2017).

Para la unión de paneles en T se instalará una unión, sea pie derecho, perfiles de acero o mini SIP, estas se colocarán en la cabeza del panel a montar, fijando con tornillos en la solera inferior, y en el panel se atornillará cada 40cm en la parte exterior del otro panel.

Figura 12

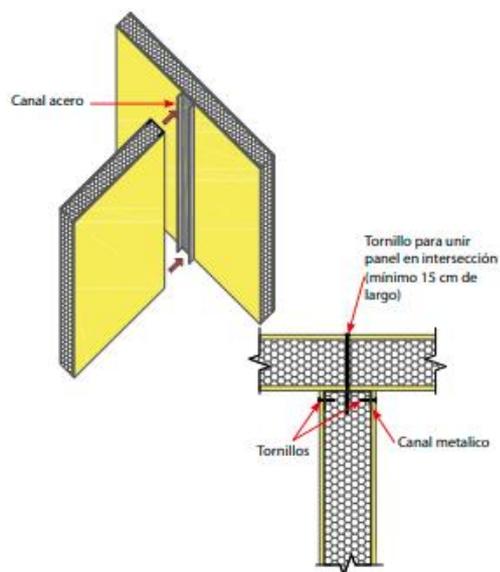
Encuentro en muros



Nota. La imagen representa la instalación con vista en corte del panel tipo T cuando se encuentra con el muro SIP. Fuente: Constructora Marvilla, (2017).

Figura 13

Unión de muro SIP T



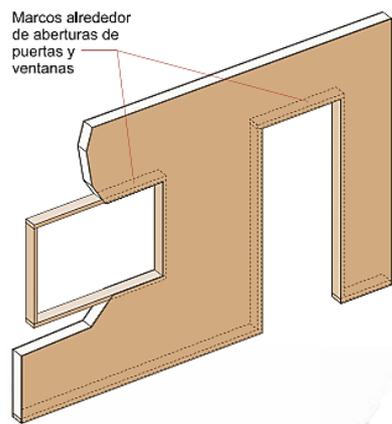
Nota. Alternativa de unión de muros con perfiles de acero. Fuente: PLYCEM, (2010).

2.3.5. Instalación de puertas y ventanas.

Las puertas y ventanas vienen pre dimensionadas de fábrica, con refuerzos de madera dentro de los paneles, los cuales se pueden revestir con perfiles de acero o placas de MgO para que no estén expuestos como sugiere Yucra, (2018).

Figura 14

Instalación vanos de puertas y ventanas



Fuente: Nogara, (2018).

2.3.6. Instalación de solera superior.

De acuerdo con Yucra, (2018), la función que ejerce la solera superior es la de amarrar los paneles entre sí y distribuir las cargas del techo o del piso superior. Se instalará la solera superior de madera o de acero fijando con tornillos cada 15cm o 30cm en cada cara, como se muestra en la figura 15 y 16.

Figura 15

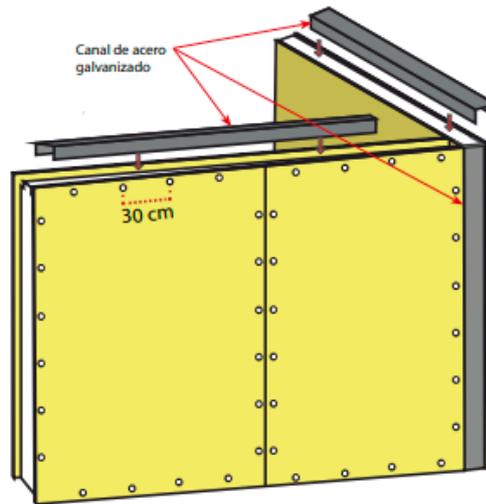
Instalación de soleras superiores de madera.



Fuente: Constructora Marvilla, (2017).

Figura 16

Instalación de solera superior con perfiles de acero.



Nota. Alternativa usando perfiles de acero. Fuente: PLYCEM, (2010).

2.3.7. Instalación de paneles de losa para segundo piso.

Para la instalación del segundo piso con paneles SIP, no se requieren refuerzos adicionales debido a que su capacidad de carga es bastante alta, pero si las luces son superiores a las normales, se colocará una viga de madera o acero incrustada en el panel de muro o unida con conectores metálicos como recomendación. Luego se colocará los paneles que no deben tener más de 62,5 cm de ancho, ya que esta superposición puede soportar cargas en lugares donde no hay vigas de piso.

Figura 17

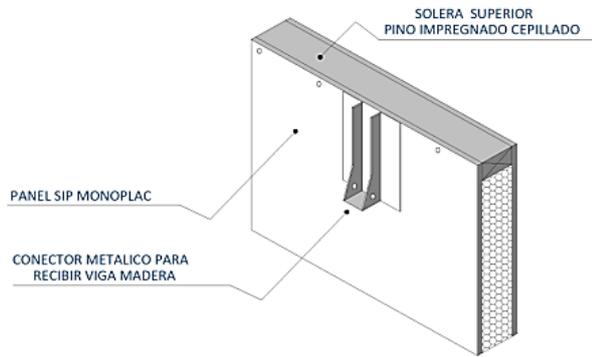
Vigas de madera



Nota. Viga maestra o viga principal. Fuente: ANTARTICA, (2019).

Figura 18

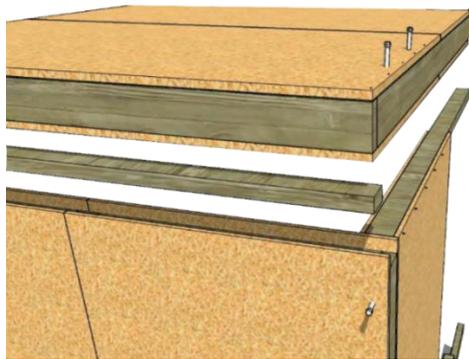
Conectores y vigas de entrepiso



Nota. Opción para conectar vigas de entrepiso y techo con uniones metálicas. Fuente: Monoplac, (2019).

Figura 19

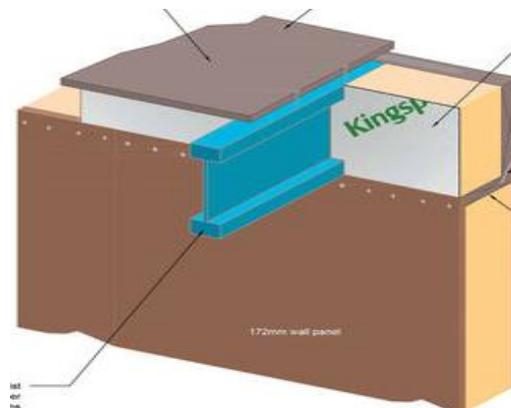
Conexión segundo piso y techo.



Nota. Instalación segundo piso y opción para cubierta. Fuente: MODULAR SIPS.

Figura 20

Vigas de acero.



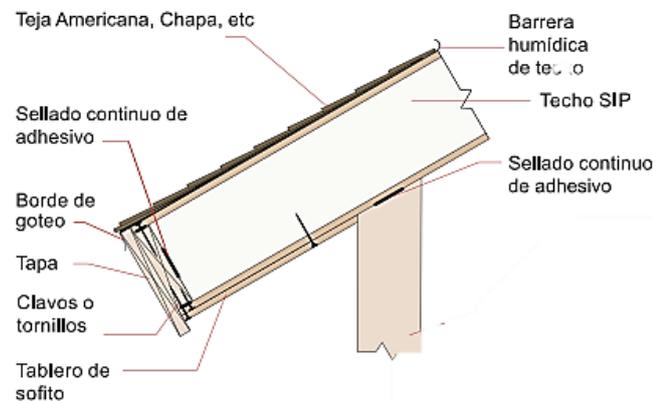
Nota. Alternativa de instalación de segundo piso con vigas metálicas. Fuente: CHILE.CUBICA, (2009).

2.3.8. Unión de muro y techo.

Para la instalación de la techumbre una de las opciones es usar vigas de madera o cerchas metálicas. En caso de usar los paneles sin cerchas, se apoyará el panel en la solera superior del muro según su ángulo, además se colocará una capa aislante de humedad y la cubierta de terminación (Paneles Monoplac, 2019).

Figura 21

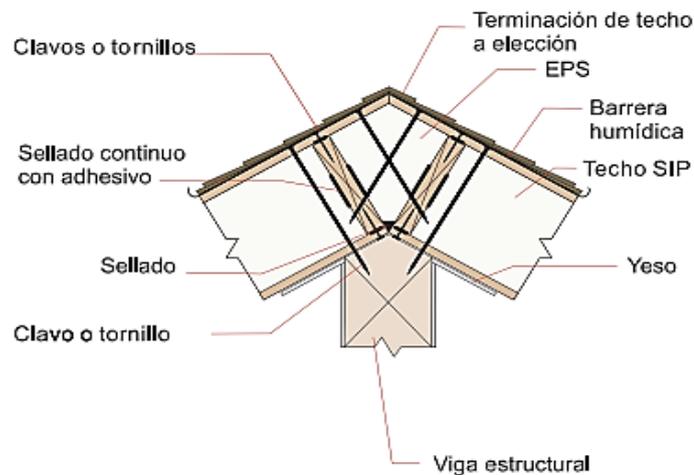
Aleros de techo de una o varias aguas



Nota. La imagen representa el armado y resultado de los aleros de techo con paneles SIP. Fuente: Nogara, (2018).

Figura 22

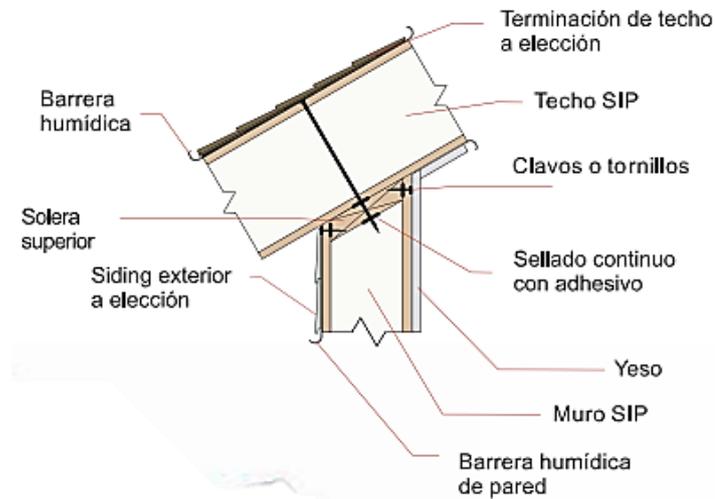
Conexión techo a techo



Nota. La figura representa la vista en corte de la conexión de techo en dos aguas con paneles SIP. Fuente: Nogara, (2018).

Figura 23

Conexión techo a muro vertical



Fuente: Nogara, (2018).

2.3.9. Instalaciones eléctricas y sanitarias.

Hay paneles que vienen con orificios para las instalaciones eléctricas, si no es el caso, con ayuda de un rebajador de panel o una herramienta punzante se harán los orificios colocando los cajetines y demás accesorios.

Para las instalaciones sanitarias es recomendable colocar las conexiones en la parte exterior del panel con un falso que lo oculte y no colocarlas en el núcleo para evitar afectar la estructura del panel.

Figura 24

Instalación eléctrica y sanitaria



Fuente: (Constructora Marvilla, 2017; LP Building Products, 2017)

Finalizando el proceso constructivo de la vivienda, se recubrirán las juntas con masilla o sellador para tratar las juntas y las instalaciones eléctricas y sanitarias.

Figura 25

Sellado de juntas



Nota. La imagen representa el tratado y recubrimiento de juntas e instalaciones eléctricas y sanitarias. Fuente: Plastex S.A., (2020).

2.4. DISEÑO POR ESTADOS LÍMITES

Los estados límites corresponden a las solicitudes máximas que pueden resistir los miembros estructurales sin llegar a condiciones de inseguridad tales como rotura frágil, fisuración excesiva, pandeo, rotaciones inadmisibles, fatiga, vibraciones peligrosas o pérdida de funcionalidad y equilibrio (BLOGGER, 2014).

Los estados límites se clasifican en:

2.4.1. Estado Límite de Agotamiento Resistente.

Según METCORP, (2020), el estado límite de agotamiento permite verificar la resistencia que posee cada elemento de la estructura, su capacidad de soportar las cargas demandadas por la edificación de forma segura y sin sufrir colapso o deformaciones permanentes. Además, son producidos por las cargas factorizadas que actúan en la estructura, dando como resultado solicitudes como:

- Flexión simple y compuesta

- Compresión
- Flexo-tracción
- Deslizamiento
- Torsión
- Punzonado

2.4.2. Estado Límite de Servicio

Los estados límites de servicio permite verificar si las deformaciones de los elementos cumplen con la demanda de carga bajo los límites de los códigos. Según METCORP, (2020), previene la interrupción en el uso funcional y daños a la edificación durante su uso diario, dando origen a tres comportamientos estructurales que pueden llevar a este estado:

- Excesivo daño por pandeo,
- Excesiva flechas o rotación que afectarían su apariencia,
- Vibración excesiva que pueden afectar el bienestar de los ocupantes.

2.5. CARGAS

2.5.1. Cargas permanentes (Carga Muerta).

Según la Norma Ecuatoriana de la Construcción – Cargas Sísmicas, (2015), las cargas permanentes están constituidos por todos los elementos estructurales, como muros, paredes, instalaciones eléctricas y sanitarias, recubrimientos, máquinas, y todo aquellos que actúe permanentemente sobre la estructura.

2.5.2. Carga Viva.

Como describe la NEC-SE-CG, (2015), la carga viva o su sobrecarga de uso se utilizará en el cálculo dependiendo de la ocupación a la que esté sometida la edificación, además estará conformada por cargas de muebles, equipos, el peso de las personas, etc.

2.5.3. Carga Sísmica.

Esta carga es un efecto en forma de fuerza que surge de la estructura debido a la acción de los sismos, donde existen dos casos, el general y el especial (Norma Ecuatoriana de la Construcción – Diseño Sísmico, 2015).

Caso general

$$W = D$$

Caso especial

$$W = D + 0.25L_i$$

Donde:

W Carga reactiva por sismo

D Carga muerta total de la estructura

Li Carga viva del piso i

2.5.4. Combinaciones de Cargas

De acuerdo con la NEC-SE-CG, (2015), es necesario investigar cada estado límite de resistencia, donde las estructuras, componentes y cimentaciones se deberán diseñar de tal manera que la resistencia no exceda los efectos de las cargas mayoradas, dándonos las siguientes combinaciones:

Combinación 1: $1.4D$

Combinación 2: $1.2D + 1.6L + 0.5\max[L_r; S; R]$

Combinación 3: $1.2D + 1.6\max[L_r; S; R] + \max[L_r; 0.5W]$

Combinación 4: $1.2D + 1.0W + L + 0.5\max[L_r; S; R]$

Combinación 5: $1.2D + 1.0E + L + 0.2S$

Combinación 6: $0.9D + 1.0W$

Combinación 7: $0.9D + 1.0E$

2.6. DISEÑO SÍSMICO

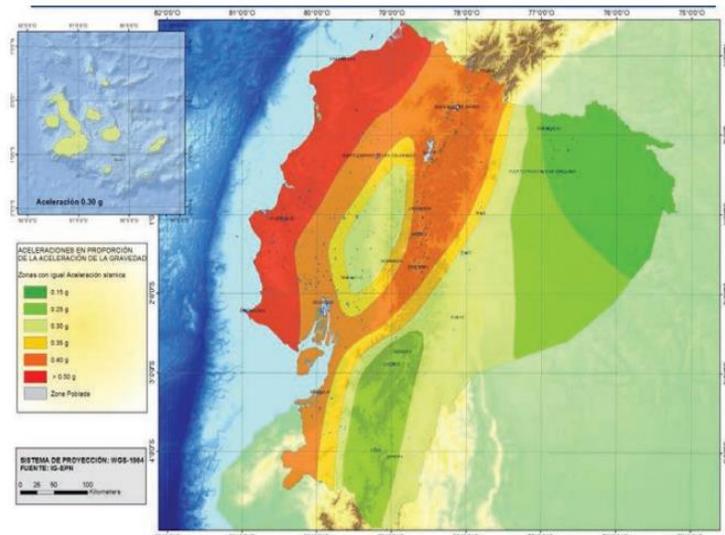
El capítulo de la NEC-SE-VIVIENDA, (2015) señala que el comportamiento sísmico de una edificación depende mayormente al seguir los criterios generales expuestos, donde toda vivienda deberá ser diseñada en base a un sistema sismorresistente apropiado, si el sistema es diferente a lo que todos conocemos en la norma, se deberá diseñar con un método racional considerando los aspectos mínimos garantizando la seguridad de los ocupantes frente a la ocurrencia del sismo de diseño.

2.6.1. Zonificación sísmica y factor de zona Z

Como plantea NEC-SE-DS, (2015) que para los edificios de uso normal se emplea el valor de Z, cuyo valor dependerá del lugar donde se construirá la edificación, según el mapa.

Figura 26

Mapa de zonificación sísmica



Nota. El gráfico representa los valores de z según su zona. Fuente: NEC-SE-DS, (2015).

El mapa de zonificación sísmica representa los resultados obtenidos de estudios de peligro sísmico para un 10% de excedencia en 50 años, que incluye una saturación

a 0.50g de los valores de aceleración sísmica en roca en el litoral ecuatoriano que caracteriza la zona VI (NEC-SE-DS, 2015).

Tabla 3

Valores del factor Z

Zona sísmica	I	II	III	IV	V	VI
Valor factor Z	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥ 0.50
Caracterización del peligro sísmico	Intermedia	Alta	Alta	Alta	Alta	Muy alta

Nota. Valores del factor Z según la zona sísmica en la que se encuentra. Fuente: NEC-SE-DS, (2015).

2.6.2. Tipos de perfiles de suelo

La NEC-SE-DS, (2015) señala la existencia de seis tipos de perfiles de suelo, los cuales se darán a conocer en la tabla 4, donde estas corresponden a los 30m superiores del perfil, y si los estratos son claramente diferentes se deberán subdividirse.

Tabla 4

Clasificación de los perfiles de suelo

Tipo de perfil	Descripción	Definición
A	Perfil de roca competente	$V_s \geq 1500$ m/s
B	Perfil de roca de rigidez media	1500 m/s > $V_s \geq 760$ m/s
C	Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o Perfiles de suelos muy densos o roca blanda, que cumplan con cualquiera de los dos criterios	760 m/s > $V_s \geq 360$ m/s $N \geq 50.0$ $S_u \geq 100$ KPa
D	Perfiles de suelos rígidos que cumplan con el criterio de velocidad de la onda de cortante, o Perfiles de suelos rígidos que cumplan cualquiera de las dos condiciones	360 m/s > $V_s \geq 180$ m/s $50 > N \geq 15.0$ 100 kPa > $S_u \geq 50$ kPa

Nota. La tabla muestra 4 perfiles de suelo clasificados según su descripción. Fuente: NEC-SE-DS, (2015).

2.6.3. Coeficiente de perfil de suelo

Se citan los valores de los coeficientes de perfil de suelo según el tipo de suelo que tenga el lugar a estudiar (NEC-SE-DS, 2015).

a. *Fa*: Coeficiente de amplificación de suelo en la zona de período corto.

Tabla 5

Tipo de suelo y factores de sitio Fa

Tipo de perfil de subsuelo	Zona sísmica y factor Z					
	I 0.15	II 0.25	III 0.30	IV 0.35	V 0.40	VI ≥0.5
A	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
B	1	1	1	1	1	1
C	1.4	1.3	1.25	1.23	1.2	1.18
D	1.6	1.4	1.3	1.25	1.2	1.12
E	1.8	1.4	1.25	1.1	1.0	0.85
F	Véase Tabla 2: Clasificación de los perfiles de suelo y la sección 10.5.4					

Fuente: NEC-SE-DS, (2015).

b. *Fd*: desplazamientos para diseño en roca.

Tabla 6

Tipo de suelo y factores de sitio Fd

Tipo de perfil de subsuelo	Zona sísmica y factor Z					
	I 0.15	II 0.25	III 0.30	IV 0.35	V 0.40	VI ≥0.5
A	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
B	1	1	1	1	1	1
C	1.36	1.28	1.19	1.15	1.11	1.06
D	1.62	1.45	1.36	1.28	1.19	1.11
E	2.1	1.75	1.70	1.65	1.60	1.50
F	Véase Tabla 2: Clasificación de los perfiles de suelo y la sección 10.6.4					

Fuente: NEC-SE-DS, (2015).

c. F_s : comportamiento no lineal de los suelos.

Tabla 7

Tipo de suelo y factores del comportamiento no lineal del subsuelo F_s

Tipo de perfil de subsuelo	Zona sísmica y factor Z					
	I	II	III	IV	V	VI
	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥ 0.5
A	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
B	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
C	0.85	0.94	1.02	1.06	1.11	1.23
D	1.02	1.06	1.11	1.19	1.28	1.4
E	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2
F	Véase Tabla 2: Clasificación de los perfiles de suelo y la sección 10.6.4					

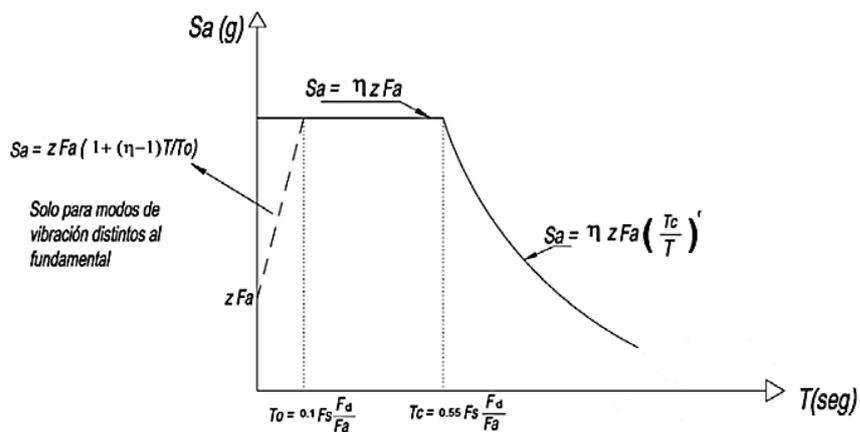
Fuente: NEC-SE-DS, (2015).

2.6.4. Espectro de diseño S_a

De acuerdo con la NEC-SE-DS, (2015), el espectro de respuesta de aceleración se obtiene tomando una fracción de aceleración de la gravedad, considerando los valores del tipo de suelo del sitio en estudio, el factor de zona sísmica Z y los valores de los coeficientes F_a , F_d y F_s .

Figura 27

Espectro de diseño de aceleración S_a



Fuente: NEC-SE-DS, (2015).

Donde:

η Razón entre la aceleración espectral S_a ($T = 0.1$ s) y el PGA para el período de retorno seleccionado.

F_a Coeficiente de amplificación de suelo en la zona de período corto.

F_d Coeficiente de amplificación de suelo. Amplifica las ordenadas del espectro elástico de respuesta de desplazamientos para diseño en roca, considerando los efectos de sitio.

F_s Coeficiente de amplificación de suelo. Considera el comportamiento no lineal de los suelos.

S_a Espectro de respuesta elástico de aceleraciones (expresado como fracción de la aceleración de la gravedad g).

T_0 Período límite de vibración en el espectro sísmico elástico de aceleraciones que representa el sismo de diseño.

T_c Período límite de vibración en el espectro sísmico elástico de aceleraciones que representa el sismo de diseño.

Z Aceleración máxima en roca esperada para el sismo de diseño.

Cabe recalcar que la NEC-SE-DS, (2015) señala una fracción de amortiguamiento respecto al 5% y se obtiene mediante las ecuaciones a continuación, las cuales son válidas para períodos de vibración estructural T pertenecientes a 2 rangos:

$$S_a = \eta Z F_a \quad \text{para } 0 \leq T \leq T_c$$

$$S_a = \eta Z F_a \left(\frac{T_c}{T} \right)^r \quad \text{para } T > T_c$$

Donde:

r Factor usado en el espectro de diseño elástico, cuyos valores dependen de la ubicación geográfica del proyecto

$r = 1$ para todos los suelos, con excepción del suelo tipo E

$r = 1.5$ para suelo tipo E

Asimismo, la NEC-SE-DS, (2015) expresa que los valores de la relación de amplificación espectral η , se modifican dependiendo de la región del Ecuador.

$\eta = 1.80$ Provincias de la Costa (excepto Esmeraldas)

$\eta = 2.48$ Provincias de la Sierra, Esmeraldas y Galápagos

$\eta = 2.60$ Provincias del Oriente

La norma expresa las siguientes ecuaciones para los límites de período de vibración T_c y T_o :

$$T_c = 0.55 F_s \frac{F_d}{F_a}$$

$$T_o = 0,1 F_s \frac{F_d}{F_a}$$

Donde:

T_C Período límite de vibración en el espectro sísmico elástico de aceleraciones que representa el sismo de diseño.

T_O Período límite de vibración en el espectro sísmico elástico de aceleraciones que representa el sismo de diseño.

2.6.5. Cortante Basal V

La NEC-SE-DS, (2015) señala que el cortante basal se basa en las cargas laterales que se aplican en la base de la estructura, y para obtener el cortante basal sísmico se debe emplear la siguiente expresión:

$$V = \frac{I * S_a}{R * \phi E * \phi P} * W$$

I Factor de Importancia de la edificación.

S_a Coeficiente de diseño en aceleración.

W Peso sísmico de la estructura.

R Factor de reducción de resistencia sísmica.

ϕ_E y ϕ_P Coeficientes de configuración en planta y elevación.

a) Factor de Importancia I

El propósito del factor de importancia I como estipula la NEC-SE-DS, (2015) es incrementar la demanda sísmica de diseño para las edificaciones, las cuales están clasificadas por su importancia en permanecer operativas ante algún evento sísmico o después del mismo. En la tabla 8 se describirán las categorías ocupacionales de las edificaciones, incluyendo su respectivo valor de importancia.

Tabla 8

Coeficiente de importancia I

Categoría	Tipo de uso, destino e importancia	Coef. I
Edificaciones esenciales	Hospitales, clínicas, Centros de salud o de emergencia sanitaria. Instalaciones militares, de policía, bomberos, defensa civil. Garajes o estacionamientos para vehículos y aviones que atienden emergencias. Torres de control aéreo. Estructuras de centros de telecomunicaciones u otros centros de atención de emergencias. Estructuras que albergan equipos de generación y distribución eléctrica. Tanques u otras estructuras utilizadas para depósito de agua u otras sustancias anti-incendio. Estructuras que albergan depósitos tóxicos, explosivos, químicos u otras sustancias peligrosas.	1.5
Estructuras de ocupación especial	Museos, iglesias, escuelas y centros de educación o deportivos que albergan más de trescientas personas. Todas las estructuras que albergan más de cinco mil personas. Edificios públicos que requieren operar continuamente	1.3
Otras estructuras	Todas las estructuras de edificación y otras que no clasifican dentro de las categorías anteriores	1.0

Nota. La siguiente tabla muestra los valores de los coeficientes de importancia I para los tipos de estructuras existentes según su respectiva ocupación. Fuente: NEC-SE-DS, (2015).

La NEC-SE-DS, (2015) recomienda que el diseño de estructuras con factor de importancia 1.0 debe cumplir con todos los requisitos establecidos en la norma, y así mismo aquellos con un factor I mayor a 1.0.

b) Factor de reducción de resistencia sísmica R

La NEC-SE-DS, (2015) muestra que el factor R permite una reducción de las fuerzas sísmicas dependiendo que las conexiones de las estructuras desarrollen un sistema de falla previsible y adecuada ductilidad, donde el daño funcione como rótulas plásticas. La NEC-SE-VIVIENDA, (2015) expone que, los coeficientes de reducción R se determinan según los sistemas estructurales de viviendas resistentes a cargas sísmicas, expuestos en la tabla 9.

Tabla 9

Coefficiente de reducción R

Sistema Estructural	Materiales	Coefficiente R	Limitación en altura (#Pisos)
Pórticos resistentes a momentos	Hormigón Armado con secciones de dimensión menor a la especificada en la NEC-SE-HM, reforzado con acero laminado en caliente.	3	2(b)
	Hormigón Armado con secciones de dimensión menor a la especificada en la NEC-SE-HM, con armadura electro-soldada de alta resistencia.	2.5	2
	Acero Doblado en Frío	1.5	2(b)
Muros Portantes	Mampostería no reforzada y no confinada (c)	1	1
	Mampostería enchapada con malla de acero (a)	1.5	2(b)
	Adobe y tapial reforzado	1.5	2
	Bahareque	1.5	2
	Mampostería Reforzada	3	2(b)
	Mampostería Confinada	3	2(b)
	Muro de hormigón reforzado	3	2(b)

Muros livianos de acero	1.5	2
Muro de mortero armado u hormigón armado con alma de poliestireno (a)	1.5	2(b)

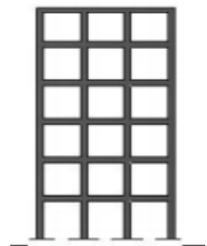
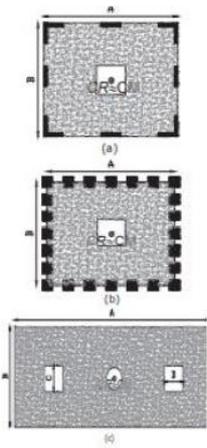
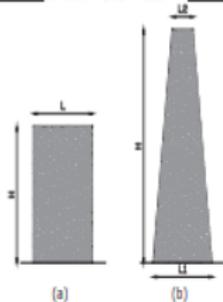
Nota. Sistemas estructurales de viviendas resistentes a cargas sísmicas. Fuente: NEC-SE-VIVIENDA, (2015).

c) Coeficientes de configuración en planta y elevación

La NEC-SE-DS, (2015) expone que para el diseño de peligro sísmico se debe considerar una configuración de la estructura simple y regular para lograr un adecuado desempeño sísmico, la tabla 10 mostrará las configuraciones recomendadas para las estructuras.

Tabla 10

Coeficientes de configuración en planta y elevación

Configuración en elevación $\phi_{EI} = 1$	Configuración en planta $\phi_{PI} = 1$
<p>La altura de entrepiso y la configuración vertical de sistemas aporticados, es constante en todos los niveles. $\phi_{EI} = 1$</p> 	<p>La configuración en planta ideal en un sistema estructural es cuando el Centro de Rigidez es semejante al Centro de Masa. $\phi_{PI} = 1$</p> 
<p>La dimensión del muro permanece constante a lo largo de su altura o varía de forma proporcional. $\phi_{EI} = 1$</p> 	

Fuente: NEC-SE-DS, (2015).

Se considera a una estructura como regular en planta y elevación, cuando no presenta ninguna irregularidad mostrada en las tablas 12 y 13 de la sección 5.2 de la NEC-SE-DS, (2015).

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA, RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La NEC-SE-VIVIENDA (2015) expone que toda vivienda deberá ser diseñada con base a un sistema sismorresistente apropiado, en la cual, se tomará en consideración que, si el sistema empleado es diferente a los descritos, se deberá diseñar con un método racional que garantice la seguridad de vida de los ocupantes frente a la ocurrencia de un sismo de diseño, empleando los requerimientos mínimos descritos en la norma ecuatoriana.

Al tener en cuenta que en nuestro país no existe una normativa donde se expongan los requerimientos de los paneles SIP, la Norma Chilena NCh 3393 (2016), expone los requisitos de fabricación de los paneles SIP, además el Ministerio de Vivienda y Urbanismo MINVU certifica el uso de paneles SIP en la construcción de viviendas de hasta dos pisos, como soluciones para viviendas emergentes, en la cual se ha creado un manual de diseño estructural aplicando dichos paneles, por ende, el diseño en estudio tomará como base el manual de diseño de MetCorp (2020).

3.1. DETERMINACIÓN DE CARGAS

- *Cargas Permanentes CM*

La NEC-SE-CG, (2015) expone que las cargas permanentes están constituidas por el peso de los elementos que constituyen la edificación, como muros, instalaciones sanitarias, eléctricas, y todo elemento permanente a la estructura. En la tabla 11 se mostrará valores correspondientes a cargas permanentes de la estructura según MetCorp, (2020).

Tabla 11

Carga permanente CM de la estructura

PLANTA ALTA		PLANTA BAJA	
CARGA PERMANENTE		CARGA PERMANENTE	
Instalaciones e impermeable	20 kg/m ²	Instalaciones	10 kg/m ²
Panel losa cubierta	46,6 kg/m ²	Panel losa	46,6 kg/m ²
Panel muro	37,1 kg/m ²	Panel muro	37,1 kg/m ²
Carga total	103,7 kg/m ²	Carga total	93,7 kg/m ²
Carga Permanente de la Estructura		197,4 kg/m²	

Nota. La tabla muestra el peso de los paneles y cargas permanentes a usar. Fuente: MetCorp, 2020.

- *Carga Viva*

De acuerdo a la NEC-SE-CG, (2015) en la tabla 9 de la sección 4.2, respectivamente, se muestran valores de cargas de acuerdo a la ocupación o usos que se le dará a la vivienda, en el caso de viviendas unifamiliares y bifamiliares la carga correspondiente a su uso debe ser de 200 kg/m², y en el caso de cubierta le corresponde una carga de 70 kg/m².

- *Carga Sísmica*

Para la determinación de la carga sísmica, se aplicará el caso general descrito en la NEC-SE-DS, (2015), donde, la carga reactiva por sismo **W** será igual a la carga muerta total de la estructura **D**.

$$W = D$$

$$W = 197,4 \text{ kg/m}^2$$

3.2. DISEÑO SÍSMICO

- *Determinación del factor Z*

Según la descripción de la tabla 3 - Determinación del valor Z y la NEC-SE-DS, (2015), la Provincia de Santa Elena tendrá un valor de 0.5 correspondientes a un peligro sísmico muy alto.

Tipo de perfil de suelo. El tipo de suelo correspondiente a Santa Elena es el tipo “D”.

- **Coeficientes de perfil de suelo F_a , F_d y F_s .**

Tomando en cuenta los valores de zonificación Z y el tipo de perfil de suelo, se mostrará en la tabla 12 los valores correspondientes de los coeficientes de perfil de suelo.

Tabla 12

Valores de coeficientes F_a , F_d y F_s

Tipo de suelo = D	Valor Z = 0.5
F_a	1.12
F_d	1.11
F_s	1.4

Fuente: NEC-SE-DS, 2015.

- **Espectro de Diseño S_a**

Con los valores obtenidos de la tabla 13 se procederá a obtener los demás valores para el espectro de respuesta, teniendo en cuenta que el valor de η corresponde a las provincias de la costa a excepción de Esmeraldas, y el valor de r corresponde a todos los perfiles de suelos con excepción del suelo tipo E, estos datos estarán resumidos en la tabla 13.

Tabla 13

Valores respectivos al Espectro de Respuesta S_a

Ciudad y Provincia	Santa Elena
Factor Z	0,5

Valor r	1
Valor η	1,80
To	0,14
Tc	0,76

Nota. Los valores mostrados representan a los designados para la provincia de Santa Elena. Fuente: NEC-SE-DS, 2015.

Figura 28

Espectro de Respuesta Sa



Nota. La figura representa el espectro de respuesta con los valores obtenidos anteriormente. Fuente: Elaboración propia, 2021.

- **Factor de importancia I**

Según la tabla 8 – Coeficiente de importancia I, y la NEC-SE-DS, (2015), el valor correspondiente a la estructura en estudio es igual a **1**, equivalente a la categoría de Otras Estructuras.

- **Factor de reducción de resistencia sísmica R**

Tomando en cuenta la tabla 9 – Coeficiente de reducción R, se empleará el valor de **R** igual a **1.5**, que equivale a Muros de mortero armado u hormigón armado con alma de

poliestireno, debido a que el material implementado en este estudio no se encuentra en la norma, se usará dicho valor como un aproximado al material utilizado.

- *Coefficientes de configuración en planta y elevación*

La NEC-SE-DS, (2015) recomienda usar valores regulares en planta y elevación, el cual serán usados para configuración en elevación, $\Phi_{EI} = 1$ y en configuración en planta, $\Phi_{PI} = 1$, para lograr un adecuado desempeño sísmico.

- *Cortante Basal V*

Para obtener el valor del Cortante Basal sísmico, se usarán los valores expuestos anteriormente, usando la expresión dada por la NEC-SE-DS, (2015). La tabla 14 mostrará el cortante basal correspondiente a cada piso de la vivienda.

Tabla 14

Cortante basal

PISOS	Área m ²	I	Sa	R	Φ_e	Φ_p	Cs	W kg/m ²	V kg/m ²	V kg
2	36	1	1,008	1,5	1	1	0,672	103,7	70,00	2520,00
1	36	1	1,008	1,5	1	1	0,672	93,7	63,00	2268,00
Σ								197,40	133,00	

Nota. La tabla corresponde al cortante basal en cada piso.

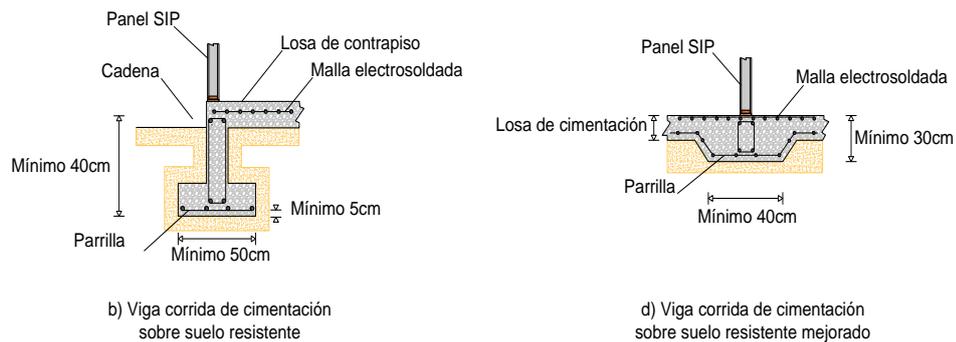
3.3. CIMENTACIÓN

Debido a que los paneles SIP de MgO se asemejan a muros portantes, se tomará requisitos mínimos de la NEC-SE-VIVIENDA, (2015) para la cimentación, el cual se debe prever anclaje al sistema de riostras de cimentación, con refuerzo de acero como pasadores, chicotes de anclaje, que deben cumplir con la longitud de desarrollo establecida en ACI 318. Además, el sistema de paneles SIP usa como base la cimentación corrida y losa de cimentación, dependiendo del estudio de suelo. Para ello, la tabla 15 mostrará los valores mínimos para realizar la cimentación.

Tabla 15*Dimensiones y refuerzos mínimos de la cimentación corrida*

Cimentación Corrida	Un piso	Dos pisos	Resistencia Mínima	
			Acero de refuerzo Fy (MPa)	Hormigón F'c (MPa)
Ancho	250 mm	300 mm		
Altura	200 mm	300 mm		
Acero longitudinal	4 ϕ 10 mm	4 ϕ 12 mm	420 (barra corrugada)	18
Estribos	ϕ 8 mm @ 200 mm	ϕ 8 mm @ 200 mm		
Acero para anclaje de muros	10 mm	10 mm		

Fuente: NEC-SE-VIVIENDA, (2015).

Figura 29*Tipos de cimentación.*

Nota. La figura representa dos opciones para cimentación en sistema SIP. Fuente: NEC-SE-VIVIENDA, (2015).

3.4. RESISTENCIA TEÓRICA DE LA ESTRUCTURA.

Se debe tener en cuenta que para obtener un buen desempeño estructural de la vivienda, los factores de minoración jugarán un papel importante en el material a usar. Se comparará los factores de reducción o minoración del hormigón y de la madera, junto con los que se usarán para los paneles SIP de MgO. En las tablas 16, 17 y 18, se mostrarán dichos factores ϕ .

Tabla 16*Factores de Reducción de Resistencia*

Solicitaciones	Factores de reducción de resistencia ϕ
Secciones controladas por tracción	0,90
Tracción axial	0,90
Secciones controladas por compresión	
• Elementos con refuerzo transversal en espiral	0,75
• Otros elementos reforzados	0,65
Cortante y torsión	0,75
Aplastamiento	0,65

Nota. Factores de reducción del hormigón según ACI-318. Fuente: NEC-SE-HM, (2015).

Tabla 17

Factores de Reducción por Resistencia

Solicitaciones	Factor de Reducción ϕ
Esfuerzo a flexión	0,85
Esfuerzo cortante	0,75
Esfuerzo a compresión // \perp	0,90

Nota. Factor de reducción en el método LRFD determinado según American Forest & Paper Association 2005. Fuente: Rojas, (2010).

Tabla 18

Factores de Minoración

Solicitaciones	Factor de minoración ϕ
Carga axial en compresión	0,70
Carga transversal en flexión	0,70
Esfuerzo cortante	0,80

Nota. Factores de minoración aplicados en paneles SIP de MgO. Fuente: MetCorp, (2020).

Como expone ACI-318, (2019), los factores de reducción de resistencia tienen el propósito de:

- Toma en consideración la probabilidad de presencia de elementos con una menor resistencia, debida a variaciones en la resistencia de los materiales y en las dimensiones.

- Considera las inexactitudes de las ecuaciones de diseño.
- Refleja el grado de ductilidad y confiabilidad requerida para el elemento bajo los efectos de la carga sometida a consideración.
- Refleja la importancia del elemento en la estructura.

3.4.1. Cargas Axiales y Transversales.

En la verificación del comportamiento de los paneles bajo cargas axiales y transversales, se considerará valores teóricos asumidos junto con sus factores de minoración, el cual se los multiplicará por las cargas obteniendo los siguientes valores mostrados en la tabla 19.

Tabla 19

Cargas Axiales y Transversales

	Factor de minoración ϕ	Carga σ	Capacidad resistente de diseño
Carga Axial	0,7	72,4 kg/cm ²	50,7 kg/cm ²
Carga Transversal	0,7	57,4 kg/cm ²	40,2 kg/cm ²

Nota. Datos obtenidos de ensayos a los paneles. Fuente: MetCorp, 2020.

Los valores de cargas en la tabla 19 serán usados para la verificación de capacidad de los muros y losas a compresión el cual no deberá superar a 1.

3.4.2. Esfuerzos cortantes

Los valores de resistencia promedio de fallo a cortante se obtuvieron de MetCorp, (2020) correspondientes a los ensayos realizados por los mismos, se usarán para verificar la capacidad cortante de muros y losas, en la cual se mostrará dichos valores en la tabla 20.

Tabla 20

Esfuerzos Cortantes

	Panel SIP e = 10 cm	Panel SIP e = 20 cm
Esfuerzo cortante Vn	1340,0	2657,5

Factor minoración ϕ	0,8	0,8
ϕV_n kg	1072,0	2126,0
ϕV_n kg/cm ²	0,879	0,871
Promedio		0,875 kg/cm²

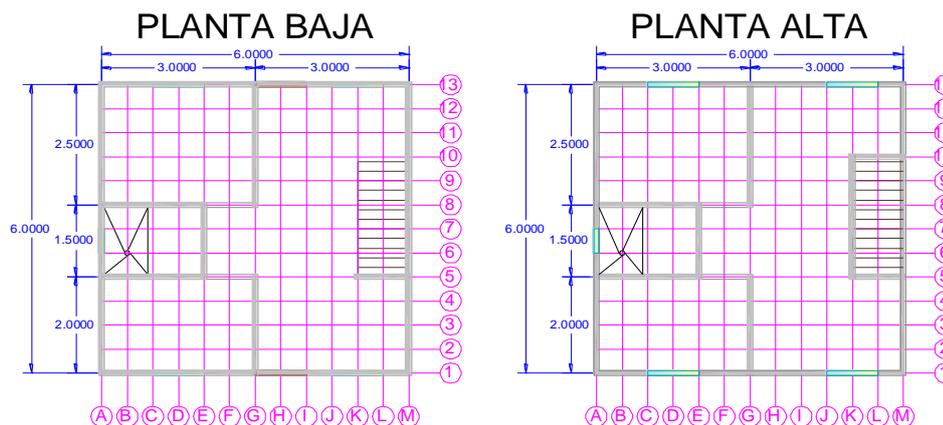
Nota. Datos obtenidos de ensayos hechos a los paneles. Fuente: MetCorp, 2020.

3.5. DISEÑO ESTRUCTURAL DE LA EDIFICACIÓN.

El diseño de la estructura a estudiar con la implementación de los paneles SIP de MgO tomará las consideraciones mínimas de la NEC-2015 y el Manual de Diseño de MetCorp SIP MgO, en la cual los valores usados en el estudio servirán como base para el mismo.

Figura 30

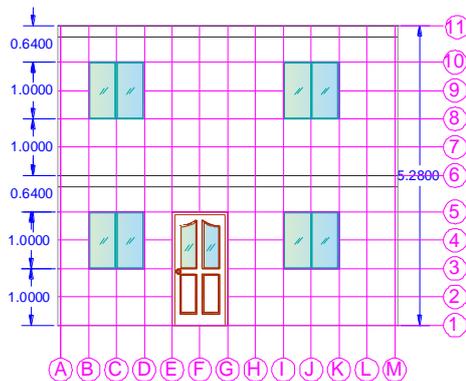
Planta arquitectónica



Nota. Planta General de la vivienda. Fuente: Elaboración propia, 2021.

Figura 31

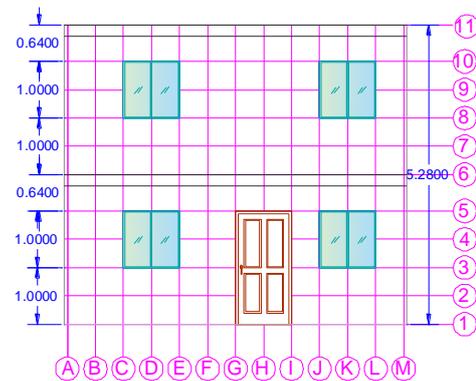
Elevación Fachada Frontal



Fuente: Elaboración propia, 2021.

Figura 32

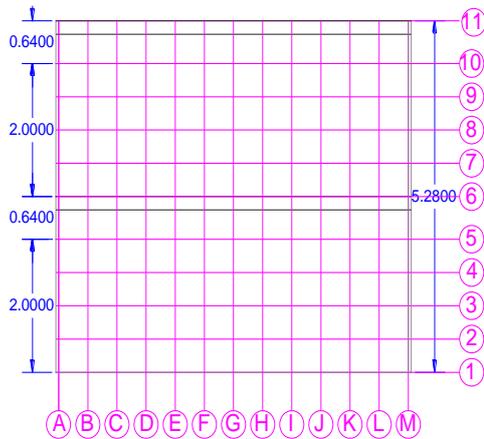
Elevación Fachada Posterior



Fuente: Elaboración propia, 2021.

Figura 33

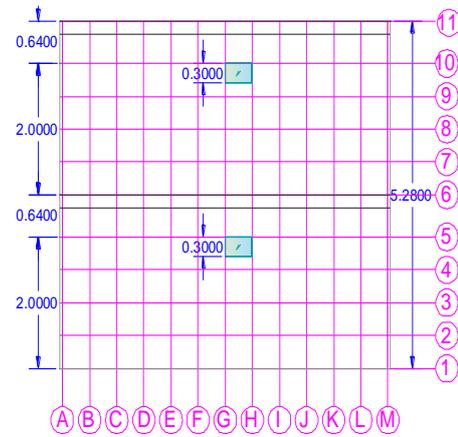
Elevación Fachada Lateral Derecha



Fuente: Elaboración propia, 2021.

Figura 34

Elevación Fachada Lateral Izquierda



Fuente: Elaboración propia, 2021.

Para un mejor análisis de la estructura SIP, se diseñó la vivienda en el programa ETABS con los valores calculados de la NEC 2015 y de MetCorp 2020, tomando en consideración cada parámetro de los mismos como una idealización a los principales aspectos funcionales de la estructura buscando representar una realidad física simplificada, y obtener una aproximación del comportamiento de sus elementos.

En el caso de los paneles de aislamiento estructural, su comportamiento se representará mediante áreas, con el fin de identificar el comportamiento de los muros y losas, y las zonas donde se producen mayores esfuerzos, verificando la idoneidad de sus elementos. Además, se usaron perfiles de acero tipo C y H como tiras de conexión entre paneles, en la cual se verificará el cumplimiento de su capacidad ante los parámetros expuestos por las normas ecuatorianas.

3.5.1. Características de los elementos

En la tabla 21 se mostrarán los valores resumidos de los elementos a usar en la modulación de la estructura SIP considerando los parámetros de la normativa ecuatoriana y del manual de diseño MetCorp.

Tabla 21

Características de los elementos del sistema SIP

Elemento	Componentes	Dimensiones	Especificaciones
Muro SIP MgO	Panel SIP de MgO con alma de poliestireno	e = 10 cm	Densidad 1000 kg/m ³
	Losa y Cubierta SIP MgO	Panel SIP de MgO con alma de poliestireno	
Conexiones	Tiras de unión tipo H	e = 0,88 cm	Acero Galvanizado
	Soleras tipo C	e = 0,3 cm	

Nota. Valores obtenidos de MetCorp y fichas técnicas de perfiles de acero. Fuente:
Elaboración propia, 2021.

Especificaciones de los materiales

➤ Panel SIP de MgO Muro

- Espesor del panel = 10 cm
- Densidad del poliestireno = 25 kg/m³
- Peso específico del panel = 371 kg/m³
- Resistencia a la compresión = 50,68 kg/cm²
- Resistencia a cortante = 0,875 kg/cm²
- Módulo de elasticidad = 6045 MPa

➤ Panel SIP de MgO Losa y Cubierta

- Espesor del panel = 20 cm
- Densidad del poliestireno = 25 kg/m³
- Peso específico del panel = 233 kg/m³
- Resistencia a la flexión = 40,17 kg/cm²
- Resistencia a cortante = 0,875 kg/cm²

➤ Acero estructural

- Perfil C grado 50 = ASTM A653

- Esfuerzo de fluencia $F_y = 3515,35 \text{ kg/cm}^2$
- Resistencia a tensión $F_u = 4569,95 \text{ kg/cm}^2$
- Espesor del perfil $C_e = 3 \text{ mm}$
- Perfil H grado 50 = ASTM A572
- Esfuerzo de fluencia $F_y = 2400 \text{ kg/cm}^2$
- Resistencia a tensión $F_u = 4500 \text{ kg/cm}^2$
- Espesores = 6mm y 9mm

Dichos valores se colocarán en las propiedades de los materiales en el programa ETABS, sabiendo que en los casos de los parámetros no expuestos anteriormente, se mantendrán los valores establecidos por defecto del programa.

Figura 35

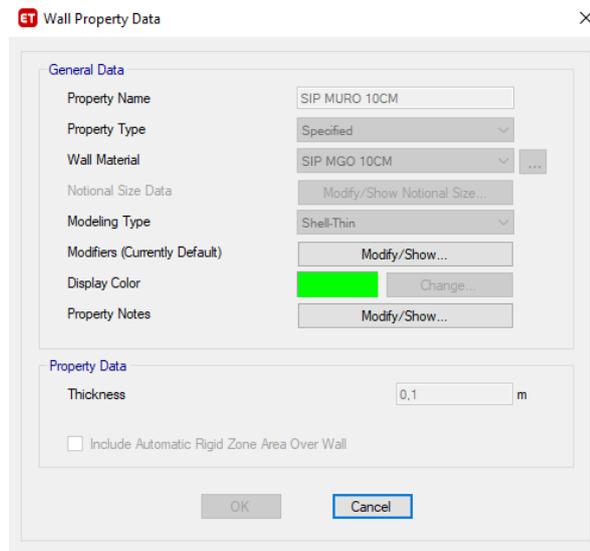
Propiedades de los materiales

Nota. Asignación de propiedades de los paneles SIP.

Para crear las secciones de muros se colocará la sección tipo SHELL- THIN asignándole el material correspondiente, así mismo se hará con las losas de cubierta y entrepiso.

Figura 36

Sección de muros tipo Shell

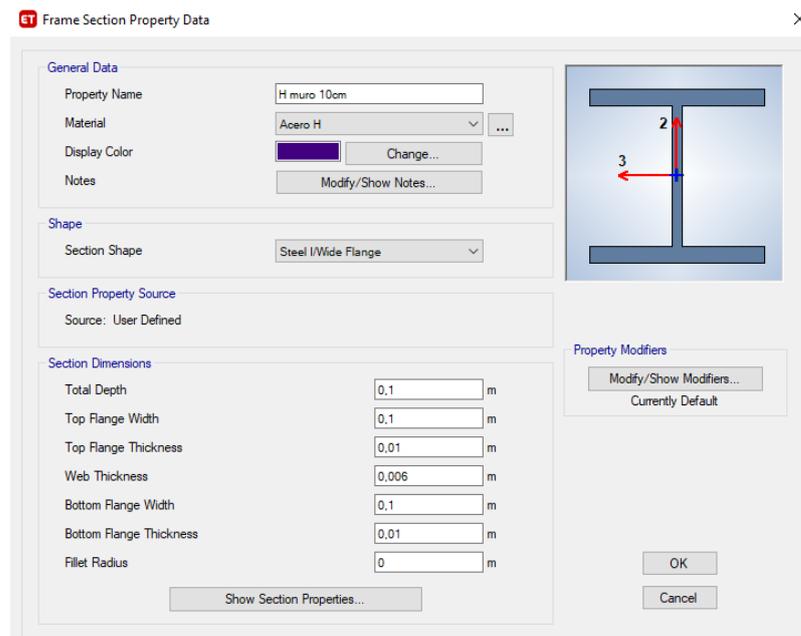


Nota. Asignación de las secciones de áreas para muros.

En la definición de las propiedades de los perfiles de acero, se crean elementos tipo frame, en la cual se le asignarán las propiedades correspondientes para los perfiles tipo C y H.

Figura 37

Propiedades de los perfiles de acero



Nota. Asignación de propiedades para los perfiles de acero H y C.

Los perfiles de acero tipo C se colocarán como las soleras, ancladas en la cimentación para unir los paneles de muro y en los extremos de la vivienda tanto en losa y cubierta. Los perfiles de acero tipo H se colocarán como columnas y vigas dependiendo del espesor de los paneles.

3.5.2. Asignación de cargas

Se definieron los siguientes parámetros de cargas en el programa ETABS, :

Figura 38

Casos de cargas definidos en ETABS

Load	Type	Self Weight Multiplier	Auto Lateral Load
Dead	Dead	1	
Dead	Dead	1	User Loads
SX	Seismic	0	
CM	Dead	0	
CV	Live	0	
SY	Seismic	0	User Loads
W	Wind	0	None

Nota. Casos de cargas colocados en ETABS.

En la definición de los parámetros de cargas, en cargas sísmicas se colocará los valores del cortante basal calculado anteriormente para cada piso, asignándolo a los diafragmas creados para los mismos.

Figura 39

Asignación del cortante Basal

Story	Diaphragm	Fx kgf	Fy kgf	Mz kgf-m
Story2	D2	2508,71	0	0
Story1	D1	2266,79	0	0
Story2	D2	0	2508,71	0
Story1	D1	0	2266,79	0

Nota. Cortante Basal asignado a los diafragmas en cada piso de la edificación.

- **Cargas de Viento**

Para determinar las presiones de viento actuantes en la estructura, se expresará dichos valores en la tabla 22. Teniendo en cuenta que se obtuvo los valores de la normativa ecuatoriana NEC-SE.CG, 2015 y del ASCE 7-16.

Tabla 22*Cargas de Viento W*

Parámetros	Valor	Observación	Referencia
Velocidad del viento (V)	21 75	m/s km/h	NEC-SE-CG 2015, sección 3.2.4.(a), pg. 14
Altura total del edificio (Hn)	5,28	m	Planos Arquitectónicos
Categoría de exposición	B	Obstrucción	NEC-SE-CG 2015, sección 3.2.4.(a), pg. 15
Coefficiente de corrección (σ)	0,86	baja	NEC-SE-CG 2015, sección 3.2.4.(a), pg. 15
Velocidad corregida (Vb)	18,06 64,5	m/s km/h	NEC-SE-CG 2015, sección 3.2.4.(b), pg. 14
Densidad del aire (ρ)	1,25	kg/m ³	NEC-SE-CG 2015, sección 3.2.4.(c), pg. 15
Coefficiente de entorno/altura (Ce)	0,57		ASCE 7-16, tabla 26.10.1, pg. 268
Aceleración (a)	9,81	m/s ²	

Nota. Valores obtenidos según las referencias de la tabla.

Tabla 23*Coefficiente de forma Cf*

Construcción	Barlovento	Sotavento
Superficies verticales de edificios	0,8	
Anuncios, muros aislados, elementos con una dimensión corta en el sentido del viento	1,5	
Tanques de agua, chimeneas y otros de sección circular o elíptica	0,7	
Tanques de agua, chimeneas y otros de sección cuadrada o rectangular	2	
Arcos y cubiertas cilíndricas con un ángulo de inclinación que no exceda los 45°	0,8	-0,5
Superficies inclinadas a 15° o menos	0	-0,6
Superficies inclinadas a 15° o menos	0,3	-0,6
Superficies inclinadas entre 15° y 60°	0,3	-0,6
Superficies inclinadas entre 15° y 60°	0,7	-0,6
Superficies inclinadas entre 60° y la vertical	0,8	-0,6

Nota. Se tomará el primer valor para el coeficiente de forma Cf. Fuente: Norma ecuatoriana NEC-SE-CG, 2015.

Para obtener el valor de la presión del viento se usará la siguiente ecuación:

$$P = \frac{1}{2} * \rho * V_b^2 * C_e * C_f$$

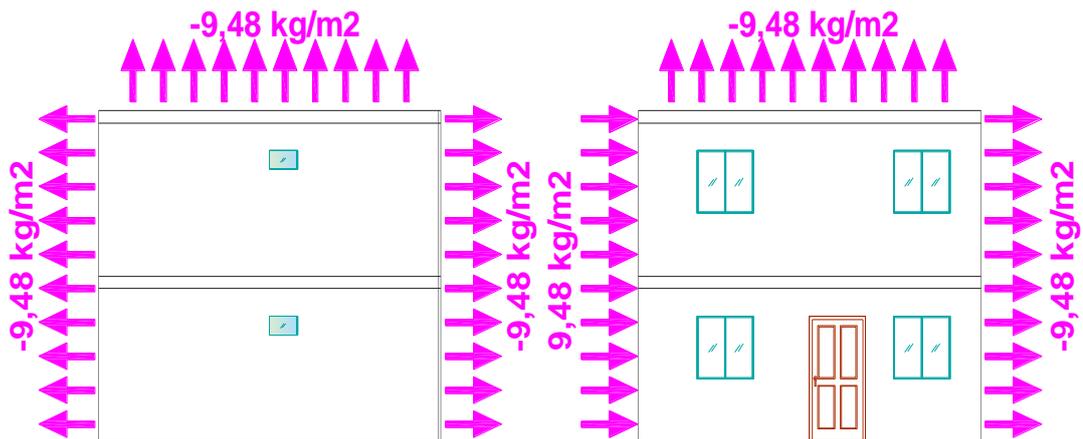
$$P = \frac{1}{2} * 1,25 * 18,06^2 * 0,57 * 0,8 = 92,96 \text{ N/m}^2$$

El valor de 92,96 N/m² equivale a la presión del viento en Barlovento, el cual se multiplicará por la aceleración equivalente a 9,81 m/s² dando un valor de **9,48 kg/m²**, el cual se lo asignará al modelado de la estructura como una fuerza distribuida en los muros.

Se debe tomar en cuenta que, para la aplicación de las presiones de viento en la estructura, el valor de Barlovento (presión) se la asignará como carga distribuida positiva, y el valor de Sotavento (succión) se asignará como una carga negativa, como se muestra en la figura 40.

Figura 40

Asignación de cargas de viento.



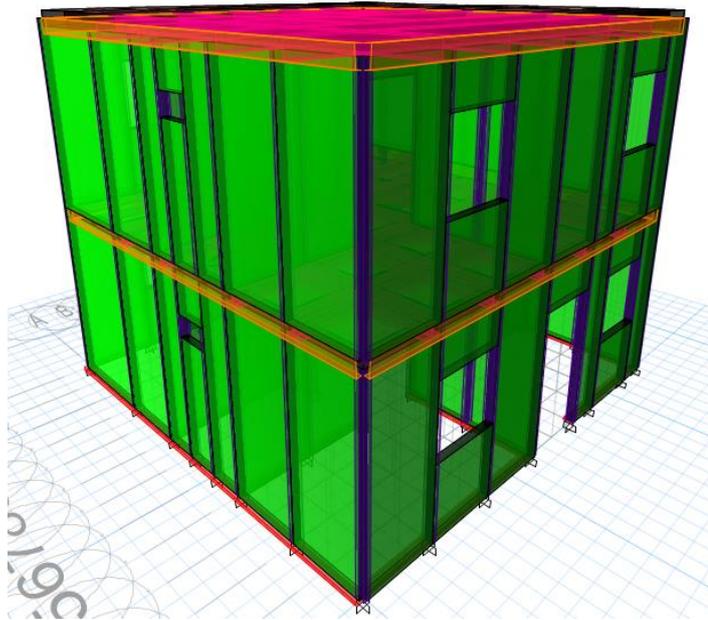
Nota. Aplicación de cargas de viento en Barlovento y Sotavento en la estructura modelada. Fuente: Elaboración propia.

3.5.3. Modelado de la estructura SIP

En el modelado de la estructura con paneles de aislamiento estructural SIP de óxido de magnesio MgO se asignan sus respectivos componentes mediante elementos tipo frame y de área, con sus propiedades.

Figura 41

Modelado vivienda SIP



Nota. Vista 3D de la estructura con paneles SIP.

3.6. ANÁLISIS ESTRUCTURAL

Generado el modelo estructural de la vivienda SIP con sus respectivas asignaciones de cargas y patrones del mismo, se procede a verificar su capacidad conforme a la normativa vigente en nuestro país, para ello se consideran los desplazamientos en el modelado, tanto en compresión y cortante en muros y losas.

3.6.1. Verificación de derivas

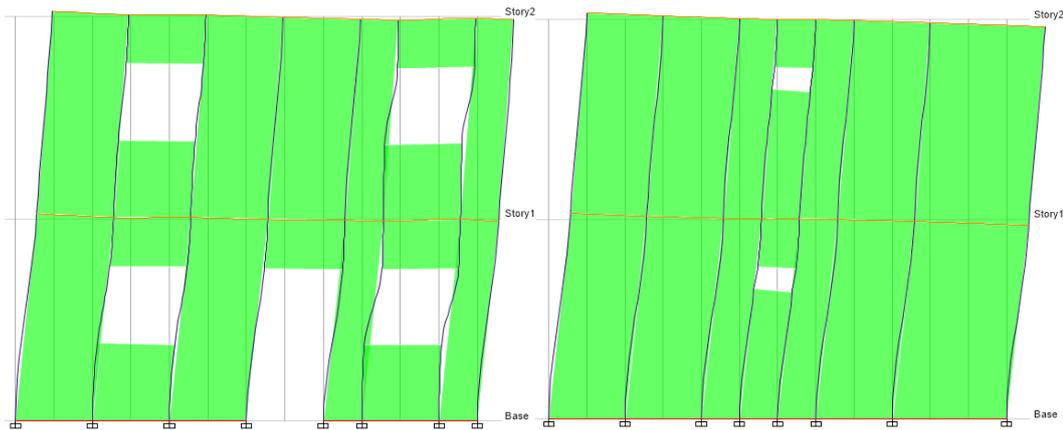
En la norma NEC-SE-DS, (2015) expone que para cualquier piso no debe de exceder los límites de derivas inelásticas, en la cual la deriva máxima se expresa como un porcentaje de la altura de piso expresado en la tabla 24.

Tabla 24*Deriva máxima de piso*

Estructuras de:	Δ máxima
Hormigón armado, estructuras metálicas y de madera.	0,02
De mampostería	0,01

Nota. Valores de derivas máximas. Fuente: NEC-SE-DS, 2015.

Para verificar que la estructura cumple con el parámetro de derivas de piso, se toma el caso de carga sísmica en X y Y como ejemplo, donde los desplazamientos se multiplicarán por un factor de $0,75R$ y se dividirá para la altura de cada piso, como presentan en las tablas 25 y 26.

Figura 42*Desplazamientos SX y SY*

Nota. Desplazamientos en Fachada Frontal y Lateral Izquierda.

Tabla 25*Desplazamiento de entrepiso en X*

Nodo	Caso de carga	Δx (m)	Z (m)	R	$\Delta x * 0,75R$	$\Delta x * 0,75R / Z$	< 2%
109	Sismo X	0,000073	5,28	1,5	0,000082	0,0016%	Cumple
115	Sismo X	0,000079	5,28	1,5	0,000089	0,0017%	Cumple
20	Sismo X	0,000042	2,64	1,5	0,000047	0,0018%	Cumple
28	Sismo X	0,000046	2,64	1,5	0,000052	0,0020%	Cumple

Nota. Derivas de piso en dirección X de la fachada frontal.

Tabla 26

Desplazamiento de entrepiso en Y

Nodo	Caso de carga	Δy (m)	Z (m)	R	$\Delta x * 0,75R$	$\Delta x * 0,75R / Z$	< 2%
114	Sismo Y	0,000053	5,28	1,5	0,000070	0,0013%	Cumple
115	Sismo Y	0,000062	5,28	1,5	0,000060	0,0011%	Cumple
20	Sismo Y	0,000036	2,64	1,5	0,000041	0,0015%	Cumple
27	Sismo Y	0,000029	2,64	1,5	0,000033	0,0012%	Cumple

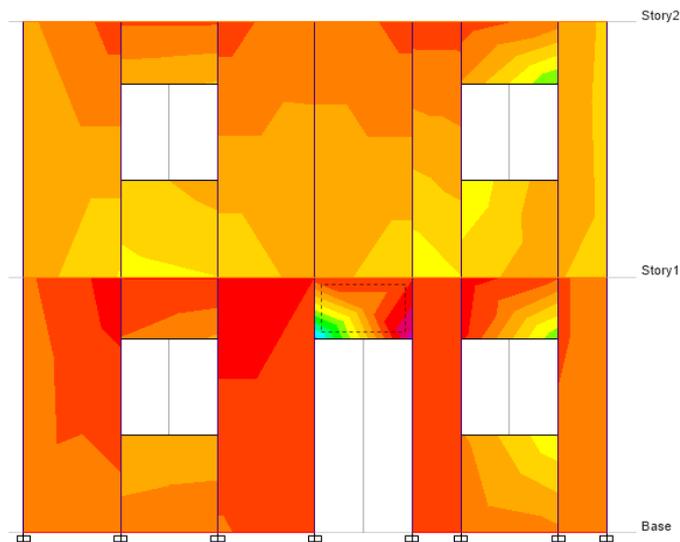
Nota. Derivas de piso en dirección Y de la fachada lateral izquierda.

3.6.2. Capacidad de muros y losas a compresión y cortante

Para la verificación de muros y losas a compresión y cortante, se toman los esfuerzos en la dirección horizontal S11 Y S22, equivalentes a la compresión, y el esfuerzo cortante en la dirección S12, verificando su capacidad el cual no debe exceder a 1. En las tablas 27 y 28 se mostrarán los valores correspondientes a la fachada frontal y a la losa de entrepiso, mostradas en escalas de colores como ejemplos de su verificación, en la cual están expresados en kg/m^2 , donde se transformarán a kg/cm^2 para su comparación con los esfuerzos admisibles.

Figura 43

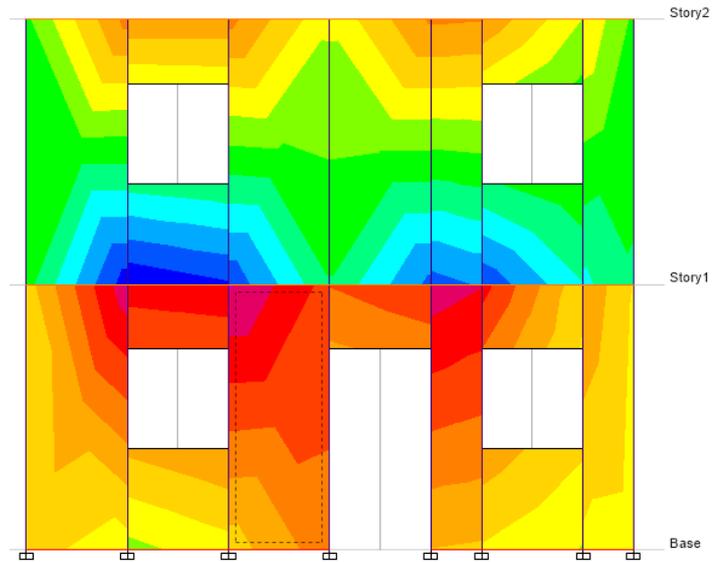
Esfuerzo actuante S11 en panel SIP



Nota. Esfuerzo máximo a compresión S11 en muro fachada.

Figura 44

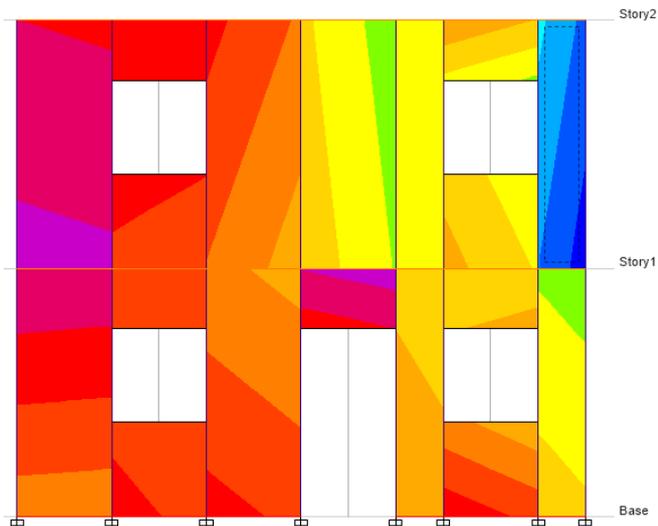
Esfuerzo actuante S22 en panel SIP



Nota. Esfuerzo máximo a compresión S22 en muro fachada.

Figura 45

Esfuerzo actuante S12 en panel SIP



Nota. Esfuerzo máximo a cortante S12 en muro fachada.

Tabla 27

Capacidad de muro fachada

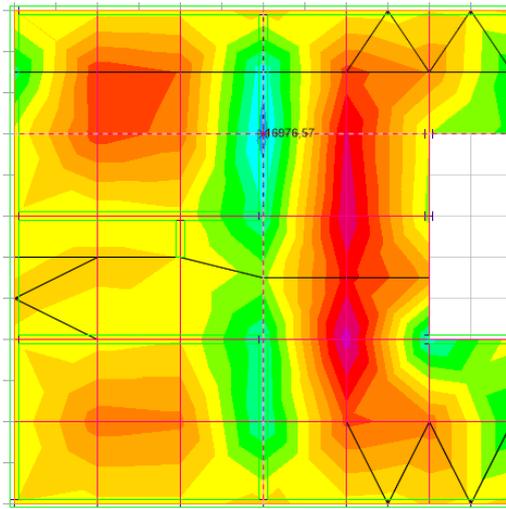
Dirección	Combinación	Esfuerzo Actuante kg/cm ²	Esfuerzo Admisible kg/cm ²	Capacidad < 1
-----------	-------------	---	--	------------------

S11	0,9D+W	0,180982	50,68	0,004
S22	1,2D+W+L	1,031846	50,68	0,020
S12	1,2D+W+L	0,352205	0,875	0,403

Nota. Comparación entre esfuerzos actuantes y admisibles en muros fachada.

Figura 46

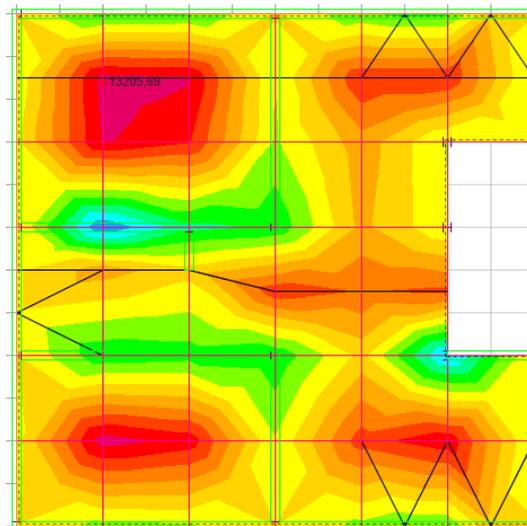
Esfuerzo actuante S11 en losa



Nota. Esfuerzo máximo a compresión S11 en losa de entrepiso (+2,64m).

Figura 47

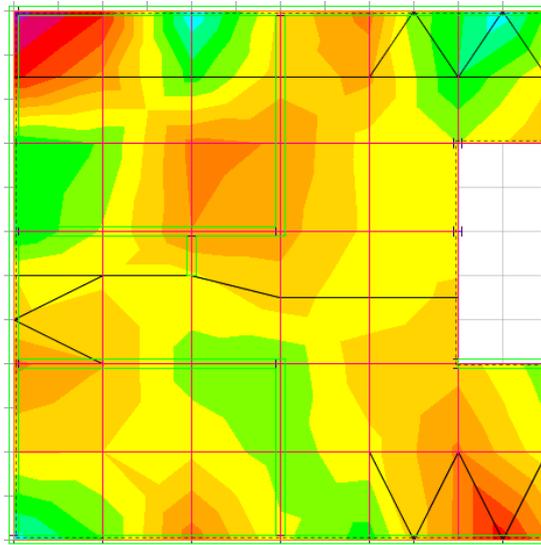
Esfuerzo actuante S22 en losa



Nota. Esfuerzo máximo a compresión S22 en losa de entrepiso (+2,64m).

Figura 48

Esfuerzo actuante S12 en losa



Nota. Esfuerzo máximo a cortante S12 en losa de entrepiso (+2,64m).

Tabla 28

Capacidad de losa de entrepiso

Dirección	Combinación	Esfuerzo Actuante	Esfuerzo Admisible	Capacidad
		kg/cm ²	kg/cm ²	< 1
S11	1,2D+1,6L	1,909575	40,17	0,048
S22	1,2D+1,6L	1,486594	40,17	0,037
S12	1,2D+1,6L	0,574665	0,875	0,657

Nota. Comparación entre esfuerzos actuantes y admisibles en losa de entrepiso.

3.6.3. Verificación de deflexiones en losa y cubierta

Para la verificación de deflexiones en losa y cubierta debemos tomar en cuenta que el panel SIP es un material compuesto por dos materiales, las placas de óxido de magnesio y con un centro de poliestireno expandido. Este elemento para ser estudiado como un solo elemento se transformará a un equivalente de viga I, debido a que el material flexible (poliestireno) se volverá más fino, formando una I (Hibbeler, 2011).

Para el cálculo del EI se tiene la siguiente ecuación donde se obtendrá un solo valor del material compuesto, junto con los datos de cada material, placa de MgO y el EPS.

$$EI = \frac{E_s * b * t^3}{6} + \frac{E_s * t * d^2 * b}{2} + \frac{E_p * b * c^3}{12}$$

Donde:

- E_s*** Módulo de elasticidad de la placa de MgO
- E_p*** Módulo de elasticidad del núcleo de poliestireno
- b*** Ancho del panel
- d*** Distancia entre los centroides de las placas de MgO
- t*** Espesor de la placa de MgO
- c*** Espesor del núcleo de poliestireno

Reemplazamos los datos de los elementos en la ecuación obteniendo el siguiente valor:

$$EI = \frac{6045 * 1220 * 12,5^3}{6} + \frac{6045 * 12,5 * 610^2 * 1220}{2} + \frac{3280 * 610 * 175^3}{12}$$

$$EI = 1931189,05 \text{ kg} - \text{m}^2$$

Obtenido el valor de EI se procede a reemplazar cada valor en la ecuación para hallar la deformación de la losa y cubierta de la estructura.

$$\Delta = \frac{5 * q_u * L^4}{384 * EI}$$

Tabla 29

Deflexión máxima en losa y cubierta.

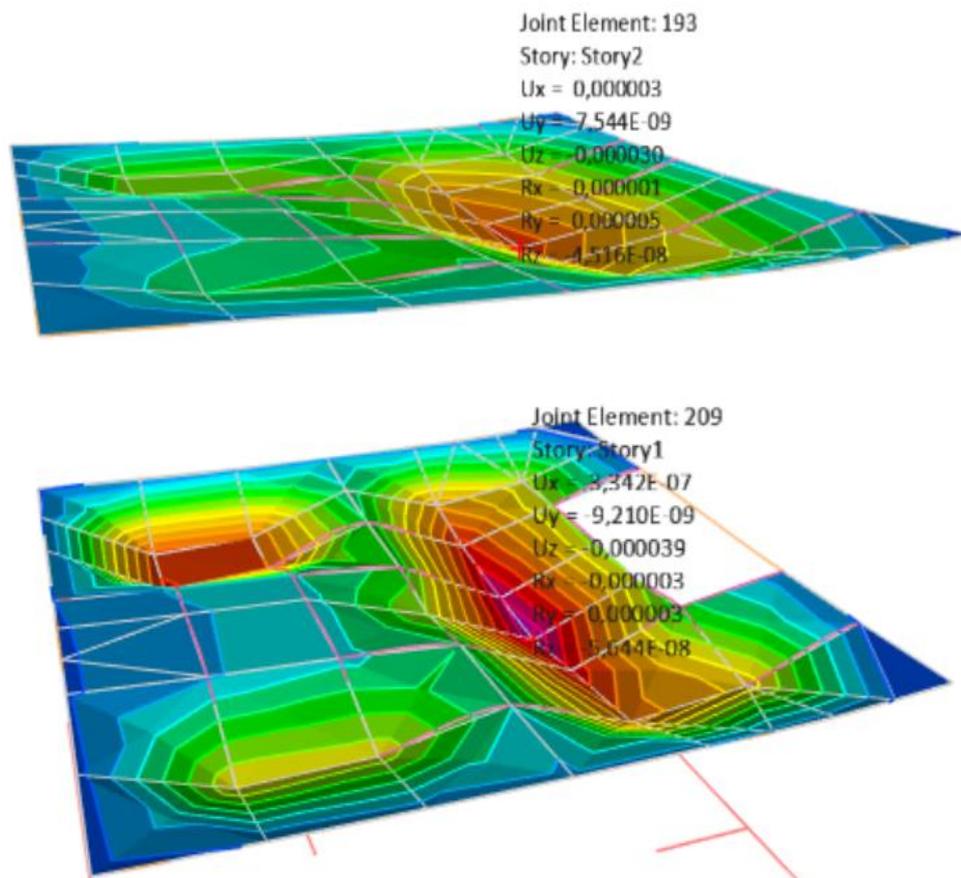
EI kg-m2	Cs Kg/m2	qs kg/cm	Δ mm
-----------------	-----------------	-----------------	-------------

*1931189,05	136,60	1,67	0,091
°1931189,05	150,30	4,27	0,233

Nota. * Deflexión en cubierta (+5,28m); ° Deflexión en losa (+2,64m). Fuente:
Elaboración propia.

Figura 49

Deflexión aplicada en losa y cubierta



Nota. Deflexión obtenida del programa ETABS en losa y cubierta con carga de servicio.

3.6.4. Verificación de perfiles de acero a flexión

Los perfiles de acero usados en la vivienda son: perfil C, ubicado en el perímetro de la vivienda en la losa de entrepiso y cubierta; y los perfiles H, ubicados como columnas y vigas dependiendo del espesor del panel. La verificación del perfil C (perímetro) y su máximo momento flector es el siguiente:

Figura 50

Perfil C Losa y Cubierta

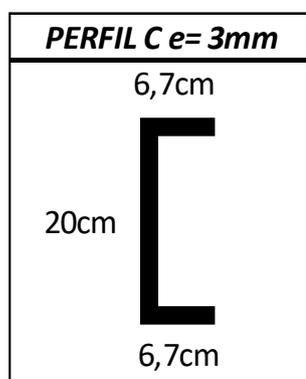


Nota. Máximo momento flector en dirección 3-3 de la viga de acero.

Las dimensiones del perfil C y sus propiedades geométricas se encuentran descritas en la figura 51 y en la tabla 30, cuyos valores son los siguientes:

Figura 51

Dimensiones perfil C



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 30*Propiedades del perfil C*

Propiedades	Símbolo	Valor	Unidad
Momento de inercia 3-3	I 3-3	600,00	cm ⁴
Momento de inercia 2-2	I 2-2	39,43	cm ⁴
Radio de giro 3-3	r3	7,63	cm
Radio de giro 2-2	r2	2,00	cm
Módulo de sección 3-3	S3	57,00	cm ³
Módulo de sección 2-2	S2	27,00	cm ³

Nota. Propiedades del perfil de acero C obtenido del programa Etabs.

De acuerdo al análisis estructural y de los resultados obtenidos del mismo, el momento flector máximo actuante sobre la sección es la siguiente:

$$M_{3-3} = 6,0 \text{ kg} - m \rightarrow 600 \text{ kg} - cm$$

De acuerdo al valor obtenido del programa, el esfuerzo actuante en la viga es:

$$F_S = \frac{M}{S} = \frac{600}{57} = 10,53 \text{ kg/cm}^2$$

El esfuerzo admisible en la sección es:

$$F_b = 0,6 * F_y = 0,6 * 3515,35 = 2109,21 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_S < F_B \rightarrow 10,53 < 2109,21 \rightarrow CUMPLE$$

Al evidenciar que el esfuerzo actuante es menor que el esfuerzo admisible, demuestra que el perfil C cumple con el adecuado comportamiento a flexión.

En la verificación del perfil H (vigas centrales), su máximo momento flector se muestra en la figura 52, cuyo valore es el siguiente:

Figura 52

Perfil H losa y cubierta

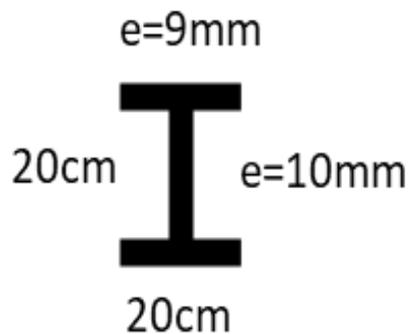


Nota. Máximo momento flector en dirección 3-3 de la viga de acero.

Las dimensiones del perfil H y sus propiedades geométricas son las siguientes:

Figura 53

Dimensiones perfil H



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 31*Propiedades del perfil H*

Propiedades	Símbolo	Valor	Unidad
Momento de inercia 3-3	I 3-3	4100,00	cm ⁴
Momento de inercia 2-2	I 2-2	1300,00	cm ⁴
Radio de giro 3-3	r3	8,49	cm
Radio de giro 2-2	r2	4,87	cm
Módulo de sección 3-3	S3	405,00	cm ³
Módulo de sección 2-2	S2	133,00	cm ³

Nota. Propiedades del perfil de acero H obtenido del programa Etabs.

De acuerdo al análisis estructural y de los resultados obtenidos del mismo, el momento flector máximo actuante sobre la sección es la siguiente:

$$M_{3-3} = 148,43 \text{ kg} - m \rightarrow 14843 \text{ kg} - cm$$

De acuerdo al valor obtenido del programa, el esfuerzo actuante en la viga es:

$$F_S = \frac{M}{S} = \frac{14843}{405} = 36,65 \text{ kg/cm}^2$$

El esfuerzo admisible en la sección es:

$$F_b = 0,6 * F_y = 0,6 * 2400 = 1440 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_S < F_B \rightarrow 36,65 < 1440 \rightarrow \text{CUMPLE}$$

Al evidenciar que el esfuerzo actuante es menor que el esfuerzo admisible, demuestra que el perfil H cumple con el adecuado comportamiento a flexión.

3.7. ANÁLISIS DE RESULTADOS

En esta sección se realizará un análisis comparativo del sistema estructural de paneles estructurales SIP, usando perfiles de acero galvanizado y entramados de madera,

exponiendo ambos resultados, verificando su comportamiento sismorresistente según la normativa ecuatoriana, donde los principales parámetros obtenidos del análisis estructural son los siguientes:

- *Derivas de piso*

Se puede evidenciar en ambos casos que las derivas de piso están muy por debajo del límite establecido en la norma NEC-SE-DS, (2015), debido principalmente a que ambos sistemas estructurales son de bajo peso, por ende los valores obtenidos en ambos cumplen con dichos parámetros.

Tabla 32

Derivas de piso

Derivas de piso	Estructura con paneles SIP y perfiles de acero		Estructuras con paneles SIP y entramados de madera	
	X	Y	X	Y
	Planta alta	0,0017%	0,0013%	0,0019%
Planta baja	0,0020%	0,0015%	0,0022%	0,0017%

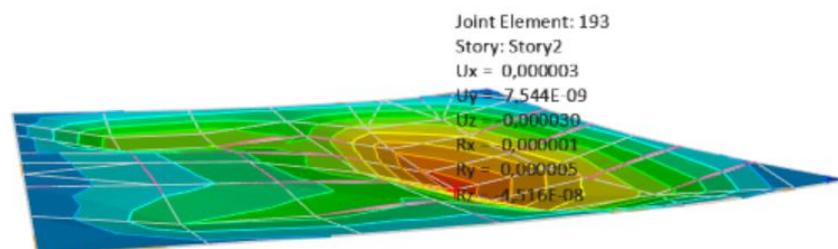
Nota. Valores de derivas máximas en cada piso.

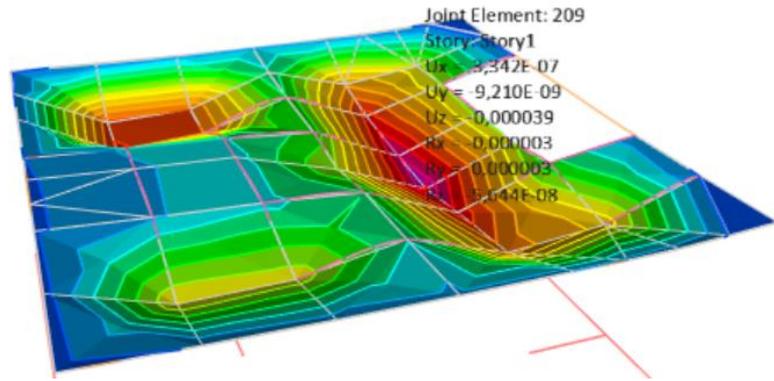
- *Deflexiones o flechas*

Al efectuar un análisis estructural en ambos sistemas, se obtuvo las siguientes deflexiones máximas en la cubierta y losa de entrepiso de cada uno bajo cargas de servicio:

Figura 54

Flecha máxima en losa y cubierta - Sistema SIP con perfiles de acero.

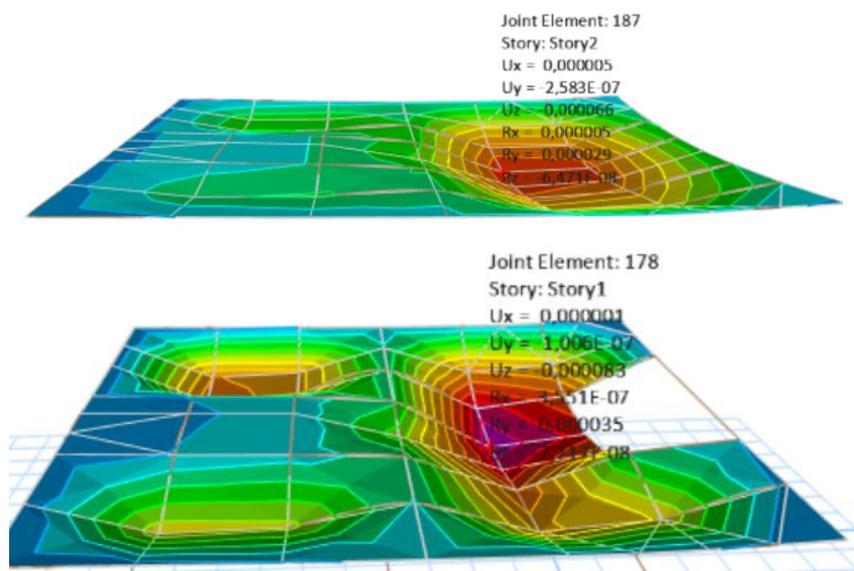




Nota. Deflexión máxima por cargas de servicio en losa y cubierta (m).

Figura 55

Flecha máxima en losa y cubierta - Sistema SIP con entramados de madera



Nota. Deflexión máxima por cargas de servicio en losa y cubierta (m).

Tabla 33

Deflexiones máximas en cada sistema constructivo.

Caso	Estructura SIP y perfiles de acero		Estructura SIP y entramados de madera	
	Planta alta	Planta baja	Planta alta	Planta baja
Deflexión máxima aplicada (mm)	0,030	0,039	0,066	0,083

Deflexión admisible (mm)	0,091	0,233	0,091	0,233
-----------------------------	-------	-------	-------	-------

Fuente: Elaboración propia.

Se puede observar que ambos sistemas constructivos no exceden el comportamiento óptimo bajo condiciones de cargas de servicio, debido a que las deflexiones máximas obtenidas del programa no sobrepasan las deflexiones máximas admisibles calculadas, dando resultados favorables.

De la misma forma se obtienen las deflexiones máximas aplicadas en los perfiles de acero y en los entramados de madera, en la que se demuestra que los valores máximos de deflexiones están por debajo de las deflexiones admisibles cumpliendo con los requisitos de diseño, tal como se muestra en la tabla 33.

Tabla 34

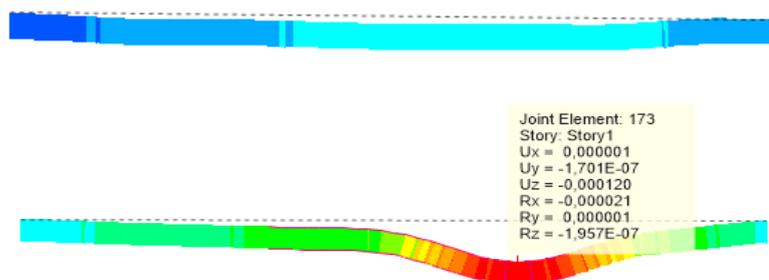
Deflexiones máximas en conexiones entre paneles

Caso	Perfiles de acero		Entramados de madera	
	Perfil C	Perfil H	Pie derecho	Tiras de conexión
Deflexión máxima (mm)	0,016	0,094	0,146	0,021
Deflexión admisible (mm)	13,33	13,33	0,542	0,542
% de capacidad	0,12	0,71	1,88	3,84

Nota. Deflexiones máximas y su capacidad en ambos sistemas constructivos. Fuente: Elaboración propia.

Figura 56

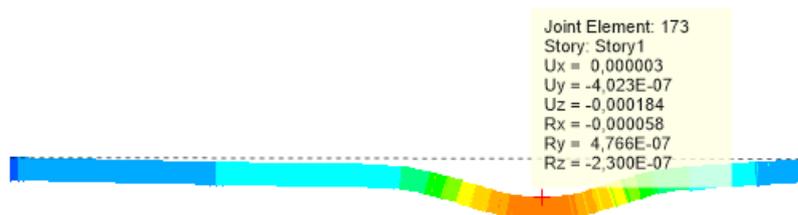
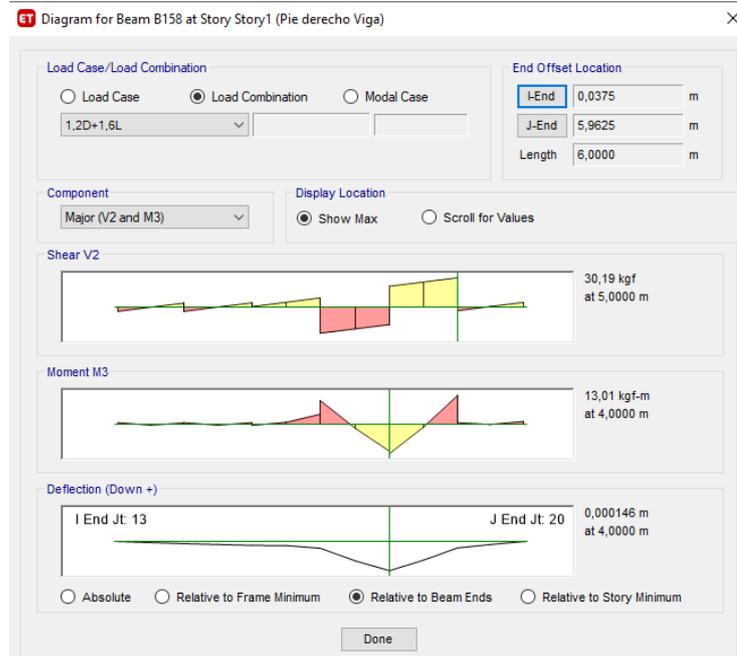
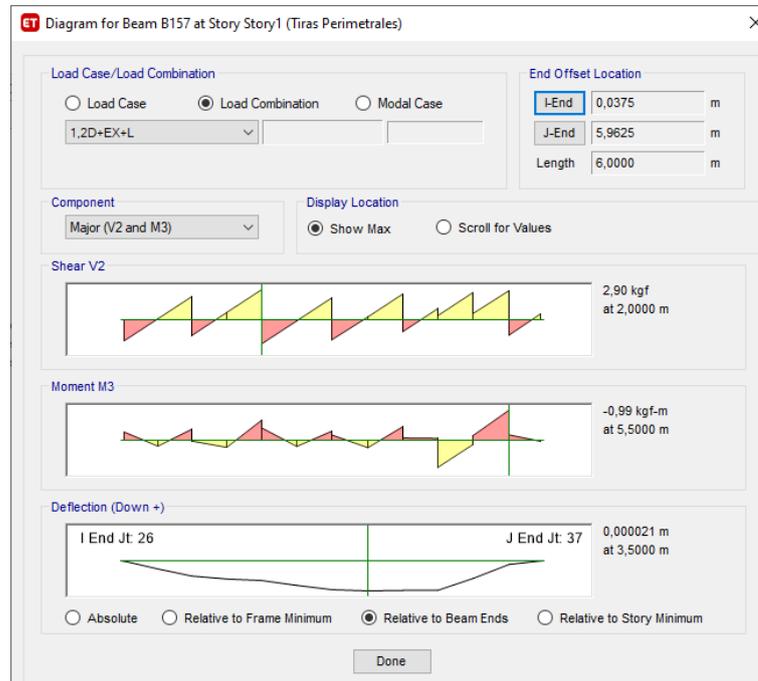
Deflexiones en perfiles de acero



Fuente: ETABS

Figura 57

Momento flector máximo y deflexiones en los entramados de madera



Fuente: ETABS

3.8. ANÁLISIS DE COSTOS

El presupuesto es un estudio económico que estima el precio de construcción de una obra mediante los precios unitarios. En esta sección se analizará el presupuesto general de construcción en el sistema de paneles SIP con perfiles de acero y entramados de madera realizando su respectivo análisis comparativo, tomando en cuenta que este sistema constructivo posee elementos prefabricados, conllevando una opción ventajosa con facilidad de montaje y reducción de costos en mano de obra.

Se presentará a continuación en las tablas 35 y 36 el presupuesto de cada sistema constructivo:

Tabla 35

Presupuesto – Sistema con paneles SIP y perfiles de acero.

Código	Descripción	Und.	Cant.	Precio unitario	Subtotal
1	PRELIMINARES				
1.1	Trazado y replanteo	m2	36,00	1,94	69,75
1.2	Excavación	m3	14,40	7,83	112,68
1.3	Relleno compactado	m3	10,80	16,96	183,21
2	CIMENTACIÓN				
2.1	Replanteo	m3	1,58	8,54	13,49
2.2	Contrapiso	m2	7,20	7,33	52,76
3	ESTRUCTURAS ACERO				
3.1	Perfiles de acero	kg	539,30	2,36	1273,42
4	PANELES SIP				
4.1	Instalaciones de Paneles SIP	m2	168,88	24,41	4122,41
5	INSTALACIONES ELÉCTRICAS				
5.1	Punto de luz	pto	10,00	44,19	441,91
5.2	Tomacorriente 110 v	pto	10,00	46,54	465,44
6	INSTALACIONES SANITARIAS				

6.1	Punto de agua potable	pto	7,00	32,39	226,72
6.2	Punto de agua servida	pto	7,00	40,15	281,02
7	PIEZAS SANITARIAS				
7.1	Instalación piezas sanitarias	u	1,00	252,53	252,53
8	PUERTAS Y VENTANAS				
8.1	Instalación puertas y ventanas	m2	22,30	4,50	100,39
TOTAL					\$ 7595,74

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 36

Presupuesto - Sistema con paneles SIP y entramados de madera.

Código	Descripción	Und.	Cant.	Precio unitario	Subtotal
1	PRELIMINARES				
1.1	Trazado y replanteo	m2	36,00	1,94	69,75
1.2	Excavación	m3	14,40	7,83	112,68
1.3	Relleno compactado	m3	10,80	16,96	183,21
2	CIMENTACIÓN				
2.1	Replanteo	m3	1,58	8,54	13,49
2.2	Contrapiso	m2	7,20	7,33	52,76
3	ESTRUCTURAS DE MADERA				
3.1	Instalación entramados de madera	u	1,00	2257,09	2257,09
4	PANELES SIP				
4.1	Instalaciones de Paneles SIP	m2	168,88	24,41	4122,41
5	INSTALACIONES ELÉCTRICAS				
5.1	Punto de luz	pto	10,00	44,19	441,91
5.2	Tomacorriente 110 v	pto	10,00	46,54	465,44
6	INSTALACIONES SANITARIAS				
6.1	Punto de agua potable	pto	7,00	32,39	226,72
6.2	Punto de agua servida	pto	7,00	40,15	281,02

7	PIEZAS SANITARIAS				
7.1	Instalación piezas sanitarias	u	1,00	252,53	252,53
8	PUERTAS Y VENTANAS				
8.1	Instalación puertas y ventanas	m2	22,30	4,50	100,39
TOTAL					\$ 8579,40

Fuente: Elaboración propia.

Al tener el presupuesto de cada sistema, se comparan los costos por m2 de cada uno, teniendo en cuenta que ambos sistemas tienen un área total de construcción de 72 m2. Se muestra la diferencia económica de ambos en la tabla 37.

Tabla 37

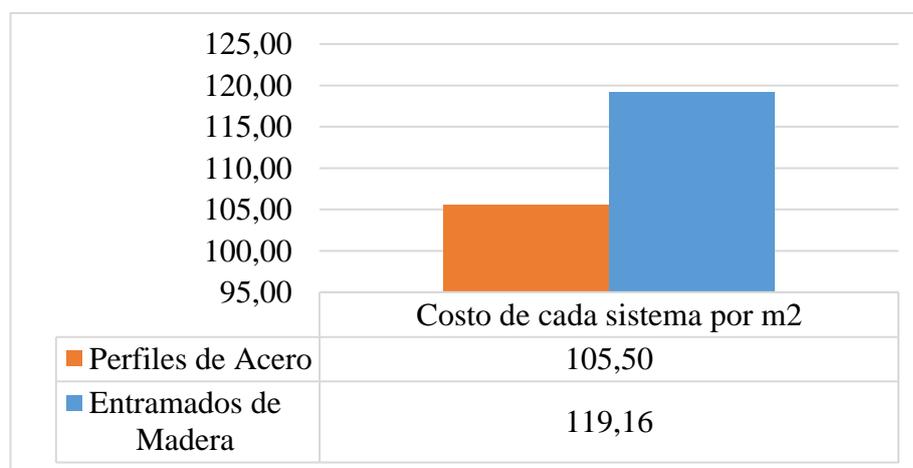
Comparación de precios del sistema constructivo con paneles SIP.

SISTEMA	ÁREA	COSTO	COSTO POR
CONSTRUCTIVO	(M2)	TOTAL	M2
Panel SIP y perfiles de Acero	72	\$7595,74	\$105,50
Panel SIP y entramados de madera	72	\$8579,40	\$119,16

Fuente: Elaboración propia.

Figura 58

Comparación de precios por m2 de cada sistema.



Nota. Costo por metro cuadrado del sistema constructivo. Fuente: Elaboración propia.

Como se puede evidenciar que por cada metro cuadrado de construcción en ambos sistemas no equivale una diferencia significativa, por lo contrario, la diferencia es mínima. En el sistema con perfiles de acero el costo por m² equivale a \$105,50, esto presenta una diferencia de \$13,66 por metro cuadrado de construcción comparándolo con el sistema de entramados de madera con un costo por m² de \$119,16. Estos resultados son posibles debido a que ambos sistemas están implementando los mismos paneles estructurales SIP, con la diferencia al emplear los perfiles de acero y los entramados de madera en cada sistema.

Para la evaluación con el cronograma valorado en ambos sistemas constructivos, se pudo comprobar que al emplear los paneles estructurales SIP de MgO se reducen los tiempos de construcción, debido a que son productos prefabricados, su montaje e instalación será más rápido que en una construcción tradicional.

CAPÍTULO IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- De acuerdo con los estudios y análisis de cada sistema constructivo, se pudo evidenciar que el empleo de los paneles estructurales SIP son óptimos en construcciones de viviendas de hasta dos pisos.
- En la verificación del análisis de diseño sismorresistente, se observa que en el sistema SIP con perfiles de acero presenta derivas de piso de 0,000020 y 0,000015 en la dirección X y Y respectivamente; y en el sistema SIP con entramados de madera presenta derivas de 0,000022 y 0,000017 en dirección X y Y respectivamente. Dichos valores cumplen con los requerimientos establecidos en la normativa ecuatoriana, los cuales están muy por debajo de lo estipulado (2%), haciendo que la edificación sea óptima en su desempeño.
- Ambos sistemas constructivos presentan un adecuado comportamiento frente a cargas de servicio y de gravedad, como se pudo evidenciar en el análisis de deflexiones en losa y cubierta, donde los valores actuantes del sistema SIP con perfiles de acero de 0,03mm en cubierta y 0,04mm en losa, y del sistema SIP con entramados de madera de 0,066mm en cubierta y 0,083mm en losa, no sobrepasan los valores admisibles de 0,091mm en cubierta y 0,233mm en losa, teniendo un desempeño óptimo.
- Se optó por utilizar las combinaciones de cargas estipuladas en la norma NEC-2015, debido a la carencia de normas o requisitos donde puedan emplearse los materiales como lo es el panel SIP.
- La estimación del peso en el sistema SIP con perfiles de acero es de 34700,76 kg respectivamente; el peso en el sistema SIP con entramados de madera es de 27720,48 kg respectivamente. El peso estimado de diseño de ambos sistemas equivale a 33652,80 kg, mostrando una variación en el sistema SIP con perfiles de acero del 3,02%, siendo poco más pesado que el sistema SIP con entramados

de madera, esto demuestra que al reducir el peso sísmico se restringen los efectos de la acción sísmica, donde la acción del viento pasa a ser la principal carga horizontal actuante sobre los muros de cerramiento.

- También se concluye la importancia de las acciones del viento sobre la edificación, debido a lo ligero que es el material empleado, en la cual se empleó parámetros expuestos por la norma ecuatoriana NEC-15 y el ASCE 7-16, tomando en cuenta las combinaciones de cargas en las que interviene los efectos del viento, proyectando esfuerzos máximos actuantes de flexión, compresión y corte, comprobando la relación esfuerzos actuantes – esfuerzos admisibles no superan el 70% respectivamente.
- El costo de producción del sistema de paneles SIP con perfiles de acero por metro cuadrado equivale a \$105,50, asciende a \$119,16 por metro cuadrado en el sistema SIP con entramados de madera, con una diferencia entre ambos equivalente a \$13,66. Esto nos permite constatar que el empleo de ambos sistemas será óptimo y podrá cubrir con la demanda de vivienda.
- Con respecto al tiempo de producción, se puede evidenciar que, en 3 horas, dos maestros y un oficial pueden instalar 17,80 m² de panel SIP, en comparación con paredes de bloque donde dos maestros y un oficial levantan 15 m² en 8 horas. Una diferencia evidente donde se puede afirmar que el empleo de los paneles estructurales SIP resulta beneficioso en costo y tiempo, debido al material ya prefabricado y su rápido montaje, siendo una alternativa viable.

5.2. RECOMENDACIONES

- La norma ecuatoriana al no tener estudios de análisis y diseño de sistemas constructivos como los evaluados, es necesario que las entidades públicas emitan normativas que regulen dichos aspectos y difundir nuevos sistemas constructivos que beneficien a la población.
- Al realizar un nuevo proyecto con la utilización de paneles estructurales SIP, sea con perfiles de acero o entramados de madera se deberá realizar un análisis estructural dependiendo del lugar donde se realice la construcción, debido a que las cargas de sismo y viento varían según su localización, no debiendo utilizar el proyecto típico de una edificación sin antes ser revisado y ajustado a las características propias de cada zona.
- Se deberá realizar un estudio de suelo donde se cimentará la edificación, esto es de suma importancia ya que las cargas sísmicas varían dependiendo del tipo de suelo donde esté ubicada la estructura.
- Para la construcción de viviendas a gran escala, como en áreas residenciales, se puede recomendar emplear los paneles estructurales SIP, tanto con perfiles de acero y entramados de madera, debido a que su montaje e instalación se completan en tiempos más cortos en comparación con los sistemas tradicionales, siendo beneficioso para el costo total del trabajo, realizándolo en menos tiempo y ahorrando dinero.

BIBLIOGRAFÍA

ACI-318. (2019). *Factores de reducción de resistencia*. Michigan: American Concrete Institute.

AMELES HOWARD, S. (2020). *DISEÑO ARQUITECTÓNICO DE VIVIENDAS DE INTERES SOCIAL USANDO LA TÉCNICA DEL SUPERADOBE PARA EL BARRIO CHILE DE LA CIUDAD DE SANTA ELENA*. GUAYAQUIL: UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL.

ANTARTICA. (2019). *Paneles SIP*. Obtenido de ANTARTICA: <https://grupoantartica.cl>

AQSO. (2021). *Sistemas Estructurales*. Obtenido de AQSO: <https://aqso.net>

BLOGGER. (10 de Noviembre de 2014). *RESISTENCIA REQUERIDA Y RESISTENCIA DE DISEÑO - ESTADOS LIMITES*. Obtenido de BLOGGER: <https://ycma69da.blogspot.com>

CaSIP. (2018). *Introduccion al panel SIP*. Obtenido de CaSIP: <http://www.casip.cl>

CHILE.CUBICA. (27 de ENERO de 2009). *Paneles SIP (Structural Insulation Panel)*. Obtenido de CHILE.CUBICA: <https://www.chilecubica.com>

Construcciones Terminus. (2020). *PANEL SIP: QUÉ SON Y QUÉ BENEFICIOS TIENEN*. Obtenido de Terminus Construcciones: <https://terminusconstrucciones.com>

Constructora Marvilla. (30 de Mayo de 2017). *Manual técnico de instalación paneles SIP*. Obtenido de ISSUU: <https://issuu.com>

El Oficial. (6 de Mayo de 2013). *MODERNOS SISTEMAS CONSTRUCTIVOS APLICADOS EN ECUADOR*. Obtenido de El Oficial: <https://eloficial.ec>

El Oficial. (11 de Noviembre de 2019). *SISTEMAS CONSTRUCTIVOS: DE TRADICIONALES A MODERNOS*. Obtenido de El Oficial: <https://eloficial.ec>

- Facil Panel SIP. (2021). *Paneles con Aislamiento Estructural*. Obtenido de FACIL PANEL SIP: <https://www.facilpanel.cl>
- Ghazali, B. M., & Azree, O. M. (SEPTIEMBRE de 2018). *Un innovador panel aislante estructural (SIP): evaluación de las propiedades de durabilidad y rendimiento estructural*. Obtenido de Universiti Teknologi MARA: <https://ir.uitm.edu.my>
- Hibbeler, R. C. (2011). Vigas Compuestas. En R. C. Hibbeler, *Mecánica de Materiales 8va Edición* (págs. 312-314). México: PEARSON EDUCACIÓN.
- Holger Aquino, S. (2020). *ANÁLISIS COMPARATIVO DE COSTOS Y RENDIMIENTOS ENTRE LOS SISTEMAS CONSTRUCTIVOS DE UNA LOSA NERVADA Y LOSA STEEL DECK*. LA LIBERTAD: UPSE.
- Kreja, Ł. S. (8 de ENERO de 2018). *Predicción del modo de fallo para paneles estructurales aislados compuestos con revestimientos de placa MgO*. Obtenido de AIP: <https://aip.scitation.org>
- LiPeixian, Froese, T. M., & TerimCavka, B. (15 de septiembre de 2018). Evaluación del ciclo de vida de los paneles aislados estructurales de óxido de magnesio para una casa inteligente en Vancouver. En LiPeixian, T. M. Froese, & B. TerimCavka, *Energía y Edificios* (págs. 78-86). Vancouver: ELSEVIER. Obtenido de Science Direct.
- LP Building Products. (2017). Sistema SIP-Manual práctico de construcción LP. *PRODUCTOS LP*, 349-356. Obtenido de LP Building Products.
- Łukasz, S., Ireneusz, K., & Zbigniew, P. (2020). Comportamiento a la flexión de paneles compuestos con aislamiento estructural con. *Archivos de Ingeniería Civil y Mecánica*, 1-21.
- Mateo, K., & Medina, D. (2021). *Análisis, diseño y comparación técnica y económica entre una vivienda de dos plantas con pórticos de hormigón armado y una de muros portantes de hormigón armado en el cantón Santa Elena Provincia de Santa Elena*. LA LIBERTAD: UPSE.
- MEKELEKTRO. (s.f.). *Paneles SIP. Precios y propiedades del material. Que es un panel SIP*. Obtenido de MEKELEKTRO: <https://mekelektro.ru>

- METCORP. (2020). *MANUAL DE DISEÑO ESTRUCTURAL SISTEMA CONSTRUCTIVO*. CHILE: METCORP SIP PANEL.
- MetCorp. (2020). *MetCorp SIP MGO*. Obtenido de Panel SIP MetCorp: <https://panelsipmetcorp.cl>
- MetCorp. (2020). *MetCorp SIP MGO (Sulfato de Magnesio)*. Obtenido de MetCorp SIP Panel: <https://panelsipmetcorp.cl>
- Modul MgO. (2020). *¿Por qué utilizar MgO Modul?* Obtenido de Modul: <http://www.modul.cl>
- MODULAR SIPS. (s.f.). *Técnicas básicas de construcción de SIP*. Obtenido de MODULAR SIPS: <https://www.modularsips.co.uk>
- Mohammad, P., Abang, A. A., & Yen, L. V. (2012). Paneles de aislamiento estructural: pasado, presente y futuro. *EPPM*, 1-8.
- Msc Arq. Pier Nogara. (2018). Madera en la construcción. *Edificar 73*, 18-20.
- NEC-SE-CG. (2015). *CARGAS SISMICAS . NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN*.
- NEC-SE-DS. (2015). *DISEÑO SISMICO. NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN*.
- NEC-SE-HM. (2015). *ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO. NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN*.
- NEC-SE-VIVIENDA. (2015). *Viviendas de hasta 2 pisos con luces de hasta 5m*. Quito: Ministro de Desarrollo Urbano y Vivienda.
- Novas, C. J. (2010). *Sistemas constructivos prefabricados aplicables a la construcción de edificaciones en países en desarrollo*. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.
- Organizacion de las Naciones Unidas. (2021). *Objetivos del Desarrollo Sostenible de la Organización de las Naciones Unidas*. Obtenido de Organización de las Naciones Unidas: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/infrastructure/>

- Paneles Monoplac. (Enero de 2019). *MANUAL TECNICO PANELES SIP MONOPLAC PSM*. Obtenido de MONOPLAC: <https://www.monoplac.cl>
- Plastex S.A. (2020). *Paneles SIP - Fichas*. Obtenido de PLASTEX: <https://www.plastex.com.ec>
- PLYCEM. (2010). *Guia rápida de instalación para plycem panel Sip*. Obtenido de PLYCEM: www.plycem.com
- PROMETAL. (s.f.). *Tableros de MgO EcoFrame*. Obtenido de PROMETAL: <http://www.prometal.ec/mgo>
- Rivera Carlos, A. R. (2018). *ANÁLISIS TÉCNICO DEL USO DE LOS PANELES SIP EN CONSTRUCCIÓN*. Obtenido de Repositorio USM: <https://repositorio.usm.cl>
- Rojas, B. C. (2010). *Herramientas para el diseño de elementos estructurales de madera nacional mediante los metodos ASD y LRFD*. Cartago: INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA ESCUELA DE INGENIERÍA EN CONSTRUCCIÓN.
- Smakosz, Ł., & Kreja, I. (8 de ENERO de 2018). *Predicción del modo de fallo para paneles estructurales aislados compuestos con revestimientos de placa MgO*. Obtenido de AIP: <https://aip.scitation.org>
- Yucra Walter, J. (2018). *Planta piloto para la producción de paneles estructurales SIP, Empresa "Tecnopor S.A."*. LA PAZ: Universidad Mayor de San Andrés.

ANEXOS

Tabla 38

Derivas de piso- Sistema de Paneles SIP con Perfiles de Acero

PISO	CASO	Δ (m)	ALTURA (m)	R	$\frac{\Delta*0,75R}{ALTURA}$	< 0,02
2	EX	0,000079	5,28	1,5	0,000017	Cumple
1	EX	0,000046	2,64	1,5	0,000020	Cumple
2	EY	0,000062	5,28	1,5	0,000013	Cumple
1	EY	0,000036	2,64	1,5	0,000015	Cumple
2	1,2D+EX+L	0,000089	5,28	1,5	0,000019	Cumple
1	1,2D+EX+L	0,000048	2,64	1,5	0,000020	Cumple
2	1,2D+EY+L	0,000063	5,28	1,5	0,000013	Cumple
1	1,2D+EY+L	0,000036	2,64	1,5	0,000015	Cumple
2	1,2D-EX+L	0,000070	5,28	1,5	0,000015	Cumple
1	1,2D-EX+L	0,000044	2,64	1,5	0,000019	Cumple
2	1,2D-EY+L	0,000062	5,28	1,5	0,000013	Cumple
1	1,2D-EY+L	0,000035	2,64	1,5	0,000015	Cumple
2	0,9D+EX	0,000084	5,28	1,5	0,000018	Cumple
1	0,9D+EX	0,000047	2,64	1,5	0,000020	Cumple
2	0,9D+EY	0,000062	5,28	1,5	0,000013	Cumple
1	0,9D+EY	0,000036	2,64	1,5	0,000015	Cumple
2	0,9D-EX	0,000074	5,28	1,5	0,000016	Cumple
1	0,9D-EX	0,000045	2,64	1,5	0,000019	Cumple
2	0,9D-EY	0,000062	5,28	1,5	0,000013	Cumple
1	0,9D-EY	0,000036	2,64	1,5	0,000015	Cumple

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 39*Derivas de piso - Sistema de Paneles SIP con Entramados de Madera*

PISO	CASO	Δ (m)	ALTURA (m)	R	$\frac{\Delta*0,75R}{ALTURA}$	< 0,02
2	<i>EX</i>	0,000091	5,28	1,5	0,000019	<i>Cumple</i>
1	<i>EX</i>	0,000051	2,64	1,5	0,000022	<i>Cumple</i>
2	<i>EY</i>	0,000075	5,28	1,5	0,000016	<i>Cumple</i>
1	<i>EY</i>	0,000041	2,64	1,5	0,000017	<i>Cumple</i>
2	<i>1,2D+EX+L</i>	0,000106	5,28	1,5	0,000023	<i>Cumple</i>
1	<i>1,2D+EX+L</i>	0,000054	2,64	1,5	0,000023	<i>Cumple</i>
2	<i>1,2D+EY+L</i>	0,000075	5,28	1,5	0,000016	<i>Cumple</i>
1	<i>1,2D+EY+L</i>	0,000041	2,64	1,5	0,000017	<i>Cumple</i>
2	<i>1,2D-EX+L</i>	0,000076	5,28	1,5	0,000016	<i>Cumple</i>
1	<i>1,2D-EX+L</i>	0,000047	2,64	1,5	0,000020	<i>Cumple</i>
2	<i>1,2D-EY+L</i>	0,000075	5,28	1,5	0,000016	<i>Cumple</i>
1	<i>1,2D-EY+L</i>	0,000040	2,64	1,5	0,000017	<i>Cumple</i>
2	<i>0,9D+EX</i>	0,000098	5,28	1,5	0,000021	<i>Cumple</i>
1	<i>0,9D+EX</i>	0,000052	2,64	1,5	0,000022	<i>Cumple</i>
2	<i>0,9D+EY</i>	0,000075	5,28	1,5	0,000016	<i>Cumple</i>
1	<i>0,9D+EY</i>	0,000041	2,64	1,5	0,000017	<i>Cumple</i>
2	<i>0,9D-EX</i>	0,000084	5,28	1,5	0,000018	<i>Cumple</i>
1	<i>0,9D-EX</i>	0,000049	2,64	1,5	0,000021	<i>Cumple</i>
2	<i>0,9D-EY</i>	0,000075	5,28	1,5	0,000016	<i>Cumple</i>
1	<i>0,9D-EY</i>	0,000041	2,64	1,5	0,000017	<i>Cumple</i>

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 40*Capacidad de carga*

FACHADA FRONTAL				
i	Combinación	Esfuerzo Actuante kg/cm2	Esfuerzo Admisible kg/cm2	Capacidad < 1
S11	0,9D+W	0,180982	50,68	0,004
S22	1,2D+W+L	1,031846	50,68	0,020
S12	1,2D+W+L	0,352205	0,875	0,403
FACHADA POSTERIOR				
S11	0,9D+W	0,200933	50,68	0,004
S22	1,2D+W+L	0,806983	50,68	0,016
S12	1,2D+W+L	0,380291	0,875	0,435
FACHADA LATERAL DERECHA				
S11	0,9D+W	0,004016	50,68	0,000
S22	1,2D+W+L	0,445371	50,68	0,009
S12	1,2D+W+L	0,214372	0,875	0,245
FACHADA LATERAL IZQUIERDA				
S11	0,9D+W	0,024453	50,68	0,000
S22	1,2D+W+L	0,861494	50,68	0,017
S12	1,2D+W+L	0,082051	0,875	0,094
CUBIERTA				
S11	1,2D+1,6L	1,042701	40,17	0,026
S22	1,2D+1,6L	0,777936	40,17	0,019
S12	1,2D+1,6L	0,345337	0,875	0,395
LOSA				
S11	1,2D+1,6L	1,909575	40,17	0,048
S22	1,2D+1,6L	1,486594	40,17	0,037
S12	1,2D+1,6L	0,574665	0,875	0,657

Nota. Capacidad a compresión y cortante en los paneles SIP. Fuente: Elaboración propia

Tabla 41

Cronograma - Sistema de Paneles SIP con Perfiles de Acero

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	SUB TOTAL	% DEL RUBRO	TIEMPO EN SEMANAS			
				SEMANA	SEMANA	SEMANA	SEMANA
				1	2	3	4
1	PRELIMINARES	365,64	4,81	365,64			
2	CIMENTACIÓN	66,25	0,87		66,25		
3	ESTRUCTURAS ACERO	1273,42	16,76		636,71	636,71	
4	PANELES SIP	4122,41	54,27			4122,41	
5	INSTALACIONES ELÉCTRICAS	907,35	11,95		453,67	453,67	
6	INSTALACIONES SANITARIAS	507,74	6,68		253,87	253,87	
7	PIEZAS SANITARIAS	252,53	3,32			126,27	126,27
8	PUERTAS Y VENTANAS	100,39	1,32			100,39	
TOTAL		7595,74	100,00				
			PARCIAL	365,64	1410,51	5693,32	126,27
			MONTO				
			ACUMULADO	365,64	1776,15	7469,47	7595,74
			PARCIAL	4,81	18,57	74,95	1,66
			PORCENTAJE				
			ACUMULADO	4,81	23,38	98,34	100,00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 42

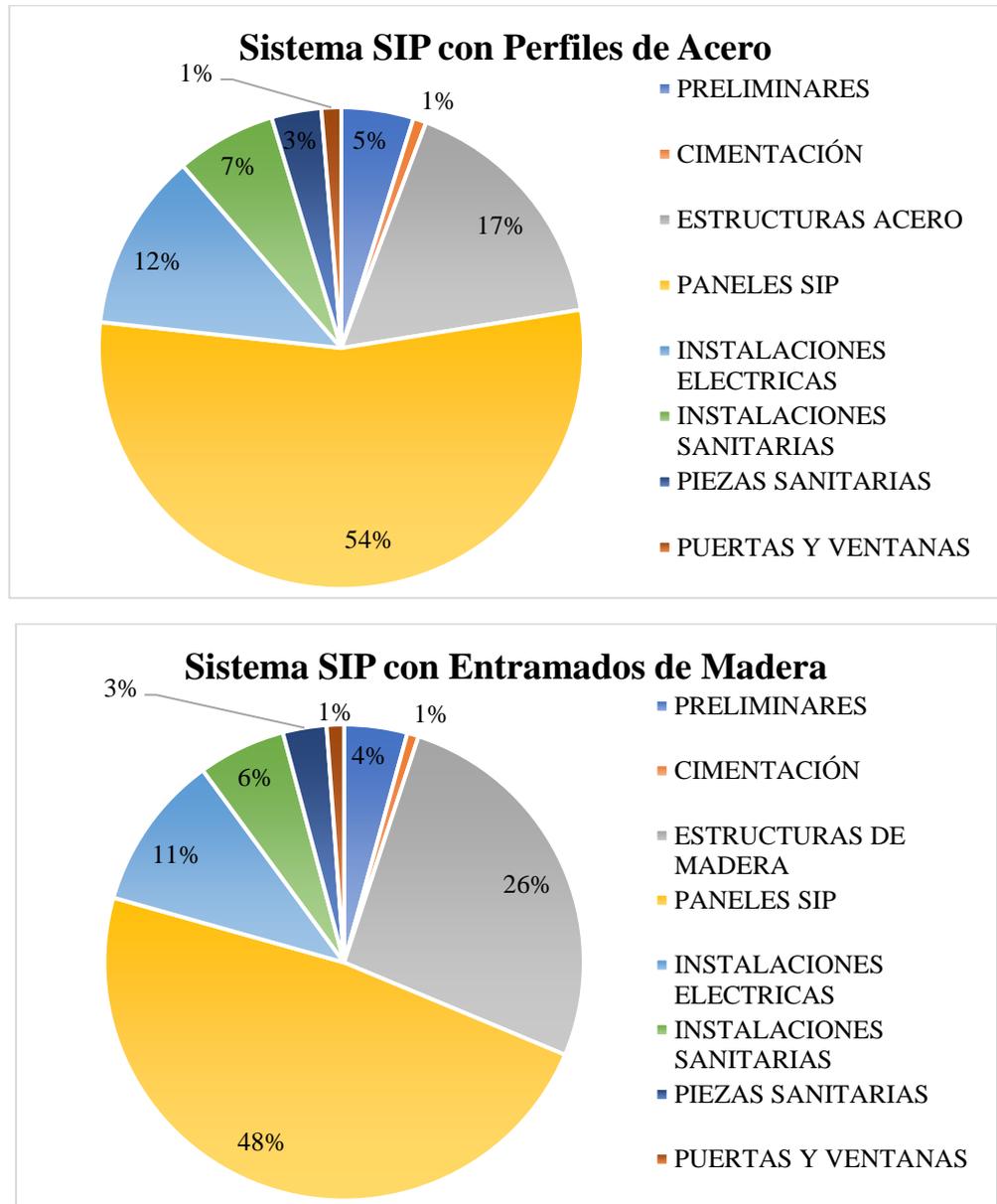
Cronograma - Sistema con Entramados de Madera.

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	SUB TOTAL	% DEL RUBRO	TIEMPO EN SEMANAS			
				SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4
1	PRELIMINARES	365,64	4,26	365,64			
2	CIMENTACIÓN	66,25	0,77		66,25		
3	ESTRUCTURAS DE MADERA	2257,09	26,31			2257,09	
4	PANELES SIP	4122,41	48,05			4122,41	
5	INSTALACIONES ELÉCTRICAS	907,35	10,58		453,67	453,67	
6	INSTALACIONES SANITARIAS	507,74	5,92		253,87	253,87	
7	PIEZAS SANITARIAS	252,53	2,94			126,27	126,27
8	PUERTAS Y VENTANAS	100,39	1,17			100,39	
TOTAL		8579,40	100,00				
			PARCIAL	365,64	773,80	7313,70	126,27
		MONTO	ACUMULADO	365,64	1139,44	8453,14	8579,40
			PARCIAL	4,26	9,02	85,25	1,47
		PORCENTAJE	ACUMULADO	4,26	13,28	98,53	100,00

Fuente: Elaboración propia.

Figura 59

Porcentaje de cada Rubro



Fuente: Elaboración propia.

Figura 60*APU trazado y*

RUBRO:	<i>TRAZADO Y REPLANTEO</i>			UNIDAD:	m2
EQUIPO					
Nº	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	SUB TOTAL
1	TEODOLITO	H	0,02	6,88	0,14
2	HERRAMIENTA MENOR 5%				0,03
					0,17
MANO DE OBRA					
Nº	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	SUB TOTAL
1	Peón (ESTRUC. OCUP. E2)	Hora	0,10	3,41	0,34
2	Carpintero (ESTRUC. OCUP. D	Hora	0,05	3,45	0,17
3	Maestro de obra (ESTRUC. OC	Hora	0,03	3,82	0,10
					0,61
MATERIALES					
Nº	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	SUB TOTAL
1	Cementina 25 Kg	saco	0,05	5,28	0,26
2	Cuartón 4 x 2	u	0,10	1,12	0,11
3	Clavos chicos 2, 2 1/2", 3", 3 1/2"	caja	0,01	63,83	0,32
4	Tiras madera 4x4x250 cm	u	0,20	0,4	0,08
					0,77
TOTAL COSTO DIRECTO					1,55
COSTO INDIRECTO 25%					0,39
COSTO TOTAL DEL RUBRO \$					1,94

Fuente: Elaboración propia.

Figura 61*APU Excavación manual*

RUBRO:	<i>EXCAVACIÓN MANUAL</i>			UNIDAD:	m3
EQUIPO					
Nº	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	SUB TOTAL
1	HERRAMIENTA MENOR 5%				0,30
					0,30
MANO DE OBRA					
Nº	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	SUB TOTAL
1	Peón (ESTRUC. OCUP. E2)	Hora	1,67	3,41	5,68
2	Albañil (ESTRUC. OCUP. D2)	Hora	0,08	3,45	0,28
					5,96
MATERIALES					
Nº	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	SUB TOTAL
					0,00
TOTAL COSTO DIRECTO					6,26
COSTO INDIRECTO 25%					1,57
COSTO TOTAL DEL RUBRO					7,83

Fuente: Elaboración propia.

Figura 62*APU Relleno compactado*

RUBRO:		<i>RELLENO COMPACTADO</i>		UNIDAD: m3	
EQUIPO					
N°	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	SUB TOTAL
1	VIBROAPISONADORA	H	0,60	2,22	1,32
2	HERRAMIENTA MENOR 5%				0,14
					1,46
MANO DE OBRA					
N°	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	SUB TOTAL
1	Peón (ESTRUC. OCUP. E2)	Hora	0,60	3,41	2,05
2	Albañil (ESTRUC. OCUP. D2)	Hora	0,20	3,45	0,69
					2,74
MATERIALES					
N°	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	SUB TOTAL
1	Cascajo mediano/fino	m3	1,25	7,50	9,38
					9,38
TOTAL COSTO DIRECTO					13,57
COSTO INDIRECTO				25%	3,39
COSTO TOTAL DEL RUBRO					16,96

Fuente: Elaboración propia.

Figura 63*APU Replanto*

RUBRO:		<i>REPLANTILLO</i>		UNIDAD: m3	
EQUIPO					
N°	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	SUB TOTAL
1	CONCRETERA	Hora	1,00	2,10	2,10
2	HERRAMIENTA MENOR 5%				0,10
					2,20
MANO DE OBRA					
N°	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	SUB TOTAL
1	Peón (ESTRUC. OCUP. E2)	Hora	0,10	3,41	0,34
2	Albañil (ESTRUC. OCUP. D2)	Hora	0,05	3,45	0,17
3	Maestro (estr. Ocup. C1)	Hora	0,03	3,82	0,11
					0,63
MATERIALES					
N°	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	SUB TOTAL
1	Cemento tipo I(50kg)	kg	15,00	0,16	2,40
2	Piedra 3/4"	m3	0,05	22,00	0,99
3	Arena	m3	0,03	20,00	0,60
4	Agua	m3	0,01	1,50	0,02
					4,01
TOTAL COSTO DIRECTO					6,83
COSTO INDIRECTO				25%	1,71
COSTO TOTAL DEL RUBRO					8,54

Fuente: Elaboración propia.

Figura 64*APU Contrapiso 180 kg/cm2*

RUBRO:		<i>CONTRAPISO 180 kg/cm2</i>		UNIDAD:	m2
EQUIPO					
N°	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	SUB TOTAL
1	CONCRETERA	Hora	0,08	2,10	0,17
2	HERRAMIENTA MENOR 5%				0,12
					0,29
MANO DE OBRA					
N°	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	SUB TOTAL
1	Peón (ESTRUC. OCUP. E2)	Hora	0,27	3,41	0,92
2	Albañil (ESTRUC. OCUP. D2)	Hora	0,37	3,45	1,28
3	Maestro (estr. Ocup. C1)	Hora	0,04	3,82	0,15
					2,35
MATERIALES					
N°	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	SUB TOTAL
1	Cemento tipo GU(50kg)	kg	0,22	7,90	1,74
2	Piedra 3/4"	m3	0,07	18,00	1,26
3	Arena	m3	0,02	11,00	0,22
4	Agua	m3	0,01	0,66	0,01
					3,22
TOTAL COSTO DIRECTO					5,86
COSTO INDIRECTO				25%	1,47
COSTO TOTAL DEL RUBRO					7,33

Fuente: Elaboración propia.

Figura 65*APU Perfiles de acero*

RUBRO:		<i>PERFILES DE ACERO</i>		UNIDAD:	Kg
EQUIPO					
N°	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	SUB TOTAL
1	Soldadora electrica 300 a	Hora	0,02	1,00	0,02
2	HERRAMIENTA MENOR 5%				0,03
					0,05
MANO DE OBRA					
N°	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	SUB TOTAL
1	Peón (ESTRUC. OCUP. E2)	Hora	0,08	3,41	0,27
2	Albañil (ESTRUC. OCUP. D2)	Hora	0,08	3,45	0,28
3	Maestro (estr. Ocup. C1)	Hora	0,02	3,82	0,08
					0,63
MATERIALES					
N°	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	SUB TOTAL
1	Electrodo Aga 6011	kg	0,01	3,83	0,04
2	Acero en perfil	kg	1,11	1,05	1,17
3	Pernos con tuerca 1/2 x1 1/4"	u	0,02	0,50	0,01
					1,21
TOTAL COSTO DIRECTO					1,89
COSTO INDIRECTO				25%	0,47
COSTO TOTAL DEL RUBRO					2,36

Fuente: Elaboración propia.

Figura 66*APU Entramados de madera*

RUBRO:		<i>Entramados de madera</i>		UNIDAD:	U
EQUIPO					
N°	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	SUB TOTAL
2	HERRAMIENTA MENOR 5%				0,06
					0,06
MANO DE OBRA					
N°	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	SUB TOTAL
1	Carpintero (ESTRUC. OCUP. D)	Hora	0,22	3,45	0,76
2	Peón (ESTRUC. OCUP. E2)	Hora	0,11	3,41	0,38
					1,13
MATERIALES					
N°	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	SUB TOTAL
1	Soleras	u	46,00	5,90	271,40
2	Pie derecho muro	ml	173,24	5,00	866,20
3	Pie derecho viga	ml	72,00	5,00	360,00
4	Tiras perimetrales	u	8,00	22,50	180,00
5	Columna madera	ml	9,76	13,00	126,88
					1804,48
TOTAL COSTO DIRECTO					1805,67
COSTO INDIRECTO				25%	451,42
COSTO TOTAL DEL RUBRO					2257,09

Fuente: Elaboración propia.

Figura 67*APU Paneles SIP*

RUBRO:		<i>PANELES SIP</i>		UNIDAD:	m2
EQUIPO					
N°	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	SUB TOTAL
2	HERRAMIENTA MENOR 5%				0,03
					0,03
MANO DE OBRA					
N°	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	SUB TOTAL
1	Peón (ESTRUC. OCUP. E2)	Hora	0,08	3,41	0,27
2	Albañil (ESTRUC. OCUP. D2)	Hora	0,08	3,45	0,28
					0,55
MATERIALES					
N°	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	SUB TOTAL
1	Panel SIP muro	u	0,33	28,7	9,47
2	Panel SIP losa	u	0,33	28,7	9,47
3	Pernos con tuerca 1/2 x1 1/4"	u	0,02	0,50	0,01
					18,95
TOTAL COSTO DIRECTO					19,53
COSTO INDIRECTO				25%	4,88
COSTO TOTAL DEL RUBRO					24,41

Fuente: Elaboración propia.

Figura 68*APU Punto de luz*

RUBRO:	PUNTO DE LUZ	UNIDAD:	Pto
EQUIPO			
N°	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD P. UNITARIO SUB TOTAL
2	HERRAMIENTA MENOR 5%		1,10 1,10
MANO DE OBRA			
N°	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD P. UNITARIO SUB TOTAL
1	Peón (ESTRUC. OCUP. E2)	Hora	4,00 3,41 13,64
2	Electricista (ESTRUC. OCUP. D	Hora	2,00 3,45 6,90
3	Maestro Electrico (ESTRUC. OC	Hora	0,40 3,84 1,54
			22,08
MATERIALES			
N°	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD P. UNITARIO SUB TOTAL
1	cable Cu TW #12 AWG	m	10,00 0,51 5,10
2	Tubería de pvc pesado 1/2"x3m	u	1,33 1,72 2,29
3	Interruptor completo	u	1,00 3,00 3,00
4	Cajetin rectangular	u	1,00 0,50 0,50
5	Cajetin octagonal	u	1,00 0,60 0,60
6	Cinta aislante	rollo	0,25 0,52 0,13
7	Uniones EMT de 1/2"	u	1,00 0,17 0,17
8	Codo EMT 1/2	u	1,00 0,18 0,18
9	Alambre galv. #18	kg	0,10 2,01 0,20
			12,17
TOTAL COSTO DIRECTO			35,35
COSTO INDIRECTO			25% 8,84
COSTO TOTAL DEL RUBRO			44,19

Fuente: Elaboración propia.

Figura 69*APU Punto de tomacorriente*

RUBRO:	<i>TOMACORRIENTE</i>	UNIDAD:	Pto
EQUIPO			
N°	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD P. UNITARIO SUB TOTAL
2	HERRAMIENTA MENOR 5%		1,10 1,10
MANO DE OBRA			
N°	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD P. UNITARIO SUB TOTAL
1	Peón (ESTRUC. OCUP. E2)	Hora	4,00 3,41 13,64
2	Electricista (ESTRUC. OCUP. D	Hora	2,00 3,45 6,90
3	Maestro Electrico (ESTRUC. OC	Hora	0,40 3,84 1,54
			22,08
MATERIALES			
N°	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD P. UNITARIO SUB TOTAL
1	cable Cu TW #12 AWG	m	10,00 0,51 5,10
2	Alambre galv. #18	kg	0,10 2,01 0,20
3	Tubería de pvc pesado 3/4"X3m	u	1,30 3,00 3,90
4	Tomacorriente típico	u	1,00 3,58 3,58
5	Cajetin rectangular	u	1,00 0,50 0,50
6	Cinta aislante	rollo	0,25 0,52 0,13
7	Uniones EMT de 1/2"	u	1,00 0,17 0,17
8	Codo EMT de 3/4 "	u	1,00 0,47 0,47
			14,05
TOTAL COSTO DIRECTO			37,24
COSTO INDIRECTO			25% 9,31
COSTO TOTAL DEL RUBRO			46,54

Fuente: Elaboración propia.

Figura 70*APU Punto de agua potable*

RUBRO:	<i>PUNTO DE AGUA POTABLE</i>		UNIDAD:	Pto	
EQUIPO					
N°	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	SUB TOTAL
2	HERRAMIENTA MENOR 5%				0,71
					0,71
MANO DE OBRA					
N°	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	SUB TOTAL
1	Peón (ESTRUC. OCUP. E2)	Hora	1,94	3,41	6,62
2	Plomero (ESTRUC. OCUP. D2)	Hora	1,94	3,45	6,69
3	Maestro de obra (ESTRUC. OCUP. D1)	Hora	0,21	3,82	0,80
					14,11
MATERIALES					
N°	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	SUB TOTAL
1	Tubería de PVC 1/2"(roscable)	m	6,00	1,20	7,20
2	Codo 90 PVC 1/2" (unión roscable)	u	2,00	0,65	1,30
3	Tee PVC 1/2" (unión roscable)	u	1,00	0,84	0,84
4	Tapón Macho PVC 1/2" (unión roscable)	u	1,00	0,89	0,89
5	Teflón	rollo	1,00	0,24	0,24
6	Permatex (tubo peq.)	u	0,25	2,50	0,63
					11,10
TOTAL COSTO DIRECTO					25,91
COSTO INDIRECTO				25%	6,48
COSTO TOTAL DEL RUBRO					32,39

Fuente: Elaboración propia.

Figura 71*APU Punto de agua servida*

RUBRO:	<i>PUNTO DE AGUA SERVIDA</i>		UNIDAD:	Pto	
EQUIPO					
N°	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	SUB TOTAL
2	HERRAMIENTA MENOR 5%				0,71
					0,71
MANO DE OBRA					
N°	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	SUB TOTAL
1	Peón (ESTRUC. OCUP. E2)	Hora	1,94	3,41	6,62
2	Plomero (ESTRUC. OCUP. D2)	Hora	1,94	3,45	6,69
3	Maestro de obra (ESTRUC. OCUP. D1)	Hora	0,21	3,82	0,80
					14,11
MATERIALES					
N°	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	SUB TOTAL
1	Tub. PVC rig. desagüe 2"x3ml, 5l	u	2,00	8,00	16,00
2	Codo PVC de 90 a 50mm (2")	u	1,00	0,80	0,80
3	Polipega	lt	0,10	5,00	0,50
					17,30
TOTAL COSTO DIRECTO					32,12
COSTO INDIRECTO				25%	8,03
COSTO TOTAL DEL RUBRO					40,15

Fuente: Elaboración propia.

Figura 72*APU Piezas sanitarias*

RUBRO:	<i>INSTALACIÓN PIEZAS SANITARIAS</i>		UNIDAD:	u	
EQUIPO					
N°	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	SUB TOTAL
2	HERRAMIENTA MENOR 5%				0,33
					0,33
MANO DE OBRA					
N°	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	SUB TOTAL
1	Plomero (ESTRUC. OCUP. D2)	Hora	1,94	3,45	6,69
					6,69
MATERIALES					
N°	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	SUB TOTAL
1	Inodoro	u	2,00	25,00	50,00
2	Lavatorio	u	2,00	35,00	70,00
3	Lavadero de cocina	u	1,00	55,00	55,00
4	Ducha y rejilla de piso	u	2,00	10,00	20,00
					195,00
TOTAL COSTO DIRECTO					202,03
COSTO INDIRECTO				25%	50,51
COSTO TOTAL DEL RUBRO					252,53

Fuente: Elaboración propia.

Figura 73*APU Puertas y ventanas*

RUBRO:	<i>Instalación puertas y ventanas</i>		UNIDAD:	m2	
EQUIPO					
N°	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	SUB TOTAL
2	HERRAMIENTA MENOR 5%				0,17
					0,17
MANO DE OBRA					
N°	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	SUB TOTAL
1	Peón (ESTRUC. OCUP. E2)	Hora	0,50	3,41	1,71
2	Albañil (ESTRUC. OCUP. D2)	Hora	0,50	3,45	1,73
					3,43
MATERIALES					
N°	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	SUB TOTAL
					0,00
TOTAL COSTO DIRECTO					3,60
COSTO INDIRECTO				25%	0,90
COSTO TOTAL DEL RUBRO					4,50

Fuente: Elaboración propia.