



**FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**Propuesta de una Metodología Para un Sistema de Infraestructura
Modular Prefabricada.**

**Trabajo previo a la obtención del grado académico de:
INGENIERO CIVIL**

Autores:

**MARTÍN ESTEBAN CORDERO AVILA
ADRIANA LLIVICURA ARCINIEGAS**

Director:

VLADIMIR EUGENIO CARRASCO CASTRO

CUENCA, ECUADOR

2026

Dedicatoria

A mi familia, por ser el pilar y motor fundamental durante toda esta trayectoria.

A mis padres, por enseñarme a reaccionar ante cualquier conflicto y pensar claramente. Por impulsarme a buscar soluciones en lugar de inconvenientes y mostrarme la importancia mantener la mejor actitud. Porque si capacidad para obtener todo lo que han logrado es digno de mi admiración, y un ejemplo a seguir.

A mi madre, por enseñarme a ver siempre más allá, a no conformarme y a perseverar incluso en los momentos más difíciles. Por motivarme constantemente a superarme y a vivir en conciencia, para tener claridad en mis acciones y pensamientos.

A mi padre, por enseñarme a ser paciente y confiar en mis decisiones. Por enseñarme a mantenerme siempre firme y a tomar el control cuando las situaciones se complican.

A mis hermanos, Patricio y Mariangel, por ser mis compañeros de vida y una fuente constante de motivación. Por siempre estar presentes en todos los aspectos, y enseñarme diferentes perspectivas de la vida.

A todos ellos, por su apoyo incondicional en cada etapa, por impulsarme a crecer, a buscar nuevas ideas y caminos, y por enseñarme, sobre todo, a seguir aquello que realmente me apasiona.

Martin Esteban Cordero Avila

Dedicatoria

A mis padres, Walter y Diana, por ser los cimientos de mi vida. Gracias por brindarme esta oportunidad de estudio, por confiar en mis capacidades y apoyarme de forma incondicional en cada etapa de mi carrera y de mi vida personal. Gracias por heredarme valores como la perseverancia, la resiliencia y la valentía para enfrentar cualquier reto; gracias por creer en mí y nunca soltar mi mano. Todo lo que soy es gracias a ustedes, mami y papi.

A mi hermana, María Elisa, quien ha sido un pilar fundamental y mi mayor sostén. Gracias por ser mi alegría y mi compañía constante; caminar a tu lado hizo que el camino fuera menos difícil en los momentos de flaqueza. Eres mi motor para intentar ser mejor cada día y poder ser para ti una guía y un ejemplo.

A mis abuelos, Patricio Nicolás y María Dolores, por su amor incondicional y por recordarme, en innumerables ocasiones, lo orgullosos que están de mí. Gracias por abrirme las puertas de su hogar y de su corazón durante todo este proceso, brindándome siempre su compañía y ternura.

A toda mi familia, tíos y primos, por estar presentes con su cariño, interés y apoyo constante. Su presencia es indispensable en mi vida y este logro también les pertenece.

Adriana Llivicura Arciniegas

Agradecimientos

Agradezco, en primer lugar, a mi familia, por su apoyo incondicional a lo largo de este proceso. Por su presencia en cada etapa, y motivación constante.

A mi compañera Adriana, por compartir y estar presente durante todo este trayecto. Por las experiencias de aprendizaje y vivencias diarias que quedarán marcadas para siempre. Por su constante motivación y apoyo ante diversas situaciones, y por su acompañamiento durante estos años.

Al Ing. Vladimir Carrasco, por guiarnos con sus conocimientos en el desarrollo de este trabajo, y su motivación continua a obtener un resultado eficiente. Al Ing. Mateo Narváez, por su apoyo en el desarrollo estructural de nuestra propuesta, asesoría en la toma de decisiones.

Finalmente, a mis compañeros y amigos de carrera, por la convivencia diaria y por haber formado parte de una etapa significativa, marcada por experiencias que contribuyeron a mi formación personal y profesional. Experiencias que siempre serán recordadas.

Martin Esteban Cordero Avila

Agradecimientos

En primer lugar, expreso mi profundo agradecimiento a mi compañero y amigo, Martín, con quien compartí el desarrollo de esta tesis. Gracias por tu compromiso inquebrantable, por el apoyo mutuo para superar cada dificultad técnica y, sobre todo, por ser un gran amigo durante todos estos años de estudio y crecimiento.

Al Ingeniero Vladimir Carrasco, por haber sido una guía fundamental y un apoyo académico esencial para el entendimiento y realización de este trabajo. De igual manera, agradezco al Ingeniero Mateo Narváez, cuya paciencia y conocimientos fueron clave para resolver los retos técnicos que se presentaron en el camino.

Un agradecimiento especial a mi amigo, Julián, por todas las experiencias compartidas, por tu amistad sincera, confianza y cariño. Tu acompañamiento en estos años fue esencial para avanzar con alegría y llevarme los mejores recuerdos de esta etapa universitaria.

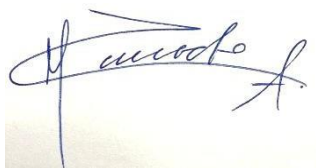
Finalmente, agradezco a todos los docentes que, a través de su conocimiento y vocación, supieron formarnos como profesionales. A mis compañeros, por los buenos momentos compartidos en las aulas y, en general, a todos quienes creyeron en nosotros para alcanzar esta meta.

Adriana Llivicura Arciniegas

Resumen

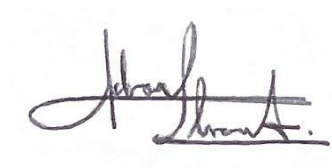
Ante la necesidad de infraestructura accesible en zonas periurbanas, se plantea un sistema modular prefabricado basado en acero liviano (LGS). La propuesta se apoya en la estandarización de paneles y su ensamblaje en obra, permitiendo adaptabilidad en distintos usos. Se desarrollan 2 módulos, habitacional y comunal/social, evaluados estructuralmente bajo la normativa NEC. Los resultados demuestran la viabilidad técnica y económica del sistema, posicionándolo como una alternativa segura frente a la construcción informal y aplicable en diversos contextos.

Palabras Clave: sistemas livianos, acero conformado en frío (LGS), *steel framing*, construcción modular prefabricada, construcción en seco, vivienda modular, vivienda de interés social.



Martín Esteban Cordero Avila

Autor



Adriana Llivicura Arciniegas

Autor

Abstract

In response to the need for accessible infrastructure in exurban areas, this study proposes a prefabricated modular system based on lightweight cold formed steel (LGS). The approach relies on the standardization of panels and their on-site assembly, allowing adaptability for different uses. Two modules are developed: residential and communal/social, both structurally evaluated in accordance with the NEC code. The results demonstrate the technical and economic feasibility of the system, positioning it as a safe alternative to informal construction, with potential application in similar contexts.

Keywords: lightweight systems, cold-formed steel (LGS), steel framing, prefabricated modular construction, dry construction, modular housing, social housing.

Índice de contenidos

Dedicatoria	i
Dedicatoria	ii
Agradecimientos	iii
Agradecimientos	iv
Resumen	v
Abstract	vi
Índice de contenidos	vii
Índice de figuras	x
Índice de tablas	xii
Introducción	1
Marco Teórico	3
Objetivo General	5
Objetivos Específicos	5
1. Capítulo: Levantamiento de Información	6
1.1 Sistemas Modulares	6
1.1.1 Sistema Volumétricos (3D) de Hormigón	6
1.1.2 Sistemas Volumétricos (3D) en Acero	7
1.1.3 Sistemas con Paneles SIP	8
1.1.4 Prefabricados de Hormigón	8
1.1.5 Light Gauge Steel	9
1.1.6 Madera Laminada (Glulam)	10
1.1.7 Contenedores Marítimos Adaptados	11
1.1.8 Sistemas Mixtos	11
1.1.9 Concreto Celular Autoclavado (AAC)	12
1.2 Comparación de Sistemas Constructivos	12

1.2.1	Sistemas Basados en Hormigón	13
1.2.2	Sistemas Basados en Acero	14
1.3	Casos de Éxito	15
1.3.1	Proyecto de Vivienda Modular Basados en Contenedores	15
1.3.2	Sistema Cuatro50	16
1.3.3	Módulos Tridimensionales de Acero	16
1.3.4	Sistemas de Paneles Prefabricados como Mampostería Local	16
1.4	Propuesta de Sistema de Construcción Modular	17
1.4.1	Elementos Modulares Basados en Steel Framing (LGS).	17
1.4.2	Comportamiento Estructural	18
1.4.3	Ventajas	18
1.4.4	Paneles Tipo Sándwich de Cerramiento No Estructural	19
2.	Capítulo : Diseño de Módulo Funcional	20
2.1	Parámetros Arquitectónicos y de Habitabilidad	21
2.1.1	Dimensiones Mínimas	21
2.1.2	Alturas y Circulaciones	21
2.1.3	Confort Térmico y Acústico	22
2.2	Propuesta del Sistema de Construcción Modular	22
2.2.1	Paneles Modulares	24
2.2.2	Materiales	25
2.2.3	Paneles Arquitectónicos	29
2.3	Distribución Interna de Espacios	33
2.3.1	Diseño Modular - Uso Habitacional	33
2.3.2	Diseño Modular - Uso Comercial / Comunal	39
3.	Capítulo: Análisis Estructural	46
3.1	Marco Normativo Ecuatoriano (NEC)	46
3.1.1	Clasificación Según el Uso y Dimensionamiento	46

3.1.2	Cargas Gravitacionales de Diseño	47
3.1.3	Cargas Laterales de Diseño	47
3.2	Especificaciones Técnicas de los Componentes	47
3.2.1	Perfilería Estructural (PGC y PGU)	47
3.2.2	Paneles Estructurales	48
3.2.3	Conexión entre paneles	49
3.2.4	Anclajes	49
3.2.5	Sistemas de Resistencia a Cargas Laterales	49
3.3	Prediseño	50
3.3.1	Paneles	50
3.3.2	Cubierta	51
3.3.3	Sistema de Columnas	52
3.3.4	Sistema de Suelo (Plataforma Base)	52
3.3.5	Cimentación	53
3.4	Verificación de Limitaciones de Diseño	53
3.4.1	Límites de Aplicabilidad	53
3.4.2	Espesor de Montantes (Studs)	55
3.4.3	Longitud Admisible de Dintel - Caja (Header-box)	56
3.4.4	Configuración de Refuerzo de Vanos	57
3.5	Modelado	57
3.5.1	Propiedades de Materiales y Criterios de Diseño	58
3.5.2	Idealización estructural del sistema	59
3.5.3	Condiciones de apoyo y estabilidad	59
3.5.4	Definición de cargas	60
3.6	Resultados del Modelado Estructural	66
3.6.1	Vista Isométrica	66
3.6.2	Vista Elevación	67

3.6.3	Modelado Cubierta	69
4.	Capítulo: Costos	70
4.1	Composición del Módulo	70
4.2	Composición de Paneles	71
4.3	Estimación Preliminar de Costos	73
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		77
BIBLIOGRAFÍA		79

Índice de figuras

Figura 1-1: Células Espaciales Monolíticas	6
Figura 1-2: Módulo Pre-industrializado	7
Figura 1-3: Composición de Panel SIP.....	8
Figura 1-4: Estructuras con Elementos Prefabricados de Hormigón.....	9
Figura 1-5: Sistema LGS	10
Figura 1-6: Vigas de Madera Laminada	10
Figura 1-7: Construcción con Contenedores Marítimos.....	11
Figura 1-8: Construcción Mixta	12
Figura 1-9: Esquema de Muro No Estructural.....	17
Figura 2-1: Esquema de Distribución Espacial, vista en planta	23
Figura 2-2: Placa de Yeso Estándar.....	25
Figura 2-3: Manta de Lana de Vidrio	26
Figura 2-4: Barrera Hidrófuga.....	27
Figura 2-5: Placa de Fibrocemento para Exteriores	28
Figura 2-6: Panel Exterior Ciego.....	30
Figura 2-7: Panel Exterior con Ventana	30
Figura 2-8: Panel Exterior con Puerta	31
Figura 2-9: Panel Interior Ciego.....	32
Figura 2-10: Panel Interior con Puerta	32
Figura 2-11: Panel Interior Menor.....	33
Figura 2-12: Diseño Modular - Habitacional, cocina.	35
Figura 2-13: Diseño Modular - Habitacional, baño.....	36
Figura 2-14: Diseño Modular - Habitacional, dormitorio principal.	37
Figura 2-15: Diseño Modular - Habitacional, dormitorio secundario.	38
Figura 2-16: Diseño Modular - Habitacional Completo.....	39
Figura 2-17: Diseño Modular – Comercial / Comunal, área social/comunal principal.	40
Figura 2-18: Diseño Modular – Comercial / Comunal, cuarto de almacenaje - espacio multipropósito.....	41
Figura 2-19: Diseño modular – Comercial / Comunal, baño.....	42
Figura 2-20: Diseño Modular – Comercial / Comunal, completo.	43
Figura 3-1: Extracto de la Tabla E3-1 para la verificación de espesores mínimos de studs bajo carga de granizo y viento.....	56
Figura 3-2: Extracto de la Tabla E7-1 para la verificación de la longitud mínima de dintel-caja (header-box).	56

Figura 3-3: Extracto de la Tabla E7-71 para elementos Jack y King requeridos en cada extremo de una abertura	57
Figura 3-4: Coeficiente de Corrección σ (NEC 15).....	62
Figura 3-5: Determinación del factor de forma C_f	62
Figura 3-6: Combinaciones de Carga	65
Figura 3-7: Vista isométrica del modelo estructural en SAP2000 con perfiles extruidos. Módulo Comercial / Comunal.	66
Figura 3-8: Vista isométrica del modelo estructural en SAP2000 con perfiles extruidos. Módulo Habitacional.	67
Figura 3-9: Vista Frontal de la Estructura Módulo Comercial / Comunal	68
Figura 3-10: Vista Frontal de la Estructura Módulo Habitacional.	68
Figura 3-11: Vista Lateral Módulo Comercial / Comunal y Habitacional.	69
Figura 3-12: Vista isométrica de cubierta con perfiles extruidos.	69

Índice de tablas

Tabla 2-1: Dimensiones Mínimas.....	21
Tabla 2-2: Composición de espacios a partir de paneles modulares	44
Tabla 2-3: Cuantificación global de paneles modulares por módulo	45
Tabla 3-1: Límites de aplicabilidad y su cumplimiento	53
Tabla 3-2: Parámetros de Diseño Estructural Adoptados Según AISI-LRFD	58
Tabla 3-3: Determinación del Coeficiente de entorno/altura $C_e C_{eCe}$	63
Tabla 3-4: Espectro de Diseño Sísmico para la Zona de Estudio.....	64
Tabla 4-1: Composición general de los módulos Propuestos.....	70
Tabla 4-2: Composición y Peso de Paneles – Módulos propuestos	72
Tabla 4-3: Costo de Materiales – Módulo Habitacional.....	73
Tabla 4-4: Estimación de Costos de Materiales – Módulo Social / Comercia	74

Introducción

La ciudad de Cuenca se muestra como un entorno atractivo para residir debido a las condiciones favorables de vida. Se destaca por contar con la mejor calidad de agua del país por la gestión eficiente en los sistemas de abastecimiento de agua potable y tratamiento de aguas residuales producto de una infraestructura eficiente. Además, es una ciudad segura con una población de tamaño intermedio y una convivencia social que favorecen la tranquilidad y el orden. Al ser reconocida como patrimonio cultural de la humanidad se caracteriza por su arquitectura tradicional y su valor estético urbano, así como por la baja contaminación ambiental, mínima obstrucción visual y gestión efectiva de aseo también ofrece distancias accesibles, tráfico moderado y clima templado contribuyendo a estándares altos de calidad de vida desde un enfoque nacional e internacional.

Por estos factores la población ha aumentado constante y considerablemente provocando, entre otras problemáticas un incremento en la demanda de construcción de infraestructura de ámbito habitacional, comunal y comercial cumpliendo con cualidades seguras y accesibles para toda la población. Sin embargo, en la zona periurbana y rural existe población que no tiene acceso a espacios eficientes, cuyas características no cumplen los estándares para una buena calidad de vida provocando una limitación en su desarrollo.

A esta problemática se suma la falta de técnica en el ámbito de la construcción y se ha observado que, en el país, en general, frecuentemente muchas personas optan por la construcción informal, que se deriva del aumento de costos en materiales, mano de obra, maquinaria y recursos necesarios para llevar a cabo estas obras. Un alto porcentaje de infraestructura se realiza de esta manera, ya que el valor y los costos necesarios para su inversión pueden ser mucho menores. La problemática radica en que, si los métodos constructivos no son controlados adecuadamente por un profesional especializado en esta área, estas obras pueden atentar contra la integridad de sus ocupantes.

Cabe recalcar que, la zona rural presenta una gran limitación con respecto al transporte ya que muchas de las rutas de acceso no están en condiciones óptimas de uso, o su ubicación presenta geografías, en muchos casos extremas, que no permiten o aumentan los costos de transporte, provocando un incremento en la inversión final de obras, cuya construcción es una prioridad.

Otro aspecto que demuestra la necesidad de la accesibilidad a infraestructura eficiente y segura para toda la población se relaciona con las condiciones climáticas que afectan muchos de los hogares. Factores como las lluvias intensas, inundaciones, sequías, épocas de frío intenso afectan a los habitantes del cantón. Esto es una consecuencia de la falta de obras públicas que garanticen la integridad de la zona ante estos factores.

Ante la eminente necesidad de la construcción de espacios eficientes, el incremento poblacional y la baja accesibilidad económica, se plantea la propuesta de una metodología de construcción de infraestructura modular, basada en (2) módulos estandarizados para facilitar la construcción de espacios eficientes y a su vez disminuir costos en materiales, transporte y ensamblaje. Con esta propuesta obtendremos una solución de construcción accesible y segura, sin requerir largos tiempos de ejecución en donde se busca cubrir las necesidades, principalmente en el aspecto económico, garantizando el desarrollo social, incorporando técnicas innovadoras primordiales para la evolución de la construcción.

Marco Teórico

A las zonas periurbanas de la ciudad de Cuenca se les denomina como áreas de transición entre el espacio urbano consolidado y el entorno rural, en los últimos años se ha presentado un crecimiento acelerado en estas zonas debido a la necesidad de viviendas más accesibles. La fracción de la población que se ubica, sin embargo, mantiene una fuerte dependencia con el casco urbano ya que ahí se concentran las principales fuentes de empleo, servicios y actividades económicas, convirtiendo a las zonas periurbanas en un componente de importancia del sistema urbano de la ciudad (Flores-Juca et al., 2023).

Cabe recalcar que este crecimiento se ha desarrollado sin una planificación territorial adecuada por lo que existen limitaciones en el acceso de la infraestructura básica, déficit de espacios de uso comunal, desigualdad en las condiciones de habitabilidad y una dependencia constante del centro urbano para cubrir necesidades esenciales (Flores-Juca et al., 2023).

La construcción informal en el Ecuador se caracteriza por llevarse a cabo fuera de los marcos legales y técnicos establecidos por la Norma Ecuatoriana de la Construcción, provocando que a menudo no se obtengan los permisos municipales, diseños profesionales, especificaciones adecuadas de materiales y supervisión técnica calificada. Esta informalidad se presenta como un factor determinante que crea una cadena de consecuencias negativas. Este déficit de planeación y monitoreo resulta en el uso de materiales de calidad insuficiente y el uso de procesos constructivos no apropiados generando como resultado infraestructuras vulnerables e inseguras, esto provoca problemas tanto para los usuarios como para los trabajadores incluyendo riesgos como la exposición constante a condiciones de habitabilidad deficientes y fallas estructurales especialmente ante eventos sísmicos. El sector de la construcción informal no solo proyecta polarización socioeconómica, sino que además consolida un ciclo de riesgo y vulnerabilidad para las comunidades que dependen de este (Morales et al., 2021).

Una solución para una construcción eficiente y de bajo costo es la construcción modular. Las construcciones modulares son un método de construcción innovador. Se puede denominar como construcciones modulares a aquellas infraestructuras que se construyen a base de componentes estandarizados como, paneles, muros, vigas o módulos completos, producidos en planta bajo condiciones de calidad controladas, y transportados al sitio de obra donde se ensamblan como corresponde. Existe gran variedad de componentes de

diversos materiales como hormigón prefabricado, acero, madera o diversas fibras, buscando edificaciones más ligeras (España Patente nº ES2924439 B2, 2023). Este proceso permite reducir los tiempos de ejecución de obra, reducir desperdicios, cuidar el medioambiente, tener control sobre acabados, simultáneamente simplificando mano de obra y facilitando el transporte, por lo que los costos disminuyen (Serrano Richart, 2019).

La Norma Ecuatoriana de la Construcción propone todos los lineamientos y características que deben cumplir las edificaciones según su tipo y uso. Sin embargo, en el cantón, con más frecuencia en zonas rurales, se da construcción informal, que se basa en la construcción de bajo costo, ya que se omiten procesos para obtener resultados similares a un precio más accesible (Chuñir Bueno & Rodríguez Cedillo, 2018).

El análisis estructural se emplea para poder evaluar toda la estructura en conjunto, teniendo en cuenta las propiedades físicas y mecánicas de los materiales, y así determinar cómo reacciona esta ante las cargas que se aplicarán según su uso y tipo. Es necesario tomar en cuenta todas las disposiciones que se presentan en la última versión de la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC 2015), ya que en el Ecuador se presenta una alta actividad sísmica, debido a su ubicación geográfica (Barragán Ibarra & Reinoso Calugullín, 2017).

El análisis estático equivalente es un método de análisis estructural, específicamente el método de cálculo sísmico, mismo que se presenta como el método más utilizado para el diseño de estructuras regulares. Este se basa en la simplificación de fuerzas complejas dinámicas de un sismo en un grupo de fuerzas horizontales estáticas que se aplican en cada nivel de la estructura. Este análisis, además, considera los parámetros sísmicos, geotécnicos, estructurales, y propiedades dinámicas de la edificación. (Salas Navarro & Hernández Hernández, 2021).

Es importante realizar un análisis de costos para poder determinar el precio final de la construcción. De esta manera se puede identificar, desglosar y cuantificar todos los recursos necesarios para la obra. Mediante este análisis se determinarán las cantidades de recursos necesarios para desarrollar una unidad de trabajo. Esto también hace posible la planificación y seguimiento de la construcción de la edificación, obteniendo resultados más reales (Jaramillo Guayllas & Vázquez García, 2022).

Objetivo General

Proponer una metodología de construcción de infraestructura modular, basada en 2 módulos estandarizados para facilitar la construcción de espacios y optimizar costos de insumos.

Objetivos Específicos

Levantar la información de diferentes sistemas constructivos modulares y casos de aplicación.

Diseñar un módulo funcional con sus medidas, componentes y materiales con la mejor propuesta estructural.

Realizar la evaluación estructural de todo el sistema y sus componentes y garantizar el cumplimiento de la norma.

1. Capítulo: Levantamiento de Información

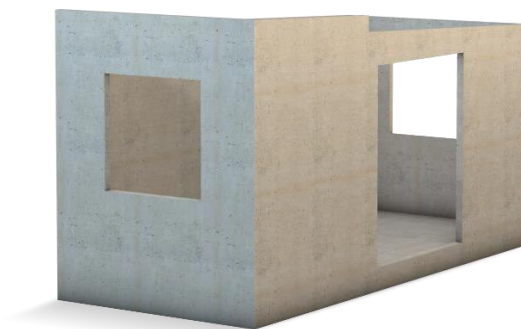
1.1 Sistemas Modulares

1.1.1 Sistema Volumétricos (3D) de Hormigón

Los sistemas volumétricos hechos de hormigón se basan en la fabricación de módulos tridimensionales completos que integran estructura y parte de los acabados, fabricados íntegramente en planta bajo estándares de control de calidad. Estos módulos se transportan al sitio de obra como unidades prácticamente terminadas, siendo así necesaria únicamente la ejecución de las uniones mecánicas finales (Parra Ycaza, 2025).

Su funcionamiento necesita como base cimentaciones robustas, por lo general losas de cimentación, debido al elevado peso del hormigón, lo que aumenta la demanda estructural del cimiento. Los módulos se producen en hormigón armado, garantizando la precisión y durabilidad en la fabricación en planta. Entre sus ventajas se destacan su excelente comportamiento como aislante termoacústico, además de la versatilidad en su uso. Por otro lado, las desventajas de estos sistemas se relacionan con la complejidad logística dado su elevado peso, incrementando costos y dificultando el transporte (Quezada Ochoa, 2021). En la Figura 1-1: Células espaciales monolíticas, se muestra un ejemplo de un módulo volumétrico de hormigón.

Figura 1-1: Células Espaciales Monolíticas



Fuente: (Ratec GmwH, 2026).

1.1.2 Sistemas Volumétricos (3D) en Acero

Estos sistemas se basan en módulos tridimensionales completos, similares a contenedores marítimos, que son fabricados y armados en fábrica para transportarse posteriormente al sitio de construcción. Cada módulo funciona como una unidad estructural “tipo celda”, cuya resistencia proviene del apoyo en sus 4 esquinas. Las cargas gravitacionales se transfieren desde las vigas perimetrales hacia las columnas que están ubicadas en los vértices, de manera que cada módulo trabaja como un elemento independiente (Parra Ycaza, 2025).

El empleo del acero estructural facilita el transporte de estos módulos debido a su menor peso en comparación con el hormigón y permite un ensamblaje más rápido. También ofrece la posibilidad de ampliar edificaciones mediante la unión de múltiples módulos. Sin embargo, el transporte puede volverse complejo debido a las dimensiones del módulo, ya que existen limitaciones por el espacio de las vías, normas de tránsito y transporte, y presenta un aislamiento termoacústico en comparación a los sistemas del mismo tipo hechos en hormigón (Parra Ycaza, 2025).

Figura 1-2: Módulo Pre-industrializado



Fuente: (QuickPlack, 2025).

1.1.3 Sistemas con Paneles SIP

Los paneles SIP (*Structural Insulated Panels*) son elementos que se componen por un núcleo aislante cubierto por placas exteriores rígidas, permitiendo construir muros, cubiertas e incluso ciertos tipos de losas dentro de sistemas ligeros. Este sistema funciona como paneles autoportantes y puede integrarse a estructuras ligeras de madera, aluminio o acero, entre otros, según las necesidades del diseño (Jaramillo Guayllas & Vázquez García, 2022).

El material principal de los sistemas con paneles SIP se basa en un núcleo de poliestireno expandido de alta densidad, revestido por placas OSB, fibrocemento, acero o madera. Entre las ventajas que presentan estos sistemas destacan la optimización en la velocidad de instalación, su versatilidad y capacidad aislante (Jaramillo Guayllas & Vázquez García, 2022).

Figura 1-3: Composición de Panel SIP



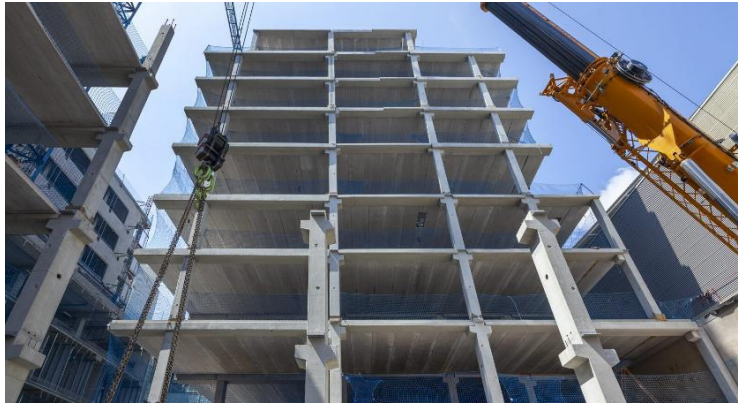
Fuente: (FORMA, 2026).

1.1.4 Prefabricados de Hormigón

Este sistema consiste en la producción en fábrica de diferentes elementos como muros, todas, vigas o columnas, que se transportan hacia el sitio de obra y se ensamblan mediante uniones mecánicas. El funcionamiento considera el diseño de cada elemento según las cargas actuantes y las condiciones de uso, siendo posible que en el proceso de construcción únicamente se ejecuten las conexiones estructurales necesarias (Quezada Ochoa, 2021).

Se emplea como material el hormigón prefabricado con altos niveles de control de calidad. Se presentan como ventajas de estos sistemas la durabilidad y precisión industrial, mientras que sus máximas desventajas son su alto costo y dificultad en el transporte, debidas al peso de cada elemento (Quezada Ochoa, 2021).

Figura 1-4: Estructuras con Elementos Prefabricados de Hormigón



Fuente: (Hormigón Cemento, 2026).

1.1.5 Light Gauge Steel

El sistema Light Gauge Steel (LGS) se deriva del sistema Steel Frame (estructura de acero), que utiliza perfiles delgados de acero galvanizado conformados en frío como elemento estructural principal. Estos perfiles permiten conformar estructuras livianas mediante la creación de módulos o paneles estructurales que pueden ser prefabricados o ensamblados directamente en obra. El funcionamiento del sistema se basa en la conformación de un esqueleto metálico, al que se le integran paneles estructurales y revestimientos para formar muros, entrepisos y cubiertas (Parra Ycaza, 2025).

Una de las principales características del sistema LGS es su peso propio bajo, facilitando el transporte, manipulación y montaje de los elementos estructurales. Además, se destaca por su rapidez de construcción, precisión dimensional y eficiencia en los procesos de ensamblaje, que contribuyen a optimizar tiempos y costos de obra. Sin embargo, para garantizar un adecuado desempeño estructural, es necesario considerar aspectos como la protección anticorrosiva del acero y un correcto diseño frente a cargas laterales, incorporando placas estructurales y elementos de arriostramiento que proporcionan rigidez al sistema (Peralta Albuja & Tapia Sánchez, 2024).

Figura 1-5: Sistema LGS



Fuente: (El Oficial, 2018).

1.1.6 Madera Laminada (Glulam)

La madera laminada es el producto de unir varias láminas delgadas con adhesivos industriales, creando elementos más estables y resistentes que la madera maciza. Este material se puede emplear como componente principal o secundario dentro de sistemas modulares, especialmente en paneles o vigas. Sus ventajas incluyen ligereza, un buen desempeño estructural y sostenibilidad. Las limitaciones se presentan debido al tratamiento contra la humedad y el fuego para mantener su durabilidad (Quezada Ochoa, 2021).

Figura 1-6: Vigas de Madera Laminada



Fuente: (SkyCiv, 2021).

1.1.7 Contenedores Marítimos Adaptados

El sistema basado en contenedores marítimos metálicos se basa en la reutilización de estos como unidades modulares, los cuales se acondicionan mediante procesos de corte, reforzamiento o revestimiento para poder convertirlos en espacios habitables. Funciona reforzando la estructura original, generando aperturas y acoplando varios contenedores según el diseño que se plantee (Quezada Ochoa, 2021).

El material principal de estos módulos es el acero. Poseen varias ventajas como la optimización en la velocidad del proceso de construcción y la reutilización de estructuras ya existentes. No obstante, presentan ciertas desventajas como un bajo aislamiento térmico o restricciones dimensionales (Quezada Ochoa, 2021).

Figura 1-7: Construcción con Contenedores Marítimos



Fuente: (DracontainersCorp, s.f.).

1.1.8 Sistemas Mixtos

Existen sistemas mixtos que resultan de combinar materiales como acero, hormigón, madera o paneles ligeros, de manera que sea posible optimizar el desempeño estructural, aislamiento y velocidad de ejecución. Estos funcionan integrando elementos prefabricados y componentes livianos que permiten soluciones equilibradas entre rigidez y mayor facilidad de montaje. Sus ventajas abarcan la flexibilidad en el diseño y adaptabilidad a las necesidades. Por otro lado, sus desventajas se relacionan a la necesidad de coordinación técnica entre fases y materiales (Peralta Albuja & Tapia Sánchez, 2024).

Figura 1-8: Construcción Mixta



Fuente: (Aguirre Luzuriaga Arquitectos, s. f.).

1.1.9 Concreto Celular Autoclavado (AAC)

El AAC es un material ligero producido mediante procesos industriales que puede fabricarse en paneles para sistemas tanto modulares como panelizados. Su funcionamiento se basa en un ensamblaje rápido gracias a uniones simples, siendo posible integrarse con estructuras ligeras de madera o acero. Debido a la baja densidad del AAC, se presentan ventajas como ligereza de los componentes y una gran capacidad aislante, aunque su resistencia a impactos sea menor (Quezada Ochoa, 2021).

1.2 Comparación de Sistemas Constructivos

Los diversos sistemas constructivos prefabricados y modulares descritos en el capítulo anterior presentan diferencias relevantes que producen consecuencias en su desempeño, viabilidad logística y aplicación en el contexto de las zonas periurbanas del cantón Cuenca. La mayoría de estos se basan principalmente en dos materiales – hormigón y acero – los cuales condicionan las propiedades como su peso propio, comportamiento estructural, capacidad de aislamiento térmico y acústico, durabilidad y mantenimiento, su grado de industrialización en planta y las características de transporte y ensamblaje en obra.

Para el análisis no se incluirán los sistemas basados en madera debido a que estos dependen de fuentes forestales sostenibles y presentan una alta sensibilidad a la humedad

y deterioro ambiental, generando la obligatoriedad de contar con procesos de mantenimiento frecuentes que no resultan compatibles con el contexto periurbano de la zona.

El transporte y logística componen un factor crítico para el análisis comparativo de estos sistemas, ya que muchas veces las rutas de acceso hacia estas zonas pueden presentar pendientes pronunciadas, radios de giro reducidos, calzadas estrechas y condiciones topográficas o geométricas que limitan la circulación de vehículos de carga pesada. En este caso, el tipo de material y la manera en la que los sistemas se constituyen permiten formar un criterio claro de su desempeño y rendimiento en el ámbito estructural y logístico.

1.2.1 Sistemas Basados en Hormigón

Por lo general, el hormigón se presenta en sistemas pesados como módulos tridimensionales o elementos prefabricados, debido a su alta densidad – 1000 a 3000 kg/m³ – . Su masa es la que contribuye en gran medida a su comportamiento y rendimiento estructural, aportando capacidad portante, rigidez y capacidad de aislamiento térmico y acústico, debido a su inercia térmica y composición sólida (Quezada Ochoa, 2021). Además, cuenta con excelente durabilidad y requiere procesos de mantenimiento simples, siempre que los procesos de fabricación y control de calidad sean los adecuados (Parra Ycaza, 2025).

Sin embargo, esas mismas características generan desventajas logísticas significativas. El peso elevado limita la logística de transporte, exigiendo camiones de carga pesada y radios de giro amplios, generando la necesidad de contar con permisos especiales cuando las dimensiones de los elementos o módulos exceden las restricciones viales o pesos permisibles (Ministerio de Transporte y Obras Públicas, 2013). En ciertas zonas periurbanas, estas condiciones pueden incluso volverse críticas. De esta manera, es necesario considerar el establecimiento de fábricas lo más cerca posible a estas zonas para evitar gastos extra y limitaciones de logística. En obra, los módulos o elementos requieren maquinaria como grúas y espacios amplios, y adicionalmente es necesario realizar trabajos complementarios como cimentaciones, refuerzo de elementos o conexiones y acabados (Parra Ycaza, 2025).

En cuanto a la fabricación e industrialización en planta, el hormigón es un material adecuado, ya que permite la producción de elementos repetitivamente, con precisión de dimensiones y alta calidad de acabados, teniendo en cuenta que puede haber posibles limitaciones por disponibilidad de moldes y procesos industriales. A nivel de ensamblaje, debido a su peso, las conexiones deben ser mecánicas, haciendo uso de grúas y etapas adicionales para asegurar la continuidad estructural (Quezada Ochoa, 2021).

Existe una variación de sistemas de hormigón, basados en AAC (*Autoclaved Aerated Concrete*), que se clasifica como material aligerado, con densidades de entre 300 a 800 kg/m³. Su estructura porosa reduce su masa de manera significativa, siendo posible facilitar el proceso de transporte, permitiendo movilizar mayores volúmenes por viaje y disminuyendo la necesidad de maquinaria pesada, tanto en transporte como en montaje. Sin embargo, su capacidad portante y rendimiento estructural es reducido, por lo que se utiliza principalmente en elementos como paneles no estructurales que deben combinarse con marcos rígidos de acero u otros elementos resistentes. Su aislamiento térmico es favorable, pero su desempeño acústico es limitado y requiere materiales adicionales. Además, es necesario contar con protección frente a la humedad directa para garantizar su durabilidad. Su fabricación es sencilla y permite altos niveles de repetición y rapidez de ensamblaje, lo que lo vuelve viable en contextos periurbanos, siempre que se combine con un sistema estructural adecuado (Quezada Ochoa, 2021).

1.2.2 Sistemas Basados en Acero

El acero constituye los sistemas livianos, ya que su alta densidad – 7850 kg/m³ – se compensa por la fabricación de perfiles esbeltos, lo que reduce en gran medida el peso total del sistema estructural. Esto es favorable para su movilización, siendo posible agrupar perfiles y paneles en paquetes compactos, optimizar el espacio en los vehículos de transporte y reducir la necesidad de equipos especializados. En las zonas periurbanas, donde el acceso es limitado, esta característica lo convierte en una opción más flexible y eficiente que los sistemas pesados (Jaramillo Guayllas & Vázquez García, 2022).

En cuanto al desempeño estructural, el acero ofrece una alta resistencia a la tracción, buen rendimiento ante cargas laterales y una adecuada respuesta sísmica, lo que se vuelve importante en la región de la sierra ecuatoriana. Sin embargo, debido a su baja densidad en toda la estructura, presenta un comportamiento térmico y acústico menos eficiente, por

lo que requiere sistemas adicionales de aislamiento. En términos de durabilidad, el acero exige protección anticorrosiva adecuada, pero su mantenimiento posterior es bajo y su vida útil es prolongada si se garantizan estas condiciones (Parra Ycaza, 2025).

El proceso de industrialización del acero en planta es altamente eficiente, por lo que permite obtener perfiles y paneles estandarizados con gran precisión y rapidez. Durante el montaje, estos sistemas permiten ensamblar progresivamente sin necesidad de maniobras extensas ni maquinaria pesada, reduciendo la complejidad logística y aumentando la adaptabilidad al sitio. En comparación con los sistemas de hormigón, los sistemas de acero requieren más tiempo de instalación que un módulo tridimensional pesado, pero menos restricciones en cuanto a espacio para maniobras y transporte, lo que resulta ventajoso en zonas con accesibilidad limitada (Quezada Ochoa, 2021).

1.3 Casos de Éxito

Los sistemas modulares han demostrado proporcionarnos una solución eficiente y sostenible para abordar el aspecto de la deficiencia de vivienda y espacios sociales, al igual que la necesidad de infraestructuras beneficiándose de diversos materiales y tecnologías constructivas. Haciendo referencia a lo anterior, a continuación, se expondrán casos que nos demuestran buenos resultados al aplicar estos sistemas.

1.3.1 Proyecto de Vivienda Modular Basados en Contenedores

Los contenedores marítimos actualmente representan una buena parte dentro de la construcción modular gracias a sus ventajas como la solidez, el bajo costo y al ser reciclados y reutilizados aportan al cuidado del medio ambiente.

Existe un proyecto realizado en 2010 en Francia, en la ciudad de *Le Havre*. Este proyecto consistió en construir un espacio residencial dirigido para el uso de estudiantes universitarios, reutilizando contenedores marítimos y adaptándose a las necesidades que demanda este sector de la población. La estructura conformada por estos contenedores se extiende sobre cuatro pisos, los cuales están distribuidos en 100 viviendas modulares con un área de 24m², cada una de estas viviendas cuenta con un baño, una cocina y tienen una capa de 40 cm de espesor de hormigón para poder contribuir con la aislación térmica y acústica (Portilla, 2010).

Otro ejemplo de sistemas de viviendas modulares con contenedores marítimos prefabricados es el *LOT-EK Buildings*. Fue diseñada y construida en 2002 - 2003 con 46 m² de área, posee espacios los cuales se pueden extraerse hacia el exterior, sin dejar de ser parte de la vivienda, y para cuando esté en uso y cuando se desee transportar son empujados al interior nuevamente. Al tener estos espacios gana área útil para la vivienda y ofrece más flexibilidad (Fallas Acuña, 2015).

1.3.2 Sistema Cuatro50

Ditecvi es una constructora en Madrid, España que utiliza la construcción industrializada y el montaje modular para sus estructuras. El sistema utiliza acero galvanizado para obtener estructuras tridimensionales de 4,5x4,5 metros. La estructura está compuesta por paneles de aproximadamente 60kg, esto facilita el transporte y reduce los costos. Además, cuenta con una gran ventaja, se pueden añadir módulos en el futuro muy fácilmente, estos paneles no suponen un problema ampliar la estructura ya que no implica suciedad en casa ni tiempo incierto de finalización (Serrano Richart, 2019).

1.3.3 Módulos Tridimensionales de Acero

La empresa Modultec S.L ubicada en Gijón (Austrias), una ciudad de Francia, se dedica al diseño y fabricación de módulos tridimensionales hechos de acero. Uno de sus proyectos que resultó exitoso y destacó es “la vivienda tipo 2”, que cuenta con un área de 93.01 m² y es un modelo personalizado contando con todos los servicios necesarios y funcionales que una vivienda requiere. Ofrece flexibilidad y su proceso de fabricación se basa en construir los módulos en un taller y luego se ensamblan en el terreno (Serrano Richart, 2019).

1.3.4 Sistemas de Paneles Prefabricados como Mampostería Local

A nivel local, dentro de nuestro país Ecuador, existen varios sistemas de paneles prefabricados que han sido adoptados como mampostería prefabricada. A continuación, se presentarán algunos sistemas que son casos de éxito.

En la ciudad de Guayaquil la empresa AISLAPOL fabrica paneles 3D, su composición es una lámina de espuma de poliestireno expandido y mallas de acero electrosoldadas en ambas caras. Como resultado tenemos un producto con características termo-acústicas que ahorra tiempo y costos. Este sistema se ha aplicado en la producción de aulas prefabricadas hechas de estos paneles (AislaPol, s.f.).

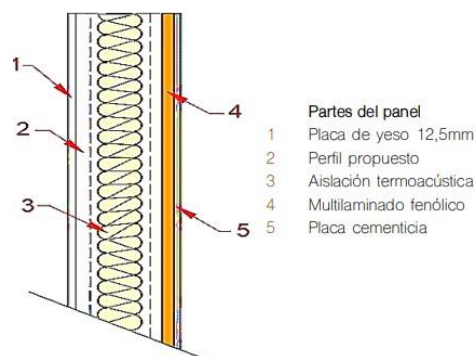
1.4 Propuesta de Sistema de Construcción Modular

1.4.1 Elementos Modulares Basados en Steel Framing (LGS).

Una vez revisados todos los sistemas de construcción disponibles en el mercado, se ha decidido diseñar una metodología de construcción modular de infraestructura basada en elementos estructurales con perfiles laminados de acero galvanizado (LGS) y paneles tipo sandwich. Se propone diseñar elementos que se puedan unir en diferentes combinaciones según el tipo de uso que se le dará a la infraestructura (vivienda, comercial, social).

Estos elementos modulares son construidos a partir de un esqueleto que se forma de perfiles de acero galvanizado conformado en frío. Estos perfiles individuales tipo “C” son los que resisten las cargas verticales y los elementos tipo “U” son los canales que sirven de guía y cierre. Para los muros se optó por un sistemas de muros no estructurales que se conforman como se muestra en la Figura 1-9:

Figura 1-9: Esquema de Muro No Estructural



Fuente: (Chávez & Lalangui, 2022).

De esta manera se puede contar con elementos modulares construidos en Steel Framing (LGS) en fábrica. Posteriormente estos serán transportados al sitio de obra, donde se ensamblarán entre sí mediante pernos de acero galvanizado, y se cubrirán con la configuración de muro no estructural según se detalló anteriormente.

1.4.2 Comportamiento Estructural

El comportamiento estructural del steel framing (LGS) se basa en ser una estructura de muros de carga de sección liviana, donde la carga se distribuye uniformemente entre la cantidad de elementos livianos, a comparación del hormigón armado, donde la carga se concentra en las columnas pesadas. Al estar todos los perfiles atornillados y conectados entre sí, el módulo funciona como un solo elemento, y, al tener una masa menor también se generan fuerzas de inercia menores aumentando su seguridad.

También se debe mencionar que su comportamiento se diferencia radicalmente de los sistemas de pórticos (viga-columna). Según Peralta y Tapia (2024), este sistema se basa en la repartición de cargas a través de múltiples elementos verticales (montantes) con secciones delgadas, lo que genera una estructura de muros portantes de alta eficiencia.

Los perfiles son de bajo espesor, generalmente entre 0.90 mm y 2.5 mm, así que se debe considerar el pandeo local, sin embargo, al utilizar los perfiles tipo “C” se aporta rigidez al ala del perfil. La rigidez también depende de las conexiones de los perfiles (tornillos) y se utilizan rigidizadores en aquellos puntos donde se concentran cargas puntuales mayores, asegurando que no falle por aplastamiento.

1.4.3 Ventajas

El steel framing (LGS) es un sistema industrializado por lo que su margen de error es mínimo. Este aspecto es muy significativo en la construcción modular para lograr un correcto encaje de piezas al momento de ensamblar en la obra. Estas piezas ya cuentan con perforaciones que se realizan en fábrica para permitir el paso de tuberías eléctricas e hidrosanitarias facilitando así las instalaciones, y su montaje es simple sin necesidad del uso de maquinaria pesada para su ensamblaje incluyendo los paneles y marcos. Así mismo, otra ventaja que este sistema nos ofrece es la construcción en seco y al no utilizar

agua se eliminan los tiempos de fraguado y curado que se requieren al trabajar con hormigón.

Según Peralta y Tapia (2024), “la estructura de acero es liviana pero altamente resistente, lo que permite una mayor flexibilidad en el diseño y facilita la rapidez de construcción debido a la prefabricación de los elementos” (p. 11). Puede llegar a pesar un 70% menos que la mampostería tradicional reduciendo así las cargas que van a la cimentación.

Otro de los aportes que nos ofrece el steel framing (LGS) es que existe menor desperdicio de material a comparación de la construcción tradicional debido a que los perfiles se cortan a la medida exacta y de esta manera también ayuda a la sostenibilidad.

Y por último al usar este sistema estamos trabajando de manera rápida aplicando el “Just-in-time” en la logística, esto quiere decir que las piezas son fabricadas en el taller mientras se realiza la preparación del terreno al mismo tiempo, así cuando el terreno esté listo, solo se llega a realizar el montaje.

1.4.4 Paneles Tipo Sándwich de Cerramiento No Estructural

Los cerramientos del sistema propuesto se resuelven mediante cerramientos livianos estructurales o no estructurales, en steel framing (LGS), clasificándolos según su función como muros exteriores (interior - exterior) y muros interiores (interior - interior). La estructura base de los muros se compone por perfiles de acero galvanizado conformado en frío, sobre la cual se montan diversas capas funcionales de cerramiento y aislación.

Con el objetivo de favorecer la industrialización del proceso constructivo, los muros se fabrican parcialmente en fábrica en forma de paneles estructurales con diferentes configuraciones, y se transportan al sitio de obra para el ensamblaje final. Se proponen paneles con una altura común de 2,40 m, que corresponde a la altura libre interior, y dimensiones moduladas compatibles con el sistema constructivo y la logística de transporte. Se busca que las capas funcionales de los muros no solo protejan físicamente, sino que funciones como una barrera termoacústica.

2. Capítulo : Diseño de Módulo Funcional

El módulo será diseñado con el sistema Steel Framing (LGS), que tiene sus raíces a principios del siglo XX evolucionando a partir del tradicional *Balloon Framing* de madera utilizado en los Estados Unidos (Sarmanho & Munaiar Neto, 2021). La transición hacia el acero se consolidó tras la Segunda Guerra Mundial, debido a la necesidad de reconstruir infraestructuras de manera rápida, eficiente y con materiales de mayor durabilidad. Desde entonces, el sistema ha pasado de ser una alternativa para elaborar infraestructuras a convertirse en un estándar de construcción industrializada reconocido por su alta resistencia y ligereza.

En la actualidad, es uno de los sistemas constructivos con mayor crecimiento a nivel global, siendo el método más usado en países con altos estándares de seguridad sísmica y eficiencia energética como Estados Unidos, Australia, Japón y Argentina. Su adopción masiva en estas regiones se debe a su capacidad para integrarse con normativas internacionales exigentes como las del *American Iron and Steel Institute* (AISI) y su capacidad de adaptación para proyectos que van desde viviendas de interés social hasta complejos comerciales de mediana altura.

Bajo este precedente a nivel mundial, la aplicación del Steel Framing (LGS) en la ciudad de Cuenca se presenta como una respuesta eficiente que va de la mano con las tendencias internacionales de prefabricación. La selección del sistema Steel Framing (LGS) para nuestro módulo se justifica debido a sus ventajas previamente mencionadas (Peralta Albuja & Tapia Sánchez, 2024).

Este es un sistema en donde sus elementos son fabricados a base de acero galvanizado, al ser un material liviano ayuda a la reducción de las cargas muertas sobre la cimentación y por ende también obtenemos mayor facilidad al transportar los módulos, además su ensamblaje en obra no requiere maquinaria pesada especializada. Con respecto a las medidas de los elementos sabemos que tienen una tolerancia de error mínima y milimétrica que nos ayuda a que las partes que conforman el módulo encajen adecuadamente (Sarmanho & Munaiar Neto, 2021).

El Steel Framing (LGS) trabaja con paneles completos, no existen columnas y todo el peso es soportado por el muro portante como tal, aquí la red de montantes (los perfiles verticales de acero galvanizado) disipa la energía eficientemente (NEC-SE-AC, 2015).

2.1 Parámetros Arquitectónicos y de Habitabilidad

El diseño de la infraestructura modular debe cumplir con los estándares mínimos del MIDUVI para garantizar que los espacios sean dignos y funcionales.

2.1.1 Dimensiones Mínimas

Para viviendas de interés social en entornos urbanos y periurbanos de Cuenca, se establecen las siguientes dimensiones mínimas para los módulos:

Tabla 2-1: Dimensiones Mínimas

Espacio	Lado Mínimo (Ancho Libre)	Requisito Adicional
Dormitorio Principal	2.70 m	Espacio para cama de 2 plazas + circulación.
Dormitorios adicionales	2.40 m	Espacio para cama de 1.5 plazas + circulación.
Sala / Estar	2.70 m	Debe permitir la ubicación de mobiliario básico.
Comedor	2.40 m	Puede ser integrado (espacio único) con la sala.
Cocina	1.50 m	Espacio libre entre mesones o pared.
Baño Completo	1.20 m	Lado mínimo para piezas sanitarias alineadas.
Pasillos Internos	0.90 m	Ancho libre mínimo para circulación.
Escaleras (si hay)	0.90 m	Ancho libre de paso.

Fuente: Adaptado de MIDUVI (2025).

2.1.2 Alturas y Circulaciones

- **Altura Útil:** La NEC y las ordenanzas locales sugieren una altura mínima de piso a cielo raso de 2.40 metros. En sistemas modulares, esto permite el paso de instalaciones hidrosanitarias por el entrepiso o falso techo. (NEC-SE-AC, 2015).

- Pasillos: Ancho mínimo de 0.90 m para garantizar el flujo y la posibilidad de evacuación rápida en caso de emergencia.

2.1.3 Confort Térmico y Acústico

Dado el clima templado-frío de Cuenca, el sistema modular debe incluir una capa de aislamiento en el interior de la "red de montantes". Se propone el uso de Lana de Roca o Poliestireno Expandido (EPS) de alta densidad, lo que reduce la transmitancia térmica y cumple con la NEC-HS-EE (Eficiencia Energética) (Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, 2018).

2.2 Propuesta del Sistema de Construcción Modular

Se propone un sistema constructivo basado en un único módulo arquitectónico, previamente definido y optimizado en términos dimensionales y constructivos. Dicho módulo no se ejecuta ni se transporta como una unidad volumétrica completamente ensamblada; por el contrario, el ensamblaje final se realiza en obra mediante el montaje de elementos modulares prefabricados. Esta estrategia permite reducir la complejidad logística, facilitar el transporte y adaptarse de manera eficiente a las condiciones del contexto periurbano (Peralta Albuja & Tapia Sánchez, 2024).

La lógica fundamental del sistema se basa en el diseño de los muros como elementos modulares tipo panel, los cuales constituyen la unidad básica de prefabricación y ensamblaje. A partir del diseño de una vivienda tipo, el módulo arquitectónico se materializa mediante la combinación y unión de paneles estandarizados, concebidos para cumplir distintas funciones según su posición dentro del conjunto.

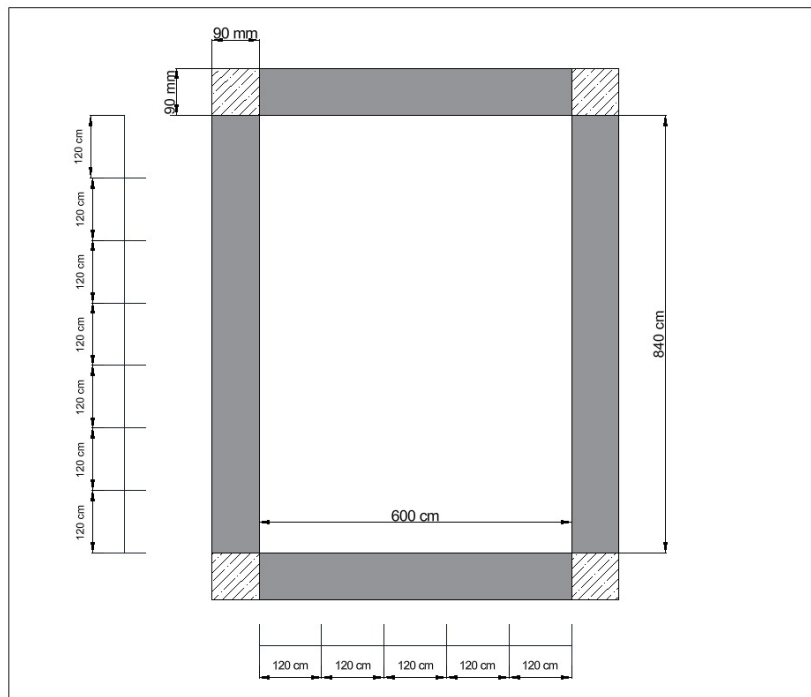
En este sentido, se definen tipologías de panel tales como paneles de muro exterior, paneles para puerta, paneles para ventana y paneles interiores divisores, todos ellos desarrollados bajo una misma lógica dimensional y de modulación. Esta estandarización permite que el módulo se configure a partir de la repetición y combinación sistemática de elementos compatibles entre sí, garantizando coherencia espacial y constructiva.

Los paneles modulares corresponden a la estructura base del sistema, diseñada para ser fabricada en talles y posteriormente ensamblada en obra. Las capas funcionales de los

muros — incluyendo cerramientos interiores y exteriores, aislación y barreras de control ambiental — se incorporan una vez montados los paneles estructurales. Este enfoque facilita la ejecución de instalaciones, mejora la coordinación entre componentes y asegura la compatibilidad del sistema con materiales comerciales disponibles localmente.

Con el fin de sintetizar gráficamente la propuesta, en la Figura 2-1 se presenta a continuación un esquema general de un módulo rectangular con 6.00 m de frente y 8.40 m de fondo, en el cual se identifican la relación espacial existente y dimensiones adoptadas, mismas que responden a una lógica de modulación regular basada en una retícula de 0.60 m, utilizada como una unidad de orden espacial y dimensional. Esta malla permite coordinar de manera coherente la disposición de los muros, la ubicación de vanos y la proporción de los espacios interiores, además de garantizar compatibilidad con dimensiones comerciales de materiales para los paneles modulares.

Figura 2-1: Esquema de Distribución Espacial, vista en planta.



Fuente: (Cordero & Llivicura, 2026).

A partir de esta definición, el sistema constructivo se organiza en componentes claramente identificables: paneles modulares, sistema de suelo, sistema de cubierta, sistema de columnas y cimentación.

2.2.1 Paneles Modulares

Los paneles modulares conforman el elemento principal del sistema constructivo presentado, debido a que definen la configuración del espacio del módulo y organizan la distribución interna del programa. Determinan forma, proporción y uso del espacio (vivienda, social, comercial). El diseño arquitectónico del módulo resulta en un área de 50.40 m², valor que supera el mínimo normativo de 49.00 m² exigido para vivienda unifamiliar de interés social para el cantón Cuenca según lineamientos municipales (NEC-SE-AC, 2015). Los paneles tienen una altura de 2.40 m, siguiendo los mismos lineamientos, cumpliendo con la altura interior mínima de 2.30 m, y mejora la proporción espacial y confort interior.

Dentro del sistema, los muros se conciben como paneles verticales estandarizados de 1.20 m de longitud y 2.40 m de altura, respondiendo a la modulación anteriormente planteada de 0.60 m. Esta decisión permite racionalizar el diseño, reducir desperdicios y garantizar la coherencia dimensional. La organización modular adoptada permite que el módulo se configure a partir de paneles estandarizados.

Se establece una diferenciación entre tipos de panel según su rol, ya que no todos cumplen la misma función. Los muros exteriores conforman el perímetro y deben garantizar protección frente a agentes climáticos, aislamiento térmico y acústico y condiciones adecuadas de habitabilidad, mientras que los muros interiores organizan el espacio. Asimismo, la normativa nacional (NEC 2015) establece requerimientos mínimos de iluminación y ventilación natural, lo que obliga a incorporar aberturas en espacios como dormitorios o salas. Por esta razón, el sistema requiere distinguir diferentes configuraciones de panel según su ubicación y función, manteniendo siempre la misma lógica dimensional para garantizar coherencia constructiva.

En términos generales, el sistema cuenta con dos grandes categorías de paneles: paneles exteriores y paneles interiores. Aunque su dimensión base es compartida, difieren en su configuración constructiva según el requerimiento. Los paneles exteriores adoptan una configuración multicapa organizada de interior a exterior de la siguiente manera:

2.2.2 Materiales

Placa de Yeso

La placa de yeso estándar es un elemento tipo panel prefabricado compuesto por su núcleo de yeso revestido por láminas de cartón especial en sus dos caras, con el propósito de aplicarlo en sistemas constructivos en seco (LGS) y ambientes interiores libres de humedad (Comercial Kywi S.A., s.f.). Las placas están disponibles en el mercado del cantón, en dimensiones de 1.22 y 2.44 m de longitud, 1.20 m de altura y 12 mm de espesor, posibilitando así su compatibilidad con la malla modular, considerando un bajo porcentaje de desperdicio.

Como función principal, las placas de yeso conforman superficies interiores continuas para paredes verticales y cielos rasos, logrando obtener un acabado uniforme, facilidad de instalación y compatibilidad con sistemas livianos y en seco. Por otra parte, contribuye al rendimiento acústico del panel al momento de combinarlo con materiales aislantes y permite tiempos cortos de ejecución mediante fijación mecánica a perfilaría metálica.

Dentro del módulo propuesto, la placa de yeso cumple la función específica de pared interior de los paneles, actuando como acabado final hacia el interior de la vivienda.

Figura 2-2: Placa de Yeso Estándar



Fuente: (Kywi, 2026).

Capa de Lana de Vidrio

La lana de vidrio es un material aislante termoacústico fabricado a partir de fibras minerales finas unidas mediante resinas termo endurecibles, conformadas en mantas flexibles de baja densidad. Debido a su composición mineral, no se descompone y es libre de partículas sueltas, lo que garantiza la estabilidad dimensional y durabilidad en aplicaciones constructivas.

El producto considerado presenta un espesor de 89 mm, con dimensiones comerciales de 1210 mm de ancho y 15240 mm de largo, lo que permite su fácil adaptación a sistemas de construcción en seco modulados cada 0.60 m. Su espesor es compatible con perfilera metálica liviana de ancho equivalente, permitiendo que el material se instale dentro del espesor del panel sin generar sobrecargas o aumentos innecesarios de sección (Aislantes S.A., 2024).

Desde el punto de vista térmico, la lana de vidrio de 89 mm presenta una resistencia térmica aproximada entre 2,19 y 2,64 $\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ a una temperatura media de 25°C, reduciendo pérdidas y ganancias de calor.

En términos generales, su función es proporcionar aislamiento térmico y acústico en sistemas livianos, actuando como material absorbente dentro de cavidades estructurales. En el módulo propuesto se hace uso de este material en los paneles exteriores que se detallarán en secciones posteriores.

Figura 2-3: Manta de Lana de Vidrio



Fuente: (Aislantes EC, s.f.).

Barrera Hidrófuga

La barrera hidrófuga corresponde a una membrana técnica utilizada en sistemas de construcción liviana para el control de humedad, viento y vapor de agua en cerramientos exteriores. Este tipo de material se compone de capas sintéticas que permiten evitar el ingreso de agua desde el exterior, al mismo tiempo que facilitan la evacuación del vapor generado en el interior de la edificación, contribuyendo a mantener condiciones adecuadas de control ambiental en los paneles.

El producto considerado corresponde a una membrana tipo *VolcanWrap Muro*, suministrada en rollos de aproximadamente 75 m², con dimensiones comerciales cercanas a 50000 mm de largo y 1500 mm de ancho, lo que facilita su instalación continua sobre superficies extensas de cerramiento. Gracias a su composición multicapa, el material presenta resistencia a la humedad, al viento y a la radiación UV, actuando como una segunda capa de protección en el sistema de cerramiento (Acimco, 2024).

Dentro del módulo propuesto, esta membrana se incorpora en los paneles exteriores del sistema de cerramiento, ubicándose entre la estructura del panel y el revestimiento exterior. Su función principal es proteger las capas internas del panel frente a la humedad ambiental y mejorar el desempeño higrotérmico del cerramiento, contribuyendo a la durabilidad del sistema constructivo

Figura 2-4: Barrera Hidrófuga



Fuente:(ACIMCO, s.f.).

Placa Cementicia

La placa de fibrocemento corresponde a un material de cerramiento rígido utilizado en sistemas constructivos livianos, especialmente en fachadas y envolventes exteriores. Se compone de una mezcla de cemento reforzado con fibras, lo que le confiere propiedades de alta resistencia mecánica, durabilidad y estabilidad frente a condiciones ambientales adversas. Este tipo de material está diseñado para ser instalado sobre estructuras portantes, como sistemas de acero liviano, actuando como soporte para capas de terminación y contribuyendo a la protección del sistema constructivo.

El producto considerado corresponde a una placa de fibrocemento tipo Cempanel de 2.44 × 1.22 m y 12 mm de espesor, apta para aplicaciones tanto interiores como exteriores. Se caracteriza por su resistencia a la humedad, al ataque de insectos y a variaciones térmicas, así como por su adecuada trabajabilidad durante su instalación. Presenta una superficie lisa que permite la aplicación de acabados posteriores, y un área útil aproximada de 2.97 m² por unidad, lo que facilita su modulación dentro de sistemas panelizados (Comercial Kywi S.A., s.f.).

Dentro del sistema constructivo del módulo propuesto, esta placa se emplea como elemento de cerramiento exterior, fijada directamente sobre la estructura metálica de los paneles portantes. Su función principal es proporcionar rigidez al cerramiento, actuar como barrera frente a agentes climáticos y servir como base para la aplicación de capas de acabado, contribuyendo a la durabilidad y desempeño general del sistema.

Figura 2-5: Placa de Fibrocemento para Exteriores



Fuente: (Comercial Kywi S.A., s.f.).

2.2.3 Paneles Arquitectónicos

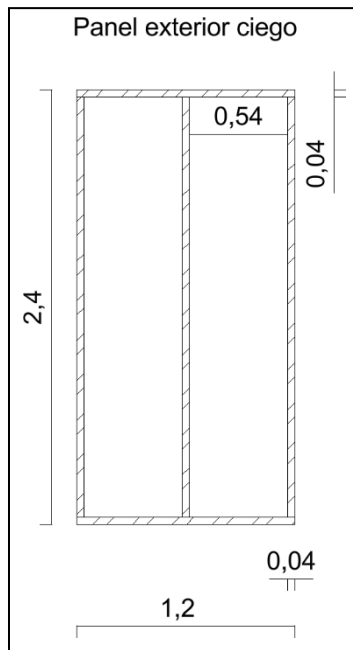
Esta organización responde a principios de construcción liviana en seco, donde cada capa cumple una función específica, optimizando el rendimiento del sistema (Peralta Albuja & Tapia Sánchez, 2024). Las dimensiones del panel permiten compatibilidad con materiales comerciales y facilitan la ejecución del sistema.

Los paneles interiores, por otro lado, cuentan con una organización simplificada, conformada por la misma placa de yeso en ambas caras, estructura metálica y aislamiento acústico si se requiere. Al no estar expuestos al exterior, no se ven afectados por agentes climáticos y no requiere usar placa cementicia o barrera hidrófuga. De esta manera su peso y costo se reducen, beneficiando el sistema propuesto.

Partiendo de estas dos categorías principales, el sistema constructivo establece diferentes tipologías de panel según su función específica o ubicación dentro del módulo. Esta manera de clasificación permite mantener la coherencia dimensional, y se conforman de los siguientes tipos:

- **Panel exterior ciego:** conforma el perímetro del módulo en paños sin aberturas (puertas o ventanas) y representa el elemento repetitivo base del sistema, garantizando continuidad en el cerramiento perimetral.

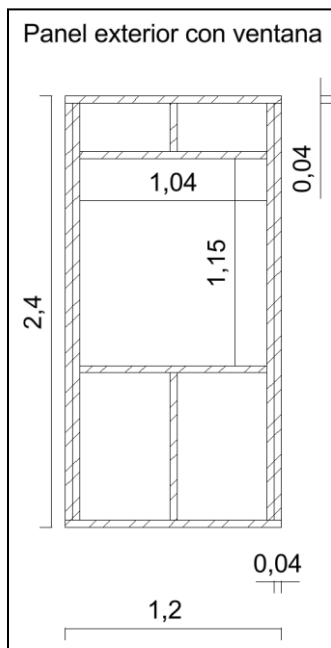
Figura 2-6: Panel Exterior Ciego



Fuente: (Cordero & Llivicura, 2026).

- **Panel exterior con ventana:** incluye una abertura rectangular de 1.15 x 0.9 metros, permitiendo la entrada de iluminación y ventilación natural en cumplimiento de las exigencias normativas.

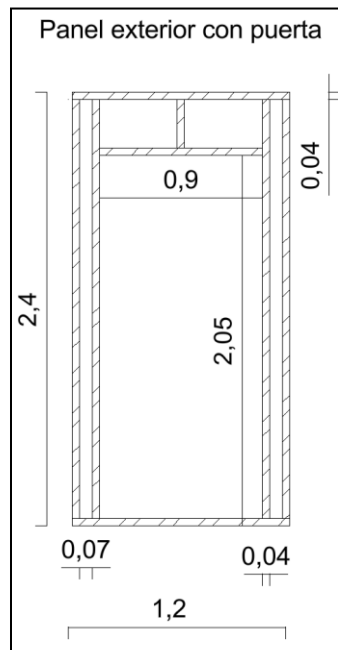
Figura 2-7: Panel Exterior con Ventana



Fuente: (Cordero & Llivicura, 2026).

- **Panel exterior con puerta:** integra los accesos principales del módulo, permitiendo contar con una única tipología de este tipo, con dimensiones de 2.05 x 0.9 metros.

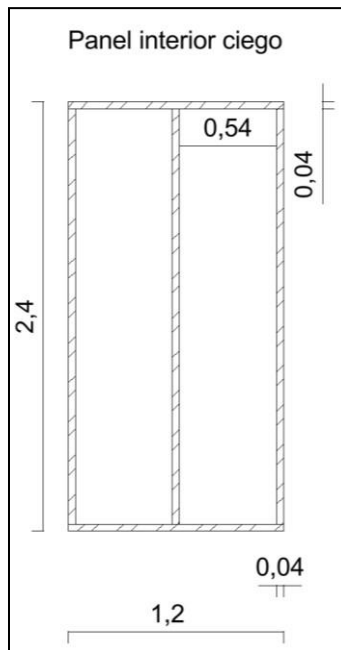
Figura 2-8: Panel Exterior con Puerta



Fuente: (Cordero & Llivicura, 2026).

- **Panel interior ciego:** organiza la distribución de espacio interno respetando las áreas y dimensiones mínimas según el uso y estructurando el programa arquitectónico.

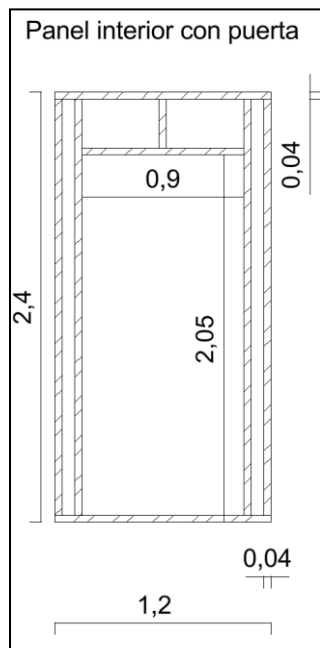
Figura 2-9: Panel Interior Ciego.



Fuente: (Cordero & Llivicura, 2026).

- **Panel interior con puerta:** integra los accesos internos del módulo, permitiendo la comunicación y circulación entre los espacios interiores, sin alterar la modulación base.

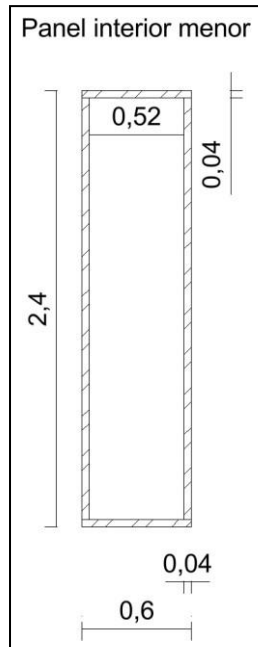
Figura 2-10: Panel Interior con Puerta



Fuente: (Cordero & Llivicura, 2026).

- **Panel interior menor:** funciona como elemento tipo pared, con la peculiaridad de que su largo es menor a los demás, 0.60 cm, permitiendo ajustes de modularidad para la distribución interna.

Figura 2-11: Panel Interior Menor



Fuente: (Cordero & Llivicura, 2026).

2.3 Distribución Interna de Espacios

Una vez definidos todos los elementos que conformarán parte del sistema constructivo es posible determinar la distribución de espacios que se realizará internamente, según el uso para el que esté diseñado el módulo. Para este estudio se proponen módulos de uso habitacional, comercial y comunal, cuyos espacios se describen a continuación.

2.3.1 Diseño Modular - Uso Habitacional

El módulo habitacional que se propone se desarrolla en la planta base de 6,00 m x 8,40 m, presentada en la sección anterior, con un área de 50,40 m², superando el área mínima de 49 m² que se establece para una viviente unifamiliar de interés social en el cantón Cuenca (NEC-SE-AC, 2015). La organización del espacio responde a los criterios de funcionalidad, habitabilidad y lógica modular, garantizando el cumplimiento de la normativa en cuanto a áreas mínimas y proporción de ambientes.

La distribución interior se estructura mediante una lógica clara de zonificación: un área social integrada conformada por sala, comedor y cocina, y una área privada compuesta por dos dormitorios y un baño. A continuación, se describen los espacios que conforman el módulo.

Sala

La sala constituye el espacio principal de reunión y permanencia dentro del módulo. Se ubica en relación directa con el acceso principal, facilitando la transición entre el exterior y el área social. Este espacio permite coherencia con la disposición modular y criterios mínimos de habitabilidad, siendo posible contar con mobiliario como sillones o mesa auxiliar, y circulación frontal.

La superficie adoptada garantiza proporciones adecuadas y condiciones de iluminación y ventilación natural conforme a la normativa nacional, que exige apertura al exterior en espacios habitables. Además, la integración visual con el comedor y cocina permite optimizar el área total sin generar divisiones innecesarias.

Comedor

El comedor constituye el espacio destinado a la alimentación y convivencia cotidiana dentro del módulo habitacional. Se ubica en continuidad directa con la sala y la cocina, permitiendo una relación funcional entre las actividades sociales y las actividades de preparación de alimentos. Este espacio permite mantener coherencia con la disposición modular adoptada y cumplir con criterios mínimos de habitabilidad, siendo posible incorporar mobiliario como una mesa para x personas y circulación perimetral adecuada.

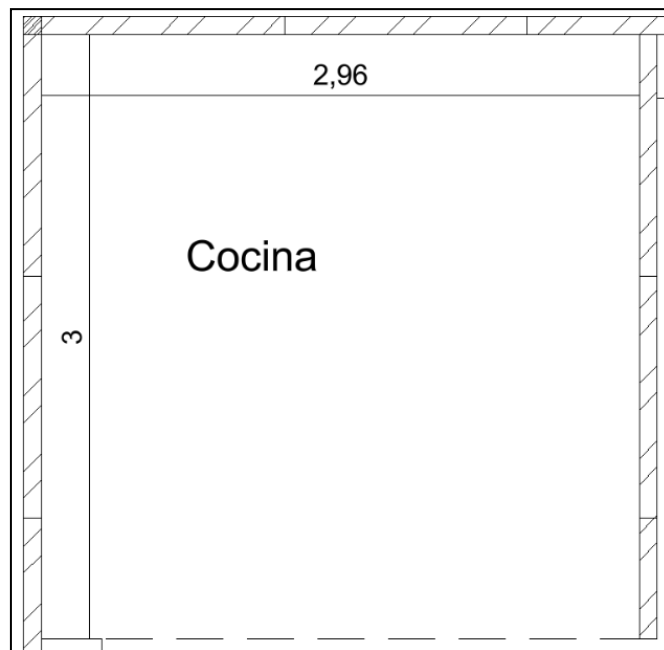
La posición del comedor dentro del área social permite que el espacio funcione como articulador entre sala y cocina, favoreciendo la continuidad espacial y evitando la fragmentación del módulo. Esta organización contribuye a optimizar el uso del área disponible y permite que la iluminación y ventilación natural provenientes de los muros exteriores se distribuyan de manera eficiente en el conjunto del espacio social.

Cocina

La cocina constituye el espacio destinado a la preparación de alimentos dentro del módulo habitacional. Se ubica en relación directa con el comedor, permitiendo una organización funcional de las actividades domésticas y reduciendo recorridos innecesarios dentro del área social. Este espacio permite coherencia con la modulación estructural adoptada y criterios mínimos de habitabilidad, siendo posible disponer mesones de trabajo, área de cocción y espacio para almacenamiento básico.

La configuración modular adoptada permite organizar los elementos de trabajo en una disposición lineal o en “L”, facilitando el uso eficiente del espacio y garantizando condiciones adecuadas de circulación. Asimismo, la relación directa con el comedor favorece la funcionalidad del conjunto y contribuye a mantener una organización espacial compacta dentro del módulo habitacional.

Figura 2-12: Diseño Modular - Habitacional, cocina.



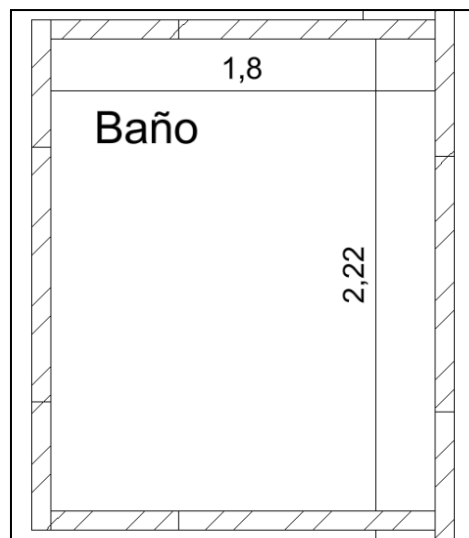
Fuente: (Cordero & Llivicura, 2026).

Baño

El baño constituye el espacio destinado a las funciones de higiene dentro del módulo habitacional. Se ubica en una posición estratégica dentro de la vivienda, permitiendo acceso desde las áreas privadas sin interferir directamente con el área social. Este espacio permite mantener coherencia con la modulación adoptada y cumplir con los criterios mínimos de funcionalidad necesarios para incorporar los elementos sanitarios básicos como inodoro, lavamanos y área de ducha.

La configuración compacta del baño permite optimizar el uso del espacio dentro del módulo sin afectar la organización general de la vivienda. Además, su ubicación favorece la concentración de instalaciones sanitarias, lo que simplifica la distribución de redes hidráulicas y contribuye a una mayor eficiencia constructiva.

Figura 2-13: Diseño Modular - Habitacional, baño.



Fuente: (Cordero & Llivicura, 2026).

Dormitorio Principal

El dormitorio principal constituye el espacio destinado al descanso de los ocupantes principales del módulo habitacional. Se ubica dentro del área privada de la vivienda, permitiendo mayor privacidad y separación respecto de las áreas sociales. Este espacio permite coherencia con la modulación del sistema constructivo y cumplir con criterios

mínimos de habitabilidad, siendo posible incorporar mobiliario como cama doble, veladores y espacio para almacenamiento.

La dimensión adoptada permite organizar el mobiliario de manera funcional sin comprometer las circulaciones mínimas necesarias para el uso cotidiano. Asimismo, la presencia de abertura hacia el exterior garantiza iluminación y ventilación natural, condición fundamental para espacios habitables según la normativa ecuatoriana.

Figura 2-14: Diseño Modular - Habitacional, dormitorio principal.



Fuente: (Cordero & Llivicura, 2026).

Dormitorio Secundario

El dormitorio secundario constituye un espacio destinado al descanso de un segundo ocupante dentro del módulo habitacional, pudiendo adaptarse a distintos usos según las necesidades de los usuarios. Se ubica dentro del área privada de la vivienda, manteniendo coherencia con la organización espacial general del módulo. Este espacio permite mantener compatibilidad con la modulación estructural y cumplir con los criterios mínimos de habitabilidad.

Gracias a la retícula modular adoptada en el diseño del módulo, este espacio puede incorporar mobiliario básico como cama individual, escritorio o almacenamiento sin

comprometer la circulación interior. Esta condición permite que el dormitorio mantenga flexibilidad de uso y se adapte a diferentes configuraciones familiares.

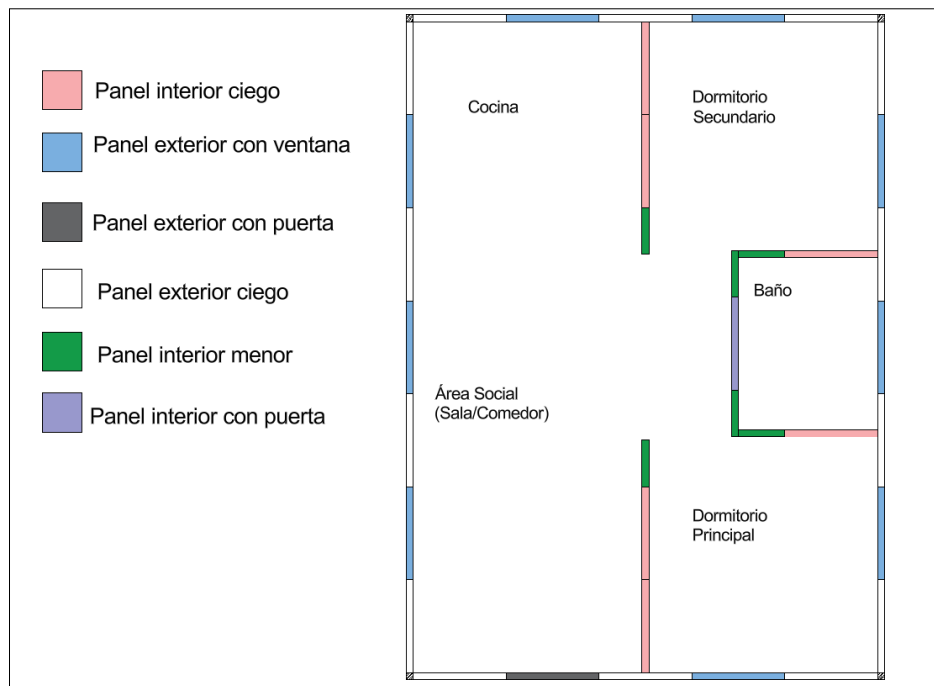
Figura 2-15: Diseño Modular - Habitacional, dormitorio secundario.



Fuente: (Cordero & Llivicura, 2026).

Al integrar todos estos espacios se obtiene como resultado el primer módulo de uso habitacional:

Figura 2-16: Diseño Modular - Habitacional Completo.



Fuente: (Cordero & Llivicura, 2026).

2.3.2 Diseño Modular - Uso Comercial / Comunal

El módulo destinado a uso comunal o comercial se desarrolla sobre la misma planta base de 50,40 m². Las dimensiones generales del módulo y la lógica modular adoptada se mantienen sin modificaciones respecto al módulo habitacional previamente descrito, ya que estas responden a criterios constructivos, estructurales y de optimización del sistema modular propuesto. De esta manera, se evita redefinir dimensiones que ya han sido justificadas anteriormente, manteniendo coherencia con la modulación estructural y con la disponibilidad de materiales comerciales.

La adaptación del módulo a un uso comunal o comercial no se realiza mediante cambios dimensionales, sino a través de la reorganización funcional de los espacios interiores. Este enfoque demuestra una de las principales ventajas del sistema modular propuesto: su capacidad de adaptarse a diferentes programas arquitectónicos utilizando una misma base constructiva. En este caso, la distribución interior se plantea a partir de un espacio principal abierto destinado a actividades sociales, comunitarias o comerciales, complementado por espacio auxiliares como un baño, cuarto de almacenaje

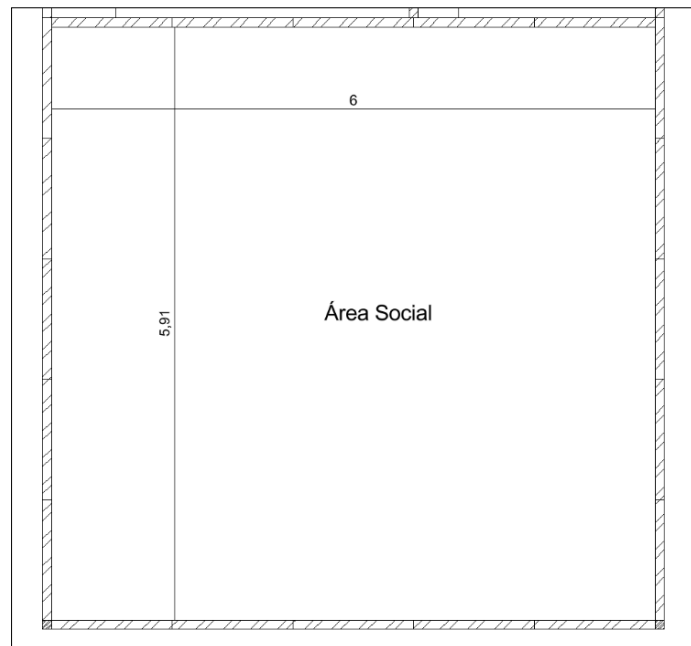
o área multipropósito. Esta organización permite mantener un espacio central amplio y flexible, adecuado para distintos tipos de uso colectivo.

Área Social / Comunal Principal

El área social o comunal constituye el espacio principal del módulo destinado a actividades colectivas, comerciales o de reunión comunitaria. Se ubica inmediatamente después del acceso principal, permitiendo una organización abierta del espacio y facilitando la interacción entre los usuarios. Este espacio que permite mantener coherencia con la disposición modular adoptada y generar un espacio amplio que permita adaptarse a diferentes configuraciones de uso, como actividades comerciales, eventos sociales o reuniones comunitarias.

La distribución abierta hace posible una mayor flexibilidad en el espacio disponible para mobiliario y en la organización de las diversas actividades que se desarrollen dentro del módulo. Asimismo, gracias a los paneles con aberturas hacia el exterior distribuidos en todo el perímetro se puede contar con iluminación y ventilación natural del ambiente, condición fundamental para garantizar confort en espacios destinados a uso colectivo.

Figura 2-17: Diseño Modular – Comercial / Comunal, área social/comunal principal.



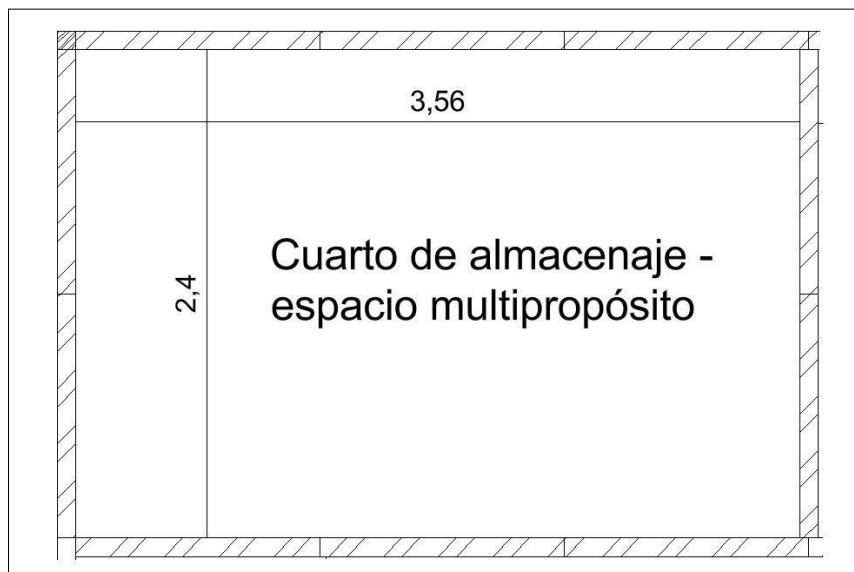
Fuente: (Cordero & Llivicura, 2026).

Cuarto de Almacenaje – Espacio Multipropósito

El cuarto de almacenaje constituye un espacio complementario destinado al almacenamiento de materiales, equipos o mobiliario utilizados dentro del módulo. Se ubica junto al área social, permitiendo un acceso rápido y funcional desde el espacio principal. Este espacio permite mantener coherencia con la modulación estructural adoptada y garantizar dimensiones que hagan posible el almacenamiento básico de elementos necesarios para el funcionamiento del espacio comunal o comercial

La ubicación estratégica de este espacio permite mantener el área social libre de elementos de almacenamiento, favoreciendo la organización y limpieza del espacio principal. Además, su dimensión modular facilita el uso flexible del recinto, pudiendo adaptarse también como un espacio auxiliar para actividades administrativas o académicas.

Figura 2-18: Diseño Modular – Comercial / Comunal, cuarto de almacenaje - espacio multipropósito.



Fuente: (Cordero & Llivicura, 2026).

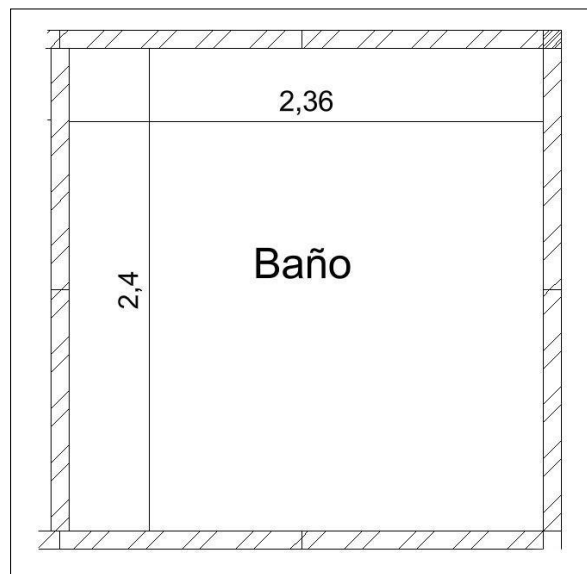
Baño

El baño constituye el espacio destinado a los servicios sanitarios del módulo de uso comunal o comercial. Se ubica en una posición accesible desde el área principal, permitiendo su uso por parte de los usuarios sin interferir con el funcionamiento general

del espacio. Este espacio permite mantener coherencia con la modulación estructural y garantizar el espacio necesario para la instalación de los elementos sanitarios básicos como inodoro y lavabo, y espacio de circulación para personas con movilidad reducida.

La dimensión adoptada permite cumplir con criterios de funcionalidad y accesibilidad para espacios de uso colectivo. Asimismo, la incorporación de una abertura hacia el exterior permite garantizar ventilación natural del recinto, condición necesaria para el correcto funcionamiento de los espacios sanitarios.

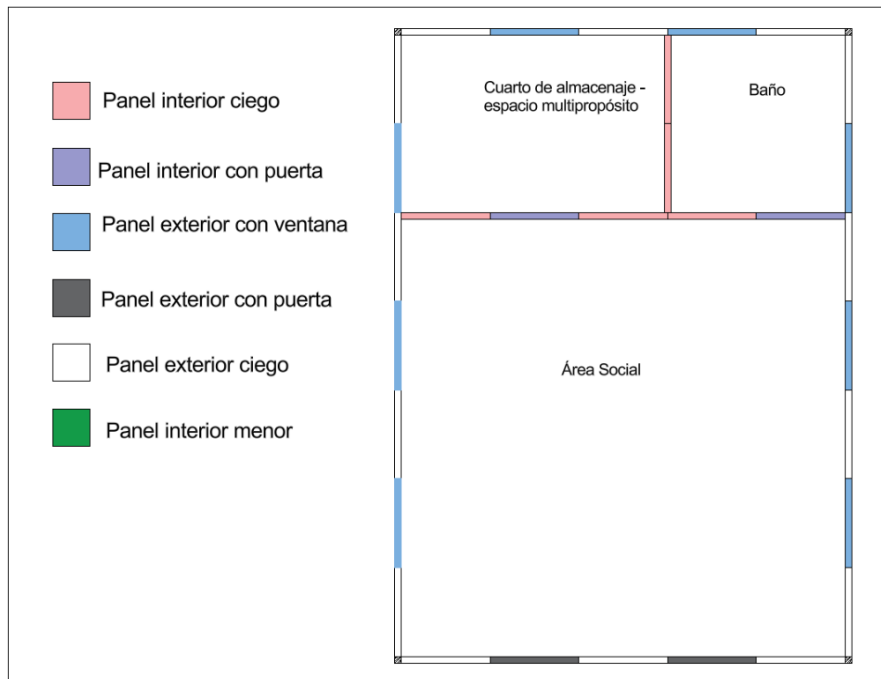
Figura 2-19: Diseño modular – Comercial / Comunal, baño.



Fuente: (Cordero & Llivicura, 2026).

Al integrar todos estos espacios se obtiene como resultado el segundo módulo de uso comercial - comunal:

Figura 2-20: Diseño Modular – Comercial / Comunal, completo.



Fuente: (Cordero & Llivicura, 2026).

Al contrastar la propuesta modular con el Acuerdo Ministerial MIDUVI-2025-0007-A, se determina que el diseño cumple con los lados mínimos exigidos. Por ejemplo, los dormitorios se han configurado con un ancho de 2.80 m y el área social con 3.00 m, superando los mínimos legales de 2.40 m y 2.70 m respectivamente (MIDUVI, 2025). Esto garantiza no solo la aprobación normativa, sino la funcionalidad ergonómica dentro del sistema Steel Framing (LGS).

Para tener una visión global de la composición de los módulos resultantes y sus respectivas configuraciones, se presentan a continuación dos tablas que indican como están configurados los espacios (Tabla 2-2: Composición de espacios a partir de paneles modulares), y la cantidad total de paneles utilizados en ambas tipologías de módulo (Tabla 2-3: Cuantificación global de paneles modulares por módulo).

Tabla 2-2: Composición de espacios a partir de paneles modulares

Espacio	Dimensiones aproximadas	Tipo de panel	Número de paneles
HABITACIONAL			
Cocina	3.00 m × 3.00 m	Panel exterior ciego	4
		Panel exterior con ventana	2
		Panel interior ciego	2
		Panel interior menor	1
Área social (Sala/Comedor)	4.80 m x 3.00 m	Panel exterior ciego	4
		Panel exterior con ventana	2
		Panel exterior con puerta	1
		Panel interior ciego	2
		Panel interior menor	1
Dormitorio principal	3.00 m × 3.00 m	Panel exterior ciego	4
		Panel exterior con ventana	1
		Panel interior ciego	3
		Panel interior menor	2
Dormitorio secundario	3.00 m × 3.00 m	Panel exterior ciego	4
		Panel exterior con ventana	1
		Panel interior ciego	3
		Panel interior menor	2
Baño	2.40 m × 1.80 m	Panel exterior ciego	1
		Panel exterior con ventana	1
		Panel interior ciego	3

		Panel interior con puerta	1
		Panel interior menor	4
COMUNAL/COMERCIAL			
Área social (módulo social)	5.91 m × 6.00 m	Panel exterior ciego	9
		Panel exterior con ventana	4
		Panel exterior con puerta	2
		Panel interior ciego	3
		Panel interior con puerta	2
Cuarto de almacenaje / espacio multipropósito	2.4 m × 3.56 m	Panel exterior ciego	3
		Panel exterior con ventana	2
		Panel interior ciego	4
		Panel interior con puerta	1
Baño	2.40 m × 2.40 m	Panel exterior ciego	2
		Panel exterior con ventana	2
		Panel interior ciego	3
		Panel interior con puerta	1

Fuente: (Cordero & Llivicura, 2026).

Tabla 2-3: Cuantificación global de paneles modulares por módulo

Espacio	Tipo de panel	Cantidad
Módulo habitacional	Panel exterior ciego	16
	Panel exterior con ventana	7
	Panel exterior con puerta	1
	Panel interior ciego	6

	Panel interior con puerta	1
	Panel interior menor	6
Módulo social	Panel exterior ciego	14
	Panel exterior con ventana	8
	Panel exterior con puerta	2
	Panel interior ciego	5
	Panel interior con puerta	2

Fuente: (Cordero & Llivicura, 2026).

3. Capítulo: Análisis Estructural

Una vez validada la propuesta modular frente a los requerimientos de "lados mínimos" del Acuerdo MIDUVI-2025-0007-A (MIDUVI, 2018) en el capítulo anterior, el presente capítulo se enfoca en la verificación técnica del prototipo. Se detalla la configuración de la estructura de Steel Framing (LGS) bajo los criterios de la NEC-SE-AC, especificando el ensamble de perfiles PGC y PGU, y la integración de las instalaciones hidrosanitarias y eléctricas. El objetivo es demostrar la viabilidad constructiva del módulo, garantizando eficiencia en el montaje y cumplimiento estricto de la normativa de seguridad ecuatoriana.

3.1 Marco Normativo Ecuatoriano (NEC)

Para el diseño de esta infraestructura, se aplican de forma obligatoria las disposiciones de la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC). El cumplimiento de estas normas garantiza que el sistema modular sea sismo resistente y seguro para los diferentes usos propuestos (NEC-SE-AC, 2015).

3.1.1 Clasificación Según el Uso y Dimensionamiento

De acuerdo con la NEC, el diseño debe considerar las restricciones de ocupación para determinar el Coeficiente de Importancia (I):

- Uso Residencial (Vivienda): Se clasifica como estructura común ($I = 1.0$). Las dimensiones se ajustan a las normativas de vivienda mínima para asegurar habitabilidad y economía.
- Uso Comercial y Comunal: Se consideran áreas de ocupación especial ($I=1.3$) debido a la posible concentración de personas. Esto exige un diseño más riguroso en las conexiones de los perfiles de acero para garantizar una mayor ductilidad.

3.1.2 Cargas Gravitacionales de Diseño

- Vivienda: 2.0 kN/m^2 .
- Comercio/Comunal: 4.8 kN/m^2 (NEC-SE-AC, 2015).

3.1.3 Cargas Laterales de Diseño

- Viento: 185 km/h .
- Sismo: Masa Sísmica, solo carga permanente. (NEC-SE-AC, 2015)

3.2 Especificaciones Técnicas de los Componentes

Existen componentes necesarios en el sistema modular para lograr una estructura viable, según la AISI S100 y la NEC-SE-AC, se precisan los siguientes:

3.2.1 Perfilería Estructural (PGC y PGU)

Para este proyecto se utilizarán dos tipos de perfiles, que son fabricados por el conformado en frío de láminas de acero galvanizado:

- Perfiles PGC (“C”): Estos son los montantes que van ubicados de manera vertical y también funcionan como vigas de entrepiso, de ser necesario su uso. Los perfiles C incluyen bordes rigidizadores para controlar el pandeo local.
- Perfiles PGU (“U”): Actúan como canales de guía o soleras que se encuentran fijadas al piso y al techo y así de esta manera se logra una correcta alineación de los montantes.

- **Recubrimiento:** Es la capa invisible de zinc que envuelve el acero de cada perfil, nos ayuda evitando la corrosión por la humedad relativa del aire de la ciudad de Cuenca.

3.2.2 Paneles Estructurales

Los paneles exteriores son portantes y los interiores no son portantes

– **Panel Ciego**

Se componen de soleras y montantes separados cada 60 cm.

– **Panel no portante con vano**

Se refieren a los que cuentan con una abertura como puerta o ventana. Se ejecutan de una manera simple donde se debe añadir un perfil PGU en los bordes superior e inferior de la abertura según las dimensiones. Los perfiles interrumpidos por este vano se denominan *cripples*, y se colocan para lograr la colocación de la placa interior y exterior.

– **Panel Portante (con vano)**

Recibe la carga de la estructura de la cubierta, por lo que es necesario añadir un elemento como el dintel o una viga tubo. Este se conforma por dos perfiles PGC con 150mm de alma dependiendo de las cargas para contrarrestar el efecto de flexión. La unión de estos dos perfiles, se logra mediante un elemento PGU que funciona como placa conectada mediante un tornillo hexagonal de 10x3/4". Esta viga distribuye la carga a los *cripples* superiores.

La solera inferior y superior se mantiene igual que en los paneles no portantes con vano.

Existen elementos denominados *jacks* que funcionan como apoyo físico del dintel, estos van desde la solera inferior del panel hasta la solera del dintel. La cantidad de *jacks* necesarios se define en el cálculo, sin embargo, en términos generales se debe reemplazar la cantidad (par) igual o mayor a los montantes interrumpidos. Se conectan a los montantes y forman un King, puede existir uno o más *jacks*.

3.2.3 Conexión entre paneles

Las conexiones entre elementos de la perfilería se realizan mediante tornillos autoperforantes, siguiendo los estándares de diseño para acero conformado en frío establecidos por (Yu et al., 2020) en *Cold-Formed Steel Design*. El análisis de este trabajo se centra en la capacidad nominal de los elementos estructurales (perfiles PGC y PGU) y su comportamiento sistémico.

Por el alcance de este trabajo, no se realizarán cálculos ni diseños de conexiones, tales como la verificación a cortante de tornillos o el diseño de nudos. Se considera que las uniones son lo suficientemente rígidas para garantizar el correcto trabajo de la estructura según las tablas de pre-diseño del sistema LGS.

3.2.4 Anclajes

Los anclajes son fundamentales para evitar el desplazamiento o el volcamiento de los paneles ante fuerzas laterales (viento o sismo). Yu et al. (2020) destacan el uso de anclajes químicos o mecánicos y pernos de expansión.

No se desarrollarán cálculos de resistencia de anclajes ni especificación de fijaciones a la base. Se asume que la estructura se conectará siguiendo las recomendaciones estándar de los manuales de instalación del fabricante y la normativa AISI S100.

3.2.5 Sistemas de Resistencia a Cargas Laterales

Los paneles en sistemas de Steel Framing, debido a la configuración articulada entre montantes y soleras, no poseen por sí mismos la capacidad de resistir esfuerzos horizontales en su plano, limitándose principalmente a cargas axiales. Bajo la acción de cargas laterales, estos elementos tienden a deformarse, comprometiendo la estabilidad global del sistema.

Por esta razón, es indispensable incorporar mecanismos de rigidización que permitan proporcionar rigidez lateral al panel y garantizar una adecuada transmisión de las fuerzas hacia los elementos de apoyo.

Cruz de San Andrés

Se conforman por dos flejes diagonales perpendiculares entre sí en el medio, y anclajes coincidentes en sus extremos. Estos deben colocarse en un ángulo de 30 a 60 grados para evitar los efectos de rotación y desplazamiento, así como la deformación en su plano. Es importante generar una cruz ya que la carga puede tener sentido opuesto y los flejes trabajan a flexión.

Para poder transmitir las cargas deben estar tensados, se usan ángulos gruesos que tensan los ejes mediante un perno. Se debe colocar un tensor por cada diagonal.

Blocking y Strapping

Para evitar la rotación del perfil dentro del panel. El *strapping* es un fleje tensado metálico colocado horizontalmente a ambos lados del panel atornillado a las alas del mismo. Para tensarlos se utilizan elementos *blocking* conformados por un perfil PGU y PGC que se colocan entre montantes.

3.3 Prediseño

3.3.1 Paneles

Se diferencian los paneles exteriores como los únicos elementos portantes del sistema, mientras que los interiores se consideran no estructural (tipo *drywall*). El predimensionamiento se basó en las tablas técnicas de Construsec (Grupo Graiman), verificando secciones según carga, altura y modulación.

Panel Ciego

Es la unidad portante principal (1.20 x 2.40 m). Está compuesto por montantes PGC 89×41×13×2.60 mm cada 0.60 m y soleras PGU 89×38×1.20 mm. Para la rigidez lateral se incorporan Cruces de San Andrés (flejes de 40 x 0.9 mm) que trabajan a tracción. Estos elementos controlan derivas laterales, mejoran la rigidez torsional y absorben las cargas de sismo y viento.

Bajo esta configuración, el panel no solo transmite cargas verticales a través de los montantes, sino que también participa activamente en la resistencia sísmica y frente a acciones de viento.

Panel con Ventana

El panel con ventana mantiene las dimensiones generales del módulo, pero incorpora una abertura que interrumpe la continuidad de los montantes. Para mantener la transmisión de cargas pese al vano (ventana de 1.15 m de alto), se integran los siguientes elementos de refuerzo:

- Dintel: Sección compuesta tipo cajón con dos PGC 305×41×13×1.50 mm.
- Refuerzos: Montantes tipo *jack* en los extremos del vano para recibir la carga del dintel y elementos cripples para el soporte del antepecho (0.90 m).
- Arriostramiento: Se mantienen flejes en las zonas ciegas del panel para no perder capacidad frente a cortes laterales.

Panel con Puerta

El panel con puerta presenta una configuración similar a la del panel con ventana, con la diferencia de que la abertura se extiende hasta la base del panel. Esta condición elimina la presencia de elementos inferiores como el antepecho y los cripples en dicha zona, concentrando la transmisión de cargas en los elementos superiores y laterales.

La integridad estructural se garantiza mediante un dintel superior de doble PGC 305, apoyado sobre montantes *jack* laterales que redirigen las cargas gravitacionales hacia la cimentación.

3.3.2 Cubierta

La cubierta se diseñó a un agua con una pendiente del 15%, en sentido longitudinal de la estructura, optimizando la evacuación de lluvia y la facilidad de montaje.

Para el soporte estructural tenemos elementos montantes tipo PGC 89×41×13×2.60 mm, alineados con los montantes del nivel inferior, asegurando la continuidad en la transmisión de cargas hacia la base. En la parte superior de estos elementos existe una solera tipo PGU 89×38×1.20 mm para el amarre, alineación y distribución de cargas entre los montantes. En las fachadas, la inclinación se logra mediante montantes de altura variable (PGC 89×41×13×2.60 mm) que respetan la modulación del sistema.

Sobre los montantes se apoyan vigas longitudinales tipo PGC 203×41×13×2.60 mm, separadas cada 0.60 m. En los extremos, estas vigas se refuerzan mediante secciones tipo cajón, utilizando dos perfiles PGC, con el fin de aumentar la rigidez y capacidad resistente en zonas críticas.

Finalmente se optó por paneles tipo sándwich con acabado en teja, de 55 mm, que se fijan directamente sobre las vigas. Estos paneles, compuestos por láminas metálicas y un núcleo aislante, aportan rigidez al sistema, además de propiedades de aislamiento térmico y bajo peso propio. El peso total estimado de la cubierta es de 686.58 kg, el cual es transferido hacia la estructura portante a través de las vigas y montantes.

3.3.3 Sistema de Columnas

El sistema de columnas se ubica en las esquinas del módulo, coincidiendo con los puntos de encuentro entre paneles estructurales, donde se concentran las cargas verticales y se requiere mayor rigidez. Cada columna se diseñó como una sección compuesta tipo cajón, formada por dos perfiles PGC 89×41×13×2.60 mm dispuestos en paralelo y separados entre sí, para cerrar la sección y rigidizarla, se emplean perfiles PGU 89×38×1.20 mm en los extremos superior e inferior, funcionando como elementos de amarre. Esta configuración genera una sección cerrada equivalente a un perfil tubular, mejorando significativamente la rigidez a flexión y torsión respecto a los perfiles individuales.

De esta manera logramos incrementar la capacidad portante en las esquinas del módulo sin recurrir a elementos estructurales pesados, manteniendo la lógica constructiva del steel framing. Las columnas así conformadas actúan como elementos principales de transmisión de cargas hacia la cimentación, integrando el comportamiento global del sistema estructural.

3.3.4 Sistema de Suelo (Plataforma Base)

El sistema de suelo o plataforma base es el plano horizontal que soporta las cargas de uso. En Steel Framing, esto se resuelve con vigas PGC (montantes) y un diafragma de rigidización.

No se incluye el diseño estructural ni el detalle constructivo de la plataforma de suelo. El modelo de análisis asume el suelo como un apoyo rígido para centrarse exclusivamente en la respuesta de los paneles verticales.

3.3.5 Cimentación

La cimentación tiene como función principal transmitir las cargas de los paneles portantes al terreno de forma distribuida. Al ser un sistema de construcción liviano, predomina el uso de losas de cimentación o zapatas corridas de hormigón armado.

Debido a que el diseño de la cimentación está sujeto a un estudio de mecánica de suelos según el sitio de implantación, este trabajo se limita a entregar las reacciones de apoyo en la base para su posterior dimensionamiento.

3.4 Verificación de Limitaciones de Diseño

Todas las dimensiones seleccionadas anteriormente fueron verificadas con las tablas normativas de construcción con perfiles de acero conformados en frío de la empresa Construsec del grupo Graiman, basadas en la normativa American Iron and Steel Institute (AISI). Las verificaciones de dimensiones mínimas se realizaron de la siguiente manera.

3.4.1 Límites de Aplicabilidad

Tabla 3-1: Límites de aplicabilidad y su cumplimiento

Parámetro de Diseño	Límite Permitido (Construsec, 2024)	Valor del Proyecto Modular	Estado
General			
Dimensiones	- Ancho máximo: 12.2 m	- Ancho: 6 m	CUMPLE
	- Longitud máxima: 18 m	- Longitud: 8.4 m	

Número de pisos	Máximo 3 pisos	1 piso	CUMPLE
Altura máxima del piso	3.53 m con una altura máxima del <i>stud</i> de no más de 3.05 m	2.40 m	CUMPLE
Altura máxima del techo	10.1 m	3.30 m	CUMPLE
Separación Montantes	Máximo 60 cm (24")	60 cm	CUMPLE
Perfil Montante (Stud)	PGC 89 x 41 x 13 x 0.93 (mínimo)	- PGC 89 x 41 x 13 x 2.60	CUMPLE
Perfil Solera (Track)	PGU 89 x 41 x 0.93 (mínimo)	- PGU 203 x 41 x 13 x 2.60	CUMPLE
Velocidad básica del viento y exposición al viento	Exposiciones al viento B y C: hasta 290 km/h	Exposición C: 75.6 km/h	CUMPLE
Categoría de diseño sísmico	A, B, C, DO, D1, D2 y E	Cuenca, categoría D	CUMPLE
Techos			
Carga Muerta (CP) Techo	Máximo 0.58 kN/m ² carga total máxima de techo y cielo raso.	0.24 kN/m ²	CUMPLE
Carga viva / nieve (granizo) en techo	3.35 kN/m ² carga máxima de nieve en el suelo	0.5 kN/m ²	CUMPLE
	0.77 kN/m ² carga viva máxima de techo	0.70 kN/m ²	
Carga muerta de cielo raso	0.24 kN/m ² máximo	0.10 kN/m ²	CUMPLE

Pendiente de techo	3:12 a 12:12	1.8:12	NO CUMPLE
---------------------------	--------------	--------	--------------

Fuente: (Cordero & Llivicura, 2026).

Para la validación del diseño, se compararon los parámetros del módulo funcional con los límites de aplicabilidad que están establecidos en la Tabla A1-1 del Manual de Diseño Construsec (Construsec, 2024). De acuerdo a las especificaciones del sistema, se seleccionaron perfiles PGC 89 x 41 x 13 x 2.60 para montantes, y perfiles PGC 203 x 41 x 13 x 2.60 para las vigas; perfiles PGU 89 x 38 x 1.20 para soleras superior, inferior y de cubierta. Se cumple con las dimensiones máximas permitidas.

En cuanto al sistema de techos, se verificó que la carga muerta de la cubierta (0.24 kN/m^2) de la cubierta es menor al límite establecido de 0.58 kN/m^2 . Asimismo, la carga de diseño de granizo para la ciudad de Cuenca (0.5 kN/m^2) se encuentra dentro del rango establecido por la normativa, esta admite hasta un máximo de $3,35 \text{ kN/m}^2$. Por último, la pendiente estructural de la estructura es 1.8:12 (15%) que no se encuentra dentro del rango de 3:12 y 12:12 establecido (Construsec, 2024). No obstante, esta configuración se justifica debido a que el análisis de estados límite mediante el software SAP2000 confirma que la estructura posee la rigidez necesaria para soportar las cargas de servicio, viento y sismo de diseño, sin presentar deflexiones que comprometan la seguridad. Y por otro lado la (NEC, 2015) permite el uso de una cubierta con la pendiente del 15% siempre y cuando se considere una carga de granizo de 0.5 kN/m^2 .

3.4.2 Espesor de Montantes (*Studs*)

Al seleccionar el espesor de los perfiles montantes de los paneles, utilizamos la Tabla E3-1 del Manual Construsec (Construsec, 2024). Aquí el espesor mínimo se determina en base de la altura del panel (2.4 m), la carga de granizo (0.5 Kn/m^2), la velocidad del viento (75.6 km/h) y con la separación entre montantes (610 mm). Estos parámetros de diseño verificados según

Como resultado del cruce de estas variables, el espesor mínimo es de 0.93 mm para los perfiles PGC 89 x 41. Además, Se seleccionó la carga de granizo de 147 kg/m^2 por un criterio de seguridad conservadora, ya que es el valor superior inmediato que garantiza

que la estructura soporte el granizo normado de la NEC sin exceder los límites de pandeo del perfil.

Figura 3-1: Extracto de la Tabla E3-1 para la verificación de espesores mínimos de studs bajo carga de granizo y viento.

Velocidad del viento [km/hr]		Designación del perfil	Espacio entre Studs [mm]	Espesor mínimo del Stud [mm]											
Exp. B	Exp. C			2,4 m				2,7 m				3,05 m			
				Carga de granizo en el suelo [kg/m ²]											
		98	147	244	342	98	147	244	342	98	147	244	342		
209,2	185	89x41	407	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	
			610	0,93	0,93	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,50
		140x41	407	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93
			610	0,93	0,93	0,93	1,20	0,93	0,93	0,93	1,20	0,93	0,93	1,20	1,20

Fuente: (Construsec, 2024).

3.4.3 Longitud Admisible de Dintel - Caja (Header-box)

Basándonos en la Tabla E7-1 del Manual Construsec (Construsec, 2024), la apertura de vanos (puertas y ventanas) en los paneles, se determinó la longitud admisible de los dinteles para que posean la rigidez necesaria para la transmisión de cargas gravitacionales del techo hacia los montantes laterales al vano. Con los datos del ancho de la edificación (6 m) y la carga de granizo, la longitud admisible del dintel es de 1.3 m y con esto se seleccionó un perfil PGC 89 x 41 x 13 x 1.20. Este perfil funciona para la estructuración de los módulos ya que la abertura de los vanos es de 0.9 m.

Figura 3-2: Extracto de la Tabla E7-1 para la verificación de la longitud mínima de dintel-caja (header-box).

Designación del perfil	97,6 kg/m ² Carga de nieve en el suelo					146,5 kg/m ² Carga de nieve en el suelo				
	Ancho de la edificación [m]					Ancho de la edificación [m]				
	7,3	8,5	9,8	11	12,2	7,3	8,5	9,8	11	12,2
PGC-89x41x0,93	1,0	0,8	0,7	-	-	0,8	0,7	-	-	-
PGC-89x41x1,20	1,3	1,1	1,0	0,9	0,8	1,1	1,0	0,9	0,8	0,7

Fuente: (Construsec, 2024).

3.4.4 Configuración de Refuerzo de Vanos

Los paneles con puertas y ventanas tienen una abertura de 0.9 m, se necesita una cantidad específica refuerzos verticales (elementos Jack y King) para lograr que las reacciones del dintel sean transferidas hacia la cimentación. Al encontrarse los vanos dentro del rango de aberturas hasta 1 metro y con un espaciamiento de 610 mm, así la Tabla E7-71 establece como mínimo la colocación de 1 Jack y 1 King en cada extremo (Construsec, 2024). De esta forma garantizamos la estabilidad del vano sin necesidad de otros refuerzos adicionales, optimizando el uso del material.

Figura 3-3: Extracto de la Tabla E7-71 para elementos Jack y King requeridos en cada extremo de una abertura.

Tamaño de apertura [m]	Espaciamiento		Espaciamiento	
	610 mm		407 mm	
	No. De Jack	No. De King	No. De Jack	No. De King
Hasta 1	1	1	1	1

Fuente: (Construsec, 2024).

La propuesta estructural garantiza la validez y seguridad de las tablas de selección de perfiles se encuentran validadas con las disposiciones de la NEC-SE-AC y los estándares internacionales AISI S100.

Finalmente, se reconoce y cumple con la restricción y limitaciones del manual, la cual estipula que cualquier condición de carga o geometría que supere los límites establecidos en esta tabla requerirá de un diseño estructural específico realizado por un ingeniero profesional.

3.5 Modelado

El sistema estructural propuesto fue modelado mediante un modelo tridimensional utilizando el software SAP2000, con el objetivo de representar el comportamiento global del módulo frente a las acciones gravitacionales y laterales consideradas en el diseño.

La geometría del modelo corresponde al módulo base de 6.00 m × 8.40 m, estructurado mediante paneles portantes de acero conformado en frío. Dado que la variación entre las

tipologías habitacional y social se limita a la disposición de paneles no estructurales, se consideró únicamente el caso más desfavorable para el análisis, correspondiente al módulo con mayor número de aberturas. Los elementos estructurales fueron idealizados mediante elementos tipo *frame*, representando los perfiles que conforman montantes, soleras, vigas de cubierta y dinteles.

3.5.1 Propiedades de Materiales y Criterios de Diseño

El material estructural fue definido como acero conformado en frío, considerando propiedades mecánicas correspondientes a un acero de grado estructural. Se adoptaron las siguientes propiedades:

- Módulo de elasticidad: $E = 2.07 \times 10^{10} \text{ kgf/m}^2$
- Módulo de corte: $G = 7.98 \times 10^9 \text{ kgf/m}^2$
- Coeficiente de Poisson: $\nu = 0.3$
- Límite de fluencia: $F_y = 250 \text{ MPa}$

El diseño de los elementos se realizó bajo criterios tipo LRFD, adoptando factores de reducción y parámetros de diseño conforme a especificaciones para acero conformado en frío.

Tabla 3-2: Parámetros de Diseño Estructural Adoptados Según AISI-LRFD

Parámetro	Valor adoptado
Norma de diseño	AISI-LRFD (AISI-LRFD96)
Tipo de sistema estructural	<i>Braced Frame</i>
Límite Demanda/Capacidad	1.00
ϕ flexión (sección rigidizada)	0.95
ϕ flexión (sección no rigidizada)	0.90
ϕ flexión por pandeo lateral torsional (LTB)	0.90
ϕ corte (sección esbelta)	0.90
ϕ corte (sección no esbelta)	1.00
ϕ tracción axial	0.95

ϕ compresión axial	0.85
---	------

Fuente: (Cordero & Llivicura, 2026).

3.5.2 Idealización estructural del sistema

El modelo estructural se construyó considerando el comportamiento real de cada elemento dentro del sistema:

- Montantes (*studs*) y soleras: fueron idealizados como elementos predominantemente axiales, mediante la liberación de momentos en sus extremos.
- Vigas de cubierta y dinteles: fueron modeladas como elementos resistentes a flexión, sin liberaciones, permitiendo la transmisión de momentos.
- Flejes de arriostramiento: fueron modelados como elementos únicamente a tracción, encargados de proporcionar rigidez lateral al sistema.

Adicionalmente, se considera que la interacción real entre los paneles, especialmente debido a la presencia de placas de fibrocemento y cerramientos multicapa, aporta una rigidez adicional que no es modelada explícitamente, por lo que el modelo representa una condición conservadora.

3.5.3 Condiciones de apoyo y estabilidad

Las condiciones de apoyo fueron definidas con base en el comportamiento constructivo del sistema:

- Los montantes fueron considerados con base articulada, simulando la conexión real mediante anclajes.
- En las esquinas del módulo, donde se intersectan paneles en direcciones perpendiculares, se definieron elementos con comportamiento empotrado, con el fin de garantizar la estabilidad global.

Esta configuración permite representar adecuadamente el comportamiento estructural sin sobreestimar la rigidez del sistema.

3.5.4 Definición de cargas

Las cargas fueron definidas conforme a la notación establecida en la NEC-15:

- *D*: carga permanente
- *Lr*: sobrecarga de cubierta
- *S*: carga de granizo
- *W*: carga de viento
- *E*: carga sísmica

Carga muerta (D)

La carga muerta incluye el peso propio de la estructura, considerado automáticamente por el software, así como las cargas correspondientes a los elementos de cubierta. Se definió una carga distribuida de:

$$D = 12.702 \text{ kgf/m}$$

Aplicada sobre las vigas de cubierta con un ancho tributario de 0.60 m, correspondiente a:

- Panel Sándwich: 11.17 kgf/m²
- Cielo Raso: 10 kgf/m²

Sobrecarga de cubierta (Lr)

Se consideró una sobrecarga de mantenimiento conforme a la NEC de:

- $L_r = 70 \text{ kgf/m}^2$

Equivalente a una carga lineal de: 42 kgf/m.

Carga de granizo (S)

Debido a la inclinación de la cubierta, se consideró una carga de granizo de:

$$S = 50 \text{ kgf/m}^2$$

No obstante, en las combinaciones de carga se emplea el valor máximo entre sobrecarga de cubierta y granizo, siendo generalmente más desfavorable la sobrecarga de mantenimiento.

Carga de viento (W)

La carga de viento fue determinada conforme al procedimiento establecido en la NEC.

Se adoptó una velocidad base de:

$$V = 21 \text{ m/s}$$

La velocidad corregida se calculó mediante:

$$V_b = V * \sigma$$

donde:

$$\sigma = 0.91$$

La presión del viento se obtuvo mediante:

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

donde:

- $\rho = 1.25 \text{ kg/m}^3$
- $C_e = 1.63$
- $C_f = 0.8$

Figura 3-4: Coeficiente de Corrección σ (NEC 15).

Altura (m)	Sin obstrucción (Categoría A)	Obstrucción baja (Categoría B)	Zona edificada (Categoría C)
5	0.91	0.86	0.80
10	1.00	0.90	0.80
20	1.06	0.97	0.88
40	1.14	1.03	0.96
80	1.21	1.14	1.06
150	1.28	1.22	1.15

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

Figura 3-5: Determinación del factor de forma C_f

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	+2.0	
Arcos y cubiertas cilíndricas con un ángulo de inclinación que no exceda los 45°	+0.8	-0.5
Superficies inclinadas a 15° o menos	+0.3 a 0	-0.6
Superficies inclinadas entre 15° y 60°	+0.3 a +0.7	-0.6
Superficies inclinadas entre 60° y la vertical	+0.8	-0.6

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

Tabla 3-3: Determinación del Coeficiente de entorno/altura CeC_eCe

Entorno del edificio	3 m	5 m	10 m	20 m	30 m	50 m
Centro de grandes ciudades	1.63	1.63	1.63	1.63	1.68	2.15
Zonas urbanas	1.63	1.63	1.63	1.96	2.32	2.82
Zonas rurales	1.63	1.63	1.89	2.42	2.75	3.20
Terreno abierto con obstáculos	1.64	1.93	2.35	2.81	3.09	3.47

Fuente: (Caguano Torres, 2017)

Se obtuvo una presión de:

$$P = 30.34 \text{ kgf/m}^2$$

Esta presión fue transformada en cargas puntuales equivalentes de:

$$21.84 \text{ kgf}$$

Aplicadas en los nodos superiores de los montantes, considerando el ancho tributario de 0.60 m y la altura del elemento.

Acción sísmica (E)

La acción sísmica fue considerada mediante el coeficiente de cortante basal C , calculado a partir de la expresión establecida en la NEC:

$$C = \frac{S_a * I}{\Phi_p * \Phi_e * R}$$

Se adoptaron los siguientes parámetros:

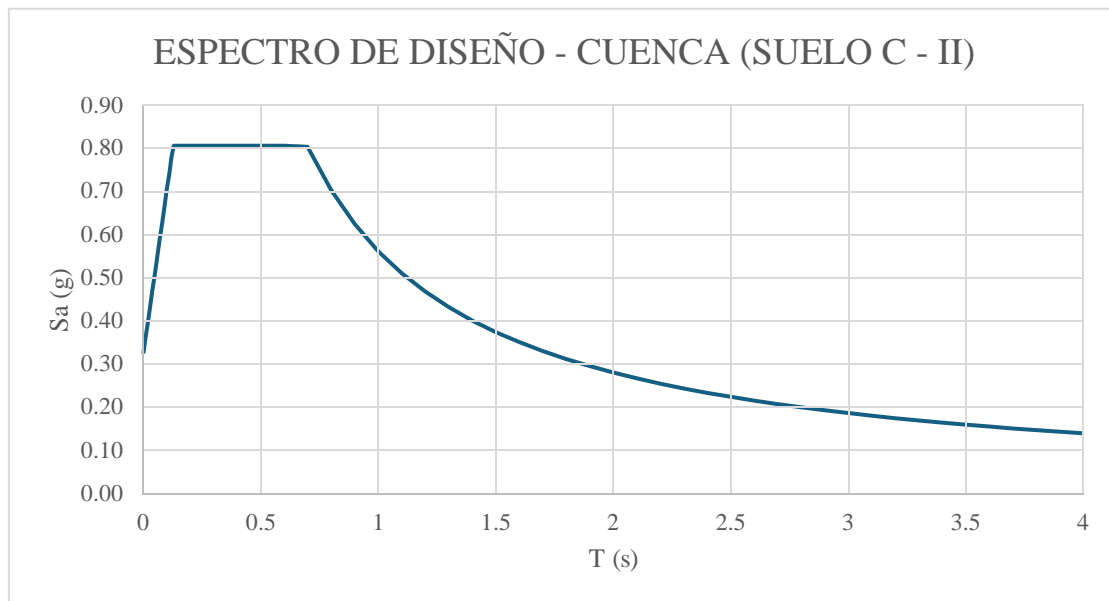
- Factor de importancia: $I = 1.0$
- Factores de irregularidad: $\Phi_p = \Phi_e = 1.0$
- Factor de reducción sísmica: $R = 4$ (Revisar anexos)

El valor de S_a fue obtenido a partir del espectro de diseño de la NEC para la ciudad de Cuenca, tomando en cuenta un periodo $T = 0.48$ s obtenido del modelamiento, y

conociendo que según Chuñir & Rodríguez (2018), el suelo predominante en cuenca es el tipo C, considerando:

- $Z = 0.25$
- *Tipo de suelo: C*
- $\eta = 2.48$
- $r = 1$
- $F_a = 1.3$
- $F_d = 1.5$
- $F_s = 1.1$
- $T = 0.48$

Tabla 3-4: Espectro de Diseño Sísmico para la Zona de Estudio



Fuente: (Cordero & Llivicura, 2026).

A partir de estos valores, con $S_a = 0.81 g$, se obtuvo:

$$C = 0.2025$$

Combinaciones de carga

Las combinaciones de carga fueron definidas conforme a la NEC para diseño por resistencia última, considerando los siguientes casos:

Figura 3-6: Combinaciones de Carga

Combinación 1

1.4 D

Combinación 2

1.2 D + 1.6 L + 0.5max[L_r ; S ; R]

Combinación 3*

1.2 D + 1.6 max[L_r ; S ; R] + max[L ; 0.5W]

Combinación 4*

1.2 D + 1.0 W + L + 0.5 max[L_r ; S ; R]

Combinación 5*

1.2 D + 1.0 E + L + 0.2 S

Combinación 6

0.9 D + 1.0 W

Combinación 7

0.9 D + 1.0 E

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

Consideraciones de modelado

Se incorporaron criterios adicionales para representar adecuadamente el comportamiento estructural:

- La fuente de masa sísmica considera la carga muerta total de la estructura y de la cubierta.
- Se definieron longitudes de pandeo efectivas:
 - o cubierta: 0.2
 - o montantes: 0.5
- Se consideró la interacción con el sistema de cubierta mediante la condición de elementos conectados al *deck*.

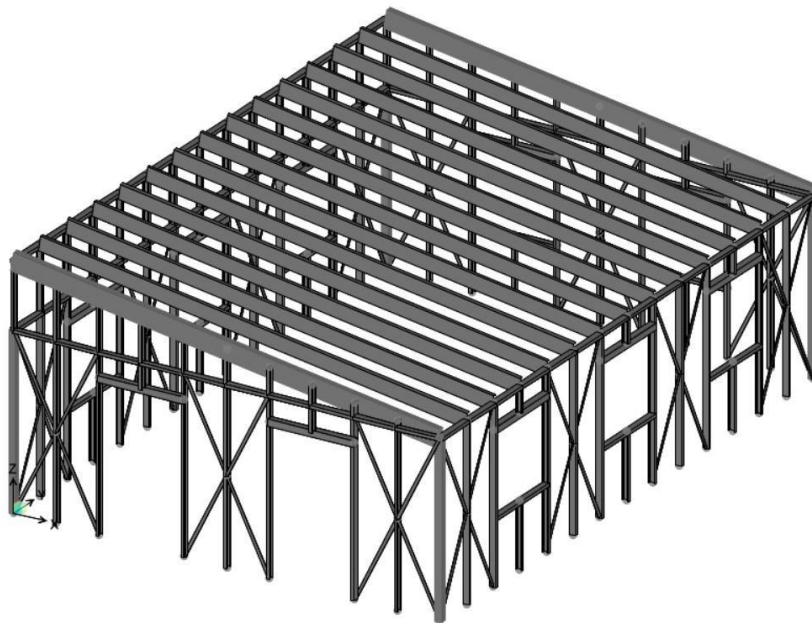
3.6 Resultados del Modelado Estructural

A continuación, se detallan las diferentes vistas del módulo.

3.6.1 Vista Isométrica

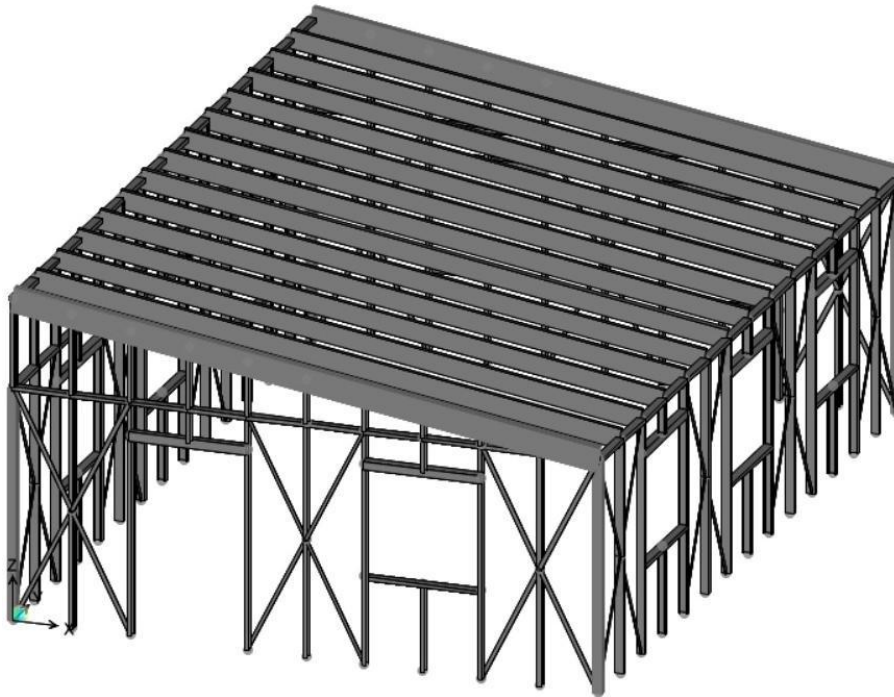
Se observa la interacción de paneles montantes y el sistema de cubierta, así como la aplicación del principio de “*In-line framing*”, donde los elementos de la cubierta bajan directamente sobre los montantes de los perfiles. También se evidencia que el modelo se comporta como una unidad monolítica.

Figura 3-7: Vista isométrica del modelo estructural en SAP2000 con perfiles extruidos. Módulo Comercial / Comunal.



Fuente: (Cordero & Llivicura, 2026).

Figura 3-8: Vista isométrica del modelo estructural en SAP2000 con perfiles extruidos. Módulo Habitacional.

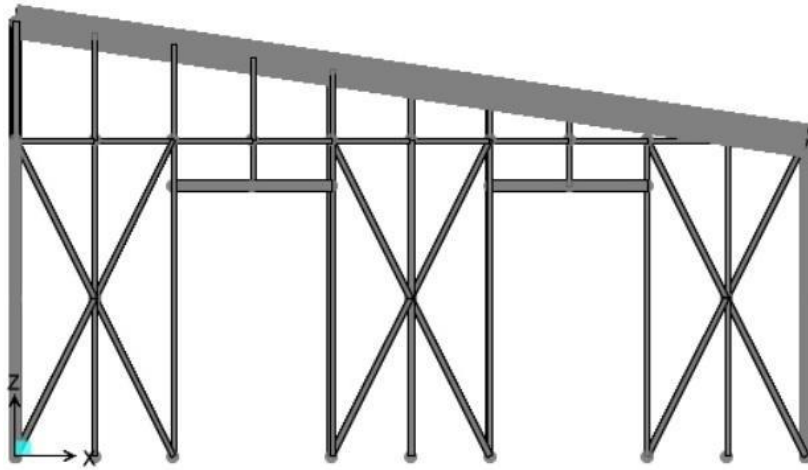


Fuente: (Cordero & Llivicura, 2026).

3.6.2 Vista Elevación

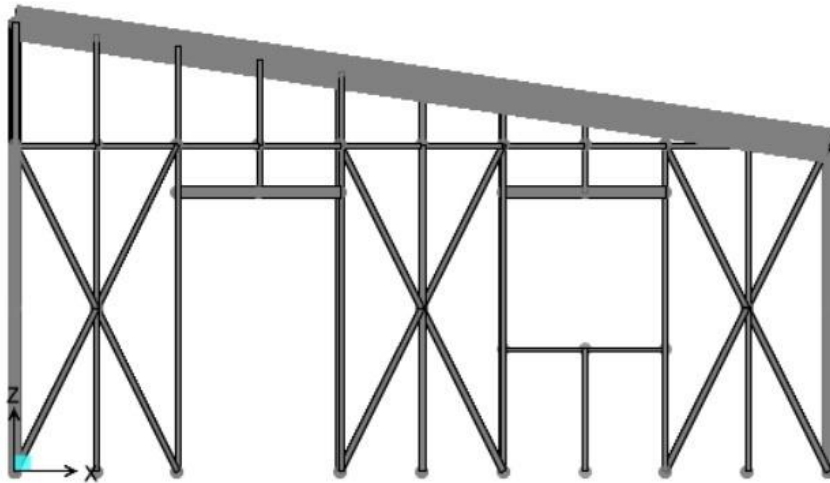
Se visualiza la configuración de los marcos, incluyendo los dinteles sobre los vanos de puertas y ventanas. También se observa la continuidad de los paneles portantes y la inclinación de la cubierta.

Figura 3-9: Vista Frontal de la Estructura Módulo Comercial / Comunal



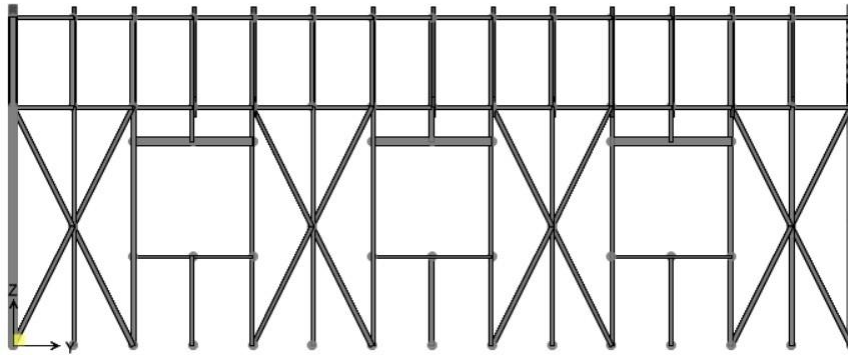
Fuente: (Cordero & Llivicura, 2026).

Figura 3-10: Vista Frontal de la Estructura Módulo Habitacional.



Fuente: (Cordero & Llivicura, 2026).

Figura 3-11: Vista Lateral Módulo Comercial / Comunal y Habitacional.



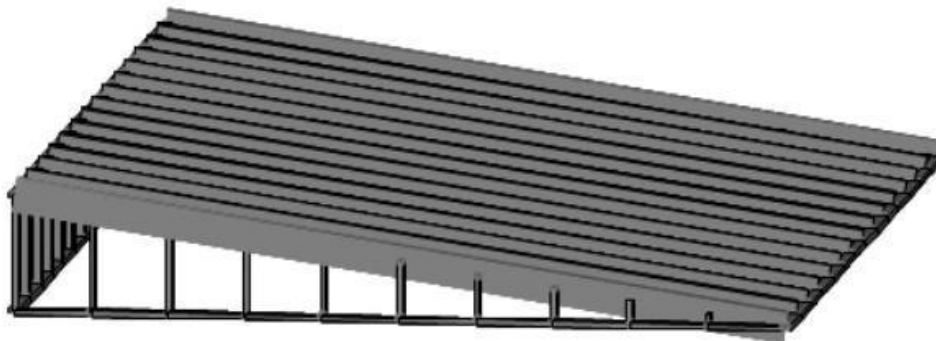
Fuente: (Cordero & Llivicura, 2026).

3.6.3 Modelado Cubierta

En el modelo se observa la configuración de una cubierta a un agua y se destaca el modelado de paneles triangulares de cierre, diseñados específicamente para resistir las presiones directas de viento.

Para asegurar la estabilidad del conjunto, se incorporaron elementos de arriostramiento en los extremos, los cuales controlan los desplazamientos laterales y garantizan una distribución uniforme hacia la estructura inferior. Finalmente, se resalta el uso de elementos diagonales que funcionan como refuerzos de rigidez, optimizando el comportamiento estructural del cerramiento superior.

Figura 3-12: Vista isométrica de cubierta con perfiles extruidos.



Fuente: (Cordero & Llivicura, 2026).

4. Capítulo: Evaluación Preliminar de Costos

Una vez realizada la evaluación estructural del sistema propuesto, mediante la cual se verificó su estabilidad global y comportamiento adecuado frente a las solicitaciones consideradas, es posible avanzar hacia una definición más precisa del diseño del módulo. Esta verificación constituye una base fundamental que permite no solo validar la viabilidad técnica de la propuesta, sino también establecer con mayor certeza los elementos constructivos que la conforman.

En este contexto, resulta pertinente incorporar un análisis preliminar de costos que permita aproximar la viabilidad económica del sistema. Si bien este análisis no corresponde a un estudio detallado de presupuesto de obra, sí proporciona una referencia global del orden de magnitud de inversión requerida, lo cual es un criterio determinante en la evaluación de cualquier solución constructiva, especialmente en proyectos orientados a vivienda social o implementación en zonas rurales.

4.1 Composición del Módulo

A partir de la definición arquitectónica y estructural que se desarrolló en los capítulos anteriores, se establecieron dos tipologías de módulo: una de uso habitacional y otra de carácter social o comercial. Ambos módulos mantienen una geometría base de 6.00 m × 8.40 m, lo que corresponde a un área de 50.40 m², variando únicamente en su distribución interior, sin afectar la configuración estructural principal.

En la Tabla 4-1 se presenta la composición general de cada módulo, incluyendo su uso, área, distribución espacial, número de paneles y los perfiles estructurales empleados, los cuales fueron definidos a partir del proceso de prediseño y verificación estructural.

Tabla 4-1: Composición general de los módulos Propuestos

Módulo	Área (m²)	Distribución Espacial	N.º Paneles	Perfiles Estructurales
Habitacional	50.4	Sala / Comedor Cocina Dormitorio 1	37	PGC 89 x 41 x 13 x 2.60 PGU 89 x 38 x 1.20

		Dormitorio 2		PGC 203 x 41 x 13 x 2.60
		Baño		Tubo 89 x 41 x 13 x 1.20
Social /	50.4	Área Social	32	PGC 89 x 41 x 13 x 2.60
Comercial		Baño		PGU 89 x 38 x 1.20
		Cuarto de		PGC 203 x 41 x 13 x 2.60
		almacenamiento		Tubo 89 x 41 x 13 x 1.20
		/ multipropósito		

Fuente: (Cordero & Llivicura, 2026).

Como se observamos, ambos módulos comparten la misma lógica estructural, basada en perfiles de acero conformado en frío, lo que permite estandarizar el sistema constructivo independientemente del uso final del módulo. Esta característica refuerza el concepto de modularidad planteado en el proyecto, donde la estructura no depende de la distribución interior.

Adicionalmente, a partir del modelamiento estructural y la cuantificación de materiales, se determinó el peso total de acero requerido para cada módulo, obteniéndose aproximadamente 1847.05 kg para el módulo habitacional y 1710.97 kg para el módulo social, lo que confirma el carácter liviano del sistema.

4.2 Composición de Paneles

Con base en la configuración estructural definida previamente, se realizó la cuantificación de los perfiles de acero para cada módulo, considerando los elementos principales que conforman el sistema, tales como montantes, soleras, vigas y elementos de arriostramiento. Esta cuantificación permitió establecer el consumo de material y su correspondiente incidencia en el costo, evidenciando que la mayor participación corresponde a los perfiles tipo PGC 89x41x13x2.60, utilizados como montantes principales. Por su parte, los perfiles de mayor sección, como los PGC 203x41x13x2.60, mantienen una cantidad constante al estar asociados a la estructura de cubierta, la cual no varía entre tipologías.

No obstante, más allá del análisis por tipo de perfil, resulta más representativo evaluar el sistema a nivel de paneles, ya que estos constituyen la unidad constructiva básica del

módulo. En este sentido, se presenta una caracterización de los paneles que conforman el módulo, considerando su tipología, cantidad y peso individual, tal como se muestra en la Tabla 4-2.

Tabla 4-2: Composición y Peso de Paneles – Módulos propuestos.

Tipo de Panel	Cantidad	Cantidad Social /	Peso por Panel (kg)
	Habitacional	Comunal	
Ciego Exterior	14	14	31.00
Panel con Puerta Exterior	1	2	42.42
Panel con Ventana Exterior	9	8	47.77
Ciego Interior	6	3	29.50
Medio Interior	6	3	20.86
Puerta Interior	1	2	23.90

Fuente: (Cordero & Llivicura, 2026).

A partir de los resultados presentados, se evidencia que los paneles estructurales poseen un peso reducido, con valores que oscilan aproximadamente entre 20 kg y 48 kg por unidad, dependiendo de su configuración y presencia de vanos. Esta característica confirma el carácter liviano del sistema constructivo propuesto, lo cual constituye una de sus principales ventajas frente a sistemas tradicionales.

El bajo peso de los paneles permite su manipulación manual sin necesidad de equipos especializados, facilitando tanto el proceso de montaje como su transporte. En este sentido, los elementos pueden ser movilizadas en vehículos convencionales, sin requerir maquinaria pesada ni condiciones logísticas complejas, lo cual resulta especialmente relevante para su implementación en zonas rurales o de difícil acceso.

Adicionalmente, el hecho de trabajar con paneles prefabricados y de dimensiones modulares contribuye a optimizar los tiempos de construcción y reducir la dependencia de mano de obra altamente especializada, consolidando al sistema como una alternativa constructiva eficiente, adaptable y de fácil ejecución.

4.3 Estimación Preliminar de Costos

A partir de la cuantificación de materiales desarrollada previamente, se realizó una estimación del costo del sistema constructivo propuesto para ambas tipologías de módulo. Este análisis considera exclusivamente el valor de los materiales necesarios para la ejecución del sistema, incluyendo la estructura metálica, los cerramientos multicapa y la cubierta mediante paneles tipo sándwich, tomando como referencia precios de proveedores locales, con el fin de obtener un resultado representativo del contexto real de aplicación.

En las Tabla 4-3 y Tabla 4-4 se presentan los costos detallados para los módulos habitacional y social, respectivamente, donde se evidencia la participación de cada componente dentro del costo total del sistema.

Tabla 4-3: Costo de Materiales – Módulo Habitacional

Componente	Unidad	Cantidad	Precio unitario (\$)	Costo parcial (\$)
Estructura metálica				
Perfil PGC 89x41x13x2.60 (montantes)	kg	1.065.636	2.26	2408.34
Perfil PGU 89x38x1.20 (soleras)	kg	180.588	2.26	408.13
Fleje de arriostramiento 40x0.89	kg	210.112	2.26	47.49
Tubo estructural 89x41x13x1.20 (elementos compuestos)	kg	40.8	2.26	92.21
Perfil PGC 203x41x13x2.60 (vigas de cubierta)	kg	539.016	2.26	1218.18
Subtotal estructura				4174.34

Sistema de cerramiento multicapa				
Aislante térmico (lana de vidrio 89 mm)	m ²	66.079	15.50	1024.22
Membrana hidrófuga y cortaviento	m ²	66.079	1.33	87.89
Placa de yeso laminado (interior)	m ²	119.989	4.36	523.15
Placa de fibrocemento (exterior)	m ²	66.079	9.58	633.04
Sistema de cubierta				
Panel sándwich tipo teja (cubierta)	m ²	50.988	62.44	3183.69
Costo total				13,800.66

Fuente: (Cordero & Llivicura, 2026).

Tabla 4-4: Estimación de Costos de Materiales – Módulo Social / Comercia

Componente	Unidad	Cantidad	Precio unitario (\$)	Costo parcial (\$)
Estructura metálica				
Perfil PGC 89x41x13x2.60 (montantes)	kg	951.012	2.26	2149.29
Perfil PGU 89x38x1.20 (soleras)	kg	162.708	2.26	367.72
Fleje de arriostamiento 40x0.89	kg	210.112	2.26	47.49

Tubo estructural 89x41x13x1.20 (elementos compuestos)	kg	40.8	2.26	92.21
Perfil PGC 203x41x13x2.60 (vigas de cubierta)	kg	539.016	2.26	1218.18
Subtotal estructura				3874.88
Sistema de cerramiento multicapa				
Aislante térmico (lana de vidrio 89 mm)	m ²	66.079	15.50	1024.22
Membrana hidrófuga y cortaviento	m ²	66.079	1.33	87.89
Placa de yeso laminado (interior)	m ²	119.989	4.36	523.15
Placa de fibrocemento (exterior)	m ²	66.079	9.58	633.04
Sistema de cubierta				
Panel sándwich tipo teja (cubierta)	m ²	50.988	62.44	3183.69
Costo total del módulo social / comercial				13,201.74

Fuente: (Cordero & Llivicura, 2026).

A partir de los resultados obtenidos, se determinó un costo total de \$13,800.66 para el módulo habitacional y de \$13,201.74 para el módulo social. Considerando que ambos módulos presentan un área de 50.40 m², se obtiene un costo unitario aproximado de:

$$\text{Módulo Habitacional} = \frac{13800.66}{50.4} = 273.82 \$/m^2$$

$$\text{Módulo Social} = \frac{13201.74}{50.4} = 261.94 \$/m^2$$

Estos valores corresponden a un costo referencial del sistema en condición de obra gris, permitiendo establecer una comparación directa con sistemas constructivos tradicionales. En este sentido, de acuerdo con referencias de la Cámara de la Construcción de Cuenca, el costo de ejecución de vivienda en obra gris se sitúa en torno a los \$300/m², lo que evidencia que el sistema modular propuesto presenta una alternativa competitiva en términos económicos.

Adicionalmente, más allá del costo directo de los materiales, el sistema propuesto incorpora ventajas significativas relacionadas con su proceso constructivo. Entre estas se destacan la reducción de tiempos de ejecución, el control de calidad asociado a la prefabricación de elementos, y la facilidad de transporte e instalación debido al bajo peso de sus componentes. Estas características refuerzan la viabilidad del sistema no solo desde un punto de vista económico, sino también operativo, posicionándolo como una solución eficiente frente a métodos tradicionales de construcción.

Conclusiones y Recomendaciones

Como conclusiones en primera instancia, el análisis realizado permite ratificar que el sistema Steel Framing se consolida como una solución estructural de alta eficiencia para el contexto nacional. Debido a su baja relación peso/resistencia, la edificación garantiza un comportamiento dinámico coherente, optimizando la estabilidad global ante solicitaciones sísmicas conforme a los espectros de diseño vigentes. Esta reducción de la masa sísmica se traduce directamente en menores fuerzas cortantes basales en comparación con los sistemas tradicionales de hormigón armado, lo que aumenta la seguridad estructural del proyecto.

En relación con el proceso de planteamiento y prediseño estructural, basado en las guías y tablas de diseño de Construsec, se determinó que los perfiles seleccionados presentan un comportamiento adecuado bajo las condiciones límite y parámetros establecidos para el sistema propuesto. Los elementos verifican satisfactoriamente las cargas mínimas aplicables según su función y ubicación dentro de la estructura. Adicionalmente, dichas tablas constituyeron una herramienta útil para el predimensionamiento de la cubierta, permitiendo obtener una configuración estructural funcional aun cuando la pendiente adoptada no se encontraba contemplada directamente dentro de los casos normados.

En cuanto a la configuración espacial, se concluye que la independencia del sistema estructural respecto a la tabiquería interior potencia la flexibilidad arquitectónica. Al no depender de mampostería portante, el diseño permite adaptaciones funcionales versátiles sin comprometer la integridad de la estructura primaria, resolviendo de manera técnica las interfaces críticas entre los perfiles de acero galvanizado y los paneles de cierre.

Desde una perspectiva técnica y financiera, la viabilidad del sistema es evidente tanto en entornos urbanos como rurales. Su facilidad de ensamblaje manual prescinde de maquinaria pesada, lo que lo vuelve ideal para zonas de difícil acceso. Al analizar los costos, se determinó que el uso de perfiles estructurales representa aproximadamente el 30% de la inversión en rubros de estructura, permitiendo una optimización económica significativa frente a los métodos convencionales, reduciendo no solo el costo por metro cuadrado, sino también los tiempos de ejecución y costos indirectos de obra.

Finalmente, se concluye que el sistema analizado presenta una ventaja competitiva superior en términos de sostenibilidad ambiental y gestión de residuos de construcción.

A diferencia de los sistemas húmedos tradicionales que generan un volumen considerable de escombros no recuperables, el *Steel Framing* permite una construcción en seco donde los excedentes de acero galvanizado son 100% reciclables y reutilizables en otros procesos industriales. Esta característica no solo minimiza el impacto ambiental en el sitio de obra, sino que optimiza el aprovechamiento de recursos al permitir un control preciso del material desde la etapa de diseño y despiece, alineándose con las tendencias globales de construcción circular y reducción de la huella de carbono en la infraestructura habitacional. Además, permite la expansión mediante la unión de módulos, siempre que se realice el análisis estructural previo.

Con respecto a las recomendaciones el modelado y análisis estructural integral debe abordarse mediante un análisis computacional avanzado que supere el modelo idealizado de barras. Para ello, es necesario integrar el diseño sismo-resistente de la cimentación junto con la modelación explícita de anclajes y conexiones estructurales. Asimismo, resulta fundamental considerar el comportamiento de la placa rígida y la interacción suelo-estructura, con el propósito de obtener una respuesta dinámica global del sistema. Este enfoque permitirá identificar posibles reservas de capacidad en los perfiles estructurales que no han sido aprovechadas, facilitando así una optimización técnica de las secciones transversales sin comprometer los factores de seguridad establecidos por la NEC.

En cuanto a la coordinación y revisión arquitectónica-constructiva, se recomienda desarrollar una revisión exhaustiva de las ingenierías en conjunto con el diseño arquitectónico, prestando especial atención al detalle de los nudos constructivos. Es indispensable que los planos arquitectónicos incluyan de manera clara las tolerancias de montaje y los encuentros entre sistemas secos y húmedos. De esta forma, se garantizará que la modulación de los perfiles estructurales coincida adecuadamente con los vanos destinados a carpinterías y acabados, evitando errores durante la fase de ejecución y asegurando la correcta estanqueidad de la envolvente del proyecto.

Por otra parte, se propone incorporar un criterio de diseño evolutivo y modular que permita futuras expansiones de la edificación. Esto puede lograrse mediante la implementación de módulos conectables y reemplazables, así como el diseño de conexiones principales concebidas como nodos desarmables o ampliables. De esta manera, la estructura adquiere una capacidad de crecimiento orgánico, permitiendo que

el proyecto evolucione de acuerdo con las necesidades futuras del usuario. Además, esta estrategia facilita la incorporación de nuevos módulos estructurales que puedan integrarse de forma segura y eficiente al esquema de cargas original.

Referencias Bibliográficas

Acimco. (2024). *Membrana Hidrófuga*. Obtenido de Acimco - Sistemas Constructivos: <https://www.acimco.com/product/membrana-hidrofuga/>

Aislantes S.A. (2024). *Lana de vidrio 89mm*. Obtenido de Aislantes.ec: <https://aislantes.ec/lana-de-vidrio-89mm/>

AislaPol. (s.f.). Obtenido de Sistemas y productos: <https://aislapol.com/sistemas-productos/>

al., F.-J. e. (2023). Reinterpretando el papel de la movilidad en las zonas periurbanas: Un análisis multiescala en Cuenca - Ecuador. *Revista de Geografía Norte Grande*, 271-292.

American Iron and Steel Institute. (2016). *S100-16: North American Specification for the Design of Cold-Formed Steel Structural Members*. Washington, DC: American Iron and Steel Institute.

Barragán Ibarra, I. A., & Reinoso Calugullín, L. V. (2017). *Análisis Estructural y Reforzamiento del Galpón NY "Casa Mata"...* Quito, Ecuador.: Escuela Politécnica Nacional.

Caguano Torres, P. G. (2017). *Alternativas de diseño sísmoresistente para "El Proyecto de Edificación Caguano Torres"*. Quito, Ecuador.: Universidad Politécnica Salesiana.

Chuñir Bueno, B. A., & Rodríguez Cedillo, F. A. (2018). *Propuesta de un sistema técnico de vivienda mínima modular prefabricada*. Cuenca, Ecuador: Universidad del Azuay.

- Comercial Kywi S.A. (s.f.). *Placa de Yeso*. Obtenido de Kywi.com.ec:
<https://www.kywi.com.ec/placa-yeso-regular-122x244x1-27cm/p>
- Construsec. (2024). *Tablas de Diseño: Sistema Steel Framing*. Quito, Ecuador.:
Soluciones Integrales para la Construcción - Construsec.
- ConsulSteel. (2018). *Manual de Procedimiento: Construcción con Acero Liviano*.
Buenos Aires, Argentina: ConsulSteel.
- Fallas Acuña, M. S. (2015). *El contenedor: módulo de alojamiento en la Sede del Catie, Turrialba, Costa Rica*. San José, Costa Rica: Universidad de Costa Rica.
- Flores-Juca, E., Chica Carmona, J., Mora-Arias, E., & García Navarro, J. (2023). Reinterpretando el papel de la movilidad en las zonas periurbanas: Un análisis multiescala en Cuenca - Ecuador. *Revista de Geografía Norte Grande*, 271-292.
- Hermo, V. (2023). *España Patente nº ES2924439 B2*.
- Intaco Ecuador. (s.f.). *Enlumar Mortero para Enlucido*. Obtenido de Disensa - Holcim:
<https://disensa.com.ec/producto/enlumar-capa-gruesa-80-40kg-intaco/>
- Jaramillo Guayllas, C. M., & Vázquez García, F. P. (2022). Obtenido de Repositorio Universidad del Azuay: <https://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/12254>
- MIDUVI. (2018). *Norma Técnica de Diseño de Vivienda de Interés Social*. Quito, Ecuador: Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda.
- Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. (2015). *Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-SE-AC: Estructuras de Acero*. Quito, Ecuador: MIDUVI.
- Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. (2018). *Norma Técnica de Diseño de Vivienda de Interés Social*. Quito, Ecuador: MIDUVI.
- Ministerio de Transporte y Obras Públicas. (2013). *NEVI-12-MTOP: Norma de Ensayo de Materiales v. 2013*. Quito, Ecuador: MTOP.
- Morales Sánchez, R. C., & Yupanqui Zambrano, S. S. (2025). *Análisis comparativo de costos y tiempo de construcción... elementos modulares reciclados contenedores*. La Libertad, Ecuador.: Universidad Estatal Península de Santa Elena.

- Morales, K., Pacheco, G., & Viera, P. (2021). Accidentalidad laboral en el sector de la construcción: Ecuador, periodo 2016-2019. *Revista Ingenio*, 1-12.
- NEC-SE-AC. (2015). *Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-SE-AC: Estructuras de Acero*. Quito, Ecuador: Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda.
- NEC-SE-CG. (2015). *NEC-SE-CG Cargas (No Sísmicas)*. Quito, Ecuador: Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda / Cámara de la Industria de la Construcción (CAMICON).
- Parra Ycaza, J. A. (2025). *Repositorio Universidad Politécnica Salesiana*. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/30882/1/UPS-GT006501.pdf>
- Peralta Albuja, M. D., & Tapia Sánchez, V. L. (2024). *Análisis comparativo del sistema constructivo steel framing frente a métodos tradicionales como el hormigón armado en la ciudad de Tena*. Quito: Universidad Politécnica Salesiana.
- Portilla, D. (3 de Octubre de 2010). *Cité A Docks / Cattani Architects*. Obtenido de ArchDaily en Español: <https://www.archdaily.cl/cl/02-55887/cite-a-docks-cattani-architects>
- Quezada Ochoa, C. A. (2021). *Repositorio Universidad del Azuay*. Obtenido de Comparación de tres alternativas de módulos para... [Trabajo de graduación, Universidad del Azuay].: <https://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/10596>
- Salas Navarro, A., & Hernández Hernández, A. (2021). Análisis comparativo entre el método estático equivalente y el método de análisis modal. *Revista de Arquitectura e Ingeniería*, 1-15.
- Sarmanho, A. M., & Munaiar Neto, J. (2021). *Steel Framing: Arquitetura e Engenharia*. Río de Janeiro, Brasil: Elsevier.
- Serrano Richart, L. (2019). *Diseño de módulo prefabricado de uso múltiple para casos de emergencia*. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.
- Yu, W.-W., LaBoube, R. A., & Chen, H. (2020). *Cold-Formed Steel Design*. Hoboken: John Wiley & Sons.