

**UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA SEDE VIÑA DEL MAR - JOSÉ
MIGUEL CARRERA**

**ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD TÉCNICA ECONÓMICA EN ECO-
CONJUNTOS HABITACIONALES EN CASABLANCA**

Trabajo de Titulación para optar al
Título Profesional de INGENIERO
CONSTRUCTOR LICENCIADO EN
INGENIERÍA

Alumno:

Nicolas Arriagada Aguilera

Profesor Guía:

Ing. Renzo Piazze Rubio



CONSTANCIA DE VALIDACIÓN Y CONFIDENCIALIDAD DE MONOGRAFÍA A REPOSITORIO ACADÉMICO

1.- IDENTIFICACIÓN DEL TRABAJO ACADÉMICO

Tipo de monografía (marcar una opción): ☒ Memoria o trabajo de título; ☐ Tesis de Postgrado;

Título del trabajo: ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD TÉCNICA ECONÓMICA EN ECO-CONJUNTOS HABITACIONALES EN CASABLANCA

Nombre del candidato(a): Nicolas Felipe Arriagada Aguilera

Carrera / Grado: Ingeniería en construcción con Licenciatura en ingeniería

Campus: Sede viña del mar ; **Departamento:** Construcción

2.- VALIDACIÓN DEL PROFESOR GUÍA/DIRECTOR DE TESIS

Yo, Renzo Piazza Rubio, en mi calidad de profesor(a) guía/director(a) del trabajo académico mencionado anteriormente **DEJO CONSTANCIA** que:

- He revisado esta versión del documento y corresponde a la versión final aprobada del trabajo.
- El trabajo cumple con los requisitos académicos y de formato establecidos por la institución

3.- EVALUACIÓN DE CONFIDENCIALIDAD POR PROPIEDAD INDUSTRIAL

☒ El trabajo **NO contiene información que amerite confidencialidad** y puede ser publicado de inmediato en repositorio con acceso abierto.

☐ El trabajo **CONTIENE** información con potenciales implicancias de propiedad industrial o intelectual y requiere un periodo de confidencialidad (embargo) por:

☐ 6 meses; ☐ 12 meses; ☐ 2 años; ☐ 3 años; ☐ 5 años; ☐ 10

años Fundamentación de la necesidad de confidencialidad (obligatorio si se solicita

embargo):

4.- FIRMAS

Profesor(a) guía o director(a) de memoria o tesis:

Fecha: 22-01-26; **Firma:** 

Estudiante o Candidato(a):

Fecha: 22-01-26; **Firma:** 

Este formulario debe ser insertado como página 2 de la memoria o tesis, completado y firmado por estudiante y profesor(a) antes de la entrega en portal PRISMA de Biblioteca USM.

Dedicatoria

A mi familia y a mi novia, por ser el pilar fundamental de apoyo, amor y contención en cada etapa de este camino. Su confianza incondicional fue la fuerza que me permitió seguir adelante incluso en los momentos de mayor cansancio y duda.

A los amigos que fui encontrando a lo largo de este proceso, quienes con el tiempo dejaron de ser solo compañeros de estudio para convertirse en verdaderos amigos. Hoy, al cerrar esta etapa, sé que también podré llamarlos colegas, con orgullo y cariño.

A cada persona que, con un consejo, una palabra de aliento o un pequeño gesto, aportó su granito de arena para que este trabajo pudiera concretarse.

Y de manera especial, a los profesores, cuyo rol fue fundamental no solo en la transmisión de conocimientos, sino también en la formación de valores, compromiso y vocación profesional, motivándome constantemente a ser mejor y a creer en mis capacidades.

RESUMEN

Palabras clave: Eco-conjunto habitacional, construcción sustentable, paneles SIP, evaluación económica, financiamiento crediticio.

El presente trabajo desarrolla un estudio de prefactibilidad técnica y económica para la implementación de un eco-conjunto habitacional sustentable, compuesto por 17 viviendas unifamiliares, ubicado en la comuna de Casablanca, Región de Valparaíso. El proyecto surge como respuesta a la necesidad de soluciones habitacionales que integren criterios de sustentabilidad ambiental, eficiencia energética y viabilidad económica, considerando el contexto territorial, climático y normativo vigente en Chile.

La propuesta se basa en la utilización de un sistema constructivo industrializado mediante paneles SIP (Structural Insulated Panels), el cual permite optimizar los tiempos de ejecución, mejorar el desempeño térmico de las viviendas y reducir el impacto ambiental asociado al proceso constructivo. El diseño del conjunto incorpora, además, áreas comunes y criterios de planificación orientados a la calidad de vida de los futuros habitantes.

Metodológicamente, el estudio aborda el análisis del mercado y la definición del servicio habitacional propuesto, seguido del desarrollo del diseño técnico del proyecto, que incluye el lay out general del conjunto, el lay out de la vivienda tipo, la descripción del proceso constructivo, la selección de equipos y la definición de la estructura organizacional requerida para la ejecución de la obra. Asimismo, se identifican y cuantifican las inversiones necesarias, considerando activos fijos, puesta en marcha y capital de trabajo, junto con la determinación de la estructura de costos del proyecto.

La evaluación económica se realiza mediante la elaboración de flujos de caja proyectados para un horizonte de tres años, período que contempla la construcción de las viviendas y su posterior venta. Se analizan distintos escenarios de financiamiento, incluyendo un flujo sin financiamiento y flujos con 25 %, 50 % y 75 % de financiamiento crediticio. La rentabilidad del proyecto se evalúa a través de los indicadores Valor Actual Neto (VAN), Tasa Interna de Retorno (TIR) y Período de Recuperación de la Inversión (PRI), utilizando una tasa de descuento del 20 %. Los resultados obtenidos indican que el proyecto no resulta viable bajo escenarios de bajo nivel de endeudamiento; sin embargo, alcanza viabilidad económica bajo el escenario de 75 % de financiamiento crediticio, donde se obtienen indicadores financieros favorables. Finalmente, se concluye que el eco-conjunto habitacional propuesto constituye una alternativa técnica y económicamente viable bajo una adecuada estructura de financiamiento, alineada con los principios del desarrollo sustentable y con potencial de replicabilidad en proyectos similares.

Contenido

ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS	7
SIGLAS	8
INTRODUCCIÓN	9
1. CAPÍTULO 1: EVALUACIÓN DE COMERCIALIZACIÓN	10
1.1. OBJETIVOS DEL PROYECTO	11
1.2. CONTEXTO Y JUSTIFICACION DEL PROYECTO	12
1.3. PRESENTACION CUALITATIVA DEL SECTOR INDUSTRIAL	13
1.4. FODA	13
1.5. TAMAÑO DEL PROYECTO	14
1.5.1 Inversión inicial estimada	15
1.5.2 Cobertura social y beneficiarios	15
1.5.3. Tiempo de ejecución	15
1.5.4 Impacto social	16
1.5.5 Impacto económico	16
1.5.6 Impacto territorial	16
1.6. LOCALIZACIÓN	17
1.7. SITUACIÓN SIN PROYECTO V/S CON PROYECTO	18
1.7.1 Consumo energetico	18
1.7.2 Gestión del agua	18
1.7.3 Costos de operación (OPEX)	18
1.7.4 Confort térmico y habitabilidad	18
1.7.5 Impacto ambiental	19
1.7.6 Impacto social	19
1.7.7 Impacto económico y territorial	19
1.7.8 Conclusión de situación de sin proyecto vs con proyecto	19
1.8. ESTUDIO DE MERCADO	20
1.8.1 Determinación del servicio	20
1.8.2 Área de estudio	20
1.8.3 Análisis de la demanda actual y futura	21
1.8.4 Análisis de la oferta actual y futura	21
1.8.5 Determinación del precio	22
1.8.6 Sistemas de comercialización	22
2. CAPÍTULO 2: INGENIERÍA BÁSICA Y CONCEPTUAL DEL PROYECTO	24
2.1. ESTUDIO TECNICO	25
2.1.1 Descripción y Selección de Procesos	25
2.1.2 Diagrama de bloques:	27
2.1.3 Diagrama de flujos:	28
2.1.4. Diagrama de Lay Out	29
2.1.5. Balance de Masa y Energía	31
2.1.6. Selección de Equipos	34
2.2. ASPECTOS TÉCNICOS Y LEGALES	36
2.2.1. Estructura Organizacional	36
2.2.2. Personal, cargos y perfiles	37



2.2.3.	MARCO LEGAL	42
2.2.4.	Impacto Medioambiental	43
2.3.	DISEÑO DE LA PLANTA	44
2.3.1.	Diseño del sistema de tuberías	44
2.3.2.	Diseño del sistema de potencias.....	45
2.3.3.	Diseño de obras civiles.....	46
2.4.	DOCUMENTOS DEL PROYECTO.....	47
2.4.1.	Planos generales de las instalaciones	47
2.4.2.	Especificaciones Técnicas y Bases Administrativas (EETT)	48
2.4.3.	Cotizaciones	48
2.4.4.	Cálculos obtenidos	48
2.4.5.	Informes técnicos	49
3.	CAPÍTULO 3: EVALUACION ECONÓMICA	50
3.1	ANTECEDENTES FINANCIEROS.....	51
3.2.1	Fuentes de financiamiento.....	51
3.2.2	Costo de financiamiento (tasa y amortización).....	52
3.2.3	Valor Actual Neto (VAN), Tasa Interna de Retorno (TIR) y Período de Recuperación de la Inversión (PRI).....	52
3.2.4	Tasa de descuento y horizonte del proyecto.....	53
3.2.5	INVERSIONES.....	53
3.2.5.1	Inversión en activos fijos y/o tangibles.....	54
3.2.5.2	Inversión en puesta en marcha.....	55
3.2.6	CUADRO DE REINVERSIONES	56
3.2	Flujos de caja y sensibilización	57
3.2.1	Flujo de Caja PURO.....	57
3.2.2	Análisis del Flujo de Caja con 25 % de financiamiento crediticio	58
3.2.3	Análisis del Flujo de Caja con 50 % de financiamiento crediticio	59
3.2.4	Análisis del Flujo de Caja con 75 % de financiamiento crediticio	60
3.2.5	Análisis de sensibilidad del precio de venta.....	61
4.	CONCLUSIÓN	62
5.	BIBLIOGRAFÍA	63
6.	WEBGRAFÍA	63
7.	ANEXOS	64

ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS

Tabla 1. Categorías y subcategorías de los Estándares de Construcción Sustentable (ECSV)	13
Figura 1. Distribución porcentual de las categorías de los Estándares de Construcción Sustentable.....	16
Tabla 2. Evolución de los compromisos nacionales en construcción sustentable hacia el año 2050	17
Figura 2. Diagrama de bloques del proceso del eco-conjunto habitacional sustentable	27
Figura 3. Diagrama de flujos del proceso de ejecución del proyecto	28
Figura 4. Diagrama de Lay Out general del eco-conjunto habitacional sustentable	29
Figura 5. Lay Out de la vivienda tipo construida con paneles SIP	30
Figura 6. Organigrama del equipo de gestión y ejecución del proyecto	36
Tabla 3. Cuadro de amortización del financiamiento crediticio según nivel de endeudamiento .	52
Tabla 4. Indicadores VAN, TIR y PRI del proyecto	53
Tabla 5. Inversión total en activos fijos y/o tangibles del proyecto	54
Tabla 6. Inversión en puesta en marcha del proyecto.....	55
Tabla 7. Inversión en capital de trabajo del proyecto.....	56
Figura 7. Flujo de Caja Puro del proyecto.....	57
Figura 8. Flujo de Caja con 25 % de financiamiento crediticio	58
Figura 9. Flujo de Caja con 50 % de financiamiento crediticio	59
Figura 10. Flujo de Caja con 75 % de financiamiento crediticio	60



SIGLAS

1. CAPEX: Capital Expenditure (Inversión de capital)
2. OPEX: Operational Expenditure (Costos de operación)
3. SIP: Structural Insulated Panel
4. VAN: Valor Actual Neto
5. TIR: Tasa Interna de Retorno
6. PRI: Período de Recuperación de la Inversión
7. UF: Unidad de Fomento
8. IVA: Impuesto al Valor Agregado
9. MINVU: Ministerio de Vivienda y Urbanismo
10. MMA: Ministerio del Medio Ambiente
11. SEC: Superintendencia de Electricidad y Combustibles
12. ECSV: Estándares de Construcción Sustentable para Viviendas
13. EE: Eficiencia Energética
14. CLP: Peso chileno

INTRODUCCIÓN

El desarrollo de soluciones habitacionales sustentables se ha vuelto esencial frente a los desafíos actuales del cambio climático, la demanda por viviendas de calidad y la necesidad de reducir el impacto ambiental del sector construcción. En Chile, la búsqueda de viviendas más eficientes y resilientes ha impulsado el interés por métodos constructivos industrializados y estrategias de sostenibilidad que permitan optimizar recursos y mejorar el desempeño térmico. En este contexto, la comuna de Casablanca —caracterizada por un clima mediterráneo con variaciones térmicas estacionales— representa un territorio adecuado para evaluar alternativas constructivas orientadas a la eficiencia energética y a la gestión responsable de los recursos naturales.

Este estudio propone el diseño y evaluación de un eco-conjunto habitacional sustentable compuesto por 17 viviendas, basado en el uso de paneles estructurales aislados (SIP) y en la integración de elementos que fomentan la sostenibilidad ambiental y la vida comunitaria. El proyecto contempla la incorporación de áreas verdes, huerto comunitario, punto limpio, sistemas de captación de aguas lluvia y una plaza ecológica central, articulando un modelo de barrio eficiente e innovador. La vivienda tipo utilizada como base permite establecer un estándar constructivo repetible, adaptable y coherente con los criterios de eficiencia y habitabilidad requeridos en la zona.

El análisis desarrollado se orienta a determinar la prefactibilidad técnica y económica del proyecto, abarcando la descripción del proceso constructivo, la elaboración de diagramas técnicos, el balance de masa y energía, la selección de equipos y los requerimientos materiales asociados. A través de estos elementos, se busca establecer la viabilidad del eco-conjunto y su potencial como modelo replicable para futuros desarrollos habitacionales sustentables en el país. En conjunto, esta investigación aporta una visión integral sobre cómo la construcción industrializada y la planificación ecológica pueden contribuir a un desarrollo habitacional más eficiente, moderno y responsable con el medio ambiente.

1. CAPITULO 1: EVALUACIÓN DE COMERCIALIZACIÓN

PRESENTACIÓN DEL PROYECTO

El presente trabajo tiene por finalidad realizar un estudio de prefactibilidad técnica y económica para el desarrollo de un eco-conjunto habitacional sustentable de 17 viviendas en Casablanca, integrando criterios de eficiencia energética, gestión hídrica y construcción industrializada mediante paneles SIP.

1.1. OBJETIVOS DEL PROYECTO

El presente trabajo tiene por finalidad evaluar la factibilidad técnica y económica de un eco-conjunto habitacional sustentable de 17 viviendas en la comuna de Casablanca, incorporando tecnologías constructivas eficientes, soluciones energéticas renovables y estrategias de gestión hídrica que permitan establecer un modelo replicable de vivienda sostenible.

1.1.1. Objetivos generales

El objetivo general del presente proyecto consiste en realizar un estudio de prefactibilidad técnica y económica para el desarrollo de un eco-conjunto habitacional sustentable de 17 viviendas en Casablanca, mediante la integración de construcción industrializada en paneles SIP, sistemas de generación solar, gestión hídrica eficiente y diseño comunitario ecológico, con el propósito de establecer un modelo innovador, replicable y ambientalmente responsable para futuros proyectos habitacionales en Chile.

1.1.2. Objetivos específicos:

A continuación, se presentan los principales objetivos específicos del proyecto

1. Diseñar la vivienda tipo y el eco-conjunto de 17 unidades, considerando criterios de habitabilidad, sostenibilidad y eficiencia energética.
2. Describir y justificar el proceso constructivo mediante paneles SIP y tabiquería Metalcom, evaluando ventajas técnicas, térmicas y estructurales.

3. Elaborar los diagramas técnicos del proyecto (diagrama de bloques, flujo, layout general y layout de vivienda) que representen la secuencia y organización del proceso constructivo.
4. Realizar el balance de masa y energía asociado a la construcción y operación del eco-conjunto, cuantificando materiales, consumos, eficiencia energética y gestión hídrica.
5. Seleccionar los equipos necesarios para la ejecución del proyecto, diferenciando entre equipos de construcción y equipos operativos sustentables (como planta fotovoltaica y sistemas de riego).
6. Estimar los costos principales del proyecto y analizar la prefactibilidad económica de su implementación en Casablanca.
7. Identificar riesgos técnicos y operativos del proyecto y proponer medidas de mitigación coherentes con el enfoque de construcción sustentable.

1.2. CONTEXTO Y JUSTIFICACION DEL PROYECTO

El sector construcción en Chile enfrenta desafíos asociados a sostenibilidad y eficiencia en recursos. Según el Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU, 2023), el uso de energía y agua en el sector residencial es significativo, lo que evidencia la necesidad de tipologías con menor demanda operativa.

Casablanca, en la Región de Valparaíso, presenta clima mediterráneo con veranos secos e inviernos templados, condiciones adecuadas para estrategias de diseño pasivo (protección solar, ventilación natural, masa térmica) y para la captación estacional de aguas lluvias. Este contexto favorece soluciones simples y de bajo mantenimiento. La propuesta se alinea con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS 6, 7, 11 y 13) y con lineamientos de construcción sustentable (MINVU, 2020), contribuyendo a viviendas más accesibles y eficientes. Asimismo, CEPAL (2022) destaca que innovaciones en eficiencia hídrica y energética generan beneficios ambientales y económicos a mediano plazo.

Tabla 1. Categorías y subcategorías de los Estándares de Construcción Sustentable (ECSV)

ID	Categoría	Enfoque Principal	Ejemplos de Subcategorías / Acciones Clave
1	Salud y Bienestar	Mejora del ambiente interior y confort térmico para los ocupantes.	Calidad del aire, iluminación natural (aprovechamiento y control), control de humedad, confort térmico.
2	Energía	Reducción del consumo energético y promoción del uso de fuentes limpias.	Desempeño energético (reducción de la demanda), equipos eficientes, monitoreo constante, integración de energía solar.
3	Agua	Uso racional y eficiente, junto con el reúso del recurso hídrico disponible.	Captación de aguas lluvias, instalación de grifería y sanitarios de bajo flujo, control del consumo.
4	Materiales y Residuos	Minimización de residuos generados y uso de materiales con menor impacto ambiental.	Reciclaje y gestión de residuos en obra, uso de materiales con atributos sustentables (reciclados, locales), diseño circular.
5	Impacto Ambiental	Mitigación de emisiones contaminantes y recuperación/protección del ecosistema.	Control de emisiones (gases y ruido), gestión de impactos bióticos y abióticos, restauración de áreas verdes.
6	Entorno Inmediato	Integración urbana y fomento de la movilidad sostenible.	Accesibilidad al sitio, fomento del transporte limpio (bicicletas, transporte público), cohesión social, respeto por la identidad local.

1.3. PRESENTACION CUALITATIVA DEL SECTOR INDUSTRIAL

La industria de la construcción avanza hacia estándares de desempeño ambiental y confort. Sin embargo, la oferta masiva de vivienda aún privilegia modelos convencionales con bajo aprovechamiento de energías renovables.

En este escenario, existen oportunidades para soluciones de bajo costo operativo, con tecnologías maduras (fotovoltaica, solar térmica, sanitarios eficientes) y diseño bioclimático como primera línea de eficiencia. Casablanca ofrece una localización estratégica por su cercanía a polos urbanos y por condiciones ambientales aptas para el desempeño pasivo.

1.4. FODA

A continuación, se presentan los aspectos analizados de acuerdo con la información del negocio, reconociendo sus fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas.

Esta herramienta permite ampliar la visión de la empresa para enfrentar y mejorar el enfoque tanto en el interior como con la competencia existente en el mercado.

1.4.1. Fortalezas

A continuación, se presenta las principales fortalezas del proyecto

- Diseño adaptable y replicable; bajo CAPEX por m².

- Reducción de OPEX por menor consumo de agua y energía.
- Estrategias pasivas priorizadas; mantenimiento sencillo.

1.4.2. Oportunidades

A continuación, se presenta las principales oportunidades del proyecto

- Acceso a programas y financiamiento para eficiencia hídrica/energética
- (MINVU, CORFO, bancos).
- Caída de precios de tecnologías solares y equipamiento eficiente.
- Demanda creciente por viviendas con bajo gasto mensual.

1.4.3. Debilidades

A continuación, se Presenta las principales debilidades del proyecto

- Experiencia local limitada en reúso de aguas y sistemas separativos.
- Requiere usuario informado para operación y mantención básica.
- Coordinación entre especialidades (arquitectura, sanitaria, eléctrica).

1.4.4. Amenazas

A continuación se presenta las principales amenazas de proyecto

- Variabilidad de precios de materiales y plazos de obra.
- Cambios normativos o de permisos que incrementen costos.
- Percepción inicial de mayor costo de soluciones “eco”.

1.5. TAMAÑO DEL PROYECTO

El proyecto contempla el desarrollo de un eco-conjunto habitacional compuesto por 17 viviendas unifamiliares sustentables, cada una diseñada con una superficie aproximada de 151 m² construidos, empleando paneles SIP de alto desempeño térmico y tabiquería Metalcom. Cada unidad habitacional se emplaza en un terreno individual que incorpora áreas verdes y espacio de patio, mientras que el conjunto en su totalidad integra una plaza ecológica central, huerto comunitario, punto limpio, planta fotovoltaica central y espacios permeables para gestión hídrica. El proyecto considera tanto la construcción de las viviendas

como la habilitación de la infraestructura interior del conjunto, logrando una superficie total proyectada considerablemente mayor a propuestas de vivienda social tradicional, pero coherente con un estándar de vivienda sustentable de escala comunitaria.

1.5.1 Inversión inicial estimada

Desde una perspectiva de planificación, la propuesta considera una inversión inicial estimada (CAPEX) situada entre 40 y 50 millones de pesos chilenos por unidad habitacional, contemplando materiales, mano de obra, habilitación interior, instalaciones básicas y la integración de elementos esenciales para garantizar estándares de habitabilidad y eficiencia funcional. Este rango incluye también los costos asociados al diseño arquitectónico preliminar y las obras mínimas necesarias para la implementación de infraestructuras comunitarias.

En una etapa posterior, el modelo podría escalar hacia un eco-conjunto habitacional compuesto por 15 a 20 viviendas, manteniendo un enfoque modular que permite optimizar recursos y generar economías de escala en la adquisición de materiales, ejecución de obras y gestión de servicios comunes. Esta estrategia no solo posibilita una reducción gradual del costo promedio por unidad, sino que también abre la oportunidad de ampliar el alcance social y territorial del proyecto, fortaleciendo su viabilidad técnica y económica a largo plazo.

1.5.2 Cobertura social y beneficiarios

Se orienta principalmente a familias de ingresos medios o medios-bajos interesadas en acceder a viviendas con bajo costo operativo, en línea con los programas de eficiencia energética y habitacional del Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU). La meta es ofrecer una alternativa habitacional sostenible que combine accesibilidad económica y reducción de gastos mensuales en servicios básicos, mejorando el bienestar de los beneficiarios directos y promoviendo un estilo de vida responsable con el entorno.

1.5.3. Tiempo de ejecución

El tiempo estimado de ejecución para la construcción del prototipo es de 6 a 8 meses, mientras que el desarrollo completo de un conjunto piloto podría extenderse hasta 18 meses, considerando las etapas de diseño, permisos municipales, construcción y puesta en marcha

1.5.4 Impacto social

El proyecto busca generar un cambio positivo en la percepción de la vivienda sustentable, mostrando que la eficiencia energética e hídrica puede integrarse en proyectos de escala media sin elevar significativamente los costos. Además, promueve la educación ambiental de las familias beneficiarias, fomentando prácticas domésticas responsables en el uso del agua y la energía.

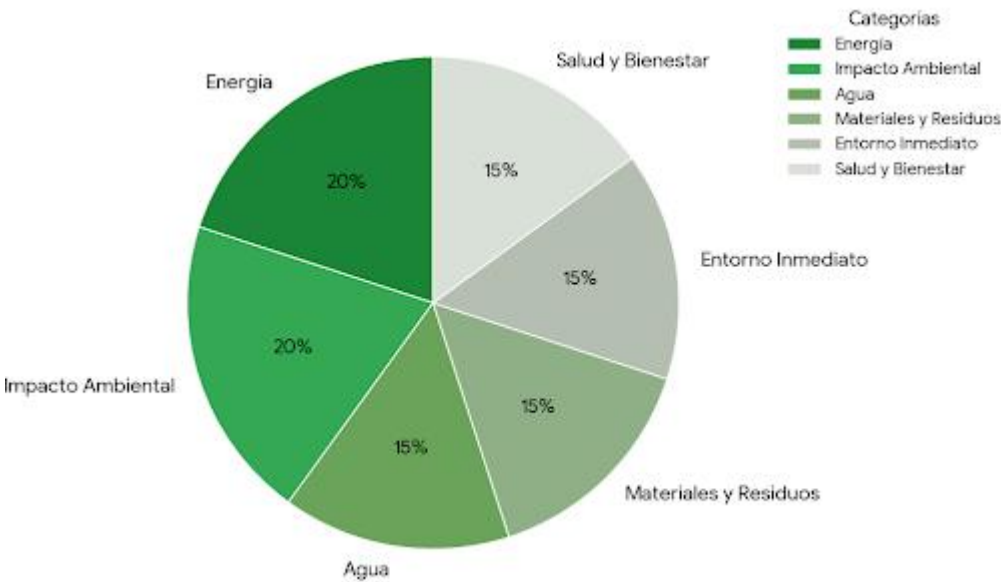
1.5.5 Impacto económico

Se refleja en la disminución de los gastos operativos de los hogares (energía eléctrica, gas y agua potable), lo que contribuye a la estabilidad financiera de las familias. A nivel productivo, impulsa la demanda de materiales locales y servicios de construcción especializados, generando empleo y fortaleciendo la cadena de valor regional.

1.5.6 Impacto territorial

Radica en la capacidad del proyecto para integrarse armónicamente con el paisaje natural y urbano de Casablanca. Su diseño aprovecha las condiciones climáticas y topográficas del lugar, favoreciendo la ventilación cruzada, la iluminación natural y la captación de aguas lluvias. De este modo, la vivienda no solo se adapta al territorio, sino que lo respeta y lo revaloriza como un recurso esencial para el desarrollo sostenible de la comuna.

Figura 1. Distribución porcentual de las categorías de los Estándares de Construcción Sustentable



1.6. LOCALIZACIÓN

La comuna de Casablanca, ubicada en la Región de Valparaíso, fue seleccionada por su condición climática mediterránea, caracterizada por veranos secos e inviernos templados, lo que permite implementar estrategias de diseño pasivo con gran efectividad. Estas condiciones favorecen el aprovechamiento de la radiación solar, la ventilación cruzada natural y la captación de aguas lluvias, elementos clave en la concepción ecoeficiente del proyecto.

Casablanca se encuentra en una posición geográfica estratégica entre las ciudades de Valparaíso, Viña del Mar y Santiago, lo que le otorga una conectividad privilegiada para el acceso a insumos, servicios y mano de obra, sin perder su identidad territorial.

Además, su topografía predominantemente plana y suelos aptos para edificación facilitan la implementación de viviendas modulares y sistemas de infraestructura básica de bajo impacto. Desde el punto de vista ambiental, el territorio cuenta con vientos predominantes del suroeste y niveles de radiación solar media anual superiores a 5 kWh/m², condiciones ideales para el funcionamiento de sistemas fotovoltaicos y para garantizar una adecuada iluminación natural durante la mayor parte del año.

Socialmente, Casablanca presenta una creciente demanda por vivienda impulsada por su cercanía a polos productivos y por su carácter semi-rural, que combina tranquilidad, paisaje natural y cercanía a los principales centros urbanos de la región.

Tabla 2. Evolución de los compromisos nacionales en construcción sustentable hacia el año 2050

Año	Compromiso Nacional (Eje)	Actores / Fuentes de Referencia Clave	Rol o Enfoque
2025	Implementar 100% de las normas térmicas en viviendas nuevas.	MINVU – ECSV 2016 / MINENERGÍA 2021	Normativa y Ejecución de Eficiencia Energética Residencial.
2030	Reducir 30% de emisiones Co2 del sector de la construcción.	MINVU / ECLP 2021	Liderazgo Sectorial y Planificación de Largo Plazo (Estrategia de Carbono Neutralidad).
2035	Lograr que 60% de la energía usada en vivienda provenga de fuentes renovables.	MINENERGÍA / MINVU 2023	Impulso de la Transición Energética y su Integración en la Edificación.
2040	Alcanzar 80% de materiales certificados o reciclables en nuevas edificaciones.	ECLP / CEPAL 2022	Economía Circular, Certificación y Desarrollo de la Cadena de Suministro.
2050	Alcanzar 100% de edificaciones residenciales bajo estándar OCDE.	MINVU / Global ABC 2024	Visión Estratégica, Estándares Internacionales y Descarbonización total.

1.7. SITUACIÓN SIN PROYECTO V/S CON PROYECTO

1.7.1 Consumo energético

Sin proyecto:

Las viviendas convencionales dependen casi por completo de energía eléctrica y gas para calefacción, iluminación y agua caliente, generando altos costos y mayor huella de carbono.

Con proyecto:

La vivienda ecoeficiente utiliza estrategias pasivas de orientación, ventilación e iluminación natural, complementadas con energía solar, logrando una reducción estimada del consumo energético de hasta un 30–40%.

1.7.2 Gestión del agua

Sin proyecto:

El consumo hídrico doméstico depende exclusivamente del suministro de agua potable, sin sistemas de captación o reutilización. Esto genera un uso ineficiente y mayores costos para las familias.

Con proyecto:

Se incorporan sistemas de captación de aguas lluvias y reúso de aguas grises para riego y descarga de inodoros, junto con artefactos sanitarios de bajo consumo. Estas medidas permiten un **ahorro de entre 35% y 40%** del agua utilizada en el hogar.

1.7.3 Costos de operación (OPEX)

Sin proyecto:

Los hogares enfrentan altos gastos mensuales en electricidad, gas y agua, afectando principalmente a familias de ingresos medios y bajos.

Con proyecto:

Gracias a la eficiencia hídrica y energética, los gastos operativos se reducen significativamente, aumentando la estabilidad económica familiar y generando ahorros sostenidos a largo plazo.

1.7.4 Confort térmico y habitabilidad

Sin proyecto:

Las viviendas tradicionales presentan deficiencias de aislación térmica, con ambientes fríos en invierno y sobrecalentados en verano, lo que obliga a usar sistemas de climatización costosos.

Con proyecto:

El diseño bioclimático mejora el confort térmico mediante ventilación cruzada, aislación eficiente y control solar pasivo. Se logra un ambiente interior estable y confortable durante todo el año, sin depender excesivamente de energía eléctrica o gas.

1.7.5 Impacto ambiental

Sin proyecto:

Las construcciones convencionales generan altas emisiones de CO₂ y residuos no reciclables, además de una elevada huella hídrica y energética.

Con proyecto:

La eco-vivienda reduce las emisiones contaminantes mediante el uso de materiales locales y reciclables, menor demanda de energía y aprovechamiento de recursos naturales, contribuyendo a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS 11 y 13).

1.7.6 Impacto social

Sin proyecto:

Las familias habitan viviendas con escaso confort y altos gastos mensuales, lo que limita su calidad de vida y capacidad de ahorro.

Con proyecto:

El modelo promueve una vivienda más saludable, cómoda y accesible, fomentando la educación ambiental doméstica y fortaleciendo el bienestar social a nivel comunitario.

1.7.7 Impacto económico y territorial

Sin proyecto:

Existe baja generación de empleo local y una limitada adopción de prácticas constructivas sostenibles, lo que frena la innovación regional.

Con proyecto:

El proyecto impulsa la economía local y la industria verde, generando empleos, fortaleciendo proveedores regionales y posicionando a Casablanca como un referente territorial en construcción sustentable.

1.7.8 Conclusión de situación de sin proyecto vs con proyecto

En conjunto, la situación con proyecto representa un avance significativo hacia un modelo habitacional sostenible, que integra ahorro de recursos, bienestar social y desarrollo económico local. La eco-vivienda no solo

mejora el desempeño ambiental y financiero de cada hogar, sino que también actúa como motor de innovación territorial, posicionando a Casablanca como un referente en vivienda sustentable dentro de la Región de Valparaíso.

1.8. ESTUDIO DE MERCADO

El estudio de mercado tiene como propósito identificar el contexto económico y social en el que se inserta la propuesta de vivienda ecoeficiente, analizando la relación entre la demanda habitacional, la oferta disponible y las oportunidades de posicionamiento de un modelo sostenible, replicable y económicamente viable en la comuna de Casablanca.

1.8.1 Determinación del servicio

El servicio ofrecido corresponde al diseño, planificación y desarrollo de un eco-conjunto habitacional sustentable compuesto por 17 viviendas unifamiliares. El proyecto integra un sistema constructivo industrializado de alto desempeño térmico, orientado a mejorar la eficiencia energética, reducir tiempos de obra y disminuir el impacto ambiental. Cada vivienda se concibe como una unidad eficiente y moderna, acompañada de espacios comunes tales como huerto comunitario, áreas verdes, punto limpio, senderos peatonales y zonas de captación de aguas lluvia.

El servicio busca entregar una solución habitacional integral que combine calidad constructiva, confort térmico y menores costos operativos, complementada con infraestructura comunitaria que fomente el uso responsable de recursos y la vida en comunidad. De esta manera, el eco-conjunto se presenta como un modelo replicable de vivienda sustentable adecuado para la comuna de Casablanca y para otros territorios con condiciones climáticas similares.

1.8.2 Área de estudio

El área de estudio se localiza en la comuna de Casablanca, perteneciente a la Región de Valparaíso, un territorio reconocido por su clima templado mediterráneo con veranos cálidos y secos e inviernos lluviosos. Estas características climáticas generan altas variaciones térmicas estacionales, por lo que se requieren soluciones constructivas con buen desempeño energético, como los paneles SIP utilizados en el proyecto.

Casablanca se encuentra en un eje de conectividad estratégica entre

Santiago y Valparaíso, lo que ha impulsado un crecimiento habitacional sostenido y una demanda creciente por viviendas eficientes, de bajo consumo energético y con menor impacto ambiental. Además, la comuna presenta condiciones propicias para la implementación de prácticas de sustentabilidad hídrica, como la captación de aguas lluvia, debido a sus ciclos invernales concentrados y la necesidad de optimizar el uso del recurso durante períodos secos.

El estudio se enfoca en analizar la viabilidad técnica y económica de implementar un eco-conjunto habitacional de 17 viviendas, integrando aspectos territoriales como topografía suave, disponibilidad de suelo urbanizable, acceso a servicios básicos y normativa local. Esta área constituye un escenario adecuado para evaluar modelos de construcción industrializada, eficiencia energética y diseño comunitario ecológico, alineándose con las tendencias de desarrollo sostenible y con las oportunidades del entorno de Casablanca.

1.8.3 Análisis de la demanda actual y futura

La demanda habitacional en Casablanca ha mostrado un aumento constante debido al crecimiento poblacional y al interés de familias jóvenes por establecerse en zonas con mejor calidad ambiental. Este fenómeno se ve reforzado por el alza sostenida de los costos energéticos y la necesidad de viviendas con menor gasto operativo.

Los hogares locales, en su mayoría de ingresos medios y medios-bajos, buscan alternativas accesibles, cómodas y eficientes, aunque la oferta actual no satisface completamente estas expectativas. Según el MINVU (2023), el déficit habitacional en comunas semiurbanas como Casablanca continúa en aumento, lo que evidencia una oportunidad para proyectos sostenibles de pequeña escala.

De manera proyectiva, se espera que la demanda por viviendas ecoeficientes crezca en los próximos años, impulsada por la conciencia ambiental, el ahorro económico y la búsqueda de mayor confort térmico y autonomía energética.

1.8.4 Análisis de la oferta actual y futura

La oferta habitacional en Casablanca se compone principalmente de proyectos convencionales, con baja incorporación de tecnologías sustentables o de eficiencia hídrica y energética. La mayoría de las viviendas disponibles se construyen bajo modelos tradicionales, con altos costos de operación y limitada innovación ambiental.

No obstante, comienzan a surgir iniciativas que integran criterios ecológicos básicos, apoyadas por programas del MINVU y la creciente demanda del mercado por soluciones más sostenibles. A futuro, se prevé una expansión gradual de la oferta ecoeficiente, especialmente a través de proyectos piloto o conjuntos habitacionales de baja densidad que integren energías limpias y sistemas de reutilización del agua.

1.8.5 Determinación del precio

La determinación del precio se establece a partir de la estimación preliminar de los costos de construcción, el estándar de eficiencia térmica y energética incorporado, y el valor agregado que otorgan los elementos comunitarios del eco-conjunto. Considerando materiales de calidad, mano de obra especializada y equipamiento básico orientado a la sustentabilidad, el rango de precio proyectado por vivienda se sitúa entre UF 1.400 y UF 1.700, dependiendo de las terminaciones y del nivel de equipamiento ecoeficiente seleccionado.

Este rango permite posicionar el proyecto dentro de un segmento accesible para familias que buscan viviendas modernas, eficientes y con menores gastos operativos a largo plazo, manteniendo un equilibrio entre costo, calidad y beneficios ambientales.

1.8.6 Sistemas de comercialización

El sistema de comercialización propuesto para la vivienda ecoeficiente se fundamenta en un modelo mixto de gestión directa y alianzas estratégicas, orientado a garantizar la accesibilidad del producto, su correcta implementación y su sostenibilidad a largo plazo.

En una primera fase, el enfoque se centrará en la venta directa del prototipo o unidades habitacionales a través de convenios con municipalidades, cooperativas habitacionales, inmobiliarias locales y programas públicos del MINVU, priorizando la participación de familias de ingresos medios y medios-bajos. Esta modalidad busca reducir la intermediación, fortalecer el vínculo comunitario y asegurar que el beneficio económico y social llegue directamente al usuario final.

Complementariamente, se propone la gestión de financiamiento mediante subsidios habitacionales y líneas de crédito verde, ofrecidas por bancos e instituciones que promuevan proyectos con eficiencia energética o bajo impacto

ambiental. Este mecanismo permitirá que los beneficiarios accedan a viviendas sustentables sin elevar su carga financiera, garantizando una democratización real del acceso a la vivienda sostenible.

El proceso de comercialización incluirá también una etapa educativa, en la que se realizarán talleres y material informativo para los compradores, abordando temas como el mantenimiento de sistemas solares, el reúso del agua y el uso eficiente de los recursos. Esta estrategia busca no solo vender un producto, sino construir una comunidad consciente y capacitada, capaz de mantener el estándar ambiental de la vivienda a lo largo del tiempo.

A nivel de comunicación, el proyecto se apoyará en canales digitales y locales ferias sustentables, redes sociales y difusión municipal— para dar visibilidad a la propuesta y posicionarla como una alternativa innovadora dentro del mercado inmobiliario regional.

Finalmente, en etapas posteriores, el modelo podrá escalar hacia la venta de eco-conjuntos habitacionales llave en mano, con infraestructura compartida y gestión centralizada de mantenimiento. Esto permitirá optimizar costos, ampliar la cobertura social y consolidar el posicionamiento del proyecto como un referente regional en vivienda ecoeficiente y asequible.

2. **CAPÍTULO 2: INGENIERÍA BÁSICA Y CONCEPTUAL DEL PROYECTO**

2.1. ESTUDIO TECNICO

El estudio técnico tiene por finalidad definir, describir y evaluar los procesos constructivos, operativos y tecnológicos que permitirán materializar el proyecto de Eco-Conjuntos Habitacionales Sustentables en Casablanca. Este análisis busca determinar la factibilidad técnica del proyecto, considerando criterios de eficiencia energética, aprovechamiento de recursos naturales, materiales sostenibles y diseño participativo, orientado a mejorar la calidad de vida de las familias beneficiarias, reduciendo al mismo tiempo el impacto ambiental.

El proyecto se emplaza en la comuna de Casablanca, Región de Valparaíso, zona con clima mediterráneo costero y marcada estacionalidad hídrica, lo que condiciona las soluciones técnicas hacia la eficiencia hídrica, térmica y energética.

2.1.1 Descripción y Selección de Procesos

El desarrollo de los eco-conjuntos habitacionales se estructura en cinco procesos centrales que permiten transformar el diseño conceptual en una solución habitacional viable, escalable y adaptada a la realidad territorial de Casablanca.

Diseño arquitectónico sostenible:

El primer proceso corresponde al diseño arquitectónico sostenible, donde se definen planos, orientación solar, ventilación cruzada, sombreados naturales y selección de materiales con bajo impacto ambiental. Este diseño prioriza la eficiencia térmica pasiva, aprovechando la radiación solar del invierno y minimizando la ganancia térmica en verano, evitando así el uso excesivo de climatización artificial.

Construcción sustentable:

El segundo proceso es la construcción sustentable, basada en sistemas constructivos industrializados como paneles SIP de alta eficiencia térmica, complementados con tabiquería interior en Metalcom. aislaciones ecológicas (lana mineral o fibra de celulosa) y técnicas que minimizan los residuos de obra. Estos métodos permiten reducir tiempos de construcción, garantizar mayor durabilidad, y disminuir la huella de carbono del proyecto.

Gestión hídrica y energética:

El tercer proceso corresponde a la gestión hídrica y energética, incorporando soluciones como paneles fotovoltaicos, calefones solares, sistemas de captación de aguas lluvias, tratamiento básico de aguas grises y estrategias de reutilización para riego, sanitarios o áreas verdes. Estos sistemas permiten que el conjunto habitacional opere con altos niveles de autosuficiencia, reduciendo el consumo de recursos externos.

Manejo de residuos:

El cuarto proceso involucra el manejo de residuos y la implementación de infraestructura para economía circular, incluyendo compostaje domiciliario, puntos limpios, segregación de residuos y valorización de materiales secundarios provenientes de la construcción. Este componente busca mantener un ciclo de materiales más cerrado, minimizando la disposición final.

Educación ambiental:

Finalmente, el quinto proceso corresponde a la participación comunitaria y educación ambiental, donde se capacita a los residentes en el uso, mantenimiento y aprovechamiento de los sistemas sustentables del conjunto. La población aprende a operar los paneles solares, gestionar el agua, compostar, y mantener el estándar de eficiencia del conjunto.

Todos estos procesos fueron seleccionados considerando criterios de:

- Pertinencia para la realidad hídrica de Casablanca,
- Eficiencia energética demostrada,
- Reducción del impacto ambiental,
- Cumplimiento de normativa MINVU y CES,
- Viabilidad técnica y económica del proyecto.

2.1.2 Diagrama de bloques:

El siguiente diagrama de bloques resume el ciclo completo de desarrollo de las viviendas sostenibles del proyecto, integrando desde la selección del terreno hasta la puesta en marcha y el monitoreo operacional. Este esquema permite comprender el flujo lógico y técnico de cada etapa involucrada en la prefactibilidad del eco-conjunto habitacional.

Figura 2. Diagrama de bloques del proceso del eco-conjunto habitacional sustentable

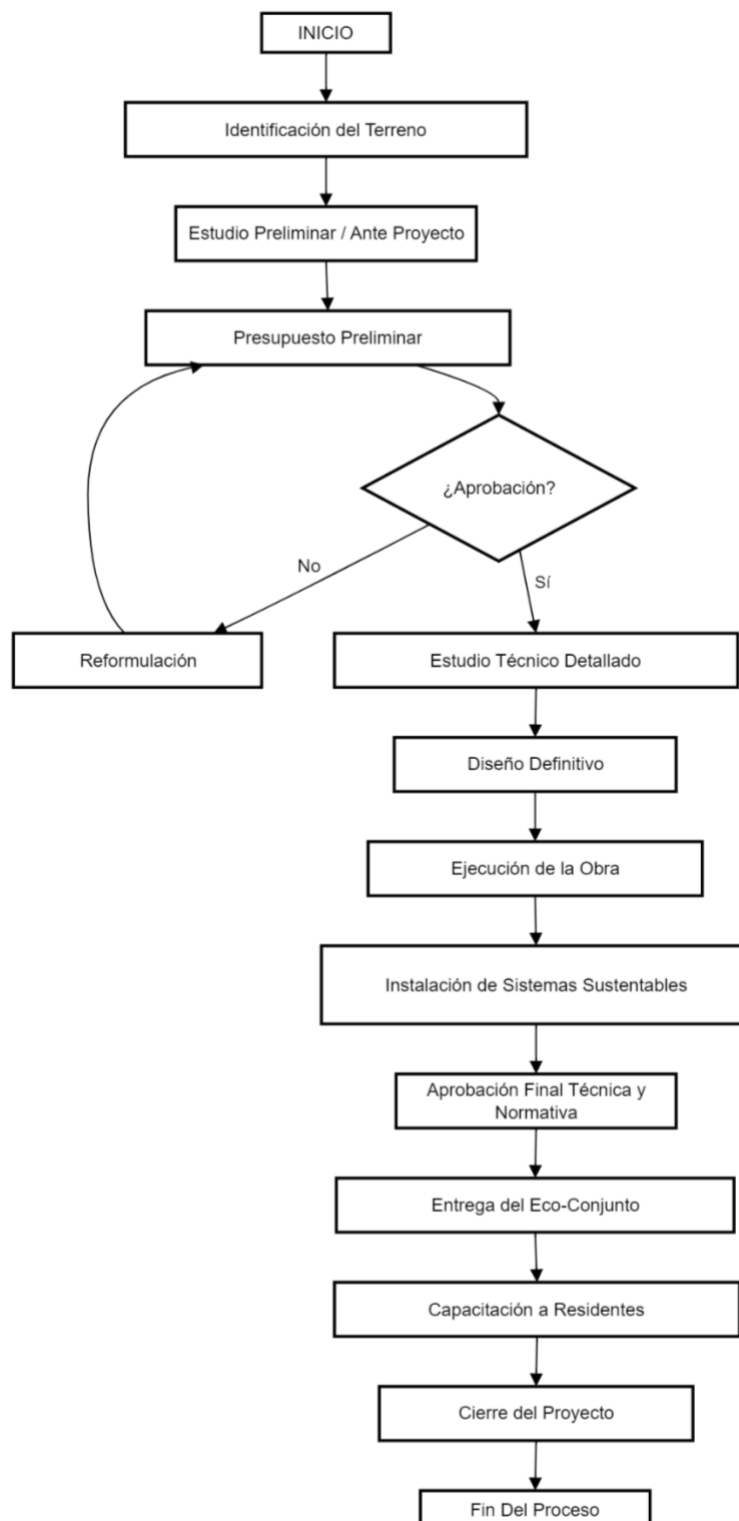


Como se observa en la figura, el proyecto integra una secuencia lógica que asegura coherencia técnica entre cada una de las etapas del proceso. La representación gráfica facilita la comprensión del flujo general del modelo y evidencia la relación entre diseño sostenible, eficiencia hídrica y energética, gestión de residuos y participación comunitaria, todos elementos esenciales para la prefactibilidad del eco-conjunto habitacional

2.1.3 Diagrama de flujos:

Con el objetivo de representar de manera clara y estructurada las etapas que conforman el desarrollo técnico del proyecto, a continuación se presenta el diagrama de flujo correspondiente al proceso completo de ejecución del Eco-Conjunto Habitacional en Casablanca. Este esquema permite visualizar la secuencia lógica de actividades, desde la identificación del terreno hasta la entrega final del proyecto, incorporando los puntos de decisión y retroalimentación necesarios para asegurar la coherencia y factibilidad técnica del modelo.

Figura 3. Diagrama de flujos del proceso de ejecución del proyecto



2.1.4. Diagrama de Lay Out

El Diagrama de Lay Out permite visualizar la organización espacial del eco-conjunto habitacional proyectado, compuesto por 17 viviendas sustentables construidas con paneles SIP, organizadas en torno a un núcleo ecológico central. Este ordenamiento se elaboró con el objetivo de maximizar la eficiencia energética, optimizar la ventilación natural, facilitar el acceso peatonal y vehicular, e integrar adecuadamente las áreas comunes y de infraestructura ambiental.

El conjunto se estructura dentro de un terreno rectangular, con calles interiores de baja velocidad y veredas peatonales que bordean las viviendas. Cada unidad habitacional cuenta con un área privada delimitada (patio individual), lo que garantiza ventilación cruzada, iluminación natural y un espacio exterior utilizable para cada familia.

En el centro del conjunto se ubican las áreas comunitarias, que incluyen:

- Plaza verde de uso recreativo.
- Huerto comunitario de autocultivo.
- Zona de compostaje y punto limpio para gestión responsable de residuos.
- Planta fotovoltaica central, encargada de abastecer la iluminación exterior, las bombas de agua y el equipamiento comunitario.

Figura 4. Diagrama de Lay Out general del eco-conjunto habitacional sustentable

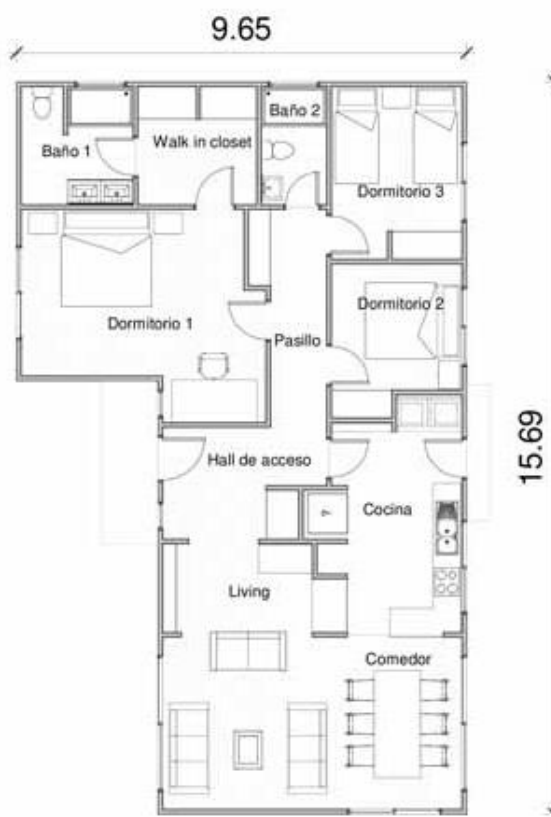


Lay Out de la Vivienda Tipo:

Como complemento al diseño general, se incorpora el Lay Out de la vivienda tipo, correspondiente a una casa unifamiliar de un piso, construida con paneles SIP y con una superficie aproximada de $9,65 \times 15,69$ m. Esta planta incluye tres dormitorios, dos baños, cocina, comedor y living, organizados para maximizar la eficiencia térmica, la funcionalidad y la habitabilidad.

Este plano permite comprender la distribución interna de cada unidad y su relación con las áreas exteriores, patios y orientación solar.

Figura 5. Lay Out de la vivienda tipo construida con paneles SIP



Interpretación Técnica del Diagrama de Lay Out:

El Lay Out del eco-conjunto organiza las 17 viviendas de forma perimetral para aprovechar mejor la luz natural, asegurar buena ventilación y mantener una adecuada separación entre unidades. En el centro se agrupan las áreas comunitarias plaza verde, huerto, planta fotovoltaica y punto limpio lo que facilita su acceso y refuerza la vida en comunidad. Las calles de baja velocidad y los senderos peatonales mejoran la seguridad y la movilidad interna, mientras que los patios de cada vivienda aportan privacidad y espacio exterior útil.

En conjunto, el diseño integra de manera equilibrada los espacios privados y comunes, permitiendo un funcionamiento eficiente y coherente con el enfoque sustentable del proyecto en Casablanca.

2.1.5. Balance de Masa y Energía

El balance de masa y energía permite evaluar los principales flujos de materiales, agua y energía asociados al funcionamiento del eco-conjunto habitacional, tanto en la etapa operativa como durante la construcción. Este análisis es fundamental para validar la eficiencia del proyecto y su coherencia con el enfoque sustentable planteado para Casablanca.

2.1.5.1. Balance de masa (Etapa Operativa)

El consumo de agua proyectado se estima en función de estándares nacionales y del tamaño promedio de los hogares. Cada vivienda considera 4 habitantes, con un consumo aproximado de 560 L/día, lo que para el conjunto completo representa 9.520 L/día ($\approx 9,5 \text{ m}^3/\text{día}$). Este valor es coherente con los patrones de consumo de viviendas unifamiliares en zonas urbanas.

El diseño incorpora un sistema de captación de aguas lluvia, aprovechando las superficies de techumbre de paneles SIP, cuya área promedio (150 m^2 por unidad) permite recolectar aproximadamente $1,2 \text{ m}^3$ por vivienda durante eventos de lluvia intensa. En conjunto, la captación total puede alcanzar los 20 m^3 por evento, almacenados parcialmente en estanques comunitarios de 10.000 L destinados a riego y usos no potables.

Las principales salidas del sistema incluyen:

- consumo domiciliario,
- riego para el huerto comunitario ($\approx 1,5 \text{ m}^3/\text{día}$),
- infiltración natural en áreas verdes diseñadas para favorecer la permeabilidad del terreno.

Este balance evidencia que el proyecto alcanza un grado significativo de autonomía hídrica en temporada húmeda, reduciendo la presión sobre la red municipal y favoreciendo la resiliencia frente a períodos de sequía.

2.1.5.2. Balance de energía (Etapa Operativa)

La demanda energética promedio estimada para cada vivienda es de 14 kWh/día, lo que para el conjunto completo asciende a 238 kWh/día. Para reducir esta carga, el proyecto adopta una estrategia de eficiencia energética basada en tres pilares:

Generación solar centralizada

El núcleo ecológico incorpora una planta fotovoltaica compuesta por 36 paneles monocristalinos de 450 W, con una potencia instalada de 16,2 kWp. Su producción diaria estimada es de 70–85 kWh/día, energía destinada a iluminación

exterior, bombas hidráulicas, equipos comunitarios y cargas compartidas.

Sistemas solares en cada vivienda

Cada unidad contempla un colector solar térmico para calefacción de agua sanitaria, lo que permite reducir entre 30–40% el consumo energético doméstico asociado a este uso. Adicionalmente, se incorpora pre-instalación fotovoltaica, permitiendo futuras ampliaciones de generación residencial sin intervenciones estructurales.

Eficiencia pasiva mediante sistema SIP

La envolvente SIP reduce pérdidas térmicas entre 30–50%, disminuyendo la necesidad de calefacción y refrigeración y, por lo tanto, la demanda eléctrica total.

Resultado energético combinado:

Gracias a la planta central, la eficiencia pasiva y el solar térmico, el eco-conjunto logra reducir aproximadamente la mitad de su demanda energética efectiva, constituyéndose como un sistema residencial altamente eficiente y alineado con estándares de construcción sustentable.

2.1.5.3. Balance de residuos (Etapa Operativa)

Considerando una generación promedio de 1 kg/persona/día, las 17 viviendas con 68 habitantes proyectados generan 68 kg/día de residuos. La composición estimada es:

- 50% orgánicos → destinados a compostaje comunitario,
- 30% reciclables → gestionados mediante punto limpio,
- 20% rechazo, retirado por servicios municipales.

La presencia de infraestructura para reciclaje y compostaje permite gestionar internamente hasta el 80% de los residuos generados, reduciendo significativamente el impacto ambiental del conjunto.

2.1.5.4 Balance de masa (etapa de construcción)

Durante la etapa de construcción, el balance de masa considera los materiales principales requeridos para ejecutar las 17 viviendas. El sistema constructivo SIP reduce el uso de hormigón y permite una obra más limpia y rápida.

Materiales por vivienda:

- Paneles SIP 124 mm: 99 paneles ($\approx 294 \text{ m}^2$)
- Hormigón: $8,11 \text{ m}^3$ en cimientos; $3,04 \text{ m}^3$ en sobrecimientos; $15,10 \text{ m}^3$ en radier
- Tabiquería interior: 100 montantes Metalcom (2,4 m) y 14 canales (6 m)
- Revestimientos: 110 m^2 de yeso-cartón y pintura interior/exterior
- Instalaciones: 30 m de tubería agua potable, 20 m de desagüe y 80 m de cableado eléctrico
- Fijaciones: 1.500 tornillos SIP y 1.200 para Metalcom y yeso
- Aberturas: ventanas (8 unidades) y 6 puertas por vivienda

En total, el conjunto incorpora 1.680 paneles SIP, 446 m^3 de hormigón, 1.700 montantes, 238 canales, 1.870 m^2 de yeso-cartón, más las instalaciones sanitarias, eléctricas y terminaciones correspondientes. Este balance confirma que la mayor masa del proyecto se concentra en hormigón y paneles SIP, mientras que el resto corresponde a elementos livianos y prefabricados, coherentes con un enfoque de construcción eficiente y de bajo impacto.

2.1.5.5 Balance de energía (etapa de construcción)

La energía consumida durante la construcción proviene principalmente de:

- Producción y transporte de materiales (hormigón, paneles SIP, Metalcom).
- Maquinaria y herramientas de obra (hormigonera, compactadora, herramientas eléctricas).
- Montaje y fijaciones del sistema SIP, que requieren energía reducida en comparación con sistemas pesados.

El uso de paneles SIP industrializados disminuye la cantidad de faenas húmedas, reduce tiempos de montaje y baja el consumo energético en obra respecto a una construcción tradicional. La menor generación de residuos y el menor tránsito de maquinaria refuerzan el carácter eficiente del sistema.

2.1.6. Selección de Equipos

La selección de equipos considera tanto los requerimientos de la etapa de construcción como los sistemas necesarios para el funcionamiento operativo del eco-conjunto habitacional. Los equipos elegidos se ajustan al sistema constructivo SIP, al uso eficiente de recursos y a la operación sostenible del conjunto.

2.1.6.1 Equipos para la etapa de construcción

La construcción con paneles SIP y tabiquería Metalcom requiere herramientas livianas y de precisión, reduciendo significativamente la necesidad de maquinaria pesada. Los equipos principales utilizados en obra son:

- **Hormigonera** para mezcla y vaciado de hormigón en cimientos, sobrecimientos y radier.
- **Compactadora de placas** para preparación de terreno y capas granulares.
- Herramientas eléctricas de montaje SIP, tales como:
atornilladores de impacto, sierras circulares para cortes precisos de panel, **Taladros** para instalaciones sanitarias y eléctricas.
- **Nivel láser** para asegurar alineación correcta en el montaje de muros.
- **Andamios modulares** para instalación de paneles de techumbre y elevaciones exteriores.
- **Grúa pluma ligera** para manipular paneles SIP de gran formato.

Estos equipos permiten una construcción rápida, limpia y estandarizada, coherente con los principios de prefabricación y disminución de residuos del proyecto.

2.1.6.2 Equipos para la etapa operativa del eco-conjunto

Durante la operación del proyecto, los equipos seleccionados apuntan a la eficiencia energética, la gestión hídrica y el mantenimiento sostenible del entorno común. Entre ellos se consideran:

a) Equipos energéticos

Planta fotovoltaica central instalada en el área ecológica:

- 36 paneles monocristalinos de 450 W,
- inversor híbrido 10–15 kW,
- estructura metálica de soporte orientada al norte.

- Colectores solares térmicos domiciliarios, uno por vivienda, para reducir el consumo asociado a agua caliente sanitaria.
- Preinstalación fotovoltaica en viviendas, permitiendo que las familias incorporen paneles FV individuales en el futuro.

b) Equipos hidráulicos

- Estanques de acumulación de aguas lluvia (10.000 L) para riego y usos no potables.
- Bombas presurizadoras para redes comunes.
- Filtros sedimentadores para pretratamiento de agua pluvial.
- Sistema de riego por goteo para el huerto y áreas verdes.

c) Equipos de gestión ambiental

- Compostera comunitaria para residuos orgánicos.
- Contenedores del punto limpio para reciclaje de vidrio, papel, plástico y latas.
- Sensores solares para iluminación exterior, optimizando consumo energético nocturno.

d) Equipos de mantención comunitaria

- Cortacésped eléctrico o a batería
- Herramientas de jardinería
- Kits de reparación para canaletas y sistemas de riego

2.1.6.3 Justificación de la selección de equipos

La elección de los equipos se fundamenta en:

1. **Compatibilidad total con el sistema SIP y Metalcom**, que requiere precisión y montaje limpio, no maquinaria pesada.
2. **Alineación con los principios del proyecto**, priorizando energías renovables, eficiencia hídrica y baja mantención.
3. **Reducción de costos operativos a largo plazo**, mediante planta fotovoltaica central, colectores solares y sistemas de control automático.
4. **Facilidad de operación comunitaria**, especialmente en huerto, compostaje y áreas verdes.

En conjunto, la selección de equipos permite un proceso constructivo eficiente y un funcionamiento sustentable del eco-conjunto, acorde a los criterios de prefactibilidad técnica del proyecto.

2.2. ASPECTOS TÉCNICOS Y LEGALES

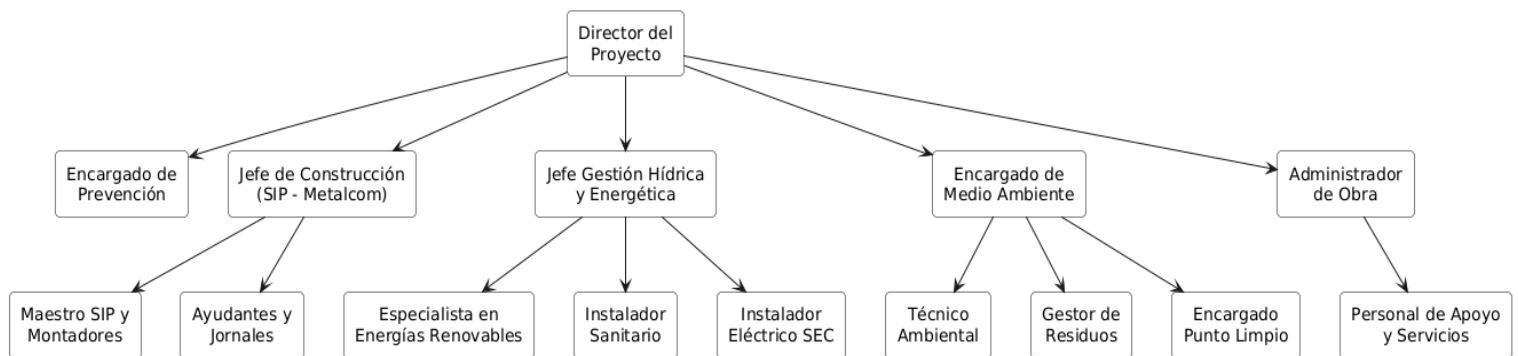
A continuación, se describen los aspectos organizacionales, de personal, legales y medioambientales necesarios para la correcta ejecución y futura operación del eco-conjunto habitacional sustentable propuesto. Estos elementos permiten definir con precisión la estructura de gestión del proyecto, los recursos humanos requeridos, las normativas aplicables y las consideraciones ambientales que condicionan su factibilidad técnica.

2.2.1. Estructura Organizacional

Para cada proyecto es posible definir la estructura organizativa que más se adapte a los requerimientos de su posterior operación. Conocer esta estructura es fundamental para establecer las necesidades de personal calificado, asegurar la adecuada supervisión de las obras y, por ende, estimar con mayor precisión los costos indirectos asociados a la mano de obra ejecutiva.

En el caso del eco-conjunto habitacional sustentable en Casablanca, la estructura organizacional propuesta responde a la complejidad técnica del modelo constructivo basado en paneles SIP, sistemas de eficiencia hídrica y energética, y obras de infraestructura comunitaria y a la necesidad de garantizar un adecuado control tanto de la obra como de las soluciones sustentables implementadas.

Figura 6. Organigrama del equipo de gestión y ejecución del proyecto



2.2.2. **Personal, cargos y perfiles**

La correcta ejecución del eco-conjunto habitacional sustentable propuesto requiere de un equipo multidisciplinario compuesto por profesionales y técnicos capaces de abordar las distintas etapas del proyecto, desde la planificación y supervisión de obra hasta la implementación de sistemas de eficiencia hídrica, energética y ambiental. A continuación, se presentan los principales cargos necesarios para la operación del proyecto, junto con sus perfiles, experiencia requerida y responsabilidades específicas. La definición clara de estos roles permite asegurar la calidad constructiva, el cumplimiento normativo y la adecuada gestión de los sistemas sustentables que conforman el conjunto.

- **Cargo: Director del Proyecto**

Título Universitario: Ingeniero Constructor / Arquitecto.

Experiencia: 10 años de experiencia en dirección y supervisión de obras.

Objetivos del cargo: Responsable de la planificación general del proyecto, coordinación técnica, control económico y supervisión de la correcta ejecución del eco-conjunto habitacional sustentable.

- **Cargo: Encargado de Prevención**

Título Universitario: Ingeniero en Prevención de Riesgos / Técnico en Prevención.

Experiencia: 5 años de experiencia en seguridad y gestión de riesgos en obra.

Objetivos del cargo: Asegurar el cumplimiento de normativas de seguridad, gestionar riesgos asociados al proceso constructivo y realizar capacitaciones preventivas.

- **Cargo: Jefe de Construcción (SIP – Metalcom)**

Título Universitario: Constructor Civil / Ingeniero Constructor.

Experiencia: 5 a 8 años en construcción con sistemas industrializados y montaje SIP.

Objetivos del cargo: Supervisar el montaje estructural, radieres, instalaciones interiores y terminaciones, garantizando calidad y cumplimiento de plazos.

- **Cargo: Maestro SIP y Montadores**

Título: Técnico en Construcción / Carpintero o Montador SIP certificado.

Experiencia: 3 años en montaje de paneles SIP o estructuras prefabricadas.

Objetivos del cargo: Ejecutar el montaje de paneles SIP, estructuras livianas, fijaciones y sellos térmicos del sistema constructivo.

- **Cargo: Ayudantes y Jornaes**

Título: No requiere.

Experiencia: 1 a 2 años en labores de obra.

Objetivos del cargo: Apoyo en maniobras, traslado de materiales, aseo y asistencia general en faenas de construcción.

- **Cargo: Jefe de Gestión Hídrica y Energética**

Título Universitario: Ingeniero en Energías Renovables / Ingeniero Eléctrico o Sanitario.

Experiencia: 5 años en montaje y supervisión de sistemas fotovoltaicos, solares térmicos y redes sanitarias.

Objetivos del cargo: Supervisar la implementación de sistemas fotovoltaicos, solar térmico, captación de aguas lluvia y riego eficiente del conjunto.

- **Cargo: Especialista en Energías Renovables**

Título: Técnico en Energías Renovables.

Experiencia: 2 a 3 años en instalación y mantenimiento de sistemas solares.

Objetivos del cargo: Montar, calibrar y mantener los sistemas fotovoltaicos y solares térmicos del proyecto.

- **Cargo: Instalador Sanitario**

Título: Técnico en Instalaciones Sanitarias o Gasfiter certificado.

Experiencia: 3 años en proyectos habitacionales.

Objetivos del cargo: Instalar redes de agua potable, alcantarillado y drenaje pluvial del conjunto.

- **Cargo: Instalador Eléctrico SEC**

Título: Electricista certificado SEC Clase D o superior.

Experiencia: 3 a 5 años en instalaciones residenciales.

Objetivos del cargo: Instalar y certificar redes eléctricas, tableros, protecciones y preinstalación fotovoltaica.

- **Cargo: Encargado de Medio Ambiente**

Título Universitario: Técnico o Ingeniero Ambiental.

Experiencia: 3 años en gestión ambiental y manejo de residuos.

Objetivos del cargo: Administrar el punto limpio, compostaje, manejo de residuos y asegurar el cumplimiento de normativas ambientales.

- **Cargo: Técnico Ambiental**

Título: Técnico Ambiental.

Experiencia: 1 a 2 años en monitoreo ambiental.

Objetivos del cargo: Apoyo en la medición, registro y control ambiental del proyecto, además de actividades de educación ambiental comunitaria.

- **Cargo: Gestor de Residuos**

Título: Operador o Técnico Ambiental.

Experiencia: 2 años en manejo de residuos.

Objetivos del cargo: Clasificar, ordenar y gestionar los residuos generados durante la obra y la operación del eco-conjunto.

- **Cargo: Administrador de Obra**

Título Universitario: Ingeniero Constructor / Técnico en Construcción.

Experiencia: 5 años en administración de obras civiles.

Objetivos del cargo: Gestionar documentación, compras, recursos, logística y coordinación administrativa del proyecto.

- **Cargo: Personal de Apoyo y Servicios**

Título: No requiere.

Experiencia: 1 a 2 años en labores operativas.

Objetivos del cargo: Realizar apoyo general en obra, mantenimiento básico, orden y tareas auxiliares necesarias.

2.2.2.1 Programa de trabajo, turnos y gastos en personal

El programa de trabajo del proyecto se organiza en función de las etapas constructivas definidas en el estudio técnico y de las necesidades del sistema constructivo SIP, el cual permite optimizar los tiempos de ejecución y reducir la generación de residuos. Con el fin de asegurar una operación ordenada, eficiente y continua, se determina un único turno laboral diario que abarca todas las actividades planificadas para la obra.

Programa de Trabajo

El desarrollo del proyecto contempla cinco etapas principales:

1. Preparación del terreno y ejecución del radier

Incluye trabajos de nivelación, trazado, compactación, moldajes, enfierradura y tendido inicial de ductos para instalaciones sanitarias y eléctricas. Esta fase constituye la base estructural sobre la cual se montarán los paneles SIP.

2. Montaje estructural SIP y Metalcom

Comprende el levantamiento de muros estructurales, techumbre, ensamblajes, sellos térmicos y fijaciones específicas del sistema SIP. Esta etapa se beneficia de la rapidez del montaje industrializado.

3. Instalaciones sanitarias y eléctricas

Considera la instalación de redes de agua potable, alcantarillado, drenaje de aguas lluvias, cableado interno, tableros eléctricos, protecciones y la preinstalación fotovoltaica. Esta fase requiere personal certificado y especializado (SEC y gasfiter autorizado).

4. Terminaciones interiores y exteriores

Incluye tabiquería interior, revestimientos, pintura, instalación de puertas y ventanas, y acabados finales que permitirán la habitabilidad de las viviendas.

5. Implementación de infraestructura comunitaria sustentable

Considera la instalación de la planta fotovoltaica central, sistemas solares térmicos, huertos, áreas verdes con riego eficiente, puntos limpios, compostaje y senderos comunitarios.

Turno de Trabajo

El proyecto se ejecutará bajo un único turno diario, diseñado para cubrir la totalidad de las actividades operacionales de la obra:

Turno único: 08:00 a 17:30 hrs

Este horario permite un flujo continuo de trabajo, asegura la presencia simultánea de los equipos técnicos necesarios y mantiene la eficiencia en las tareas de montaje SIP y terminaciones. Además, reduce la necesidad de coordinación entre múltiples turnos y facilita el control de calidad y seguridad dentro del proyecto.

No se contemplan turnos nocturnos ni vespertinos, debido a que el montaje SIP y las actividades constructivas requieren condiciones de visibilidad adecuadas y, además, para evitar impactos sonoros en el entorno.

Gastos en Personal

Los costos asociados al personal del proyecto incluyen los siguientes componentes:

- **Remuneraciones del equipo profesional y técnico**, considerando su nivel de especialización.
- **Cargas previsionales y obligaciones laborales**, establecidas por la legislación vigente.
- **Equipos de Protección Personal (EPP)** necesarios para el trabajo seguro en obra.
- **Capacitación específica**, especialmente en montaje SIP, seguridad y manejo de sistemas de energías renovables.
- **Herramientas y materiales de operación**, requeridos para el adecuado desarrollo de cada etapa.
- **Servicios especializados externos**, como instalación certificada SEC y montaje de sistemas solares.

Estos gastos se incorporan al análisis económico del proyecto y representan un componente relevante del costo total de ejecución.

2.2.3. **MARCO LEGAL**

El desarrollo del eco-conjunto habitacional sustentable en la comuna de Casablanca debe enmarcarse dentro de la normativa legal vigente en Chile, la cual regula los aspectos urbanísticos, constructivos, sanitarios, eléctricos, laborales y ambientales asociados a proyectos habitacionales. El cumplimiento de este marco legal es fundamental para asegurar la viabilidad técnica del proyecto, la obtención de los permisos correspondientes y la correcta ejecución y operación de las viviendas.

En primer lugar, el proyecto se rige por la Ley General de Urbanismo y Construcciones (LGUC) y su respectiva Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (OGUC), las cuales establecen las disposiciones relativas al uso de suelo, condiciones de edificación, alturas, rasantes, coeficientes de ocupación y requisitos técnicos de las viviendas. Asimismo, se debe obtener el permiso de edificación y la recepción final de obras otorgados por la Dirección de Obras Municipales (DOM) de Casablanca.

Desde el punto de vista estructural y constructivo, el proyecto debe cumplir con las normas chilenas aplicables a edificaciones livianas y sistemas industrializados, tales como las normas de cálculo estructural, resistencia de materiales y seguridad estructural. El uso de paneles SIP debe respaldarse mediante certificaciones técnicas que acrediten su comportamiento térmico, estructural y frente al fuego, conforme a los estándares nacionales vigentes.

En materia de instalaciones eléctricas, el proyecto se rige por la normativa de la Superintendencia de Electricidad y Combustibles (SEC), debiendo ser ejecutadas y certificadas por un instalador eléctrico autorizado. Esto incluye tanto las instalaciones interiores de cada vivienda como la preinstalación y puesta en marcha de los sistemas fotovoltaicos comunitarios y domiciliarios.

Respecto a las instalaciones sanitarias, se deben cumplir los reglamentos vigentes sobre instalaciones domiciliarias de agua potable y alcantarillado, además de las disposiciones del Ministerio de Obras Públicas (MOP) en relación con la evacuación y manejo de aguas lluvias. En el caso de sistemas de captación y reutilización de aguas, estos deben ajustarse a las normativas sanitarias y técnicas aplicables, garantizando la seguridad sanitaria de los usuarios.

En el ámbito laboral, la ejecución del proyecto debe ajustarse a lo establecido en el Código del Trabajo, la Ley N°16.744 sobre accidentes del trabajo y enfermedades profesionales, y las normativas de seguridad y salud ocupacional, asegurando condiciones de trabajo seguras durante toda la etapa de construcción.

Finalmente, el proyecto se alinea con las políticas públicas y lineamientos del Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU) en materia de construcción sustentable, tales como los Estándares de Construcción Sustentable para Viviendas (ECSV) y los principios de eficiencia energética y gestión hídrica promovidos a nivel nacional. El cumplimiento de este marco legal garantiza que el eco-conjunto habitacional pueda desarrollarse de forma regular, segura y conforme a los objetivos de sostenibilidad planteados.

2.2.4. **Impacto Medioambiental**

El proyecto de eco-conjunto habitacional sustentable presenta un enfoque orientado a la minimización de impactos ambientales, tanto en su etapa de construcción como en su fase operativa. La incorporación de sistemas de eficiencia energética, gestión hídrica y manejo de residuos permite reducir significativamente los efectos negativos asociados a desarrollos habitacionales convencionales.

Durante la etapa de construcción, los principales impactos ambientales se relacionan con la generación de residuos, el consumo de materiales y el uso de energía en obra. No obstante, el empleo de paneles SIP y sistemas constructivos industrializados reduce los tiempos de ejecución, disminuye la cantidad de residuos generados y limita el uso de maquinaria pesada, contribuyendo a una menor huella ambiental. Además, la planificación de obra considera la segregación de residuos y su disposición controlada.

En cuanto al impacto sobre el suelo, este se considera acotado, dado que el proyecto utiliza radier superficial y presenta un movimiento de tierras limitado. La incorporación de áreas verdes permeables y sistemas de riego eficiente favorece la infiltración natural del agua y reduce la compactación del terreno.

Respecto al recurso hídrico, el impacto ambiental es mayoritariamente positivo. La captación de aguas lluvias, el uso de artefactos sanitarios eficientes y la reutilización de agua para riego permiten disminuir la demanda de agua potable, contribuyendo a una gestión más responsable del recurso, especialmente relevante en una comuna con estacionalidad hídrica como Casablanca.

En términos de energía, el proyecto incorpora una planta fotovoltaica central, sistemas solares térmicos y un diseño pasivo de alto desempeño térmico mediante paneles SIP. Estas estrategias permiten reducir el consumo energético, disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero y aumentar la autonomía energética del conjunto habitacional.

El manejo de residuos constituye otro aspecto ambiental relevante. La implementación de un punto limpio y sistemas de compostaje comunitario

permite gestionar internamente una proporción significativa de los residuos generados, reduciendo la cantidad destinada a disposición final y promoviendo prácticas de economía circular entre los residentes.

Desde una perspectiva social y territorial, el proyecto genera un impacto positivo al mejorar la calidad de vida de las familias, promover la educación ambiental y fomentar una relación más consciente con el entorno natural. Asimismo, el diseño del eco-conjunto se integra armónicamente con el paisaje de Casablanca, respetando las condiciones climáticas y territoriales del sector.

Considerando la magnitud del proyecto y las medidas de mitigación incorporadas, el eco-conjunto habitacional no presenta impactos ambientales significativos que justifiquen la elaboración de un Estudio de Impacto Ambiental (EIA). Sin embargo, en caso de ser requerido por la autoridad competente, el proyecto podría someterse a una Declaración de Impacto Ambiental (DIA), acreditando su compatibilidad ambiental.

2.3. DISEÑO DE LA PLANTA

El diseño de la planta del proyecto corresponde a la definición técnica de los sistemas físicos que permiten la materialización del eco-conjunto habitacional sustentable, integrando los criterios de eficiencia hídrica, energética y constructiva definidos previamente en el estudio técnico. Este diseño se desarrolla como una extensión directa de los procesos descritos en el punto 2.1, asegurando coherencia entre la solución constructiva propuesta, la selección de equipos y el funcionamiento operativo del conjunto.

El diseño de planta considera la disposición y configuración de los sistemas de tuberías, el sistema de potencias eléctricas y las obras civiles necesarias para la ejecución del proyecto, priorizando soluciones simples, eficientes y compatibles con el sistema constructivo SIP y con las condiciones territoriales de la comuna de Casablanca. Asimismo, se busca minimizar interferencias entre sistemas, facilitar la mantención futura y reducir los impactos ambientales asociados a la construcción y operación del conjunto.

2.3.1. Diseño del sistema de tuberías

El diseño del sistema de tuberías del eco-conjunto habitacional se estructura considerando cuatro subsistemas principales: agua potable, evacuación de aguas servidas, manejo de aguas lluvias y red de riego para áreas verdes y huerto comunitario. La configuración del sistema responde a los resultados del balance hídrico desarrollado en el punto 2.1.5, permitiendo una gestión eficiente

del recurso agua y reduciendo la dependencia del suministro potable.

Cada vivienda dispone de una red interna de agua potable conectada a la red pública, diseñada con trazados cortos y diámetros adecuados para minimizar pérdidas de carga y facilitar su operación. De manera complementaria, las cubiertas de paneles SIP incorporan canaletas y bajadas pluviales destinadas a la captación de aguas lluvias, las cuales son conducidas mediante tuberías independientes hacia estanques de acumulación comunitarios.

Las aguas captadas se destinan prioritariamente al riego de áreas verdes y al huerto comunitario, mediante una red de distribución secundaria de baja presión, reduciendo el consumo de agua potable. El sistema de evacuación de aguas servidas se diseña de acuerdo con la normativa sanitaria vigente, considerando pendientes adecuadas, ventilación de redes y conexión a la red de alcantarillado existente.

Las tuberías se disponen principalmente bajo radier y en zonas técnicas definidas, evitando interferencias con la estructura SIP y facilitando eventuales labores de inspección y mantención. Los materiales seleccionados priorizan durabilidad, resistencia a la corrosión y compatibilidad con sistemas de bajo consumo hídrico.

2.3.2. **Diseño del sistema de potencias**

El diseño del sistema de potencias eléctricas se basa en el análisis energético desarrollado en el balance de energía del punto 2.1.5, considerando tanto la demanda residencial como los requerimientos energéticos de las áreas comunes del eco-conjunto. El sistema se estructura a partir de una red eléctrica convencional complementada con generación renovable, con el objetivo de reducir la demanda externa y mejorar la eficiencia operativa del conjunto.

Cada vivienda cuenta con una instalación eléctrica interior diseñada conforme a la normativa de la Superintendencia de Electricidad y Combustibles (SEC), incorporando tableros generales, protecciones diferenciales y circuitos independientes para iluminación, enchufes y equipos específicos. Se contempla además la preinstalación fotovoltaica domiciliaria, lo que permite futuras ampliaciones de generación sin intervenciones estructurales.

A nivel comunitario, el diseño de planta considera la incorporación de una planta fotovoltaica central, destinada a abastecer la iluminación exterior, bombas hidráulicas, equipamiento del punto limpio y otros consumos comunes. El sistema de potencias prioriza el autoconsumo energético, disminuyendo las pérdidas por transmisión y reduciendo los costos operativos del conjunto.

La iluminación exterior se diseña con luminarias de bajo consumo y sistemas de control automático, como sensores crepusculares, contribuyendo a una operación energética eficiente. La disposición de canalizaciones eléctricas y cámaras de inspección permite una operación segura, ordenada y de fácil mantención.

2.3.3. **Diseño de obras civiles**

El diseño de las obras civiles se desarrolla considerando las características del terreno, el sistema constructivo liviano y la organización espacial definida en el layout del eco-conjunto. Las soluciones adoptadas buscan reducir el movimiento de tierras, optimizar el uso de materiales y asegurar la estabilidad estructural del proyecto.

Las viviendas se emplazan sobre radier superficial de hormigón, diseñado para soportar adecuadamente las cargas estructurales del sistema SIP y garantizar durabilidad y buen comportamiento térmico. Este tipo de fundación permite una ejecución eficiente, coherente con la prefabricación y con un menor impacto sobre el suelo.

Las obras civiles contemplan además la ejecución de vialidades interiores de baja velocidad, senderos peatonales, áreas verdes permeables y espacios comunitarios, los cuales se integran funcionalmente con los sistemas de gestión hídrica y energética del proyecto. Se consideran drenajes superficiales y subterráneos para el control de escorrentías, evitando acumulaciones de agua y favoreciendo la infiltración controlada.

Asimismo, el diseño incluye las bases estructurales necesarias para la instalación de la planta fotovoltaica central, estanques de acumulación de aguas lluvias y equipamiento comunitario, asegurando estabilidad y accesibilidad para mantención. En conjunto, las obras civiles permiten una implantación ordenada del proyecto, coherente con los principios de sustentabilidad y con los objetivos de prefactibilidad técnica definidos en la investigación.

2.4. DOCUMENTOS DEL PROYECTO

El desarrollo del eco-conjunto habitacional sustentable considera la elaboración y recopilación de un conjunto de documentos técnicos que respaldan la factibilidad del proyecto y permiten validar las decisiones constructivas, operacionales y económicas adoptadas en el estudio. Estos documentos constituyen el soporte técnico del diseño de la planta y de los sistemas definidos en el capítulo 2, asegurando coherencia entre el planteamiento conceptual, el diseño técnico y la evaluación económica.

La documentación del proyecto se estructura de manera ordenada, diferenciando aquellos antecedentes incluidos en el cuerpo principal de la tesis y aquellos que se presentan como anexos, con el fin de facilitar su revisión y trazabilidad.

2.4.1. Planos generales de las instalaciones

Los planos generales de las instalaciones corresponden a la representación gráfica de los principales sistemas del eco-conjunto habitacional, permitiendo visualizar su disposición espacial, interconexión y funcionamiento. Estos planos consideran la ubicación de las viviendas, áreas comunes, vialidades interiores y la infraestructura asociada a los sistemas de tuberías, potencias eléctricas y obras civiles.

En particular, los planos incluyen esquemas generales de las redes de agua potable, evacuación de aguas servidas, manejo de aguas lluvias y distribución de riego, así como la disposición de canalizaciones eléctricas, tableros generales, planta fotovoltaica central y puntos de consumo energético. La información contenida en estos planos es coherente con el diseño de planta desarrollado en el punto 2.3 y con los criterios de eficiencia definidos en el estudio técnico.

Los planos se presentan a nivel de prefactibilidad, con un grado de detalle suficiente para comprender el funcionamiento general del proyecto y estimar costos, sin llegar aún al nivel de ingeniería de detalle.

2.4.2. **Especificaciones Técnicas y Bases Administrativas (EETT)**

Las especificaciones técnicas y bases administrativas del proyecto establecen las condiciones mínimas que deben cumplir los materiales, equipos, procesos constructivos y servicios asociados a la ejecución del eco-conjunto habitacional. Estas especificaciones se elaboran en concordancia con la normativa vigente, el sistema constructivo SIP y los criterios de sustentabilidad definidos en la investigación.

Las EETT consideran aspectos tales como características de los paneles SIP, terminaciones, instalaciones sanitarias y eléctricas, sistemas de energías renovables, manejo de residuos y condiciones de seguridad en obra. Asimismo, las bases administrativas definen lineamientos generales de ejecución, control de calidad, responsabilidades técnicas y cumplimiento de plazos.

Este conjunto de documentos permite estandarizar la ejecución del proyecto y constituye una referencia fundamental para la evaluación técnica y económica del mismo.

2.4.3. **Cotizaciones**

Con el objetivo de respaldar la estimación de costos del proyecto, se recopiló cotizaciones reales de proveedores de materiales, equipos y servicios relevantes para la ejecución del eco-conjunto habitacional. Estas cotizaciones incluyen, entre otros, paneles SIP, sistemas fotovoltaicos, materiales sanitarios, componentes eléctricos y servicios especializados.

Las cotizaciones originales se incorporan como anexos a la presente tesis, mientras que los valores obtenidos se utilizan en el desarrollo del análisis económico y financiero del proyecto. De esta forma, se asegura que los costos considerados en el estudio reflejen precios de mercado y otorguen mayor confiabilidad a los resultados de la evaluación económica.

2.4.4. **Cálculos obtenidos**

El proyecto considera una serie de cálculos técnicos que permiten dimensionar adecuadamente los sistemas propuestos y evaluar su coherencia operativa. Entre estos se incluyen cálculos de consumo hídrico, balance de aguas

lluvias, demanda energética, capacidad de generación fotovoltaica, estimación de cargas eléctricas y dimensionamiento general de redes.

Estos cálculos se desarrollan a nivel de prefactibilidad, utilizando supuestos conservadores y criterios técnicos ampliamente aceptados, con el fin de asegurar la viabilidad del proyecto y evitar sub-dimensionamientos. Los resultados obtenidos se utilizan como base para el diseño de la planta y para la estimación de costos asociados a cada sistema.

Los desarrollos matemáticos detallados se presentan de manera resumida en el cuerpo del trabajo, mientras que los cálculos completos se incluyen en anexos cuando corresponde.

2.4.5. **Informes técnicos**

Como complemento a la documentación del proyecto, se elaboran informes técnicos que analizan aspectos específicos relevantes para la factibilidad del eco-conjunto habitacional. Estos informes abordan materias como desempeño térmico del sistema SIP, eficiencia energética, gestión hídrica, impacto ambiental y viabilidad constructiva del proyecto.

Los informes técnicos permiten fundamentar las decisiones adoptadas en el diseño y refuerzan el carácter técnico de la investigación. Asimismo, constituyen un respaldo adicional frente a eventuales evaluaciones por parte de organismos públicos, inversionistas o entidades técnicas.

En conjunto, la documentación del proyecto demuestra que el eco-conjunto habitacional sustentable cuenta con un soporte técnico sólido y coherente, acorde con los objetivos de la presente tesis y con el nivel de un estudio de prefactibilidad técnica-económica.

3. CAPÍTULO 3: EVALUACION ECONÓMICA

3.1 ANTECEDENTES FINANCIEROS

El presente apartado tiene por finalidad desarrollar la evaluación económica y financiera integral del proyecto de eco-conjunto habitacional sustentable, considerando todos los desembolsos de inversión, la estructura de costos, las fuentes de financiamiento y los flujos de caja proyectados. El análisis se realiza a nivel de prefactibilidad, lo que implica trabajar con supuestos técnicos y económicos realistas, consistentes con proyectos inmobiliarios de pequeña escala y con el grado de definición alcanzado en los capítulos anteriores.

La evaluación financiera se apoya en la construcción de un flujo de caja proyectado a tres años, elaborado en Microsoft Excel, el cual incorpora la etapa de inversión inicial, el período de construcción de las viviendas mediante sistema SIP y la posterior comercialización total del conjunto habitacional. A partir de dicho flujo se calculan los principales indicadores financieros, permitiendo determinar la conveniencia económica del proyecto y su sensibilidad frente a distintos niveles de financiamiento.

3.2.1 Fuentes de financiamiento

El proyecto considera una estructura de financiamiento mixta, compuesta por aportes de capital propio y financiamiento externo mediante crédito bancario. Esta combinación resulta coherente con la naturaleza del proyecto y con las prácticas habituales del sector inmobiliario, permitiendo disminuir el requerimiento de capital inicial del inversionista y evaluar el efecto del apalancamiento financiero sobre la rentabilidad del proyecto.

El capital propio se destina principalmente a cubrir una parte de la inversión inicial y los requerimientos operativos tempranos, mientras que el crédito bancario complementa el financiamiento necesario para ejecutar el proyecto en los plazos definidos. Con el fin de analizar el impacto del endeudamiento, se modelan distintos escenarios de financiamiento, los cuales permiten evaluar cómo varían los flujos de caja y los indicadores de rentabilidad ante diferentes proporciones de deuda y capital propio.

3.2.2 Costo de financiamiento (tasa y amortización)

El financiamiento externo considerado en el proyecto corresponde a un crédito bancario con tasa de interés anual fija, representativa de las condiciones de mercado para proyectos de construcción e inversión inmobiliaria de características similares. La tasa utilizada refleja tanto el costo del dinero como el riesgo asociado a la ejecución del proyecto.

El crédito se amortiza mediante un esquema de cuotas periódicas, las cuales incorporan el pago de intereses y la amortización de capital. Este esquema permite distribuir el servicio de la deuda a lo largo del horizonte del proyecto, facilitando su integración en el flujo de caja y permitiendo evaluar su impacto sobre los flujos netos disponibles para el inversionista.

El costo del financiamiento se incorpora explícitamente en el flujo de caja proyectado, asegurando una correcta representación del efecto del endeudamiento sobre la viabilidad económica del proyecto.

Tabla 3. Cuadro de amortización del financiamiento crediticio según nivel de endeudamiento

Amortización 25%					PMT	-3399,75419
N° de períodos	0	1	2	3	Interés	0,216
Principal (deuda)	-6985,87486	-5095,06963	-2795,85049	0		
Amortización		-1890,80522	-2299,21915	-2795,85049		
Interés		-1508,94897	-1100,53504	-603,903705		
Cuota o pago		-3399,75419	-3399,75419	-3399,75419		
Amortización 50%					PMT	-6774,41975
N° de períodos	0	1	2	3	Interés	0,2136
Principal (deuda)	-13971,7497	-10181,6957	-5582,08615	0		
Amortización		-3790,05401	-4599,60955	-5582,08615		
Interés		-2984,36574	-2174,8102	-1192,3336		
Cuota o pago		-6774,41975	-6774,41975	-6774,41975		
Amortización 75%					PMT	-10161,6296
N° de períodos	0	1	2	3	Interés	0,2136
Principal (deuda)	-20957,6246	-15272,5435	-8373,12922	0		
Amortización		-5685,08102	-6899,41433	-8373,12922		
Interés		-4476,54861	-3262,2153	-1788,5004		
Cuota o pago		-10161,6296	-10161,6296	-10161,6296		

3.2.3 Valor Actual Neto (VAN), Tasa Interna de Retorno (TIR) y Período de Recuperación de la Inversión (PRI)

La rentabilidad del proyecto se evalúa mediante los indicadores financieros Valor Actual Neto (VAN), Tasa Interna de Retorno (TIR) y Período de Recuperación de la Inversión (PRI), calculados a partir del flujo de caja proyectado.

El VAN permite determinar el valor económico generado por el

proyecto, expresado en términos actuales, descontando los flujos futuros a una tasa que representa el costo de capital. Un VAN positivo indica que el proyecto genera valor y resulta económicamente conveniente. La TIR corresponde a la tasa de descuento que iguala a cero el VAN del proyecto y refleja la rentabilidad interna de la inversión. Por su parte, el PRI indica el tiempo requerido para recuperar la inversión inicial a partir de los flujos de caja generados.

Estos indicadores se calculan para distintos escenarios de financiamiento, permitiendo analizar la sensibilidad de la rentabilidad del proyecto frente al uso de deuda y capital propio.

Tabla 4. Indicadores VAN, TIR y PRI del proyecto

	PURO	25%	50%	75%
VAN	-6016,04	-3701,38	-1360,32	967,54
PRI	NO	NO	NO	3
TIR	11%	12%	16%	25%

3.2.4 Tasa de descuento y horizonte del proyecto

La evaluación económica se desarrolla considerando un horizonte de evaluación de tres años, el cual resulta plenamente coherente con la naturaleza del proyecto, orientado a la construcción y venta de 17 viviendas unifamiliares de 151 m², ejecutadas mediante sistema constructivo SIP. Este horizonte incorpora la totalidad del ciclo económico del proyecto, desde la inversión inicial y el período de construcción (15 meses), hasta la comercialización completa del conjunto habitacional.

La tasa de descuento utilizada corresponde a una tasa representativa del costo de capital del proyecto, considerando el riesgo propio de la actividad inmobiliaria, la duración acotada del proyecto y las condiciones de financiamiento disponibles. Esta tasa se utiliza para actualizar los flujos de caja proyectados y calcular los indicadores financieros, permitiendo una evaluación consistente y comparable del proyecto.

3.2.5 INVERSIONES

La inversión total del proyecto comprende todos los desembolsos necesarios para materializar el eco-conjunto habitacional, incluyendo la adquisición del terreno, la construcción de las viviendas, las obras de urbanización, los gastos de puesta en marcha y el capital de trabajo requerido para la correcta ejecución del proyecto.

3.2.5.1 **Inversión en activos fijos y/o tangibles**

La inversión en activos fijos corresponde a los bienes de carácter permanente necesarios para la ejecución del proyecto. En este caso, incluye la construcción de las viviendas mediante sistema SIP, las obras de infraestructura comunitaria, la urbanización interior del conjunto y la adquisición de herramientas y equipos reutilizables propios de la obra.

Se excluye de esta categoría la maquinaria pesada y los equipos de gran envergadura, tales como grúas y maquinaria de movimiento de tierra, los cuales se consideran como costos de construcción bajo modalidad de arriendo, decisión coherente con la escala del proyecto y su duración limitada.

Tabla 5. Inversión total en activos fijos y/o tangibles del proyecto

Concepto	Monto (CLP)	Monto (UF)
Adquisición del terreno	380.000.000	9.585,41
Construcción 17 viviendas SIP	680.000.000	17.152,84
Obras comunitarias y urbanización	102.000.000	2.572,93
Puesta en marcha	40.800.000	1.029,17
Imprevistos	47.600.000	1.200,70
Herramientas y equipos de obra	4.280.000	107,96
Equipos de oficina	2.354.000	59,38
Equipamiento inicial de seguridad	1.514.000	38,19
TOTAL INVERSIÓN EN ACTIVOS FIJOS	1.258.548.000	31.746,57

La inversión en activos fijos considera la adquisición del terreno, la construcción de 17 viviendas mediante sistema SIP, las obras de urbanización y equipamiento comunitario, además de herramientas y equipos reutilizables necesarios para la ejecución del proyecto. Los equipos de gran envergadura utilizados en faena (p. ej., grúa para montaje de paneles y maquinaria pesada) se consideran como costos de construcción bajo modalidad de arriendo, por corresponder a recursos temporales de obra.

3.2.5.2 Inversión en puesta en marcha

La inversión en puesta en marcha incluye los costos asociados a la habilitación inicial del proyecto, tales como estudios técnicos, diseño arquitectónico y de especialidades, tramitación de permisos, gastos administrativos iniciales y coordinación general del proyecto. Estos costos se consideran inversión debido a su carácter no recurrente y a su directa vinculación con la viabilidad del proyecto.

Tabla 6. Inversión en puesta en marcha del proyecto

Concepto	Monto (CLP)	Monto (UF)
Estudios técnicos y prefactibilidad	6.500.000	163,95
Diseño arquitectónico	9.800.000	247,16
Proyectos de especialidades (sanitario, eléctrico, estructural)	8.200.000	206,87
Permisos municipales y tramitaciones	4.300.000	108,47
Gastos notariales y legales iniciales	1.600.000	40,36
Coordinación y gestión inicial del proyecto	6.400.000	161,43
Habilitación oficina de obra	4.000.000	100,90
TOTAL, INVERSIÓN EN PUESTA EN MARCHA	40.800.000	1.029,17

La inversión en puesta en marcha corresponde a los costos necesarios para habilitar el proyecto previo al inicio de la etapa constructiva. Estos costos incluyen estudios técnicos, diseño arquitectónico y de especialidades, tramitación de permisos, gastos legales iniciales y la habilitación de la oficina de obra. Dado su carácter no recurrente y su directa vinculación con la viabilidad del proyecto, dichos desembolsos se consideran como inversión inicial.

3.1.5.3. Inversión en capital de trabajo

El capital de trabajo corresponde a los recursos financieros necesarios para cubrir los gastos operativos del proyecto durante la etapa de construcción y el inicio del proceso de comercialización. Este capital permite financiar pagos a proveedores, mano de obra y servicios generales, asegurando la continuidad de las operaciones sin restricciones de liquidez.

Tabla 7. Inversión en capital de trabajo del proyecto

Concepto	Monto mensual (CLP)	Meses considerados	Monto total (CLP)	Monto total (UF)
Mano de obra de planta	7.660.000	17	130.220.000	3.285,27
Gastos administrativos y servicios generales	610.000	17	10.370.000	261,62
Costos operacionales menores y suministros	200.000	17	3.400.000	85,77
TOTAL INVERSIÓN EN CAPITAL DE TRABAJO			143.990.000	3.632,66

El capital de trabajo del proyecto se estima considerando que la comercialización de las viviendas se inicia una vez finalizada la etapa constructiva. En este contexto, se requiere financiar la totalidad de los gastos operacionales durante los 17 meses de construcción, incluyendo mano de obra de planta, gastos administrativos y servicios generales, y costos operacionales menores. Este capital permite cubrir el desfase temporal entre los desembolsos operacionales y la generación de ingresos del proyecto.

3.2.6 **CUADRO DE REINVERSIONES**

Dado que el proyecto presenta un horizonte de evaluación de tres años y se orienta exclusivamente a la construcción y posterior venta de diecisiete viviendas unifamiliares, no se consideran reinversiones durante el período de análisis. Los activos adquiridos al inicio del proyecto, tales como herramientas, equipos de obra y equipamiento de apoyo, presentan una vida útil superior al horizonte de evaluación, permitiendo cubrir adecuadamente la ejecución del proyecto sin requerir reposiciones adicionales.

Asimismo, el proyecto no contempla una etapa de operación posterior a la venta de las viviendas, por lo que no se prevén inversiones adicionales destinadas a ampliación, mantención o reposición de activos. En consecuencia, el cuadro de reinversiones del proyecto presenta valores nulos para todo el horizonte de evaluación, lo cual resulta coherente con la naturaleza, duración y alcance del proyecto analizado.

3.2 Flujos de caja y sensibilización

En el presente apartado se desarrollan los flujos de caja proyectados del proyecto, considerando distintos escenarios de financiamiento, así como un análisis de sensibilidad del precio de venta de las viviendas. El objetivo de este análisis es evaluar el comportamiento financiero del proyecto frente a variaciones en el nivel de endeudamiento y en una de las variables más relevantes del modelo económico: el precio de venta.

Los flujos de caja se elaboran sobre la base de los antecedentes financieros definidos en la sección anterior, incorporando la inversión inicial, los costos operacionales, el capital de trabajo, el servicio de la deuda y los ingresos por venta de las viviendas. Todos los flujos se expresan en valores reales, netos de IVA, y se proyectan para un horizonte de evaluación de tres años.

3.2.1 Flujo de Caja PURO

El flujo de caja puro evalúa el proyecto sin considerar financiamiento externo, utilizando exclusivamente capital propio. Los resultados obtenidos muestran un VAN negativo y una TIR inferior a la tasa de descuento del 20 %, lo que indica que el proyecto no resulta rentable bajo este escenario. Esta situación se explica por la alta inversión inicial y la concentración de los ingresos al final del período de evaluación, justificando el análisis de escenarios con financiamiento crediticio.

Figura 7. Flujo de Caja Puro del proyecto

	Periodos	0	1	2	3
+	ingresos		0,00	16345,64	29967,01
-	Costos		-24767,57	-10640,02	-574,22
=	Utilidad		-24767,57	5705,62	29392,80
-	Intereses LP				
-	Intereses CP			4458,16	2628,68
-	Depreciación		-247,72	-239,69	-33,48
-/+	Dif x Vta de Act a VL				366,48
-	Pérd de Ejerc Ant			-25015,28	-15091,19
=	Utilidad ant de Impto		-25015,28	-15091,19	17263,28
-	Impto 27%		0,00	0,00	-4661,09
=	Utilidad desp Imptp		-25015,28	-15091,19	12602,19
+	Pérd de Ejerc Ant			25015,28	15091,19
+	Depreciación		247,72	239,69	33,48
-	Amort LP				
-	Amort CP			-24767,57	-14603,78
+	Vta Act VL				
-	K de Trabajo	-24767,57			24767,57
-	Pta en Marcha	-51,71			
-	Inversión en Act	-583,90			
-	Imprevisto	-2540,32			
=	Total Anual	-27943,50	-24767,57	-14603,78	37890,65
+	Créditos LP				
+	Créditos CP		24767,57	14603,78	0,00
=	Flujo Neto	-27943,50	0,00	0,00	37890,65
	Flujo N. Act	-27943,50	0	0	21927
	Flujo N.Acum	-27943,50	-27943,50	-27943,50	-6016,04

VAN	-6016,04
PRI	NO
TIR	11%

Tasa de Descuento	20%
	9
Tasa de Creditos CP	18%
Tasa de Creditos LP	21,60%
tasa de riesgo	
tasa de riesgo minimo	0,36%

3.2.2 Análisis del Flujo de Caja con 25 % de financiamiento crediticio

A continuación, se presenta el flujo de caja correspondiente a un escenario con 25 % de financiamiento crediticio, en el cual una parte de la inversión inicial es cubierta mediante deuda y el resto con capital propio. Este flujo incorpora el servicio de la deuda, los costos operacionales del proyecto y los ingresos por venta de las viviendas, permitiendo evaluar el efecto de un nivel moderado de apalancamiento sobre la rentabilidad del proyecto.

Figura 8. Flujo de Caja con 25 % de financiamiento crediticio

	Periodos	0	1	2	3
+	ingresos		0,00	16345,64	29967,01
-	Costos		-24767,57	-10640,02	-574,22
=	Utilidad		-24767,57	5705,62	29392,80
-	Intereses LP		-1508,95	-1100,54	-603,90
-	Intereses CP			5633,46	4045,60
-	Depreciación		-247,72	-239,69	-33,48
-/+	Dif x Vta de Act a VL				366,48
-	Pérd de Ejerc Ant			-26524,23	-16525,38
=	Utilidad ant de Impto		-26524,23	-16525,38	16642,11
-	Impto 27%		0,00	0,00	-4493,37
=	Utilidad desp Imptp		-26524,23	-16525,38	12148,74
+	Pérd de Ejerc Ant			26524,23	16525,38
+	Depreciación		247,72	239,69	33,48
-	Amort LP		-1890,81	-2299,22	-2795,85
-	Amort CP			-28167,32	-20227,99
+	Vta Act VL				
-	K de Trabajo	-24767,57			24767,57
-	Pta en Marcha	-51,71			
-	Inversión en Act	-583,90			
-	Imprevisto	-2540,32			
=	Total Anual	-27943,50	-28167,32	-20227,99	30451,33
+	Créditos LP	6985,87			
+	Créditos CP		28167,32	20227,99	0,00
=	Flujo Neto	-20957,62	0,00	0,00	30451,33
	Flujo N. Act	-20957,62	0	0	17622
	Flujo N.Acum	-20957,62	-20957,62	-20957,62	-3335,33

VAN	-3335,33
PRI	NO
TIR	13%

Tasa de Descuento	20%
-------------------	-----

Tasa de Creditos CP	18%
tasa de riesgo	
tasa de riesgo mínimo	0,36%

Los resultados obtenidos muestran una mejora en los indicadores financieros respecto del flujo de caja puro, reflejada en un aumento de la TIR. No obstante, el VAN continúa siendo negativo y la TIR se mantiene por debajo de la tasa de descuento del 20 %, por lo que el proyecto no alcanza la rentabilidad mínima exigida bajo este nivel de financiamiento. En consecuencia, el apalancamiento del 25 % resulta insuficiente para compensar la elevada inversión inicial y la concentración de ingresos al final del horizonte de evaluación.

3.2.3 **Análisis del Flujo de Caja con 50 % de financiamiento crediticio**

A continuación, se presenta el flujo de caja correspondiente a un escenario con **50 % de financiamiento crediticio**, en el cual la inversión inicial se financia en partes iguales mediante capital propio y deuda. Este flujo incorpora el servicio de la deuda, los costos operacionales del proyecto y los ingresos por venta de las viviendas, permitiendo evaluar el efecto de un nivel intermedio de apalancamiento sobre la rentabilidad del proyecto.

Figura 9. Flujo de Caja con 50 % de financiamiento crediticio

	Periodos	0	1	2	3
+	ingresos		0,00	16345,64	29967,01
-	Costos		-24767,57	-10640,02	-574,22
=	Utilidad		-24767,57	5705,62	29392,80
-	Intereses LP		-2984,37	-2174,81	-1192,33
-	Intereses CP			5677,56	4847,98
-	Depreciación		-247,72	-239,69	-33,48
-/+	Dif x Vta de Act a VL				366,48
-	Pérd de Ejerc Ant			-27999,65	-19030,97
=	Utilidad ant de Impto		-27999,65	-19030,97	14350,47
-	Impto 27%		0,00	0,00	-3874,63
=	Utilidad desp Imptp		-27999,65	-19030,97	10475,84
+	Pérd de Ejerc Ant			27999,65	19030,97
+	Depreciación		247,72	239,69	33,48
-	Amort LP		-3790,05	-4599,61	-5582,09
-	Amort CP			-31541,99	-26933,23
+	Vta Act VL				
-	K de Trabajo	-24767,57			24767,57
-	Pta en Marcha	-51,71			
-	Inversión en Act	-583,90			
-	Imprevisto	-2540,32			
=	Total Anual	-27943,50	-31541,99	-26933,23	21792,55
+	Créditos LP	13971,75			
+	Créditos CP		31541,99	26933,23	0,00
=	Flujo Neto	-13971,75	0,00	0,00	21792,55
	Flujo N. Act	-13971,75	0	0	12611
	Flujo N.Acum	-13971,75	-13971,75	-13971,75	-1360,32

VAN	-1360,32
PRI	NO
TIR	16%

Tasa de Descuento	20%
-------------------	-----

Tasa de Creditos CP	18%
tasa de riesgo	
tasa de riesgo minimo	0,36%

El análisis de este escenario evidencia una mejora progresiva en la rentabilidad del proyecto en comparación con los casos de menor endeudamiento. No obstante, el VAN permanece negativo y la TIR obtenida no alcanza la tasa de descuento del 20 %, lo que indica que, si bien el uso de deuda contribuye a optimizar la estructura financiera, aún no se logra cumplir el retorno mínimo exigido por el inversionista bajo este nivel de financiamiento.

3.2.4 Análisis del Flujo de Caja con 75 % de financiamiento crediticio

A continuación, se presenta el flujo de caja correspondiente a un escenario con 75 % de financiamiento crediticio, el cual representa una estructura de financiamiento altamente apalancada. Este escenario permite evaluar el desempeño financiero del proyecto bajo un mayor uso de deuda, analizando su impacto sobre la generación de flujos, la recuperación de la inversión y la rentabilidad del capital propio.

Figura 10. Flujo de Caja con 75 % de financiamiento crediticio

	Periodos	0	1	2	3
+	ingresos		0,00	16345,64	29967,01
-	Costos		-24767,57	-10640,02	-574,22
=	Utilidad		-24767,57	5705,62	29392,80
-	Intereses LP		-4476,55	-3262,22	-1788,50
-	Intereses CP			6287,26	5957,63
-	Depreciación		-247,72	-239,69	-33,48
-/+	Dif x Vta de Act a VL				366,48
-	Pérd de Ejerc Ant			-29491,83	-21000,87
=	Utilidad ant de Impto		-29491,83	-21000,87	12894,06
-	Impto 27%		0,00	0,00	-3481,40
=	Utilidad desp Imptp		-29491,83	-21000,87	9412,66
+	Pérd de Ejerc Ant			29491,83	21000,87
+	Depreciación		247,72	239,69	33,48
-	Amort LP		-5685,08	-6899,41	-8373,13
-	Amort CP			-34929,20	-33097,95
+	Vta Act VL				
-	K de Trabajo	-24767,57			24767,57
-	Pta en Marcha	-51,71			
-	Inversión en Act	-583,90			
-	Imprevisto	-2540,32			
=	Total Anual	-27943,50	-34929,20	-33097,95	13743,50
+	Créditos LP	20957,62			
+	Créditos CP		34929,20	33097,95	0,00
=	Flujo Neto	-6985,87	0,00	0,00	13743,50
	Flujo N. Act	-6985,87	0	0	7953
	Flujo N.Acum	-6985,87	-6985,87	-6985,87	967,54

VAN	967,54
PRI	2,87834944
TIR	25%

Tasa de Descuento	20%
-------------------	-----

Tasa de Creditos CP	18%
tasa de riesgo	
tasa de riesgo minimo	0,36%

Los resultados obtenidos en este escenario muestran que el proyecto alcanza viabilidad económica, evidenciada por un VAN positivo, una TIR superior a la tasa de descuento del 20 % y un período de recuperación de la inversión inferior al horizonte de evaluación. Estos resultados indican que el mayor nivel de apalancamiento permite optimizar la estructura financiera del proyecto, mejorando la rentabilidad del capital propio, aunque incorporando un mayor nivel de riesgo asociado al endeudamiento.

3.2.5 Análisis de sensibilidad del precio de venta

El análisis de sensibilidad del proyecto se realiza con el objetivo de evaluar el efecto que presentan variaciones en el precio de venta de las viviendas sobre la rentabilidad económica del proyecto. El precio constituye una de las variables más relevantes del modelo financiero, dado que impacta directamente en los ingresos y, por ende, en los flujos de caja y en los indicadores de evaluación económica.

A partir de los flujos de caja analizados, se observa que el proyecto presenta una alta sensibilidad al precio de venta, especialmente considerando que los ingresos se concentran al final del horizonte de evaluación. Una disminución en el precio de venta afecta de manera significativa el VAN y la TIR, pudiendo comprometer la viabilidad económica del proyecto; mientras que incrementos en el precio generan mejoras directas en dichos indicadores.

No obstante, el análisis comparativo de los escenarios de financiamiento muestra que el proyecto es capaz de absorber parcialmente variaciones desfavorables en el precio de venta cuando se utiliza una estructura de financiamiento con mayor nivel de apalancamiento. En particular, el escenario con 75 % de financiamiento crediticio presenta una mayor resiliencia frente a cambios en el precio, manteniendo indicadores financieros aceptables dentro de rangos razonables de variación.

En consecuencia, el precio de venta se identifica como una variable crítica para la viabilidad del proyecto, por lo que su correcta determinación resulta fundamental para asegurar resultados económicos favorables. Asimismo, el análisis de sensibilidad refuerza la importancia de la estructura de financiamiento seleccionada como mecanismo de mitigación parcial del riesgo asociado a las fluctuaciones del mercado inmobiliario.

4. CONCLUSIÓN

A partir del desarrollo del estudio de prefactibilidad técnica y económica del eco-conjunto habitacional sustentable propuesto, se concluye que el proyecto cumple de manera satisfactoria con los objetivos planteados, integrando criterios técnicos, constructivos y financieros coherentes con el contexto actual del sector habitacional en Chile.

Desde el punto de vista técnico, la utilización de un sistema constructivo industrializado mediante paneles SIP demostró ser una alternativa adecuada para el desarrollo del proyecto, permitiendo optimizar los tiempos de ejecución, mejorar el desempeño térmico de las viviendas y reducir el impacto ambiental asociado al proceso constructivo. Asimismo, el diseño del conjunto y de la vivienda tipo incorpora criterios de planificación sustentable orientados a mejorar la calidad de vida de los futuros habitantes.

En relación con la evaluación económica, el análisis de los flujos de caja proyectados evidenció que el proyecto presenta una alta sensibilidad a la estructura de financiamiento utilizada. Los resultados muestran que, bajo escenarios de bajo nivel de endeudamiento, el proyecto no alcanza viabilidad económica; sin embargo, al considerar un escenario con un 75 % de financiamiento crediticio, se obtienen indicadores financieros favorables, con un Valor Actual Neto positivo, una Tasa Interna de Retorno superior a la tasa de descuento y un Período de Recuperación de la Inversión acorde al horizonte de evaluación.

El análisis de sensibilidad permitió identificar el precio de venta de las viviendas como una variable crítica para la viabilidad del proyecto, destacando la importancia de una adecuada estrategia comercial y financiera. Finalmente, se concluye que el eco-conjunto habitacional propuesto constituye una alternativa técnica y económicamente viable bajo una adecuada estructura de financiamiento, alineada con los principios del desarrollo sustentable y con potencial de replicabilidad en proyectos inmobiliarios de pequeña escala.

5. BIBLIOGRAFÍA

Elkington, J. (1997). *Cannibals with forks: The triple bottom line of 21st century business*. Capstone Publishing.

Ministerio de Vivienda y Urbanismo. (2021). *Estrategia de construcción sustentable*. Gobierno de Chile.

Ministerio de Vivienda y Urbanismo. (2022). *Estándares de Construcción Sustentable para Viviendas*. Gobierno de Chile.

Ministerio del Medio Ambiente. (2022). *Hoja de ruta para la carbono neutralidad al año 2050*. Gobierno de Chile.

Sapag Chain, N., & Sapag Chain, R. (2014). *Preparación y evaluación de proyectos* (6.^a ed.). McGraw-Hill.

6. WEBGRAFÍA

Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU).
<https://www.minvu.gob.cl>

Ministerio del Medio Ambiente (MMA).
<https://mma.gob.cl>

Comisión Nacional de Energía (CNE).
<https://www.cne.cl>

Banco Central de Chile.
<https://www.bcentral.cl>

7. ANEXOS

ANEXO A. Imágenes referenciales de la vivienda tipo terminada



ANEXO B. Cálculos auxiliares y respaldos en planilla Excel

COSTO SUELDO PERSONAL OFICINA O COSTOS FIJOS PARA LA CONSTRUCCION				
CARGO	TÍTULO	SUELDO MENSUAL \$	UF MENSUAL	UF ANUAL
Administrador de obra	Ing. Civil	\$1.550.000	39,0984	469,18
Jefe de terreno	Ing. Constructor	\$1.300.000	32,7922	393,51
Prevencionista de riesgo	Ing. Constructor	\$1.100.000	27,7472	332,97
Encargado de ambiental	Ing. Ambiental	\$1.050.000	26,4860	317,83
maestros	mano de obra no calificada	\$700.000	17,6573	211,89
maestros	mano de obra no calificada	\$700.000	17,6573	211,89
jornal de apoyo	mano de obra no calificada	\$630.000	15,8916	190,70
jornal de apoyo	mano de obra no calificada	\$630.000	15,8916	190,70
	Total	\$7.660.000	193,2217	2318,6598

INVERSIÓN EN MAQUINARIA				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	TOTAL	TOTAL UF
Camioneta	1	\$15.000.000	\$15.000.000	378,37
Atornillador eléctrico / impacto	6	130.000	\$780.000	19,68
Taladro percutor	3	120.000	\$360.000	9,08
Sierra circular	3	65.000	\$195.000	4,92
Sierra caladora / sable	1	95.000	\$95.000	2,40
Esmeril angular	3	55.000	\$165.000	4,16
Nivel láser	2	120.000	\$240.000	6,05
Vibrador de inmersión	2	220.000	\$440.000	11,10
Generador eléctrico	1	490.000	\$490.000	12,36
Compresor de aire	1	\$420.000	\$420.000	10,59
Pistola espuma poliuretano (PU)	4	45.000	\$180.000	4,54
Flexómetros	6	15.000	\$90.000	2,27
Escuadras metálicas	4	18.000	\$72.000	1,82
Martillos	6	15.000	\$90.000	2,27
Mazos	4	12.000	\$48.000	1,21
Chuzos	4	26.000	\$104.000	2,62
Palas	4	7.000	\$28.000	0,71
Carretillas	2	75.000	\$150.000	3,78
Escaleras aluminio	3	95.000	\$285.000	7,19
niveles manuales	4	\$12.000	\$48.000	1,21
Total			\$19.280.000	486,33

INVERSIÓN EN EQUIPOS DE OFICINA				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	TOTAL	TOTAL UF
Escritorio	2	\$57.000	\$114.000	2,88
Sillas	2	\$80.000	\$160.000	4,04
Notebook	2	\$900.000	\$1.800.000	45,40
Impresora Laser	1	\$160.000	\$160.000	4,04
Extintor de incendios	4	\$30.000	\$120.000	3,03
Total			\$2.354.000	59,38

INVERSIÓN EN SEGURIDAD DE OBRA				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	TOTAL	TOTAL UF
Cascos	12	\$17.000	\$204.000	5,15
Antiparras	12	\$6.000	\$72.000	1,82
Guantes	12	\$4.000	\$48.000	1,21
Bototos de seguridad	12	\$60.000	\$720.000	18,16
Protector Auditivo	12	\$4.000	\$48.000	1,21
Arnes de Seguridad	6	\$11.000	\$66.000	1,66
Overol	12	\$8.000	\$96.000	2,42
Protector Solar	20	\$13.000	\$260.000	6,56
Total			\$1.514.000	38,19



INVERSIÓN DE PUESTA EN MARCHA		
DESCRIPCIÓN	VALOR	VALOR UF
Constituir sociedad	\$300.000	7,57
Marketing inicial	\$1.750.000	44,14
TOTAL	\$2.050.000	51,71

COSTOS ANUALES			
Año	1	2	3
Costo de Producción	22264,26	9276,78	0,00
Costo de Sueldo	2318,66	966,11	0,00
Costo de Servicio	184,65	184,65	184,65
Comision por venta	0,00	212,49	389,57
Total	24767,57	10640,02	574,22

INVERSIÓN INICIAL	VALOR UF
CAPITAL DE TRABAJO	-24767,57
PUESTA EN MARCHA	-51,71
INVERSIÓN DE ACTIVOS	-583,90
INVERSIÓN INICIAL	-25403,18
IMPREVISTOS (10%)	-2540,32
TOTAL INVERSIÓN INICIAL	-27943,50