UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
DEPARTAMENTO DE ARQUITECTURA
Valparaíso - Chile

PREFABRICACIÓN:
MEDIACIÓN ENTRE EFICIENCIA TÉCNICA Y EFICIENCIA LOGÍSTICA

KATHERINE DEL CARMEN LYNCH MORALES

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE ARQUITECTO

PROFESOR REFERENTE
GUSTAVO SARABIA

Julio, 2023

UNIVERSIDAD TECNICA
FEDERICO SANTA MARIA

MODALIDAD DE TÍTULO

PRÁCTICA PROYECTUAL

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE
ARQUITECTO

AUTOR
KATHERINE LYNCH MORALES

PROFESOR REFERENTE
GUSTAVO SARABIA

OFICINA
IGLESIS ARQUITECTOS

Valparaíso, Chile - Julio 2023

AGRADECIMIENTOS

A mi hijo Dante por ser mi motivación a lo largo de estos años

RESUMEN

La presente memoria desarrolla la modalidad de practica proyectual en la oficina Iglesis Arquitectos. Las temáticas a desarrollar abordan la implementación de elementos prefabricados en un proyecto y como es posible abordarlo para optimizar el desarrollo de diseño y beneficie la etapa de construcción.

TEMA I : CARACTERÍSTICAS DE LA PREFABRICACIÓN

Se expondrá el concepto de prefabricación, terminos asociados, procesos y etapas involucradas, tipologías, ventajas, estado del arte en Chile en comparación al extranjero.

TEMA II: REQUERIMIENTOS PARA LA ARQUITECTURA

Se presentan pautas para implementar elementos prefabricados, a traves de la etapa de diseño, por medio de conceptos que establecen una manera de diseñar y abordar un proyecto con el equipo de trabajo.

TEMA III: PROPUESTA PARA EL DESARROLLO DE UN PROYECTO QUE INCORPORE PREFABRICADOS

El último tema presenta una guía de como planificar, desarrollar y abordar un proyecto de arquitectura a traves de la integración temprana de actores para potenciar el uso de elementos prefabricados.

ABSTRACT

This report develops the modality of project practice in the office Iglesis Arquitectos. The topics to be developed address the implementation of prefabricated elements in a project and how it is possible to approach it in order to optimize the design development and benefit the construction stage.

THEME I : CHARACTERISTICS OF PREFABRICATION

The concept of prefabrication, associated terms, processes and stages involved, typologies, advantages, state of the art in Chile compared to abroad will be presented.

THEME II: ARCHITECTURAL REQUIREMENTS

Guidelines are presented to implement prefabricated elements, through the design stage, by means of concepts that establish a way to design and approach a project with the work team.

THEME III: PROPOSAL FOR THE DEVELOPMENT OF A PROJECT INCORPORATING PREFABRICATED ELEMENTS

The last topic presents a guide on how to plan, develop and approach an architectural project through the early integration of actors to enhance the use of prefabricated elements.

GLOSARIO

Edificación
Nombre genérico con que se designa cualquier construcción de grandes dimensiones fabricada con materiales resistentes y que está destinada a servir de espacio para el desarrollo de una actividad humana.

Elemento
Se entiende por elemento-tipo aquella pieza constructiva que desempeña en la obra una determinada función: por ejemplo, pilares, paneles de pared, etc.

Obra
Es toda construcción permanente, separada e independiente, concebida para ser utilizada como vivienda familiar o colectiva, o para fines agrarios, industriales, prestación de servicios o, en general, para el desarrollo de una actividad.

In-situ
Designa un método o técnica que se utiliza o tiene lugar en el mismo emplazamiento de la obra.

Módulo
Unidad que funciona como un factor numérico, siendo las dimensiones múltiplos exactos, controlando el tamaño de los elementos constructivos y los espacios que existen entre ellos.

Producción
Es el valor total de los trabajos en obra, realizados en el período correspondiente con independencia del período en que se comenzaron o terminaron las obras.

GLOSARIO

Prefabricar
Formar por partes fabricadas previamente para su montaje posterior.

Colaborativo
Labor que llevan a cabo un grupo de personas, en el que cada miembro aporta ideas, conocimientos y experiencias para la obtención de un objetivo común

Integración
La integración es el proceso y resultado de mantener unidas las partes de un todo.

Off-site
Planificar, diseñar, fabricar y ensamblar un edificio en un taller o fuera de lo que será su localización.

ÍNDICE

RESUMEN..... 6
ABSTRACT..... 7
GLOSARIO..... 8
ÍNDICE 10
INTRODUCCIÓN..... 13
OFICINA IGLESIS ARQUITECTOS..... 14
OBRAS..... 15
PRÁCTICA PROYECTUAL..... 18
PROYECTOS PARTICIPADOS..... 19
TEMA I: CARACTERÍSTICAS DE LA PREFABRICACIÓN..... 25
¿QUÉ ES LA PREFABRICACIÓN?..... 26
CONCEPTOS ASOCIADOS..... 33
PRINCIPIOS DE LA PREFABRICACIÓN..... 36
TIPOS DE PREFABRICACIÓN..... 38
VENTAJAS DE LA PREFABRICACIÓN..... 42
TENDENCIAS..... 47
ESTADO ACTUAL..... 53
CONCLUSIÓN TEMÁTICA..... 59

ÍNDICE

TEMA II: REQUERIMIENTOS PARA LA ARQUITECTURA.....61
COORDINACIÓN DIMENSIONAL..... 64
BASES PARA LA ESTANDARIZACIÓN DE PREFABRICADOS..... 67
COORDINACIÓN MODULAR..... 68
MEDIDAS PREFERENTES..... 72
TOLERANCIAS DIMENSIOINALES..... 75
COORDINACIÓN ENTRE AGENTES..... 79
INTEGRACIÓN TEMPRANA..... 80
ROLES DENTRO DEL PROYECTO..... 84
CONCLUSIÓN TEMÁTICA..... 86

TEMA III: PROPUESTA PARA EL DESARROLLO DE UN PROYECTO QUE INCORPORE PREFABRICADOS..... 87
FASE DE PLANIFICACIÓN..... 89
FASE DE DISEÑO..... 96
FASE DE CONSTRUCCIÓN.....105
CONCLUSIONES..... 114

BIBLIOGRAFÍA.....115

ANEXOS.....119

INTRODUCCIÓN

En la presente memoria se expone la experiencia de práctica proyectual durante 8 meses en una oficina de arquitectura. Para esto, se espera que la estudiante sea participe del desarrollo de diseño, modelamiento y toma de decisiones, dentro de los proyectos en los que se incorporó de manera permanente o parcial durante su proceso.

Las temáticas a abordar surgen a partir de la experiencia y conocimientos adquiridos de los proyectos desarrollados en la oficina Iglesis Arquitectos. Se aborda la pre-fabricación, su uso dentro de un proyecto, definiendo su concepto y términos asociados a este; luego, lo que se requiere para poder desarrollar un proyecto de prefabricados, priorizando y dando énfasis a la etapa de diseño; y finalmente, desarrollar un metodología que incluya al resto de agentes en el proceso de planificación y diseño, de manera que este considere la construcción con elementos prefabricados que optimicen esa etapa.

OFICINA

Iglesis Arquitectos es una reconocida oficina con años de experiencia, compuesta por un equipo permanente de arquitectos y diseñador gráfico, además de contar con colaboración externa de especialistas. En su mayoría, las obras y proyectos realizados han sido obtenidos a través de concursos de arquitectura y urbanismo. Se destaca principalmente por desarrollar arquitectura de carácter público, destacándose en áreas como transporte, salud, deportiva e institucional.

El equipo de trabajo esta dirigido por el Arquitecto jefe, Jorge Iglesis, arquitecto de la Universidad de Chile, apoyado por un equipo de más de 10 arquitectos. También, se presenta la Jefa de Taller Ewa Ziolkowska, encargada de la coordinación de la oficina, proyectos y equipos de trabajo.

Dentro de este equipo, se encuentran arquitectos Senior que presentan mas de 5 años de experiencia, los que están a cargo de cada proyecto, supervisión y coordinación de las etapas, entregas y comunicacón con el resto de especialistas que apoyan y desarrollan las diferentes áreas del proyecto, apoyados por el resto de los arquitectos del equipo para llevar a cabo las etapas y entregas pertinentes.

ORGANIGRAMA EQUIPO DE TRABAJO

Arquitecto Jefe

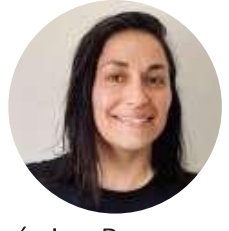
Jorge Iglesis
U.de Chile
Arquitecto Jefe

Arquitectos Coordinadores

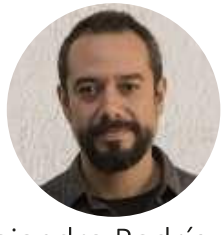
Ewa Ziolkowka
Politechnika Łódzka
Arq. Jefa de Taller

Rossana Pecchi
U. Católica de Chile
Arquitecta Senior

Claudio Misle
U. de Chile
Arquitecto Senior



Verónica Romanque
U. de Chile
Arquitecta Senior



Alejandro Rodríguez
U. Central
Arquitecto Senior

Arquitectos Equipo de Trabajo

Cristian Alviña
U. San Sebastián
Arq. Jefe de Proyecto

Juan Mendoza
U. Central de Venezuela
Arquitecto

Francisca Silva
U. Católica de Chile
Arquitecta

Gabriela Veas
U. de La Serena
Arquitecta

Vicente Godoy
Arquitecto
U. del Desarrollo

Tomás Bernales
Arquitecto
U. Finis Terrae

Ramiro Lopez
Dibujante y
Modelador Arquitectónico
DUOC UC

Alumnos en Práctica

Katherine Lynch
USM

Fernanda Martinez
USM

PROYECTOS

EDIFICIO INSTITUCIONAL MINVU MAGALLANES Y ANTÁRTICA CHILENA (2021)

Figura 1. MINVU Magallanes **Fuente:** Iglesis Arquitectos (2022).

El partido general se funda en la relación con el lugar y en el espíritu del programa. Dos volúmenes diferenciados (MINVU – SERVIU) se articulan en torno a un gran Hall Central compartido. Un cubo de cristal de cinco niveles al que convergen ambas piezas y que se convierte en el espacio de orientación y distribución de los usuarios ofreciendo vistas notables al paisaje circundante. Una organización de planta libre y flexible a los usos cambiantes da solución al funcionamiento de cada repartición. La expresión del volumen se ha inspirado en el fuerte viento habitual de la ciudad. Ráfagas de viento parecen modelar sus fachadas que expresan movimiento atreves de su geometría cambiante y colorida. *(Fuente: Iglesis Arquitectos)*

CESFAM DE ZAPALLAR (2021)

Figura 2. CESFAM de Zapallar **Fuente:** Iglesis Arquitectos (2022).

El proyecto se organiza en cuerpos paralelos contra la pendiente del sitio y sobre un zócalo de piedra. Tres prismas revestidos en madera que se asoman a la calle principal. La organización espacial interior construye un mundo propio que se vuelca sobre sí mismo hacia patios interiores que llevan luz natural y ventilación para todos los recintos. La zonificación funcional se adapta a los desniveles logrando accesos diferenciados por nivel que originan zonas de público, de atención y de instalaciones. Respetando la escala y morfología del entorno el nuevo Cesfam constituye una fachada continua que construye y completa un vacío en el centro de Zapallar.*(Fuente: Iglesis Arquitectos)*

CENTRO DEPORTIVO CERRO APOQUINDO (2019)

Figura 3. Centro Deportivo Cerro Apoquindo **Fuente:** Iglesis Arquitectos (2022).

Formando parte de la ladera del cerro el volumen parece emerger de su pendiente. Una pieza simple y sintética que alberga las piscinas cubiertas y las salas de ejercicios. El acceso se presenta como un umbral bajo la fachada suspendida del edificio.En el interior el espacio es luminoso y dinámico, animado por la luz cenital y patios laterales que se han excavado en la pendiente del cerro.Los recorridos entre los distintos niveles se realizan a través de una rampa que permite tener una visión completa de todo el espacio interior. Los revestimientos y colores se escogieron para formar una sola unidad con el entorno natural. La imagen arquitectónica es rotunda y abstracta y forma parte del lugar.*(Fuente: Iglesis Arquitectos)*

CENTRO DE EXTENSIÓN ARTÍSTICA Y CULTURAL U. DE CHILE (2014)

Figura 4. Centro de Extensión Artística y Cultural U. de Chile **Fuente:** Iglesis Arquitectos (2022).

Un espacio de 4 alturas que respeta el tamaño real de la fachada y la incorpora a una nueva espacialidad. El Gran Atrio recoge las dimensiones del antejardín existente y se entrega a la ciudad como lugar de encuentro y extensión cultural. Completamente abierto y transparente será patio de acceso al hall central del edificio. Albergará actividades de cafetería, boletería y difusión de los eventos del CEAC y permitirá la vista a la fachada en forma medida. Se ha liberado la esquina y preserva la araucaria ofreciendo vistas controladas hacia el Gran Atrio y permitiendo circulaciones y conectividad hacia calle Arturo Burhle y Parque Bustamante. *(Fuente: Iglesis Arquitectos)*

PRÁCTICA PROYECTUAL

Durante los meses de práctica que desarrollo la estudiante, participó principalmente en el Proyecto de Aeródromo Balmaceda. Este ya se encontraba en una etapa avanzada, principalmente se realizaban correcciones de planos, cortes, elevaciones, detalles, escantillones y modelación; además de generar y desarrollar nuevos detalles según lo requerido por el mandante. También abordó principalmente la especialidad de señalética, donde se mantuvo una constante corrección, preparación y elaboración de material, desarrollando planimetría, modelación y documentos como Especificaciones Técnicas, Criterios de Diseño y Catalogo de Señales.

Durante el periodo de práctica, se logra comprender lo necesario que es tener un orden, control y coordinación entre las especialidades y sus respectivas entregas, siendo necesario llevar una trazabilidad de documentos y planimetría que se entregaron en cada Etapa, desde un inicio, donde también, se debió realizar un orden y filtro de todo los entregado hasta la fecha. La coordinación que debe existir entre cada entrega para que los documentos y planimetría calcen y muestren el proceso de avance en cada especialidad, sin duda es un desafío, ya que, si no se realiza este tipo de control desde un inicio, tienden a arrastrarse errores y detalles de una entrega a otra, lo que dificulta aún mas el proceso de orden de documentos.

Se dio apoyo y colaboración en otros proyectos, con tareas especificas. En Línea 7, Metro, desarrollando detalles, principalmente en Autocad; y en Hospital de Puerto Varas, con modelación y codificación de Equipamiento Médico.

AERÓDROMO BALMACEDA

Figura 5. Aeródormo Balmaceda **Fuente:** Iglesis Arquitectos (2022).

El proyecto se desarrolla en la localidad de Balmaceda, comuna de Coyhaique. Este se compone por una superficie de 12.300 m2. Se consideran para su desarrollo edificio Terminal de Pasajeros, Terminal de Carga, Control de Acceso, Central Térmica, Subestación Eléctrica, y Estacionamientos. El proyecto se desarrolla en base a uno referencial, realizandose ajustes al sistemas estructural, ajustes funcionales, de espacialidad y volumería.

Se ubica el Terminal de Pasajeros paralelo a la pista de aterrizaje y se separa de la Ruta 245. Esta nueva ubicación permite mantener las aeronaves y los puentes de embarque en sus posiciones, optimizando recorridos en la losa y distanciamientos entre las posiciones. La distancia que se gana desde la carretera hace posible la ubicación de todos los estacionamientos necesarios y futuras ampliaciones frente al Edificio Terminal. Con esto se facilita la relación funcional entre pasajero y edificio, y permite una fácil orientación y mayor cercanía.

Se dispone de 130 estacionamientos cubiertos y 132 estacionamientos descubiertos, contando además terrenos para futuras ampliaciones. Se ha trabajado un paisajismo en base a taludes y vegetación para unificar el terreno con los edificios, produciendo zonas de protección y resguardo del viento.

La calle de acceso que recorre todo el Lado Tierra se propone completamente cubierta. De esta manera, la llegada y salida de pasajeros y equipaje se hace en espacios techados y protegidos del rigor climático de la zona. Un andén peatonal de cinco metros y una calle vehicular de diez metros de ancho, permite estacionar buses y automóviles para dejar y tomar pasajeros y mantener una circulación despejada de dos calzadas.Calle y estacionamiento cubierto forman una sola unidad con la volumetría y sistema de cubiertas del Edificio Terminal.

Figura 6. Hall Acceso Aeródromo Balmaceda **Fuente:** Iglesis Arquitectos (2022).

Durante el periodo de práctica, se abordó princpipalemente el desarrollo de detalles constructivos, detalles de espacialidad, mobiliario, desarollo de señalética y modelación y/o cambios en sectores específicos que requerian modificaciones solicitadas por el mandante. Además, de complementar todo el trabajo con la organización de la documentación entregada en cada etapa. Se trabajó en todos los edificios, los cuales son Terminal de Pasajeros, Terminal de Carga, Edificio Estacionamientos, Control de Acceso, Subestación Eléctrica, Central Térmica, y también se agregó, modeló y realizaron las respectivas láminas con planimetría y detalles de Sala de Bombas y Estanques.

Figura 7. Sala de Embarque Aeródromo Balmaceda **Fuente:** Iglesis Arquitectos (2022).

TEMA I

CARACTERÍSTICAS DE LA PREFABRICACIÓN

¿QUÉ ES LA PREFABRICACIÓN?

La Prefabricación se define como un sistema de construcción basado en el diseño y producción de elementos y/o subsistemas elaborados en serie previamente en fabrica o cercano a la obra, fuera de su ubicación final. Estos elementos se transportan a su ubicación definitiva para que, en conjunto con otros subsistemas, compongan el total de la obra. De esta forma, posibilita la reducción del total de la obra, a una fase de montaje simplificada y especifica mediante procedimientos mecánicos.

A través de la prefabricación, se puede dar uniformidad de diseño, tamaño y forma, lo que permite a través de unidades tipo colocar, armar o encajar unos con otros los elementos, con sistemas simples o complejos. Esto involucra diferentes grados de prefabricación, posibilitando la combinación de la técnica off-site, la cual debe estar involucrada de cualquier manera, con la técnica in-situ.

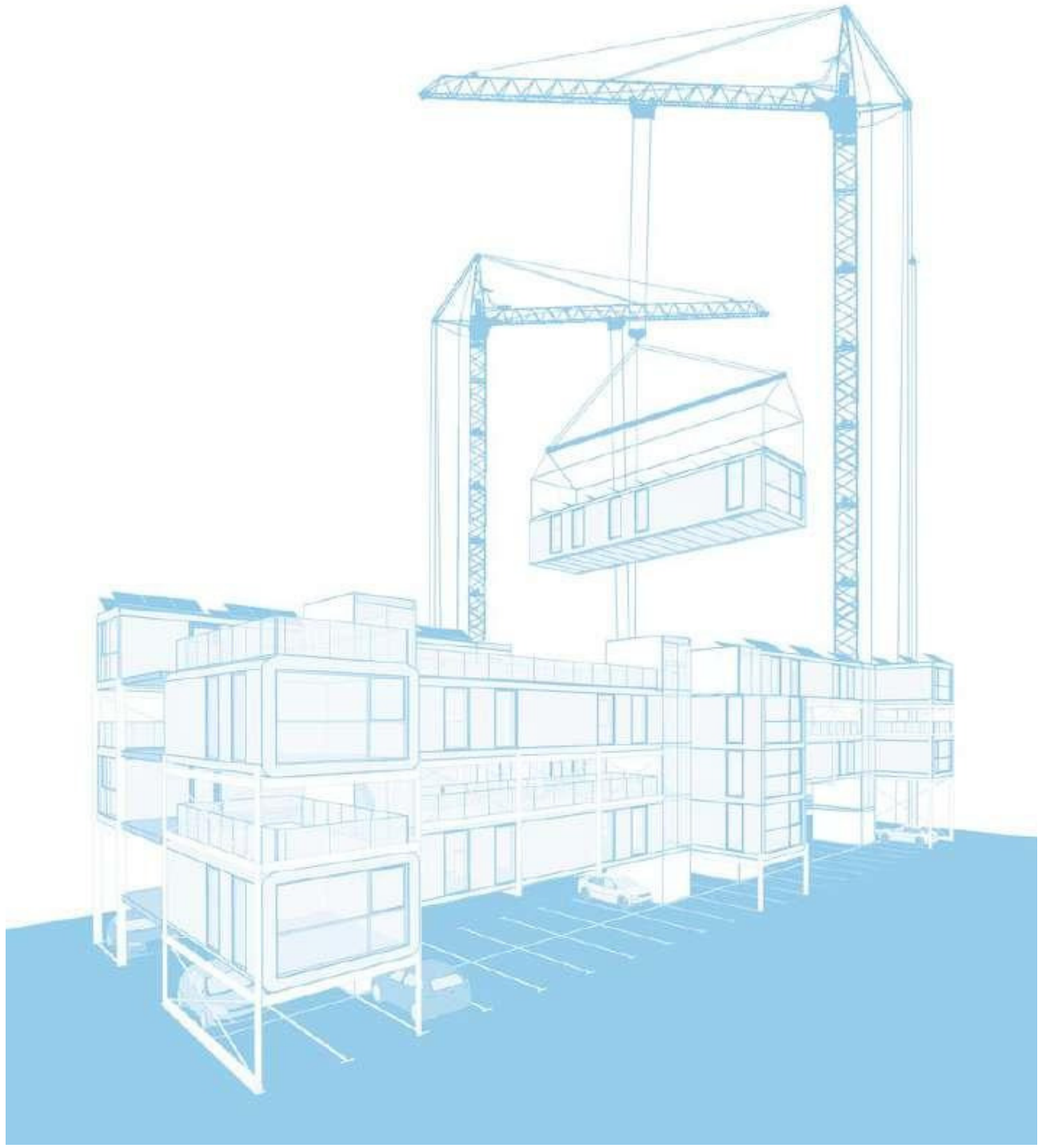


Figura 8. Viviendas prefabricadas de Stride Treglown Ltd. **Fuente:** New London Architecture (2015).

Como se mencionó anteriormente, el concepto tiene referencia a un elemento producido en fábrica. Pero ciertamente, la mayoría de los elementos que usamos diariamente se han realizado en fábricas, siendo productos industrializados. Por lo tanto, el término prefabricado, se puede aplicar desde una edificación hasta un celular o nuestra vestimenta, o en el caso de una construcción, la enfierradura, tuberías, ventanas, puertas e incluso artefactos complementarios para construir, como la maquinaria, moldajes u herramientas; “un adobe, es tan prefabricado, como el panel ventana estampado en acero inoxidable destinado a un muro cortina”.

Continuando con lo planteado, refiriéndose a arquitectura prefabricada, es cierto que la primera fase de las construcciones tradicionales es en fabrica, tras la elaboración de ladrillos, tubos, fierros, entre otros elementos esenciales en cualquier tipo de construcción. Con esto, se puede afirmar, que todas las construcciones siempre han tenido un porcentaje, por mínimo que este sea, de prefabricación.

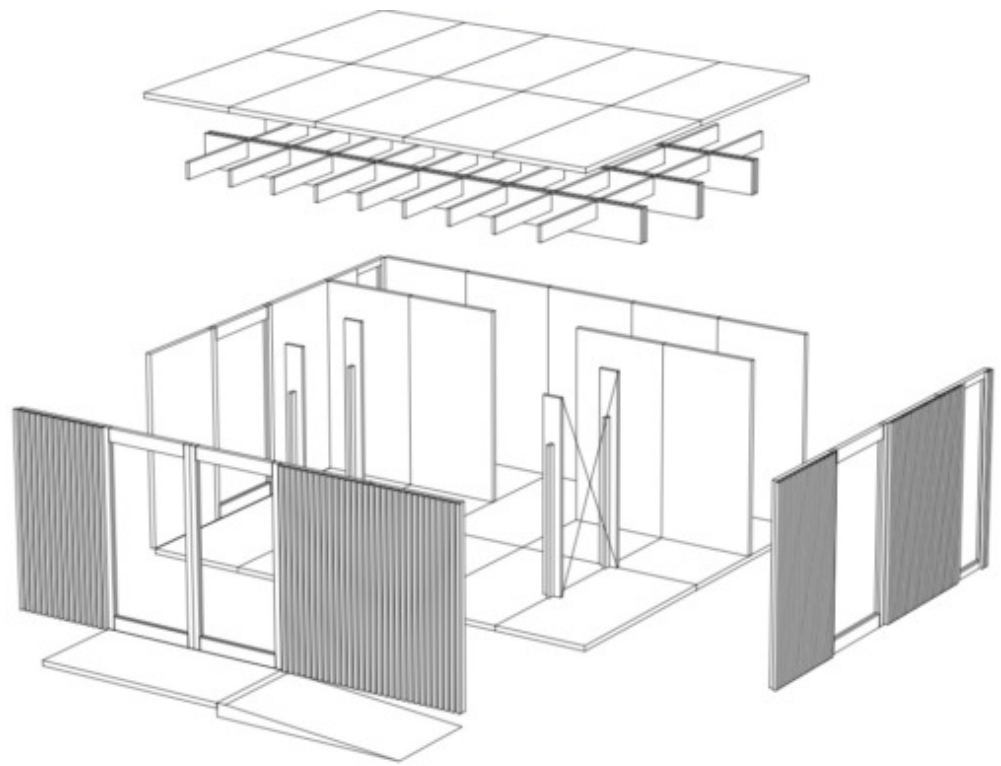


Figura 9. Diagrama módulo prefabricado **Fuente:** Mojuru (2020).

Entonces, ¿cuándo un elemento se considera prefabricado?. Esto puede enfocarse en el proceso constructivo de la edificación. Por ejemplo, si queremos obtener un muro, se pueden desarrollar in-situ y dependiendo del material. Si utilizamos hormigón, el proceso seria instalación de enfierradura, moldaje, hormigonado, tiempo de secado y desencofrado, además de evaluar la calidad de este. Si queremos utilizar ladrillos, se considera el proceso de instalación de enfierradura, elaboración y aplicación del mortero, instalación en serie de cada ladrillo seccionándolo en caso de ser necesario para adaptarlo a las dimensiones establecidas, tiempo de curado, límite de hileras permitidas por día y limpieza del muro finalmente completado.

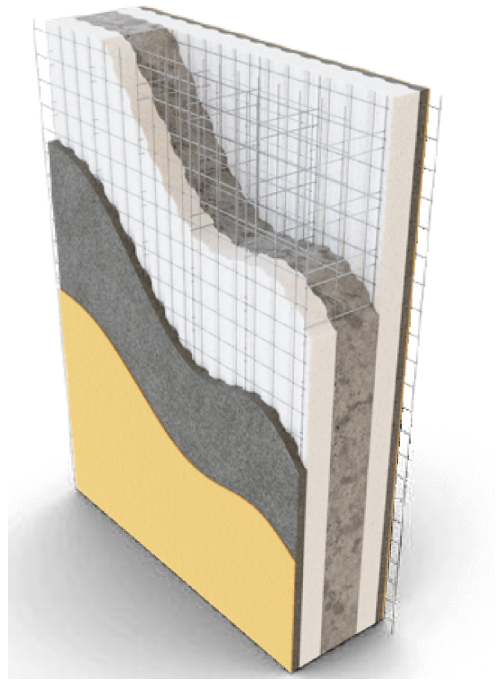


Figura 3. Composición Panel Emmedue **Fuente:** DreamHousing (2020).

Se puede llegar al mismo resultado, básicamente un muro, a través de sistemas de panel SIP, Metalcon u hormigón, produciéndolo previamente en fabrica, considerando la composición de todos los elementos necesarios para cumplir resistencia y calidad, reduciendo y centrando su proceso en obra al montaje y unión del elemento al resto de la edificación.

A partir de esto, podemos considerar lo “prefabricado” como el resultado de una serie de procesos y etapas que se traducen en la elaboración de un elemento o un componente, obteniendo la optimización de tiempo, recursos y de paso económica. A través de nuevas soluciones constructivas podemos obtener los mismos resultados, o lo más similar posible, que una construcción tradicional, a través de elementos compuestos diseñados y elaborados en una fase previa.

Para considerar la prefabricación como una opción, es importante considerar los siguientes aspectos:

Diseño

La prefabricación no trata exclusivamente sobre producción, puesto que contempla fases previas, con el mismo grado de importancia, como investigación, planificación, diseño, etc. A través de esto, emergen las ventajas que otorga la prefabricación, comprendiendo el diseño y la ejecución de la obra como un proceso de coordinación donde se abordan todas las condiciones.

Elaboración en serie

También conocida como producción en cadena, se basa en la fabricación de un elemento a partir de un ensamblaje de piezas que se van incorporando según vayan pasando por diferentes puntos de trabajo. Esta metodología, si es bien ejecutada puede optimizar y hacer mas eficientes el proceso de fabricación de elementos prefabricados.

Fabrica fuera de la ubicación final

Al considerarse la fabricación fuera de la obra, las instalaciones en donde se realicen los elementos prefabricados pueden estar tan lejos o cerca como se requiera.

Fase de montaje

Cuando la edificación es prefabricada, las operaciones en el terreno son en su mayoría de montaje. Una referencia que indica el grado de prefabricación de una obra es la cantidad de escombros o residuos generados *"cuanto mayor cantidad de escombros y suciedad, menor es el índice de prefabricación".*

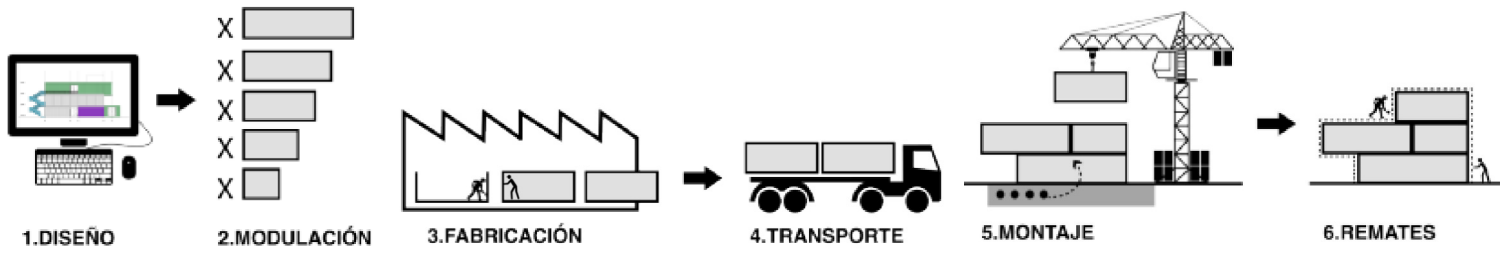


Figura 4. Proceso de desarrollo e implementación de proyectos **Fuente:** Sicmo (2020).

Es necesario entender la fabricación como un proceso, no solo el producto o composición final, donde se necesitan considerar aspectos de diseño y constructivos, y a partir de esto, se deben tomar en consideración desde un principio la coordinación entre los agentes participativos en el proyecto. Desde la fase de diseño es primordial que extista una red de comunicación entre el arquitecto y especialistas a cargo del diseño con los fabricantes encargados de producir, almacenar, tranportar y montar los elementos prefabricados en el sitio final de la obra.

Los aspectos mencionados anteriormente, además de coordinación, se traducen en tiempo, recursos y técnica, por lo que, el buen desarollo de estos aspectos puede optimizar considerablemente el proceso de ejecución del proyecto, donde la prueba y error no deberian ser protagonistas a la hora de diseñar y de paso, no existan incongruencias ni errores que relenticen el proceso de fabricación de los elementos o componentes prefabricados.

CONCEPTOS ASOCIADOS

Para comprender de mejor manera lo que trata la prefabricación, es necesario introducir ciertos términos que aplican y son parte del proceso, ya sea en la etapa de diseño como en la de producción del cada elemento. Estos términos son los siguientes:

Industrialización

Suele confundirse prefabricación con industrialización, pero el primer término no involucra necesariamente un proceso de elaboración industrial. Prefabricación conlleva un significado mas amplio, de elaboración y ejecución de elementos con el objetivo de facilitar la construcción. Por otra parte, la industrialización se define como el proceso de reproducción de dichos elementos prefabricados considerando su distribución y comercialización en grandes series.

Actualmente, la prefabricación industrializada es una forma de construir mas racional que los sistemas tradicionales. Las ventajas comparativas evidentes de los sistemas industrializados convierten a este tipo de construcciones en la solución. Para esto, se exige una planificación racional y mas detallada, para que el trabajo pueda ser programado y sistematizado, mejorando la calidad, los tiempos de elaboración y facilitando el proceso de construcción.

Coordinación Modular

Es la forma de organizar dimensionalmente los elementos, refiriendo las medidas a una unidad dimensional básica llamada módulo.

Estandarización
En términos generales, se define como la adaptación de los elementos para que se asemejen a un modelo común, es un proceso de unificación de características de un producto, cumpliendo con reglas o normativas establecidas previamente.

Se debe definir con precisión las características de un componente, subcomponente o proceso constructivo y utilizarlo con el fin de homogeneizar y adquirir un control sobre el producto u obra final. Se presenta como una estrategia de mejoramiento fundamentada en la reducción de variabilidad: mientras más características de diseño respeten un mismo estándar, existirán menos variables al proceso de construcción asociado.

Modularización
Se define como el proceso que da origen a un modulo o unidad funcional completo, que involucra estructuras, terminaciones, equipos e instrumentos, de tal forma, que se encuentra en condiciones de ser trasladada a su ubicación final para ser conectadas al resto del sistema.

Preensamble
En el proceso de prefabricación, se basa en la unión de varios elementos prefabricados para conformar una sola unidad, antes de su instalación final en la obra o edificación.

Tipificación
Establecer un número de productos dentro de una serie donde los diseños, dimensiones y calidad ya están determinadas y se mantienen fijas durante el proceso de producción, generando un mayor grado de repetición de las operaciones y productos que influyen en las etapas de planificación y producción.

N**ormalización**
Con el propósito de generar una producción masiva de elementos, se requiere aplicar criterios de normalización ya que no puede tratar de manera individual o aislada. Para esto de requiere aplicar normas para poder suprimir diferencias logrando una intercambiabilidad entre los elementos.

No podemos hablar de prefabricación sin incluir los términos abordados anteriormente, ya que complementan y establecen la forma y metodología para tratar la prefabricación de elementos constructivos. Siendo la prefabricación el termino base, el cual se desarrolla a través de los conceptos mencionados, ya sea dentro o fuera de sitio, permitiendo un aumento significativo en productividad.

PRINCIPIOS DE LA PREFABRICACIÓN

Para desarrollar una edificación con elementos o componentes prefabricados, se pueden seguir criterios que optimicen y beneficien el proceso de producción. De acuerdo con las formas y disposiciones constructivas rigen los siguientes principios básicos:

1.- La edificación debe llevarse a cabo con el menor número de tipologías de elementos, mediando con el diseño arquitectónico.

2.- Estos elementos, deben en lo posible, ser fabricados con los mismos moldes facilitando la producción en serie.

3.-Los elementos deben idealmente estar previstos para realizar varias funciones, ya que resulta más económico que para una nueva función quede solucionada con los elementos ya existentes y no se requieran nuevos elementos.

4.- Los elementos deben ser producidos mecánicamente o, al menos, en un alto grado.

5.- Los elementos deben corresponder a una misma categoría de pesos, para poder montarse con una misma grúa, optimizando el proceso económicamente.

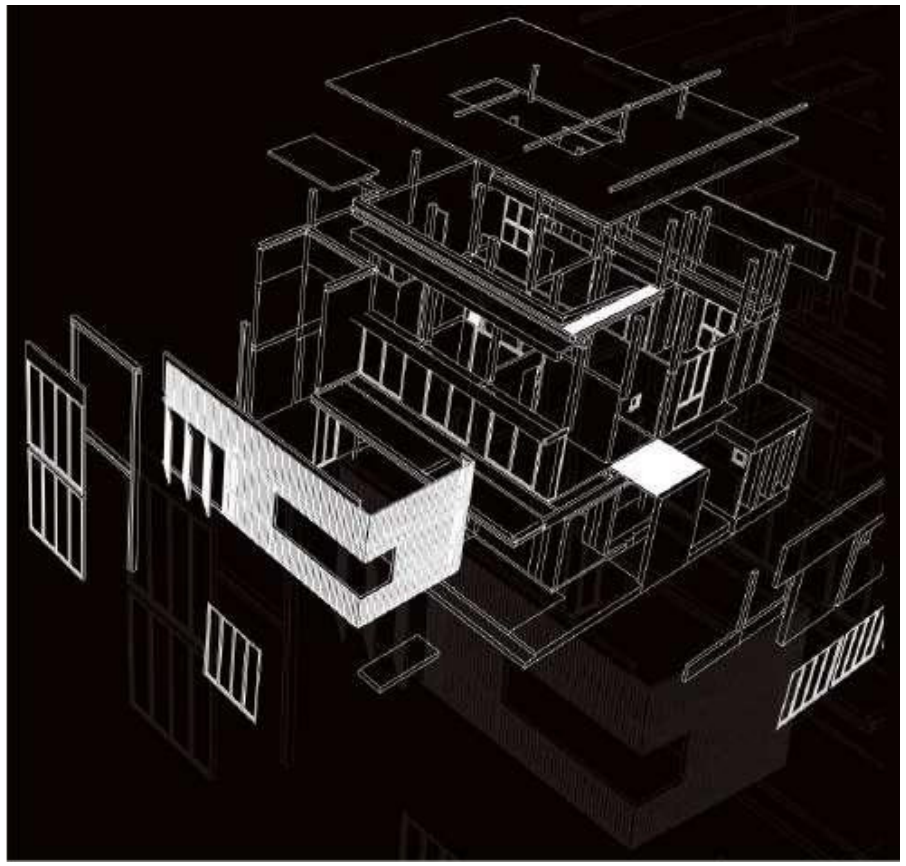


Figura 5. Elaboración de paneles "WESPANEL" **Fuente:** Wes Homes (2020).

El diseño y producción de elementos prefabricados deben ser abordados de acuerdo con un sistema de unidades, siendo necesario al mismo tiempo, que representen una solución económica, constructiva y estrictamente adecuada. Realizar una buena coordinación desde el diseño, posibilita obtener el grado más elevado de repetición, tanto en el proceso de diseño del proyecto como en la producción en fabrica de los elementos, facilitando notablemente la construcción de estos elementos en las plantas de prefabricación asegurando un proceso continuo de producción económico y rápido.

TIPOS DE PREFABRICACIÓN

Debido a las diversas modalidades y sistemas de prefabricación que pueden emplearse en los elementos de construcción que se pueden prefabricar, se pueden clasificar de las siguientes maneras:

Prefabricación cerrada y abierta

Los sistemas de prefabricación cerrada, se basa en elemento fabricados conforme a especificaciones internas del propio sistemas, desarrollan la preferencia de producir y manejar elementos constructivos y unidades que emplearse exclusivamente en un determinado proyecto. Estos elementos responden a reglas de compatibilidad interna donde el diseño debe adecuarse a las condiciones del sistema. Generalmente, una sola empresa produce y fabrica el total de elementos prefabricados, debido a la coordinación exigida en las diferentes etapas del proyecto: Fabricación, transporte y montaje, donde inciden considerablemente en los procesos.

Los sistemas de prefabricación abierta son aquellos que producen elementos o componentes constructivos que pueden destinarse en cualquier tipo de obra, industrializadas o no, y en unas diversidad de contextos, esto se debe a la cantidad de combinaciones para su montaje. Suelen favorecer los sistemas de juntas universales; gamas modulares acotadas, flexibilidad de diseño basándose en una coordinación modular completa, con tolerancias muy estrictas al momento de su fabricación. Este tipo de sistema, se presenta como una contraparte a la prefabricación cerrada, en su busqueda de mayor flecibilidad, combinación entre elementos complejos y fomra de fabricar, orientadas bajo ciertas directices u procedimientos contructivos.

Prefabricación parcial e integral

La prefabricación parcial, se basa en el estudio, diseño y fabricación de las piezas que van a conformar la obra en si, solo una parte de la construcción es prefabricada. Se basa en una industrialización manejada por el “Método de Elementos”, industrialización abierta o por componentes.

La prefabricación integral es el grado mas avanzado que supone la creación en fabrica del proyecto en su totalidad, siendo únicamente necesario el transporte hacia el lugar definitivo. Se basa en una industrialización manejada por el “Método de los Modelos”, con sistemas completados y cerrados en taller.

Figura 6. Hall Acceso Aeródromo Balmaceda **Fuente:** Iglesis Arquitectos (2022).

Prefabricación ligera y pesada

Otra forma de clasificar los sistemas de prefabricación es refiriéndose a la densidad de sus elementos que a su vez influyen en la puesta en obra. La prefabricación ligera involucra elementos hasta de 30 kg, se colocan de manera manual y no se requiere invertir en maquinaria ni medios extras para su instalación.

La prefabricación semipesada involucra elementos hasta de 500 kg, siendo la primera etapa en la cual no se exige grandes inversiones de equipo, instalaciones ni transporte, ya que para su instalación solo bastan medios mecánicos simples.

La prefabricación pesada es un grado mayor, debido a la tendencia a desarrollar los elementos constructivos lo mas grande posible para eliminar las juntas constructivas. Abarca la fabricación de un elemento del tamaño de un muro, a la fabricación de recintos completos, siendo necesaria para su instalación el uso de maquinaria especializada, que logre soportar el peso y permita manejar las dimensiones del elemento.

Lineales, panel y tridimensionales

La construcción con elementos prefabricados, puede abordar desde la construcción tradicional, incorporando componentes secundarios (prefabricación parcial), hasta sistemas completos prefabricados (prefabricación integral), donde se pueden clasificarse de acuerdo a sus principales componentes estructurales.

Los sistemas lineales utilizan principalmente elementos estructurales como vigas, columnas y/o marcos, caracterizados por su capacidad de transferir cargas en grandes luces.

Los sistemas de panel utilizan elementos para losas de pisos, soportes verticales, tabiquería y muro, los cuales pueden cumplir el rol de envolvente de la edificación.

Los sistemas tridimensionales utilizan unidades tipo módulos que contienen muros y piso, siendo menos flexibles pero de mayor rapidez en su instalación.

A traves de estas definiciones se intenta describir la prefabricación en base a sus características, es cierto que la implementación de nuevas y variadas tecnologías amplían las posibilidades en su definición, al ser posible perfeccionar las tecnicas y metodologías de producción y desarrollo, dando pie a que la gama de elementos y sistemas prefabricación se amplifiquen y respondan a las nuevas necesidades de diseño y construcción.

VENTAJAS DE LA PREFABRICACIÓN

Esta tipología constructiva ha adquirido a lo largo del tiempo y en el intento de perfeccionar la técnica constructiva, principalmente sobre la base de la tecnología, una serie de ventajas sobre la construcción tradicional que prioriza y mejora el proceso constructivo, así como los factores de conflicto tradicionalmente adquiridos en una obra. Entre las ventajas de la prefabricación se mencionan las siguientes:

•Reducción de los plazos de ejecución, ya que se eliminan los tiempos en blanco entre las distintas tareas o etapas de la obra, agilizando el ritmo por la producción de elementos en serie y que la construcción pueda montarse rápidamente, reduciendo los plazos en un 66% de los proyectos. Esto debido principalmente a los siguientes factores:
- Simultaneidad en las fases de construcción, a comparación de la construcción tradicional que se ejecuta secuencialmente.
- Eliminación de los tiempos de descimbrado, ya que los elementos prefabricados llegan a la obra para ser instalados de manera inmediata al resto de la edificación.
- Facilidad de trabajo en el suelo, eliminación del andamiaje y puntales, que son requeridos en la construcción tradicional.

•Aumento en la calidad de los elementos, se basa principalmente por construir en ambientes más controlados, donde se pueden generar inspecciones y pruebas de calidad a los elementos producidos en la medida que se ensambla en el taller de fabricación antes de ser despachados al proyecto.

•Reducción de residuos, incorporando tecnologías y elementos o recintos prefabricados, es posible alcanzar hasta un 30% de ahorro en generación de escombros, sumando un 23% de ahorro en costos de entrega, aseo, y acarreo.

•Reducción de material y equipos de obra, los métodos tradicionales de la construcción requieren materiales adicionales como moldajes, soportes o elementos de apoyo, que podrían llevar a un aumento de escombros. Sin embargo, dado que las piezas se preensamblan en una fábrica, permite una construcción más precisa.

•Reducción de la mano de obra, dependiendo del grado de prefabricación de la edificación, la necesidad de personal se reduce a etapas o procesos específicos, principalmente de montaje, además de requerir mayor especialización para llevar a cabo estas tareas.

•Relación costo-beneficio, Hay que tener en cuenta que estos sistemas consideran una importante inversión inicial, lo que no significa necesariamente que el análisis costo-beneficio se incline hacia la construcción tradicional. El uso de prefabricados consigue una reducción de tareas en todo el proceso de la construcción que redunda en un mejor balance entre la inversión y sus beneficios, generando una reducción de costos en un 65%. Si bien hay alta variabilidad dependiendo de la técnica empleada y el tipo de obra, el uso de estos elementos industrializados puede reducir los costos de una edificación en altura en un 7%.
Elementos básicos que influyen en el costo son:

-Mano de obra, se reduce debido a la menor cantidad de personal necesario, aunque parte de ellos serán trasladados a las plantas de fabricación.
-Materiales, los elementos fabricados en planta son de mayor calidad que los ejecutados en obra, siendo importante el almacenamiento y manipulación de los elementos o módulos prefabricados, ya que disminuyen considerablemente las perdidas.
-Amortización del material e instalaciones, en relación con otros equipos e instalaciones, la inversión es alta; pero con una buena gestión de estos sistemas, finalmente existe un
porcentaje de ahorro en comparación con los sistemas tradicionales.

•Fabricación en serie, la producción generada en una fabrica tiende a realizarse en mejores condiciones que un trabajo en obra, ya que en fabrica se puede perfeccionar la técnica mientras que, en una obra, al ser provisoria solo se centran en realizar las tareas específicas. Por ejemplo, en una fabrica se pueden perfeccionar los moldajes que utilicen para que estos al mismo tiempo se reutilicen el mayor número de veces necesarias para que la producción de elementos mantenga un flujo de trabajo y no requiera constantes mantenciones.

•Concentración de varias unidades en un mismo elemento, las unidades de obra complementaria (instalaciones eléctricas, hidráulicas, etc.), se ejecutan posterior a la obra gruesa en la construcción tradicional, salvo la carpintería. En este tipo de sistemas puede ejecutarse simultáneamente, evitando pérdida de tiempo en ejecución de oficios.

•Versatilidad, se adaptan a cualquier necesidad técnica o de diseño y consiguen una alta competitividad en productos seriados. El diseño y solución constructivase vuelven adaptables y compatibles.

•Reemplazo de elementos, en caso de requerir una reposición en obra de algún elemento prefabricado esta tiende a ser más fácil y rápido, ya que se centra en el montaje y desmontaje de la pieza en su totalidad, “es más fácil desmontar un muro compuesto por un panel que un muro de ladrillos”.

•Sostenibilidad, los materiales de construcción son responsables de la mitad de los residuos sólidos generados cada año en todo el mundo. Además, la construcción de edificios y su operación también son responsables del 39% de las emisiones de gases de efecto invernadero. La construcción prefabricada es conocida por ser una solución sostenible frente la construcción tradicional. Al acortar los plazos de ejecución de los procesos, se reducen los gastos de energía. Tambien se reduce el ruido, la suciedad ambiental, el número de transportes necesarios, etc. Además, a diferencia de la construcción in situ, con una construcción prefabricada se puede calcular con precisión las cantidades de materiales necesarios, por lo tanto, se produce un aprovechamiento óptimo del material.

•Mayor seguridad, Las condiciones de trabajo son mas seguras porque se reduce notablemente la sobrecarga habitual de maquinaria, materiales y personas en la obra. Además, se trabaja de forma mucho más limpia y ordenada. El entorno de trabajo es muy estable, puesto que casi un 90% del proceso se puede llevar a cabo en fábrica. Por lo tanto, el control de los procesos es mucho más elevado y las condiciones más favorables.

La optimización de plazos para generar un rapido montaje, el ahorro en mano de obra y material, junto a la calidad en los elementos constructivos son razones que justifican el uso de los sistemas prefabricados. Sin duda, la implementación de esta metodología implica importantes beneficios a un proyecto durante todo su proceso, desde el diseño hasta la construcción y montaje, por lo que, se convierte en el candidato ideal por sobre la construcción tradicional, siempre en esmero por optimizar recursos y generar un desarrollo eficiente del proyecto a traves de un flujo de trabajo y producción estable, cumpliendo con los requerimientos y ofreciendo soluciones las necesidades del proyecto y dl proceso que implica llevarlo a cabo sin dejar de lado la calidad de los elementos y de la obra final.

TENDENCIAS

Es sabido que el mercado se ha vuelto cada vez más exigente en cuanto a la calidad, plazos de ejecución, costos y escasez de mano de obra calificada, por lo que necesariamente se requiere una modernización en los procesos mediante nuevas soluciones constructivas que permitan aumentar la productividad. Las tendencias actuales permiten identificar las posibles líneas de trabajo con las que se implementan la prefabricación.

Open System Building o sistema abierto de construcción
Este tipo de sistema incorpora un entramado y un soporte o armazón. Son edificaciones sin un diseño totalmente definido, dando la oportunidad a los usuarios de adaptar el proyecto a sus necesidades, por lo que, se requiere que el diseño y construcción sean lo mas genérico posible para asumir posibles cambios y usos.

Para la industria de la construcción involucra un enfoque multidiciplinario para el diseño, productos, información, organización, gestión a largo plazo, financiación, reglas de tolerancia, coordinación dimensional, especificaciones basadas en valores cuantitativos, datos de modelos de producción, construcción, además de incorporar tecnologías de la información permitiendo al usuario intervenir en un proceso de diseño participativo, dando la posibilidad de combinar alternativas de acuerdo a las preferencias. El objetivo principal es crear una estructura capaz de adaptarse a los diferentes usos que el usuario puede llegar a requerir en un futuro, de fomra que ests cambios sean posibles facilmente.

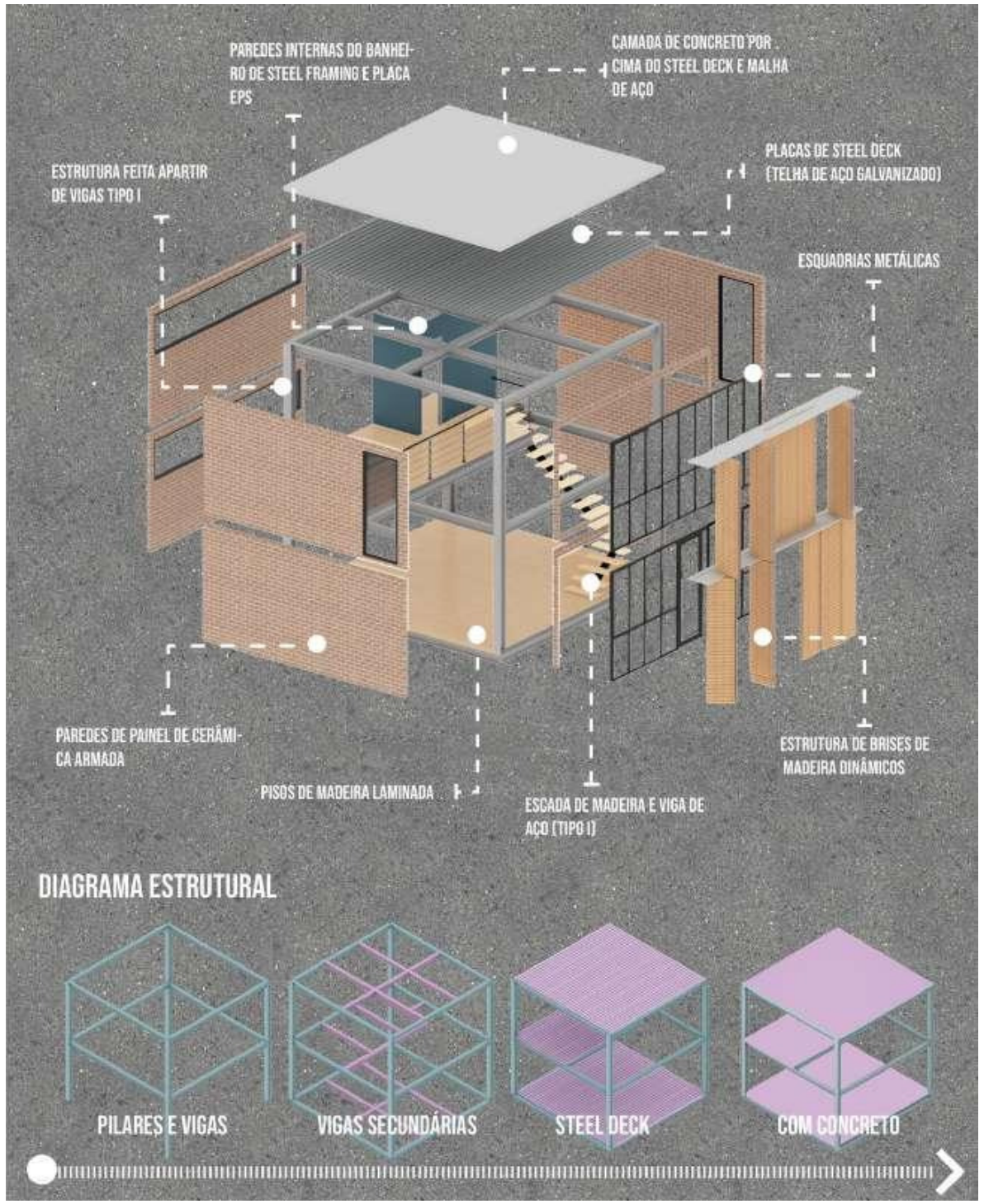


Figura 7. Diagrama estructural Casa Cubo **Fuente:** Behance (2018).

Tecnologías BIM, CAD-CAM y otros

A traves de la tecnología, se puede obtener mayor precisión de detalles de un proyecto, lo que a su vez genera una mejor integración y coordinación entre los agentes y especialidades involucradas en el proceso. Esto, permite una planificación adecuada beneficiando las etapas de fabricación y montaje, y a su vez permite obtener un acercamiento mas claro de plazos y costos del proyecto.

La técnología facilita trabajar con Modelos de Información de la Construcción (BIM). Esta metodología permite diseñar, presupuestar, resolver y obtener procesos constructivos por medio de modelos con gran nivel de detalles, siendo posible conocer información en tiempo real, características y funcionalidades, permitiendo un flujo de trabajo mas efciente. Ademas, posibilita a cada agente participe ejecutar cambios, tomar decisiones y agilizar procesos, lo que se traduce en reducción de plazos, costos y riesgos.

La tecnología CAD-CAM, procesos de manufactura asistida por computador para mejorar la fabricación, desarrollo y diseño de los productos. Integra diseño con fabricación. Permite fabricar más rapido, a menor costo y mayor precisión. Pueden utilizarse para generar modelos con muchas datos, los cuales luego de ser almacenados en el sistema, pueden ser manipulados y modificados facilmente durante el proceso de desarrollo.

Figura 8. Software BIM **Fuente:** Autodesk(2022).

Construcción off-site

La construcción off-site o construcción fuera de sitio, se llama al planificar, diseñar, fabricar y ensamblar una edificación en un taller o fuera de lo que será si localización final, concepto que se asocia a un cambio de paradigma de la construcción prefabricada. Su objetivo principal es resaltar las cualidades sutentables como la reducción de perdidas y residuos, menor consumo de energía y agua, disminución de impactos en el sitio de construcción. A continuación se detalla un grafico con los principales beneficios de la construcción off-site respecto a la construcción tradicional.

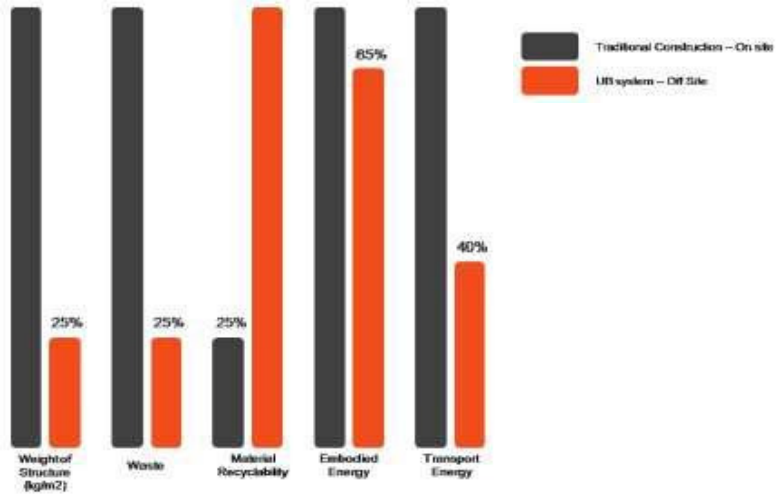


Figura 9. Grafico comparativo beneficios construcción off-site vs construcción tradicional **Fuente:** construye2025 (2020).

Figura 9. Casa Prefabricada **Fuente:** Atlantida Homes (2020).

Construcción Modular

La construcción modular cae bajo el paraguas de la construcción off-site, pero a menudo se conoce como un sistema de construcción específico de unidades volumétricas. Se basa en el ensamblaje de módulos fabricados en serie que permite construir espacios diferentes y obtener una solución constructiva estandarizada pero a la vez única, que permite la flexibilidad y personalización del proyecto. El objetivo es fabricar módulos que permitan diferentes combinaciones según las necesitadas de los clientes, manteniendo una relación respetuosa con el entorno.

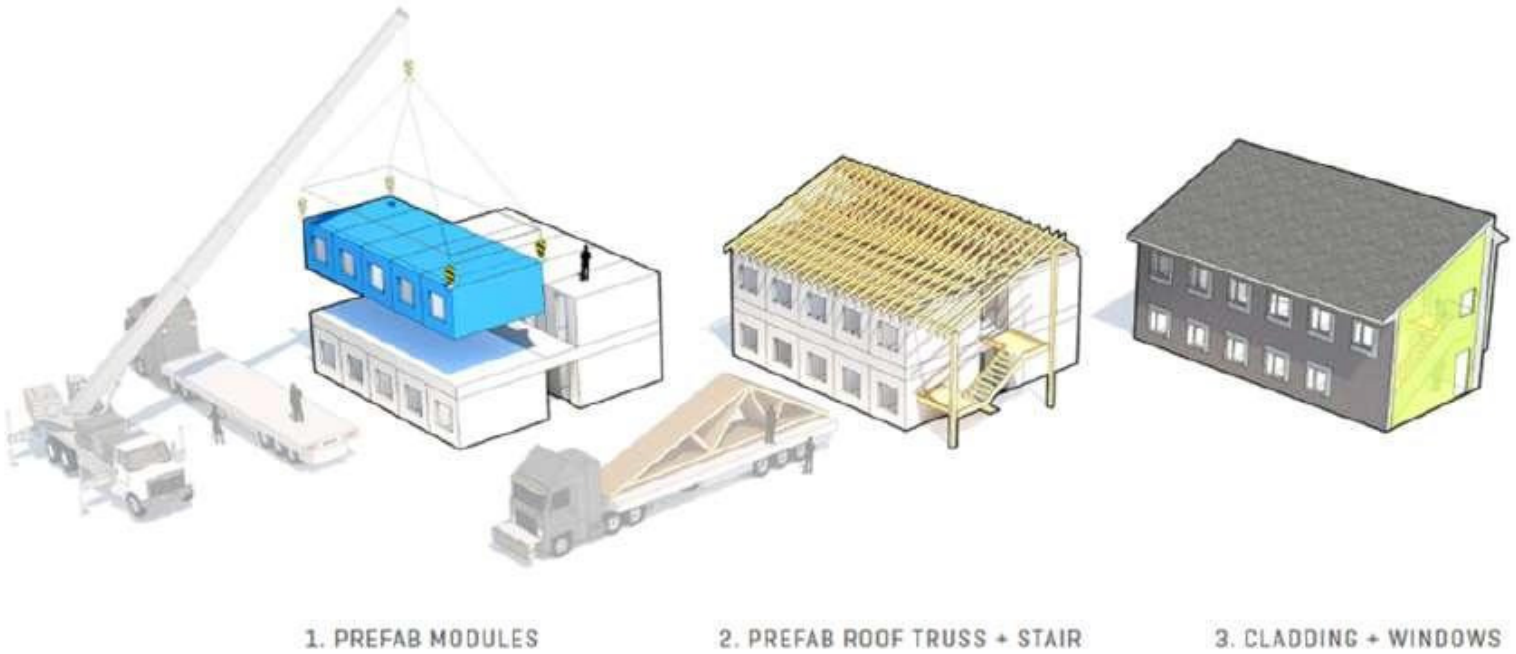


Figura 10. Proceso construcción Modular **Fuente:** Housing Development Center (2019).

ESTADO ACTUAL DE LA PREFABRICACIÓN

La industria de la construcción en Chile representa un 7,5% del producto interno bruto (Sofofa, 2015) y un 8,6% de los empleos nacionales, es decir, cerca de 700 mil empleos (INE 2015). Por lo que, no cabe duda de la importancia que tiene este sector en la economía chilena.

Actualmente, la construcción se desarrolla principalmente con un método tradicional, el cual supone la construcción in situ, mientras que solo algunas partidas de la etapa de terminaciones provienen desde la fábrica directamente para su instalación (ventanas, muebles, entre otros), siendo estos elementos secundarios que de igual forma involucra plazos y procesos que se podrian reducir u optimizar.

En Chile, la utilización de prefabricados en edificaciones de altura es baja respecto a otros países. Se hace visible, que la adopción de elementos prefabricados menos complejos o terminados, tales como enfierradura, es mayor en Chile, entre un 33 - 36% versus 5-6% en otros países. Mientras que los más complejos o terminados, como muros o losas de hormigón, son usados ampliamente en países referentes con un 22-28% versus 2% en Chile. En otros paises, obras de edificación en altura presentan una utilización 4 veces mayor de elementos prefabricados más complejos, (Reino Unido y Estados Unidos) versus el 34% en Chile.

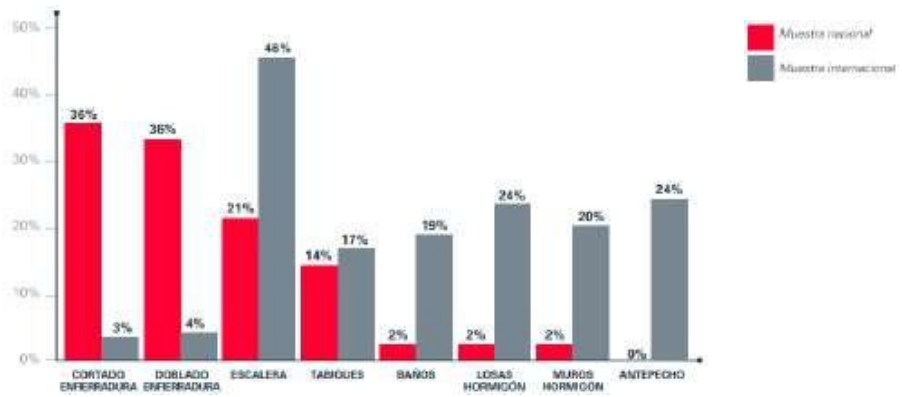


Figura 11. Grafico proyectos de edificación en altura con uso de elemento prefabricado **Fuente:** CChC (2020).

Por lo tanto, la industria debe prepararse para innovar en el largo plazo, pero en el corto plazo el objetivo debería ser concentrarse en adquirir y aplicar tecnología existente. No obstante, son diversas las obras donde se aprecia la inclusión de elementos prefabricados, en conjunto con la gestión y programación de la obra desde el diseño. Se puede apreciar que el mercado de la prefabricación a ido innovando en la búsqueda de nuevas soluciones constructivas que optimicen los procesos de edificación.

El mercado de la prefabricación ya no se concentra solo en la producción y el producto final, si no que se entregan servicios previos a la fase de diseño, desde muestras y catálogos, pasando por los detalles y soluciones constructivas, hasta incluso el proceso de logística del prefabricado, como el transporte y montaje en la obra. Todo esto lo proporciona, en la mayoría de los casos, los fabricantes, facilitando los procesos desde el diseño, donde se vuelve mas fácil resolver soluciones constructivas a partir de lo que pueden proponer para luego ser fabricado, transportado y finalmente realizar el montaje en obra, por lo que, desde la etapa de diseño es importante que las dimensiones sean optimas para facilitar su manipulación. Además, se vuelve a recalcar la optimización de plazos de ejecución de diseño y producción, siempre y cuando exista un canal de comunicación eficiente y rápido para llevar a cabo los procesos y poder concluir la etapas.

Si hablamos de materiales de construcción, son muchos los que podemos utilizar para prefabricar. Los elementos o modulos prefabricados que se realizan en nuestro país, son principalmente en base a tres materiales: acero, madera y hormigón, siendo este ultimo quien lidera la implementación de prefabricados.

Los prefabricados de hormigón se han desallorrado en nuestro país mayoritariamente en obras de infraestructura, industriales, pavimento y mobiliario urbano. Sin embargo, el desarrollo constructivo en edificaciones en los últimos años ha incorporado nuevas tecnologías, no obstante su absorción por parte del mercado ha sido lenta. Estas tecnologías consisten en la creación de una segunda generación de anclajes y la incorporación de sistemas de protección sísmica basal que ha sido implementada por empresas líderes. La implementación de esta tecnología no se ha expandido a otras empresas de prefabricados, probablemente por una baja demanda de los sistemas.

Bajo el alero del Instituto del Cemento y del Hormigón se ha creado el Comité Elementos y Estructuras Prefabricadas de Hormigón, el cual funciona a través de mesas de trabajo desarrollo de seminarios y publicaciones especializadas, fomentando una cultura constructiva del uso de elementos y estructuras prefabricadas siendo sus objetivos la elaboración y desarrollo de documentos de referencia para el diseño y uso de elementos prefabricados y el fortalecimiento de una cultura de uso de elementos y estructuras prefabricadas de hormigón.

La construcción en acero en esencia considera la industrialización. Al igual que la prefabricación en hormigón el mayor volumen de construcciones de acero en edificación corresponden a infraestructura industrial y minera. En el caso de las viviendas destaca el uso de sistemas de construcción en seco, en base a estructuras entramadas de acero galvanizado.

En Chile la construcción de estructuras de edificios es muy baja, enfocandose mayormente en edificaciones comerciales, educaciones y corporativos de baja altura, con un diseño arquitectónico de autor, tratándose principalmente de construcciones que también involucran el uso de homrigón y/ madera en su composición. Existen muy pocos casos de edificios en altura. Una de las ventajas importantes del acero es su flexibilidad para obtener formas volumétricas creativas, la longitud de luces y menores secciones en relación al hormigón.

Los productos en acero para la construcción pueden llegar a ser muy variables, destacando también la aplicación en revestimientos metálicos. Este tipo de productos, actualmente son importados, por tanto existe una gran dispersión en el mercado en cuanto a calidad y precios.

En cuanto a la institucionalidad del sector del acero, podemos identificar a tres actores: Instituto Chileno del Acero (ICHA); la Asociación de Industrias Metalúrgicas y Metalmecánicas A.G.(Asimet) y el Instituto Tecnológico de la Enfierradura para la Construcción.

La experiencia de la construcción en madera en la historia de Chile a lo largo de su historia devela amplias capacidades en el ámbito artesanal, como los son las iglesias de Chiloé construidas hace más de un siglo. Asimismo, actualmente también podemos identificar capacidades tecnológicas, aunque se hallan en un número reducido de empresas, enfocandose en proyectos de alta sofisticación, esta realidad convive con una construcción más masiva en madera, pero con una percepción de menor calidad, que se ejecuta todavía a través de métodos más tradicionales.

Desde el punto de vista de la institucionalidad coexisten distintas iniciativas alineadas bajo un objetivo común que es promover el uso de la madera, pero a su vez en torno a diferentes objetivos particulares, como CORMA y Madera 21.

¿Qué se necesita para masificar este tipo de sistemas? En la realidad chilena, adecuar los procesos constructivos actuales a los prefabricados. Actualmente como se lleva a cabo la construcción en nuestro país, aún se utiliza una gran cantidad de faenas con procesos constructivos complicados y que están instaurados en el rubro. Masificar la construcción modular significaría cambiar completamente la mentalidad y los procesos para un nuevo tipo obras. Esto implicaría una gran cantidad de trabajo para las empresas, ya que los controles de calidad son otros y los procesos constructivos también son distintos. Esto llevaría a que todas las áreas de la empresa se involucraran, desde el diseño arquitectónico, el cálculo estructural, la logística, la construcción, la calidad.

Además, en este tipo de construcciones no hay una normativa específica ya que los usuarios en su mayoría son industrias que tienen el respaldo técnico, económico y jurídico de hacer cumplir las especificaciones del producto de acuerdo a sus necesidades.

Figura 12. Diagrama Agentes participes de proyecto **Fuente:** Hormipret (2022).

CONCLUSIÓN TEMA I

La prefabricación influye y afecta a todo el proyecto desde su inicio, no solo un grupo de elementos o tecnologías aplicadas en fases posteriores. La coordinación en la etapa de diseño y materialización del proyecto desde el primer día, se traduce en una mejor oportunidad. A través de la industrialización de los procesos, estos de desarrollan de manera eficiente y con la mayor obtención de beneficios de los sistemas.

Es necesario poder industrializar e incluir la prefabricación en los sistemas constructivos y sus partidas para obtener mayor eficiencia en los procesos, esto es posible desde el avance tecnológico que se ha ido incrementando y desarrollando el último tiempo, proporcionando mayores posibilidades de diseño, flexibilidad e integración de especialistas para desplegar un ambiente colaborativo, convirtiéndolo en una buena alternativa en cuanto a productividad, eficiencia y sostenibilidad.

Es crucial que se generen y promuevan mayores redes de información y alcance en cuanto a avances, nuevas tecnologías y soluciones constructivas, obtener este conocimiento temprano de cómo evoluciona el área de la construcción puede impulsar la masificación de su uso. La falta de difusión de estos avances en todos los niveles de la cadena de valor es un factor que influye directamente en el uso de estas técnicas constructivas, es importante que exista un asesoramiento o gerenciamiento del proyecto donde se maneje y tenga conocimiento del mercado actual de la prefabricación e industrialización de forma que se pueda considerar esta solución por sobre la construcción tradicional o in-situ.

TEMA II REQUERIMIENTOS PARA LA ARQUITECTURA

Los métodos de construcción utilizados en su mayoría actualmente tienden a ser primitivos en comparación a otras industrias, aún cuando empleamos un gran número de materiales industrializados. Esto se debe a que el objeto industrializado se fabrica en grandes números de ejemplares iguales, según un diseño determinado, como consecuencia se amortizan los estudios previos y los equipos de producción, limitando y reduciendo la situación a la producción.

En la arquitectura y construcción existen otros factores como, por ejemplo, armar una obrar a la intemperie, debe tener una correcta cimentación de acuerdo con las características del suelo, por lo tanto, su diseño y dimensiones deben ser acordes a las condiciones. En una construcción intervienen numerosas especialidades, además debe responder a valores de diseño determinados y no solo problemas constructivos y funcionales.

No puede haber comparación si mantenemos el concepto actual de diseño y construcción. Los métodos actuales de prefabricación generan un cambio en lo que se conoce o suele aplicar en construcción al igual que la concepción del diseño. En definitiva, nos encontramos frente un nuevo enfoque que debe darse en el diseño al querer utilizar métodos constructivos prefabricados, los nuevos materiales y sistemas de los elementos prefabricados que las necesidades actuales están exigiendo, tienden a modificar el cómo enfrenta o abarca el proyecto el arquitecto y el constructor, donde estos ya no trabajaran en forma aislada, pasaran a trabajar de manera coordinada.

No basta con tener conocimiento sobre ejecución de edificaciones con sistemas prefabricados, es necesario poseer la información que proporcionan el estudio de redes, la teoría de las combinaciones y otras disciplinas comunes en el arquitecto, cuando su función se basa en esta técnica y no en los conceptos intuitivos-artísticos.

COORDINACIÓN DIMENSIONAL

Al limitarse el enfoque debido a la escaza coordinación entre el diseño y la producción de los elementos, se vuelve indispensable que existe dicha coordinación entre ambos para compatibilizar los distintos diseños con los componentes que se puedan prefabricar. Esto, se logra instaurando reglas en el diseño y sus componentes, las cuales pueden ser consideradas por los arquitectos diseñadores para que los fabricantes las puedan adoptar al producir los elementos prefabricados.

Debe existir un método de comunicación o similitud de lenguaje donde se utilicen reglas comunes entre el diseño y la fabricación para satisfacer los requerimientos de ambas partes. De igual manera, estas reglas deben permitir flexibilidad de diseño con cierta independencia del sistema o proveedor que se escoja posteriormente, y al mismo, tiempo, deben permitir a los fabricantes centrar sus esfuerzos de producción en un número limitado de elementos con rangos determinados de dimensiones y formas, debe estar regulado.

Esta regulación se puede lograr a través de la Coordinación Modular, definida básicamente como un conjunto de reglas dimensionales, con la cual se puede reducir la variabilidad de las dimensiones de los elementos que se pretende construir. Su importancia radica en la estandarización, principalmente en los sistemas abiertos para lograr un multicompatibilidad de componentes, mientras que los sistemas cerrados requieren de una coordinación interna.

El considerar establecer una intercambiabilidad entre componentes, donde se consiga adaptación de cualquiera de los elementos fabricados, necesitaría además de una estandarización dimensional, una estandarización general se sistemas de conexiones.

El generar un marco de estandarización, en conjunto con las restricciones establecidas, pueden producir fácilmente una monotonía arquitectónica y una baja optimización del diseño. Estos factores han sido las principales causas de que las tendencias generales se enfoquen en otras direcciones.

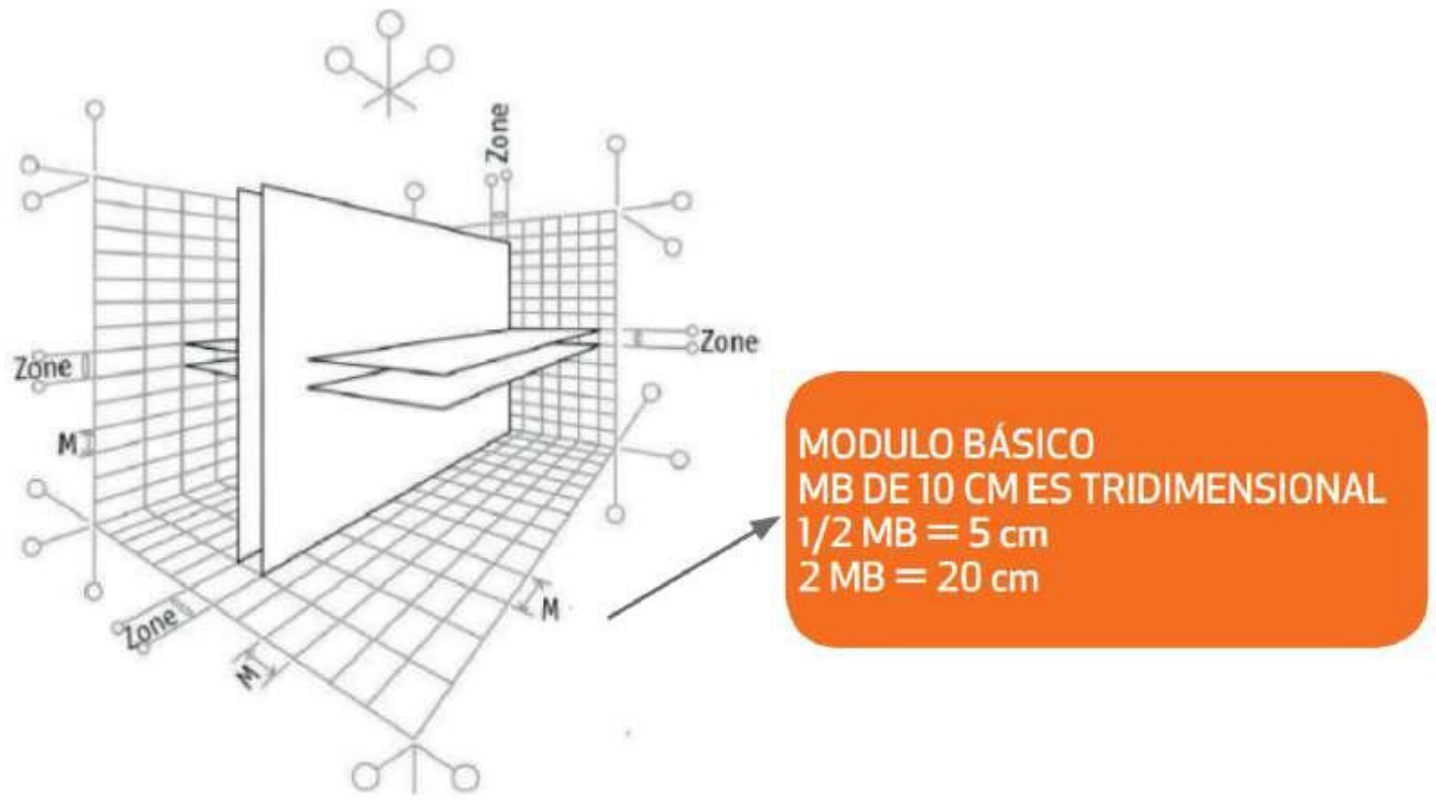


Figura 13. Diagrama Coordinación Modular **Fuente:** CCI (2023).

Para comprender un poco mejor la importancia del diseño en elementos prefabricados, analizaremos ciertos criterios a través del proyecto de Aeropuerto Balmaceda, específicamente el diseño de cerchas. En un principio, se tenían diferentes tipologías de cerchas con diferentes secciones y dimensiones. Ya que el aeropuerto se ubicará en una zona remota, se decidió unificar el diseño de las cerchas para facilitar su construcción y transporte.

El diseño inicial correspondía a 5 cubiertas:

-Estacionamientos cubiertos (reemplazaría al edificio Estacionamientos)
-Calle cubierta
-Cubierta Landside-Hall de Llegadas
-Cubierta Central-Servicios
-Cubierta Airside-Embarques

Por tema de costos y requerimientos de la Inspección fiscal, se decidió volver a considerar el Edificio de Estacionamientos, por lo que, se eliminaron las cubiertas 1 y 2. Al quedar solo las cubiertas, 3, 4 y 5 se decidió replantear el diseño de estas para facilitar su construcción y transporte.

.

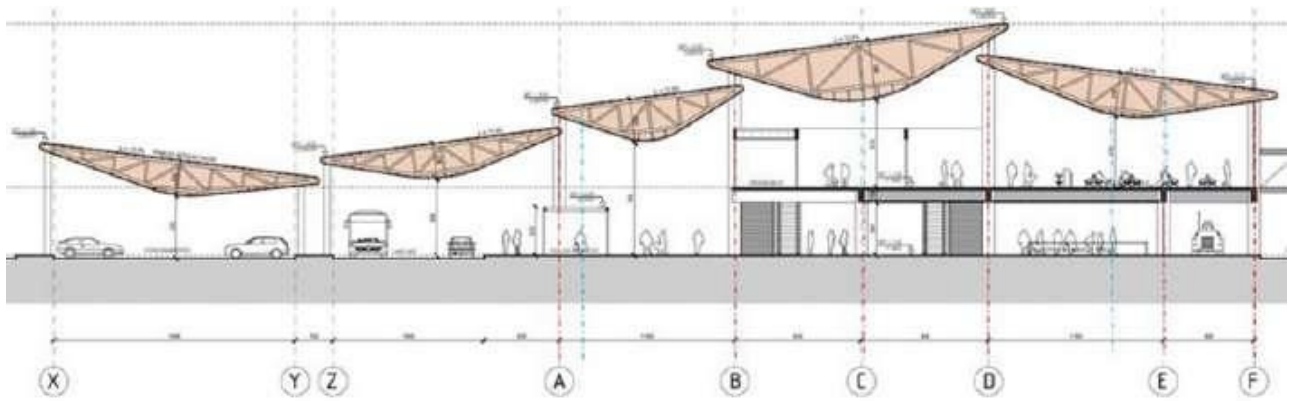


Figura 14. Corte Transversal Proyecto Aeródromo Balmaceda **Fuente:** Iglesis Arquitectos (2022).

Bases para la estandarización de prefabricados

Es necesario generar un marco regulatorio de diseño para que disminuyan las variables dimensionales, obteniendo de esta forma la solicitada coordinación y estandarización dimensional. Para esto, también es necesario acotar la cantidad de configuraciones disponibles para los elementos, con el objetivo de generar un stock de componentes con dimensiones comunes y disponibles en el mercado para que puedan ser consideradas a la hora de diseñar y de fabricar. De igual forma, es importante establecer tolerancias dimensionales admisibles para permitir la correcta unión o ensamble entra los elementos o composiciones.

A partir de lo mencionada anteriormente, se extraen 3 conceptos claves para la estandarización de medidas de elementos o componentes de la construcción, estas serán las bases principales para llevar a cabo dicha estandarización de medidas:

-Coordinación Modular: Para disminuir la variabilidad dimensional y se facilite la adaptación de componentes prefabricados, es necesario establecer un marco de coordinación dimensional en los proyectos.

-Medidas Preferentes: Medidas comunes de elementos usados habitualmente en la construcción y se basen en las reglas de coordinación modular, permitiendo acceder a un stock de medidas típicas que se puedan considerar al momento de diseñar.

-Tolerancias: Lograr tolerancias de fabricación y producción que permitan el correcto ensamble o instalación de los componentes prefabricados en obra.

Coordinación Modular

La coordinación modular se basa en un sistema de referencia normalizado que utilizado un módulo básico internacional de 100mm para el control coordinado de espacios, dimensionamiento y ubicación de elementos en las edificaciones. Se considera una disciplina práctica, y bien establecida, probada durante años. A través de la coordinación modular podemos simplificar y hacer más económico el proceso de diseño y de construcción de edificaciones, mediante la normalización de tamaños, de forma que los elementos de ajusten entre sí al montarse en el sitio y su posición final junto al resto de la edificación.

Con esta metodología podemos obtener diversos beneficios para los distintos agentes involucrados, facilitando la coordinación entre el arquitecto, fabricante, distribuidores y autoridades, fomentando el uso de elementos que tengan un número restringido de tamaños normalizados proporcionando un tipo flexible de normalización. Entre las ventajas generales que proporciona la coordinación modular, se encuentran:

-Los componentes producidos en rangos de tamaños normalizados se pueden intercambiar, cualquiera sea su materialidad o método de manufactura.

-Las operaciones in situ se simplifican debido al dimensionamiento, trazado, posicionamiento y montaje racionalizado de los componentes.

Desde el punto de vista del diseño, esto otorga un marco de referencia que permite la diversidad de diseños, considerando elementos con dimensiones modulares normalizadas. Para el fabricante, esto permite disminuir la variabilidad de dimensiones simplificando el proceso de producción y de adquisición, logrando, además que dichos elementos o componentes puedan instalarse en múltiples ubicaciones en una edificación.

Continuando con el desarrollo de la cubierta del Aeródromo Balmaceda. Como se mencionó anteriormente, se decidió contemplar solo las 3 cubiertas del Edificio Terminal de Pasajeros. Las medidas de estas, estaban determinadas por los ejes A,B,D y F.

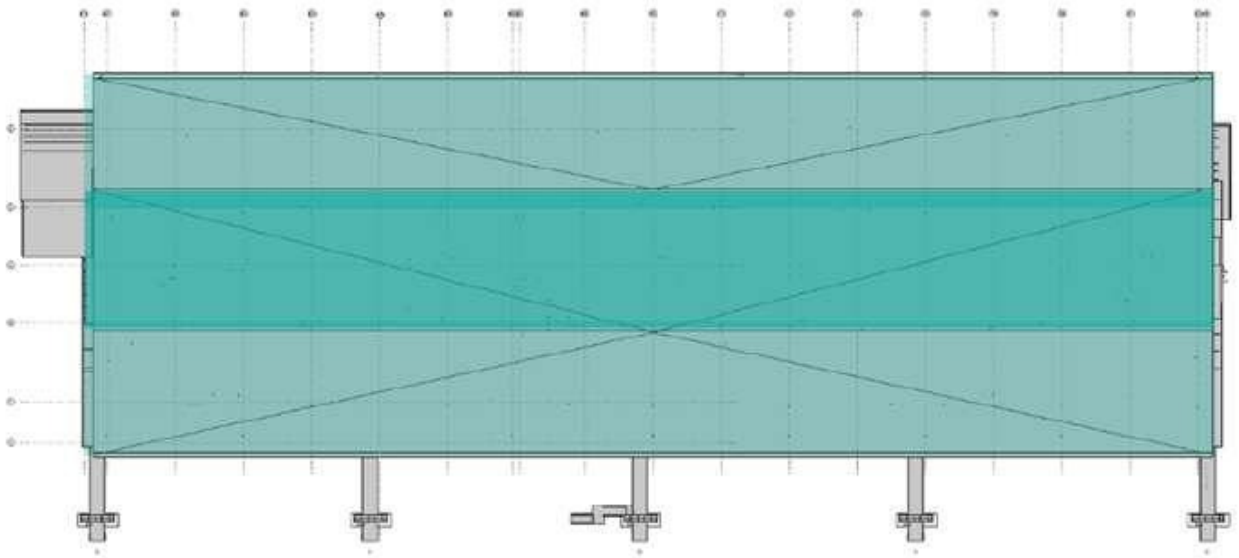


Figura 15. Planta Proyecto Aeródromo Balmaceda **Fuente:** Iglesis Arquitectos (2022).

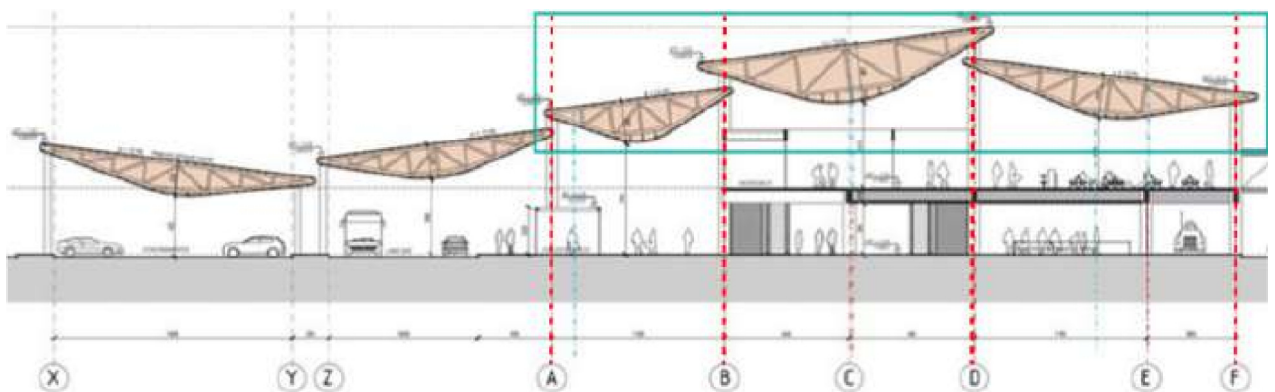


Figura 16. Corte Transversal Proyecto Aeródromo Balmaceda **Fuente:** Iglesis Arquitectos (2022).

Para generar un espacio intermedio, al acceder al edificio, la cubierta que estaba albergada entre los ejes A y B, se extiende para generar una cubierta exterior.

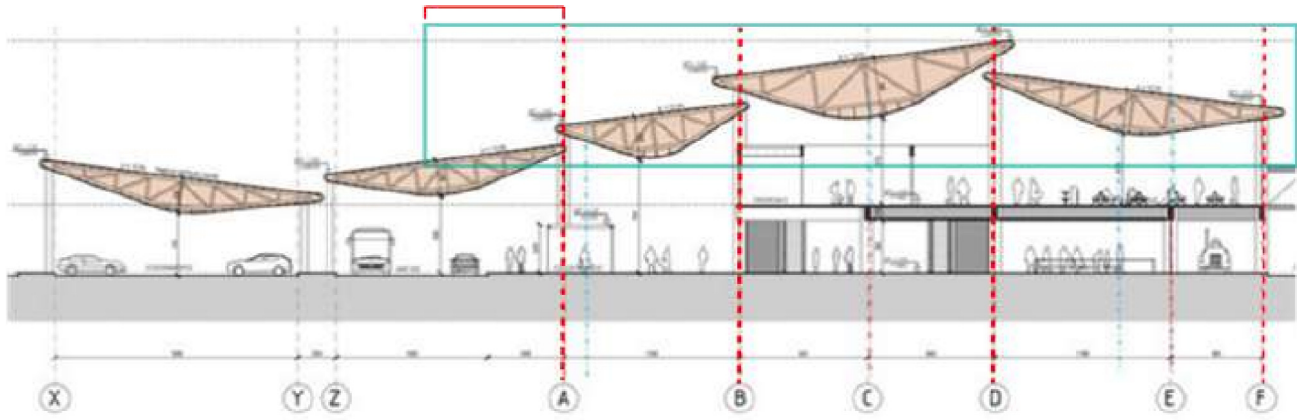


Figura 17. Corte Transversal Proyecto Aeródromo Balmaceda **Fuente:** Iglesis Arquitectos (2022).

Para simplificar la construcción se decide eliminar la curvatura y doble inclinación interior de las cubiertas, respetando y manteniendo la pendiente de 25% de la cubierta.

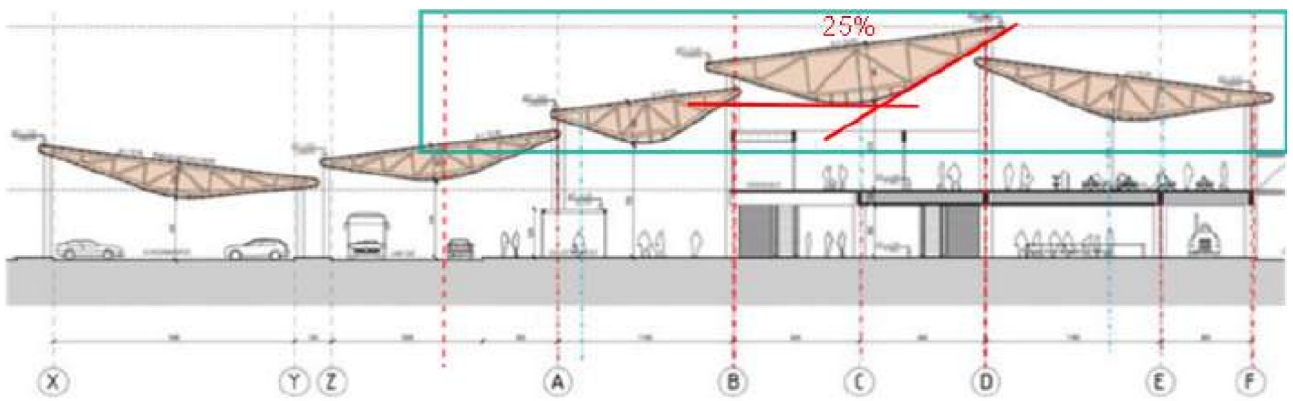


Figura 18. Corte Transversal Proyecto Aeródromo Balmaceda **Fuente:** Iglesis Arquitectos (2022).

De esta manera, se obtiene una forma básica y simplificada con la cual debe trabajar la especialidad de Cálculo Estructural, donde se definen y detallan las dimensiones de todos los elementos que lo componen.

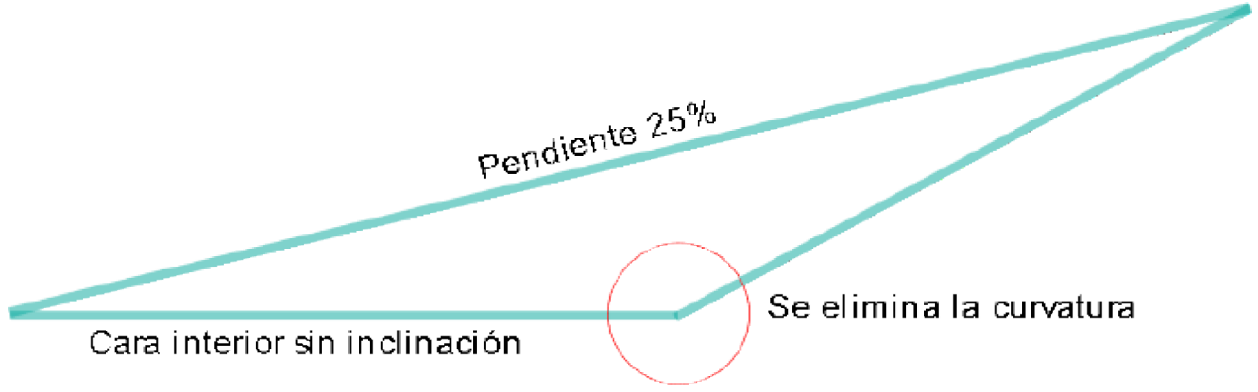


Figura 20. Diagrama Fomra básica **Fuente:** Elaboración propia (2022).

Se plantea un sistema de cerchas estructurales de 20 m X 5 m (ancho x alto). Su diseño se basa en la optimización constructiva con perfiles metálicos. Este sería el módulo básico con el cual se trabajará.

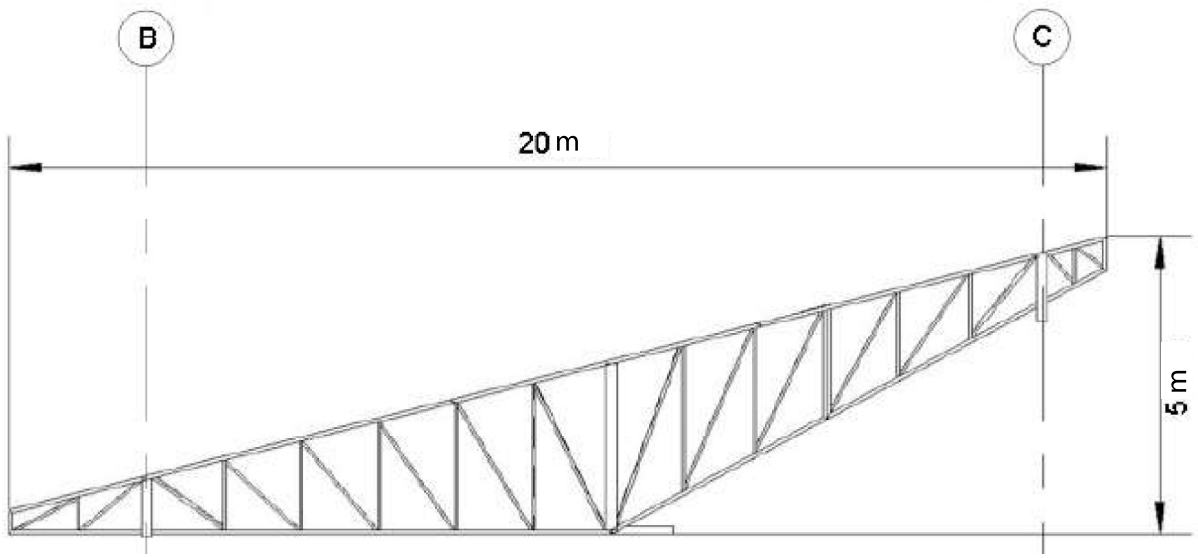


Figura 21. Diagrama Modulo básico **Fuente:** Iglesis Arquitectos (2022).

Medidas Preferentes

Acotar el número de configuraciones dimensionales disponibles para diseñar permite racionalizar el diseño de las edificaciones de acuerdo con los elementos que debieran idealmente encontrarse en el mercado. De igual forma, esto permite que el fabricante se enfoque en la producción en serie de componentes comúnmente utilizados en la construcción. Establecer estas configuraciones dimensionales genera una compatibilidad con las reglas de la coordinación modular y acotar las dimensiones de los elementos a dimensiones típicas generando un aprovechamiento de las economías de escala que pudieran generarse.

Esto no debería limitar el diseño donde pueda recurrir a dimensiones especiales de elemento, sin embargo, se deber ser consciente de que no existirá un total aprovechamiento de las ventajas de la coordinación. Esto no debe entenderse como una vuelta al pasado, en donde se restringen los diseños generando uniformidad en estos, sino que debe entenderse como una optimización del proceso constructivo a través de medidas estandarizadas, generando un desarrollo más eficiente en plazos, costos y calidad.

En el Aeródromo Balmaceda, se decidió que las 3 cubiertas tuvieran las mismas dimensiones del módulo básico, es decir, que los cordones superior e inferiores tendrán las mismas medidas generales.

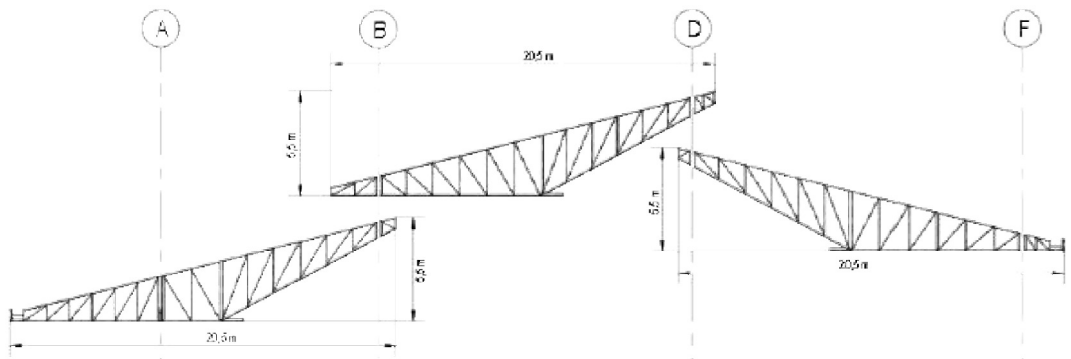


Figura 22. Elevación modulos cerchas **Fuente:** Iglesis Arquitectos (2022).

Debido a que los ejes determinan los puntos de apoyos en donde se encuentran los pilares que recibirán las cerchas, esto genera que cada módulo de cercha se subdivida en 4 secciones, de las cuales todas tienen distintas dimensiones, por lo que se obtienen 12 tipos de secciones en total para componer los cordones superior e inferior. Esto se determina en base al análisis estructural del que se encarga la especialidad de Cálculo Estructural.

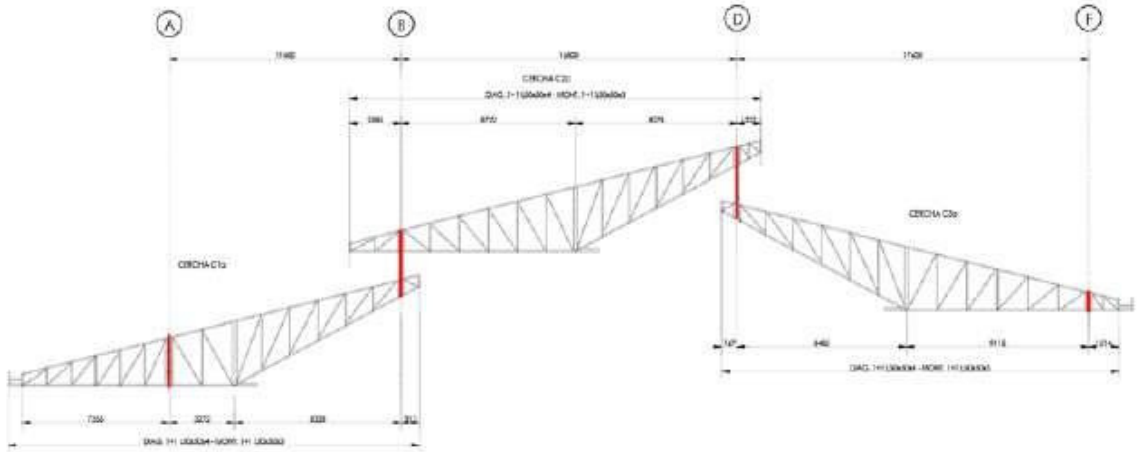


Figura 23. Elevación módulos cerchas **Fuente:** Iglesis Arquitectos (2022).

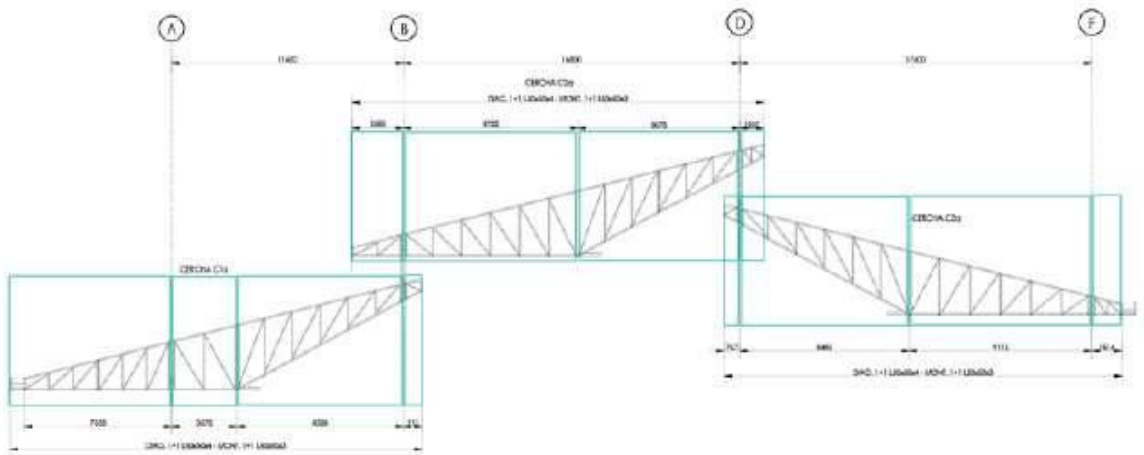


Figura 24. Elevación modulos cerchas **Fuente:** Iglesis Arquitectos (2022).

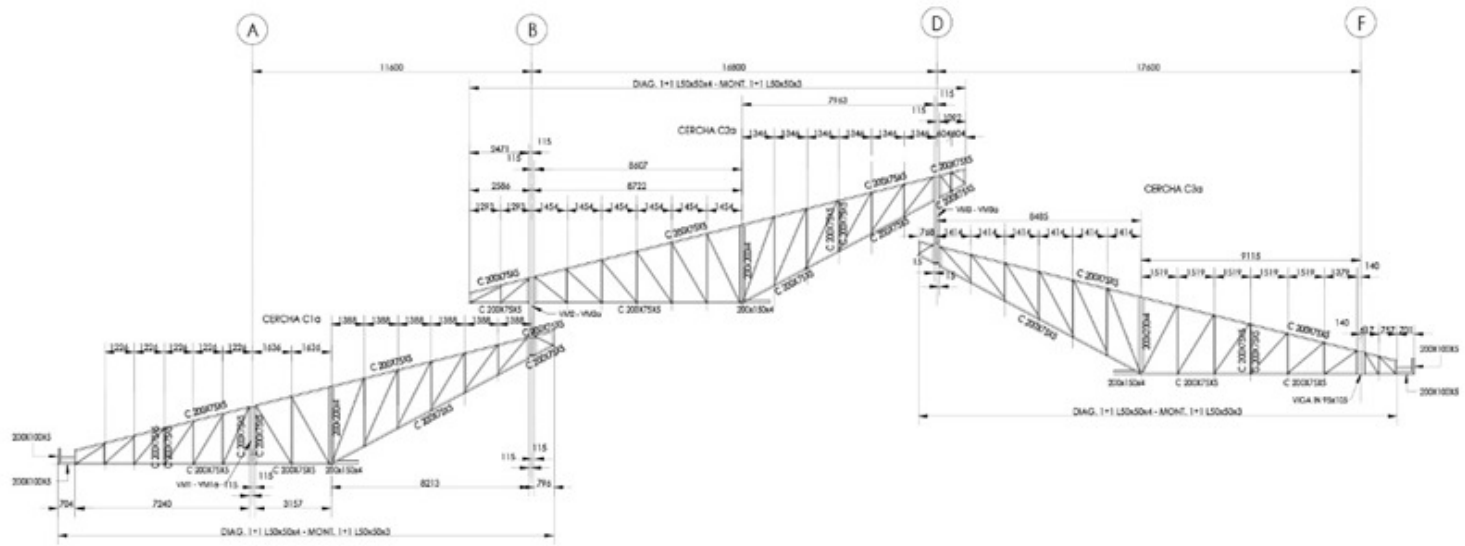


Figura 25. Elevación modulos cerchas **Fuente:** Iglesis Arquitectos (2022).

Tolerancias dimensionales

Una vez definidas las reglas generales de la coordinación modular y establecidas ciertas medidas preferentes de componentes críticos de la construcción, resulta relevante compatibilizar las dimensiones entre componentes, logrando un correcto ensamble o instalación de las piezas o componentes entre sí.

En la práctica, no es posible evitar las diferencias entre las dimensiones nominales y las dimensiones reales de los elementos que se vayan a utilizar en la construcción de la edificación. Entonces, deben considerarse estas diferencias en términos de tolerancias constructivas desde los procesos de diseño y planificación de los proyectos, para esto el sistema de unión y conexión debe estar diseñado para adaptarse a las desviaciones constructivas, hasta un rango aceptable y permisible y admisible.

Una de las mayores barreras en la introducción de componentes prefabricados en la construcción tradicional es la compatibilidad de dimensiones entre los distintos elementos y componentes involucrados. Estos pueden estar coordinados dimensionalmente, sin embargo, las desviaciones dimensionales con respecto a las dimensiones nominales muchas veces impiden un correcto o fácil ensamble, lo cual obviamente va en desmedro del aprovechamiento de las ventajas de estos sistemas. Es necesario compatibilizar las tolerancias constructivas admisibles con los sistemas de juntas o uniones de los componentes para que se pueden incluir los sistemas prefabricados de manera más optima en la construcción.

En Chile, la construcción tradicional considera dimensiones que no son necesariamente compatibles con las dimensiones de los elementos prefabricados, lo que ocasiona una actividad o proceso adicional, donde se deben rectificar las dimensiones para casa caso en particular. De esta forma se pierden las ventajas de introducir componentes prefabricados con medidas establecidas. Mientras que la tendencia internacional, ha sido realizar diseños que combinan sistemas de elementos prefabricados personalizados, adoptando reglas generales de coordinación modular y considerando la integración de componentes secundarios estandarizados y compatibles con medidas disponibles en el mercado.

Es importante tener un detallamiento claro y específico de las conexiones que existiran entre el sistema prefabricado y la obra gruesa, ya que se basa en la unión de dos sistemas que deben converger para poder trabajar en conjunto. No deberian presentarse mayores desviaciones a las permitidas dentro de las tolerancias dimensionales, esto supondría un problema, ya que se deberia corregir para que se logre un correcto ensamble entre los sistemas, provocando retrasos y rehacer procesos.

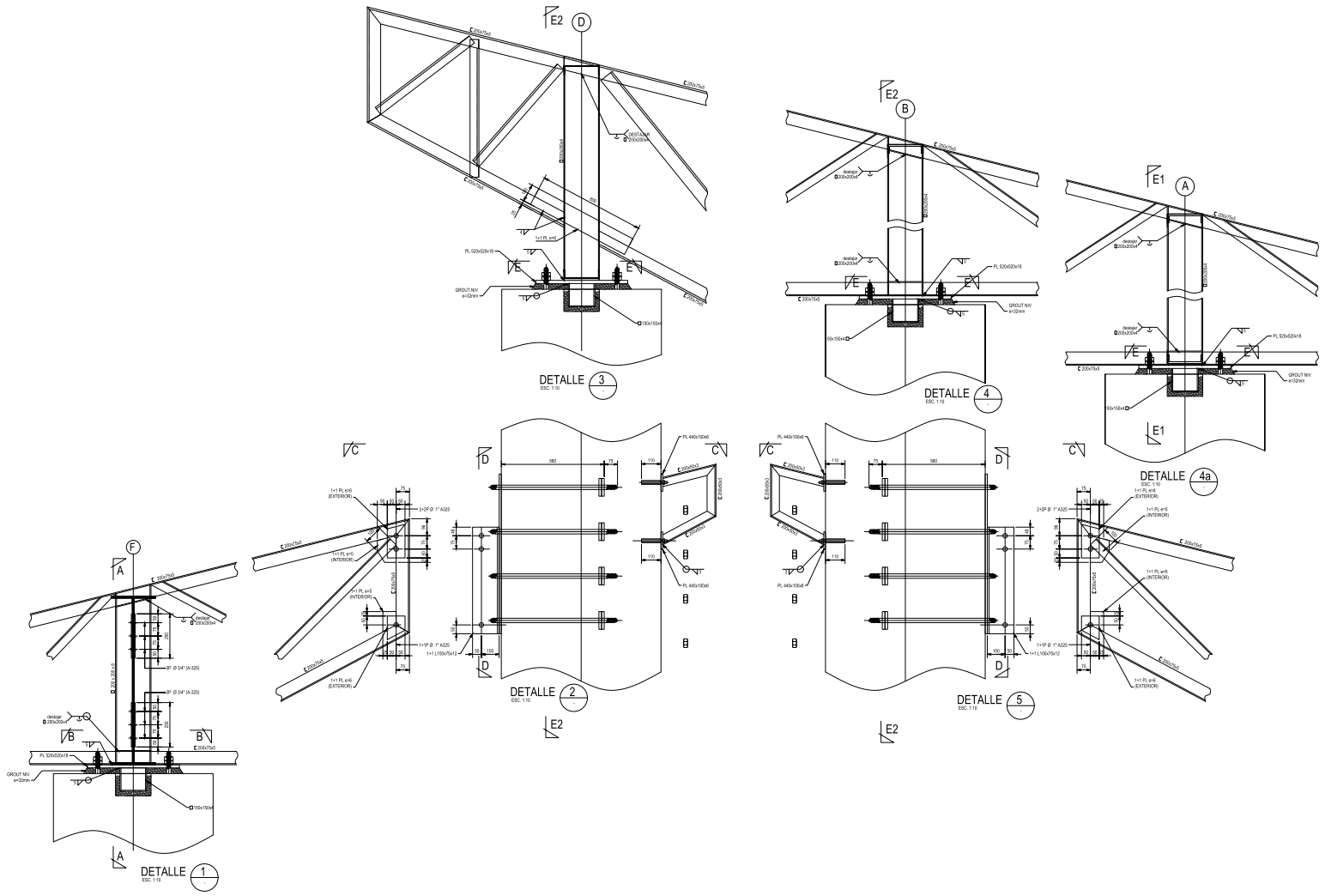


Figura 26. Diagrama Detalle uniones **Fuente:** Iglesis Arquitectos (2022).

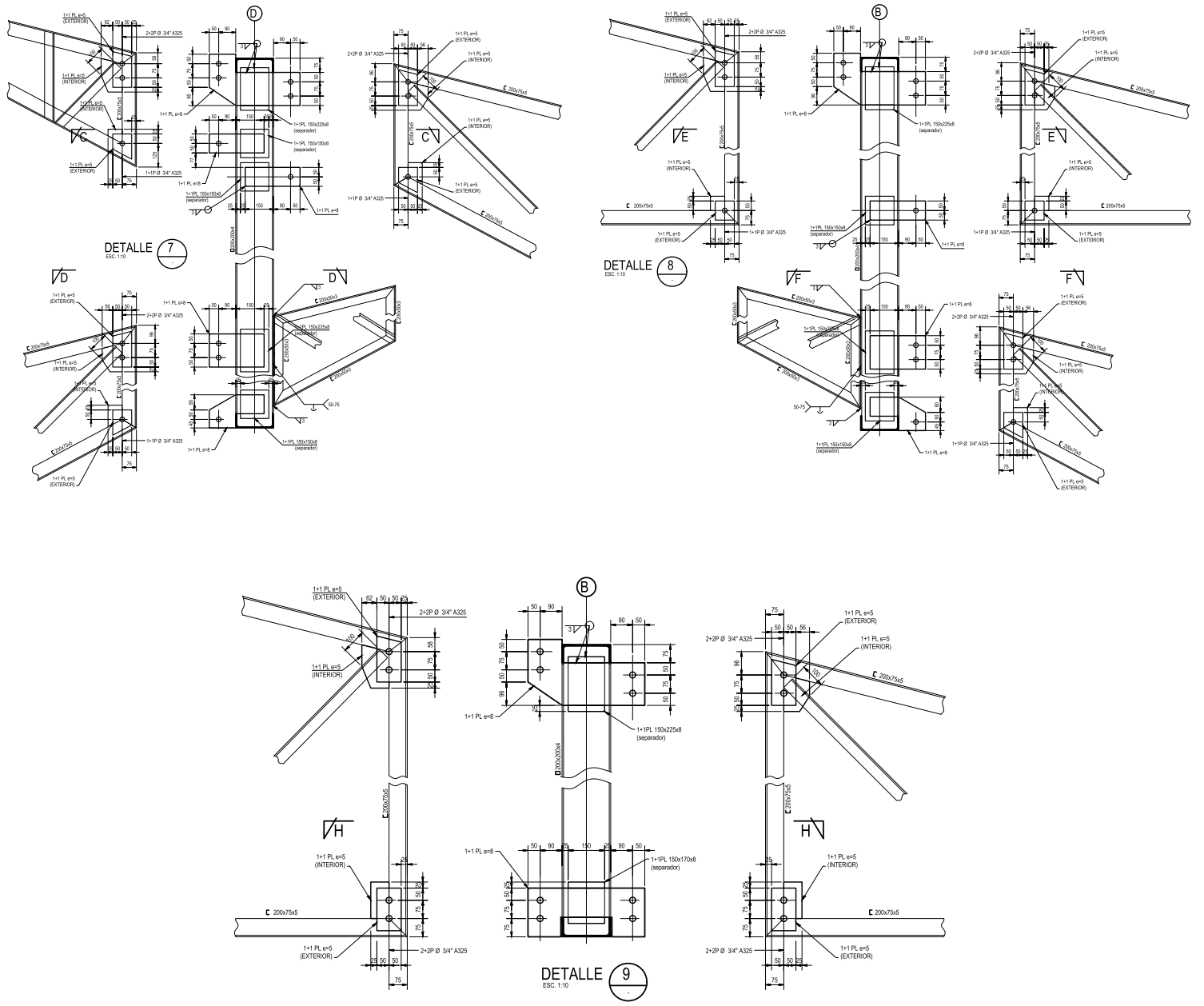


Figura 27. Diagrama Detalle uniones **Fuente:** Iglesis Arquitectos (2022).

COORDINACIÓN ENTRE AGENTES

La adaptabilidad del diseño debe tener la capacidad de poder ser materializada con componentes que no sean específicos para ésta. De esta forma fomenta el aprovechamiento de las economías a escala que pueden generarse al considerar componentes estandarizados o de medidas regulables, siendo estas, más fáciles y rápidas de encontrar disponibles en el mercado, traduciendo esto a beneficios económicos, al ser algo estandarizado en el mercado, se despliega una gama de posibilidades de las que se pueda elegir, siempre en la búsqueda de obtener lo que se requiere al menor costo posible. Entonces, podemos afirmar que el desarrollo de este tipo de sistemas constructivos se basa y fundamenta en la coordinación entre el diseñador y los fabricantes de los elementos o componentes prefabricados.

En general, puede existir o no comunicación y coordinación entre diseñador y fabricante, los escenarios que normalmente se pueden observar corresponden a:

1. El diseño se basa en el proyecto arquitectónico y/o los requerimientos del mandante, con poca o ninguna consideración hacia el productor de elementos prefabricados.

2. La producción se basa en diseños del fabricante de elementos prefabricados, para un tipo general de proyecto, el cual se enfoca en satisfacer a un grupo determinado de clientes.

3. La producción de componentes se basa en algunas reglas generales de coordinación, con respecto a sus dimensiones y ubicación de éstos. En este caso los fabricantes adaptan sus procesos para cumplir las mismas reglas de diseño.

4. La producción se basa en un diseño preparado por el cliente y siguiendo algunas reglas comunes que aseguran la adaptación al proyecto.

Integración Temprana

Como hemos mencionado previamente la coordinación entre agentes es necesaria para poder llevar a cabo un proyecto con prefabricados, idealmente si desde un inicio la empresa constructora que proporcionará los elementos prefabricados puede ser parte del proyecto y brindar nuevos servicios en vez de solo limitarse a la fabricación, transporte y montaje. Esto se conoce como Integración Temprana, esta metodología de coordinación de obra se basa principalmente en impulsar la colaboración en el ecosistema de la construcción.

Figura 28. Diagrama proceso integrado **Fuente:** Elaboración propia (2022).

5 puntos claves a abordar para generar y llevar a cabo una colaboración e integración temprana en el desarrollo de proyectos que incorporen elementos o componentes prefabricados.

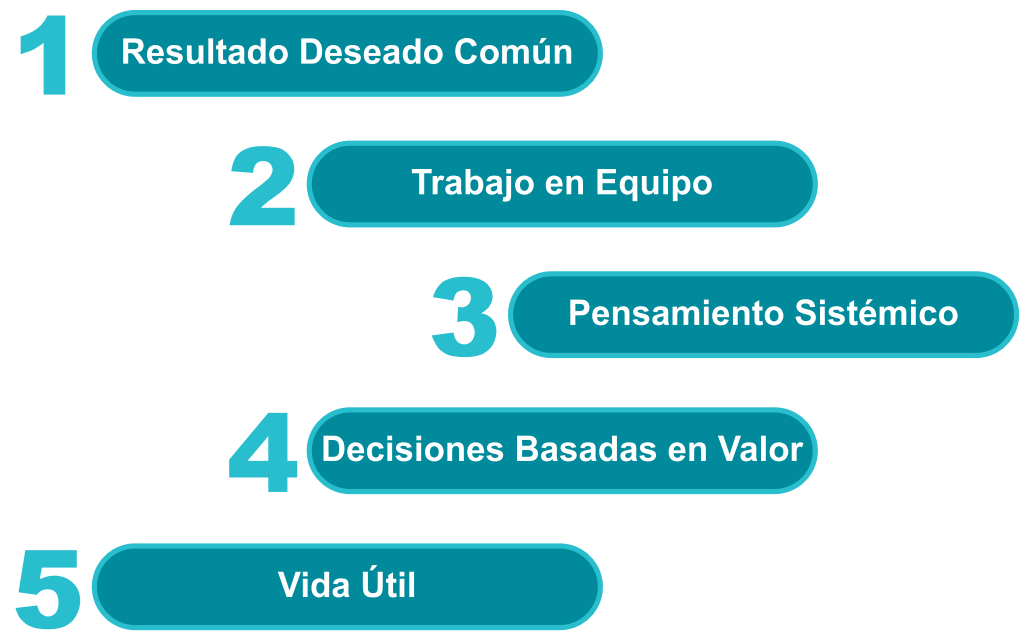


Figura 29. Diagrama Puntos claves Integración temprana **Fuente:** Elaboración propia(2022).

La idea de la integración temprana de actores se basa en que los esfuerzos deben estar puestos em las primeras etapas, entre la etapa de concepto o anteproyecto y diseño de ingeniería de detalle. Es importante dedicarle tiempo al inicio y tomar decisiones que generen menos costos en un futuro, se debe tener la capacidad de anticipar los posibles escenarios y evitar que cualquier cambio al estar muy adelantado genera costos mas elevados en la implementación de cualquier proyecto. A continuación se explica a través del gráfico la relación Esfuerzo/efecto vs tiempo en un desarrollo de obra.

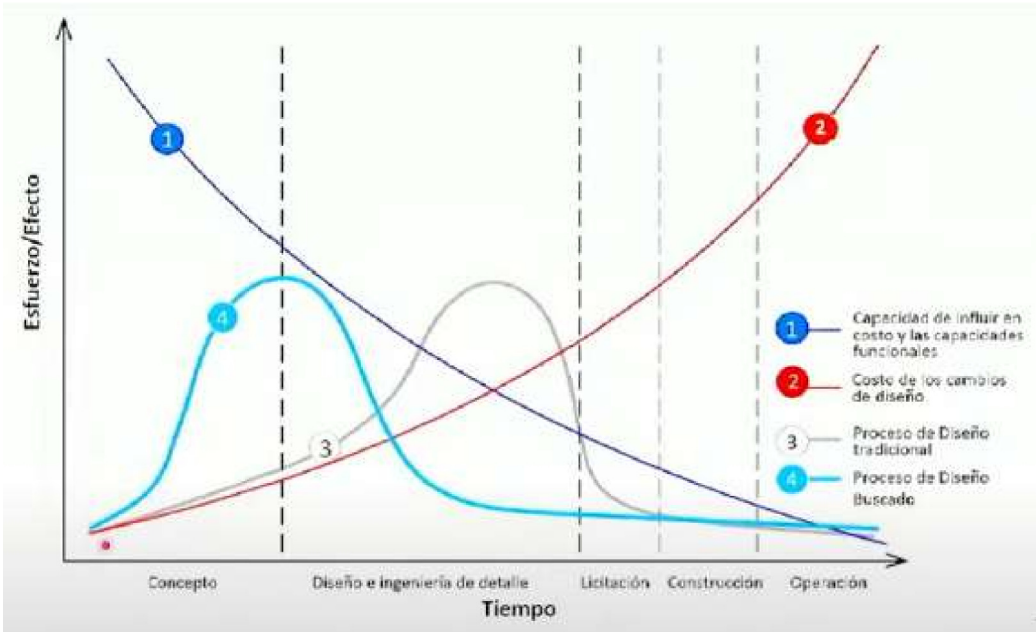


Figura 30. Gráfico relación Esfuerzo/Efecto Vs Tiempo Desarrollo de obra **Fuente:** CChC (2020).

Figura 31. Diagrama modelo de operación en el ciclo de un proyecto **Fuente:** CCI (2023).

Al trabajar de manera integrada se busca llegar a la fase de documentación e información consensuada, a diferencia del sistema tradicional donde la información fluye, en muchas ocasiones, en distintos sentidos, se inicia la construcción y todavía se están desarrollando detalles y generando información. La idea es que a través de la integración temprana se llegue a un detallamiento y especificación previa al inicio de la obra y, por lo tanto, los equipos de especialistas se dispongan para poder ir solucionando temas puntuales y específicos.

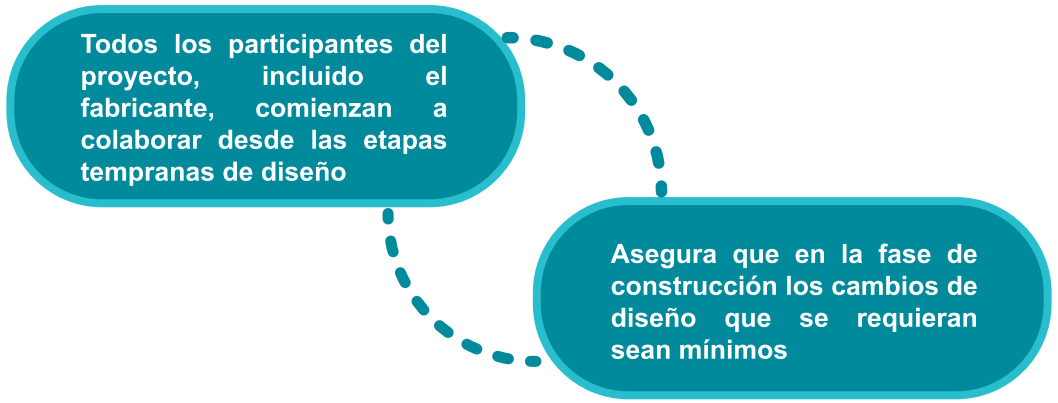


Figura 32. Diagrama Integración Temprana **Fuente:** Elaboración propia (2022).

Reunirse con todos los actores y generar mesas de trabajo colaborativo para dedicarle tiempo a la etapa de anteproyecto. El proceso debe ordenarse y estar definido previo a partir para asegurar la reducción de tiempos de fabricación, montaje, construcción, etc. y realmente poder evidenciar los beneficios de la prefabricación y construcción industrializada.

Se debe tener en cuenta que no todos los proveedores trabajan o manejan el mismo nivel de digitalización, entonces se debe trabajar en un sistema que permita integrarlos a todos. Para esto es necesario aprender a solicitar y entregar la información para poder generar este trabajo colaborativo, todo debe estar dentro del mismo lenguaje.

Roles dentro del proyecto

Para coordinar de manera eficiente el proyecto y su desarrollo, es necesario establecer y tener claros los roles dentro de cada etapa. Para esto, se necesitan equipos multidisciplinarios, en los que se incluye el mandante, arquitecto, constratista, proveedores. A continuación, se especifican roles de acuerdo a cada área de interes dentro de un proyecto que incorpore prefabricados a traves de la integración temprana de actores:

	DIRECCIÓN EN CI	GESTIÓN EN CI	COORDINACIÓN EN CI	EJECUCIÓN EN CI	REVISIÓN EN CI
DEFINICIÓN ROL	**Liderar y fomentar** estrategias de implementación de CI en una organización, de acuerdo a las necesidades, beneficios y recursos destinados al desarrollo de proyectos e inversiones en el tiempo.	**Liderar** la impelementación de la estrategia de CI, en relación a los RRHH, procesos y tecnologías. **Gestionar** la planificación, diseño, comunicación, programación y/o producción onsite y offsite con los distintos actores. Definir los procesos y partidas a industrializar.	**Implementar y coordinar** el proceso de integración, comunicación y flujo de información entre las diferentes especialidades de un proyecto. **Prever** conflictos y consensuar soluciones con la cadena de suministro, considerando la secuencialidad y repetitividad de las soluciones industrializadas, ya sea en la etapa de diseño, modelación, producción onsite y offsite, logística y/o montaje.	**Desarrollar** los procesos de CI de proyectos según especialidad en las etapas de planificación, diseño, construcción, operación y deconstrucción, utilizando diferentes tecnologías y metodologías de prefabricación e industrialización.	**Examinar y verificar** el cumplimiento detallado de la calidad de la información, procesos, elementos y/o componentes industrializados, según especialidad y etapa del ciclo de vida del proyecto.
EXPERIENCIA	Experiencia en el liderazgo, **definición estratégica y toma de decisiones** en organizaciones y proyectos.	Experiencia en el **liderazgo de equipo**, gestión organizacional, administración, planificación y operación de proyectos onsite y/o offsite. Estandarización y optimización de procesos constructivos. Habilidades comunicacionales.	Experiencia en el **desarrollo y ejecución de proyectos,** según la etapa del ciclo de vida. Conocimiento técnico, normativo, de procesos proyectuales y constructivos.	Conocimiento y competencias sobre los alcances técnicos y normativos, **procesos y procedimientos** de la especialidad a ejecutar.	**Conocimiento y competencias técnicas** en alguna de las siguientes responsabilidades según la etapa del ciclo de vida de los proyectos: fiscalizar, desarrollar, validar, auditar, controlar, cotejar y/o ejecutar.

Figura 33. Matriz de roles **Fuente:** CCI (2023).

Para que el prefabricador sea parte desde un inicio en el proyecto, desde la etapa de anteproyecto, es fundamental que el mandante este convencido de que evaluar un proyecto utilizando prefabricado es conveniente. ¿Por qué incluirlo desde el principio? Un proyecto que utilice e integre prefabricados puedes presentar una infinidad de detalles que pueden complicar el proyecto o hacerlo totalmente viable o expedito, por lo que, es necesario evaluarlo en conjunto con el prefabricador y tener una visión mas clara de las oportunidades que puede brindar la utilización de un sistema prefabricado.

Es necesario poder evaluar las 3 etapas presentes en un proceso de prefabricación, para tomar una desición.

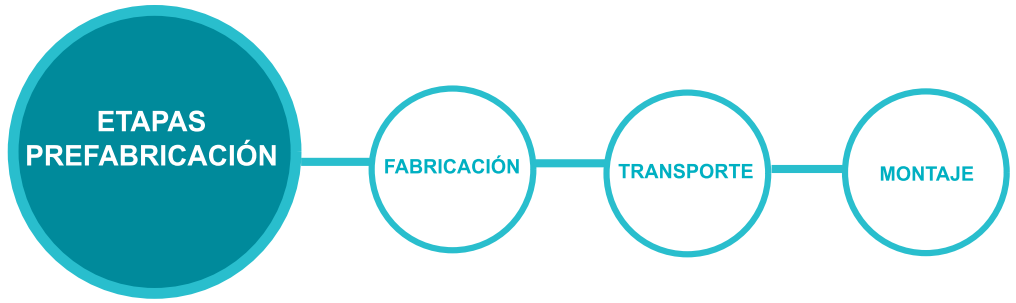


Figura 33. Diagrama Etapas de prefrabricación **Fuente:** Elaboración propia (2022).

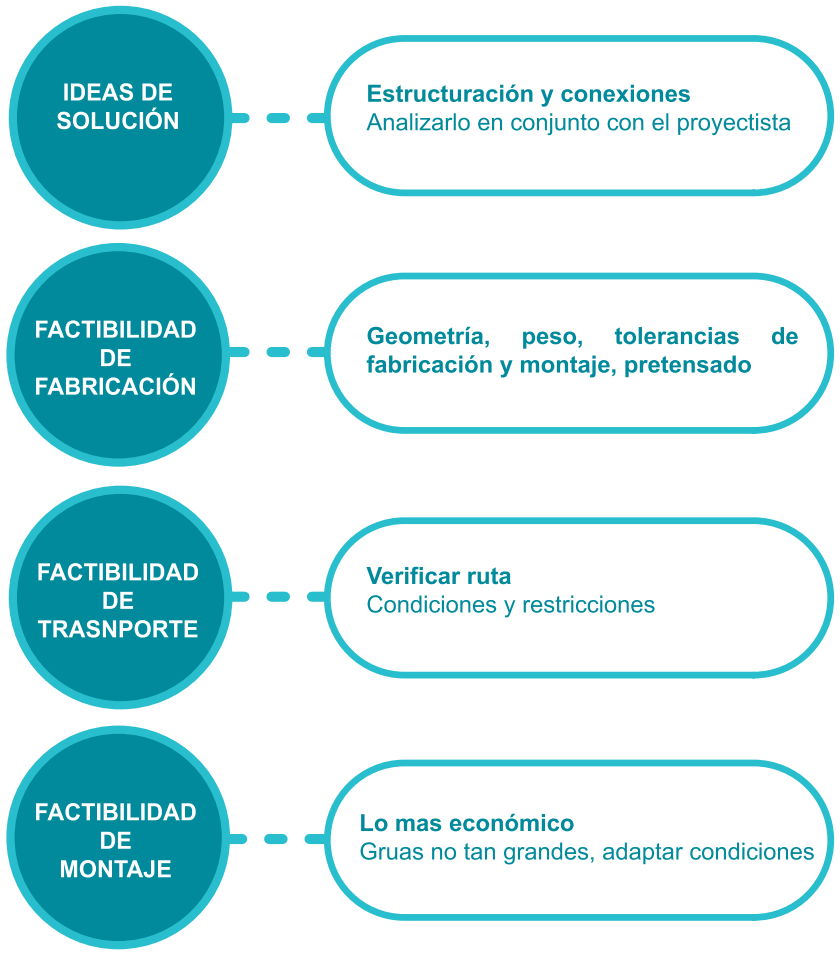


Figura 34. Diagrama beneficios prefabricador **Fuente:** Elaboración propia (2022).

CONCLUSIÓN TEMA II

Actualmente existen metodologías y herramientas para poder desarrollar un proyecto de forma eficiente desde la etapa de diseño, de manera que la etapa de construcción resulte mas optima y el proyecto logre acercarse lo mayor posible a los objetivos propuestos, sin embargo, no suelen ser métodos comunes en el desarrollo de proyectos, mas bien se continúa con el método tradicional de diseño y comunicación entre actores.

A pesar de que existen directrices de como abordar el diseño pensando en la etapa constructiva, esto no suele aplicarse normalmente en los proyectos o se hace parcialmente, esto se debe a que el uso de prefabricados en cierta medida puede limitar el diseño. Entra en juego el priorizar el diseño y objetivos de espacialidad vs la construcción y objetivos de valor y costo de obra.

Estos puntos se plantean de manera genérica para poder abordar el desarrollo de proyectos con elementos prefabricados o industrializados principalmente para la etapa de diseño. Se considera una guía para implementar el uso de elementos prefabricados, pero esto requiere una propuesta elanorada, donde se debe considerar una restructuración de las etapas desde la planificación y roles dentro del mismo.

TEMA III

PROPUESTA PARA EL DESARROLLO DE PROYECTO QUE INCORPORE PREFRABRICADOS

Poder llevar a cabo un adecuado y optimo proceso constructivo debe ser coordinado, gestionado y planificacado correctamente en todas las áreas requeridas del proyecto. Poder comenzar con el proceso de edificación en los plazos y tiempos, también es necesario contar con los proyectos, instalaciones y detalles precisos y bien definidos, para poner en marcha la fabricación de los elementos prefabricados, los cuales deben coordinarse para llegar a tiempo mientras el resto de la obra esta en marcha en el caso de que sea parcial; en el caso de una obra completamente prefabricada, sigue siendo igual de necesario contar con todos los detalles ya que de igual manera, existe un porcentaje de obra in situ que se esta desarrollando.

Por lo tanto, se debe tener clara certeza de lo que se prefabricará, cómo, cuando y donde. A partir de esto se puede generar una planificación exacta teniendo en cuenta la ruta crítica de la obra. De esta forma se puede tener una visión clara y precisa de las actividades y etapas que se deben realizan dentro de la obra, siempre en la búsqueda de optimizar los procesos. Para eso, es necesario entender la metodología que se requiere para llevar a cabo la coordinación de la obra, utilizando la prefabricación y que factores se deben considerar para gestionar las etapas.

FASE DE DEFINICIÓN

FASE DE DISEÑO

FASE DE CONSTRUCCIÓN

ESTABLECER METAS PARA INDUSTRIALIZAR

Análisis de Potencial
Definición de Objetivos
Definición Equipo

Análisis de Potencial

Para desarrollar un proyecto es necesario tener una mirada mas amplia de todo lo que requiere el proceso y la obra. Como primer paso, se debe realizar un análisis y estudio para evaluar el potencial y posibilidades de incluir prefabricados por medio de industrialización.

Para esto, se sugiere identificar partidas, procesos y/o actividades cuya estandarización, modulación y/o prefabricación tiene el potencial de aportar en mayor medida a la mejora del desempeño del proyecto, de acuerdo con indicadores de interés para cada caso. Esto no se refiere solamente a plazos o costos, también incluye condiciones exógenas que influyen en el desarrollo de la obra (clima, localización, accidentalidad, ineficiencias, etc).

De esta forma se pueden definir las estrategias y determinar los procedimientos que se requieran para ejecutar la obra, enfocando los esfuerzos de industrializar en aquellas actividades definidas. A partir de esto, se establece un desarrollo de analisis enfocado en Experiencias de obras anteriores y Condiciones actuales del proyecto.

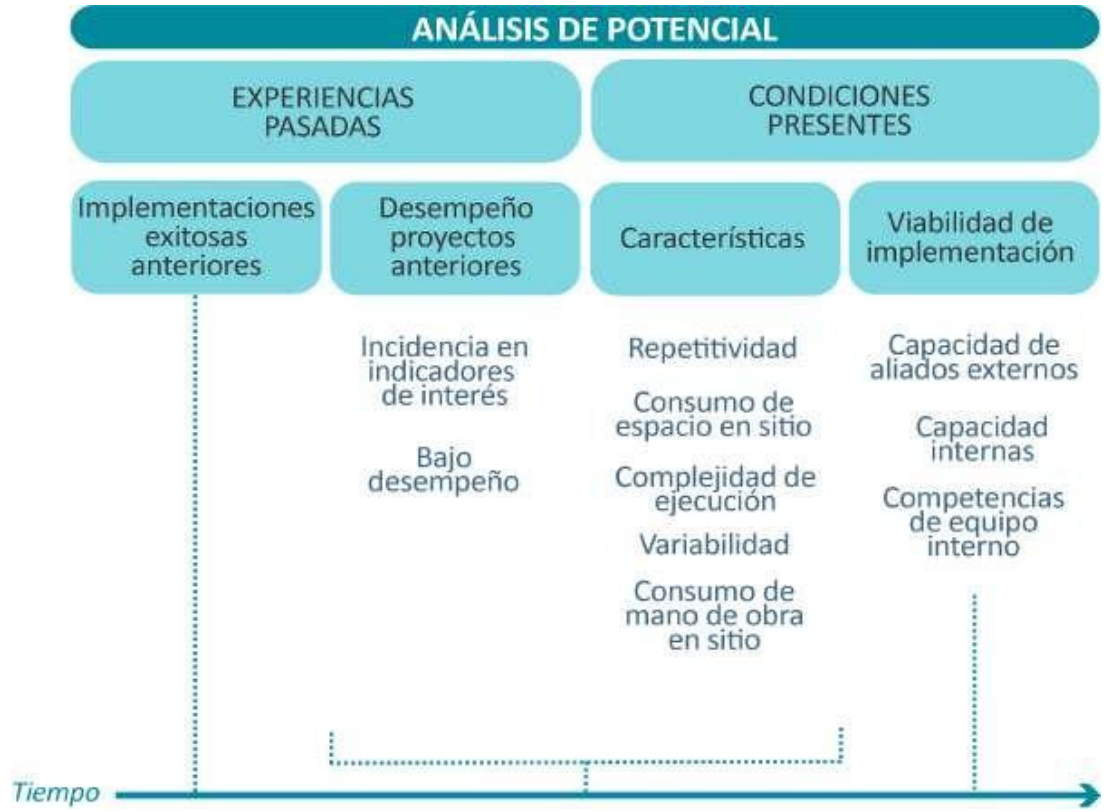


Figura 35. Diagrama Análisis de potencial **Fuente:** Elaboración Propia basada en CCI (2023).

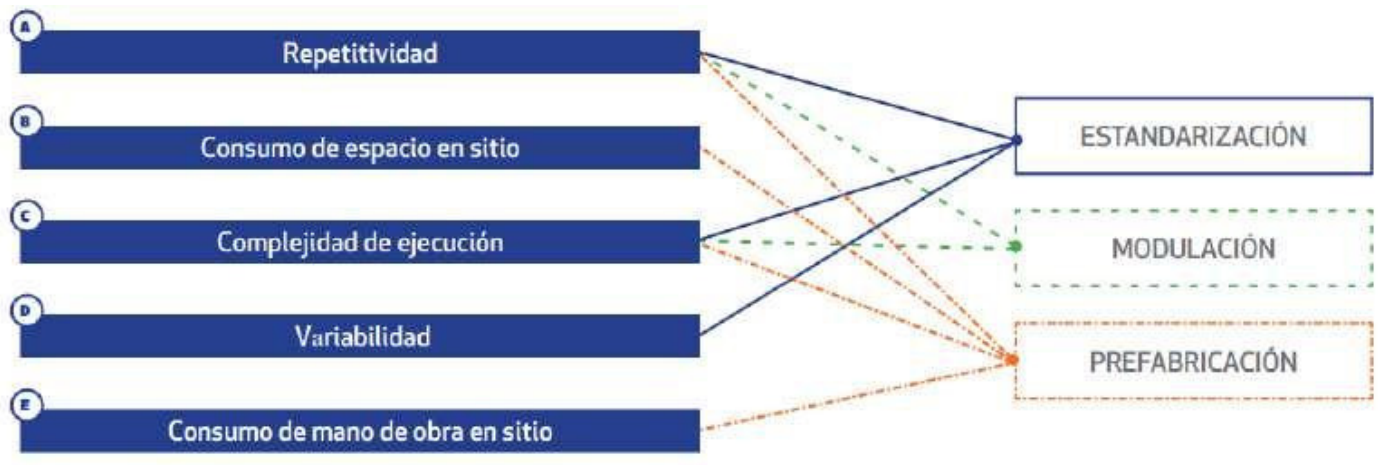


Figura 36. Diagrama Análisis de potencial **Fuente:** CCI (2023).

Definición de Objetivos

Se deben establecer metas claras enfocadas en potenciar el uso de elementos prefabricados por medio de la industrialización. Para esto se sugiere establecer dos objetivos enfocados en el diseño y costo. Estos de pueden determinar a través de un diseño conceptual del proyecto, como a partir de un proyecto referencial:

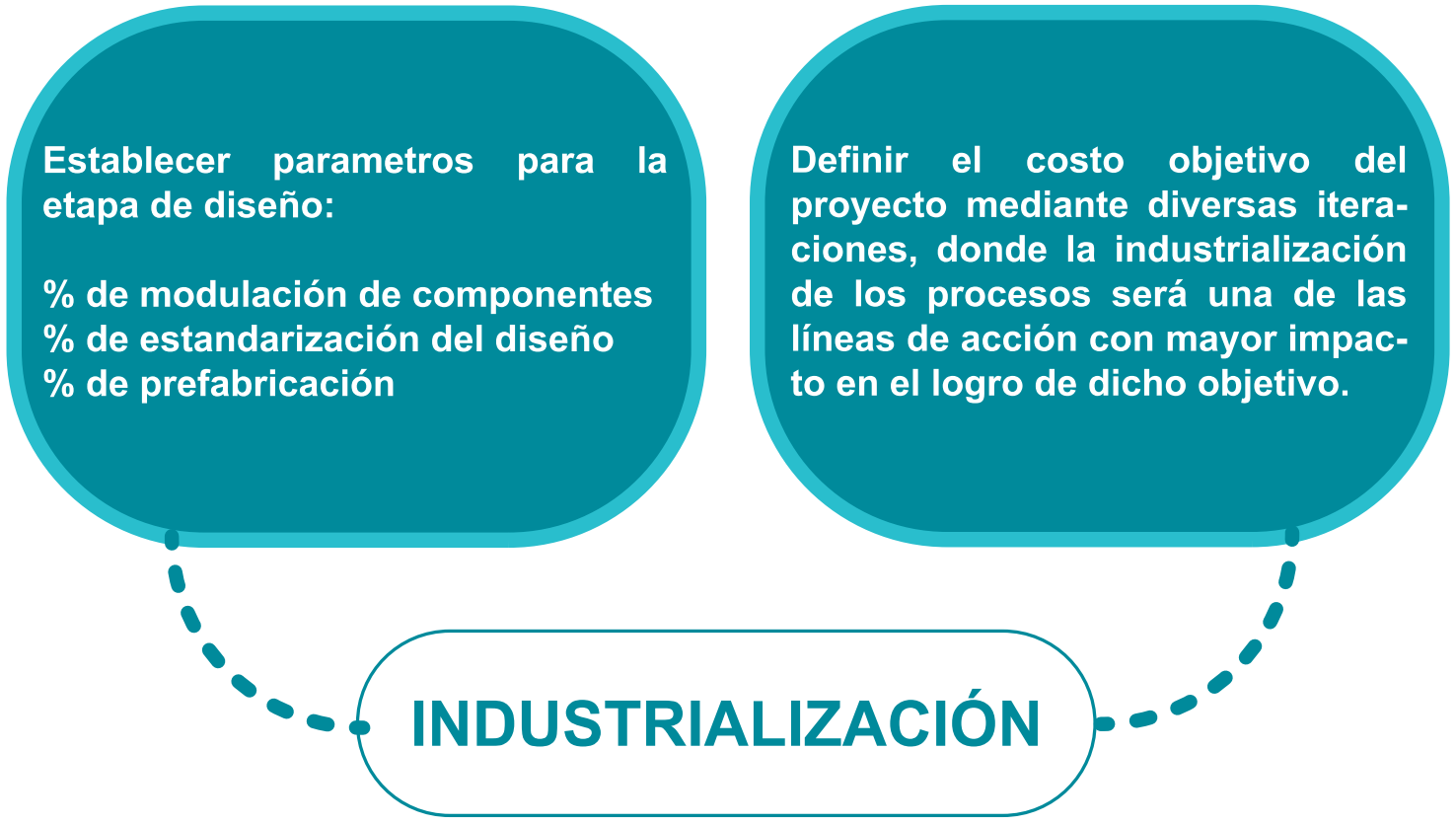


Figura 37. Diagrama definición de objetivos **Fuente:** Elaboración propia (2022).

Definición de Equipo

Se deben establecer los actores necesarios y relevantes que esten involucrados en cada una de las fases y etapas del proyecto. Aqui es donde se propone la integración temprana, donde se involucren los agentes como constuctora, Inmobiliaria, Proveedores. Para esto se deben considerar los siguientes puntos:

Figura 38. Diagrama Definición de equipos **Fuente:** Elaboración propia(2022).

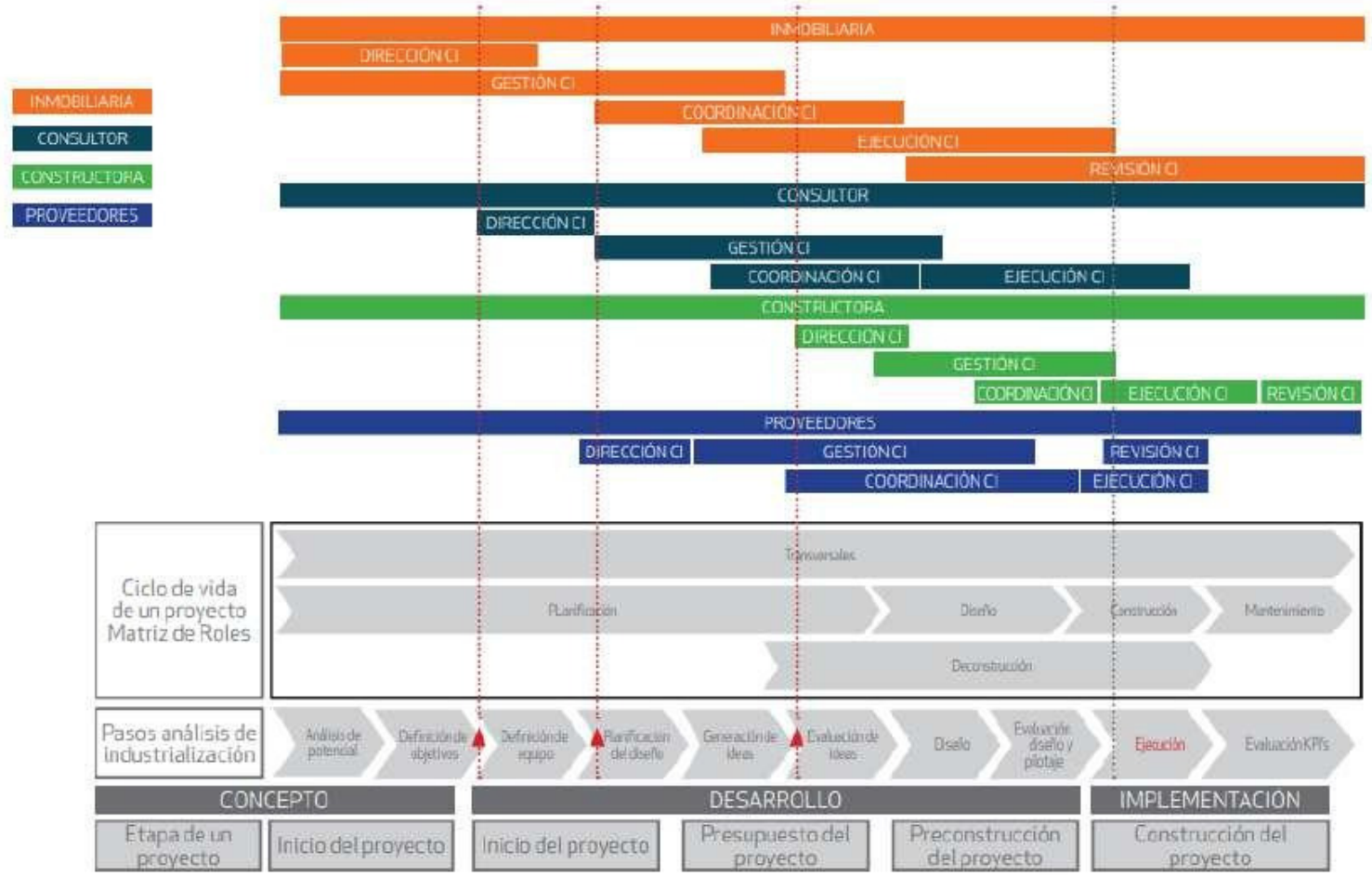


Figura 39. Diagrama Matriz de actores involucrados **Fuente:** CCI (2023).

Al definir y conformar el equipo de trabajo se deben determinar los roles y/o funciones de cada agente de acuerdo al su participación en la etapa que le corresponda y de acuerdo a lo mencionado en el Tema II de la presente memoria.

Figura 40. Diagrama roles dentro de un proyecto **Fuente:** CCI (2023).

A partir de esto, se debe realizar un organigrama y mapeo del proceso. Para esto se sugieren los siguientes puntos para optimizar y favorecer la integración y colaboración entre actores:

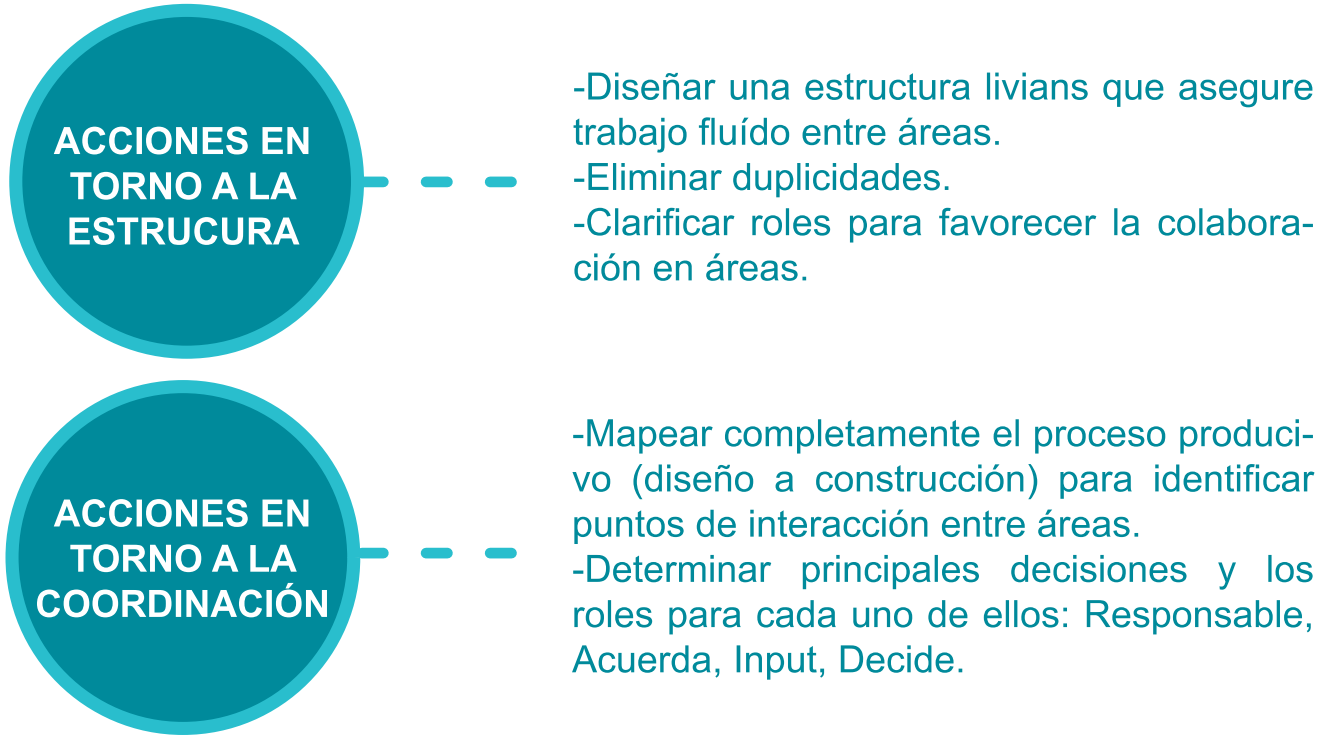


Figura 41. Diagrama Acciones proceso definición de roles **Fuente:** Elaboración propia (2022).

FASE DE DEFINICIÓN	FASE DE DISEÑO	FASE DE CONSTRUCCIÓN

DISEÑAR PARA METAS DE INDUSTRIALIZACIÓN

Planificación de diseño
Generación de ideas
Evaluación de ideas
Diseño
Evaluación de diseño

FASE DE DISEÑO

Abordando la etapa de planificación del diseño de un proyecto que involucra prefabricados, se sugiere establecer los siguientes puntos para orientar el proceso:

1. **Definción del equipo de trabajo** (paso 3
2. **Deficinición y selección de partidas con mayor potencial de industrialización** (paso 1)
3. **Planificación del diseño**
4. **Generación de ideas para industrializar el proceso o partida seleccionada**
5. **Primera validación del diseño industrializado**
6. **Validación final del diseño industrializado y costo objetivo**

Figura 42. Diagrama fase de diseño **Fuente:** Elaboración propia (2022).

Planificación del Diseño

Para desarrollar un proyecto enfocado en un diseño industrializado, es necesario otorgar mayores plazos de diseño. Establecer plazos mas holgados en esta etapa favorece la coordinación y colaboración entre los agentes participativos del proyecto, priorizando la ejecución de mesas de trabajo para lograr los objetivos previamente establecidos en la FASE I.

Se sugiere definir claramente plazos, fechas hitos, además de generar un seguimiento y control para anticipar el tiempo necesario para el proceso de diseño de los elementos prefabricados.

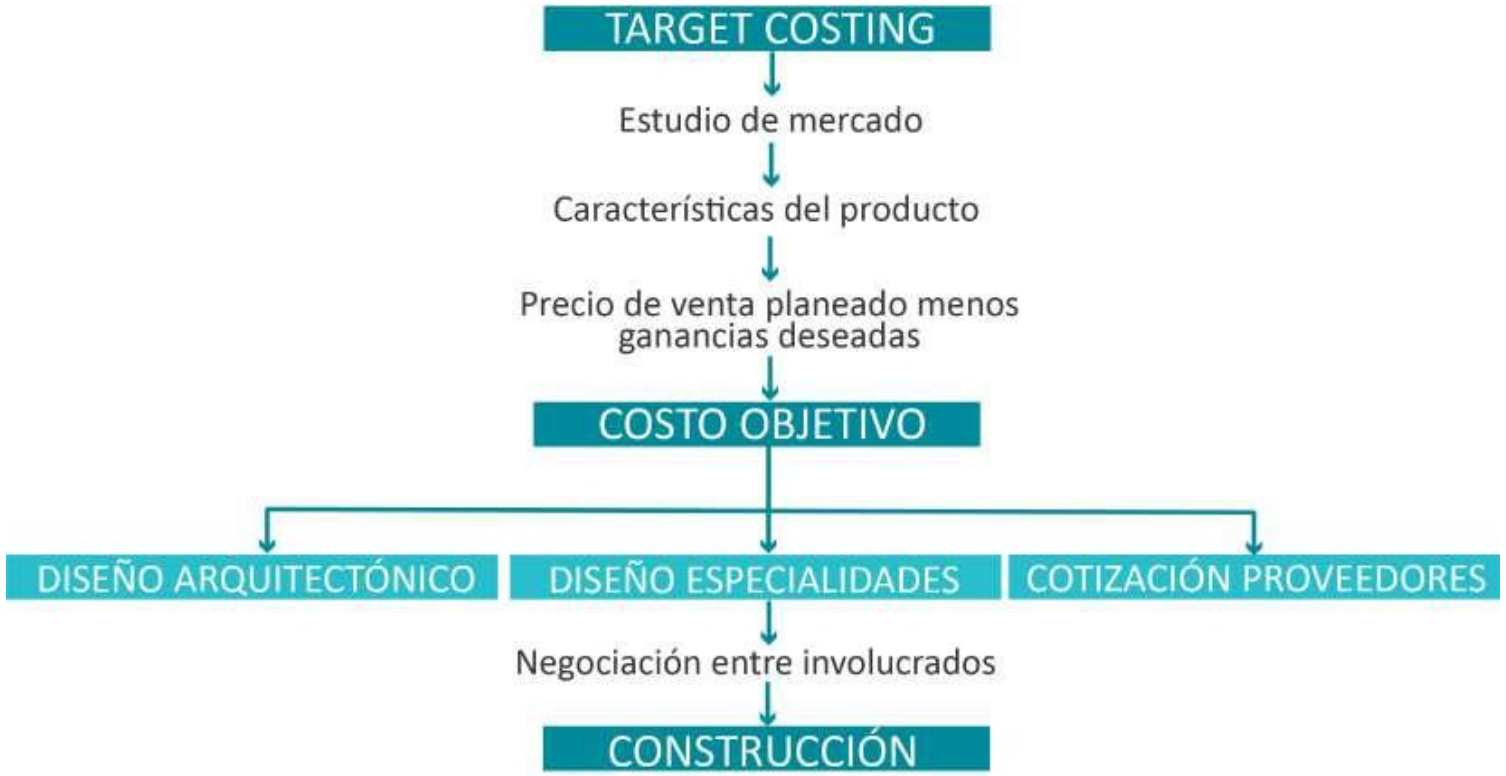


Figura 43. Diagrama Target Costing **Fuente:** Elaboración propia basado en CCI (2023).

Generación de ideas

La generación de ideas se debe orientar al uso de elementos prefabricados, que optimicen el proceso constructivo por medio de la industrialización. Para esto, se debe generar un abanico de soluciones y posibilidades que incorporen la industrialización de manera eficiente y efectiva en el diseño.

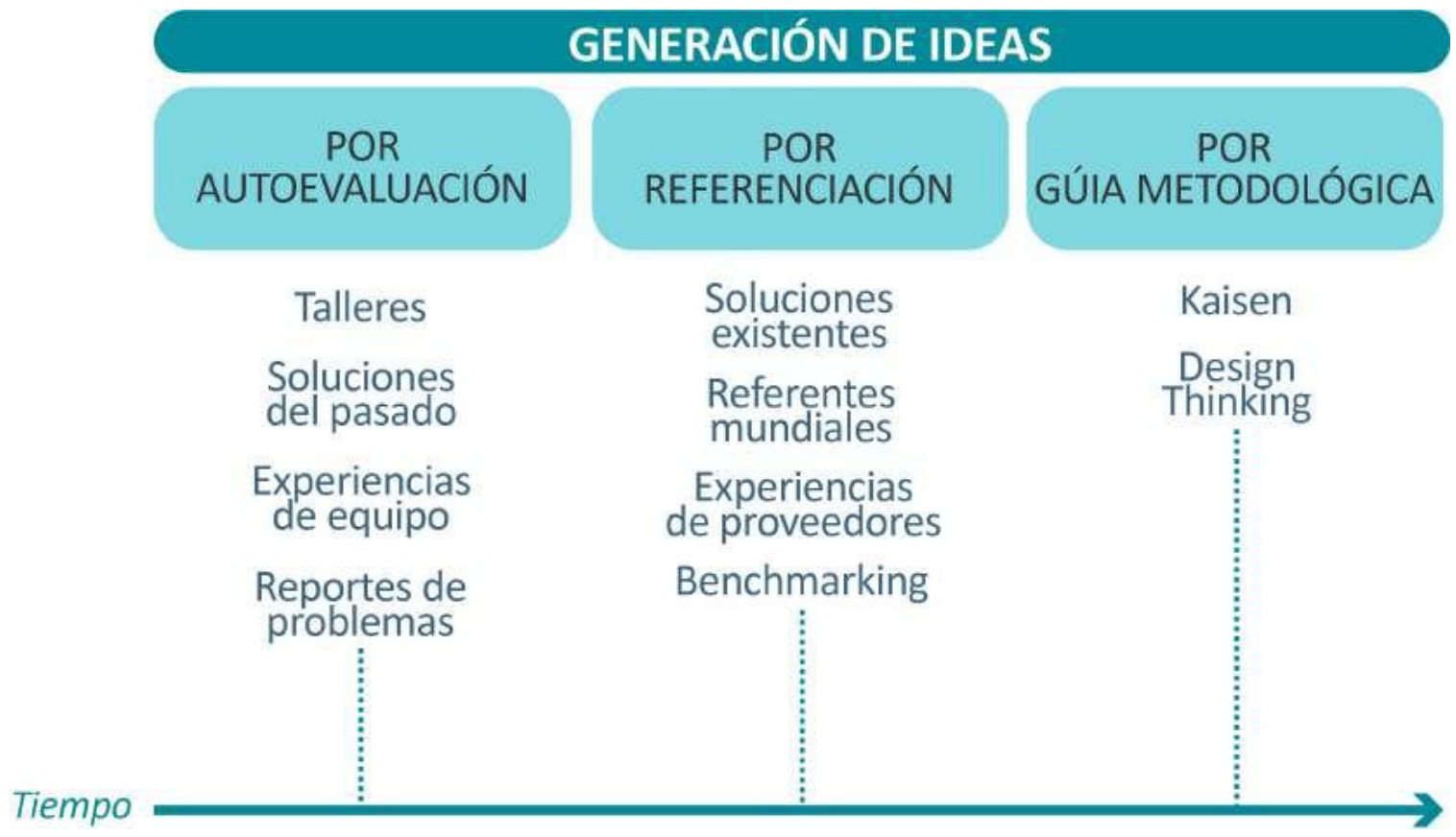


Figura 44. Diagrama Generación de ideas **Fuente:** CCI (2023).

Evaluación de ideas

Se propone la evaluación de las ideas generadas, alternativas, a partir del método de toma de decisión multicriterio Choosing by Advantages (CBA). Para ello, deben llevarse a cabo los siguientes pasos:

•Identificar las alternativas a evaluar.
• Definir los factores sobre los cuales se evaluarán las alternativas.
• Definir los criterios deseados y exigidos por factor
• Definir la escala de importancia de los factores.
• Resumir los atributos de cada alternativa.
• Realice la evaluación comparativa de las alternativas, en función de los atributos y factores definidos (importancia técnica).
• Determine el costo inicial y de operación de sus alternativas.
• Graficar comparativamente: Costos vs Importancia.

Diseño

Una manera optima que favorece a la toma de desiciones de diseño para prefabricar es el uso de un modelo BIM. A traves de un modelo colaborativo es posible considerar desde un inicio la visión constructiva de la obra, las partidas y su respetiva ejecución, para poder adecuar la construcción y montaje.

Para esto, se sugiere analizar los siguientes puntos luego de que se tenga modelado el nivel constructivo el proyecto de Arquitectura.

Figura 45. Diagrama Proceso de diseño **Fuente:** Elaboración propia basado en CCI (2023).

Evaluación de Diseño

Se propone evaluar el diseño a partir de una herramienta simplificada que permita determinar el nivel de modulación de los componentes de la construcción, el nivel de estandarización del diseño y la tecnología constructiva utilizada para la ejecución del proyecto.

Figura 46. Diagrama Estandarización de medidas **Fuente:** Elaboración propia basado en CCI (2023).

A continuación de explica el metodo de cálculo para determinar cada uno de los indicadores propuestos. En este caso, se presentan para la estandarización de elementos.

Indicador del componente modular

$$Indicador = \frac{(MMx + MMy + MMx)}{(MNMx + MNMy + MNMz)*10}$$

Indicador de estandarización de los componentes

Por elemento

$$Indicador = \frac{PCM}{CT}$$

Promedio de los elementos

$$Indicador = \frac{(\Sigma PM)/CEE}{CT}$$

Diseño Edificable

El sistema de evaluación de "Diseño Edificable" según la BCA de Singapur tiene como objetivo la medición de eficiencia y productividad basado en 3 pilares principales:

1. Sistemas estructurales.
2. Sistemas de muros.
3. Tecnologías de diseño para fabricación y ensamblaje.

Plan de trabajo y rendimiento para la solución Industrializada propuesta pudiendo ser panelizados o modulares según defina el equipo de trabajo, buscado la reducción de:

- Plazo total (diagrama de hitos y Gantt en semanas).
- Cantidad de máquinas y herramientas en obra para edificación.
- Cantidad de participantes en obra para Montaje.
- Costo total (Uf/m2).
- Cantidad de residuos generados a botadero autorizado.

Módulo de transporte

Se debe analizar la configuración vial existente alrededor del sitio para maniobrar y sujetar los módulos. Las entregas deben planificarse y coordinarse para evitar la congestión fuera del sitio, especialmente en áreas urbanas construidas.

Referencia 2,5m Ancho * 6m Largo * 2,5m Alto (Volumen para estibación y transporte).

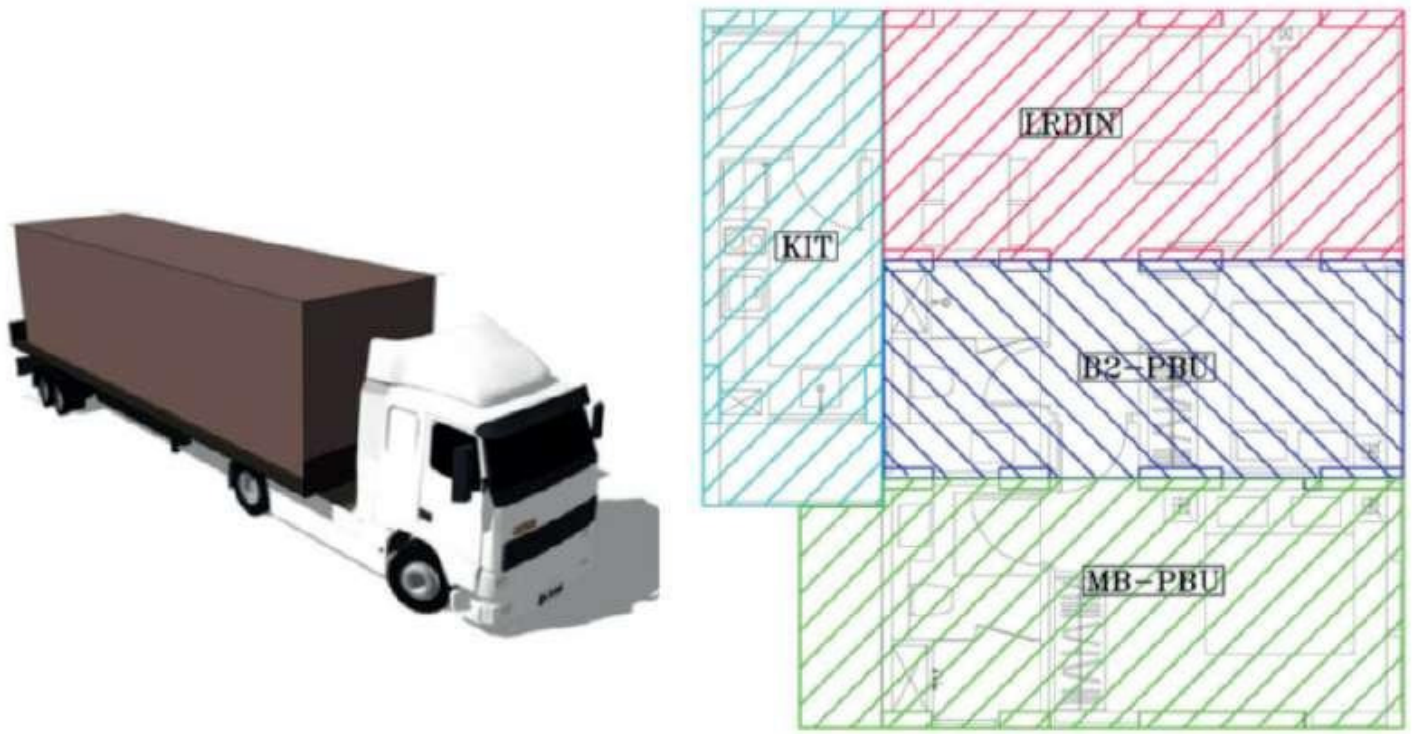


Figura 47. Diagrama ejemplificación módulo de transporte **Fuente:** CCI (2023).

FASE DE DEFINICIÓN	FASE DE DISEÑO	FASE DE CONSTRUCCIÓN
		CONSTRUIR PARA METAS DE INDUSTRIALIZACIÓN
		Evaluación Indicadores clave

Indicadores clave dedicados a la incorporación de prefabricación en un proyecto

Es necesario evaluar el desempeño del proyecto para determinar si se comporta de la manera esperada. De esta a forma se puede concluir si es beneficio la incorporación de prefabricados en el proyecto, si a traves de la etapa de diseño, dedicandole mayor importancia, es posible optimizar o potenciar la etapa de construccón. Para esto, se pueden plantaer los siguientes puntos de interes de análisis:

¿Cómo se comportó el proyecto?
¿Disminuyeron los retrocesos?
¿La etapa de proyecto se redujo en el tiempo?
¿Objetivos cumplidos?
¿Bajo la cantidad de HH dedicados al proyecto?
¿El proyecto mejoró su perfil de utilidad?
¿Fue mas rentable?

Para esto, se determinan indicadores que determinen y establezcan un medición de cada ambito en el cual se puede evaluar el desempeño de la obra. Estos son:

COSTOS: Mide todos aquellos gastos en los que se incurre para la realización del proyecto. Incluye tanto costos directos como indirectos en cada etapa del desarrollo y ejecución del mismo.

Figura 48. Diagrama indicadores claves **Fuente:** Elaboración propia (2023).

PLAZOS: Mide las temporalidades propias de cada etapa del proyecto, tales como su duración y sus respectivos niveles de retraso, en caso de estar presentes.

Figura 49. Diagrama Indicadores clave **Fuente:** Elaboración propia (2023).

CALIDAD: Mide el cumplimiento de los estándares internacionales en diseño, construcción y buenas prácticas constructivas, así como el fiel cumplimiento de las especificaciones y requerimientos que pueda tener el proyecto.

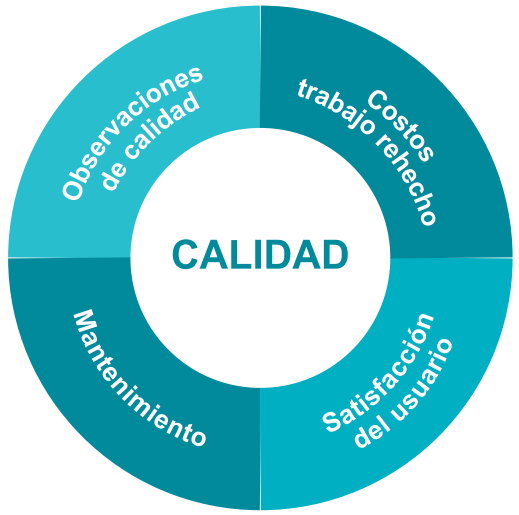


Figura 50. Diagrama Indicadores clave **Fuente:** Elaboración propia (2023).

MANO DE OBRA: Mide el capital humano necesario para llevar a cabo el proyecto en todas sus etapas, incluye a aquellos de categoría directa, indirecta y subcontratistas.

Figura 51. Diagrama Indicadores clave **Fuente:** Elaboración propia(2023).

AMBITOS	INDICADORES	DISEÑO E INGENIERÍA	PRODUCCIÓN OFF SITE	OBRAS PREVIAS	OBRA GRUESA	TERMINACIONES	
COSTOS	COSTOS DE DISEÑO	●					
	COSTOS DE CONSTRUCCIÓN		●		●	●	
	COSTOS DE MODIFICACIONES	●					
	COSTOS PRELIMINARES			●			
	COSTOS DE TRANSPORTE Y LOGÍSTCA		●	●	●	●	
	COSTOS ALMACENAJE		●				
PLAZOS	DURACIÓN DEL DISEÑO	●					
	DURACIÓN CONSTRUCCIÓN OFF SITE		●				
	DURACIÓN CONSTRUCCIÓN ON SITE			●	●	●	
	RETRASOS		●			●	
	TRANSPORTE Y LOGÍSTICA		●	●	●	●	
	COSTOS TRABAJO REHECHO		●	●	●	●	●
	SATISFACCIÓN DEL USUARIO						●
CALIDAD	MANTENIMIENTO	●					
	OBSERVACIONES DE CALIDAD			●	●	●	
	ON SITE			●	●	●	
	OFF SITE		●				
MANO DE OBRA	OFICIOS E INTERFASES					●	
	ACCIDENTES LABORALES		●	●	●	●	●
	CERTIFICACIÓN TRABAJADORES			●	●	●	

Figura 52. Diagrama Matriz indicadores clave **Fuente:** Elaboración propia basada en CCI (2023).

A partir de la evaluación y análisis de indicadores clave es posible extraer los beneficios que de la incorporación de prefabricados, principalemente en la etapa de obra. En el Tema I del presente se mencionan ventajas de incoporar soluciones prefabricadas, estas se pueden confirmar a partir de esta evaluación, como:

Disminución de costos
Disminución plazos de ejecución
Reducción mano de obra
Mayor productividad y calidad
Disminución de residuos
Aumento en la seguridad

A continuación se presentan proyectos en los cuales se puede apreciar de manera porcentual los beneficios de la incorporación de prefabricados en en la etapa de construcción, los siguientes casos representan resultados respecto a promedio de obras tradicionales:

Datos Técnicos: Proyecto Flow - Vicuña Mackena
General: 2 torres de 14 pisos. 2 subterráneos, 266 deptos.
Área: 22. 630 m^2
Tipo edificación: Habitacional
Duración del proyecto: 19 meses
Sistema constructivo: Hormigón armado in situ. considera:
Baños Prefabricados
Moldaje monolítico + HAC
Escalera prefabricadas
Mallas electrosoldadas
Muebles modulares con dimensión estandar

Indicador	Valor Capturado en Vicuña Mackenna
Reparación Obra Gruesa (0200) (UF/m2)	-28%
PU-Reparación Piso (0200-005) (UF/m2 reparac.)	-19%
Gasto Obra Gruesa (0130, 0150, 0160, 0175) (UF/m2)	-3%
Velocidad Peak Obra Gruesa (pisos/mes)	+16%
Velocidad Promedio Obra Gruesa (pisos/mes)	+24%
Cantidad de Escombros (m3/m2)	-10%
MO Moldaje (m2/HD)	+32%
MO Hormigonado (m3/HD)	+27%
Productividad del Programa (días/m2)	-13%
Obs Baños R1 (%)	-73%
Obs Clóset R1 (%)	-30%

Figura 54. Diagrama Valores **Fuente:** Echeverria Izquierdo (2023).

Datos Técnicos: Proyecto Humana
General: 2 torres de 11 pisos. 2 subterráneos, 228 deptos.
Área: 16.681 m^2
Tipo edificación: Habitacional
Duración del proyecto: 20 meses
Sistema constructivo: Hormigón armado in situ. considera:
Baños Prefabricados
Moldaje monolítico + HAC
Escalera prefabricadas
Muebles modulares con dimensión estandar

Indicador	Valor capturado en Vicente Huidobro
Reparación Obra Gruesa (0200) (UF/m2)	-28%
PU-Reparación Piso (0200-005) (UF/m2 reparac.)	-16%
Gasto Obra Gruesa (0130, 0150, 0160, 0175) (UF/m2)	-3%
Velocidad Moldaje (m2 mold/sem)	+17%
Rendimiendo MO Enfierradura (Kg/HD)	-7%
Productividad del Programa (días/m2)	-13%
Obs Baños R1 (%)	-73%
Obs Clóset R1 (%)	-30%
Cantidad de Escombros (m3/m2)	-10%

Figura 55. Diagrama Valores **Fuente:** Echeverria Izquierdo (2023).

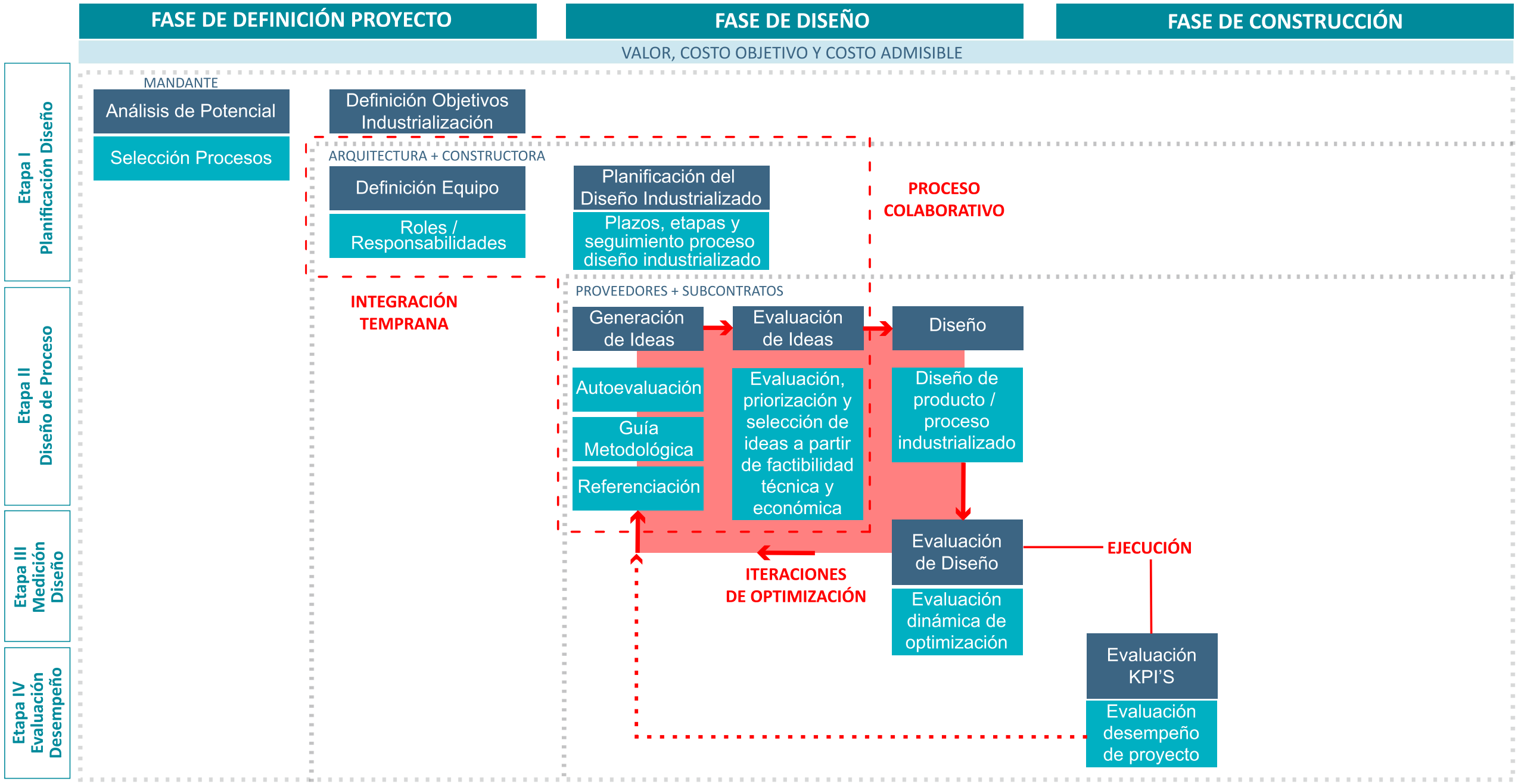


Figura 56. Diagrama Etapas desarrollo de proyecto integración temprana
Fuente: Elaboración propia basado en Metodología para la construcción industrializada (2023).

CONCLUSIONES

Cada proyecto suele tener su complejidad y diferenciación, por lo que, es necesario entender que una metodología se debe aplicar de acuerdo con el grado que requiere, en este caso prefabricar e industrializar. La metodología propuesta suele ser una directriz general para implementar cualquier proyecto que incluya soluciones prefabricadas, en donde el grado de industrialización se debe definir y abordar en la etapa de planificación, y de acuerdo a ese resultado incluir y definir objetivos en conjunto con el resto de las agentes.

Es necesario que en el desarrollo de proyectos se busque una mediación entre diseño y construcción de manera temprana entre agentes, que exista una comunicación directa por medio de mesas de trabajo donde se logre diseñar pensando en construir y se construya respetando el diseño y habitabilidad.

Se debe masificar y generar espacios de difusión de este método de desarrollo de proyectos, de manera que se puedan implementar masivamente. Los estudios y análisis demuestran el déficit que genera la escasa inclusión de estos, y que su potencial podría desarrollarse durante la etapa de diseño, por lo que, es importante que exista un dÍalogo claro y directo, en donde se busque lograr los objetivos en común y no cada área por sÍsola.

La prefrabricación demuestra ser un camino óptimo para implementar en un proyecto, al obtener mejoras en la eficiencia de desarrollo de las etapas, lo cual favorece el alcance de objetivos y costos de proyecto. El método de trabajo colaborativo durante la etapa de diseño favorece a la búsqueda de soluciones que esten orientadas en cómo se efectuarán durante la construcción de la obra, de manera que los costos puedan disminuir. Esto se traduce en elementos de fácil instalación y ensamblaje, que a su vez resulta en una mejora en los plazos y tiempos de construcción.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CONSTRUYE 2025. Estandarización De Medidas De Partes Y Piezas De Componentes De La Construcción [en línea] <https://construye2025.cl/wp-content/uploads/2022/07/Estudio -Benchmark-Normativo-Medidas-Construccion-Estandarizacion.pdf> [consulta: 20 septiembre 2022].

BARAHONA Belén. Optimización En La Construcción A Partir De La Forma Del Módulo. Tesis (Magister En Arquitectura Sustentable Y Energía) [En Línea] Pontificia Universidad Católica De Chile, Facultad De Arquitectura, Diseño Y Estudios Urbanos, 2022 <https://repositorio.uc.cl/xmlui/handle/11534/64309?show=full> [consulta: 20 septiembre 2022].

AGUIRRE Luis. Lineamientos De Diseño Para Edificios De Muros De Hormigón Prefabricado En Chile. Tesis (Magister En Ciencias De La Ingeniería, Mención Ingeniería Estructural, Sísmica Y Geotécnica) [en línea] Universidad De Chile, Facultad De Ciencias Físicas Y Matemáticas Departamento De Ingeniería Civil, 2021 <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/180165> [consulta: 13 noviembre 2022].

ANDRADE Wilson, PADRÓN Juan. Diseño De Un Sistema Modular Usando Elementos Prefabricados Aplicados A Vivienda Y Comercio De Pequeña Escala. Tesis (Arq.) [en línea] Universidad De Cuenca, Facultad De Arquitectura Y Uranismo, 2014 <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/20395> [consulta: 2 octubre 2022].

RODRIGUEZ Gemma. Prefabricación Y Diseño. Textos de Tecnología [en línea] <https://revistas.udelar.edu.uy/OJS/index.php/RTdT/article/view/90> [consulta: 2 octubre 2022].

CINTAC. Soluciones Industrializadas Cubiertas Prefabricadas [en línea] <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://construccionindustrializada.cl/wp-content/uploads/2020/12/Constanza-Christiansen-y-Madelaine-Pomez_Cintac-111220.pdf> [consulta: 25 septiembre 2022].

CCHC. Impulsar La Productividad De La Industria De La Construcción En Chile A Estándares Mundiales. Informe De Productividad [en línea] < https://cchc.cl/assets/landings/2020/informe-productividad/pdf/ResumenEjecutivo_Estudio_de_Productividad_Construcci%C3%B3n2020.pdf> [consulta: 5 octubre 2022].

CERVANTES Alejandro. La Influencia De La Prefabricación En El Diseño De Vivienda De Interés Social [en línea] <https://administracionytecnologiaparaeldiseno.azc.uam.mx/publicaciones/2003/12_2003.pdf> [consulta: 22 noviembre 2022].

MAMANI Leticia. Estandarización Y Prefabricación [en línea] <https://es.scribd.com/document/376848982/Estandarizacion-y-Prefabricacion-PDF> [consulta: 10 diciembre 2022].

HORMIPRET. Industrialización, Oportunidades Y Desafíos [en línea] <https://construccionindustrializada.cl/wp-content/uploads/2020/04/Presentacio%CC%81n-Hormipret.pdf> [consulta: 28 noviembre 2022].

CHAPPLE Paula. Sistemas Industrializados Y Prefabricación: Productividad Y Eficiencia Constructiva [en línea] https://www.cdt.cl/sistemas-industrializados-y-prefabricacion-productividad-y-eficiencia-constructiva/> [consulta: 7 noviembre 2022].

CINTAC. Soluciones Industrializadas Cubiertas Prefabricadas [en línea] <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://construccionindustrializada.cl/wp-content/uploads/2020/12/Constanza-Christiansen-y-Madelaine-Pomez_Cintac-111220.pdf> [consulta: 25 septiembre 2022].

CCHC. Impulsar La Productividad De La Industria De La Construcción En Chile A Estándares Mundiales. Informe De Productividad [en línea] < https://cchc.cl/assets/landings/2020/informe-productividad/pdf/ResumenEjecutivo_Estudio_de_Productividad_Construcci%C3%B3n2020.pdf> [consulta: 5 octubre 2022].

CERVANTES Alejandro. La Influencia De La Prefabricación En El Diseño De Vivienda De Interés Social [en línea] <https://administracionytecnologiaparaeldiseno.azc.uam.mx/publicaciones/2003/12_2003.pdf> [consulta: 22 noviembre 2022].

MAMANI Leticia. Estandarización Y Prefabricación [en línea] <https://es.scribd.com/document/376848982/Estandarizacion-y-Prefabricacion-PDF> [consulta: 10 diciembre 2022].

HORMIPRET. Industrialización, Oportunidades Y Desafíos [en línea] <https://construccionindustrializada.cl/wp-content/uploads/2020/04/Presentacio%CC%81n-Hormipret.pdf> [consulta: 28 noviembre 2022].

CHAPPLE Paula. Sistemas Industrializados Y Prefabricación: Productividad Y Eficiencia Constructiva [en línea] https://www.cdt.cl/sistemas-industrializados-y-prefabricacion-productividad-y-eficiencia-constructiva/> [consulta: 7 noviembre 2022].

SAAVEDRA Alfredo. Construcción industrializada: Potencial en el sector [en línea] <https://www.cdt.cl/construccion-industrializada-potencial-en-el-sector/#:~:text=La%20construcci%C3%B3n%20industrializada%20se%20entiende,robotizados%2C%20automatizados%2C%20entre%20otros.> [consulta: 25 noviembre 2022].

LOS ANDES. Prefabricación: una solución para optimizar la industria de la construcción [en línea] <https://www.losandes.com.ar/arquitectura/prefabricacion-una-solucion-para-optimizar-la-industria-de-la-construccion/> [consulta: 6 diciembre 2022].

CONTRUYE 2025. Profundización De Iniciativas De La Hoja De Ruta Para Su Implementación Iniciativa Industrialización Y Prefabricación [en línea] <https://construye2025.cl/documentos/estudios/page/2/> [consulta: 25 noviembre 2022].

CCI. Metodología para la construcción industrializada [en línea] https://construccioninduslrializada.cl/download/metodologia-para-la-construccion-industrializada-cci-2022/> [consulta: 8 marzo 2023].

FICHAS PRÁCTICA PROYECTUAL

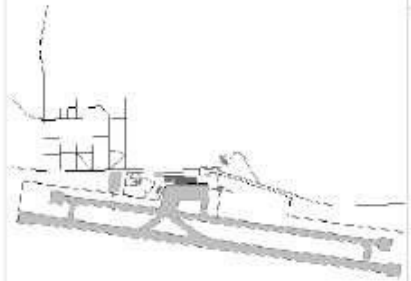
PROCESO DE TITULACIÓN
PRÁCTICA PROYECTUAL

NOMBRE DEL TITULANTE
KATHERINE LYNCH MORALES
OFICINA
IGLESIS ARQUITECTOS
ENCARGADO OFICINA
JORGE IGLESIS
PROFESOR REFERENTE
GUSTAVO SARABIA

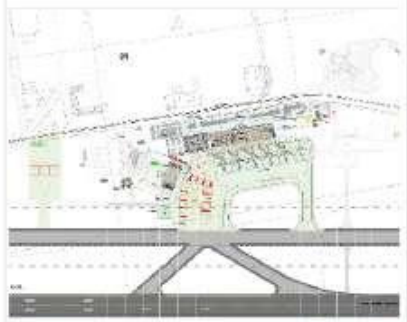
Iglesis Arquitectos está compuesto por un equipo permanente, que comprende arquitectos y dibujantes, además, cuentan con colaboradores externos que aportan al desarrollo de cada proyecto.

Gran parte de las obras realizadas fue alcanzada a través de concursos de arquitectura o urbanismo. Sus proyectos son expresión de una visión particular de la realidad del país, que busca conjugar cultura y paisaje con las más modernas tecnologías constructivas y diseño contemporáneo. Los conceptos de modernidad apropiada, identidad regional y espíritu de la época han sido el fundamento teórico para sus propuestas.

El proyecto se desarrolla en la localidad de Balmaceda, comuna de Coyhaique. Este se compone por una superficie de 12.300 m2. Se consideran para su desarrollo edificio Terminal de Pasajeros, Terminal de Carga, Control de Acceso, Central Térmica, Subestación Eléctrica, y Estacionamientos. El proyecto se desarrolla en base a uno referencial, realizandose ajustes al sistemas estructural, ajustes funcionales, de espacialidad y volumería.



Plano Ubicación — Sin Escala



Plano Emplazamiento — Esc 1:10.000

AEROPUERTO BALMACEDA

Se ubica el Terminal de Pasajeros paralelo a la pista de aterrizaje y se separa de la Ruta 245. Esta nueva ubicación permite mantener las aeronaves y los puentes de embarque en sus posiciones, optimizando recorridos en la losa y distanciamientos entre las posiciones. La distancia que se gana desde la carretera hace posible la ubicación de todos los estacionamientos necesarios y futuras ampliaciones frente al Edificio Terminal. Con esto se facilita la relación funcional entre pasajero y edificio, y permite una fácil orientación y mayor cercanía.

Se dispone de 130 estacionamientos cubiertos y 132 estacionamientos descubiertos, contando además terrenos para futuras ampliaciones. Se ha trabajado un paisajismo en base a taludes y vegetación para unificar el terreno con los edificios, produciendo zonas de protección y resguardo del viento.

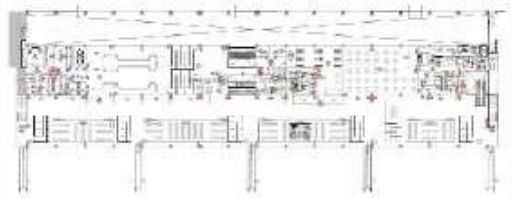
La calle de acceso que recorre todo el Lado Tierra se propone completamente cubierta. De esta manera, la llegada y salida de pasajeros y equipaje se hace en espacios techados y protegidos del rigor climático de la zona. Un andén peatonal de cinco metros y una calle vehicular de diez metros de ancho, permite estacionar buses y automóviles para dejar y tomar pasajeros y mantener una circulación despejada de dos calzadas.Calle y estacionamiento cubierto forman una sola unidad con la volumetría y sistema de cubiertas del Edificio Terminal.

Durante el mes de mayo, logré entender lo importante que es el trabajo en conjunto con el resto de especialistas, y cómo influye su trabajo en el desarrollo y preparación de las entregas. Lo importante que es contar con profesionales externos responsables que cumplan con sus encargos, ya que si no cumplen con las fechas establecidas con la oficina, nosotros como equipo de trabajo tampoco podremos cumplir con las fechas propuestas con el mandante Aeropuerto, de tal forma, que nos vemos en la obligación de completar o complementar los encargos para poder terminar a tiempo las entregas.

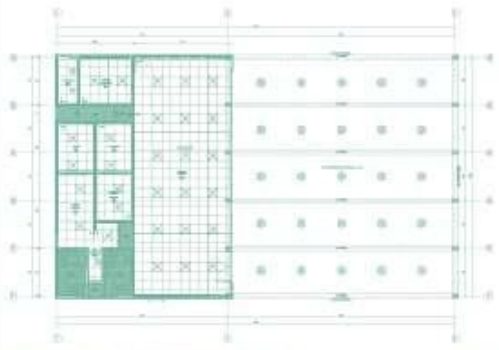
FICHA 01 AVANCE NÚMERO 01 MES DE MAYO AÑO 2022

KATHERINE LYNCH MORALES

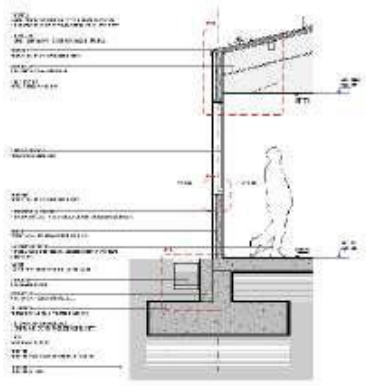
Señalética - Terminal de Pasajeros - Nivel 01 Esc 1:200



Señalética - Terminal de Pasajeros - Nivel 02 Esc 1:200



Plano de Cielo - Control de Acceso - Nivel 01 Esc 1:50



Escantillon 01 - Control de Acceso Esc 1:25

AEROPUERTO BALMACEDA

Durante el comienzo de este mes se desarrolló la entrega de catálogo de señalética. Para esto, se debía incorporar los diseños de la especialista en el área, pero debido a demoras y deficiencias en la entrega de paletas, elaboramos las faltantes siguiendo los diseños de referencia, además de corregir ciertas paletas cuyos diseños no seguían la misma lógica que el resto. Además, se trabajo en la planimetría y cubicación de las paletas de cada edificio y señaléticas exteriores, todo en conjunto para que la información de cada documento concordara entre si. Se les determinaron códigos a cada tipo de paleta y señalización, cuantificando por edificio, materialidad, dimensiones, entre otros.

Se introduce el uso de Revit, se deben corregir las entregas de láminas anteriores, como trazado o dibujo 2d y modelado 3d. Para esto, se dividió el trabajo entre el equipo, designando edificios a cada uno, para poder establecer tareas y tiempos de desarrollo de casa una. La mayoría de las tareas consistirá en correcciones de planta, agregar información faltante, además de generar escantillones y sus respectivos detalles constructivos. Se aplican criterios de representación para unificar las láminas, los cuales se van modificando a medida que avanzan las correciones.

Se dió apoyo en otros proyectos como la comisaría de Carabineros ubicado en Los Leones 1871, Providencia. En este caso, solo se corrigieron detalles en EETT y planimetría, la información entregada debia ser coherente con lo que se mostraba. Al ser solo correciones de tipeo, no se interiorizó ni se profundizo en el proyecto.

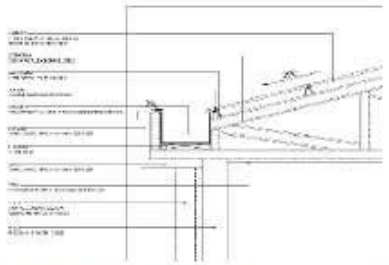
Otro, fue el conjunto de edificos Lyon, volviendo al tema de señalética, se trabajo en los estacionamientos, detallando dirección vial, espacio de uso, estacionamiento de discapacitados y ruta accesible. Además, se realizó la corrección de capiteles, según lo entregado por Cálculo. Se corrigieron dimensiones en ambos pisos de estacionamientos, en algunos puntos no calzaron las ubicaciones con las que tenia arquitectura, debido a que cálculo no considero algunos aspectos. (jardineras en la parte superior por sobre el estacionamiento).

Se comprende como algunas áreas influyen o se priorizan por sobre las otras. En el caso de estructura, ésta condicionó en su mayoria y generó restricciones a arquitectura.

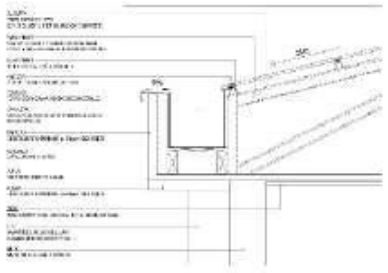
En estos casos se debe respetar lo que los especialistas entregan y en caso de existir incongruencias se deben tomar en consideración para proximas correciones, generando temas inconclusos y soluciones parche.

FICHA 01 AVANCE NÚMERO 02 MES DE JUNIO AÑO 2022 KATHERINE LYNCH MORALES

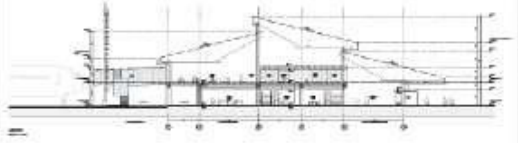
Isométrica - Edificio Central Térmica S/E



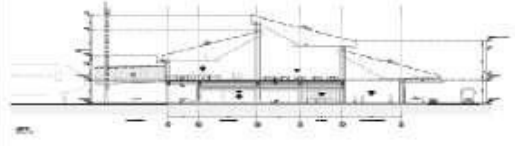
Detalle 01 - Cubierta Edificio Central Térmica Esc 1:10



Detalle 01 - Cubierta Edificio Subestación Eléctrica Esc 1:10



Corte E Edificio Terminal de Pasajeros Esc 1:100



Corte F Edificio Terminal de Pasajeros Esc 1:100

AEROPUERTO BALMACEDA

Durante el mes de junio se continuó con el desarrollo y corrección de láminas. Se mejoraron detalles de gráfica, desarrollo de escantillones, detalles de tabiques, puertas y ventanas, cierre, escaleras y recintos húmedos.

Se recibieron las observaciones de la etapa I y etapa II del proyecto, para esto dieron un plazo de 30 días para corregir, estas se repartieron entre el equipo y los especialistas de cada área. Entre las observaciones se presentaron temas de corrección de información, incongruencias entre planimetría y leyenda, además de agregar o modificar recintos.

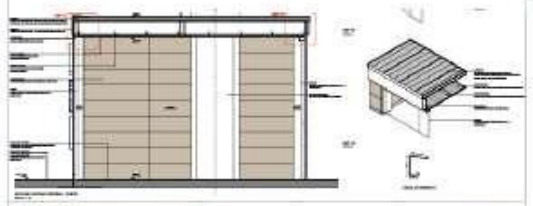
Se realizó corrección en todos los edificios, siendo el Terminal de Pasajeros, el que presentaba mayor cantidad de observaciones. Se corrigió y completó planimetría general, se agregaron cortes transversales donde se mostraran los recintos exigidos, se consideraron exigencias de accesibilidad, agregando nuevos baños y superficie podo táctil en el modelo 3d. Se realizan cambios en las leyendas informativas de códigos de Terminación, Pavimentos y Cielo, por lo tanto, se revisa o corrobora que la información entregada en planimetría concuerde con las leyendas.

Se modifica la cubierta de edificio Central Térmica, pasando de tener dos aguas a tener solo una con. Además, Cálculo realiza un cambio estructural, por lo que, se elimina la losa de cielo y se mantiene solo la cercha metálica, generando una nueva solución para la canaleta y bajada de agua lluvia. Debido a esto, se corrigen cortes, elevaciones, escantillones y detalles constructivos. Para el edificio Subestación Eléctrica solo se realiza el cambio estructural de cielo, eliminando la losa y generando una nueva solución para la canaleta y bajada de agua lluvia, la cubierta se mantiene de dos aguas, complementando con corrección mencionada anteriormente.

Se desarrollo planimetría de especialidades para el proyecto Metro, recintos de primeros auxilios. Se ubicaron los artefactos y complementos exigidos para cada espacio y se corrigieron dimensiones de baño de accesibilidad universal.

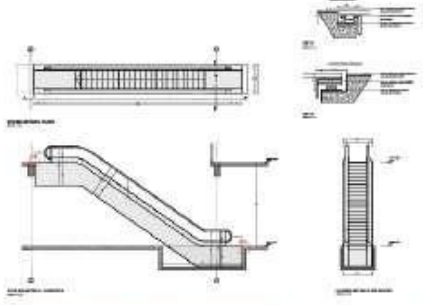
Las modificaciones por mínimas que sean influyen bastante en el proyecto, se deben revisar y corregir constantemente el modelo y sus laminas para mantener la coherenccia de infromación. También se entiende la complejidad de algunas observaciones debido al grado de avance del proyecto donde las zonas y áreas ya se encontraban delimitadas, agregar o reubicar recintos genera conflicto para reorganizar los espacios y al mismo tiempo seguir los criterios de diseño establecidos.

FICHA 01 AVANCE NÚMERO 03 MES DE JULIO AÑO 2022 KATHERINE LYNCH MORALES

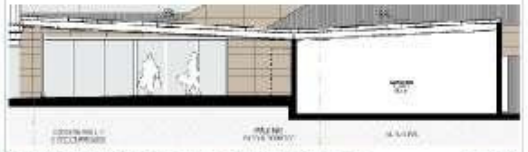


Detalle Esclusa - Acceso Central Esc VAR

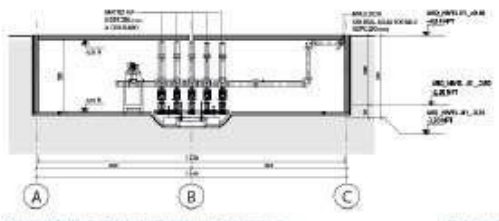
Sección Detalle Ascensor - Terminal de Pasajeros Esc 1:25



Detalle Escalera Mecanica - Terminal de Pasajeros Esc 1:25



Sección Elevacion Sala de Clima - Terminal de Pasajeros Esc 1:25



Corte A Edificio Sala de Bombas y Estanques Esc 1:100

AERODROMO BALMACEDA

Durante el mes de julio se terminó y entregaron las observaciones de la etapa I y II. Para sintetizar la información, se detallaron lo archivos en un planilla excell para facilitar la ubicación y reconocimientos de sus contenidos. Se dividieron por especialidades, cada listado contenía, los nombres, codificación, tipo y cantidad de documentos correspondientes por cada archivo. La etapa I consistió en entrega solo del edificio Terminal de Pasajeros, incluyendo documentos y planimetría (principalmente plantas, cortes y elevaciones); mientras que en la etapa II, la entrega fue de todos los edificios del proyecto (exceptuando Sala de Bombas y Estanque), se incluyeron documentos y planimetría como plantas, cortes, elevaciones, escantillones y detalles.

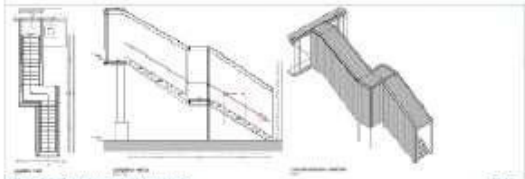
Además, se recibieron las observaciones de la etapa III. Para esta, también se cuenta con 30 días como plazo para realizar la entrega. Esta vez se detalló un calendario con fechas especificas esperando que los especialistas cumplan con el plazo final.

Se continuó con correcciones y detalles, principalmente en el Edificio Terminal de Pasajeros. Se crearon detalles de escalera de emergencia ubicada en el Puente de Embarque 3, escaleras mecánicas, ascensores y escalera gatera con su correspondiente escotilla ubicada en la zona de residuos de la cocina. Se utilizan documentos de referencia donde se ejemplifican los acotados necesarios para comprobar que cumplen con las dimensiones mínimas. Se exige que en la Sala de clima Poniente se eleve el nivel de cubierta, esto genera un espacio de posible acumulación de nieve y como solución, se invierte la pendiente y se crea una bajada de agua lluvia en medio.

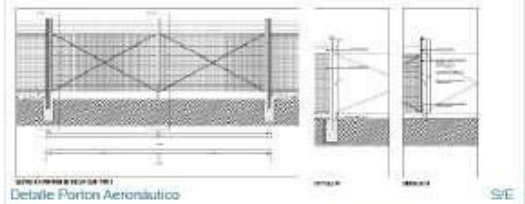
Se preparan las laminas del nuevo edificio Sala de bombas y estanques. Este se modelo recientemente, no se contaba con archivos ni antecedentes, por lo que, se realizan las plantas generales, cortes, elevaciones, terminaciones y detalles.

Los procesos de entrega suelen ser meticulosos, exigen actualización de fechas y nombres según etapa y cantidad de correcciones que ha tenido cada archivo, por lo tanto, es importante llevar un orden y conteo actualizado de la cantidad y tipos de documentos que se solicitaron. Como todo, es importante que la información detallada, concuerde con lo que se entrega. La falta de organización del resto de especialistas retrasa los procesos de entrega de cada etapa, ya que se necesita que los archivos estén listos para poder completar las planillas de detalles.

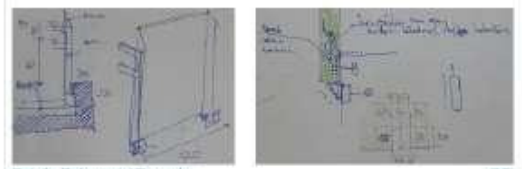
FICHA 01 AVANCE NÚMERO 04 MES DE AGOSTO AÑO 2022 KATHERINE LYNCH MORALES



Detalle Escalera Emergencia S/E



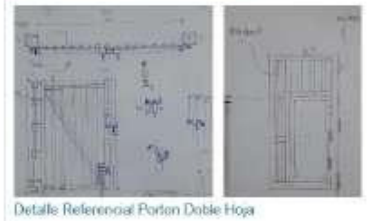
Detalle Porton Aeronáutico S/E



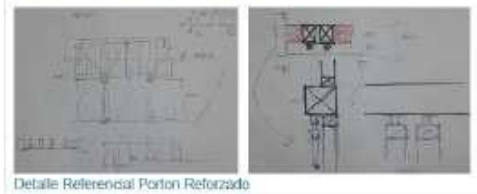
Detalle Referencial Baranda S/E

Detalle Referencial Escalera S/E

Detalle Referencial Cerco Perimetral S/E



Detalle Referencial Porton Doble Hoja S/E



Detalle Referencial Porton Reforzado S/E

AERÓDROMO BALMACEDA

Durante el mes de agosto se corrigió nuevamente la escalera de emergencia del puente de embarque número 3, esta debía cumplir con distanciamientos específicos, entonces, se reubicó al otro costado del Puente de embarque y se modificó su dirección/sentido.

Se realizaron modificaciones al Cerco y Portón Aeronáutico. Cambiaron sus dimensiones, dejando cada portón de 11 m y 8 m, también se ajustaron detalles de acuerdo con el Manual de Diseño e Infraestructura para la Protección de Instalaciones Aeroportuarias de la DGAC. Esta abacaban alturas medidas de seguridad y cierre.

Se continuó realizando detalles para el Proyecto Metro, esta vez, se corrigieron observaciones para el primer grupo de 3 estaciones: Vitacura, Americo Vespucio, gerónimo de Alderete. Se actualizaron y crearon detalles de escaleras de hormigón, gradas metálicas y barandas, respetando las alturas y dimensiones mínimas requeridas.

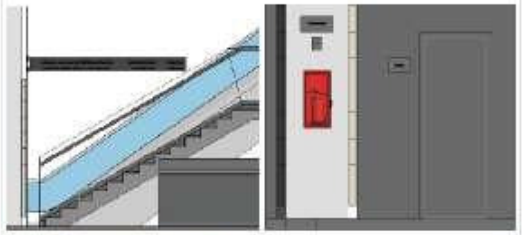
Se continúa con las observaciones de las laminas de paisajismo, se observa y se hace énfasis en que la vegetación no de posibilidades de esconder ningún tipo de bulto, solicitando vegetación mas pequeña o menor follaje. Se reemplazan las especies necesarias, además de corregir los tamaños de algunas, se reorganiza la vegetación, dejandoles de manera zig zag o a modo trinagular, para romper con la disposición orgánica que presentaban (en fila y columnas).Se actualizaron y agregaron cortes, para comparar las nuevas especies y comparar las dimensiones.

Se corrigen observaciones de cerco perimetral para las estaciones. Se replanteó el diseño del cerco, y se realizaron los detalles faltantes para comprender su estructura. Se continuó con detalles de portón doble, apertura 180° y puerta de acceso, ubicacados al exterior junto al cerco perimetral; y detalles de portón reforzado, ubicado al interior, en acceso a las escaleras mecánicas.

Se destaca la idea de que todo sea "antivandálico", por lo tanto, el diseño debe priorizar las exigencias o condiciones mínimas para cumplir con esto, como ser completamente cerrado y/o de estructura "robusta", donde los elementos deben ser lo suficientemente resistentes para no sufrir daños en el corto plazo. Esto debe realizarse sin interferir con el diseño arquitectónico, se deben complementar, en el caso de la vegetación, para no entregar posibilidades de ejercer un mal uso en el espacio público.

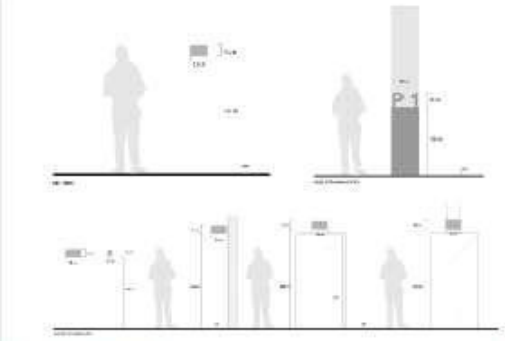
FICHA 01 AVANCE NÚMERO 05 MES DE SEPTIEMBRE AÑO 2022 KATHERINE LYNCH M.

Sección Planta - Ubicación de Señales S/E



Modelo 3D - Ubicación de Señales S/E

Grilla Dimensiones - Paletas S/E



Detalle alturas - Señales S/E

Tabla Cubicación - Arquitectura S/E

AERÓDROMO BALMACEDA

Durante el mes de septiembre se continúa con correcciones de la entrega de la Etapa II, principalmente por el constante error de codificación. Se vuelven a revisar documentos, planimetrías y modelos donde se encuentran errores de nombre, fechas, portadas, viñetas, visualización de láminas y codificación. Se corrigen y actualizan, cerciorándose de que concuerden con el listado de Excel, para ser subidos posteriormente a la plataforma.

Se debió corregir y completar la entrega de la especialidad de Señalética. En el modelo Revit, se encontraba la planimetría con los detalles de cada señal en 2D (iconos), pero se solicitó que estas estuvieran en 3D. Se modelaron y posicionaron todas las paletas del proyecto, asignándoles tamaño, descripción y numeración. Además, se solicitaron nuevas señales informativas correspondientes al Manual de Diseño e Infraestructura para la Protección de Instalaciones Aeroportuarias de la DGAC, estas ya presentan dimensiones y descripción informativa específica.

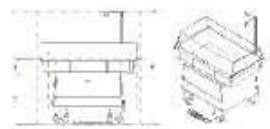
Se corrigieron y reorganizaron tamaños de las paletas, algunas eran muy pequeñas (servicios, baños públicos); las paletas informativas se clasificaron por 3 tamaños dependiendo de la cantidad de información que contienen. Se crearon más detalles para tipo de instalación, medidas, alturas y se las asignó a cada paleta de recinto e informativa su nombre Español-Inglés.

Se solicita una entrega de Etapa II Revisión C. Se prepara la entrega de Arquitectura, para esta se actualiza la cubicación en las tablas excel existentes. Se corrigió el formato solicitado y se actualizaron datos según las tablas de cubicación del modelo Revit, se corrigieron nombres de elementos para que la información fuera coherente entre documentos y se agregaron elementos que no estaban contabilizados (puertas, barandas, bisagras, picaportes, celosías y topes de puertas). Estas a su vez, se compararon con las EETT, para que la numeración e información concuerde.

La coordinación con el resto de las especialidades es primordial para llegar a tiempo con la entrega, se deben consideran tiempos de revisión de cada especialidad para que no ocurran diferencias entre archivos. Para esto, es importante que las especialidades cumplan con los plazos establecidos y también cumplan una entrega completa de los archivos, para poder revisar y corregir detalles mínimos y no tener que completar ni actualizar información faltante.

FICHA 01 AVANCE NÚMERO 06 MES DE OCTUBRE AÑO 2022

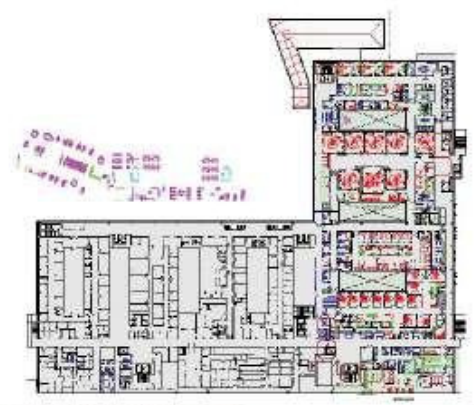
KATHERINE LYNCH M.



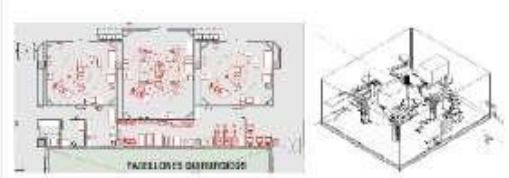
Vista Frontal e Isométrica - Incubadora recien nacido S/E

Vista Frontal e Isométrica - Torre de Laparoscopia S/E

Grilla Dimensiones - Paletas S/E



Equipamiento Médico y Mobiliario nivel 3 S/E



Pabellones Quirurgicos - Planta e Isométrica S/E

Hospitalización - Planta y Isométrica S/E

AERÓDROMO BALMACEDA

Durante el mes de octubre, se continúa avanzando en la Entrega de la especialidad de Señalética, principalmente actualizando los documentos de Especificaciones Técnicas, Criterios de diseño y Catalogo de Señales. A pesar de que aún no se reciben las observaciones de la Etapa II Revisión B, se solicita avanzar debido al grado de pendientes se que continúan presentando en la entrega. Principalmente, se adjuntan los detalles gráficos creados durante el mes de septiembre y se corrige información de acuerdo a dimensiones, materialidad y montaje de cada paleta.

También se trabajó en el equipo de Hospital de Puerto Varas, donde se requiere el modelamiento y posicionamiento del equipamiento médico, mobiliario clínico y mobiliario no clínico. Para esto, se comienza revisando el listado Excel de equipamiento médico con su respectivo código de PMA y PMF, en paralelo, el equipo revisa y codifica mobiliario clínico y no clínico. Se utiliza una lista de archivo con familias Revit de diferentes equipamientos médicos a los cuales se les corrigen dimensiones y actualizan código de acuerdo a la tabla Excel, se les agregan parámetros de PMA y PMF. Para los equipamientos que no se encontraban en la lista de archivo de familia Revit, se comenzó a modelar cada uno, agregándole lo detallado anteriormente.

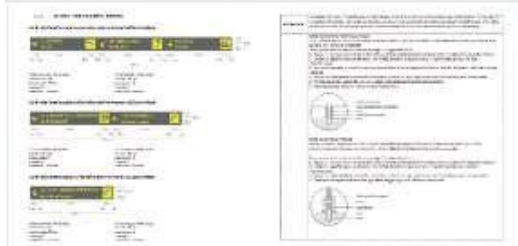
La lista de equipamiento es extensa, entonces por tiempo y solicitud de avance por parte del mandante, se opta por comenzar a posicionar e incluir las familias en el modelo de Hospital, trabajando en paralelo con el modelado de familias faltantes. Se inicia con el nivel 3, sector oriente, considerando los recintos mas importantes para mostrar primero.

Se solicito que el equipamiento médico, mobiliario clínico y no clínico estuvieran modelados en archivos distintos, pero al necesitar en algunos casos unos de otros, se opta por utilizar el mismo modelo Revit para todos.

Apenas se está comenzando con el posicionamiento de un sector del Hospital y en algunos casos se presentan inconvenientes con el dimensionamiento de los elementos versus el espacio disponible en el recinto, estas dimensiones están estipuladas en el listado Excel, por lo tanto, se deben respetar ya que corresponden a la cotización realizada para comprar el equipamiento. La solución varía; puede reubicarse el elemento si se da la posibilidad, y en caso de no ser posible, se adapta el recinto a las dimensiones requeridas para albergar los equipos necesarios.

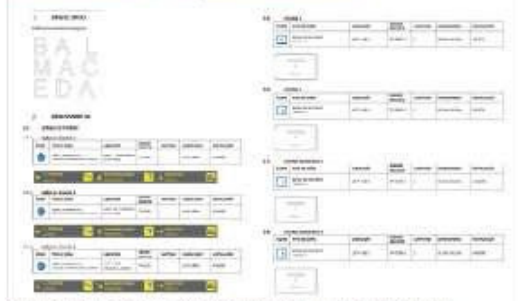
FICHA 01 AVANCE NÚMERO 07 MES DE NOVIEMBRE AÑO 2022

KATHERINE LYNCH M.



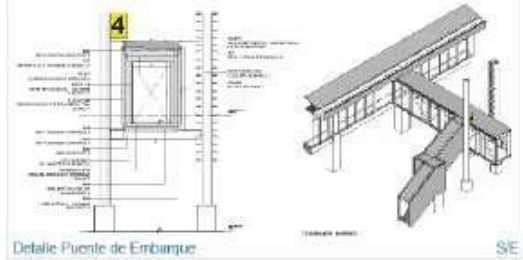
Grilla Construcción y Detalles de Anclaje - EETT Proyecto Señalética

Muestra de Paletas - EETT Especialidad de Señalética



Señal de Edificio, Informativo Interior, Recintos - Catálogo de Señales

Criterios de Diseño Especialidad de Señalética



Detalle Puente de Embarque

S/E

AERÓDROMO BALMACEDA

Durante el mes de noviembre se recibieron las observaciones de Etapa III, Revisión B. Se continuó con el desarrollo y corrección de la especialidad de Señalética, además de agregar y corregir lo observado.

Se completaron y agregaron nuevas señales solicitadas, se cambió el diseño de las señales de Seguridad y emergencia, otorgándoles a todas las mismas dimensiones, estilo de icono, tipología y tamaño de letra para homogeneizar el diseño y no existan tantas variables. Se corrigió planimetría y modelo 3D, actualizando las dimensiones de cada señal, agregando las nuevas a sus respectivos modelos.

Se continuó con la corrección y actualización de las Especificaciones Técnicas, agregando los diagramas de montaje, anclaje y fijación, se actualizó información respecto a dimensiones, tipología de letras y materialidad. También se actualizó el Catalogó de Señales, agregando las realizadas anteriormente que contenían Texto español-inglés, Seguridad y emergencia de acuerdo con el nuevo diseño e informativa según nuevas dimensiones. También se corrigió por completo Criterios de Diseño, ya que la información presentada en un inicio no cumplía con lo solicitado.

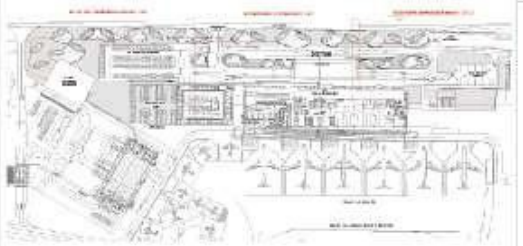
Se corrigió lamina de detalles de puente de embarque, se agregaron nuevos cortes y elevaciones para complementar la información, se agregaron cotas y niveles faltantes. Se corrigió modelo 3D, la puerta de conexión con el segundo tramo del puente debia tener dimensiones de 1,5m X 2,38m (ancho X alto), se agregaron perfiles metálicos.

Se realizó este cambio en todos los puentes embarque. Se solicito, agregan y modelan escaleras de emergencia en puentes de embarque 2 y 4, inicialmente solo el Puente de Embarque 3 contaba con escalera de emergencia.

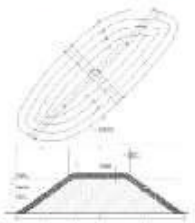
En la medida que avanza el desarrollo de especialidad de señalética se logra dar uniformidad a la entrega, completando y coordinando los documentos y definiendo detalles que habían quedado inconclusos en entregas pasada, junto a los nuevos requerimientos. Es importante, que se actualicen todos los documentos, planos y el modelo cada vez que se realiza un cambio en alguna señal, de esta forma es más fácil y rápido poder corregir, y al mismo tiempo mantener un orden y coherencia.

FICHA 01 AVANCE NÚMERO 08 MES DE DICIEMBRE AÑO 2022

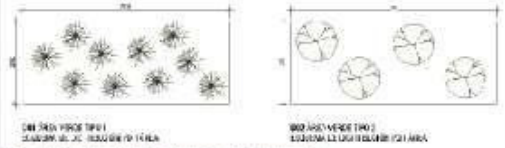
KATHERINE LYNCH M.



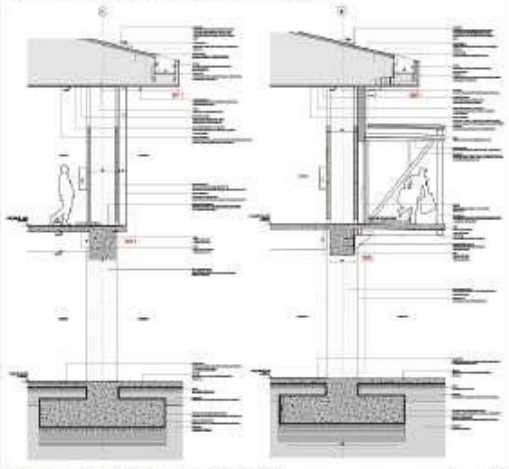
Plano General Paisajismo - Aeropuerto Balmaceda Esc 1:750



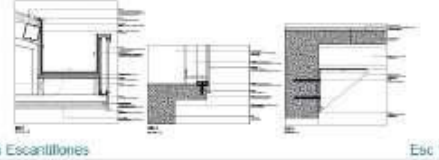
Detalle cerro tipo A - Cerro en borde de carretera Esc 1:25 / 1:75



Detalle Plantaciones tipo - Aeropuerto Balmaceda



Escantillon Airside - Aeropuerto Balmaceda Esc 1:25



Detalles Escantillones Esc 1:5

AERÓDROMO BALMACEDA

Durante el mes de diciembre se reciben observaciones de la especialidad de paisajismo, de manera de organizar la rápida corrección y entrega de los documentos y planimetría, se le designa a la especialista la corrección de las observaciones de los documentos, mientras que nosotros nos encargamos de las observaciones de la planimetría y modelo.

Se corrigen observaciones de acotado, a cada "cerro" se le designa un punto central de referencia y a partir de este se agrega una coordenada para facilitar el reconocimiento de ubicación y se acotan las distancias entre cada uno y el resto del emplazamiento. Se corrigen los nombres de los tipos de cerros y tipos de vegetación para que sea congruente con los mostrado y especificado entre las leyendas y la planimetría. Se corrigen cortes, se agrega vegetación faltante en el corte y se indica su posición en el emplazamiento.

Se corrige gráfica en general de todos los edificios, se realizan pruebas de impresión para determinar tamaños de letra ideales para usar en todas las láminas, ya sea en plantas, cortes, elevaciones, escantillones y detalles. La idea es homologar todos los textos y que se unifique la gráfica.

Se corrigen escantillones de todos los edificios de acuerdo con observaciones recibidas, se corrigen detalles de materialidades que han sido modificadas, se agregan niveles topográficos y se detallan elementos faltantes. En la medida que se corrigen los escantillones también se realizan correciones al modelo 3D de manera que la información sea congruente con lo detallado.

Se hace notoria la importancia de que el resto de los especialistas maneje o tenga nociones de los programas en donde se trabaja el modelo, en este caso Revit, de forma que puedan dedicarse de manera eficiente al desarrollo y corrección de observaciones, y no tener que desarrollar y completar lo que les corresponde, de forma que el enfoque podría ser en otros puntos que debamos abordar en el proyecto y se vuelva mas eficiente el desarrollo de respuestas a las observaciones. Es necesario dedicarle tiempo a la grafica de manera temprana para que, en lo posible, desde un inicio se lleve una coordinación con el total de planimetrías y no tener que estar en constante corrección hasta dar con el ideal.