



FRAGMENTACIÓN Y MODELACIÓN DE PROYECTO PREFABRICADO DE SALA CUNA EN PUERTO MONTT MEDIANTE MÓDULOS VOLUMÉTRICOS.

Jesús Bértolo Chanteng

Profesor Guía: Laura Gallardo Frías

Mario Terán

Memoria de Título diciembre 2020.

INDICE DE CONENIDOS

CAPITULO 1. INTRODUCCIÓN.....	1
FRAGMENTACION Y MODELACIÓN DE PROYECTO PREFABRICADO DE SALA CUNA MEDIANTE MÓDULOS VOLUMÉTRICOS.....	2
MOTIVACIÓN.....	4
PROBLEMÁTICA.....	5
OBJETIVO GENERAL:.....	7
OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	7
CAPITULO 2. MARCO TEÓRICO.....	8
INDUSTRIALIZACIÓN Y PREFABRICACIÓN. CONCEPTOS.....	9
EJEMPLOS ACTUALES EJECUTADOS EN CHILE.....	11
CAPITULO 3. CONSTRUCCIÓN MODULAR.....	20
RESEÑA HISTORICA.....	21
BALANCE PRELIMINAR DEL SECTOR.....	21
DESARROLLO DE LA TIPOLOGIA EDUCACIONAL.....	22

INDICE DE IMAGÉN.

Imagen 1 Sección proyecto Lomas de la Javiera. Temuco. Fuente Equipo Jaspard Arq.....	14
Imagen 2. Corte Transversal, Liceo Metropolitano, ex Escuela Básica de Niñas de Santiago. Fuente (Claudia Torres), citado por Torres & Maino (pág. 1695).....	23

CAPITULO 4. ANALISIS DE LA PROPUESTA.....	35
ANALISIS DE DISEÑO EXISTENTE.....	36
CAPITULO 5. PROPUESTA DE MODULACIÓN.....	50
PROPUESTA DE DISEÑO.....	51
CIMENTACIONES.....	51
DIMENSIONES DE LOS MÓDULOS.....	51
TERMINACIÓN DE LOS MÓDULOS.....	55
INSTALACIONES ELECTRICAS.....	56
INSTALACIONES HIDRO-SANITARIAS.....	57
ANALISIS ECONÓMICO.....	60
CAPITULO 6. REFLEXIÓN.....	63
CAPITULO 7. BIBLIOGRAFÍA.....	67
Bibliografía.....	68
ANEXOS DE PLANOS.....	70

Imagen 3 Sistema modular sustentable para nuevos espacios modulares. Fuente página web CHEB Arquitectos.....	28
Imagen 4 Módulos apilables en cualquier dirección y altura. Fuente Elaboración propia.....	29
Imagen 5 Detalle Placa anclaje de cimentación aislada soldada a módulos metálicos.....	30

Imagen 6. Detalle tipo de unión de 4 Módulos formando una viga principal con 4 perfiles de 100x100x5.	30
Imagen 7. Detalle de solución de tabique con 50mm de aislamiento placa de yeso de 15mm y fibrocemento de 6 mm.	33
Imagen 8. Detalle de solución de tabique de madera con aislamiento de 80mm, yeso cartón de 15mm al interior y de placa fibrocemento de 6mm con chapa grecada o metálica de 0,4mm al exterior.	33
Imagen 9. Ciudad de Puerto Montt con sus arterias viales principales. Fuente Google Earth	37
Imagen 10. Barrio de Mirasol año 2003. Fuente Google Earth.	39
Imagen 11. Ubicación del lote del proyecto. Fuente Google Earth.	40
Imagen 12 Plano PLANTA PRIMER NIVEL ARQUITECTURA. Fuente Obra Sala Cuna Bosquemar, Constructora Molina Asenjo, Mirasol Puerto Montt.	41
Imagen 13 PLANTA PRIMER NIVEL ARQUITECTURA FRAGMENTADA. Fuente Elaboración propia.	42
Imagen 14. Estado inicial de vanos de fachada ESTE fragmentada. Elaboración propia	43
Imagen 15. Planta Modificada hacia fachada ESTE. Elaboración propia.	43
Imagen 16. Estado inicial de la Elevación ESTE. Fuente Obra Sala Cuna Bosquemar, Constructora Molina Asenjo Mirasol Puerto Montt	44
Imagen 17. Elevación ESTE modificada. Elaboración propia.	44
Imagen 18. Detalle de variante de la elevación este, modificando las aletas.	44
Imagen 19. Planta Primera zona del núcleo del ascensor. Fuente Obra Sala Cuna Bosquemar, Constructora Molina Asenjo Mirasol Puerto Montt	45

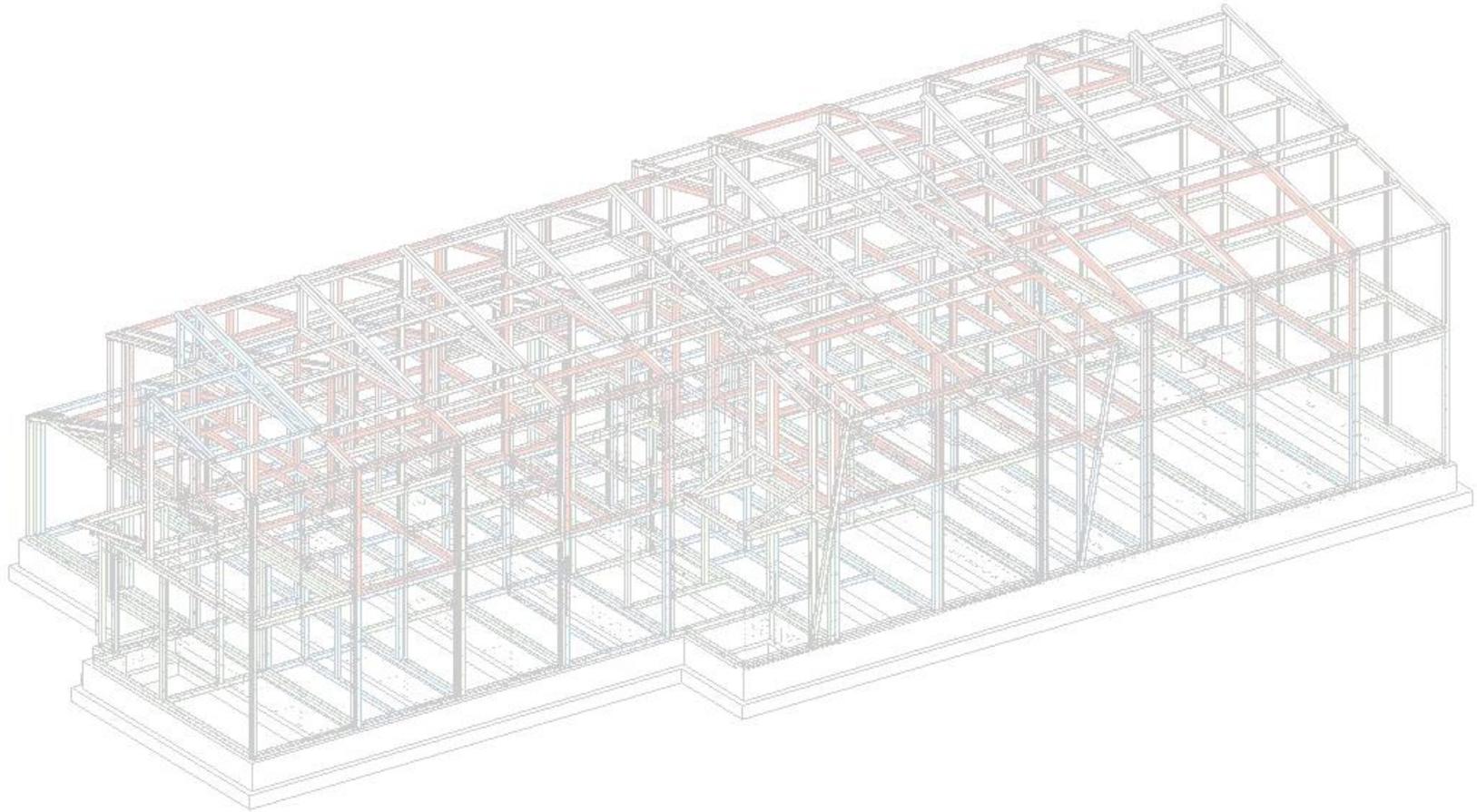
Imagen 20. Planta Primera modificada en zona central del núcleo del ascensor. Elaboración propia.	46
Imagen 21. Planta Primera en zona de puerta de Acceso a zona de servicio. Fuente Obra Sala Cuna Bosquemar, Constructora Molina Asenjo. Mirasol Puerto Montt	47
Imagen 22. Planta primera al final de los módulos 9 y 10. Fuente Obra Sala Cuna Bosquemar, Constructora Molina Asenjo. Mirasol Puerto Montt	47
Imagen 23. Puerta modificada al final de los módulos 9 y 10. Fuente Elaboración propia.	48
Imagen 24. Planta segunda zona del núcleo del ascensor. Fuente Obra Sala Cuna Bosquemar, Constructora Molina Asenjo. Mirasol Puerto Montt	48
Imagen 25. Planta segunda modificada zona del ascensor. Elaboración propia.	48
Imagen 26. Planta segunda al final de los módulos 9 y 10. Fuente Obra Sala Cuna Bosquemar, Constructora Molina Asenjo. Mirasol Puerto Montt	49
Imagen 27. Ventanas ubicadas en la unión de los módulos en planta segunda. Fuente Obra Sala Cuna Bosquemar, Constructora Molina Asenjo. Mirasol Puerto Montt	49
Imagen 28. Modificación de ventanas y tabique en planta segunda reduciendo ancho de ventana en área común. Elaboración propia.	49
Imagen 29. Isométrico de fundación corrida propuesta. Elaboración propia.	51
Imagen 30. Sección estructural simple de perfiles de módulos. Elaboración propia.	52
Imagen 31. Colocación de pilar de tránsito, utilizado para la transportación previa del módulo.	53

Imagen 32. Módulo 1 desarrollado de manera irregular para el proyecto. Elaboración propia.	53
Imagen 33. Módulo 11 desarrollado de manera irregular para el proyecto.. Elaboración propia.	53
Imagen 34. Disminución de la luz en el sentido longitudinal del módulo coincidiendo con tabique interior. Elaboración propia.	54
Imagen 35. Disminución de la luz y reforzamiento de módulos zona escalera, módulos 6 y 18. Elaboración propia.	54
Imagen 36. Reforzamiento de estructura módulos 6 y 7 de planta 1, zona escalera-ascensor. Elaboración propia.	55
Imagen 37. Propuesta de módulo 13 PL 2 con todos los elementos de cierre incluido puertas y ventanas. Elaboración propia.....	55

Imagen 38. Franjas de cielos continuos en cielos desmontables en la unión de los módulos. Elaboración propia.....	56
Imagen 39. Unión de dos modulo en donde se emplea panel SIP en el exterior y tabiquería de metalcom en el interior. Elaboración propia.	56
Imagen 40. 5 Módulos con instalaciones en Planta Baja. Elaboración propia.	58
Imagen 41. Planta modificada con 3 módulos con instalaciones y 2 bajantes. Elaboración propia.	59

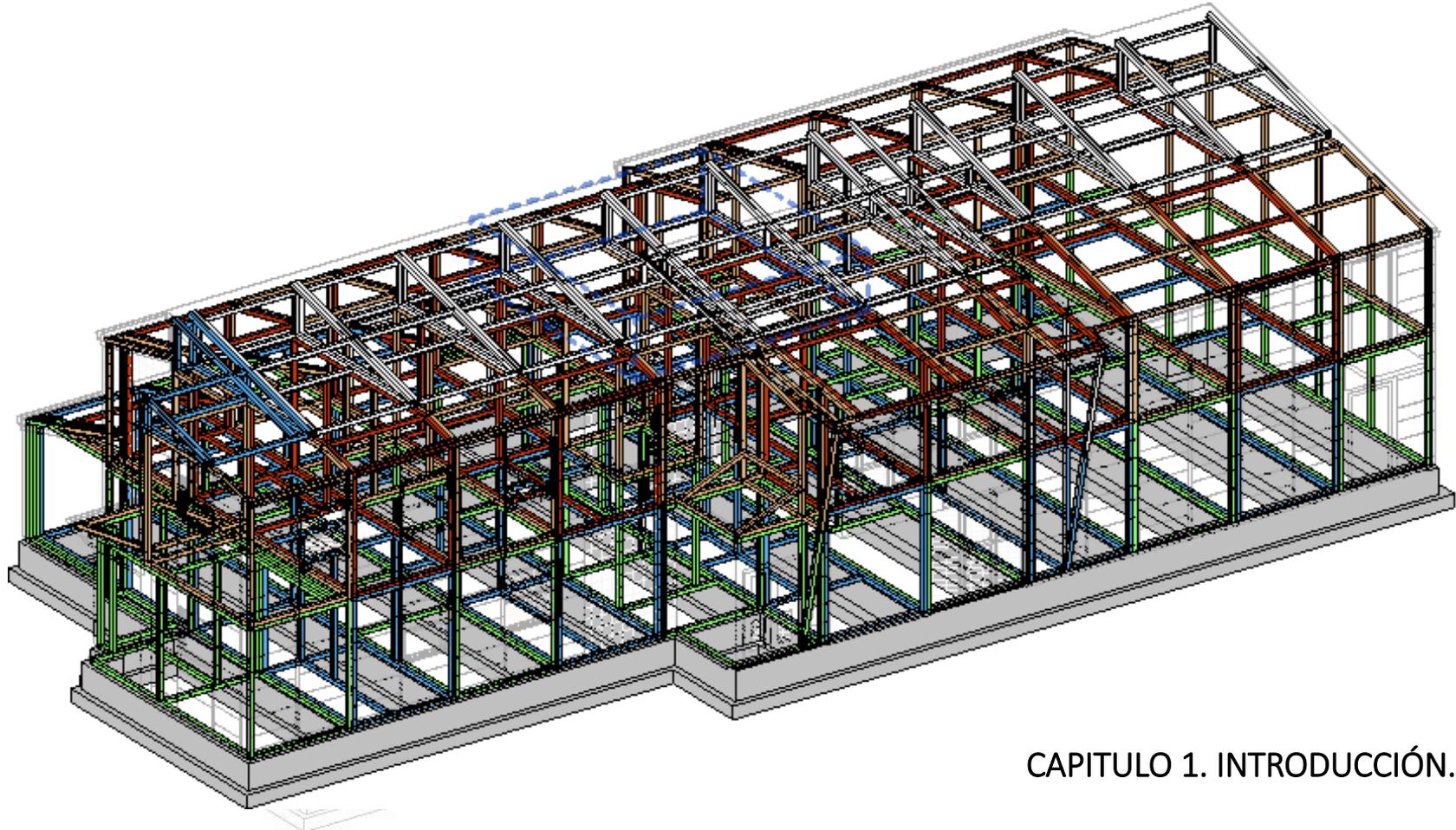
INDICE DE TABLAS.

Tabla 1. Valores de U y Rt permitidos en complejos de Techumbre, Complejos de Muros y de Pisos Ventilados según OGUC. Elaboración propia.....	32
Tabla 2. Análisis económico de la Obra Sala Cuna Bosquemar. Elaboración Propia	61
Tabla 3. Análisis de ahorro hipotético por concepto de Gastos Generales. Obra Sala Cuna Bosquemar. Elaboración propia.	61
Tabla 4. Costo estimado a la logística de la transportación y montaje de los módulos. Elaboración propia.	62
Tabla 5. Coto Total ahorrado. Elaboración propia.....	62



FRAGMENTACIÓN Y MODELACIÓN DE PROYECTO PREFABRICADO DE SALA CUNA EN
PUERTO MONTT MEDIANTE MÓDULOS VOLUMÉTRICOS.

JESUS BERTOLO CHANTENG



CAPITULO 1. INTRODUCCIÓN.

FRAGMENTACION Y MODELACIÓN DE PROYECTO PREFABRICADO DE SALA CUNA MEDIANTE MÓDULOS VOLUMÉTRICOS.

Al abordar el tema del Proyecto de Título se hace con la finalidad de afrontar de forma completa un problema arquitectónico, como parte de los requisitos necesarios para la correcta culminación del proceso de reválida de título exigida de los estudios universitarios realizados en el exterior.

El presente Proyecto de Título, tiene como nombre **“Fragmentación y modelación de proyectos prefabricado de sala cuna en Puerto Montt, mediante módulos volumétricos”** de esta manera se intenta analizar el tema de la industrialización y prefabricación de proyectos sociales, se aborda el tema educacional y en especial el de las salas cunas dada la cantidad de proyectos Junji o INTEGRA que se desarrollaron en la Región de los Lagos donde se reside, pero como solución de sistema constructivo bien se pueden aplicar a cualquier otro sector de la economía chilena, como puede ser hoy en día el de las soluciones de proyectos de Hospitales de campaña, para dar respuesta a la demanda por el Covid 19.

A la hora de abordar el tema, se quiere desarrollar desde el punto de vista de la necesidad de tener presente el diseño y la concepción arquitectónica del proyecto, desde su inicio, para lograr de esa manera soluciones industrializadas y prefabricadas mucho más acorde, económicas y fáciles de desarrollar, pero siempre sin tener la necesidad de sacrificar el diseño.

En Chile se desarrollan cada vez más proyectos, los cuales de manera casi repetitiva van creando distintas soluciones en diferentes sectores de la educación con la creación de escuelas, jardines infantiles o salas cunas, los que se desarrollan para satisfacer las necesidades existentes de estos servicios.

Solo en la Región de los Lagos durante el año 2017 se crearon 17 proyectos JUNJI (Junta Nacional de Jardines Infantiles (JUNJI), 2018, pág. 17) y 15 proyectos INTEGRA (Comunicaciones Los Lagos, 2017), en su totalidad los 32 proyectos desarrollaron su construcción de manera tradicional.



Foto 1 Sala cuna JUNNI Alerce Puerto Montt. Fuente elaboración propia

Hoy en día a través de los proyectos Construye 2025, el Consejo de Construcción Industrializada y el plan BIM de CORFO, se está impulsando cada vez más la industrialización y prefabricación en la construcción por un lado y la aplicación de nuevas metodologías de modelado, planificación y control de las construcciones, para obtener un aumento de la productividad, y una disminución de los residuos en la construcción.

A raíz de estos mandatos existentes, uno se pregunta entonces ¿Por qué no considerar desde la concesión del proyecto en su fase de diseño la realización del mismo de manera industrializada y prefabricada?, y a la vez se plantea ¿será muy difícil desarrollar el diseño de los proyectos manteniendo los mismos estándares de calidad, logrando disminuir los tiempos y por ende los costos de construcción?

Distintos tipos de sistemas constructivos basados en prácticas de industrialización y prefabricación se han desarrollado y se emplean hoy en día en soluciones de proyectos a lo largo de todo Chile, no es nada nuevo que se quiera implementar, ya existe, lo que quizás no ha sido bien concebido desde sus inicios en el desarrollo de los proyectos.

MOTIVACIÓN.

El tema que desarrollaré como parte de este Proyecto de Título, considero que no es nada nuevo en el desarrollo profesional como arquitecto. En mis inicios una vez titulado en Cuba, tuve la oportunidad de trabajar en el diseño y posterior supervisión de proyectos educacionales con uno de los sistemas de prefabricado en hormigón existente por aquel entonces, en especial el sistema constructivo Girón. Sistema, el cual a pesar de lo rígido que podría parecer como conjunto de elementos con que se trabajaba, por lo general se obtenían proyectos aceptables desde el punto de vista del diseño, si tenemos en cuenta que eran concebidos con un prefabricado en hormigón armado el cual hasta cierto punto pareciera pesado y porque no algo rústico.

Posteriormente, tuve la oportunidad nuevamente en España, de participar en proyectos donde supervisaba y controlaba distintos tipos de proyectos nuevos y de remodelación para una conocida casa de restauración, la cual realizaba todos sus proyectos salvo los que desarrollaba en centros comerciales, utilizando módulos prefabricados industrializados mixtos utilizando metal para el desarrollo de toda su estructura e indistintamente madera o vulco metal para los tabiques de cierres exteriores e interiores.

Acá en Chile, he podido observar fundamentalmente en toda la Región Sur, que es donde más suelo desplazarme, pero estoy consciente que pasa en todo el país en mayor o menor grado,

que se utilizan distintos sistemas de industrialización y/o prefabricación en la construcción de variadas tipologías de construcción fundamentalmente en vivienda, y obras industriales, pero estos se emplean bastante poco en temas por ejemplo educacionales, turísticos, salud, entre otros.

Es por ello que me he visto motivado a intentar aportar desde mi experiencia, en algunos puntos de vista que puedan ayudar al desarrollo de la industrialización y la prefabricación, en este caso apoyándome en EL proyecto de una Sala Cuna y Jardín Infantil JUNJI, desarrollado en el barrio Mirasol de la comuna de Puerto Montt, proyecto construido de manera tradicional, pero que al igual que cualquier otro tipo de proyecto educacional, de salud o de cualquier esfera de la industria, se puede diseñar y posteriormente construir con un enfoque industrializado. En un inicio contaba con otro proyecto construido de la misma manera en la localidad de Alerce, y decidí trabajar con el de Mirasol dado que como proyecto consta de dos plantas edificadas lo que hasta cierto punto hace algo más complejo el proyecto comparado con el desarrollado en Alerce que se materializó en una sola planta.

En el trabajo a realizar se intentará desarrollar a partir de la utilización de módulos volumétricos prefabricados, manteniendo o modificando lo mínimo posible las soluciones iniciales planteadas en sus fachadas, aunque como solución constructiva se puede emplear a todo tipo de envolvente adaptándose sin problema a todas las zonas climáticas dentro de Chile, permitiendo la utilización de cualquier solución y

materialidad en sus terminaciones y por ende en su diseño final. Para ello desarrollaré la modelación de algunos módulos prefabricados a partir de distintas soluciones de muros y materialidades de sus envolventes y acabados. Así mismo haré una comparativa del tiempo de ejecución junto a un análisis de costo de los proyectos actuales materializados de manera tradicional vs las propuestas de construcción de módulos volumétricos prefabricados.

Se desarrollará con este sistema constructivo, dado que he visto en el sur y en especial en la región a varias empresas interesadas en implementar este sistema constructivo, pero con cierto temor hacia lo desconocido, ya que siempre han construido de manera tradicional; además de observar a algunos organismos públicos igualmente presentando cierto rechazo al plantear que como sistema constructivo no se encuentra aprobado por las entidades certificadoras acá en Chile, por lo que no lo pueden aceptar.

Llegado a este punto es cuando está la encrucijada, por un lado, a nivel nacional el proyecto Construye 2025 y el Consejo de Construcción Industrializada, cada vez más impulsa y aboga por la industrialización y prefabricación, el mandato del estado con el Plan BIM, pide que modelemos planifiquemos y construyamos en BIM, pero aun las empresas y peor aún algunos organismos públicos no van con las mismas intenciones o a la misma velocidad de implementación.

PROBLEMÁTICA

Por las características geográficas y geológicas, Chile es un territorio en el que constantemente ocurren y seguirán ocurriendo distintos fenómenos como pueden ser terremotos, tsunamis, inundaciones, sequías, incendios forestales, deslizamientos, fenómenos como la “marea roja”, siendo uno de los países con mayor actividad volcánica y sísmica del mundo; donde en muchas ocasiones nos hemos visto en la necesidad de enfrentar graves daños en la infraestructura pública o privada con soluciones de emergencia en base a sistemas modulares a partir de soluciones no diseñadas para tal fin mediante el uso de containers o módulos mineros, los cuales no cumplen con ninguna normativa, además de no ser sostenible a largo plazo.

Hoy en día, en Chile en general y en la región Sur Austral en particular, hemos podido observar el desarrollo cada vez mayor de distintos proyectos sociales, fundamentalmente ligado al sector educacional en la creación de Salas Cunas y Jardines Infantiles. Proyectos que son desarrollados íntegramente de manera tradicional desde el punto de vista constructivos.

Solamente en la Región de Los Lagos durante el año 2017 se realizaron más de 30 proyectos de Jardines o Salas Cunas JUNJI y/o INTEGRA. Durante el año 2018 se siguen desarrollando proyecto INTEGRA en la Región, con características similares a los ya realizados.



Foto 2 Sala cuna JUNJI en Alerce. Puerto Montt. Fuente elaboración propia.

No es un secreto que el sector construcción en Chile, no crece como el PIB del país, a pesar de ser uno de los sectores más importantes dentro de la economía chilena. A nivel Nacional, se puede observar el interés del estado en industrializar y prefabricar los sistemas constructivos con miras de aumentar la productividad del sector, disminuir los residuos que genera las construcciones, así como el impacto social y al medio ambiente que en muchas ocasiones generan las obras durante su período de ejecución, además de disminuir los plazos y costos de las obras en general. De igual manera se observa el interés por parte de las empresas de industrializar y prefabricar sus procesos productivos.

Internacionalmente está demostrado que cuando se desarrolla un proceso constructivo de manera industrializado y

prefabricado, generalmente los tiempos de ejecución de las obras se pueden disminuir aproximadamente en un 30% y los costos de construcción en un 20% (Marín Mazuela, 2020, pág. 19), fundamentalmente vinculado a la disminución de los gastos generales de las obras.

¿Cómo no contribuir entonces durante el proceso de diseño del proyecto para favorecer esta industrialización y prefabricación?

No se puede caer en la problemática de la prefabricación con hormigón en la década del 70 – 80 del siglo pasado, donde hubo un predominio de la funcionalidad, por encima del diseño y la estética de los proyectos; aunque considero que su objetivo se cumplió al satisfacer esa necesidad latente del momento, los tiempos han cambiado y las condiciones existentes son otras, como arquitectos es nuestro deber concebir buenos diseños, pero que a su vez sean lo más racional y económico posibles.

Si actualmente se están desarrollando distintos proyectos sociales, los cuales a pesar de todos los problemas del sector construcción se están llevando a cabo, si está demostrado que al disminuir los gastos generales disminuyen los costos de las obras, ¿No podremos desarrollar entonces más proyectos? Es nuestra labor entonces como arquitectos contribuir al desarrollo de los mismos de manera armoniosa y funcional.

OBJETIVO GENERAL:

Desarrollar un proyecto de sala cuna, concebido de manera tradicional en la ciudad de Puerto Montt, a partir de su fragmentación y modelación para ejecutarlo mediante la utilización de módulos volumétricos industrializados analizando el ahorro económico que genera.

OBJETIVOS ESPECIFICOS.

OE 1: Realizar la fragmentación de un proyecto de la sala cuna, analizando la distribución de sus espacios, así como de sus instalaciones sanitarias, para su posterior ejecución mediante Módulos volumétricos industrializados.

OE 2: Desarrollar la modelación de los módulos volumétricos que conforman el proyecto.

OE 3: Determinar el ahorro económico que genera el desarrollo de proyectos desarrollados mediante soluciones prefabricadas contra proyectos convencionales.





CAPITULO 2. MARCO TEÓRICO

INDUSTRIALIZACIÓN Y PREFABRICACIÓN. CONCEPTOS.

Para comenzar a hablar sobre industrialización y prefabricación de un proyecto constructivo repetitivo, necesariamente tenemos que comenzar por saber definir qué entendemos por industrialización y por prefabricación.

Según palabras del arquitecto y profesor Francis Pfenniger, en el curso “Diseño para la industrialización y la prefabricación” desarrollado por el Centro de Extensionismo Tecnológico de la CDT en la ciudad de Temuco, la industrialización es:

... “el proceso productivo que, de forma racional y automatizada, emplea materiales, medios de transporte y técnicas mecanizadas en serie para obtener una mayor productividad. Es importante esta última aclaración, mayor productividad, en lugar de producción masiva, pues la industrialización debería permitir, mediante pequeños cambios en los procesos, la generación eficiente de series pequeñas o unitarias” (Pfenniger, 2017).

Así mismo, en este mismo curso definía la prefabricación como:

... el sistema constructivo basado en el diseño y producción de componentes y subsistemas elaborados en serie en una fábrica fuera de su ubicación final y su posición definitiva, que, tras una fase de montaje simple, precisa y no laboriosa, conforman el todo o una parte de un edificio o construcción, ... las operaciones en el terreno son esencialmente de montaje, y no de elaboración. Una buena referencia para

conocer el grado de prefabricación de un edificio es la de valorar la cantidad de residuos generados en la obra; cuanto mayor cantidad de escombros y suciedad, menos índice de prefabricación presenta el inmueble” (Pfenniger, 2017)

Por su parte para el programa 2025 de CORFO, según la presentación de su gerente Marcos Brito en el Encuentro construcción y Universidad ECU los Lagos celebrado en Puerto Montt industrialización es:

... “el conjunto de sistemas constructivos homologados a líneas de producción, que busca aumentar la productividad mediante la reducción del trabajo directo en obra, a través de componentes modulares prefabricados industrialmente fuera o dentro del sitio, que puede ser transportado y montado en terreno, bajo altos estándares de sostenibilidad, de eficiencia de recursos, calidad y seguridad incorporando tecnologías de información y métodos de diseño, manufactura y control de procesos avanzados” (Brito Alcayaga, 2018).

Generalmente se confunde el término industrialización con prefabricación, confusión que ha llevado a no encarar el problema de forma eficiente; la industrialización es la aplicación al sector construcción de los procesos organizativos que se llevaron a cabo con la industrialización industrial, con el objetivo de aumentar la productividad del sector; para poder hablar de industrialización se debe cumplir, según mi propia experiencia profesional:

- La existencia de una continuidad de la producción.
- Una normalización y estandarización de los productos a obtener.
- La existencia de un proceso constructivo integrado.
- Una correcta organización y planificación del trabajo.
- Una correcta mecanización de los procesos.
- Por último y no menos importante una correcta investigación y experimentación de los procesos y diseños a obtener.

Para que ocurra, por tanto, una correcta industrialización debe de existir una estrecha vinculación entre las etapas de diseño, la tecnología y la producción; pensando siempre en un nivel de calidad deseado con unos índices de productividad favorables al producto.

La prefabricación se refiere a la producción de elementos constructivos y/o sistemas, previamente a la ejecución del proyecto mediante un conjunto de operaciones de puesta en obra. Dicho en otras palabras, se refiere al proceso de mecanización y centralización en fábrica del proceso constructivo (o de parte de él).

La industrialización es el elemento organizativo de una nueva mentalidad de trabajo y la prefabricación es la herramienta en que se manifiesta la industrialización.

De la misma manera, según datos ofrecido por el Planbim de CORFO por medio de su Coordinadora del Sector privado Carolina Briones:

“en Chile, en el año 2012 el 96% de los proyectos desarrollados de manera tradicional por el MOP fueron modificados, y el 30 % sufrieron retrasos según los tiempos originales programados; existiendo un sobre costo de más de \$95.000 MM, llegando según datos internacionales a perderse el 35% de los recursos invertidos en una construcción tradicional” (Briones Lazo, 2018).

Es por todo lo anterior que a nivel país, diferentes organismos como son: el Ministerio de Economía, CORFO, CONSTRUYE 2025 y el Planbim, se han planteado como objetivo incrementar la productividad y sustentabilidad social, económica y ambiental de la industria de la construcción mediante la incorporación de procesos, metodologías de trabajo y tecnologías de información y comunicaciones que promuevan su modernización a lo largo de todo el ciclo de vida de las obras, desde su diseño hasta su operación.

La problemática de la industrialización en la arquitectura no es un tema nuevo, la arquitecta Pepa Cassinello realizando un análisis del libro “Hacia una Nueva Arquitectura” de Le Corbusier planteaba:

“... Le Corbusier denunció el hecho de que la arquitectura de aquellos tiempos no respondía a las necesidades que demandaba la nueva sociedad, no solo en cuanto se refiere a los espacios habitables, sino también a los artesanales sistemas constructivos utilizados ... La revolución industrial estaba cambiando la forma de vida se había iniciado un

democrático camino en el cual era posible fabricar más a menor coste y más de prisa ... el mensaje que Le Corbusier estaba enviando al mundo tardó muchas décadas en difundirse adecuadamente como una necesidad imperiosa de hacer partícipe a la Arquitectura de la revolución industrial ... adoptó “la maquina” como modelo para la transformación de la casa, ... la casa imitando la efectividad de la maquina debería disipar la dicotomía existente entre su función y su forma espacial, desprendiéndose de todo elemento superfluo ... quería resaltar como modelo para la nueva casa y es el hecho de que todas sus piezas se producen de manera industrializadas, con nuevos materiales y finalmente la maquina se construye como la perfecta mezcla de cada una de ellas ... En 1928 Le Corbusier era consciente de que ni la sociedad, ni los profesionales de la arquitectura, ni la industria de la construcción estaban preparados para llevar a cabo este radical cambio en un corto espacio de tiempo. Era necesario difundir las ventajas de la nueva forma de vida que esta nueva concepción espacial de la vivienda representaba para sus usuarios, necesario investigar y experimentar nuevos tipos de viviendas que les ofrecieran variadas y múltiples alternativas, ... necesario conseguir que los arquitectos tomaran conciencia de la relevante importancia del cambio, y necesario que la industria de la construcción evolucionara hacia la industrialización y la producción en serie” (Cassinello, 2008, págs. 5-18).

Desde hace varios años la sociedad chilena ya trabaja en ese cambio, desarrollando distintos tipos de proyectos industrializados y prefabricados, por ello cuando se comienza el diseño de cualquier proyecto que se quiere desarrollar de manera industrializada, nunca se debe desarrollar pensando en un sistema tradicional y tratar de construir o ejecutar de manera industrializada. Por otro lado, si estudios nacionales e internacionales han demostrado la eficacia de los sistemas industrializados y los beneficios que tienen, ¿Por qué entonces no intentar desarrollar cada vez que se pueda los distintos proyectos públicos de esta manera? Es un reto es cierto, pero no es imposible.

EJEMPLOS ACTUALES EJECUTADOS EN CHILE.

En Chile y fundamentalmente en las zonas más metropolitanas del país, durante la década del 70 del siglo pasado, se desarrollaron distintas tipologías constructivas a partir de la industrialización y prefabricación. Inicialmente se crearon soluciones moduladas en hormigón armado, sistemas que desarrollaban proyectos íntegramente de edificación mediante la utilización de columnas, vigas y losas para las estructuras principales y paneles para los cierres de las edificaciones. Esta tipología constructiva, por la demanda y rapidez en que se montaba incluso fue exportado hacia algunos de los países vecinos.



Foto 3 Tipología de prefabricado en hormigón Santiago de Chile.
Sistema GRAN PANEL. Fuente página Web Arqui.cl

Posteriormente, sobre todo en la zona norte de país, se han desarrollado proyectos de campamentos, hoteles y centros mineros en los que a partir de la utilización de soluciones en los que se modifican “container”, se obtienen estos ejemplos de conjuntos, en unos casos con mejores resultados arquitectónicos que otros.



Foto 4 Campamento minero. Pascua Lama. Región de Atacama.
Fuente página web Atco Sabinco.

Hoy en día los sistemas de industrialización y prefabricación se siguen aplicando y desarrollando, teniendo por ejemplo el emblemático caso de Baumax en Santiago y alrededores, empresa que ha automatizado y robotizado todo su proceso constructivo basado en la utilización del hormigón armado incrementando la productividad y calidad de sus productos.



Foto 5 Planta robotizada en la elaboración de prefabricado hormigón BAUMAX. Fuente página web BAUMAX.

Obteniendo elementos de hormigón que, a diferencia de los que se obtenían en los años 70 y 80 del siglo pasado, presentan una gran flexibilidad y variedad en sus diseños. Comenzando el proceso de fabricación de cada uno de los paneles desde cero sin necesidad de repetir ningún tipo de panel.

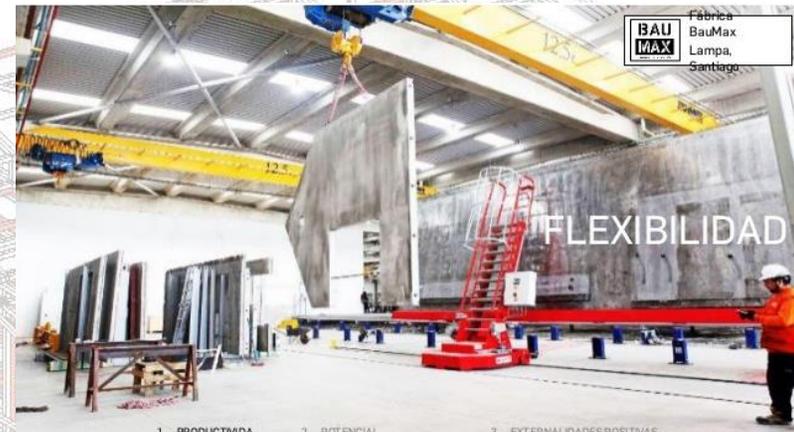


Foto 7 Planta robotizada en la elaboración de prefabricado hormigón BAUMAX. Fuente página web BAUMAX.



Foto 6 Planta robotizada en la elaboración de prefabricado hormigón BAUMAX. Fuente página web BAUMAX.

En la ciudad de Temuco, igualmente se ha desarrollado un proyecto de muy buena solución arquitectónica y de diseño, utilizando el hormigón armado de manera prefabricada e industrializada, en esta ocasión la empresa Momenta ingeniería y Construcciones junto al estudio de Jaspard Arquitecto llevaron a cabo el proyecto de Lomas de la Javiera, en donde utilizaron muy satisfactoriamente la topografía del lugar para ubicar 10 edificios sociales de 5 plantas cada uno construyendo 200 departamentos en aproximadamente año y medio.



Imagen 1 Sección proyecto Lomas de la Javiera. Temuco. Fuente Equipo Jaspard Arq.

Como dato adicional a este proyecto está el desarrollo de los baños como un módulo sanitario de manera prefabricado 100%, llegando a obra completamente terminados incluso con sus artefactos sanitarios.

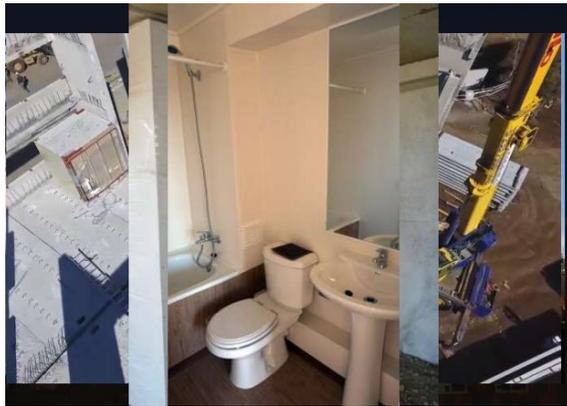


Foto 8 Módulo sanitario en conjunto habitacional. Fuente Equipo Jaspard Arq.



Foto 9 Vista exterior fachada principal de acceso conjunto habitacional Lomas de Javiera. Fuente Elaboración propia.

Más al sur hacia las X y XIV Región, si bien es cierto que las soluciones de industrialización y prefabricación del hormigón son casi nulas, lo que más se realizan son soluciones en donde se utilizan los paneles SIP y la construcción de paneles de madera y de metalcom. Así por ejemplo se tienen los casos de las constructoras Ararat, Baquedano y Martabid, las cuales desarrollan y montan sus proyectos habitacionales, pero son elaborados y construidos por una tercera empresa.

En el caso de la Constructora Baquedano suele trabajar fundamentalmente con la utilización de paneles SIP, traen sus viviendas completamente desarrolladas en paneles y en obra proceden a montarlas como si fuera un Lego.



*Foto 10 Sistema casa prefabricadas con módulos de paneles SIP.
Constructora Baquedano Puerto Varas. Fuente elaboración propia.*

Por su parte la Constructora Ararat, perteneciente a Martabid Puerto Montt utiliza en sus modelos los paneles prefabricados de madera y de metalcom indistintamente.



*Foto 11 Conjunto habitacional prefabricados con paneles de madera
Constructora Ararat Paillaco. Fuente Elaboración propia.*

Las dos empresas anteriores como promedio demoran en el proceso de montar o levantar la obra gruesa de una casa completa una semana.

La Constructora Manitoba Spa de la empresa Martabid Temuco utiliza igualmente paneles de madera.



*Foto 12 Conjunto habitacional con paneles de madera Mirasol,
Constructora Manitoba, Puerto Montt. Fuente Elaboración propia.*

Con la salvedad que en obra tienen una zona donde ensamblan completamente la cubierta a nivel de suelo y proceden a montar las mismas una vez que la vivienda se encuentra completamente levantada, industrializando en obra el proceso

de arme de la misma agilizando su proceso constructivo. Llegando a montar una casa completamente cada 4 días.



Foto 13 Proceso de traslado de techumbre de vivienda. Constructora Manitoba, Puerto Montt. Fuente Elaboración propia.



Foto 14 Proceso de montaje de techumbre en vivienda. Constructora Manitoba, Puerto Montt. Fuente Elaboración propia.

A diferencia, de estas últimas constructoras en la zona sur está la Constructora Avifel en Osorno, quien igualmente construye con paneles de madera y metalcom, con la salvedad que esta empresa diseña, elabora y monta sus propios proyectos.



Foto 15 Patio de almacenaje de paneles elaborados. Empresa Avifel. Fuente Elaboración propia.

Como parte de su proceso de elaboración la planta logra fabricar como promedio unas 12 casas semanales, obteniendo unos rendimientos y aprovechamiento de los recursos muy envidiables incluso a nivel país, elaborando las casas a excepción del hormigón de sus fundaciones, íntegramente de manera prefabricada.



Foto 16 Planta de elaboración de paneles. Empresa Avifel. Fuente *Elaboración propia.*

Una vez que en obra está realizada la fundación del radier, el promedio de levante o montaje de la obra gruesa de las casas completamente es de aproximadamente dos días y medios.



Foto 17 Proceso de montaje de vivienda obra La Unión. Fuente *Elaboración propia.*

Todos los datos de rendimientos mostrados por las distintas empresas y obras se han obtenido como parte de las mediciones de productividad realizadas dentro del proyecto de CORFO del Centro de Extensionismo Tecnológico de la CDT, desarrollado en la zona sur de Chile

Hacia el norte de Chile, en la zona centro y por supuesto en la sur y sur austral de Chile se siguen desarrollando distintos proyectos a partir de la utilización de container metálicos, proyectos desarrollados con mayor o menor grado de complejidad y desarrollo según los propietarios. Así por ejemplo tenemos el proyecto de la escuela modular desarrollado por la Empresa Tecno Fast, desarrollado en la ciudad de Constitución con capacidad para 800 estudiantes.



Foto 18 Escuela ciudad Constitución. Tecno Fast. Fuente *página web empresa Tecno Fast.*

En la zona sur Austral tenemos empresas como ATCO Sabinco quienes han desarrollados distintos proyectos modulares para mandantes particulares. Obteniendo distintas soluciones desde el punto de vista del diseño.



Foto 19 Proyecto habitacional desarrollado por ATCO Sabinco, Puerto Varas. . *Fuente Elaboración propia.*



Foto 20 Acceso principal proyecto habitacional ATCO Sabinco.
Fuente Elaboración propia.

Incluso llegando a soluciones más industriales en la zona podemos encontrar soluciones modulares con container que se utilizan para la industria salmonera como módulos para la fabricación de hielo, que desarrolla la empresa Sur proyecta.



Foto 21 Solución industrial de modulo frigorífico para la fabricación de hielo, industria salmonera. Empresa Sur Proyecta Puerto Montt. Fuente Elaboración propia.

Todas estas soluciones constructivas si bien presentan distintos grados de industrialización y prefabricación, parte del proceso lo realizan en la fase de obras gruesa, por lo que aún se pierde mucho tiempo y muchos recursos en las fases de terminaciones e instalaciones de estas obras, generando en muchas de ellas grandes cantidades de escombros y desperdicios, por lo que aún existe un impacto significativo por parte de la obra en el medio donde se desarrolla,

Durante el año 2017 el MINEDUC desarrolló el concurso “Sistema modular Sustentable para Nuevos Espacios Educativos”, ganado por la Arquitecta Ximena Busquets, proyecto que en primer lugar busca dar solución a una problemática arquitectónica educacional en caso de emergencia y la misma se basa en diseñar un sistema modular escalable, relocalizable y sustentable que permite que las salas funcionen como un “lego”, al que se le van agregando más salas, según sea el requerimiento.



CAPITULO 3. CONSTRUCCIÓN MODULAR

RESEÑA HISTORICA

Como se ha visto en el capítulo anterior, la industrialización y prefabricación no es algo nuevo en Chile, y se ha aplicado en distintos sectores de la economía como puede ser el habitacional, la salud pública, educación u otros.

El análisis y posterior estudio se realizará fundamentalmente dirigido al sector educacional y en específico al diseño de las Salas Cunas, y jardines infantiles es por ello que se hará una breve revisión de cómo se ha comportado históricamente este Ministerio,

BALANCE PRELIMINAR DEL SECTOR.

Según datos del INE, a finales de siglo XIX el total de la población en Chile, era de algo más de 2.800.000 habitantes aproximadamente, para 1960 el número de habitantes había crecido hasta los 7.374.115 de los cuales el 39% (unas 2.985.928 personas) correspondía a una población menor a 15 años, según el último censo realizado en el 2017 la población chilena ha crecido hasta los 17.574.003 habitantes, de los cuales el 20.2% (3.549.949 personas) corresponden a menores de 15 años, siendo por cada 100 personas en el país 7 niños o niñas menores a 5 años y 20 menores de 15. (INE, 2017).

Desde inicio del s-XIX se comienza a ver el interés por establecer en Chile diferentes herramientas para crear y supervisar los establecimientos educacionales que existen, es así como el Ministerio de Educación plantea: “en 1825 se establece un tribunal de instrucción cuya tarea era crear escuelas de primeras letras” ... “y el año siguiente se crea una Junta de

Instrucción que debía ... visita las escuelas y mejorarlas”. (Ministerio de Educación, 2017, pág. 2)

Así mismo a partir de la Constitución de 1833, e puede ver el interés del Estado por la educación en Chile, cuando en su artículo 153 señala: “la instrucción pública debía ser atención preferente del gobierno ... y que el congreso debería formar un plan general de educación nacional” (Ministerio de Educación, 2017, pág. 2)

En los años siguientes se comienza un largo proceso de perfeccionamiento normativo. Según datos publicados en el artículo 180 años de historia, 180 años de servicio: (Ministerio de Educación, 2017, pág. 7) “El 24 de noviembre de 1860 se promulga la Ley General de Instrucción Primaria de educación”, en la cual se organizan, regulan y estructuran los servicios educativos de la educación primaria y el “1879 se dictó la ley que organizó la Instrucción Pública y Superior, donde se reformuló la educación secundaria y superior, creándose además el Consejo de Instrucción Pública”

Con el crecimiento poblacional existente y el interés mostrado por el Estado en los temas educacionales se puede ver “la expansión educacional entre 1865 y 1915; el número de escuelas fiscales crece de 818 a 2.920, la matrícula lo hace de 39.236 a 308.113 niños y el presupuesto de \$234.340 a \$14.950.922)” (Salas Diaz, 2011, pág. 24), “lo que permitió que la administración pública comenzara a experimentar un periodo de crecimiento sostenido que modificó su estructura, funciones, campo de acción y composición social (la emergente

clase media comenzó a incorporarse al Estado)” (Carimán, 2012, pág. 33).

No es hasta el 1920, que existe un avance fundamental en el sistema educacional, al aprobarse la Ley 3654, de Instrucción Primaria Obligatoria, donde se plantea: “la educación primaria obligatoria, que bajo la dirección del Estado y de las Municipalidades será gratuita y comprenderá a las personas de ambos sexos” (Ministerio de Educación, 2017, pág. 9). Esta Ley planteaba que:

...la enseñanza primaria constará de tres grados de educación general, compuestos de dos años escolares cada uno y de un cuarto grado de educación vocacional ... estableciéndose tres tipos de escuelas, “Elementales” (4 primeros años de educación obligatoria, niños de 7 a 10 años), “Superiores” (6 años de educación, niños de 7 a 12 años) y “Vocacionales” (2 o 3 después de las superiores, jóvenes de 12 a 15 años).

Ya en esa época el sistema escolar regular chileno contempla una etapa de educación Preescolar o Prebásica, cuyo objetivo fundamental es el desarrollo integral de la personalidad del niño y su adaptación inteligente a su medio social y natural.

Pese al interés mostrado por el Estado y a todas las legislaciones y regulaciones que comenzaban a salir, desde muy temprano se evidencio los bajos presupuestos existente para la demanda que se iba creando, los autores Torres Gilles, Valdívía Ávila, & Atria Lemaitre, (2015), plantean:

Pese a las buenas intenciones de la Ley de 1920, hasta mediados de la década del 30’ se discutía por los bajos y casi nulos presupuestos destinados a la edificación escolar, además se publicaron diversos informes que señalaban la baja asistencia escolar, el estado deplorable que tenían las escuelas públicas, y el gran porcentaje de la población escolar que se encontraba enferma por alimentarse mal. (Torres Gilles, Valdívía Ávila, & Atria Lemaitre, *Arquitectura Escolar Pública como Patrimonio moderno en Chile*, 2015, pág. 10).

DESARROLLO DE LA TIPOLOGIA EDUCACIONAL.

Cuando se va a analizar el desarrollo de la arquitectura educacional en Chile, se mira a partir de mediados del s-XIX, periodo en el cual, como se ha planteado anteriormente, comienza a existir un interés por parte del Estado en estos temas; como afirman las autoras Valdivia & Torres, (2016, pág 1): “En esa época, dos tercios de los locales escolares eran del Estado y funcionaban en casonas arrendadas, el otro tercio era de congregaciones religiosas”.

Al analizar el desarrollo arquitectónico y social de la tipología educacional durante el s-XX los autores Torres Gilles & Maino Ansaldo, (2019, pág 1693), lo realizan a partir de tres periodos que se diferencian comparativamente por: “su estética, materialidad y sistemas constructivos”.

Primeramente hay un periodo que se enmarca entre los años 1900 – 1937, denominado Ectectivo y Tradicional, donde según Torres & Maino, cuando al analizar la arquitectura de estos

edificios se caracterizan por ser: “tradicional ecléctica, construyéndose edificios monumentales de dos o tres niveles, con volúmenes simétricos emplazados en el perímetro de la manzana y con un ordenamiento espacial característico de tipo “claustro”, hermético hacia el exterior y con patios hacia el interior”; con una distribución de “las aulas orientadas a la fachada y corredores abiertos como espacio intermedio”, eran edificios que de manera general estéticamente “no se diferencia formalmente de aquellos que albergan programas diferentes al educacional, es decir, presentan características estéticas y formales de un edificio institucional que bien podría ser un hospital o un municipio” (2019, pág 1694)



Foto 22. Escuela Salvador Sanfuentes, Santiago 1920 Fuente: (Rivera Notorio, citado por Torres & Maino (2019, pág. 1695)

Durante este periodo Ecléctico y Tradicional al revisar las características constructivas-estructurales que forman los niveles de estos proyectos educacionales Torres y Maino dicen: “se construyen estratificados por niveles” desarrollándose generalmente por un “nivel basal ... constituido por zócalos o semisubterráneos, estructurados con gruesos muros de mampostería de piedras y morteros de cal y/o cemento que soportan las cargas estáticas del edificio superior, además de ser muros de contención”. (pág. 1695)

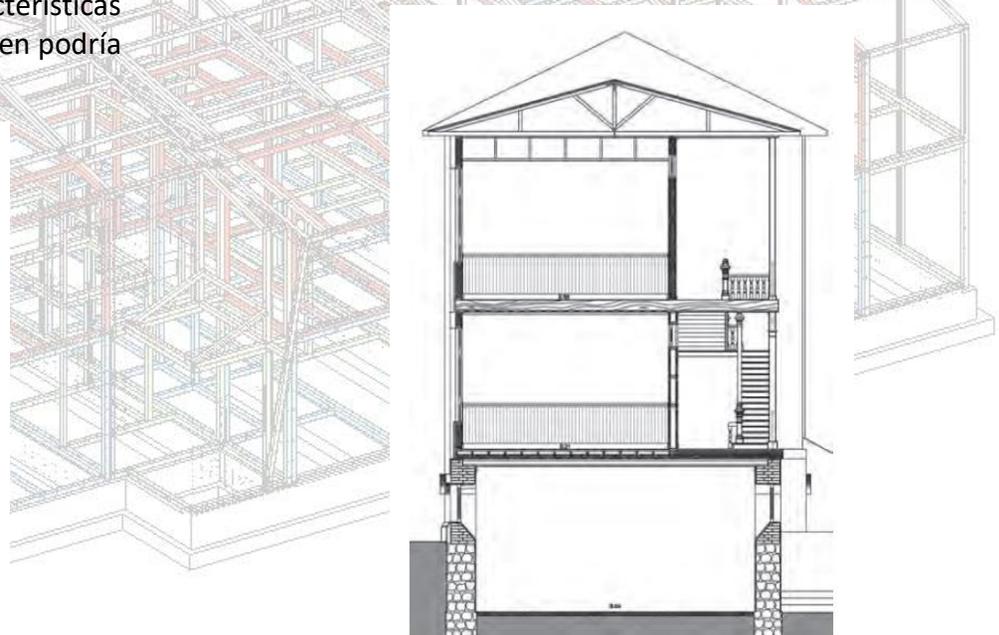


Imagen 2. Corte Transversal, Liceo Metropolitano, ex Escuela Básica de Niñas de Santiago. Fuente (Claudia Torres), citado por Torres & Maino (pág. 1695)

El segundo periodo Torres & Maino lo denominan periodo de Transición formal a la modernidad, y se desarrolla entre los años 1937-1965. Este comienza con la creación de la Ley 5989 del 14 de enero, mediante la cual se crea la Sociedad Constructora de Establecimientos Educacionales (SCEE), como una Sociedad Anónima, con capital público –privado.

Toda la planificación, condiciones y tipología de los distintos proyectos escolares que desarrollaría el SCEE la describen los autores cuando dicen:

“La planificación anual estaba sujeta a condicionantes políticas, económicas y funcionales de cada gobierno. Cada año se fueron programando construcciones de escuelas según, factibilidad económica, disponibilidad de terrenos, requerimientos de gobiernos locales y análisis estadísticos. En la práctica, los planes programados nunca se ejecutaron en su totalidad en el periodo estimado, de manera tal que las iniciativas que no lograban ser ejecutadas se traspasaban a los periodos siguientes” (2019, pág. 1696).

Las primeras ideas de perfeccionamiento de los planes de edificación de estos proyectos educacionales se realizan el 1952 y como plantea el (SCEE, 1987) citado por Torres & Maino (2019) se incorporan “las exigencias de las recientes orientaciones técnico-pedagógicas y manteniendo la economía en los costos, se realizan diseños de planos tipos para escuelas de pequeña y mediana capacidad que posibilitan desarrollar programas zonales con construcción simultánea de varios edificios”, iniciando un programa de “construcción de escuelas rurales y suburbanas, prefiriéndose para su construcción

materiales existentes en el lugar o de fácil adquisición en el área” (pág,1696).

Posterior al terremoto de Valdivia de 1960, se dicta la Ley de Reconstrucción, la que autoriza a la SCEE a construir y reparar en forma directa para el Estado los locales escolares destinados a la educación pública.

Durante este periodo el emplazamiento de los proyectos educacionales como dicen Torres & Maino “responde a las condiciones específicas del terreno y su contexto” ...”en predios de fácil accesibilidad”; en donde como criterio de diseño se desarrollan a partir de “volúmenes simples, imponentes de dos o más niveles, jerarquizándose la zona de acceso en uno de los costados”, ubicando la circulación vertical como elemento diferenciador en “las intersecciones o remate de los pabellones generando continuidades espaciales con aulas alineadas en pabellones con corredores”, obteniendo como solución final de diseño “volúmenes macizos que no llegan a conformar cuerpos permeables o translucido”. (pág. 1696 - 1697)

A partir de 1960, se comienza a estandarizar y normalizar los procesos constructivos en Chile en lo referente al uso del hormigón armado y al reforzamiento de los muros de albañilería, al publicarse la primera normativa de la construcción, donde además desde el punto de vista arquitectónico por primera vez se definen los espacios mínimos necesarios para los proyectos educacionales como mencionan Torres & Maino (2019) al decir:

“... establece las condiciones de edificación específicas para *Locales Escolares*, definiendo las dimensiones mínimas de las aulas, corredores y patios, estableciendo las condiciones de salubridad mínimas, garantizando una buena iluminación y ventilación de aulas, instalaciones sanitarias (agua potable y baños) y, según cantidad de alumnos y emplazamiento, espacios cubiertos para gimnasio, enfermería o sistemas de climatización” (pág. 1697).



Foto 23. Escuela de Rengo, VI Región, Fuente Claudia Torres citado por Torres & Maino (2019, pág. 1697)

El periodo a que hace referencia la ejecución de los proyectos educacionales desarrollados por el SCEE, los procesos constructivos en Chile se realizaban de manera tradicional y presentaban muchos de los mismos problemas que aun hoy se pueden encontrar en los proyectos desarrollados de manera tradicional, así lo dice Torres & Maino (2019), cuando plantean:

“... las obras reflejan los avances de la época en términos formales y normativos, en los procesos de ejecución de las obras se conserva una modalidad constructiva casi artesanal” construcción que como ya se ha mencionado generalmente se realiza mediante la ejecución de muros de albañilería, “de ejecución íntegra en obra y mayoritariamente manual, requiriéndose una gran cantidad de mano de obra, pocos de ellos especializados en hormigón armado” (pág. 1698).

El tercer y último periodo del desarrollo de la tipología educacional analizado por Torres & Maino, corresponde al de Masificación y estandarización, desarrollado durante los años 1965-1987, año en que coincide con la desintegración de la SCEE.

En septiembre de 1964 se establece la Ley 15676, donde se establece que en un plazo de tres meses se debe crear y desarrollar un nuevo Plan Nacional de edificios escolares; comenzando a experimentar con la utilización de diferentes sistemas constructivos prefabricados, para obtener una mayor rapidez en la ejecución y cobertura de los proyectos desarrollados.

Durante este periodo la SCEE, crea diferentes oficinas Zonales distribuidas a lo largo de todo el país, funcionando con el mismo objetivo asignado en la Ley de Reconstrucción de 1960 de continuar ejecutando, reparando y conservando los proyectos de edificación escolar; a partir de abril de 1970 se promulga la Ley 17301, mediante la cual se crea la JUNJI. Y en su Título V,

artículo 44 plantea: (Ley 17301 Crea Corporación Denominada Junta Nacional de jardines Infantiles, 1970)

"La Sociedad Constructora de Establecimientos Educativos podrá ejecutar, además, en la forma ya indicada, todo tipo de obras y trabajos de reparación, incluyendo la construcción de reparticiones administrativas y dependencias anexas, que le encomiende el Ministerio de Educación Pública dentro de sus programas relacionados con la educación y con sus actividades extraprogramáticas" (Título V, artículo 44).

Cuando analizamos el diseño de los proyectos de este periodo Torres y Maino (2019) dicen que "destacan por ser obras de carácter atemporal, ... se busca mostrar la estructura resistente, sin ocultarla bajo elementos decorativos ... se centra el diseño en concebir unidades educativas, ... la obra arquitectónica se entiende como un instrumento educativo en sí mismo" (pág. 1699).

Durante este periodo los proyectos desarrollados analizando su sistema constructivo y estructural van a ser fundamentalmente proyectos tipificados de manera prefabricada desarrollados por la SCEE, los cuales se materializaron a partir del uso de la madera como son los Sistemas Tipificados MR (Madera Recuperable) y SAE (Sistema de Aulas de Emergencia); el uso del acero a partir de los Sistemas de estructura Metálica 606, 606 MC (multi crujía), mixtos 606 de dos plantas y los proyectos de Gimnasios; y por último los sistemas de hormigón armado tipo

510, 520 y 530. La SCEE además desarrollo un proyecto tipo materializado en muros de albañilería (Albañilería 380 y 390) estos últimos se ejecutaban de manera tradicional. (SCEE, 1982, págs. 64-99)

CONSTRUCCIÓN MODULAR.

Como sistema constructivo este modelo de construcción industrializada consiste en la realización de la edificación en una planta de prefabricado, realizando su posterior transporte o traslado en camión al lugar definitivo en la obra. Este tipo de industrialización aplicada a la edificación es la más radical dado que reduce el número de operario en obra a su mínima expresión.

Para materializar un proyecto modular es necesario poder dividir o fragmentar el edificio de manera que sea posible transportar por carretera sin necesidad de un sobre coste excesivo, además favorecería la repetitividad estructural de los módulos lo suficiente como para que sea rentable producirlo en una planta de prefabricado, sin llegar a ser monótono en el diseño de cada uno de sus elementos arquitectónicos.

Durante la fragmentación es necesario ir analizando la posible ubicación de cada uno de los tabiques divisorios interiores revisando donde es factible la colocación de pilares que refuerce la estructura de cada uno de los módulos; además como criterio de diseño es necesario tratar de agrupar los núcleos sanitarios para disminuir las conexiones finales.

Como concepto a desarrollar con este sistema productivo se parte de la necesidad de poder conocer todos los requerimientos funcionales que pueda necesitar el mandante, las características y usos de la zona de emplazamiento y de los lotes adyacentes, accesibilidad, dimensiones donde se va a ubicar la obra, altura predominante en la zona, para con toda esa información poder comenzar a desarrollar lo que sería el anteproyecto de diseño.

Una vez realizada esta primera fase de análisis se debe comenzar a realizar los primeros esbozos o croquis de hacia dónde queremos desarrollar el proyecto, las posibles líneas de diseño, incluso como queremos desarrollar los distintos volúmenes y su futura materialidad. Es aquí donde es recomendable empezar a conjugar estas ideas de diseño con el sistema constructivo modular. Dicho en otras palabras, debemos comenzar a diseñar pensando en las futuras dimensiones y posiciones de los módulos del proyecto a desarrollar.

Por otro lado, se debe empezar a ubicar dentro del proyecto, las posibles zonas sanitarias como un núcleo, es decir, se debe de que empezar a definir y unificar las zonas de baños y/o cocina con vista de simplificar y abaratar el proceso constructivo, todo esto como ya se ha dicho sin forzar o violentar el diseño final al que se desea llegar.

Una vez que se tiene medianamente claro y definido lo que es el diseño de lo que se desea construir, se debe terminar de revisar y definir las dimensiones de los módulos, posibles

puntos en donde sea necesario reforzar estructuralmente el mismo e incluso la necesidad de colocar elementos provisionales de transportación y montaje hasta que se coloque en obra.

En todo proyecto de construcción modular es ideal poder contar con la realización de un proyecto industrializado, de manera de comenzar la construcción en una planta de fabricación, donde bajo unas condiciones muy controladas cada operario se encarga de la realización de un grupo de faenas dentro del proceso constructivo, obteniendo un producto de elevada calidad.

Donde, por ejemplo, según el proyecto a realizar una persona se dedica al corte de los perfiles estructurales y otra a la soldadura y ensamble de estos, hasta realizar el arme de la estructura.

Seguidamente debería de entrar en la sección de carpintería en donde ya sea madera o de metalcom, debería de existir las cuadrillas especializadas en el corte y montaje dentro de la estructura metálica de cada uno de los tabiques o muros de cierre. Con la colocación de uno de estos elementos, se debe dar paso a los instaladores (electricidad o gasfitería), para que instalen y prueben cada una de sus instalaciones dejando las conexiones necesarias hacia los módulos laterales o el enganche en terreno; dándole continuidad a los carpinteros en el cierre total del muro

Una vez terminada la obra gruesa se comenzaría con los especialistas de cada uno de los materiales de acabado o terminación según diseño que se esté ejecutando, dejando para la obra solo los remates en las zonas de uniones entre módulos.

Dentro de los tipos de construcción modular existen fundamentalmente dos tipos de procedimientos constructivos a seguir:

El primero consiste en la realización del montaje del módulo a pie de obra, facilitando el transporte, dado que en la planta se conforman los perfiles o paneles y se transportan sin montar, con lo que se ocupa menos espacio en los camiones y se optimiza al máximo la utilización del transporte, y en obra una vez terminado el proceso de montaje se procede a su izado con grúa hasta el lugar definitivo, en donde se rigidiza si fuera necesario y se le colocan las instalaciones y los cerramientos. Como puede ser el proyecto ganador del MINEDUC “Sistema modular Sustentable para Nuevos Espacios Educativos”; en donde se optimiza al máximo la transportación de los elementos con miras a abaratar los costos de la logística. La desventaja que presenta esta forma es que se necesitan en obra una mayor cantidad de operarios

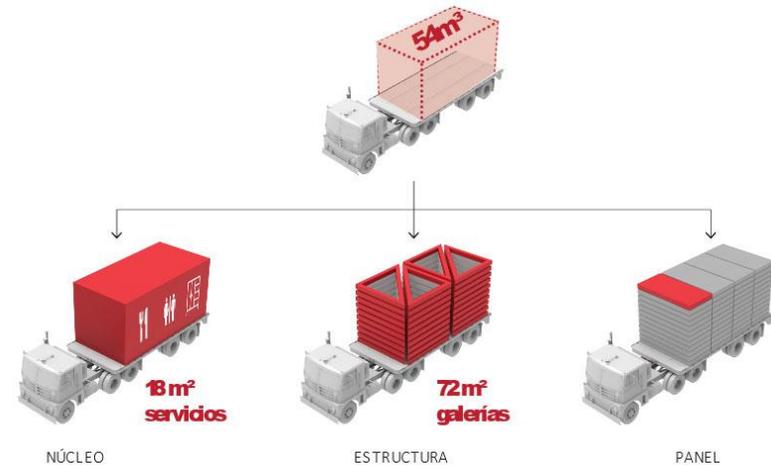


Imagen 3 Sistema modular sustentable para nuevos espacios modulares. Fuente página web CHEB Arquitectos.

La otra variante es realizar únicamente el montaje del módulo en obra, es decir, transportarlo como un elemento íntegro con sus limitaciones de tamaño.

En cualquier de los casos, una vez están los módulos en obra montados, simplemente con una grúa se izan y colocan en su correspondiente ubicación y como punto final se unen las instalaciones entre módulos, se construye la escalera si no viene montada y se conectan los enganches eléctricos y sanitarios.

Al iniciar la construcción de un proyecto modular como se mencionó anteriormente se debe previamente realizar un proyecto de industrialización, con el objetivo de planificar hasta el último detalle todo el proceso constructivo, diseñando cada uno de los elementos necesarios con sus respectivos cálculos

estructurales con la finalidad que, una vez aprobado, no quede nada sin definir. A priori el proyecto implica una pérdida de tiempo inicial importante, lo que significará una disminución de conflictos e interferencias durante su etapa de ejecución.

A diferencia de las obras realizadas de manera tradicional, donde, se admiten y es posible realizar cambios sobre la marcha; en el caso de las obras industrializadas, se trata de dejar todos los elementos perfectamente definidos para evitar modificaciones durante su elaboración.

El diseño del proyecto de arquitectura debe concebirse en conjunto a las características y dimensiones de los módulos, sin sacrificar el diseño, intentando racionalizar la estructura para evitar costos innecesarios, revisando de ser necesario la colocación de refuerzos estructurales en las zonas que por su uso lo ameriten.

Se trata de evitar la utilización de perfiles laminados por el peso que presentan, priorizando la utilización de perfiles doblados o conformados partiendo de la fragmentación del proyecto con la idea de concebir módulos tridimensionales ligeros que sean flexibles y deformables, pero a su vez lo suficiente rígido desde el punto de vista estructural a la hora de proceder con su traslado.

Así, cuando se decide realizar una construcción de módulos prefabricados, es recomendable realizar en taller todo el trabajo de conformación estructural y de terminación para en

obra solo realizar el montaje y la terminación en las zonas de unión entre esto.

Se parte de un módulo completamente apilable, que puede crecer en cualquier dirección o altura, aunque preferiblemente no debe pasar de 3.00 m de ancho y el largo se debe adaptar a la logística de la transportación, de ser posible 12m para optimizar el espacio del camión. Lo ideal sería poder desarrollar los mismo de 2.50 x 12.00 m y de esa manera poder realizar su transportación sin necesidad de utilizar un vehículo especial. Estas dimensiones se deben de revisar según el emplazamiento de cada una de las obras y las dimensiones del proyecto a desarrollar.

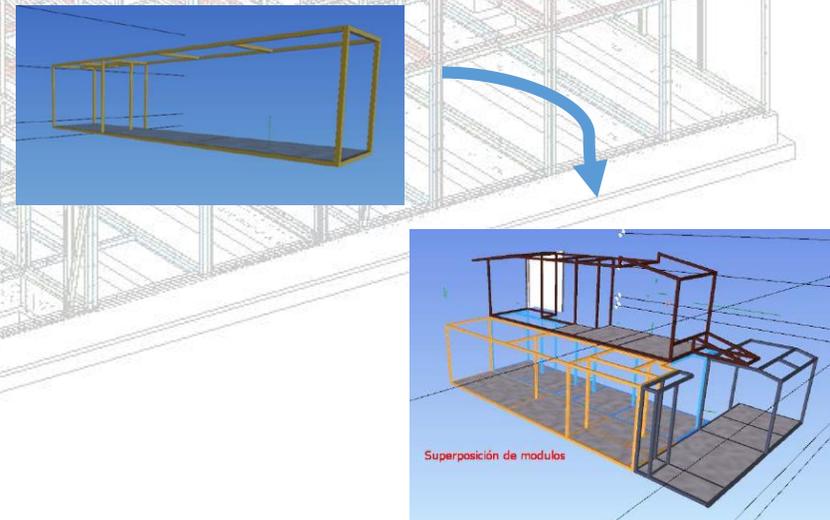


Imagen 4 Módulos apilables en cualquier dirección y altura. Fuente Elaboración propia

Los módulos se realizan con estructura metálica atornillada o soldada, utilizando vigas de distintos perfiles (de ser posible perfil tubular de 100x100x5 mm) dependiendo de las cargas y se construye primeramente la jaula formada por vigas transversales y longitudinales; en la parte inferior en el piso se crea una losa colaborante con chapa grecada y 4 cm de hormigón.

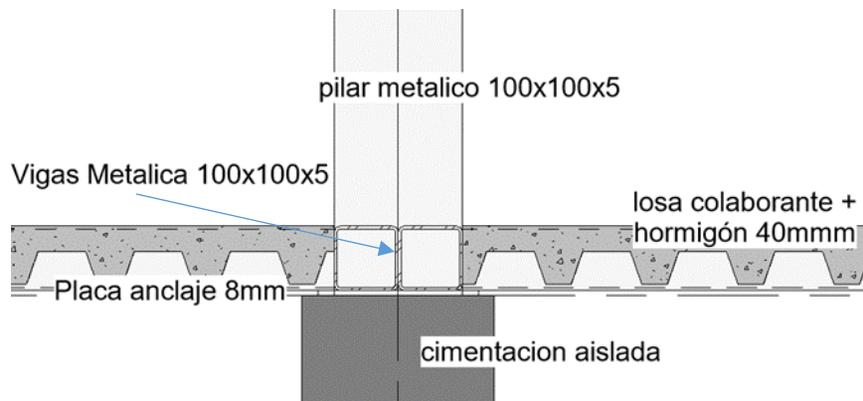


Imagen 5 Detalle Placa anclaje de cimentación aislada soldada a módulos metálicos

En proyectos de dos plantas al unir cuatro módulos la viga final resultante estará formada por 4 perfiles tubulares de 100x100x5mm de espesor aumentando considerablemente la inercia del elemento estructural y por ende la resistencia de esa viga. No obstante, si por condiciones del proyecto es necesario

un elemento de mayor sección, la viga se puede reforzar lateralmente o en la parte inferior según sea el caso utilizando perfiles ángulos, canales o incluso alguna pletina, según sea la necesidad.

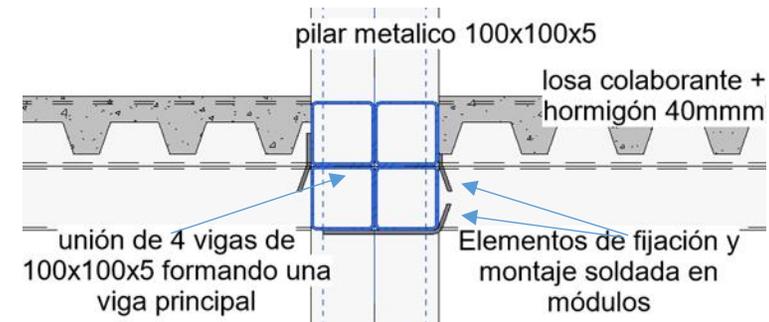


Imagen 6. Detalle tipo de unión de 4 Módulos formando una viga principal con 4 perfiles de 100x100x5.

Un ejemplo internacional de esta metodología es el montaje en 4 noches de un edificio entre mediana en el centro de Gijón en España, tal como muestran la secuencia de fotos.

<https://www.youtube.com/watch?v=hZ-AIXpKlc0>



Foto 24 Primeras dos plantas de edificio modular realizados en Gijón España. Fuente página web Empresa MODULTEC.



Foto 26 Obra terminada al término de la cuarta noche. Fuente página web Empresa MODULTEC



Foto 25 Estado de la edificación al término de la segunda noche. Fuente página web Empresa MODULTEC

Durante el proceso de fabricación del módulo se debe de colocar igualmente todas las instalaciones y los cerramientos además de los materiales de terminación. Una vez que en la obra esté todo listo se procede a su transportación y se realiza el proceso de montaje mediante la utilización de una grúa. En obra fundamentalmente se debe de realizar solamente el soldado o unión de los perfiles a las placas base, además de las correspondientes conexiones de las instalaciones.

Este sistema de fabricación modular busca ser lo más ecoeficiente y sostenible posible; siendo un sistema seguro,

cómodo y atractivo, según los diseños y sobre todo respetuoso con el medio ambiente.

En una solución volumétrica completamente autosoportante que permite su ensamblado en vertical o en horizontal, busca fabricar cada componente de manera prefabricada/ industrializada, mediante unos procesos altamente rentables reduciendo los costos y plazos de ejecución. Anticipando el retorno de la inversión o puesta en marcha.

Como sistema constructivo permite brindar cualquier tipo de solución en la envolvente de sus fachadas y en sus tabiques divisorios, adaptándose fácilmente a cualquier tipo de proyecto a desarrollar adaptándose a cualquier zona climática de Chile, además se logra estudiar completamente el ciclo de vida del proyecto utilizando una estructura metálica más estable y resistente, donde es posible utilizar materiales de última generación de manera que se pueda garantizar su reutilización y finalmente su reciclaje.

Así por ejemplo según la OGUC en el artículo 4.1.10 las exigencias que deben cumplir los complejos de techumbre, muros perimetrales y pisos ventilados; quedan establecidos según los siguientes valores iguales o menores de transmitancia térmica “U” y los valores iguales o superiores de resistencia térmica:

ZONA	TECHUMBRE		MUROS		PISOS VENTILADOS	
	U	Rt	U	Rt	U	Rt
	W/m2K	m2K/W	W/m2K	m2K/W	W/m2K	m2K/W
1	0.84	1.19	4.00	0.25	3.60	0.28
2	0.60	1.67	3.00	0.33	0.87	1.15
3	0.47	2.13	1.90	0.53	0.70	1.43
4	0.38	2.63	1.70	0.59	0.60	1.67
5	0.33	3.03	1.60	0.63	0.50	2.00
6	0.28	3.57	1.10	0.91	0.39	2.56
7	0.25	4.00	0.60	1.67	0.32	3.13

Tabla 1. Valores de U y Rt permitidos en complejos de Techumbre, Complejos de Muros y de Pisos Ventilados según OGUC. Elaboración propia.

Teniendo en cuenta estos valores máximos de Transmitancia y mínimos de Resistencia térmica permitido para cada zona térmica, si tomamos de referencia el Listado oficial de soluciones constructivas para el acondicionamiento térmico del MINVU vemos, por ejemplo, una solución formada por un “Muro Tabique perimetral, de estructura metálica de metalcom con aislación térmica de lana mineral de 50 mm, un revestimiento exterior formado por una plancha de fibrocemento de 8mm y al interior por una placa de yeso cartón de 15mm pintada” ofrece según ensayos y a partir de los cálculos transmitancia que aparecen en la NCh 853 unos valores de $U = 0.99 \text{ W/m}^2\text{K}$ y una resistencia térmica $Rt = 1.01 \text{ m}^2\text{K/W}$ (MINVU - DITEC, 2014, pág. 209)

Esta solución entonces cumple para todas las zonas climáticas excepto la zona 7, si fuera necesario desarrollar un proyecto de módulos prefabricado con ese tipo de muro de tabique perimetral dicho módulo quedaría de la siguiente forma:

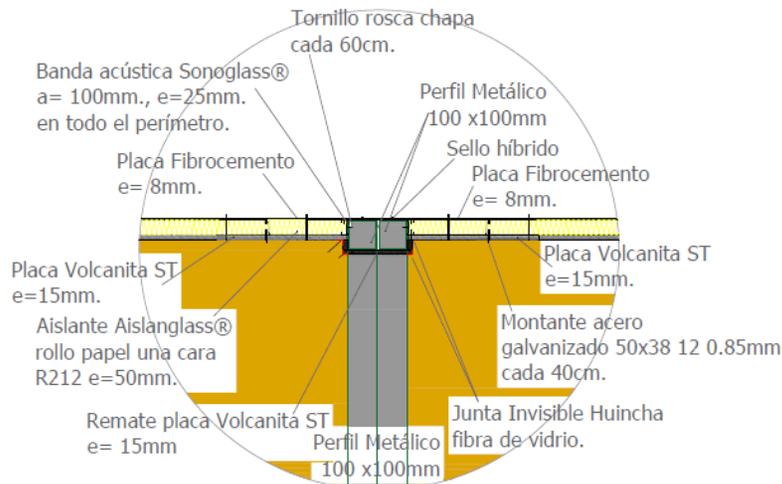


Imagen 7. Detalle de solución de tabique con 50mm de aislamiento placa de yeso de 15mm y fibrocemento de 6 mm.

De la misma manera si se toma de referencia un “Tabique montantes de madera con yeso cartón 15mm al interior, aislante de lana mineral de 80mm y fibrocemento de 6mm con Siding metálico o chapa grecada de 0.4mm”, según el mismo listado de oficial de soluciones térmicas da unos valores de $U = 0.48 \text{ W/m}^2\text{K}$ y una resistencia térmica $R_t = 2.10 \text{ m}^2\text{K/W}$. (MINVU - DITEC, 2014, pág. 204)

Con esos valores de transmitancia y resistencia térmica cumple con los requerimientos para la zona 7, por lo que de igual manera si fuera necesario desarrollar un proyecto de construcción modular prefabricado estos muros se pueden desarrollar de la siguiente manera.

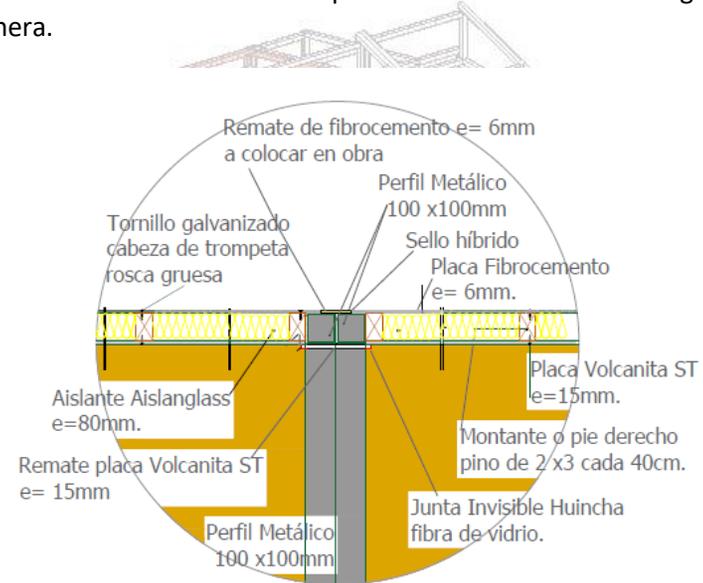


Imagen 8. Detalle de solución de tabique de madera con aislamiento de 80mm, yeso cartón de 15mm al interior y de placa fibrocemento de 6mm con chapa grecada o metálica de 0,4mm al exterior.

Una vez fabricado cada módulo, desde la estructura hasta el último detalle, se procede a su ensamblaje en terreno; permitiendo realizar las conexiones de manera soldada o mediante la utilización de pernos. existiendo una gran rapidez

en el montaje disminuyendo considerablemente el tiempo de intervención en terreno; con ello se produce menos daños para el entorno, así como una construcción menos invasiva a los vecinos de los proyectos, logrando un mayor respeto al medio ambiente, disminuyendo considerablemente los espacios ocupados durante la ejecución de las obras; favoreciendo desde el punto de vista urbanístico la menor ocupación de espacios y por ende un menor impacto con respecto a una obra realizada de manera tradicional.

Terminado el montaje de los módulos se procede a realizar las conexiones de las instalaciones, las que se recomienda se realice de manera que se puedan concentrar para facilitar y disminuir lo máximo posibles el número de enganche de las líneas sanitarias y de agua potable. Lo mismo sucede con las instalaciones eléctricas, las que en obra solo se deben de realizar su conexión entre módulos, realizándose generalmente con conexiones rápida (hembra-macho).

Desde el punto de vista de sustentabilidad, es un sistema que no genera escombros en obra, pero además si se analiza su ciclo

de vida útil, como sistema no se demuele, sino que por el contrario permite proyectar una nueva ubicación para el proyecto o modificarlo para darle una nueva función.

Por lo general es un sistema cuyas obras brindan unos resultados que superan en calidad a las construcciones tradicionales, respetando los principios de sustentabilidad:

- Reducción, que viene dada por un ahorro de materiales en el proceso constructivo.
- Recuperación, ya que completada su vida útil es posible llevarlo nuevamente a taller para su reforma o reutilización futura dejando incluso la parcela prácticamente como en estado original.
- Reciclaje. La reducción viene dada por un ahorro de materiales en su proceso constructivo.

Pero lo más importante desde el punto de vista de la arquitectura, es que permite desarrollar cualquier tipo de proyecto arquitectónico sin necesidad de sacrificar su diseño, siempre que desde un inicio vaya de la mano todo el proceso de diseño con la concesión del proyecto de manera que se pueda fragmentar de la manera idónea.



CAPITULO 4. ANALISIS DE LA PROPUESTA

FRAGMENTACIÓN Y MODELACIÓN DE PROYECTO PREFABRICADO DE SALA CUNA EN
PUERTO MONTT MEDIANTE MÓDULOS VOLUMÉTRICOS.

JESUS BERTOLO CHANTENG

ANÁLISIS DE DISEÑO EXISTENTE.

El proyecto de Sala Cuna y Jardín Infantil que se analizará fue desarrollado por la JUNJI en la ciudad de Puerto Montt en el barrio de Mirasol.

Cuando se analiza la ciudad de Puerto Montt desde el punto de vista urbanístico, se aprecia que ha sido una ciudad que se desarrolla a partir de la segunda mitad del siglo XVIII, limitada por la falta de conectividad existente en la época con el resto del país. Desde sus inicios como ciudad marítima se desarrolla alrededor del puerto surgiendo los primeros barrios sin una ordenación urbanística lógica desarrollándose en muchas ocasiones a partir de las primeras tomas ilegales de terrenos.

A partir de 1912 la llegada del ferrocarril a la ciudad permite la conectividad de la ciudad con todo Chile continental, incrementando su desarrollo comercial y habitacional lo que es percibido como la primera “modernización” de Puerto Montt.

Según el PLADECO 2017-2021 de la Municipalidad de Puerto Montt, (Municipalidad de Puerto Montt, 2017), el desarrollo urbanístico de la ciudad ...”se va articulando un proceso de

crecimiento sostenido de la ciudad ... hasta que se ve enfrentado al terremoto de 1960” situación que afecta considerablemente a Puerto Montt y se ve reflejado igualmente cuando leemos que ... “el terremoto destruyó casi completamente la ciudad, el puerto y la estación de ferrocarriles, las calles quedaron intransitables, y cientos de viviendas y edificios se derrumbaron” (pág. 159).

No todo fue desgracia producto del terremoto, dado que meses antes del mismo se termina la losa del aeropuerto del Tepual y queda reflejado igualmente en el PLADECO de la siguiente manera:

“un par de meses antes del terremoto se había terminado el trabajo de losa del aeropuerto El Tepual, lo que permitió que toda la ayuda nacional e internacional llegada a la zona pasara por la ciudad de Puerto Montt. De esta forma si bien el terremoto destruyó prácticamente toda la ciudad, la posición neurálgica de Puerto Montt en el proceso de reconstrucción de la zona facilitó su propia reconstrucción” (Municipalidad de Puerto Montt, 2017, pág. 159).



Imagen 9. Ciudad de Puerto Montt con sus arterias viales principales. Fuente Google Earth

Por su parte Mirasol dentro de la ciudad de Puerto Montt, es uno de los primeros barrios obrero que surgen y así se ve reflejado en el Libro de Memoria Barrio Ampliación Mirasol Condominio social entre Volcanes, cuando el historiador del museo Juan Pablo II de la ciudad dice: “el sector más antiguo es la calle Crucero que está señalada en los planos de Puerto Montt por 1990” y más adelante cuenta “que el primer sector

poblado a través del estado es la calle los Sauces ... se entregan estas casas un año antes del terremoto para persona del Puerto, ... eran casas de madera de unos 52 metros cuadrados”. (Ministerio de Vivienda y Urbanismo, 2019, pág. 9)

Más adelante, en el mismo libro el historiador relata:

“Cuando se reconstruyó la costanera de la ciudad, se hizo el enrocado y relleno en 1970. Se trajo el relleno de lo que es hoy en día la población Bernardo O’Higgins. Ese era el pozo de lastre. Hasta allí llegaron personas cesantes, que con sus palas llenaron los camiones con material y trabajaron por el día ... las personas que trabajaron ahí se fueron quedando, construyeron sus ranchitos, trajeron a sus familias y de repente el pozo de lastre se transformó en una denominada población callampa ... en 1973 se cambió a Bernardo O’Higgins, y se saneó el terreno, el 1975 se va terminando la población Mirasol.” (Ministerio de Vivienda y Urbanismo, 2019, pág. 10).

Más adelante en este mismo libro, podemos ver el testimonio de un vecino, cuando dice: “... a Mirasol la gente empezó a llegar. Ya sea en las pequeñas poblaciones que se hacían o directamente, a través de las tomas de terreno”

(Ministerio de Vivienda y Urbanismo, 2019, pág. 12), lo que corrobora lo que de alguna manera habían contado algunos vecinos antiguos de Puerto Montt, así como personas que se han desempeñado como Asistente Social en el barrio.

Cuando queremos analizar cómo se desarrolló urbanísticamente el barrio y cuáles eran los servicios que se instalaban y que de alguna manera podrían servir como hito identificativo de la zona, según algunos testimonios recogidos dicen que hacia el año 2000 aparecen la construcción y pavimentación de algunas calles como Avenida La Cruz y Avenida Vicuña Mackenna y posterior a ello se instalarían los Carabineros, los colegios El Cesfam, La Delegación municipal en Mirasol y el parque Mirasol.

A inicios de 2003 el barrio de Mirasol ocupa un área aproximado de 2.53 km², con un perímetro de algo menos de 11 km.

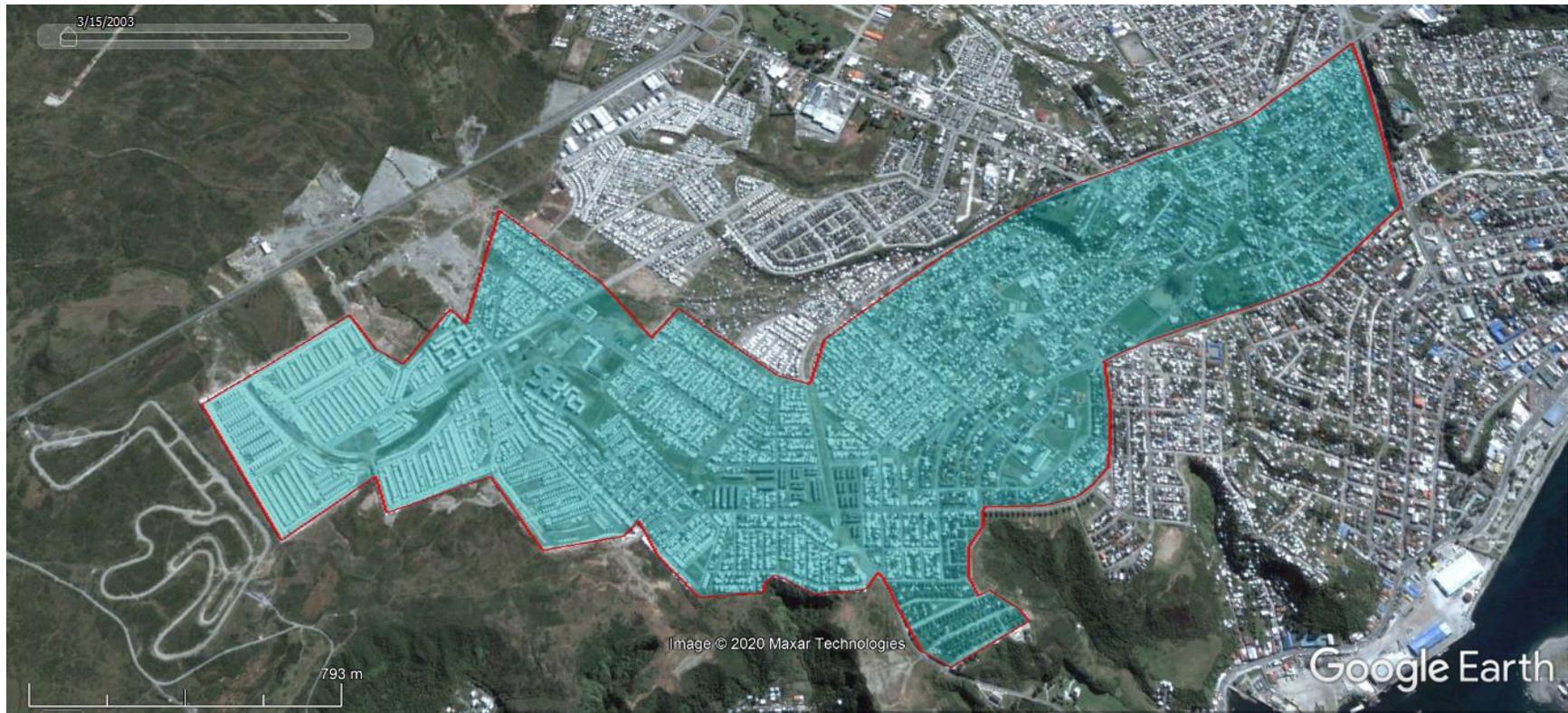


Imagen 10. Barrio de Mirasol año 2003. Fuente Google Earth.

Dentro de Mirasol la zona donde se emplaza el proyecto que se analiza, corresponde a la ampliación del Barrio de Mirasol, que se inicia hacia el año 2010, zona que, desde el punto de vista urbanístico, ya se aprecia un análisis urbano de la zona desarrollando los conjuntos habitacionales de manera ordenada siguiendo un criterio de cuadrícula romana.

El proyecto que se analiza y que posteriormente se procede a fragmentar se hace con el objetivo de poder proponer su proceso de fabricación de manera modular. Este corresponde a un proyecto diseñado y construido en la Avenida de los Notros n°1453 Mirasol, Puerto Montt. El mismo estaba concebida su realización en 8 meses y se realizó finalmente en algo más de 14 meses.

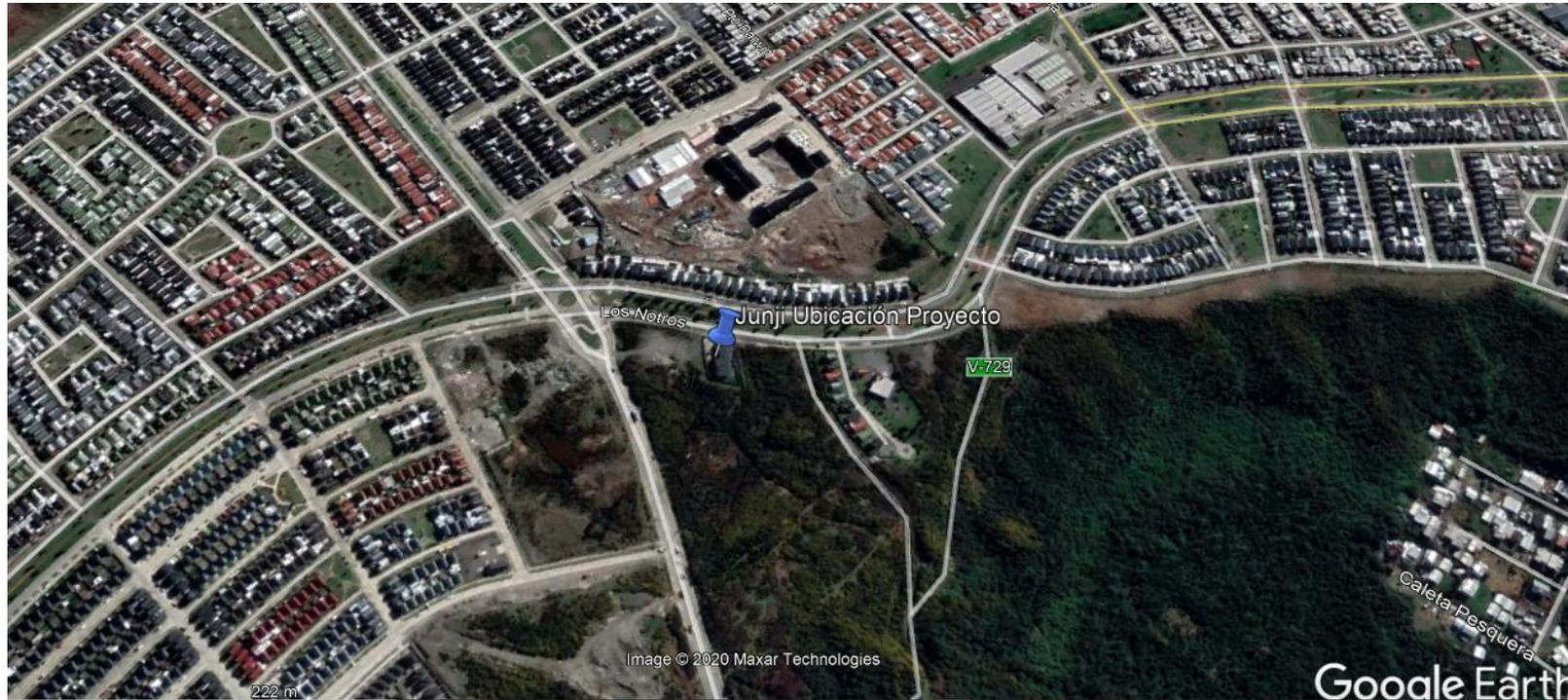


Imagen 11. Ubicación del lote del proyecto. Fuente Google Earth.

El proyecto se desarrolla en un lote con una superficie de terreno de 928.34 m² y la superficie construida es de 563.58 m². Consiste en la construcción de un edificio en dos pisos cuyo destino es educacional, considerando una sala cuna y un nivel medio para 20 y 28 alumnos respectivamente. Se contempla además los recintos necesarios que cumplan con el programa arquitectónico para esta modalidad. Su estructura se realiza con perfiles metálicos, paneles SIP en su

perímetro y tabiquería de perfilería de acero galvanizado para sus divisiones interiores, con radier en el primer nivel y una losa colaborante para la estructura del segundo piso. Los revestimientos exteriores serán de acero arquitectónico y plancha de fibrocemento de alta densidad, dispuesto como un sistema de fachada ventilada. Los revestimientos interiores serán diversos y obedecerán al destino de cada recinto.

Es de destacar en el proyecto las dimensiones que presentan las fundaciones desarrollándose por medio de un cimiento corrido de 1.20m de ancho y una altura de 0.40; un sobrecimiento que varía entre 0.45m y 0.3m de ancho según ejes de proyecto y una altura de 0.6m. En los anexos de planos

de pueden ver los planos de plantas, alzados, y secciones del proyecto inicial.

A continuación, mostramos una parte de la planta del primer nivel, para ver la planta completa ver el anexo N°1.

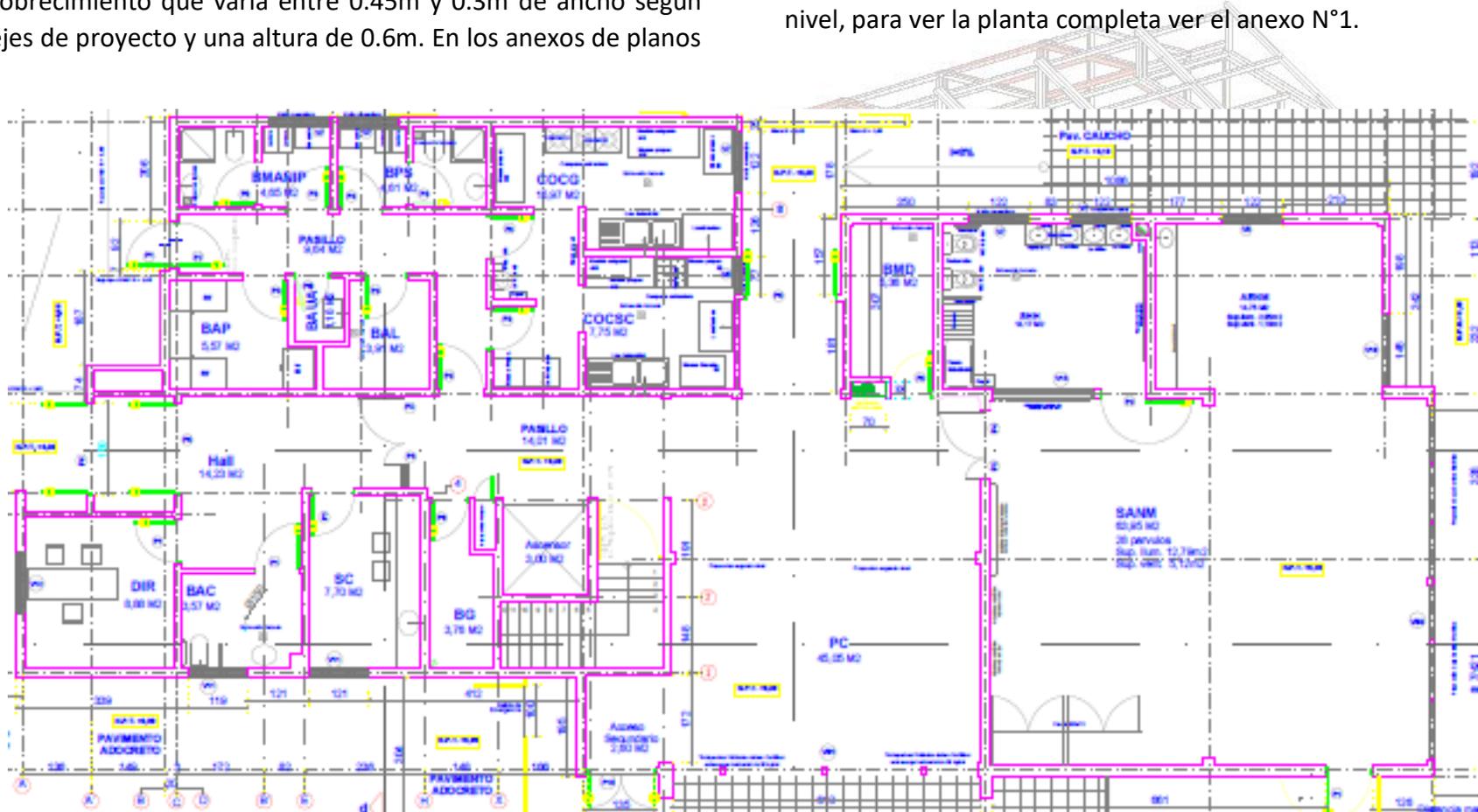


Imagen 12 Plano PLANTA PRIMER NIVEL ARQUITECTURA. Fuente Obra Sala Cuna Bosquemar, Constructora Molina Asenjo, Mirasol Puerto Montt.

Cuando se concibe un proyecto el cual se quiere desarrollar de manera prefabricada a partir de módulos volumétricos, es necesario desde el inicio del diseño poder fragmentarlo de manera que se pueda dividir el mismo en módulos, en nuestro caso preferiblemente de 2.50 x 12.00 m, en planta y de ser posible en altura no más de 3.00m; se sugiere la utilización de un ancho de 2.50m para que en el proceso de fabricación en

planta se optimicen al máximo las placa según sus medidas (1.2, 2.4m) dejando para la obra simplemente tiras de los elementos de terminación disminuyendo los trabajos en obra. No bastante en cada uno de los materiales a utilizar se deben de hacer un estudio previo para obtener un mayor rendimiento y utilización. A continuación, se mostrará la propuesta inicial de fragmentación del proyecto, para visualizar mejor ver Anexo 2.

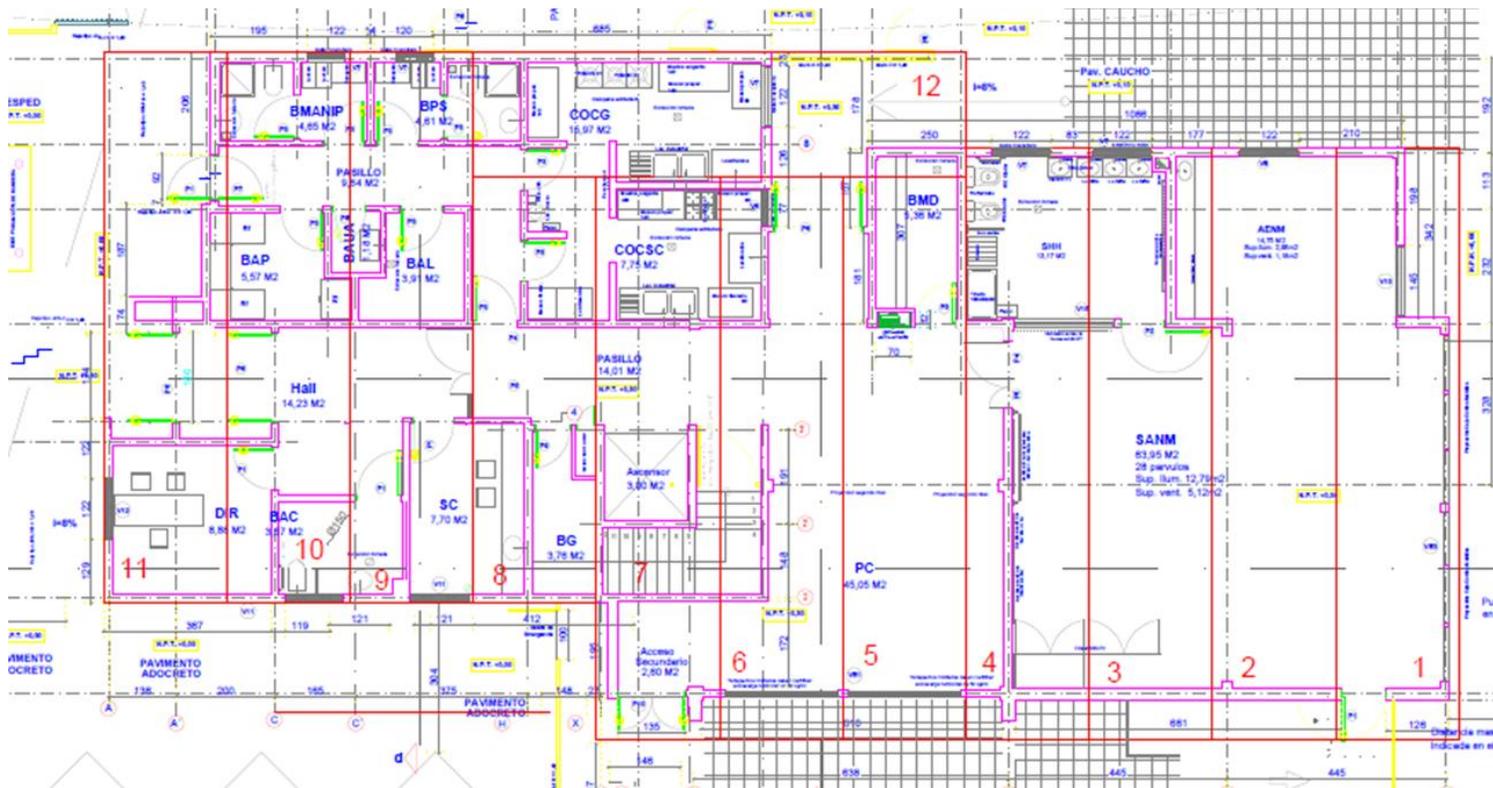


Imagen 13 PLANTA PRIMER NIVEL ARQUITECTURA FRAGMENTADA. Fuente Elaboración propia.

Una vez realizado el estudio inicial de la fragmentación de la planta, se debe comenzar a analizar cómo va a quedar conformado cada módulo, la existencia o no de elementos que por el diseño puedan estar en una ubicación comprometidas para su fabricación (tabiques, vanos de puertas o ventanas, núcleos sanitarios), en este punto existen dos posibilidades o evaluar la posibilidad de reforzar, desplazar o modificar en el diseño estos elementos que están en conflicto, revisando incluso donde se puede colocar pilares de manera definitiva ubicados dentro de los tabiques, que sirvan de elemento de refuerzo para la estructura, o en caso contrario estudiar una nueva fragmentación del proyecto para de esa manera no sacrificar la idea inicial de diseño.

Al comenzar el análisis se aprecia que en los primeros 4 módulos no existe mayor problema; estos comienzan a aparecer a partir del módulo 5 y 6 en donde primeramente es necesario proponer modificar los vanos y con ello la fachada para hacer coincidir la modulación quedando la propuesta de la siguiente manera:

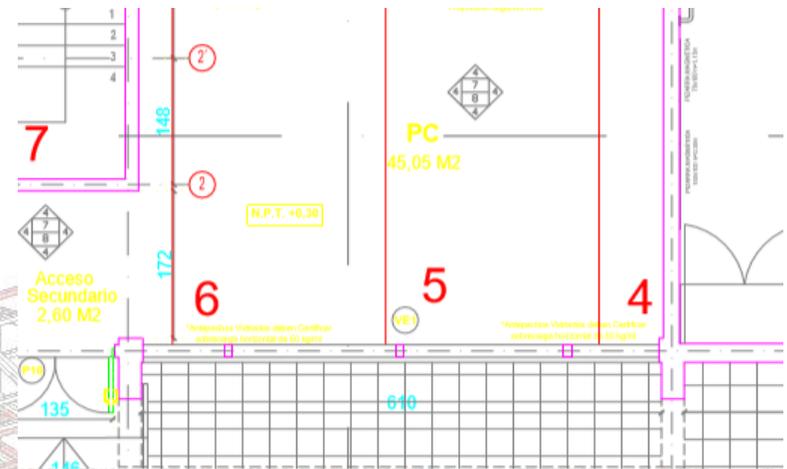


Imagen 14. Estado inicial de vanos de fachada OESTE fragmentada. Elaboración propia

En planta esta modificación se propone que sea de la siguiente manera:

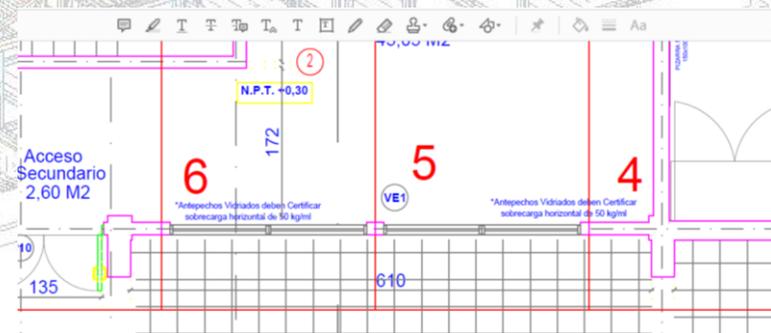


Imagen 15. Planta Modificada hacia fachada OESTE. Elaboración propia.

Quedando la fachada de la siguiente manera:

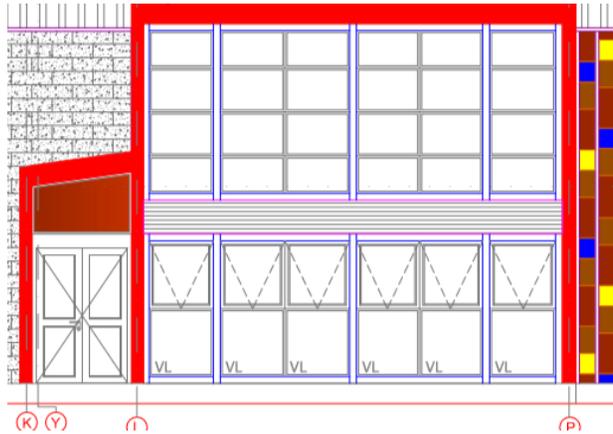


Imagen 16. Estado inicial de la Elevación OESTE. Fuente Obra Sala Cuna Bosquemar, Constructora Molina Asenjo Mirasol Puerto Montt

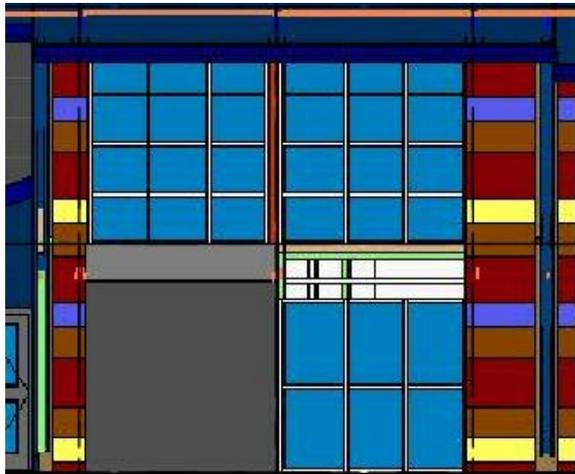


Imagen 17. Elevación OESTE modificada. Elaboración propia.

No obstante, si se desea es posible modificar el ancho de las aletas laterales a ambos lados de las ventanas, de manera que los vanos de la cristalera queden justo en su interior.

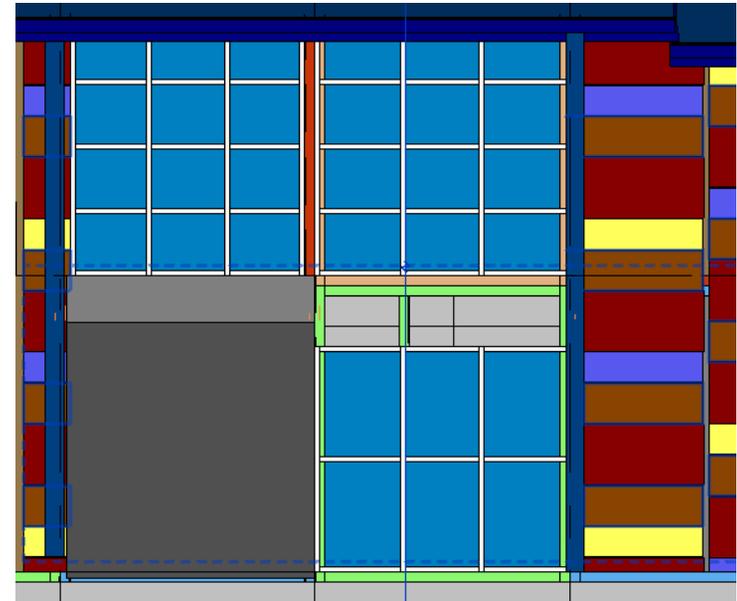


Imagen 18. Detalle de variante de la elevación este, modificando las aletas.

A continuación, se procede a analizar los siguientes módulos, y es acá donde quizás se debe proponer la modificación más radical o significativa; es bueno recordar que esta fragmentación y posterior modificación se debe realizar en el proceso de diseño y nunca como se ha realizado una vez

concluida y ejecutado el proyecto, dado que en su proceso de diseño entre otros elementos se debe respetar los m² de superficie y es posible que al realizar la modificación en estos momentos se pueda afectar esta.

Es por ello que al analizar el resto de los módulos (del 7 al 12) se aprecia que en el módulo 12 al final del edificio queda ligeramente descolgado del resto, y mucho más significativo a resolver es el núcleo del ascensor que queda entre el 7 y 8 algo que técnicamente no es viable. Además, se puede ver en los

módulos 9 y 10 la existencia de vanos de ventanas los que coinciden justo en las uniones de estos; es por ello por lo que se propone desplazar el núcleo central del edificio completamente hacia la derecha tal y como se muestra.

No obstante, si se desea respetar cabalmente los aproximadamente 4m² que se pierde al desplazar este módulo central se puede recuperar simplemente el módulo N°1 desplazando ligeramente el tabique que divide la zona de juego y de patio techado.

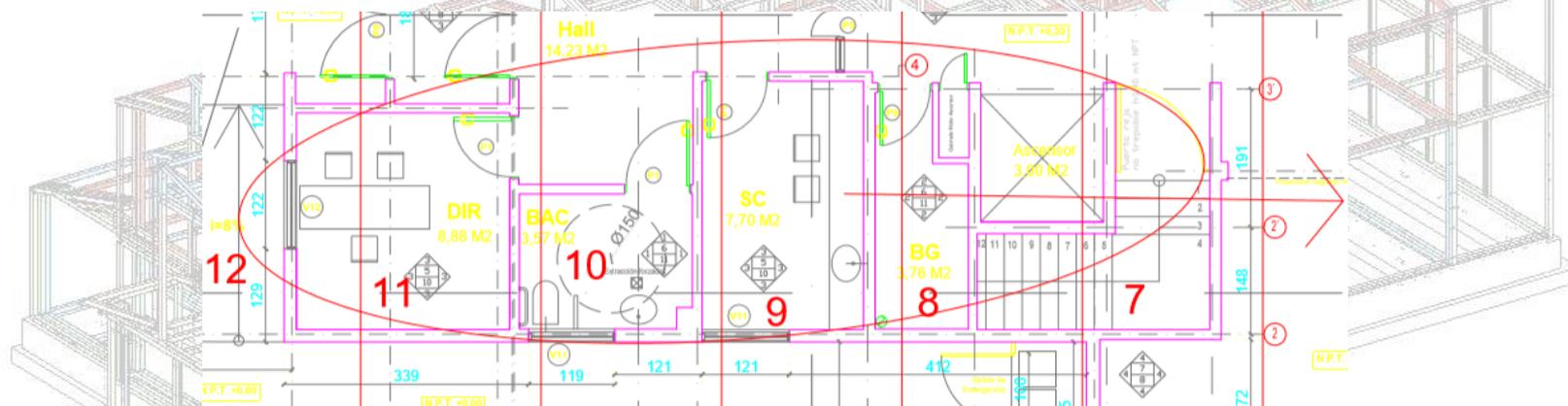


Imagen 19. Planta Primera zona del núcleo del ascensor. Fuente Obra Sala Cuna Bosquemar, Constructora Molina Asenjo Mirasol Puerto Montt

Al realizar las modificaciones planteadas, se puede ver primeramente que el módulo 12 desaparece dejando inicialmente toda la planta baja en 11 módulos, y el núcleo del

ascensor pasa íntegramente a formar parte del módulo 7 y por último los vanos dejan de estar en las uniones de los módulos.

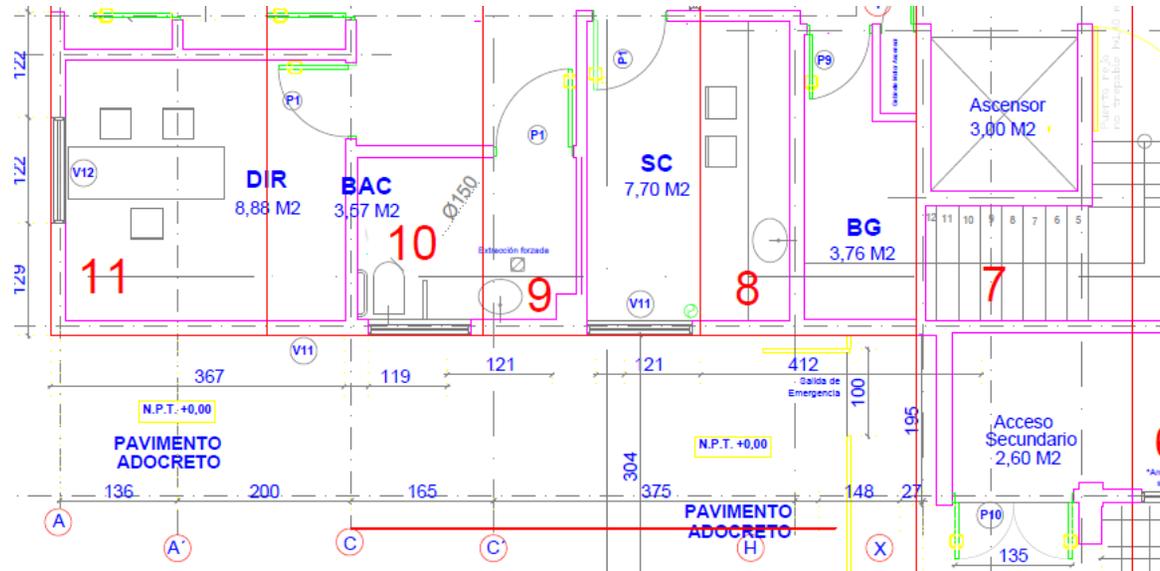


Imagen 20. Planta Primera modificada en zona central del núcleo del ascensor. Elaboración propia.

Una vez realizada esta modificación en la fragmentación de la planta baja, queda por analizar, el largo de los futuros módulos y el estado de los vanos en la fachada ESTE para evaluar cómo repercute con respecto a la fragmentación propuesta. Primeramente, con respecto al largo de los módulos los 4 primeros presentan una longitud de poco más de 11 m (11,02) sin embargo los números 5, 6 y 7 sobrepasa los 13,5, si respetamos la premisa que se planteó inicialmente donde se sugiere que los mismos no pasen de los 12,00m para evitar encarecer el tema de la logística se plantea la utilización de un nuevo módulo colocado trasversalmente a continuación de estos, de manera que quede el largo de los módulos 5, 6 y 7 de

aproximadamente 10,60m y surja uno nuevo colocado transversalmente de 7,50m de largo.

Analizando los módulos siguientes en cuanto a su largo estos son de aproximadamente 11,4m, quedando el análisis de la fachada y la distribución de los tabiques en el interior de ellos para obtener una ubicación lo óptima posible. Así se ve la existencia de la puerta de acceso hacia la zona de servicio la cual es una puerta doble de 1.80m de ancho, que para la modificación del proyecto se ha mantenido tal cual, aunque lo recomendable sería la colocación de una puerta de dos hojas desiguales la que al momento de la utilización tenga una hoja

de 0.80m de paso y la otra hoja más pequeña de 0.60m quedando un paso definitivo de 1,40m, pero que venga colocada en el módulo inicial sin necesidad de tener que colocarla en obra, dado que según la OGUC la puertas de los recintos parvularios deben ser de 0,80 como mínimo si es de una hoja o dos hojas de 0.60.

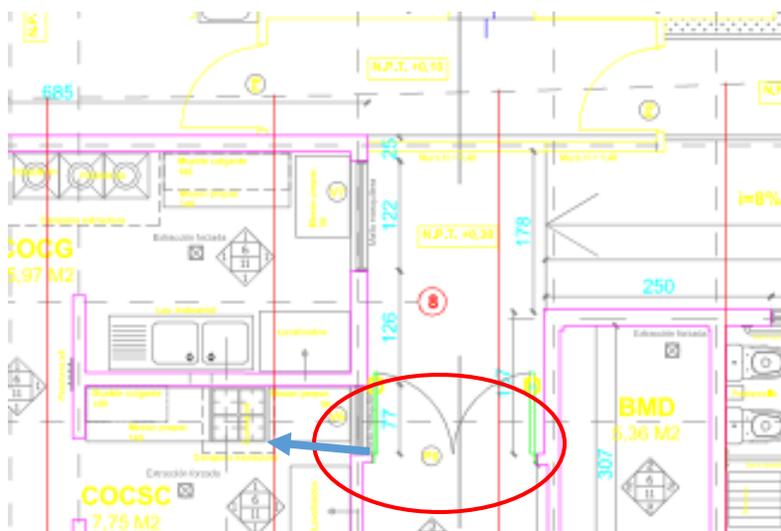


Imagen 21. Planta Primera en zona de puerta de Acceso a zona de servicio. Fuente Obra Sala Cuna Bosquemar, Constructora Molina Asenjo. Mirasol Puerto Montt

Algo similar ocurre en la unión de los módulos 9 y 10, cuando se revisa los vanos en fachada e interiores, se observa la existencia de unos vanos de ventana los cuales se sugiere disminuir su ancho y se procede a colocarlas los más simétricamente posible librando siempre de la estructura y del tabique divisorio.

Además, aparecen dos puertas una a cada lado del pasillo de circulación las que están ubicadas en la división de los módulos, en este caso se sugiere desplazar una puerta en un caso, a pesar de que funcionalmente quizás no sea lo más correcto, manteniendo la otra puerta en su ubicación por lo pequeño que es el sitio donde está ubicada, esta fue la solución que se desarrolla para no modificar mucho el proyecto inicial,

En este caso se puede realizar otra variante que sería dejar las ventanas a ambos lados del tabique y desplazar en conjunto el tabique junto a las ventanas hacia la izquierda de manera que se pierda algo la línea de fachada, pero queda mejor aprovechado los espacios interiores.

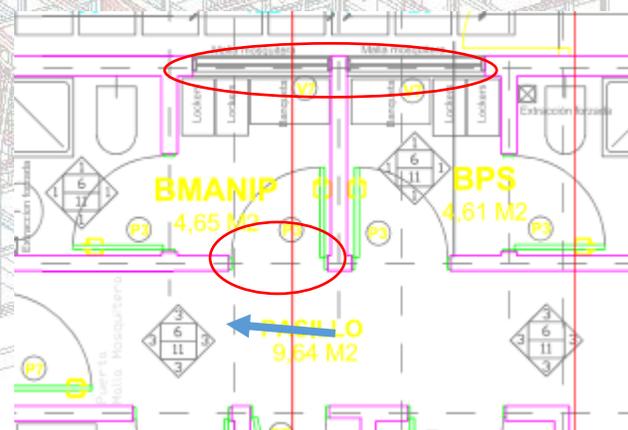


Imagen 22. Planta primera al final de los módulos 9 y 10. Fuente Obra Sala Cuna Bosquemar, Constructora Molina Asenjo. Mirasol Puerto Montt

Cualquiera que sea la variante utilizada es un tema de criterio de diseño y que, por supuesto se debe de tener en cuenta a la hora de desarrollar el proyecto, pero que desde el punto de vista de desarrollar la modulación poco influye.

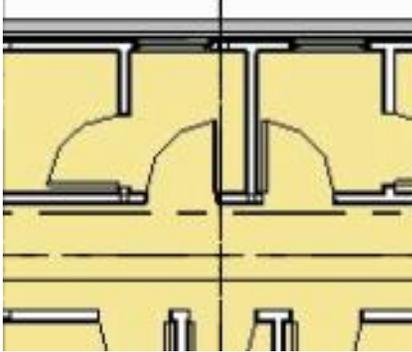


Imagen 23. Puerta modificada al final de los módulos 9 y 10. Fuente Elaboración propia.

Un análisis similar es necesario realizar en la planta segunda, así se puede ver que al igual que en la planta primera es necesario desplazar en núcleo del ascensor para dejarlo en un solo modulo es por ello por lo que se desplaza todo el edificio de manera que este queda enteramente en el N°7, y lo mismo sucede con los vanos de la fachada las que son reubicadas de manera que no queden en las uniones entre módulos.

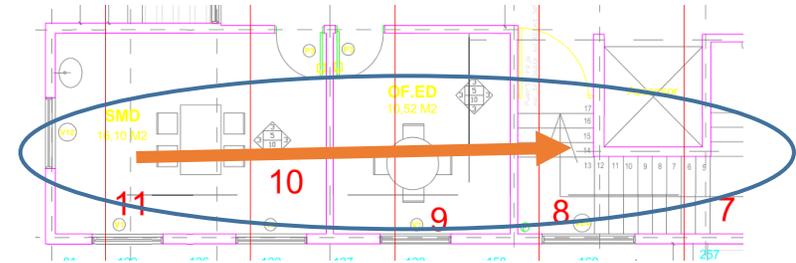


Imagen 24. Planta segunda zona del núcleo del ascensor. Fuente Obra Sala Cuna Bosquemar, Constructora Molina Asenjo. Mirasol Puerto Montt

Una vez realizada la modificación esta zona queda de manera que la puerta izquierda se desplaza ligeramente para evitar que esta coincidiera con la unión de los módulos.

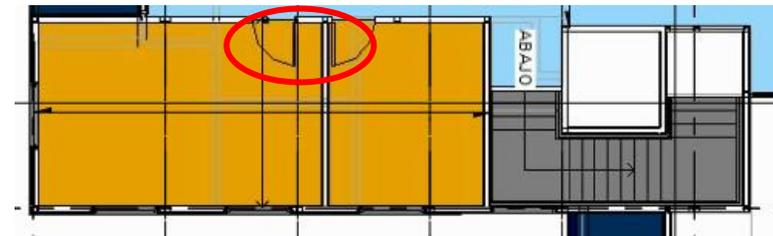


Imagen 25. Planta segunda modificada zona del ascensor. Elaboración propia.

Algo similar sucede con la parte de atrás de la planta hacia la fachada ESTE, en donde se tiene algunas puertas interiores y ventanas de la fachada las cuales coinciden con la zona de unión de los módulos para la mejor ubicación y aprovechamiento de los espacios se recomienda desplazarlos hacia la derecha.



Imagen 26. Planta segunda al final de los módulos 9 y 10. Fuente Obra Sala Cuna Bosquemar, Constructora Molina Asenjo. Mirasol Puerto Montt

Se sugiere desplazar ligeramente hacia la derecha para que los tabiques centrales queden a ambos lados de las uniones y de esa manera no afecte la ubicación de las ventanas en la fachada. De esta manera se logra que cada uno de los vanos de puertas y ventanas puedan estar de inicio colocado en cada uno de los módulos.

Seguidamente se aprecia la ubicación de dos vanos en la fachada y un tabique con características similares a la anterior ubicadas en las uniones de los módulos, en este caso y complementando la solución anterior se desplaza al tabique en conjunto a la ventana ubicada a su lado.



Imagen 27. Ventanas ubicadas en la unión de los módulos en planta segunda. Fuente Obra Sala Cuna Bosquemar, Constructora Molina Asenjo. Mirasol Puerto Montt

Así mismo para la ventana ubicada en la zona común se propone disminuir su ancho, de manera que entre íntegramente en el espacio de un módulo.

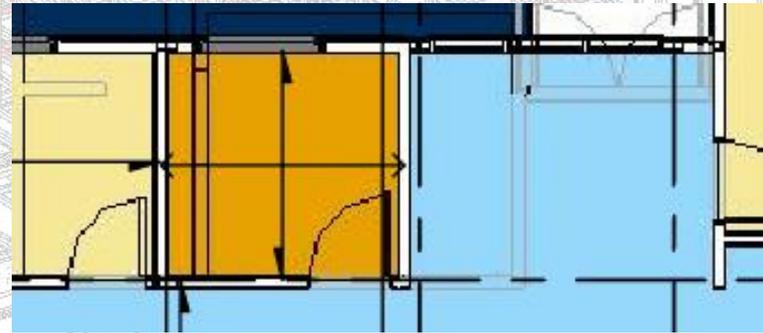
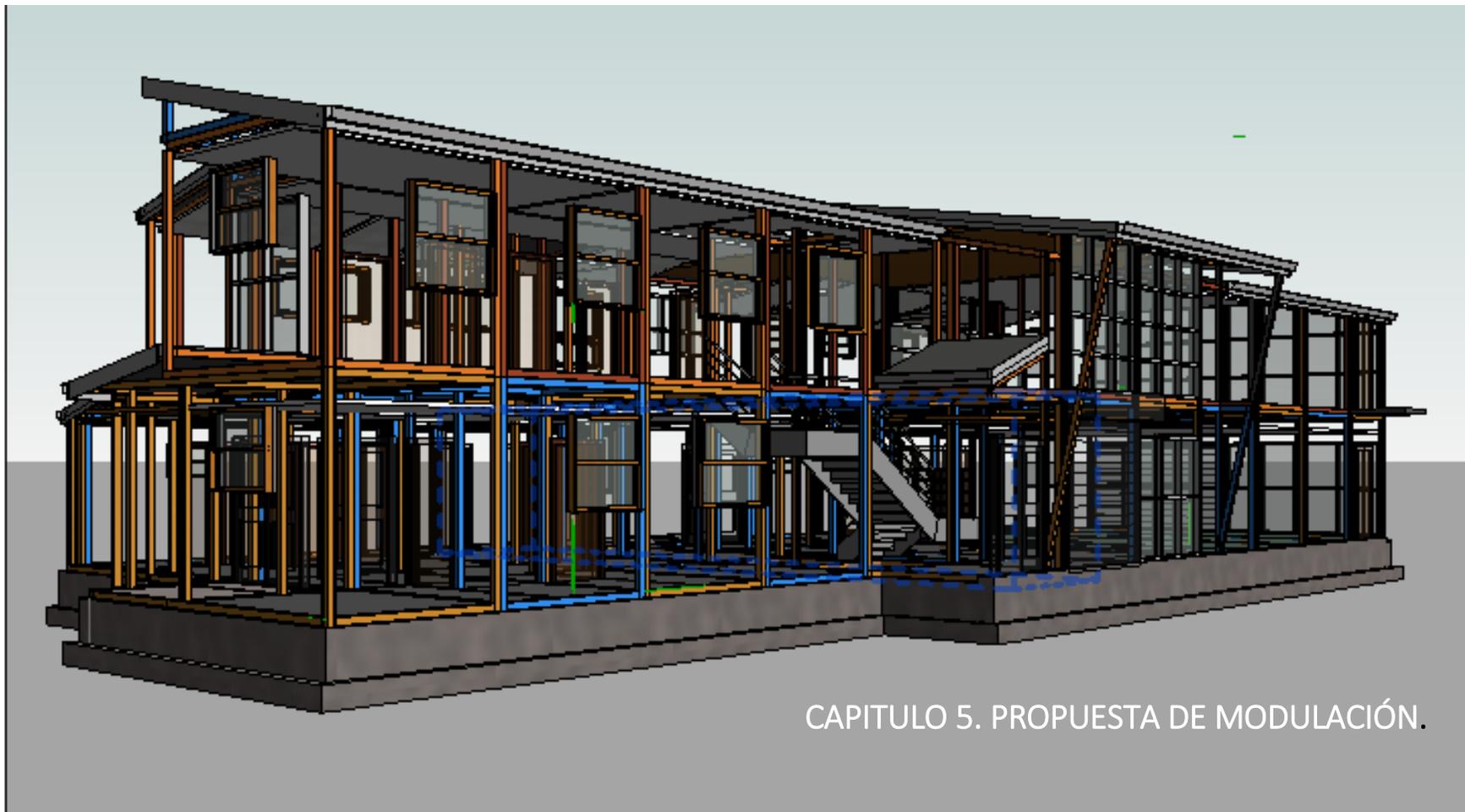


Imagen 28. Modificación de ventanas y tabique en planta segunda reduciendo ancho de ventana en área común. Elaboración propia.



PROPUESTA DE DISEÑO

Cuando se quiere desarrollar un proyecto de módulos volumétricos prefabricada, lo primero que se debe de tener presente es que dicho proyecto se va a desarrollar en paralelo en obra y en una planta o instalaciones de faenas donde ambos comenzarán a la par su construcción, es por ello por lo que su diseño debe de estar bien definido al momento de comenzar las obras.

En obra se desarrollarán todas las cimentaciones, áreas exteriores, cierres perimetrales, enganches de instalaciones eléctricas, hidráulicas y sanitarias y en planta la construcción de todos estos módulos como si se fueran construyendo+ en el sitio definitivo.

CIMENTACIONES.

De manera general se recomienda, por ejemplo, que la cimentación sea corrida en todo su perímetro, con sus placas de anclajes y preferentemente de 0,60m de altura como mínimo, aunque esta va a depender de sus respectivos y correspondientes cálculos de la mecánica de suelo y de las cargas que tributen de la estructura de la edificación, de esta manera se facilita el paso de una persona a la hora de realizar las conexiones de las respectivas instalaciones que se deberán de realizar de manera soterrada. A su vez todas las instalaciones deben de estar bien ubicadas y en el lugar correcto para evitar dificultades a la hora de realizar las conexiones.

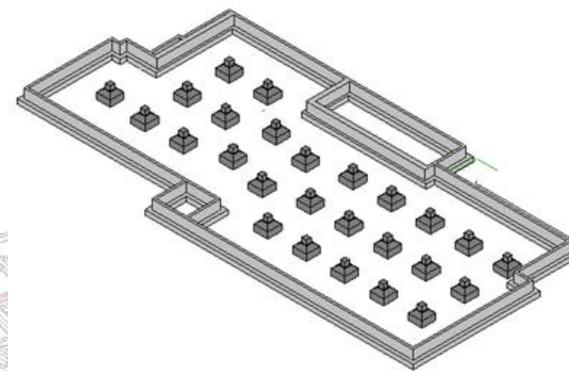


Imagen 29. Isométrico de fundación muro perimetral corrido y fundación aislada al interior. Elaboración propia.

DIMENSIONES DE LOS MÓDULOS

Como ya hemos plantado anteriormente, los módulos se proponen desarrollar de 2,50m de ancho, 3.00m de alto y 12.00m de largo máximo, estas medidas están dadas por las características de la zona en donde se emplaza la obra, donde NO existen unos accesos favorables para la transportación de camiones de mayor tamaño.

En esta propuesta, se han realizados algunos cambios en el proyecto inicial, referente a la ubicación de algunos tabiques interiores, vanos de puertas, ventanas y reagrupamiento de los núcleos sanitarios.

El diseño del proyecto se debe de realizar en conjunto con el proceso de modulación para por un lado obtener unos módulos lo óptimos posibles en cuanto a sus dimensiones y por otro,

lograr un diseño atractivo, cumpliendo con las respectivas superficies y especificaciones que plantea las normas.

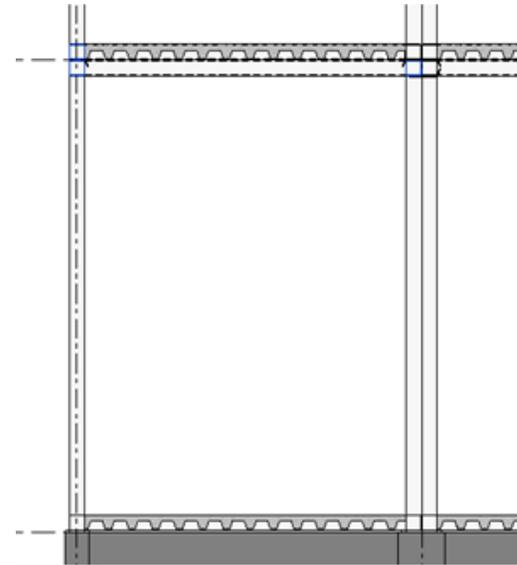
El objetivo de la propuesta es desarrollar unos módulos lo más ligero posible y a su vez funcionales y en todo momento respetando al máximo el diseño y la estética planteada inicialmente en el proyecto.

La ligereza se obtiene con la utilización de perfiles cuadrados de 100x100x5mm de espesor los cuales al unir al menos uno encima del otro ya crearía un elemento de al menos 100 de ancho por 200mm de alto logrando en la mayoría de los casos una rigidez e inercia suficiente por parte de los elementos estructurales y cuando se unen cuatro módulos entonces al menos se obtendría una viga o pilar según sea el caso de 200 x 200, pero cuyas almas centrales serían de 10mm de espesor.

No obstante, todos y cada uno de los módulos en su desarrollo se deben someter a un riguroso cálculo estructural, dada las características sísmicas que existen en Chile, y reforzarlos si es necesario como toda estructura metálica con sus correspondientes cruces de San Andrés o elementos arriostrantes.

Además, para desarrollar toda la tabiquería interior, y siempre pensando en lograr la mayor ligereza, se recomienda su realización a partir de la utilización de soluciones en metalcom, madera o incluso panel SIP, lo cual va a facilitar la colocación dentro de estos tabiques de cualquier tipo de perfil tubular de 100x100x5mm como solución de columna para rigidizar la

estructura. Estas soluciones de envoltorio se podrán modificar sin problema alguno según los requerimientos térmicos de las diferentes zonas climáticas existentes



*Imagen 30. Sección estructural simple de perfiles de módulos.
Elaboración propia.*

Se puede dar el caso que a la hora de desarrollar el módulo y por el uso al que estará sometido el recinto que queden luces relativamente grandes, las cuales a la hora de proceder con su traslado o desplazamiento hasta la obra será necesario de la colocación de elementos provisionales de traslados ya sean pilares o segmentos de vigas, los que se retirarán una vez en obra.

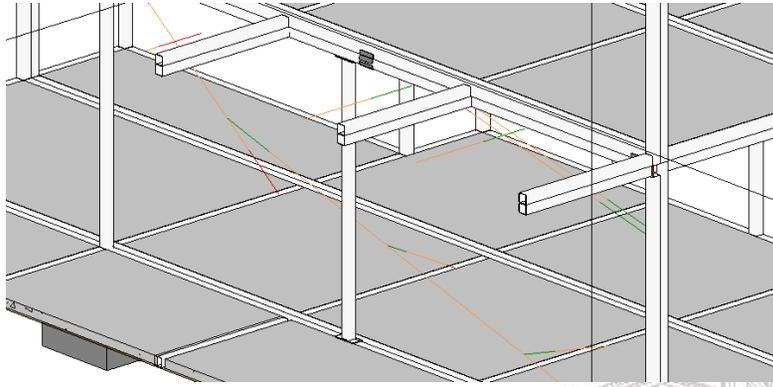


Imagen 31. Colocación de pilar de tránsito, utilizado para la transportación previa del módulo.

Así mismo para desarrollar los módulos, estos no necesariamente serán completamente cuadrados o rectangulares, sino que podrán ser de manera irregular, siempre y cuando sean concebidos de manera rígida y estable.

Ejemplo de esto módulos podrían ser los números 1 y 11 según nuestra numeración tanto en planta primera como en la segunda, los cuales corresponden con los extremos del edificio.

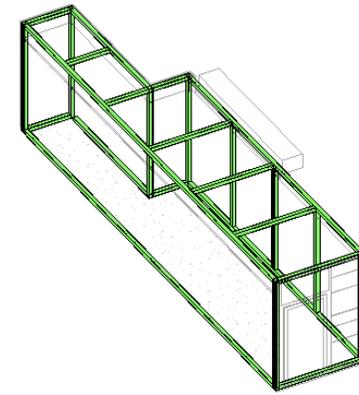


Imagen 32. Módulo 1 desarrollado de manera irregular para el proyecto. Elaboración propia.

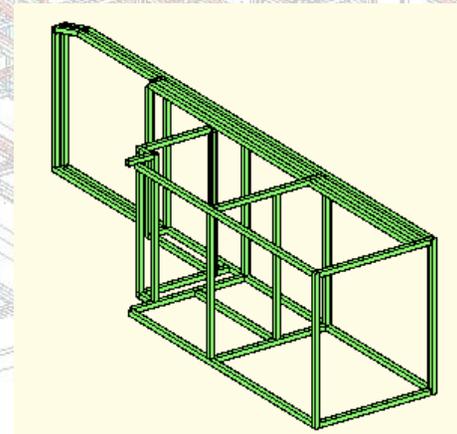


Imagen 33. Módulo 11 desarrollado de manera irregular para el proyecto.. Elaboración propia.

Así mismo, a partir de los módulos 2 PL1 Y 14 de PL2 según nuestra enumeración al coincidir un tabique aproximadamente

a un tercio de la luz se procede a la colocación de 3 pilares disminuimos considerablemente el largo de las vigas, reforzando la estructura de este.

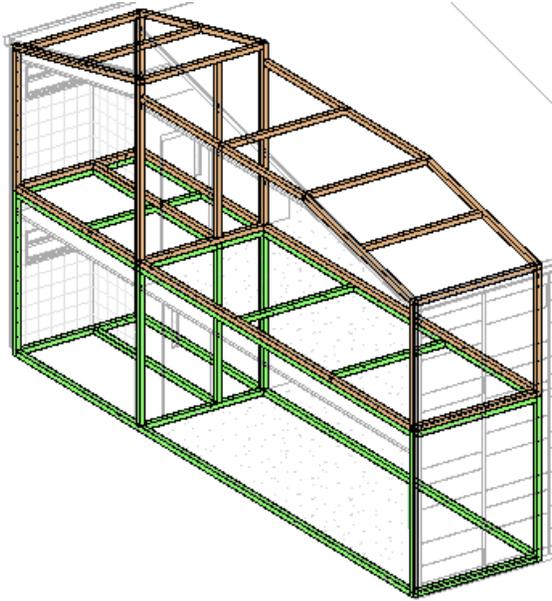


Imagen 34. Disminución de la luz en el sentido longitudinal del módulo coincidiendo con tabique interior. Elaboración propia.

Otro ejemplo en la modulación en la cual se disminuye las luces de los módulos ocurre en los módulos 6 de PL1 y 18 de PL2 coincidiendo con la zona de la escalera que existe de acceso a planta 2, en la cual se procede a reforzar toda la zona.

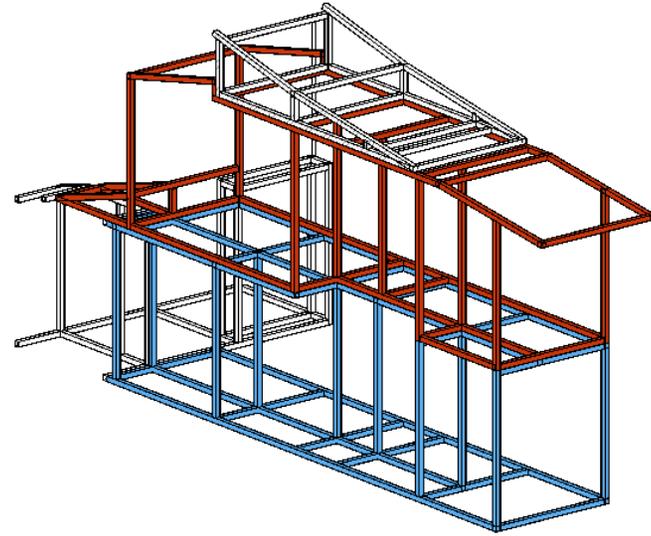


Imagen 35. Disminución de la luz y reforzamiento de módulos zona escalera, módulos 6 y 18. Elaboración propia.

Este reforzamiento es mayor cuando se analiza en conjunto los módulos 6 y 7 de planta 1 donde coincide la zona de escalera y ascensor, pero es necesario por la existencia de ese núcleo de acceso.

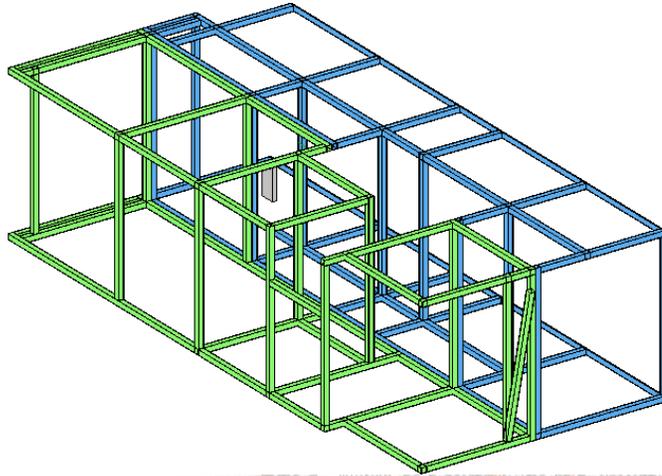


Imagen 36. Reforzamiento de estructura módulos 6 y 7 de planta 1, zona escalera-ascensor. Elaboración propia.

TERMINACIÓN DE LOS MÓDULOS.

Como se ha dicho en capítulos anteriores, los módulos deben de realizarse íntegramente en planta, para ser enviados a terreno con todos los cierres, terminaciones e instalaciones listos, dejando para la obra solamente lo que es el remate de unión entre dos unidades sea elementos horizontal o vertical, de manera que en la obra solo se proceda a realizar la menor cantidad de trabajo “1n situ”.

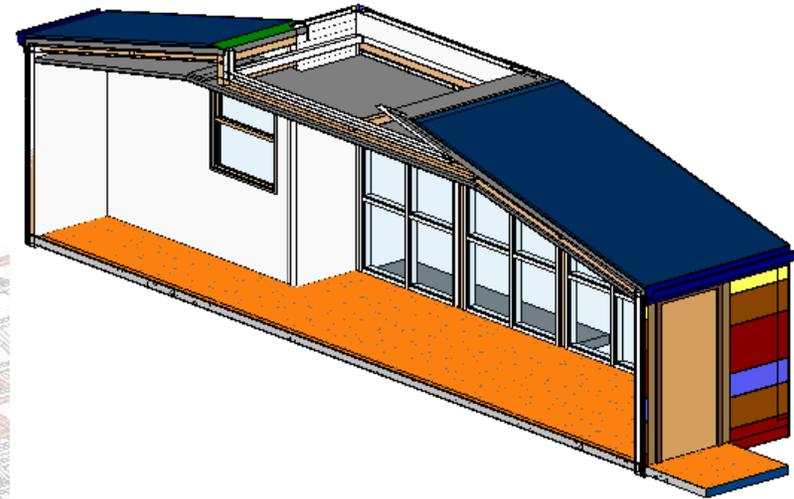


Imagen 37. Propuesta de módulo 13 PL 2 con todos los elementos de cierre incluido puertas y ventanas. Elaboración propia.

Es de destacar, por ejemplo, que en el caso de cielo falso cuando son de yeso cartón o de alguna solución donde sean continuos se deben de realizar en todo el módulo quedando solamente para la obra el remate entre dos unidades. No obstante, cuando son del tipo “americano” o desmontables es recomendable hacer un análisis del trazado de este de manera que quede lo más simétrico posible.

Cuando estos cielos son de otra materialidad (ya sean desmontables o de madera se recomienda hacer un análisis del trazado de manera que quede los más simétrico posible,

realizando en obra solo esta franja del trabajo, en la unión entre módulos.



Imagen 38. Franjas de cielos continuos en cielos desmontables en la unión de los módulos. Elaboración propia.

El resto de los trabajos de tabiquería y terminaciones en los módulos se realizan muy similar a la realización de una obra en la cual se utilizan piezas prefabricadas o incluso mediante la construcción de manera tradicional, con la salvedad que presentan una mejor calidad en sus terminaciones finales, dado que el trabajador por lo general termina especializándose en un tipo de faena, además que los controles de calidad suelen ser más cuidadosos, y en obra como ya se ha mencionado solo queda los remates en las uniones de cada una de las unidades.

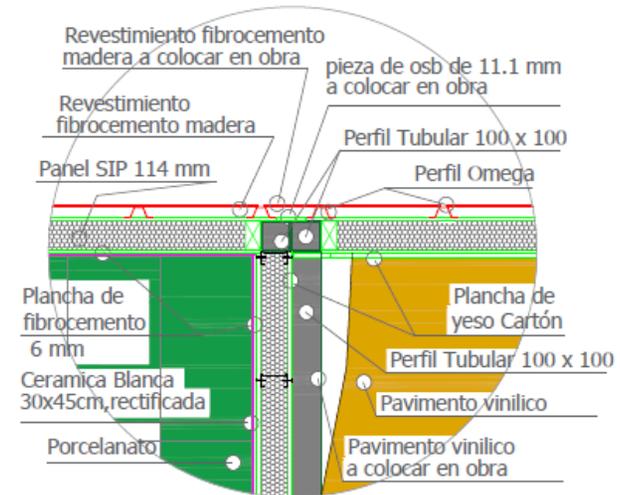


Imagen 39. Unión de dos módulos en donde se emplea panel SIP en el exterior y tabiquería de metalcom en el interior. Elaboración propia.

INSTALACIONES ELECTRICAS

Las instalaciones eléctricas de cada uno de los módulos se realizan de manera independiente como una unidad, en donde los circuitos generales de alumbrado y de fuerza, se recomienda poder canalizar por bandejas aéreas, preferiblemente con manguera eléctrica libre de alógenos y desde estas realizar las correspondientes derivaciones a cada uno de los circuitos que estén en esa unidad.

A su vez las uniones entre unidades de módulos se deben de realizar con conectores rápidos de enganches “hembras y machos”, los cuales agilizan igualmente la continuidad de los circuitos entre unidades sean estos monofásicos o trifásicos.



Foto 27. Conectores eléctricos rápidos “hembra-macho”. Página web.

Todas las conexiones entre módulos preferentemente se realizarán en el cielo, a través del cielo americano y de ser el cielo continuo será necesario colocar puertas de registro.



Foto 28. Puerta de registro de la casa Knauf o similar. Página web Knauf.

INSTALACIONES HIDRO-SANITARIAS.

Algo similar ocurre con las instalaciones de agua potable y sanitarias; como criterio de diseño en todo proyecto de arquitectura, siempre es recomendable que este tipo de instalación estén lo más agrupadas posibles dentro de un mismo núcleo húmedo. En la construcción de módulos prefabricados es una premisa fundamental, de manera que las conexiones de agua fría, caliente y las bajantes sanitarias se puedan concentrar por módulo y puedan bajar de ser necesario de un módulo superior a una inferior y este directamente al punto o puntos de conexión que puedan estar esperando en terreno por la conexión.

Cuando se analiza la fragmentación de las plantas del proyecto podemos ver que en planta baja 8 de los 12 módulos presentan alguna instalación de agua potable o saneamiento, ocurriendo algo similar con la planta segunda en donde 5 de los 11 módulos presentan igualmente algún tipo de instalación.

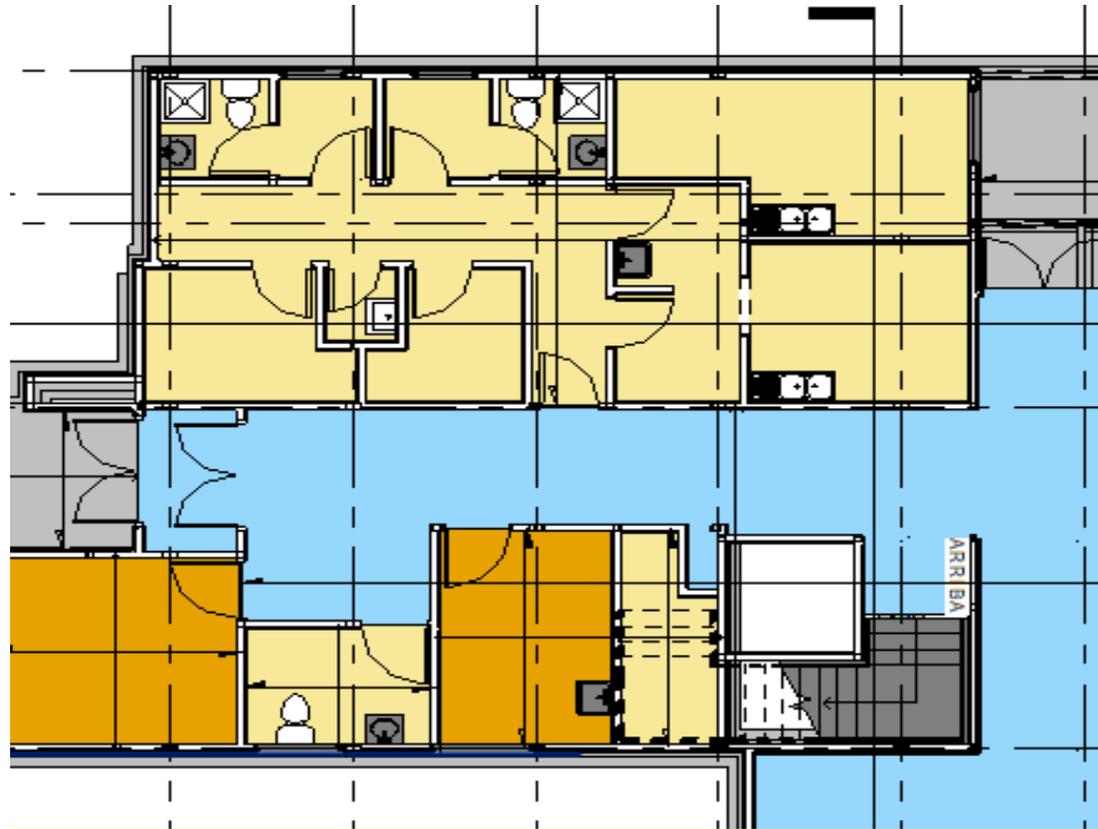


Imagen 40. 5 Módulos con instalaciones en Planta Baja. Elaboración propia.

Como posible modificación de diseño y sin querer realizar muchos cambios se reagrupan de manera que queden 3 módulos con instalaciones en este sector, pero con dos posibles bajantes sanitarios centrandó una para aguas sanitarias de

baños fundamentalmente y la otra para aguas sanitarias producto de la zona de cocinas, siendo incluso posible si se quisiera colocar alguna trampa de grasa para evitar mezclar ambas.

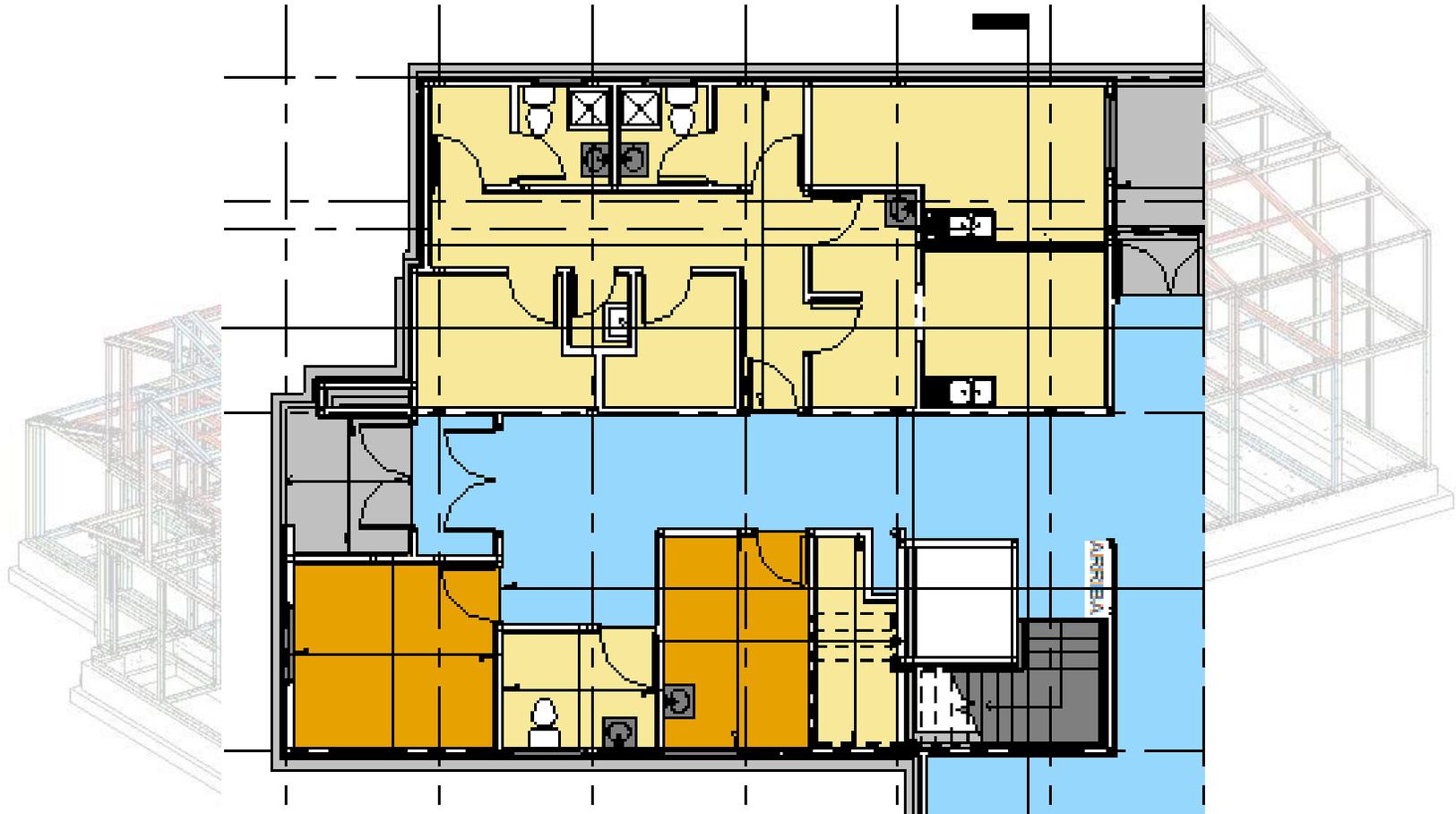


Imagen 41. Planta modificada con 3 módulos con instalaciones y 2 bajantes. Elaboración propia.

En todas las bajantes sanitarias es imprescindible que antes de colocar definitivamente la bajante en el módulo, que esta se haya comprobado, de manera que coincida con el punto de enganche en terreno, de manera que la conexión se pueda realizar con un manguito sanitarios de PVC, sean “macho-macho” o “hembra-hembra”, pero que coincida lo más vertical posible. Por su parte las instalaciones hidráulicas, su conexión va a depender de la materialidad de la instalación. Estas al igual que el resto de las instalaciones de deben de realizar a través del cielo americano o de puertas de registro en caso de cielos continuos.



Foto 29. Manguito de PVC “hembra-hembra”. Página web.



Foto 30. Manguito de PVC “macho-macho”. Página web.

ANÁLISIS ECONÓMICO.

Para la realización del análisis económico comparativo del sistema Prefabricado contra el tradicional partiré del costo inicial que tenía proyectado la obra, del atraso de al menos 6 meses que se pudo evidenciar en terreno y del ahorro del 30% que está declarado en este informe y que al menos debe obtener una obra que se ejecute de manera prefabricada con respecto a una realizada” in situ”.

Para comenzar, el proyecto presentaba un costo total de ejecución de \$ 562.167.747, y se debía de haber realizado en 8 meses de trabajo.

Haciendo una operación inversa, al costo total si le restamos el 19% del IVA, da que este corresponde a \$ 89.757.876, quedando un costo neto de la obra de \$ 472.409.871.

Ahora bien, analizando en el portal de Junji, así como en Chile Transparente, como promedio corresponde a un 11% de Gastos Generales y a un 5% de utilidad, los porcentajes que suelen

tener este tipo de obras. Siendo estos montos de \$ 44.797.488 y \$ 20.362.494 respectivamente, quedando un Costo Directo de la obra de \$407.249.889. Además, justifican de alguna manera, 45 días por concepto de atraso los cuales incrementan el costo de los GG.

Análisis Económico	
Costo total	\$ 562.167.747
19% IVA	\$ 89.757.876
Costo Neto Obra	\$ 472.409.871
Utilidad	\$ 20.362.494
Gastos generales	\$ 44.797.488
Costo Directo Obra	\$ 407.249.889

Tabla 2. Análisis económico de la Obra Sala Cuna Bosquemar. Elaboración Propia

Como el proyecto estaba previsto su realización en 8 meses, por concepto de GG mensual tenemos un monto de \$5.999.686 mensuales; ahora bien, si como está planteado, una obra prefabricada al menos debe tener una disminución en tiempo de ejecución de un 30% ello representa realizar la obra en 72 días menos, que para el ejercicio se ha redondeado en 2,5 meses, lo que arroja un ahorro de \$13.999.215, si además, se incrementa 1.5 mes por concepto de atraso, tenemos una disminución de \$8.399.529 dando un ahorro de total de \$22.389.744

	Días	Meses	Monto x mes G.G
Tiempo de ejecución inicial	240	8	\$ 5.999.686
-30%	72	2.5	\$ 13.999.215
Aumento de plazo (1.5 mes)	45	1.5	\$ 8.399.529
AHORRO			\$ 22.398.744

Tabla 3. Análisis de ahorro hipotético por concepto de Gastos Generales. Obra Sala Cuna Bosquemar. Elaboración propia.

Por otro lado, se debe estimar cuanto puede costar el tema de la logística debido al traslado de los módulos; según precios consultados, aunque no se posee ninguna cotización oficial de ello, como promedio un camión rampla en la zona cobra entre \$1.000 y \$1.300 por km de transporte de la carga y una grúa de 40 Ton entre \$30.000 y \$36.000 por hora de trabajo o \$270.000/día, considerando una distancia media de 250 km.

En ese rango de distancia, por ejemplo, una empresa ubicada al norte de la ciudad de Osorno, puede estimar estos costos y trabajar sin problemas desde la ciudad de Temuco hasta la ciudad de Castro aproximadamente.

Si se considera el proyecto desarrollado, que posee 23 módulos menores a 12m y 11 correspondiente a la techumbre, de 5.5m, para análisis se va a considerar 28 viajes de camión a una distancia de 250km pagados a \$1.300 para un monto de \$9.100.000 y tres días de montaje de grúa, por un valor de

\$810.000, por lo que el valor estimado por tema de la logística de la transportación corresponde a \$9.910.000.

Gasto por transporte		
	Camión Rampla	Camión Grúa
Precio Km	\$ 1.300	
Precio /día		\$ 270.000
Km viaje	250	
Días		1
Cant. Días /viajes	28	3
Precio por tipo de camión	\$ 9.100.000	\$ 810.000
Gasto Total por Traspotación	\$ 9.910.000	

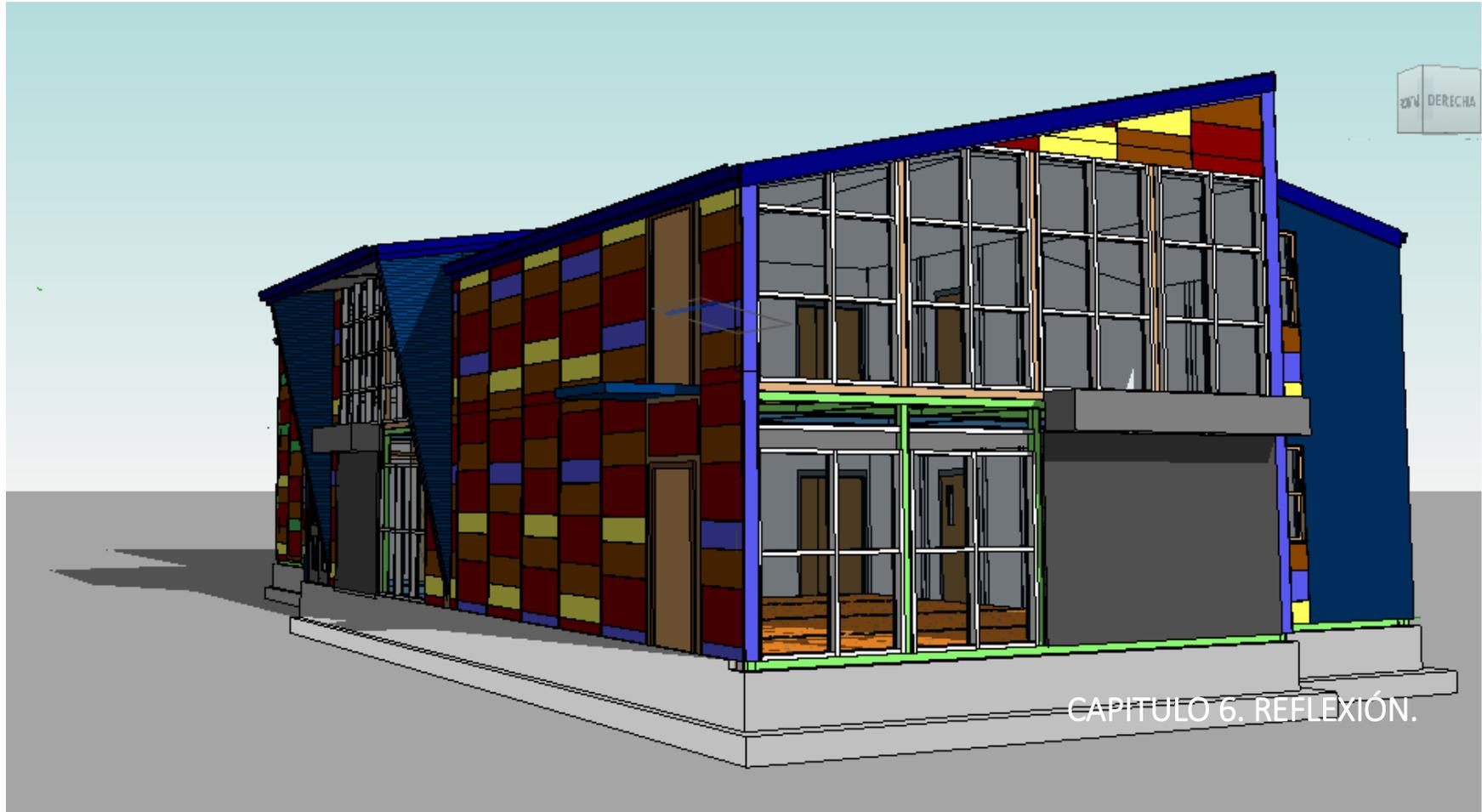
Tabla 4. Costo estimado a la logística de la transportación y montaje de los módulos. Elaboración propia.

Tenemos que considerar entonces cuanto va a ser la diferencia de lo ahorrado y de lo gastado; por concepto de ahorro por G.G, por haber realizado la obra al menos un 30% menos de tiempo corresponde a \$13.999.215 y el gasto por el tema de logística de la transportación suma \$9.910.000, dando un ahorro de \$4.089.215 si a ello le sumamos el aumento de plazo considerado (\$8.399.529) el monto total ahorrado asciende a \$12.488.744., que representa un 3.1% del costo directo de obra.

	Monto en \$
Ahorro por gastos Generales	\$ 13.999.215
Gastos por Transportación	\$ 9.910.000
Diferencia Ahorrado	\$ 4.089.215
Aumento de plazo	\$ 8.399.529
Total	\$ 12.488.744

Tabla 5. Costo Total ahorrado. Elaboración propia.

En a este análisis comparativo solo se le considerara el gasto por viaje a \$1.000 y un pago por aumento de plazo de 2 meses, lo cual no es muy descabellado, entonces el gasto por logística disminuiría a \$7.810.000, subiendo el valor ahorrado a \$6.189.215 y el ahorro por concepto de aumento de plazo a \$11.199.372, por lo que el monto total ahorrado aumentaría a \$17.388.587, representando un 4.27% del costo directo de la obra.



La construcción modular en Chile no es algo nuevo, se viene empleando desde hace más de 25 años fundamentalmente en el sector minero; ¿Por qué entonces no desarrollarlo en otros sectores, como pueden ser los proyectos públicos?

No resulta pertinente proyectar para la ejecución de una obra de manera tradicional y luego construir de manera prefabricada, por lo que desde el proceso de diseño se debe concebir la necesidad de llevar conjuntamente todo el proceso, de esta manera se garantiza que el diseño no sufra en detrimento de la construcción, garantizando en todo momento mantener la idea original de lo proyectado.

Los gálivos y medios de transportes influyen en los procesos de construcción modular, el reto está en doblegar su influencia en soluciones tecnológicas factibles de desarrollar.

Los procesos de construcción y ensamblado modular se realizan al interior de una planta en lugar del aire libre, por lo que el causal climático deja de ser una causa de atraso en la ejecución de las obras, disminuyendo además los impactos acústicos, visuales y de residuos sobre los terrenos a edificar.

Se elimina o son menores las pérdidas de materiales por ajustes, por lo que su valor final se reduce en proporción con respecto a la construcción tradicional.

De igual manera, es posible elegir las soluciones de diseño de interiores y exteriores de la edificación, sin necesidad de sacrificar en nada las soluciones de diseño.

El costo de la mano de obra disminuye al utilizar una mayor cantidad de elementos prefabricados los que se montan de manera mecanizada. Por otro lado, al ser una construcción repetitiva el personal llega a un gran dominio de las faenas que realiza, con errores casi nulos, aumentando con ello la calidad del producto final.

Con este sistema constructivo se logra disminuir los tiempos de ejecución entre un 35 y un 40% según tipo de proyecto, disminuyendo considerablemente los costos indirectos, aunque en nuestro análisis solo se ha considerado un 30%, y a pesar de ello se logra un ahorro de algo más del 4% del costo directo, no es mucho es cierto, pero es ahorro que hoy en día existe sobrecosto en mucho de estos proyectos.

Así mismo este tipo de proyecto puede entrar en explotación y puesta en marcha en un menor tiempo.

Como sistema constructivo posibilita que los edificios puedan ser desmontados y ubicados en un nuevo lugar, además de permitir diversas ampliaciones en función de las necesidades del mandante.

De manera general se considera que es necesario masificar la construcción modular, lo que significa cambiar la mentalidad y los procesos para un nuevo tipo de obra., esto trae consigo que todas las áreas de la industria se involucren desde el diseño, los cálculos estructurales, la logística, la construcción y por sobre todo las calidades.

Al disminuir los tiempos de ejecución de las obras, el posible impacto medio ambiental de estas también es mucho menor, lo que favorece desde el punto de vista urbanístico, la ocupación innecesaria y, en ocasiones, el deterioro de los espacios urbanos, evitando con ello las ocupaciones de vías y las molestias a los vecinos del proyecto.

Desde hace más de 50 años se están desarrollando por distintos organismos o instituciones diferentes sistemas de industrialización y prefabricación en Chile, con mejores o peores resultados, pero de manera general, la historia ha demostrado que muchas de las obras institucionales desarrolladas hoy en día aún se mantienen en pie con resultados favorables de explotación; si hoy el país pide que tratemos de industrializar los procesos constructivos sin abandonar los diseños ¿Por qué no impulsar nuevamente a través de organismos como puede ser INTEGRA, la JUNJI, o de distintos Ministerio, el uso y explotación de soluciones constructivas modulares?

La solución de construcción prefabricada modular en Chile considero que se debe incrementar como solución constructiva, pero a nivel internacional está demostrado todos los beneficios que presentan, tanto en proyectos singulares, como repetitivos siempre con soluciones de diseños muy favorables.

La idea no es que exista una empresa que pueda monopolizar todo un sistema constructivo, pero por qué no una o varias empresas a lo largo de todo el país, en distintas regiones que se

puedan dedicar a la ejecución de este sistema constructivo bajo la dirección de uno o varios organismos públicos, en donde se conciba desde su inicio el diseño, logrando mejores rendimientos y soluciones de los recursos públicos existentes.

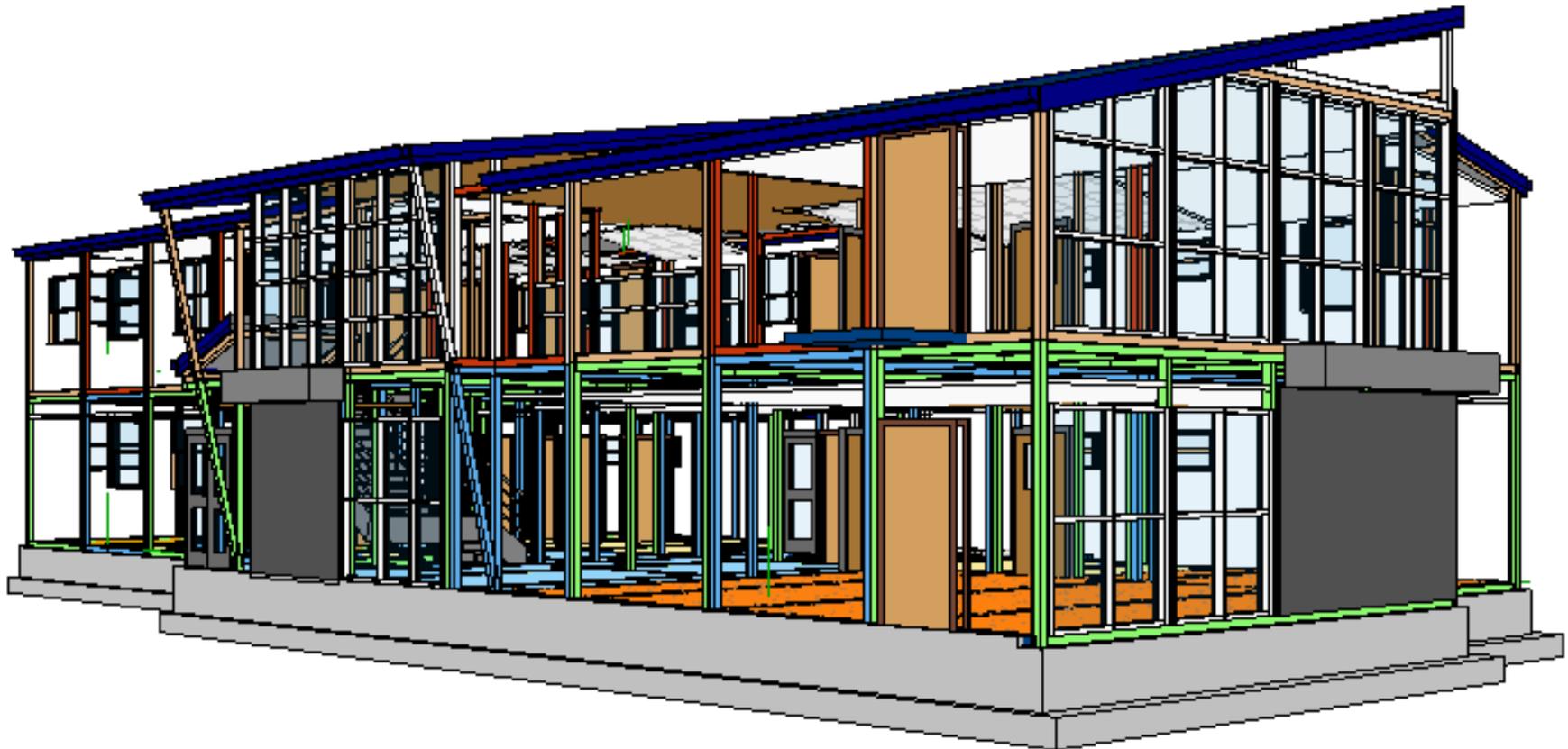
De manera general y como una crítica constructiva, muchos de los proyectos institucionales que se desarrollan de manera casi repetitiva, se deben de analizar y adaptar a las condiciones climáticas y geográficas de cada zona o región. En este proyecto se ha visto la falta algunos espacios exteriores necesarios para la región, que quizás no aparezcan en las ordenanzas ni en las especificaciones de los jardines infantiles, pero si por ejemplo en el manual de carretera, en donde se indica que todos los centros educacionales deben contar con un espacio donde los apoderados por ejemplo puedan estacionar sus autos a la hora de dejar a sus hijos, no es por un tema de espacio, porque el proyecto lo posee, pero no lo tiene.

Algo similar ocurre, por ejemplo, cuando vemos la falta de una zona techada previa al acceso o entrada principal de la sala cuna, quizás en otra región no sea necesaria, pero en Puerto Montt o en cualquier ciudad del sur de Chile, con lo que llueve por supuesto que es necesario.

Desde el punto de vista urbanístico la sala cuna ya es un hito dentro del barrio de Mirasol. Es un hito porque es ese punto físico donde vienen a dejar a sus hijos pequeños y que no existe otro cercano, pero por la característica donde se encuentre ubicado muy cercano a un cruce, en una avenida y en una zona

de posible crecimiento, dentro de poco bien se puede convertir en un nodo urbanístico significativo en la zona, es por ello que considero que esta zona se debe desarrollar a partir de las distintas parcelas públicas cercana de manera que se cree un verdadero nodo focal, llamativo no solo para esta zona del barrio que está en desarrollo, sino incluso para la ciudad.

Espacio físico hay, ojalá los distintos profesionales de los organismos públicos y entidades igualmente lo vean y desarrollen.



FRAGMENTACIÓN Y MODELACIÓN DE PROYECTO PREFABRICADO DE SALA CUNA EN
PUERTO MONTT MEDIANTE MÓDULOS VOLUMÉTRICOS.

CAPITULO 7. BIBLIOGRAFÍA

JESUS BERTOLO CHANTENG

Bibliografía

- (JUNJI), J. N. (s.f.). Santiago de Chile.
- Briones Lazo, C. (16 de mayo de 2018). Metodología BIM para proyectos públicos. *Presentación ECU Los Lagos*. Puerto Montt, Llanquihue, Los Lagos, Chile: CET-CDT.
- Brito Alcayaga, M. (16 de mayo de 2018). Productividad y tecnología en la construcción: desafíos actuales y futuro. *Presentación ECU Los Lagos*. Puerto Montt, Llanquihue, Los Lagos, Chile: CET-CDT.
- Carimán, B. (2012). El "problema educacional" entre 1920-1937: una historia de reformas y limitaciones. *Universum*, 2(27), 31-34.
- Cassinello, P. (30 de diciembre de 2008). Eduardo Torroja y la industrialización de la "machine á habiter" 1949-1961. *Informes de la construcción*, 60(512), 5-18.
- CDT. (2017). *Misión Australia. Conferencia Internacional Prefabaus: prefabricación e industrialización en movimiento*. Santiago de Chile: CDT.
- Comunicaciones Los Lagos. (13 de noviembre de 2017). *INTEGRA. Red de Salas Cuna y Jardines Infantiles*. Obtenido de INTEGRA. Red de Salas Cuna y Jardines Infantiles.: <https://www.integra.cl/integra-consolida-aumento-de-casidos-mil-nuevos-cupos-en-los-lagos/>
- García Marquín, E. (2013). *Esteban. Estudio diagnóstico sobre las posibilidades de desarrollo de una edificación residencial industrializada dirigida a satisfacer las necesidades de vivienda pública y muy especialmente en alquiler en la Comunidad Autónoma del País Vasco*. País Vasco: Eraikal.
- Gobierno de Singapur. (2017). *Design for manufacturing and Assembly (DFMA) - Prefabricated Prefinished volumetric Construction*. Singapur.: Gobierno de Singapur.
- INE. (2017). *Censo poblacional*. Obtenido de Censo poblacional: <https://www.ine.cl/ine-ciudadano/definiciones-estadisticas/censo>
- Junta Nacional de Jardines Infantiles (JUNJI). (15 de febrero de 2018). Balance de gestión Integral año 2017. Santiago de Chile, Región Metropolitana, Chile.
- Ley 17301 Crea Corporación Denominada Junta Nacional de jardines Infantiles. (20 de abril de 1970). Ministerio de Educación Pública. Santiago de Chile, Chile.
- Marín Mazuela, C. (2 de junio de 2020). Construcción Industrializada. *Diario Financiero*, pág. 19.
- Ministerio de Educación. (06 de noviembre de 2017). Ministerio de Educación: 180 años de historia, 180 años de servicio. *REVEDUC*, 4-15. Obtenido de Revista de Educación.: <http://www.revistadeeducacion.cl/ministerio-de-educacion-180-anos-de-historia-180-anos-de-servicio/>
- Ministerio de Vivienda y Urbanismo. (2019). *Libro de memoria Barrio Ampliación de Mirasol Condominio social entre volcanes*. Puerto Montt: MINVU.

MINVU - DITEC. (2014). *Listado oficial de soluciones constructivas para el acondicionamiento térmico*. Santiago de Chile: MINVU.

Municipalidad de Puerto Montt. (2017). *PLADECO 2117-2021*. Puerto Montt: Municipalidad de Puerto Montt.

Pfenniger, F. (octubre de 2017). Diseño para la industrialización y prefabricación. *Curso "Diseño para la Industrialización y Prefabricación"*. Temuco, Araucanía, Chile: Centro de Extensionismo Tecnológico, Corporación de Desarrollo Tecnológico.

Salas Díaz, D. (2011). *El problema nacional: bases para la reconstrucción de nuestro sistema escolar primario*. Santiago de Chile: Cámara Chilena de la Construcción. Pontificia Universidad Católica de Chile: Dirección de bibliotecas, Archivos y Museos.

SCEE. (1982). *Las Construcciones escolares en Chile 1980*. Santiago de Chile: Oficina Regional de Educación de la UNESCO para América Latina y el Caribe.

Torres Gilles, C., & Maino Ansaldo, S. (2019). Evolución de los sistemas constructivos en la arquitectura escolar chilena del siglo XX. *Actas del noveno Congreso Nacional y Primer Congreso Internacional Hispanoamericano de Historia de la Construcción 2015*. Vol. 3, págs. 1693-1702. segovia: Sociedad Española de historia de la construcción. Obtenido de <http://www.sedhc.es/biblioteca/actas/164-Torres.pdf>

Torres Gilles, C., Valdívila Ávila, S., & Atria Lemaitre, M. (2015). *Arquitectura Escolar Pública como Patrimonio moderno en*

Chile. Santiago de Chile : Fondo del consejo de la cultura y las Artes FONDART.

Valdivia, S., & Torres, C. (2016). *INFRAESTRUCTURA ESCOLAR PÚBLICA. HISTORIA, PATRIMONIO Y DEUDA. C/A Ciudad y Arquitectura*.

Linkografía.

<https://es.slideshare.net/Presentaciones-ICH/construccion-robotizada-caso-baumax>

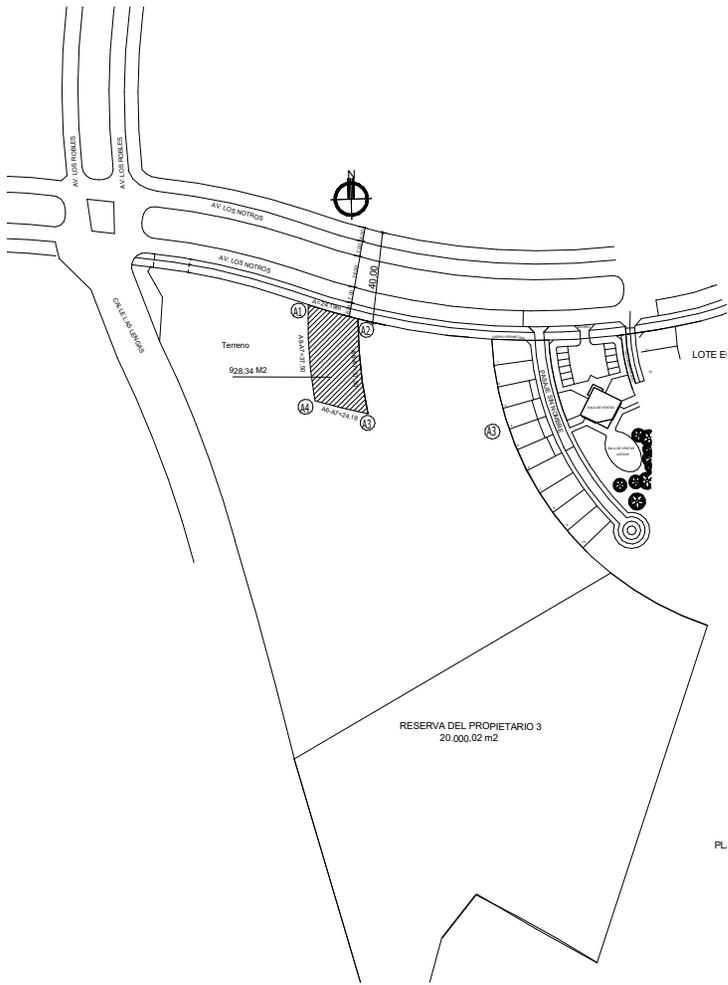
<http://www.construye2025.cl/wp-content/uploads/2017/07/Henri-Jaspard.pdf>

<https://tecnofast.cl/proyecto/escuela-modular-colegio-constitucion/?lang=es>

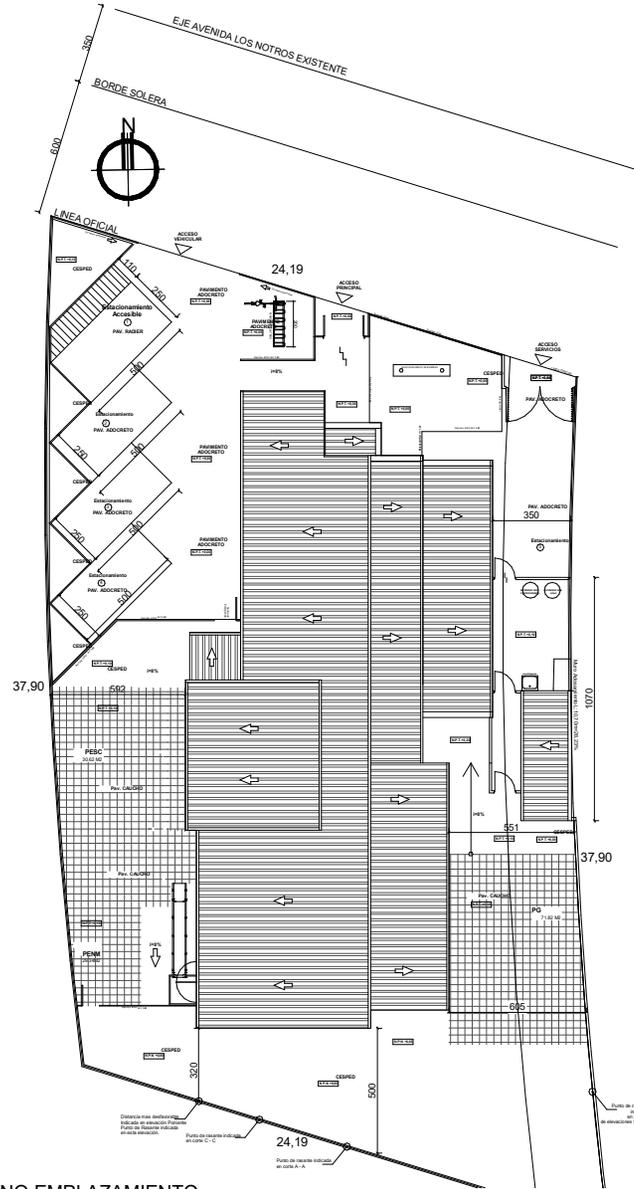
<http://www.cheb.cl/portfolio/sistema-modular-sustentable-para-nuevos-espacios-educativos/>

<https://www.youtube.com/watch?v=4a02dzsR1yU>

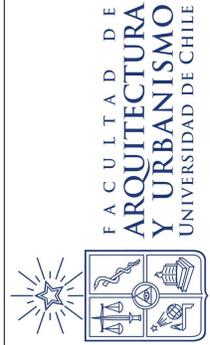
ANEXOS DE PLANOS.



② PLANO UBICACIÓN,
1 : 100



① PLANO EMPLAZAMIENTO
1 : 100



**FRAGMENTACIÓN Y
MODELACIÓN DE PROYECTO
PREFABRICADO DE SALA
CUNA EN PUERTO MONTT
MEDIANTE MODULOS
VOLUMÉTRICOS**

**UBICACIÓN Y
EMPLAZAMIENTO
(Fuente Obra Sala
Cuna)**

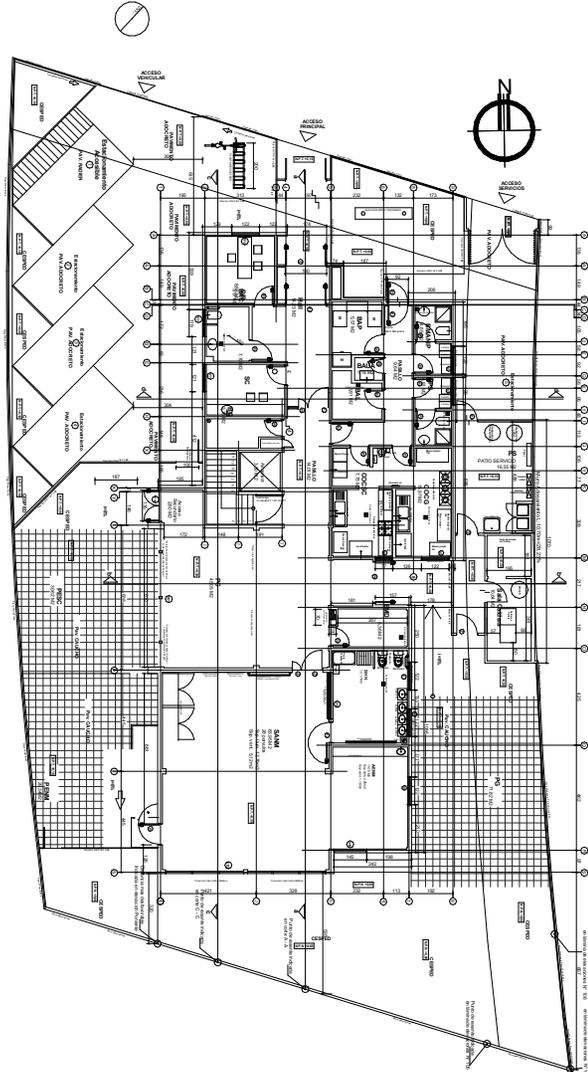
Fecha
Diciembre 2020

Elaborado por:
**JESUS BÉRTOLO
CHANTENG**

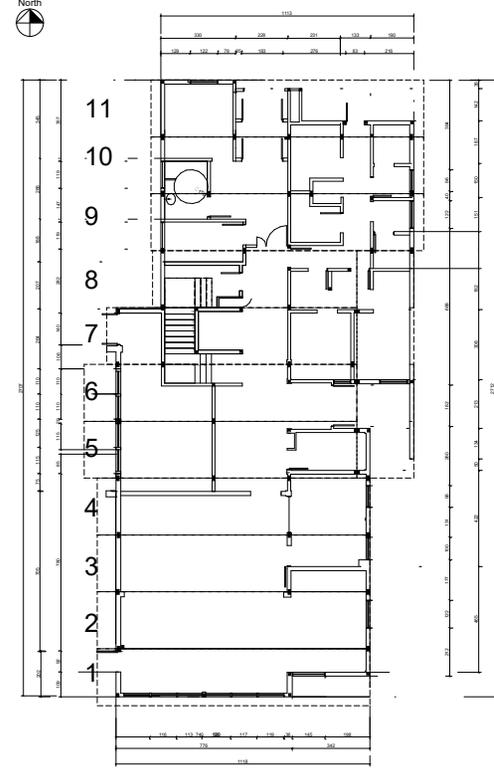
Profesores:
**LAURA GALLARDO
MARIO TERAN**

Plano
A - 101

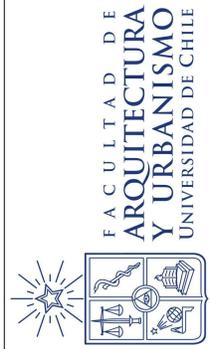
Escala
1 : 100



1 PLANO NIVEL 1 (Fuente
Obra Sala Cuna)
1 : 100



2 PLANO N-1 PROPUESTA
DE FRAGMENTACIÓN.
1 : 100



FACULTAD DE
**ARQUITECTURA
Y URBANISMO**
UNIVERSIDAD DE CHILE

**FRAGMENTACIÓN Y
MODELACIÓN DE PROYECTO
PREFABRICADO DE SALA
CUNA EN PUERTO MONTT
MEDIANTE MÓDULOS
VOLUMÉTRICOS**

**PLANTA NIVEL 1
INICIAL Y
FRAGMENTADA**

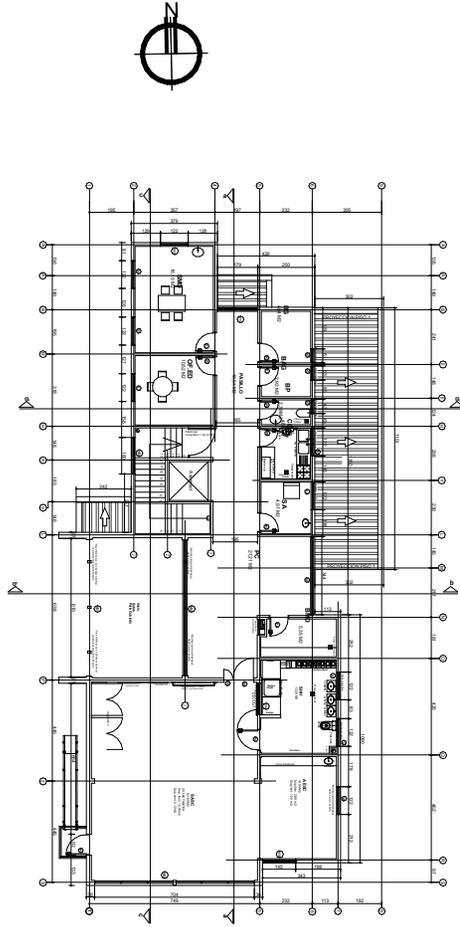
Fecha
Diciembre 2020

Elaborado por:
JESÚS BÉRTOLO
CHANTENG

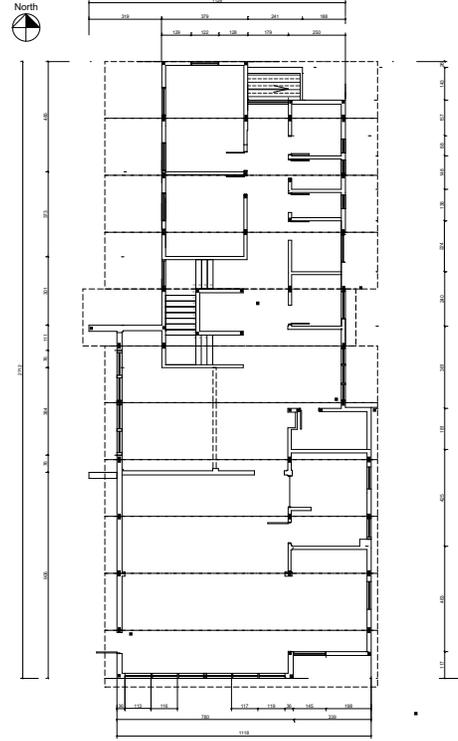
Profesores:
LAURA GALLARDO
MARIO TERAN

Plano
A - 102

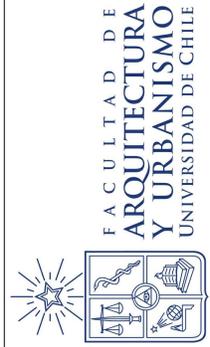
Escala
1 : 100



① PLANO NIVEL 2 (Fuente
Obra Sala Cuna)
1 : 100



② PLANO N-2 PROPUESTA DE
FRAGMENTACIÓN.
1 : 100



FACULTAD DE
ARQUITECTURA
Y URBANISMO
UNIVERSIDAD DE CHILE

FRAGMENTACIÓN Y
MODELACIÓN DE PROYECTO
PREFABRICADO DE SALA
CUNA EN PUERTO MONTT
MEDIANTE MÓDULOS
VOLUMÉTRICOS

PLANTA NIVEL 2
INICIAL Y
FRAGMENTADA

Fecha
Diciembre 2020

Elaborado por:
JESÚS BÉRTOLO
CHANTENG

Profesores:
LAURA GALLARDO
MARIO TERAN

Plano
A - 103

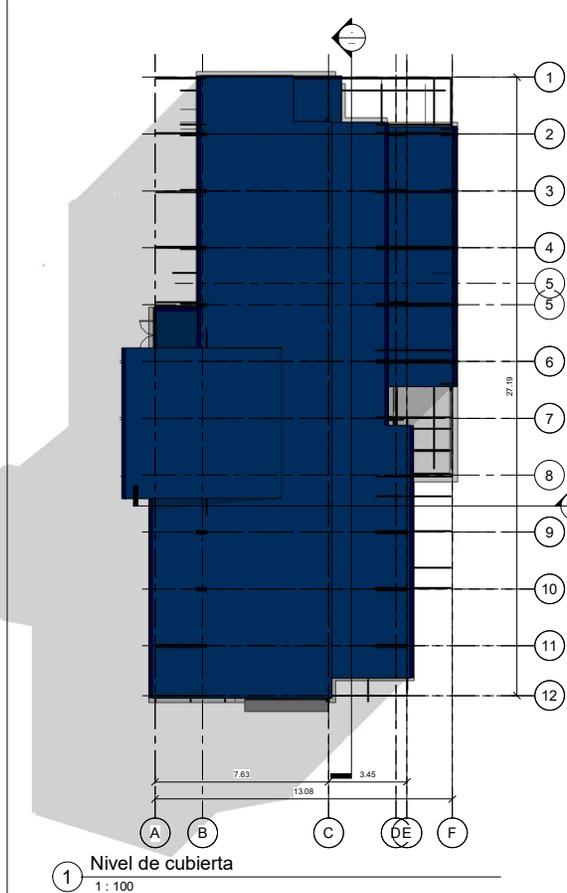
Escala
1 : 100

**FRAGMENTACIÓN Y
 MODELACIÓN DE PROYECTO
 PREFABRICADO DE SALA
 CUNA EN PUERTO MONTT
 MEDIANTE MODULOS
 VOLUMÉTRICOS**

**PLANOS DE
 PLANTA Y
 ALZADO**

Fecha	Diciembre 2020
Elaborado por:	JESÚS BÉRTOLO CHANTENG
Profesores:	LAURA GALLARDO MARIO TERAN
Plano	A - 104
Escala	1 : 100

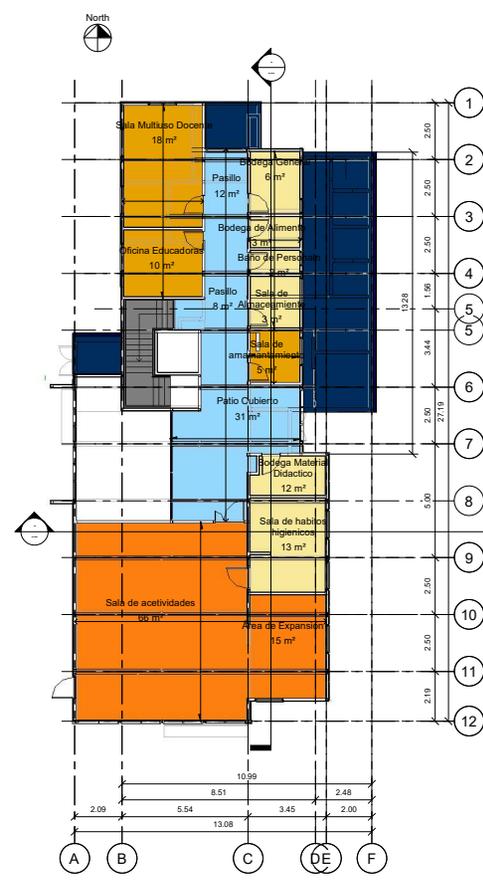
17-12-2020 7:02:54



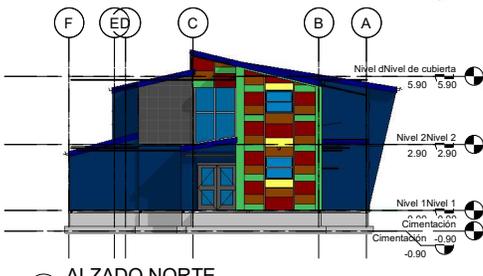
1 Nivel de cubierta
 1 : 100



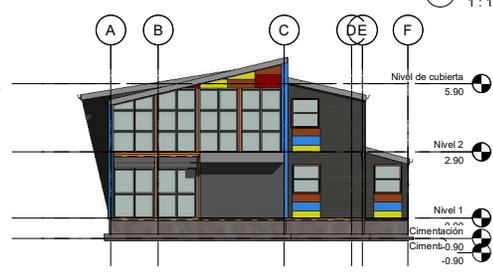
2 PLANO NIVEL 1
 1 : 100



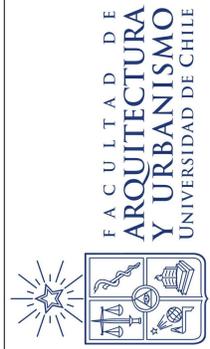
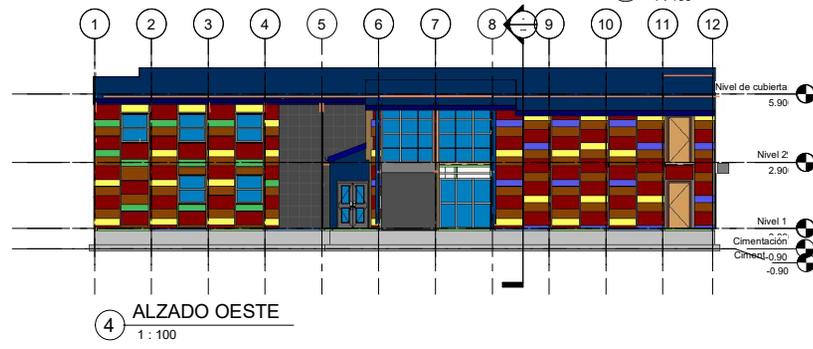
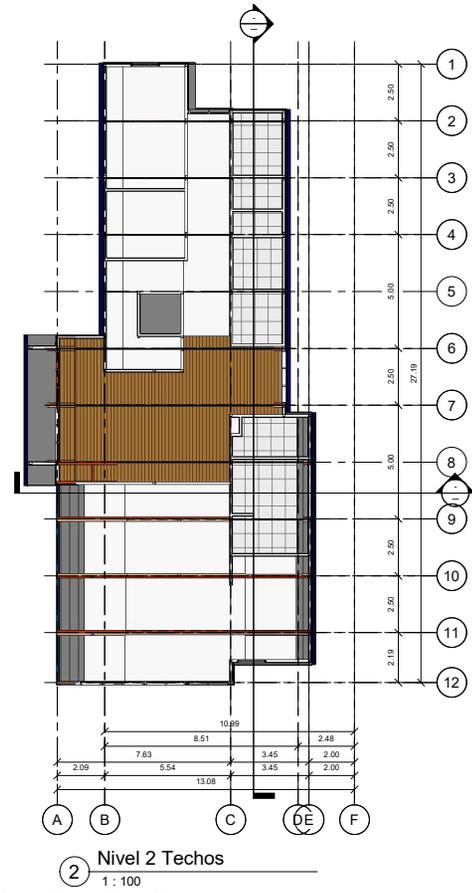
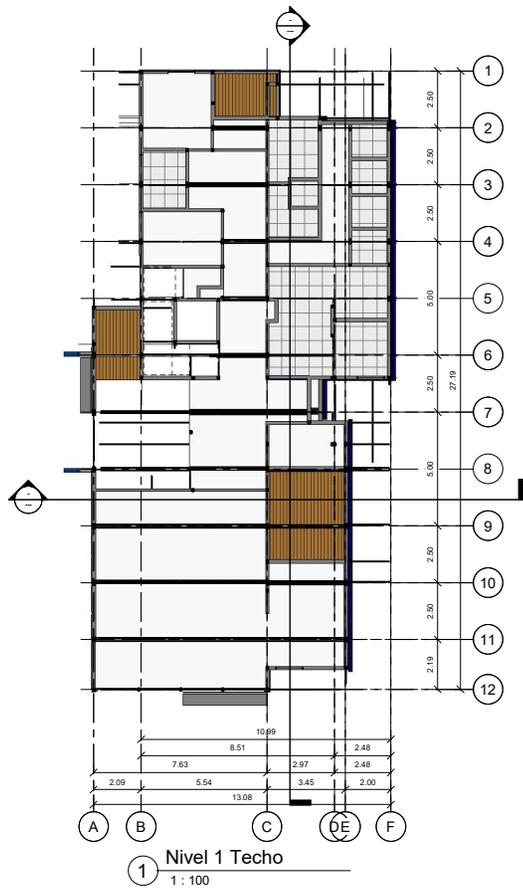
3 PLANO NIVEL 2
 1 : 100



4 ALZADO NORTE
 1 : 100



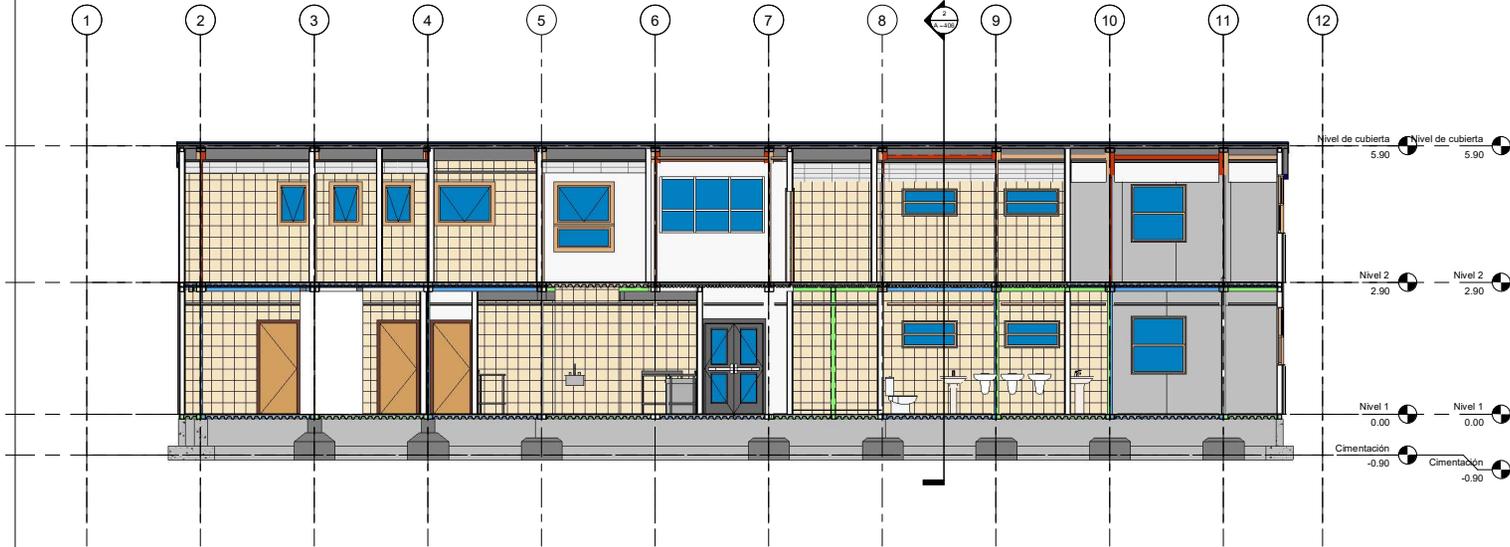
5 ALZADO SUR
 1 : 100



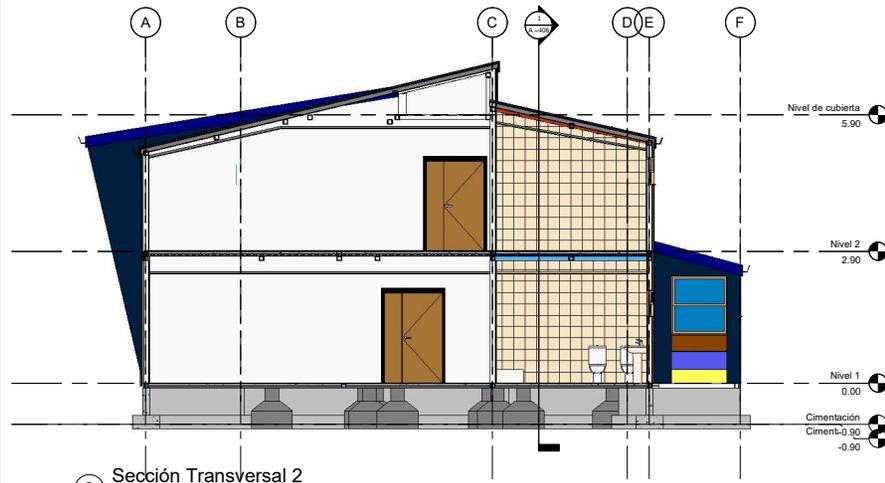
FRAGMENTACIÓN Y
MODELACIÓN DE PROYECTO
PREFABRICADO DE SALA
CUNA EN PUERTO MONTE
MEDIANTE MODULOS
VOLUMÉTRICOS

PLANOS DE
TECHO Y
ALZADO

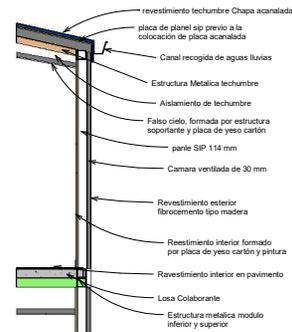
Fecha	Diciembre 2020
Elaborado por:	JESÚS BÉRTOLO CHANTENG
Profesores:	LAURA GALLARDO MARIO TERAN
Plano	A - 105
Escala	1 : 100



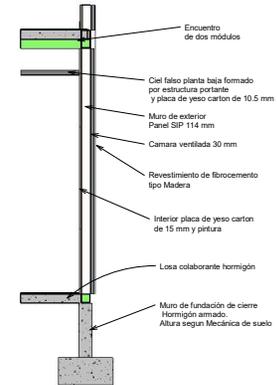
1 Sección Longitudinal 1
1 : 50



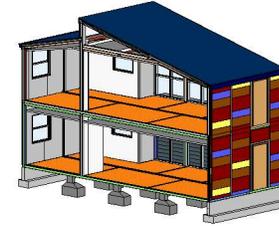
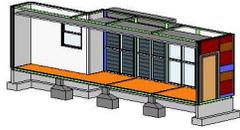
2 Sección Transversal 2
1 : 50



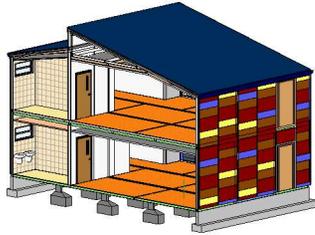
3 Detalle Escantillon planta alta



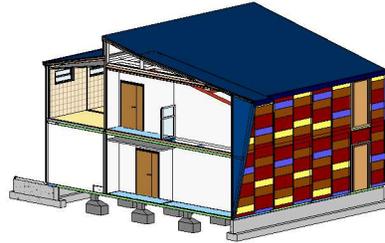
4 Detalle Escantillon planta baja



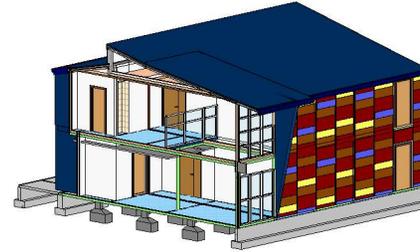
5 VISTA 3D GRUPO 1-2



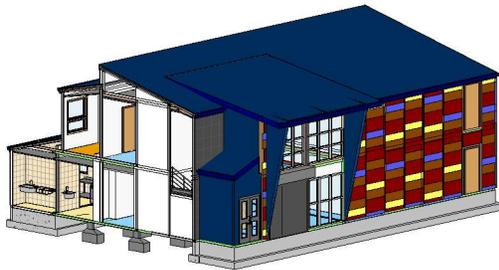
6 VISTA 3D GRUPO DEL 1-3



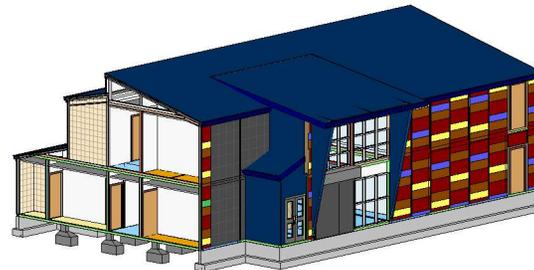
7 VISTA 3D GRUPO DEL 1-4



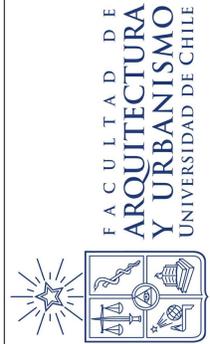
8 VISTA 3D GRUPO DEL 1-5



1 VISTA 3D GRUPO DEL 1-7



9 VISTA 3D GRUPO DEL 1-8



FACULTAD DE
ARQUITECTURA
Y URBANISMO
UNIVERSIDAD DE CHILE

FRAGMENTACIÓN Y
MODELACIÓN DE PROYECTO
PREFABRICADO DE SALA
CUNA EN PUERTO MONTT
MEDIANTE MODULOS
VOLUMÉTRICOS

VISTAS 3D
AVANCE DE
MODULOS

Fecha
Diciembre 2020

Elaborado por:
JESÚS BÉRTOLO
CHNTENG

Profesores:
MARIO TEHERAN

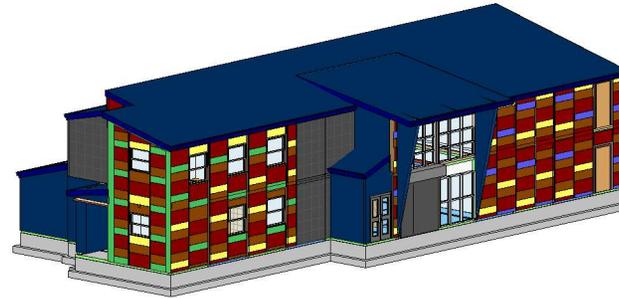
Plano
A - 107

Escala

17-12-2020 10:58:26



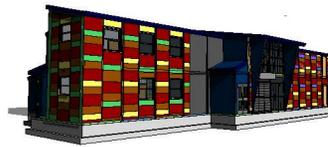
① VISTA 3D GRUPO DEL 1-9



② VISTA 3D GRUPO DEL 1-10



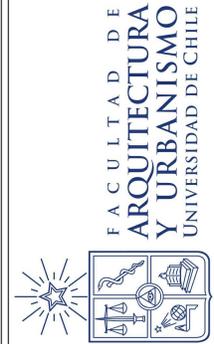
③ Vista 3D EXTERIOR 1



④ Vista 3D EXTERIOR 2



⑤ Vista 3D EXTERIOR 3



FACULTAD DE
ARQUITECTURA
Y URBANISMO
UNIVERSIDAD DE CHILE

FRAGMENTACIÓN Y
MODELACIÓN DE PROYECTO
PREFABRICADO DE SALA
CUNA EN PUERTO MONTE
MEDIANTE MODULOS
VOLUMÉTRICOS

VISTAS 3D
AVANCE DE
MODULOS

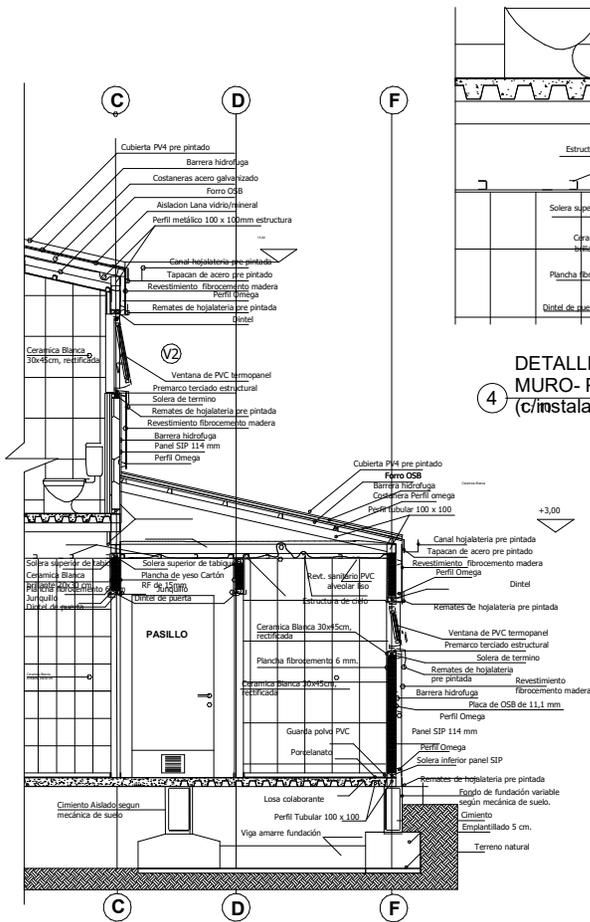
Fecha
Diciembre 2020

Elaborado por:
JESUS BÉRTOLO
CHANTENG

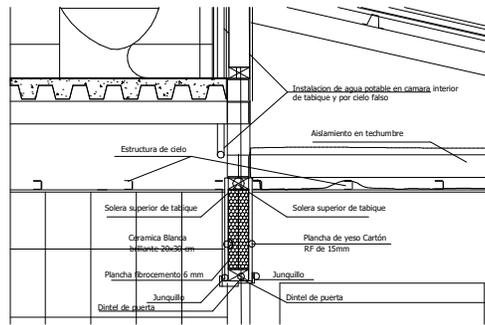
Profesores:
LAURA GALLARDO
MARIO TERAN

Plano
A - 108

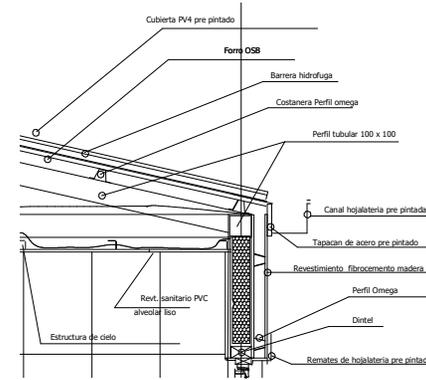
Escala



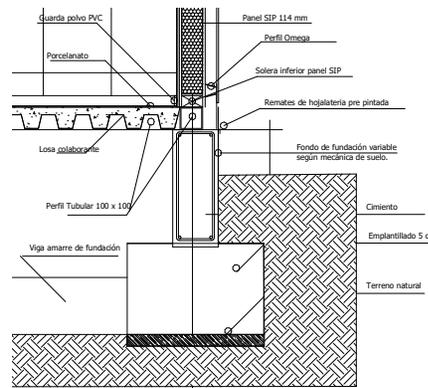
1 ESCANTILLON.
1 : 25



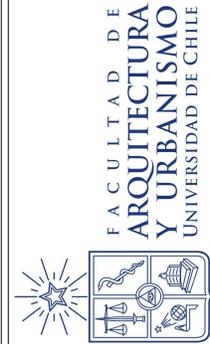
4 DETALLE ENCUESTRO MURO - PISO (c/instalaciones)



3 DETALLE ENCUESTRO MURO - TECHUMBRE
1 : 10



2 DETALLE UNIÓN FUNDACIÓN - MURO
1 : 10



FRAGMENTACIÓN Y MODELACIÓN DE PROYECTO PREFABRICADO DE SALA CUNA EN PUERTO MONTT MEDIANTE MODULOS VOLUMÉTRICOS

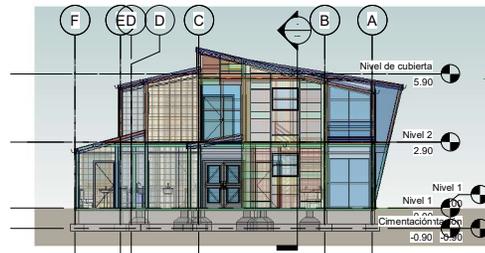
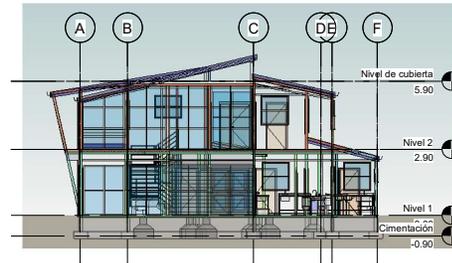
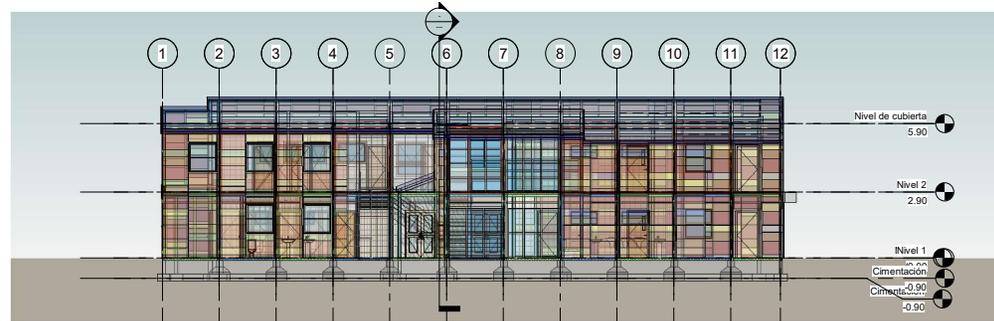
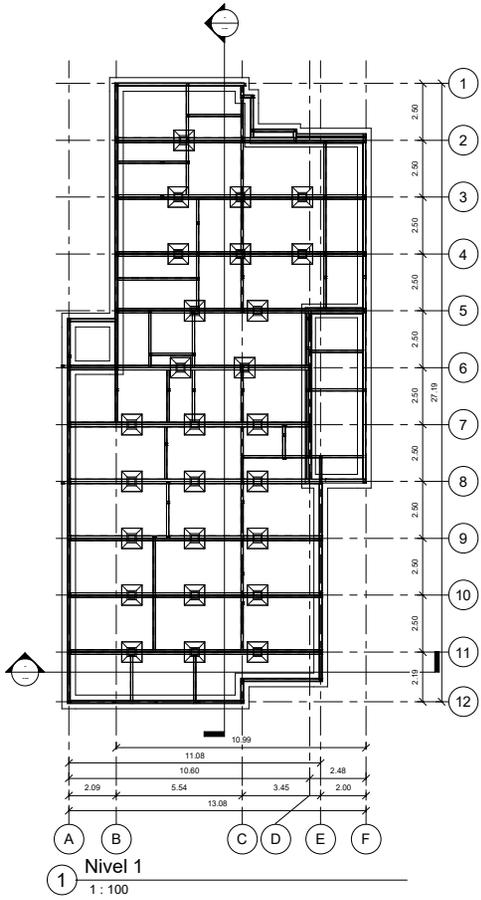
ESCANTILLON Y DETALLES

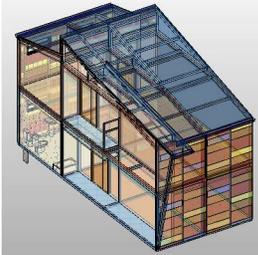
Fecha
Diciembre 2020

Elaborado por:
JESUS BÉRTOLO CHANTENG

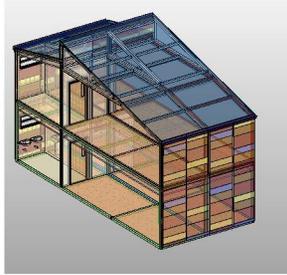
Profesores:
LAURA GALLARDO MARIO TERAN

Plano
A - 109
Escala
Como se indica

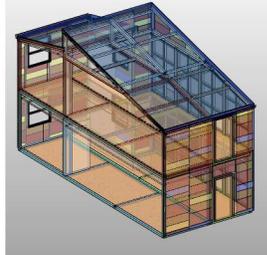




6 GRUPO DE MODULOS 3-4



5 GRUPO DE MODULOS 2-3



4 GRUPO DE MODULOS 1-2



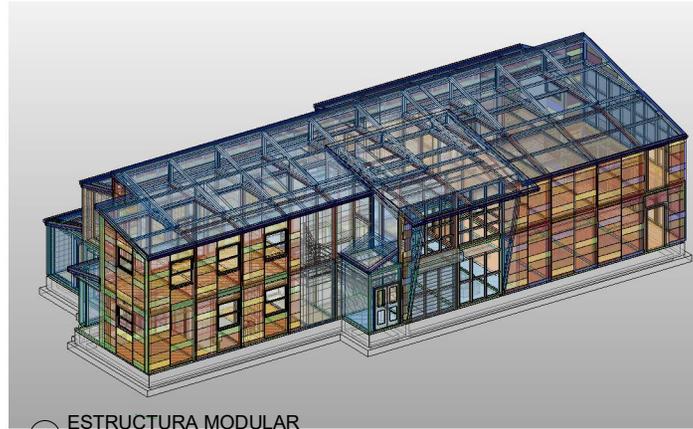
3 GRUPO MODULOS 1



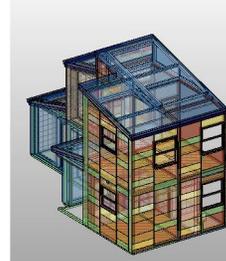
2 MODULO 1



7 GRUPO DE MODULOS 4-5



1 ESTRUCTURA MODULAR



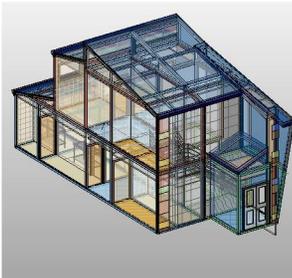
13 GRUPO MODULOS 10-11



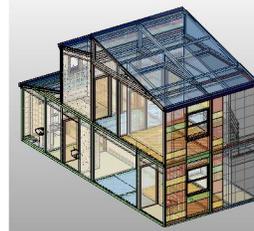
8 GRUPO DE MODULOS 5-6



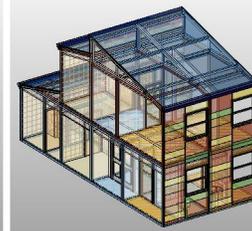
9 GRUPO DE MODULOS 6-7



10 GRUPO DE MODULOS 7-8



11 GRUPO DE MODULOS 8-9



12 GRUPO MODULOS 9-10

PLANO DE
ESTRUCTURA
DE MODULOS

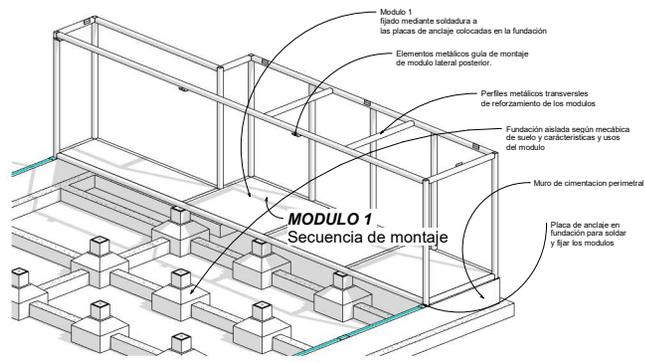
Fecha
Diciembre 2020

Elaborado por:
JESUS BÉRTOLO
CHANTENG

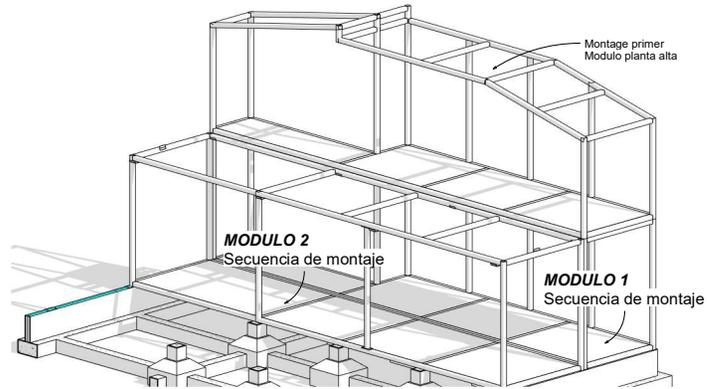
Profesores:
LAURA GALLARDO
MARIO TERAN

Plano
E - 102

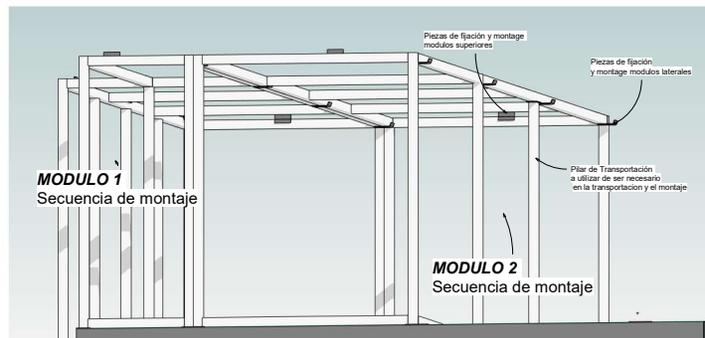
Escala



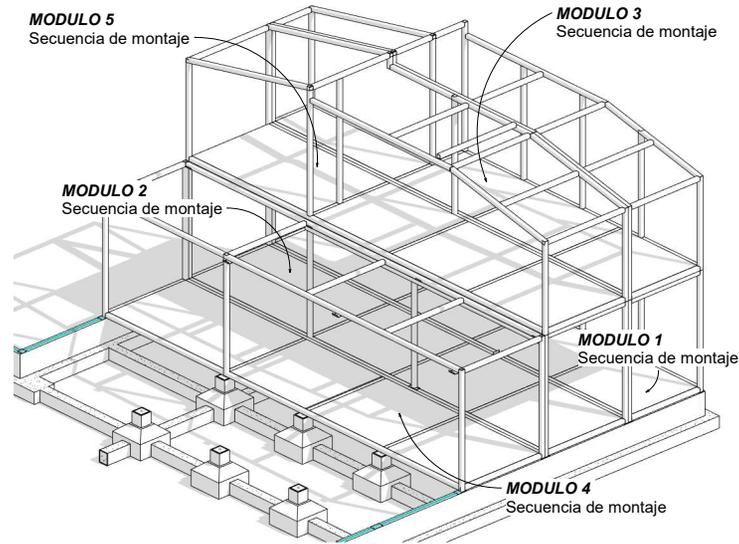
2 Detalle Secuencia de Montaje M-1



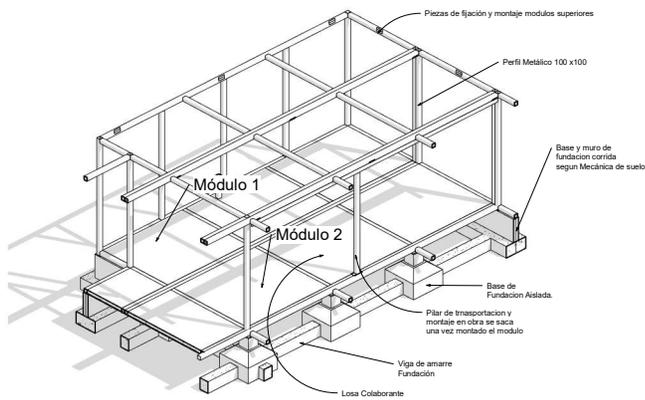
4 Detalle Secuencia de Montaje M-3



3 Detalle Secuencia de Montaje M-2 Interior

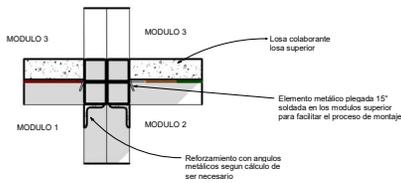


5 Detalle Secuencia de Montaje M-5

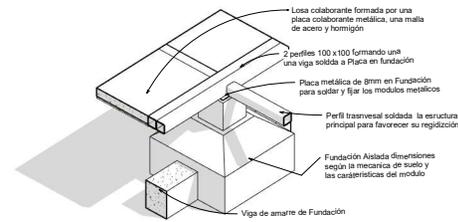


1 Detalle unión de Módulos

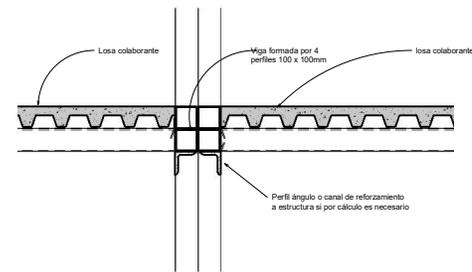
Unión de cuatro módulos metálicos formando una viga con 4 perfiles de 100 x 100mm, de ser necesario se puede reforzar según cálculo con otros elementos metálicos ya sea ángulos, canales u otro perfil.



3 Detalle Unión 4 Módulos (Interior)



2 Detalle Fundación Aislada



4 Sección Unión 4 módulos (Reforzado)

Sin nombre

Fecha
Diciembre 2020

Elaborado por:
Autor

Profesores:
Verificador

Plano
E - 104

Escala
1 : 10