



FACULTAD DE
ARQUITECTURA
Y URBANISMO

UNIVERSIDAD DE CHILE



RECUPERA

Planta de Acopio y Reciclaje de RCD
Región Metropolitana

Memoria de proyecto para optar al título de Arquitecto
Por Ignacio Ruz Olguín

Profesor Guía
Yves Besancon Prats

Proceso 2020



RECUPERA
PLANTA DE ACOPIO Y RECICLAJE DE RCD

Por Ignacio Ruz Olguín

Memoria de proyecto para optar al título de Arquitecto

Profesor guía
Yves Besancon Prats

Enero, 2021
Facultad de Arquitectura y Urbanismo

Universidad de Chile

Santiago, Chile

00 INICIO

Resumen	06
Motivaciones	07

01 PROBLEMÁTICA

Gestion ineficiente de los residuos	10
Impacto de los RCD	12
Beneficios del reciclado de RCD	14

02 MARCO TEÓRICO

Contexto residual en Chile	18
Residuos de construcción y demolición	22
Estadísticas de RCD en Chile	24
Economía circular en la construcción	26
Reciclaje de RCD	30
Procesos de reciclaje	32

03 LUGAR

Criterios de selección	36
Determinación del sector específico	38
Selección del terreno	40
Análisis urbano	42

04 PROYECTO

Fundamentos	46
Objetivos	47
Propuesta programática	48
Estrategias de diseño	52
Calculo de capacidad	54
Estructura	56
Avance proyectual	60
Etapas post construcción	66

05 FINAL

Conclusiones	70
Bibliografía	72
Anexos	74
Agradecimientos	80

RESUMEN

Las actividades de construcción y demolición han sido las principales causales del deterioro que afecta a nuestro entorno natural. La alta demanda de materiales vírgenes y la elevada tasa de generación de residuos comprenden una problemática que afecta al mundo en general sin excepciones. Los países más desarrollados en su mayoría han tomado medidas efectivas en cuanto a el tratamiento de estos residuos mediante la implementación de una economía circular en sus construcciones, logrando arquitecturas mas sustentables y un desarrollo cíclico de los materiales mediante la recuperación de estos.

Nuestro contexto nacional hoy en día esta al debe en esta búsqueda e implementación de dichas medidas, lo que conlleva a un gran numero de problemas urbanos y ecológicos. Esto demuestra una falta de iniciativa y de concientización para la construcción de nuestro país, que es la generadora de un 34% de los residuos anuales (CDT, 2020).

Al no tener más alternativas que el desechar, los residuos de construcción y demolición (de ahora en adelante RCD) son tratados de manera similar a cualquier otro residuo, desplazando estos a puntos de disposición en donde no cumplen ninguna función mas que crear un impacto al medio natural próximo.

En ese entonces, el proyecto “RECUPERA” tiene como fin impulsar el cambio necesario en el funcionamiento de nuestras construcciones mediante la formulación y el diseño de una instalación que actúe como el eslabón faltante en la cadena de trabajo: una planta de reciclaje de los RCD en donde estos sean tratados, revalorizados y reintegrados al ciclo económico de la construcción, prolongando así su vida útil, y evitando la disposición final junto con las complicaciones ecológicas que esto conlleva.

La propuesta apunta además a potenciar nuevas costumbres en torno al manejo de los residuos en general, demostrando que una gestión adecuada tiene beneficios ecológicos, económicos y sociales a corto y a largo plazo. Este es el punto de partida para lograr un cambio que sea significativo en donde se definan nuevos lineamientos en todos los procesos productivos.

La arquitectura y la construcción sostenible, junto con un pensamiento consciente en mejorar el planeta, son la manera de trabajar y conseguir estar orgullosos de nuestro patrimonio en el futuro.

MOTIVACIONES

Durante el desarrollo de mi carrera y mi crecimiento como persona siempre me interesó el pensar como mejorar las cosas, como ser parte de un avance significativo dentro de mis posibilidades. Esto influyó al momento de elegir que carrera estudiar, ya que consideré que la arquitectura como tal es una de las caminos (junto con muchas otras disciplinas) más prácticos para lograr cambios a diversas escalas, independiente del enfoque que se le dé.

Veo la importancia del reciclar no solo como una herramienta para ayudar al planeta, si no que también como una forma que nos permita ayudarnos a nosotros mismos como sociedad y a los que vengan después de nosotros. No se trata únicamente de reciclar materiales, se trata de cambiar nuestra forma de pensar los procesos y de conseguir generar más ocupando la menor cantidad posible.

Entender esto es materia de trabajo de todos y cada uno a partir de su conocimiento. Mi propuesta se basa en ello, aprovechar las herramientas aprendidas directa e indirectamente de la facultad para desarrollar un cambio en la forma que realizamos las cosas y así aportar con mi grano de arena para lograr un futuro consciente que crezca a partir del trabajo de sus debilidades.

La arquitectura significa acciones de cambio, pero ello no implica que como disciplina no requiera de un cambio propio. Como futuro profesional de este rubro siento que es mi turno de lograrlo, y prometo que mi trabajo siempre tendrá presente esta responsabilidad.

“Los residuos como concepto son de una exclusividad humana, ya que, dentro de la naturaleza, es una idea completamente desconocida, en ella las salidas o desperdicios de un organismo siempre resultarán en un aporte útil para otros”

(Szaky, 2014).



GESTION INEFICIENTE DE LOS RESIDUOS

En primera instancia, la problemática relacionada con los RCD es que, al catalogarse erróneamente como basura o desechos, no existe un buen procedimiento o una reglamentación adecuada con respecto al que hacer con ellos, cuál sería la mejor alternativa para deshacerse de estos generando el menor impacto ambiental posible.

“La gestión de escombros puede ser abrumadora si no se regula bajo un plan de trabajo y tratamiento de los recursos desechados. Por esto es muy importante conocer los orígenes y métodos de control para administrarlos de la forma más adecuada y sin producir grandes impactos en el medio ambiente.”

(Hildebrandt Gruppe, 2016)

Las políticas en nuestro país dictan un lineamiento estándar en cuanto al manejo de los RCD que contempla: un almacenamiento temporal en situ en caso de ser necesario, un transporte seguro por medio de entidades autorizadas y una disposición final registrada en sectores aprobados. Si bien en la teoría este es un modelo de operación correcto, se enfoca solo en el que hacer y no en el detallado de cómo hacerlo porque su grado de especificación es muy bajo, quedando al debe con todo el abanico de posibilidades existentes.

Actualmente para la recepción de estos existen únicamente dos alternativas que han sido programadas e impulsadas por la SEREMI de Salud: los vertederos y los rellenos sanitarios. Ambas estrategias hoy día funcionan de manera correcta, pero con conflictos de acuerdo a ciertos aspectos:

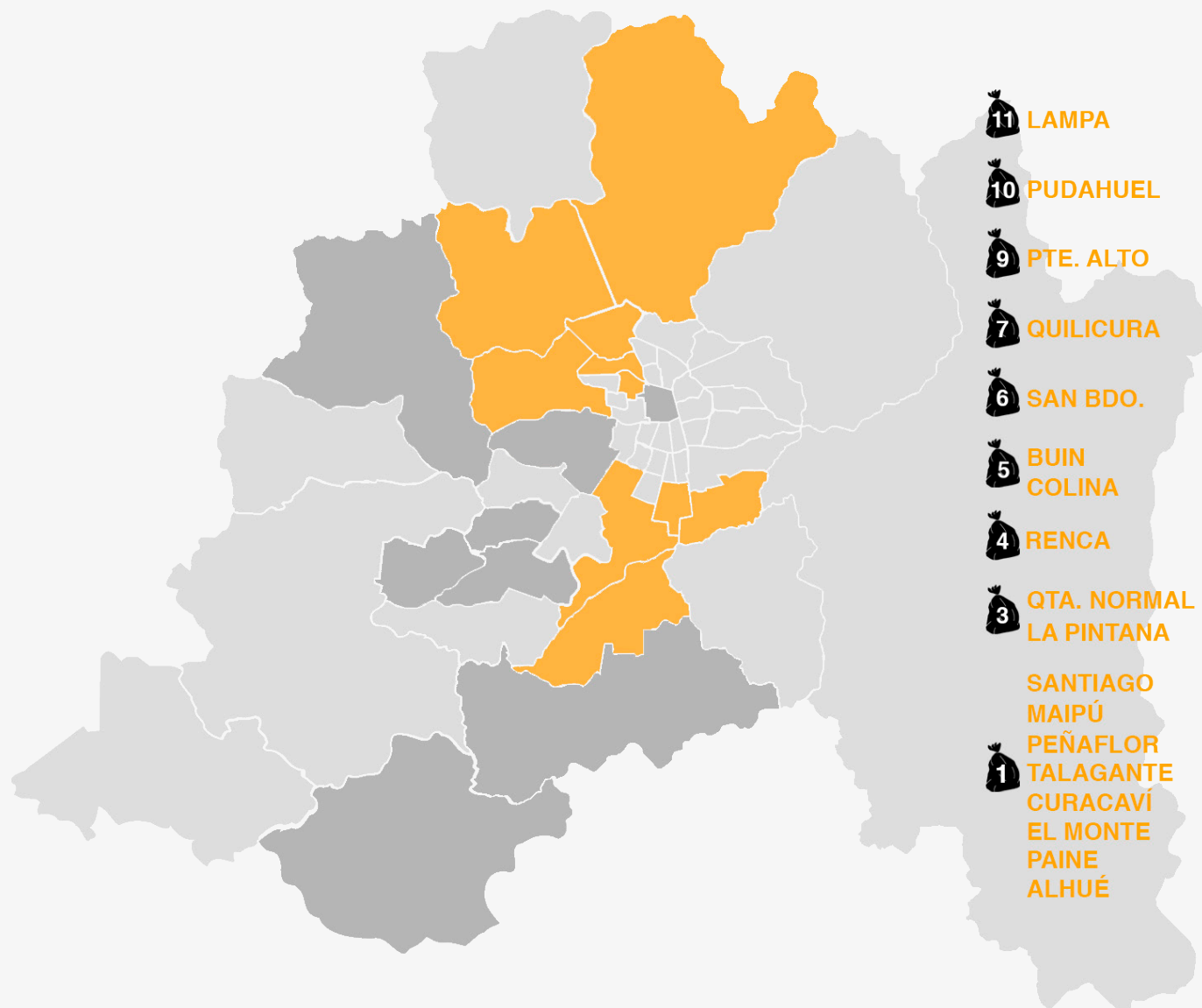
En primera instancia esta la lejanía que estos tienen con los centros urbanos, la mayoría se localizan en la periferia o fuera de estos por lo que el desechar de manera adecuada involucra un gasto de tiempo y de dinero que no todos los generadores de residuos están dispuestos a invertir. Cuando ocurre esta situación, lamentablemente el destino final de los RCD queda a la voluntad de los mismos productores, quienes usualmente para hacer el quite a la pérdida, deciden tomar la alternativa más sencilla y buscar un sector deshabitado lo más cercano posible para dejar sus escombros y pasar del problema

La mayoría de estos puntos de disposición clandestinos se clasifican como microbasurales o vertederos ilegales de residuos sólidos (de ahora en adelante VIRS), que según explica el MMA (2018) tienden a estar ubicados en sitios públicos de riberas de ríos (23%), sitios privados (42%) o eriazos públicos (35%). Durante el año 2017, **únicamente en la RM, se catastraron un total de 73 sitios de disposición ilegal de residuos**, alcanzando una superficie de 400 hectáreas en conjunto (SEREMI R.M., 2018)

Otro aspecto que genera conflicto se relaciona con que dichos puntos encargados de realizar esta recepción de los residuos no presentan otra función además de la acumulación, denotando la inexperiencia y falta de curiosidad por alternativas de aprovechamiento de estos materiales, tanto de aquellos que provengan de la construcción como los de origen municipales/domiciliarios.

Teniendo en cuenta que el ritmo de crecimiento de las ciudades influye directamente en la cantidad de residuos generados y, por ende, en el tamaño de los rellenos sanitarios y vertederos controlados, es cosa de tiempo para que la capacidad de estos puntos se vea superada obligando a generar nuevos sectores de disposición, volviendo una y otra vez al mismo ciclo. Se estima que los periodos de vida útil de los rellenos sanitarios tienen un margen de 25 años (SUBDERE, 2018), periodo en el cual los radios urbanos pueden expandirse y acercarse peligrosamente a estos puntos de captación residual.

Abajo
 Numero de basurales o vertederos ilegales
 por comuna de la RM.
 Fuente: Elaboración propia a partir de
 SEREMI, MMA (2018)



IMPACTO DE LOS RCD

Al tratarse en su mayoría de materiales inertes e inorgánicos, el estado de disposición final de los RCD es casi infinito y su descomposición es un proceso extenso en el tiempo, siendo en algunos casos peligrosos debido a las emisiones que esos materiales desprenden.

Ambientalmente los riesgos que representan los RCD se relacionan con todos los tipos de contaminación que estos involucran: desprendimiento de material particulado a causa del movimiento y los golpes, gases de combustión en maquinarias, deterioro del suelo vegetal y napas subterráneas al entrar contacto con aguas lluvias, riesgo de incendios, alteración del paisaje y contaminaciones acústicas por ruido y vibraciones.

Esto a su vez genera un impacto directo en el cambio climático, ya que el área de la construcción en nuestro país es capaz de generar **el 31% de las emisiones de CO₂, utilizar un 32,6% del consumo energético y un 7% del consumo hídrico total** (CDT, 2020).

Desde el punto de vista social, el impacto se deriva a partir de lo anterior, y se acrecienta aún más cuando las zonas de disposición son de carácter ilegal y están próximas a zonas residenciales o urbanizadas. El convivir con un basural o VIRS causa un deterioro de la calidad de vida de los residentes próximos ya que estos tienden a ser focos de infecciones y plagas. Si se tiene en cuenta aquello y el contexto actual que está viviendo nuestro país y el mundo a raíz de la crisis sanitaria a causa de la pandemia de COVID-19, el impacto se acrecienta aún más y surgen conflictos sociales.

La existencia de estos puntos ilegales produce también que se pierda el valor del suelo, el entorno natural que tiende a transformarse en basurales mixtos de residuos de construcción y demolición y residuos sólidos domiciliarios (RSD) lo que deteriora el patrimonio natural y da paso a riesgos de incendios y desprendimientos de tierra.

Por el lado de los impactos económicos, los RCD denotan una ineficacia y poca productividad en las obras, ya que se habla de materiales que fueron transportados desde un punto a otro, en donde pudo o no ser utilizado, para luego ser transportado nuevamente y dejado en otro sector. Todo esto conlleva una demanda importante de recursos económicos dentro de una obra, **alcanzando costos promedios de 75,5 US\$ (\$56.600) para la gestión cada m³ de residuos** (Bravo, Valderrama, & Ossio, 2019), dato que contempla una composición promedio de los RCD de un único proyecto a lo largo de todas sus etapas.



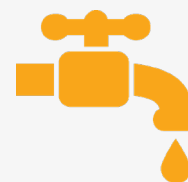
34%
residuos



31%
emisiones
de CO₂



32,6%
consumo
energético



7%
recursos
hídricos

Arriba
Estadísticas de los RCD
Fuente: Elaboración propia a partir de CDT
(2020)

Foto: VIRS en sector residencial
Fuente: La Tercera (2019)



BENEFICIOS DEL RECICLADO DE RCD

Establecer un modelo de economía circular dentro de la construcción y la arquitectura es uno de los medios para impulsar procesos de reciclaje y disminuir la alta tasa de generación de residuos, otorgando una mayor importancia a materiales desechados por sobre los de origen natural e instaurando el concepto de “**minería urbana**” para la obtención de materias primas. Esto significaría dirigir la atención al material disperso sobre la ciudad antes que los de carácter virgen y ayudar a dilucidar la problemática existente.

Ambientalmente esto favorecería a la disminución de las emisiones y del consumo energético, aumentando el porcentaje de material revalorizado anualmente en nuestro país.

Paralelamente, se estaría entregando importancia a entidades que actualmente emplean labores de reciclaje a pequeña escala, cumpliendo una función de intermediarios entre los productores y consumidores de RCD. Este protagonismo impulsaría esta actividad económica y la instauraría como la pieza faltante para lograr un desarrollo sostenible y sustentable en la construcción. Se espera también que a medida que surjan nuevas alternativas, se den nuevos puestos de trabajo que podrían involucrar a la población local, sobre todo a aquellos que actualmente realizan labores de reciclaje clandestinas.

Desde el punto de vista social, el demostrar la posibilidad de desarrollar construcciones más sustentables a partir de los desechos con resultados de capacidades y resistencias similares, puede generar un cambio de la conciencia con respecto a la importancia y las oportunidades que representa el reciclaje en las distintas actividades económicas como en la vida urbana en general. En ese sentido, el diseño sustentable tendría una implicancia directa en el actuar de la población por medio de la arquitectura y la construcción.

Más específicamente, implementar esta práctica significa aplicar una capacitación dirigida a la mano de obra en cuanto al manejo de los residuos dentro de esta, lo que genera beneficios tanto para su seguridad al momento del trabajo y a su vez una mayor productividad en cada obra y generando **ahorros que pueden ir desde un 25% a 50% del costo implicado en una gestión descoordinada de los RCD** (Construye2025, 2020). Efecto similar ocurriría en obras de demolición que se lleven a cabo de forma selectiva, en donde el manejar los RCD de forma separada inculca un orden y facilita el manejo posterior.



Foto: RCD separados en obra.
Fuente: CDT (2020)

CONTEXTO RESIDUAL EN CHILE

El manejo y tratamiento residual a lo largo del mundo involucra un desafío importante debido a las grandes cantidades de desechos que se generan diariamente y que cuya diversidad representa una complejidad mayor ya que involucra aspectos como la composición y la fuente de origen de cada uno.

En nuestro país se han desarrollado diversas medidas con el objetivo de simplificar, mejorar el manejo y tratamiento de cada tipo de residuos, durante el año 2016 se dicta la Ley 20.920 de “Chile Recicla” (BCN, 2021) que se enfoca en tres premisas principales:

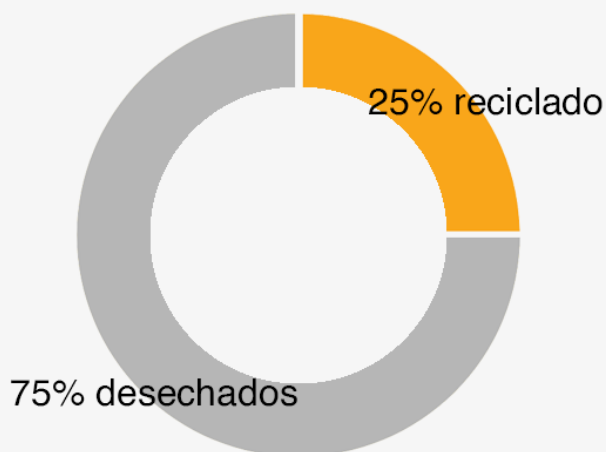
- Generar registros de producción: a partir de este se logra tener una conciencia real de la cantidad de residuos con la que se está trabajando en periodos determinados, lo que a su vez permite proyectar acciones y anticipar problemáticas mayores.
- Responsabilidad extendida del productor (REP): se entrega la obligación a las entidades productoras de velar por un correcto manejo de sus residuos, los cuales deberán declarar y hacerse cargo de financiar su gestión.
- Fomento del reciclaje: quizás el punto más importante, implica el concientizar a la población, promoviendo conocimientos y estadísticas de manera transparente, considerando la opinión y la demanda pública.

Estos tópicos sumados a la formulación de entidades con responsabilidades en materia de gestión residual, como lo son el Ministerio del Medio Ambiente (MMA) junto con el Sistema Nacional de Información Ambiental (SINIA), posibilitan esclarecer información real en cuanto a la generación de residuos en nuestro país, junto con muchas otras informaciones de interés para el área ambiental.

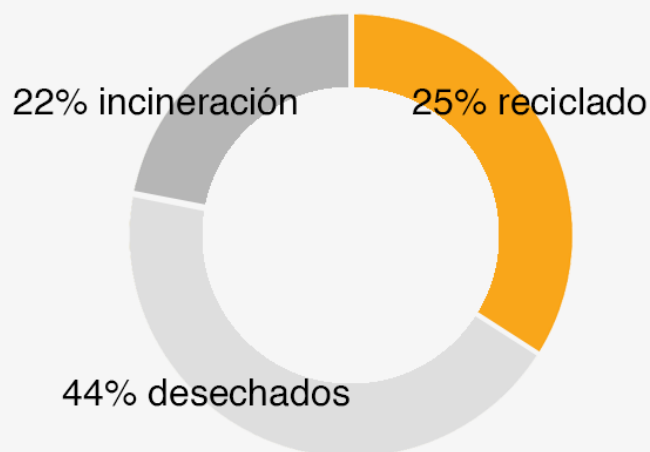
A partir de la documentación entregada en el Quinto Reporte del Estado del Medio Ambiente, se dan a conocer las cifras reales correspondientes al contexto residual de nuestro país. En él, se especifica que únicamente **durante el año 2017 se generaron 23 millones de toneladas de residuos declarados de diversos orígenes, de los cuales únicamente el 25% (5,58 millones)** son revalorizados o reciclados de alguna manera (MMA, SINIA, 2019), cifra que si bien resulta alentadora, es necesario seguir incrementando.

Es importante mencionar que la cantidad residuos generados se relaciona directamente con la cantidad de población en un sector determinado y actividad económica principal.

CHILE



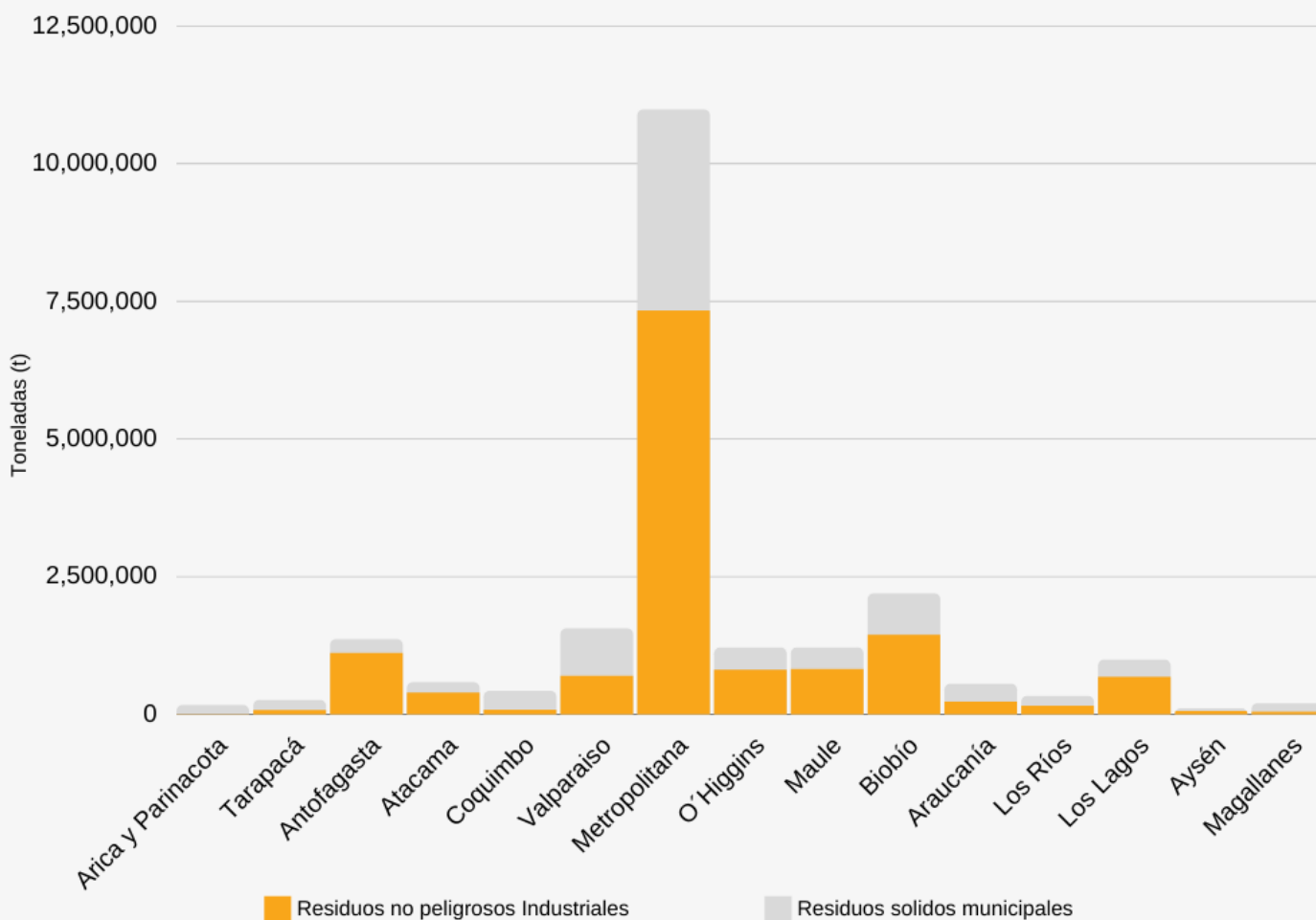
OCDE¹



Arriba
Porcentajes de destino de residuos
Chile v/s promedio de OCDE
Fuente: Elaboración propia a partir de
Avalos, F. (2017)

Abajo
Cantidad de residuos por región
Fuente: Elaboración propia a partir de
MMA, SINIA. (2019)

Cantidad de residuos por región, 2017



(¹)OCDE: Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico.

Ahora bien, ¿en que se relaciona la arquitectura con esta realidad?

La arquitectura, como actividad específica encargada de crear y diseñar los espacios de nuestro entorno, no tiene una implicancia directa a esta cifra residual sino hasta el punto en donde las propuestas deban concretarse y se dé inicio a las actividades de construcción necesarias para ello.

Muchas personas pueden considerar ambas actividades como un solo proceso único, como también dos por separado, pero teniendo en cuenta que ambos son dependientes del otro (en la teoría para una buena arquitectura), los dos puntos de vista son correctos.

Aquí es donde nuestra responsabilidad en esta temática se hace evidente ya que el hecho de construir las propuestas es una de los procesos que más cambios, para bien o para mal, realizan en el entorno tanto natural como social.

Una de las principales actividades generadoras de residuos a lo largo del mundo es la construcción, la cual trabaja a la par con la arquitectura con la misión de transformar y hacer crecer nuestro entorno urbano en diversas escalas. Es lógico entonces que se dé una relación de que mientras más arquitectura construida existe en un mismo sector, mayor cantidad de residuos se presentará en este.

“La construcción es una de las actividades económicas de mayor demanda de recursos en el contexto mundial por lo que es una de las industrias menos amigables con el medio ambiente”

(Li, Zhu, & Zhang, 2010)

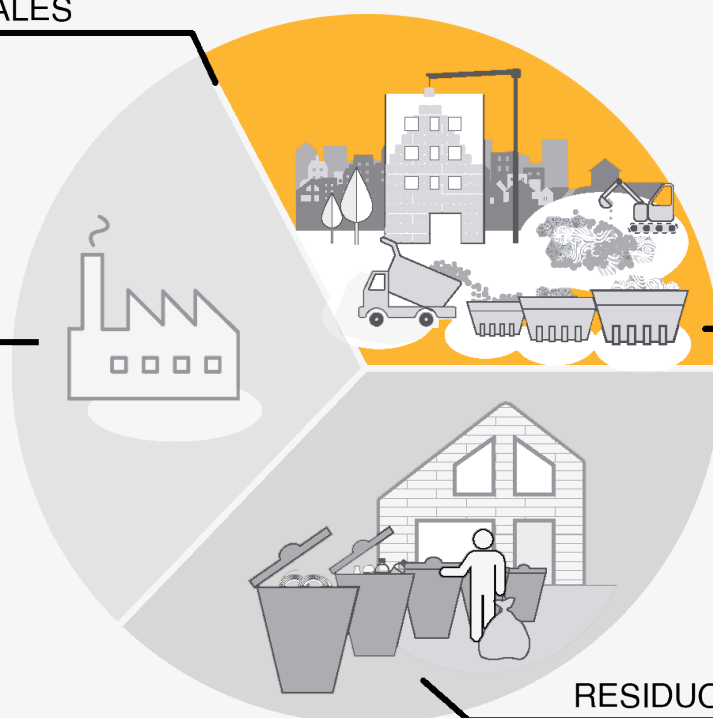
La explotación de bienes naturales, el agotamiento de los ecosistemas, la polución y deterioro del aire y de los cursos naturales de agua son las más grandes consecuencias directas que tanto la arquitectura como la construcción tienen sobre el planeta, esto debido a que como “industria”, el proceso productivo es bastante largo y lleno de acciones generadoras de residuos.

Al día de hoy, se estipula que **la construcción es el responsable del 34% (7,86 millones) de los residuos que se generan año a año en nuestro país** (CDT, 2020). Esta cifra comprende todas las etapas que conforman un proceso constructivo, desde la extracción del material virgen, su tratamiento, utilización y posterior demolición (de darse el caso). Cada una de estas actividades presenta a una salida residual por sí sola con una cantidad y cualidad de material diferente.

RESIDUOS INDUSTRIALES

61,7%
+ 1.9% de PTAS²

28%
INDUSTRIA
PRODUCTORA



(²)Planta tratamiento de aguas servidas.

Arriba
Orígenes de los desechos nacionales
Fuente: Elaboración propia a partir de
MMA (2018)

RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN

Los RCD como concepto han sido catalogado con diversas definiciones que permiten especificarlos y diferenciarlos del resto de las tipologías de residuos. Su conceptualización tiende a referirse a estos como elementos restantes de todos los procesos constructivos los cuales, al haber perdido su valor, requieren de un transporte y eliminación, sin ahondar en la existencia de alternativas de reutilización de estos mismos dentro de una misma construcción o desde una a otra, lo que hace evidente la poca práctica y lo poco internalizado en cuanto al entender los RCD como una materia prima que aun presenta un valor de uso.

Se entiende en ese entonces que los RCD poseen una denominación de acuerdo a su origen, dentro del cual se considera un grupo de actividades como la construcción de nuevos proyectos, rehabilitaciones, reparaciones, reacondicionamientos, preparación de terrenos, en estos ejemplos los causales más comunes corresponden a ensayos in situ, fallas de mano de obra, cambios de proyecto con la construcción en marcha, errores de cálculo o de presupuestos. Mientras que, en obras de demolición, estas pueden ser a partir de la perdida de uso de una edificación, alguna catástrofe natural o como producto de conflictos bélicos.

De igual manera, el lograr cuantificar estos residuos es necesario para coordinar y organizar su manejo, como también para efectos de este proyecto. Actualmente existen tendencias y métodos de cálculos que demuestran correctos resultados en cuanto al desarrollo de cálculos materiales y económicos dentro de un proyecto.

“Se ha reconocido que la cuantificación adecuada de los residuos de construcción y demolición es de gran importancia para establecer un sistema de gestión eficaz tanto a nivel de proyecto como a nivel regional”.

(Wu, Yu, Shen, & Liu, 2014)

Los resultados de estos cálculos suelen ser representativos de acuerdo a la “costumbre constructiva” (material predominante, tipo de estructura) de cada contexto, ya sea país o ciudad, por lo cual son replicables únicamente entre sectores con una tipología constructiva similar.

“Como es lógico, las diferencias existentes entre los distintos países en lo que se refiere a materiales utilizados (sobre todo en viviendas tradicionales), prácticas constructivas y desarrollo tecnológico del sector de construcción y demolición, constituyen un factor determinante a la hora de establecer los componentes principales de los RCD”.

(Aguilar, 1997)

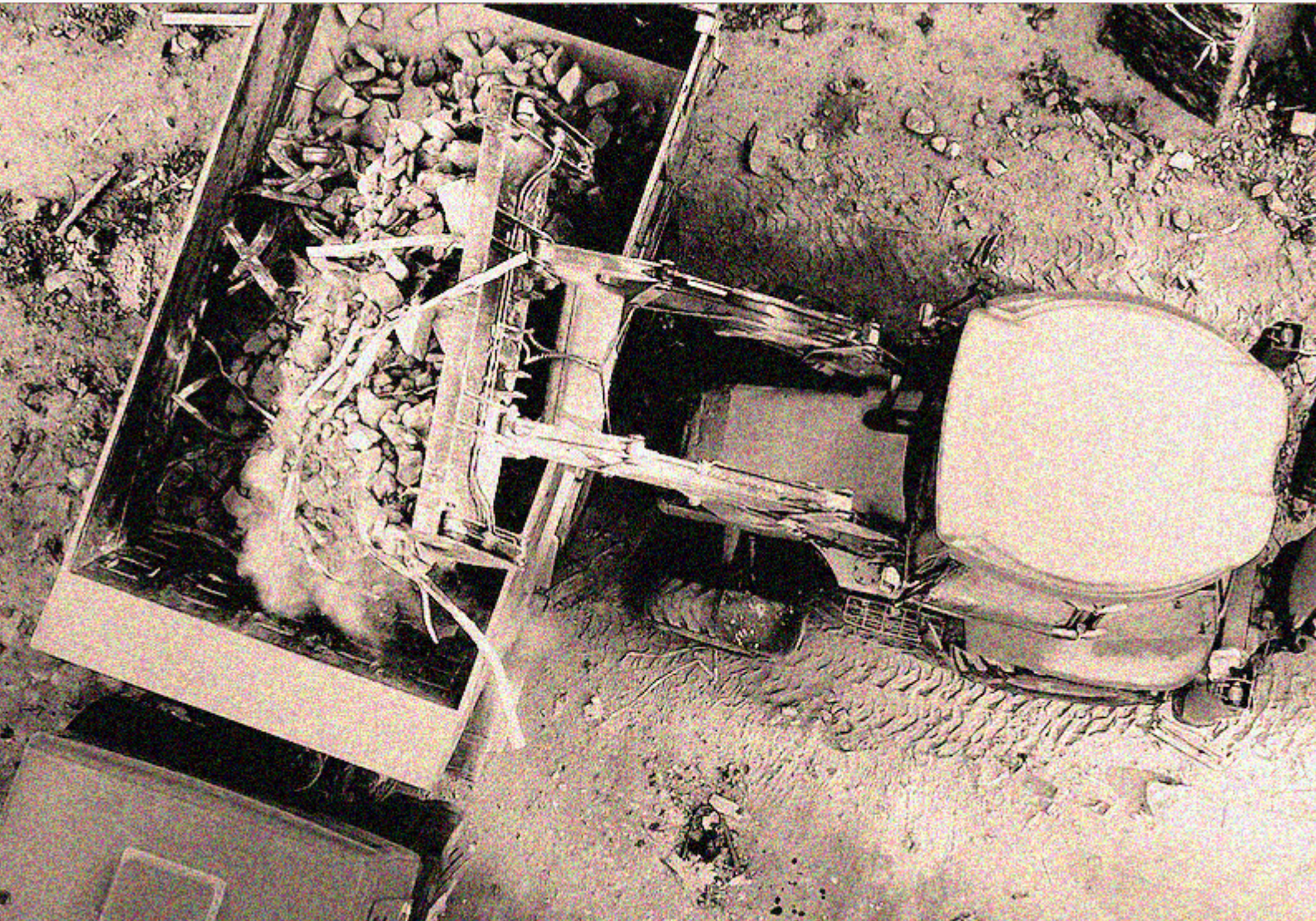


Foto
Carga de RCD en camión tolva
Fuente: Revaloriza (2021)

Dentro de nuestro contexto nacional, la Cámara Chilena de la Construcción (CChC) ha definido dos constantes o proporciones teóricas de acuerdo a la generación de RCD. La primera trabaja de acuerdo a la relación existente entre la cantidad de m³ de RCD generados por cada m² construido de acuerdo a tipologías específicas.

La segunda identifica un escenario promedio en cuando a las proporciones de cada tipología de RCD que se puedan encontrar en una cantidad determinada. Este parámetro permite definir dos aspectos interesantes: el primero es identificar cuáles son los materiales más utilizados dentro de las construcciones en nuestro país, sus cualidades y proporciones de estos en un escenario equitativo.

El hecho de tener dos alternativas de registro resulta beneficioso debido a que, si bien cada uno logra funcionar de manera independiente, también logran funcionar de forma colaborativa en el caso de requerir un resultado mucho más concreto. Con esto de base surge una ventaja muy importante para la gestión de un proyecto de construcción, instancia que puede ser aprovechada dentro del diseño arquitectónico al momento de predecir cantidades dentro de los cálculos previos.

ESTADÍSTICAS RCD EN CHILE

Durante **el año 2017 se produjeron 7,82 millones de RCD** en todo el país, a partir de distintas obras tanto de construcción como de demolición, de los cuales **un 35% (2,79 millones) equivalen únicamente a la RM** (MMA, SINIA, 2019).

Se estima que **para el año 2023 en nuestro país se produzcan 7,45 millones de toneladas de RCD** anuales considerando únicamente actividades de construcción de viviendas, equivalente a 7 millones de m³ o 15,5 veces el Estadio Nacional Julio Martínez Prádanos (Construye2025, 2020).

CONSTRUCCIONES
GENERALES



0,235
m³/m²

HABITACIONAL
EN ALTURA



0,220
m³/m²

EDIF. DE
VIVIENDAS



0,200
m³/m²

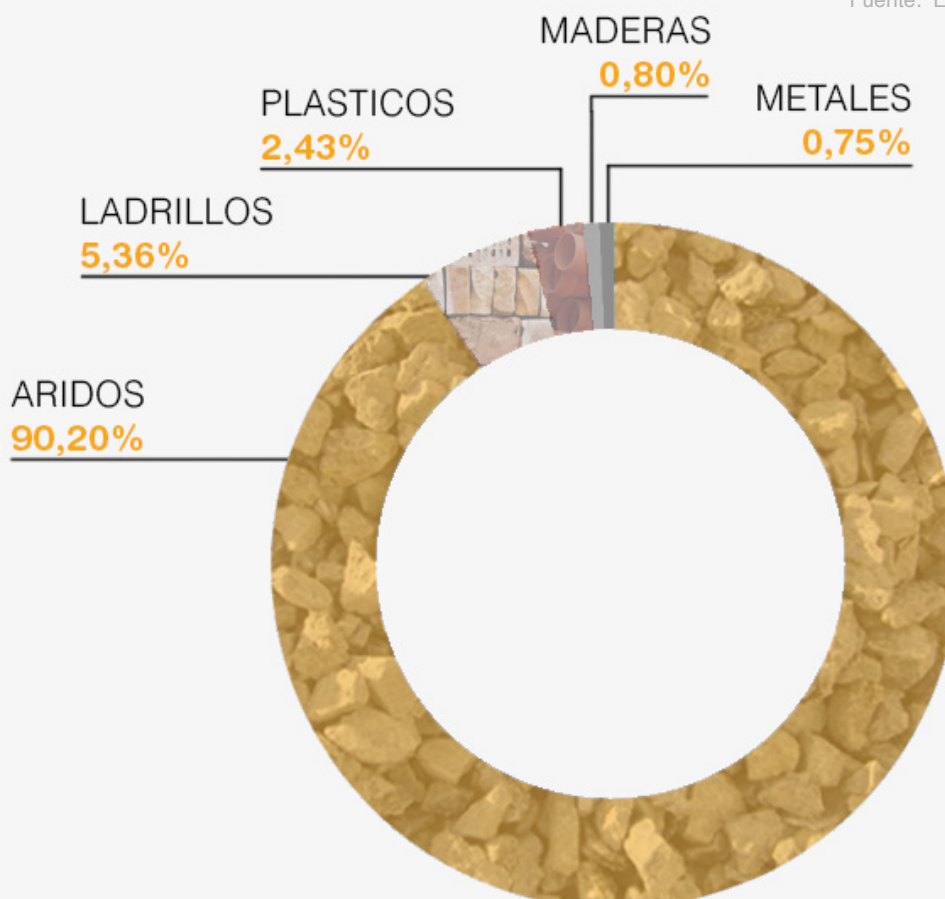
EXCAVACIONES



0,078
m³/m²

Arriba
Índices de producción de RCD por tipo
de obra
Fuente: Elaboración propia a partir de
CCHC (2014)

Abajo
Composicion promedio de RCD en Chile
Fuente: Elaboración propia a partir de
CCHC (2014)



ECONOMÍA CIRCULAR EN LA CONSTRUCCIÓN

La economía circular como modelo de funcionamiento, según explica Ellen MacArthur Foundation (2020), tiene el objetivo de reformar el actual sistema de funcionamiento de los recursos económicos en el mundo. Actualmente el esquema de desarrollo sigue un orden lineal muy fijo basado en el “**tomar, hacer y desechar**”, siendo el culpable del desgaste constante de todos los recursos disponibles y acercándonos a punto de no retorno para una crisis ambiental.

La propuesta de este nuevo sistema se basa entonces, como su nombre lo dice, en **reemplazar el esquema lineal por un trabajo circular que cree ciclos de funcionamiento** mediante la reconexión del estado final de un recurso o alguna otra fase previa con su punto de partida o elaboración.

Para ello se establecen tres aspectos principales que toda actividad económica, independiente del enfoque, debiera seguir en orden para lograr un modelo circular:

1. Diseño libre de residuos y contaminación: se debe entender que los procesos de diseño tienen conexión directa con el impacto ambiental, por lo que el considerar los residuos como materia prima a la par del aprovechamiento de nuevas tecnologías, pueden ayudar a disminuir la cantidad de desechos y contaminación desde etapas muy tempranas.
2. Mantener productos y materiales en uso: se refiere a prolongar lo máximo posible el tiempo en que un producto sea útil dentro de la economía mediante procesos de reutilización, reparación o re manufacturación.
3. Regenerar sistemas naturales: consiste en ir un paso más allá en la protección del medio ambiente, procurando brindarle algún bien en retorno a la naturaleza para mejorarla y evitar imponerle el concepto de basura.

La construcción está muy aferrada al sistema lineal de funcionamiento, siendo una actividad muy demandante en cuanto a la cantidad de recursos y, como se mencionó anteriormente, muy ineficiente en cuanto al aprovechamiento total de estos, lo que justifica la alta cantidad de residuos provenientes de esta única actividad y su impacto ambiental consecuente.

El establecer un modelo económico circular en una alternativa con muchos beneficios para la construcción, ya sean de orden económicos (menos costos de producción), energéticos (procesos de menor demanda), emisiones (avances tecnológicos y menor uso de maquinarias), ambientales (menor degradación ambiental y restauración de los sistemas naturales). Lo que a su vez implica

beneficios al ámbito social y urbano en donde la población influenciada por este nuevo modelo experimentaría un alza en su calidad de vida mediante la mejoría de sus condiciones de habitabilidad, salud y bienestar.

En nuestro país este modelo ha estado generando discusiones en torno a su aplicación y los requisitos que esta conlleva, teniendo en cuenta que para lograr esto tanto la actividad en si como sus protagonistas deben tener un objetivo común de cuestionarse y determinar qué acciones pueden realizar para disminuir su cantidad de residuos, a la par de incrementar y prolongar la utilidad de los productos.

De acuerdo a la encuesta realizada por la CDT³ a 314 individuos relacionados de alguna u otra manera con la construcción, se concluyó que dentro de la construcción chilena el concepto de economía circular es reconocido, entendido y aceptado en la mayoría de los casos como un modelo positivo y muy necesario de implementar.

En cuanto a su funcionamiento, la economía circular dentro de la construcción se puede desarrollar de 3 modos de trabajo que están relacionados con los tres principios mencionados anteriormente, y que cuyo desempeño puede realizarse tanto de manera individual como cooperativa, siendo esta ultima la más beneficiosa.

Los modos son:

1. Diseño circular: se refiere a entidades desarrolladoras de productos, servicios o proyectos pensados en un desempeño circular desde los inicios, por ejemplo: proveedores circulares (uso de energía renovable, recursos reciclados), diseñadores de productos y servicios.
2. Uso circular: estos apuntan a maximizar el ciclo o tiempo de la etapa de uso de un producto, servicio o proyectos como, por ejemplo: seguimientos de infraestructura, compra-venta de materiales.
3. Recuperación circular: se catalogan como aquellos enfocados en aplicar un uso circular de los elementos cuando estos ya cumplieron su vida útil, como lo son proveedores de material recapturado, infraestructuras de reciclaje, proveedores de recuperación.

Es necesario mencionar que el aplicar este modelo dentro de la construcción no implica que los materiales se encuentren estancados en esta actividad en específico, la intención es que, de darse la oportunidad, lo que ya no sea útil dentro de la construcción, pueda serlo en otra actividad o servicio de distintas características, formándose redes colaborativas globales a la par de las específicas.

⁽³⁾CDT: Corporación de desarrollo tecnológico.

MATERIA PRIMA

Extracción de material local de forma consciente con el medio ambiente.



DISPOSICIÓN



RECICLAJE

Procesado del material recuperado mediante terceros o la misma empresa productora. Recuperación circular.

CONSTRUCCIÓN

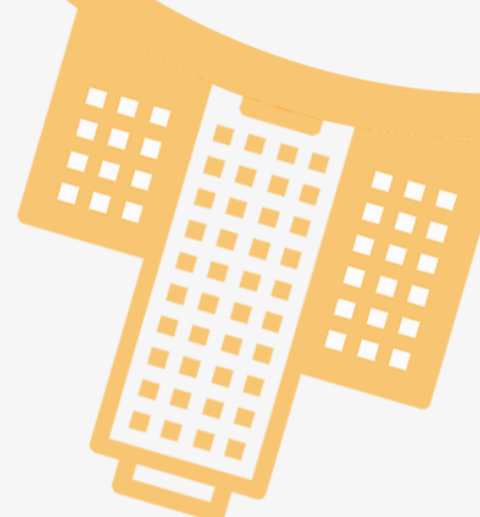
DEMOLICIÓN

Recuperación de los residuos útiles para otras construcciones. Desarmado de manera selectiva y organizada.



RENOVACIÓN/ REHABILITACIÓN

Prolongar la vida de las construcciones mediante intervenciones menores con una correcta gestión residual.





MANUFACTURA

Fabricación bajo un diseño circular que posibilite recuperaciones y disminuir el impacto ambiental.

DISTRIBUCIÓN

Trayectos de entrega reducidos por medio de adquisiciones locales.

REINTEGRACIÓN

Revalorización del material dentro del ciclo constructivo. Redistribución, remanufactura, extensión de vida útil.

CONSTRUCCIÓN

Organizar el manejo de los desechos, optar por medios de recuperación. Disminuir el impacto ambiental en el terreno de construcción.

OPERACIÓN

Trabajar bajo un diseño ecológico que reduzca los consumos y emisiones de la construcción. Realizar mantenimientos rigurosos.

ÓN CIRCULAR

RECICLAJE DE RCD

A diferencia de los procedimientos realizados para su producción, los procesos de reciclaje de los materiales que componen los RCD tienen ciertas similitudes de acuerdo a los requerimientos de maquinaria o a la forma de procesado del material.

Además, el construir utilizando estos materiales en ciertos casos requiere de un uso complementario de estos entre sí, por ejemplo: el uso de madera necesita tornillos hechos de metal; los ladrillos necesitan de estuco para adherirse que se puede salvar como árido, entre otras relaciones. Este aspecto hace que sea factible el trabajo colaborativo entre los procesamientos de los materiales en donde los excedentes o material inservible en uno, sea la materia prima requerida por otro.

En Chile se dan casos de empresas o marcas que se encargan de recibir y tratar una tipología de RCD en específico pero en locaciones distintas. Estas entidades de recaptura y recuperación de RCD se catalogan dentro del modelo de recuperación circular, ya que son los encargados de prestar la maquinaria o infraestructura necesaria para procesos de reciclado y luego reinsertar este material recuperado en el flujo económico.

Al día de hoy la empresa Revaloriza proyecta para el presente año la elaboración de la primera de cinco plantas de valorización de residuos mixtos de la construcción generados dentro de la región de Valparaíso. Con una primera ubicación en el sector industrial de Viña del Mar, la empresa buscaría una meta de reciclar y valorizar 120.000 toneladas de RCD para el 2023, en paralelo de potenciar el trabajo cooperativo entre todos los actores de la cadena: generadores, transportistas, recicladores de base, plantas recicladoras y comunidades (González, 2021)



Foto
Descarga de residuos metalicos separados
Fuente: Revaloriza (2021)

PROCESOS DE RECICLADO

1. ÁRIDOS (hormigones y cementos)

La intención de este proceso es reemplazar la fuente de obtención de material, retirando la carga impuesta sobre los puntos de extracción naturales y disminuyendo el impacto ecológico en la producción de nuevos áridos. La simpleza y rapidez de esta técnica de reciclado está condicionada el uso previo que haya tenido el hormigón recuperado. Este proceso tiene las capacidades de realizarse en maquinarias tanto fijas como móviles.

2. LADRILLOS

Reciclar ladrillos se puede definir como un proceso de dos alternativas, la primera es la recuperación del material como tal, ósea, del ladrillo completo mediante una limpieza pero siempre que este no supere un cierto nivel de deterioro. La otra alternativa es rescatar la arcilla que los compone. Esta al igual que en los áridos se obtiene por la trituración de los elementos, generando una nueva fuente del material para la creación de nuevos ladrillos.

3. PLÁSTICOS

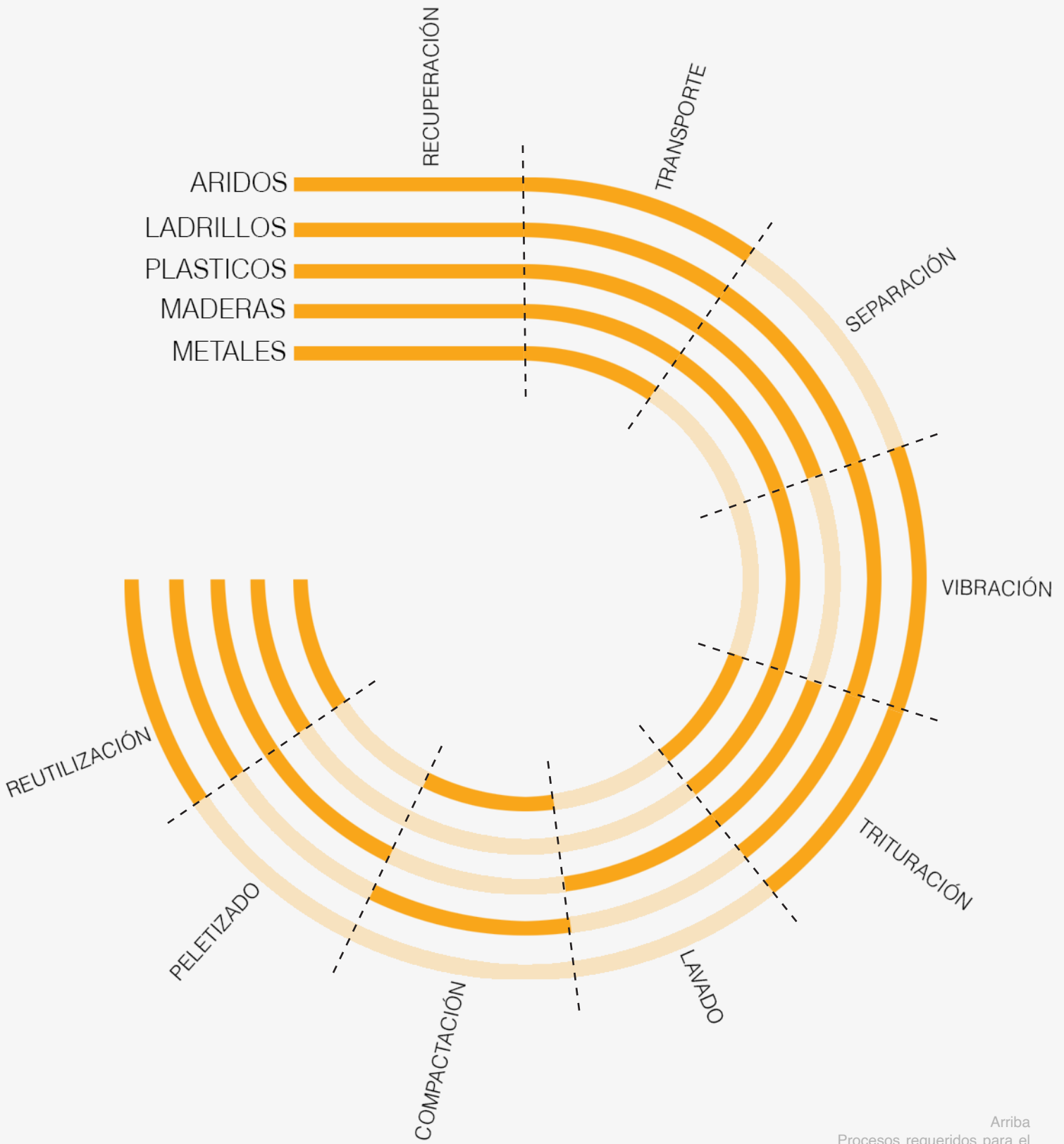
Los residuos de plásticos provienen en mayoría de obras de terminaciones debido al embalaje y a la generación de excedentes. Este tipo de RCD suele catalogarse más como basura que como escombros por el hecho de no ser un elemento constructivo como tal.

4. MADERAS

Reciclar maderas es una alternativa muy útil cuando no se tiene un fin definido para los excedentes de material y no se quiera optar por el desecho. La sencillez de su proceso se debe a que no requiere de ningún tratamiento previo, aparte de una separación en caso de ser necesario. Los productos de este proceso son virutas o aserrines útiles para la confección de tableros, carbón vegetal o uso agrícola.

5. METALES

La trituración y compactación de metales es una alternativa con beneficios ambientales y económicos. La reducción del costo del material bruto y de la cantidad de energía necesaria para obtenerlo, junto con el reemplazo de la extracción desde puntos naturales, son los principales pros que hacen que esta alternativa sea viable. Se debe considerar la tipología de metal a tratar, ya que no todos tienen las mismas características.



REQUIERE
 NO REQUIERE

Arriba
 Procesos requeridos para el
 reciclado de cada material
 Fuente: Elaboración propia



Foto: Captura satelital vertedero de Lepanto
Fuente: Elaboración propia

CRITERIOS DE SELECCIÓN

Como la intención de la propuesta es de poder generar una respuesta rápida y replicable que dé inicio a una red de acopio que actúe en toda la RM, se definen parámetros que posibiliten la instalación del proyecto en distintos sectores.

1. Emplazamientos en zonas de uso de suelo industrial para mantener distanciamiento con sectores residenciales y poder optar a una disponibilidad de terrenos de mayores dimensiones que permitan flexibilidad en el proyecto.
2. Determinar zonas con problemáticas ambientales que atenten contra el medio social y natural directo. La intención de este parámetro es intentar reducir la cantidad de VIRS y sus problemáticas, al mismo tiempo que se entregue una alternativa a los puntos de extracción y disposición que cuya ubicación se vea comprometida con el avance urbano.
3. Lograr una buena conectividad vial del proyecto con la urbe para reducir tiempos de traslado de los materiales, el costo monetario y las emisiones.
4. Locaciones intermedias con respecto a las distancias existentes entre los puntos legales de disposición de residuos y el centro de la ciudad para evitar desplazamientos innecesarios del material durante su reciclado.

DETERMINACIÓN DEL SECTOR ESPECÍFICO

De acuerdo a las premisas anteriores se localiza un sector de trabajo a partir de una situación ambiental particular que actualmente representa un peligro directo para el entorno natural y social.

La ubicación se emplaza en el sector sur de la ciudad de Santiago, donde se unen las comunas de San Bernardo, La Pintana y Puente Alto, limitando al sur con el cauce del río Maipo. En este sector se tiene una peligrosa cercanía de la zona residencial actual de San Bernardo y el vertedero Lepanto, el cual se separa únicamente por un pequeño cerro, y hasta hace un par de años ha ido generando polémicas a partir de su funcionamiento al margen de la ley.

A pesar de tener permisos para la recepción de ciertos tipos de residuos el vertedero ha estado recibiendo desechos de carácter peligrosos sin tener las capacidades sanitarias necesarias. Y, además, se ha desarrollado una zona de extracción ilegal de áridos para su venta.

Todas estas faltas salieron a la luz durante el año 2019 a raíz de un incendio al interior del vertedero, en donde la quema de residuos peligrosos liberó gases tóxicos que generaron problemas químicos y amenazas a la salud a los vecinos más cercanos, obligando a la SEREMI de Salud a clausurar el lugar. La noticia de este suceso termino por catalogar este vertedero como el “Chernobyl de San Bernardo”.

Actualmente el vertedero sigue funcionando únicamente con permisos para la recepción RCD y otros residuos industriales, pero de todas maneras sigue significando un peligro para su entorno.

El foco del proyecto entonces apunta a cooperar en el reemplazo o desarme de este punto de disposición, quitando la carga de contaminación en el sector y mejorar la calidad de vida de los residentes.

Abajo
Capturas noticia de incendio en el
vertedero de Lepanto
Fuente: Noticiero 24Horas, TVN (2019)



Arriba
Contexto próximo a vertedero de Lepanto
Fuente: Elaboración propia

SELECCIÓN DEL TERRENO

Si bien la respuesta más automática sería emplazar la propuesta en la misma ubicación del vertedero o lo más próximo posible, con ello no se estaría cumpliendo con los criterios de ubicación, ya que se trata de una zona residencial actualmente considerada en el nuevo PRMS100⁴ que proyecta una recuperación del sector con nuevas áreas verdes y viviendas.

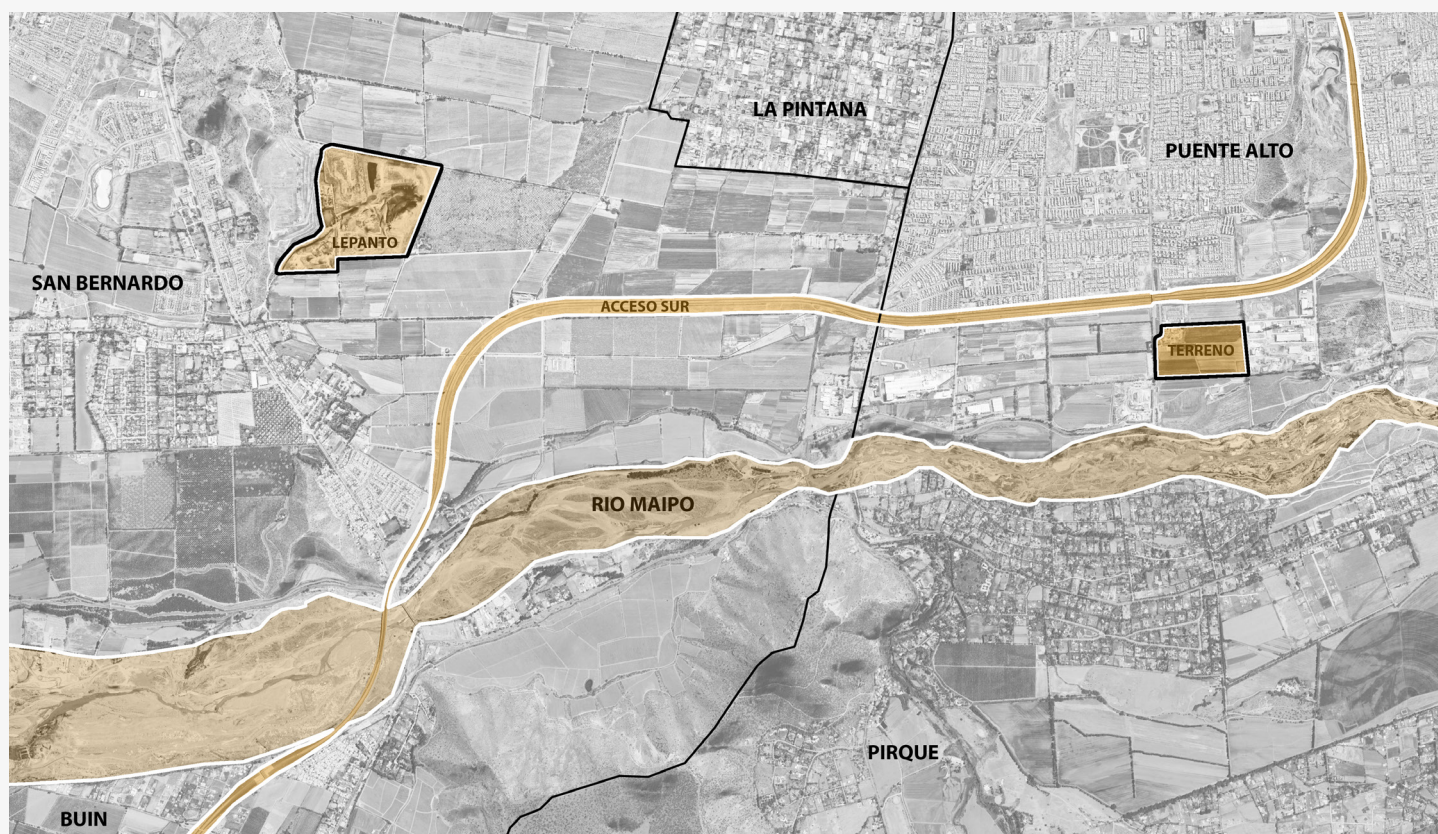
En consecuencia de lo anterior se determina localizar la propuesta en la zona industrial más cercana al vertedero que presente una disponibilidad adecuada de superficie distanciada de las zonas residenciales actuales y proyectadas.

La comuna de San Bernardo presenta posibilidades de emplazamiento cercanas pero aledañas a sectores residenciales por lo que se aumenta el radio de búsqueda. La opción escogida se ubica en el sector sur de la comuna de Puente Alto, en donde existe una zona de uso industrial definida y en aumento denominada como IM1⁵, con fábricas e industrias ya establecidas y con una alta disponibilidad de superficie, separado de los sectores residenciales gracias a la Autopista Acceso Sur, que además entrega una conectividad vial directa con el anillo de Américo Vespucio y con el resto de Santiago.

El terreno escogido tiene una superficie de **17 hectáreas**, con un distanciamiento de 300 mts con el área residencial más cercana y con una conexión directa al Acceso Sur. Actualmente el uso empleado en el terreno es de carácter agrícola, pero con posibilidad de uso industrial según el PR de Puente Alto.

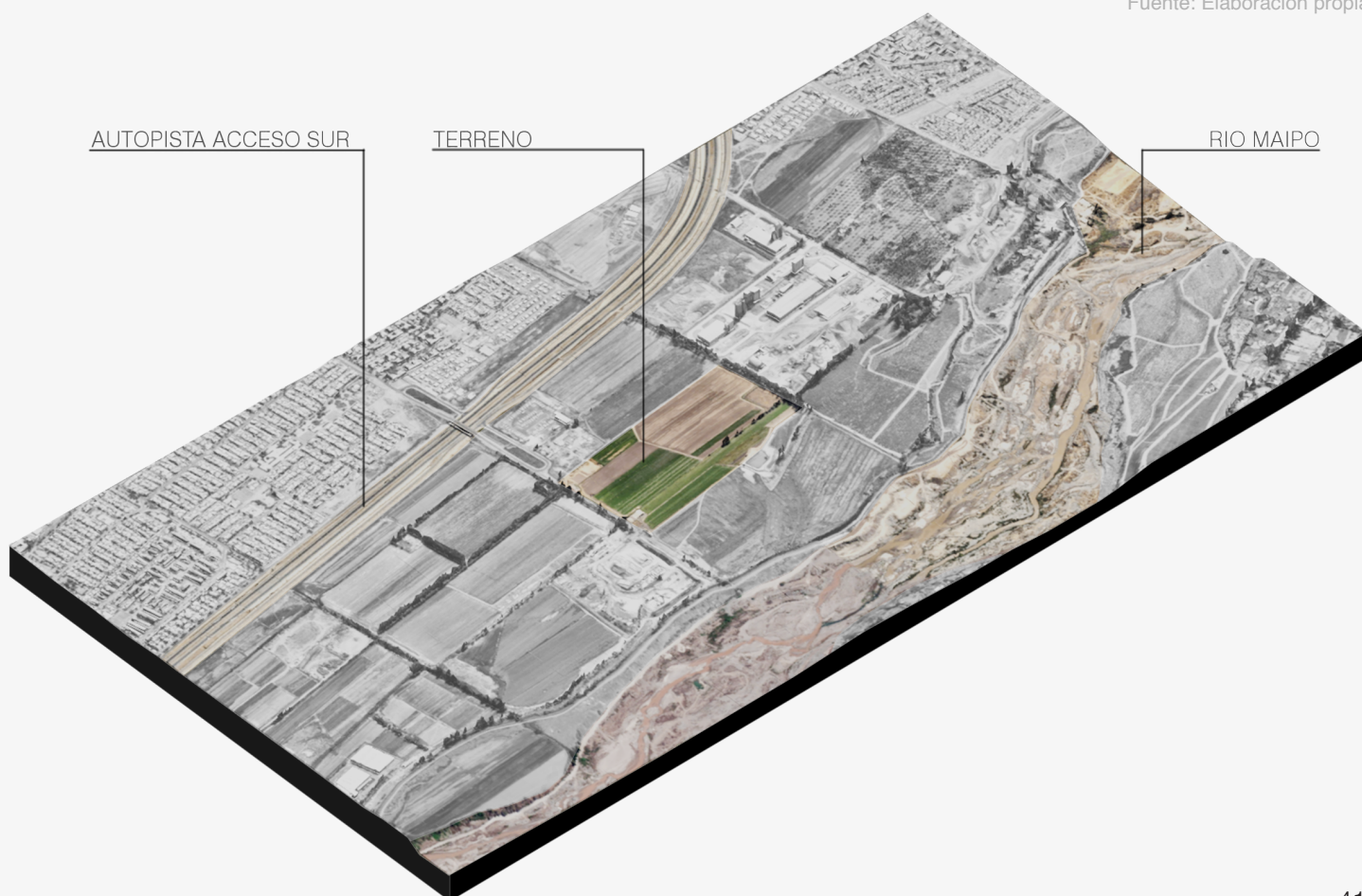
⁽⁴⁾PRMS100: Modificación número 100 del Plan Regulador Metropolitano de Santiago

⁽⁵⁾IM1: Zona de actividad productiva exclusiva según artículo 6.1.3.1 del P.R.M.S., obtenido del PR de Puente Alto

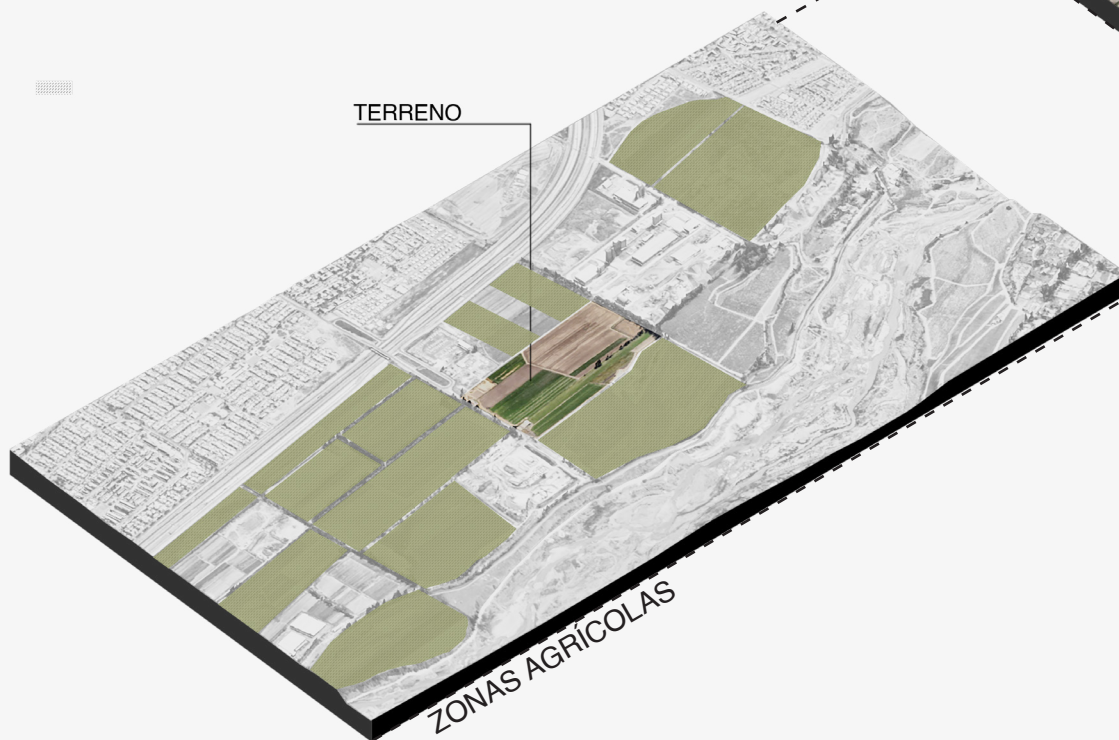
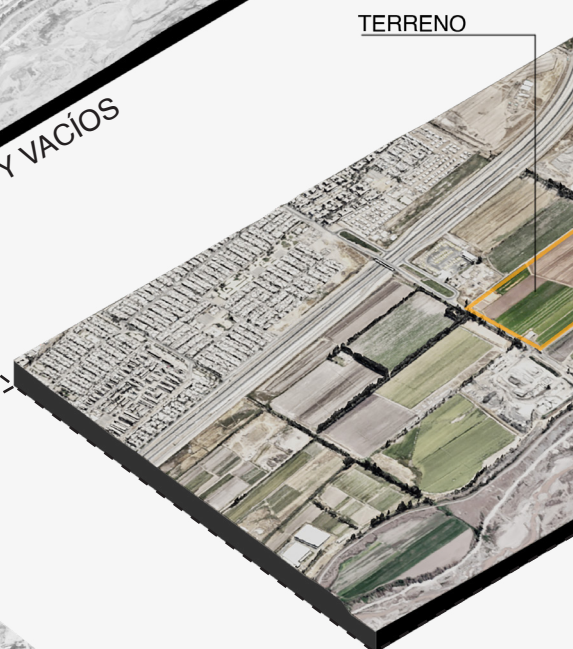
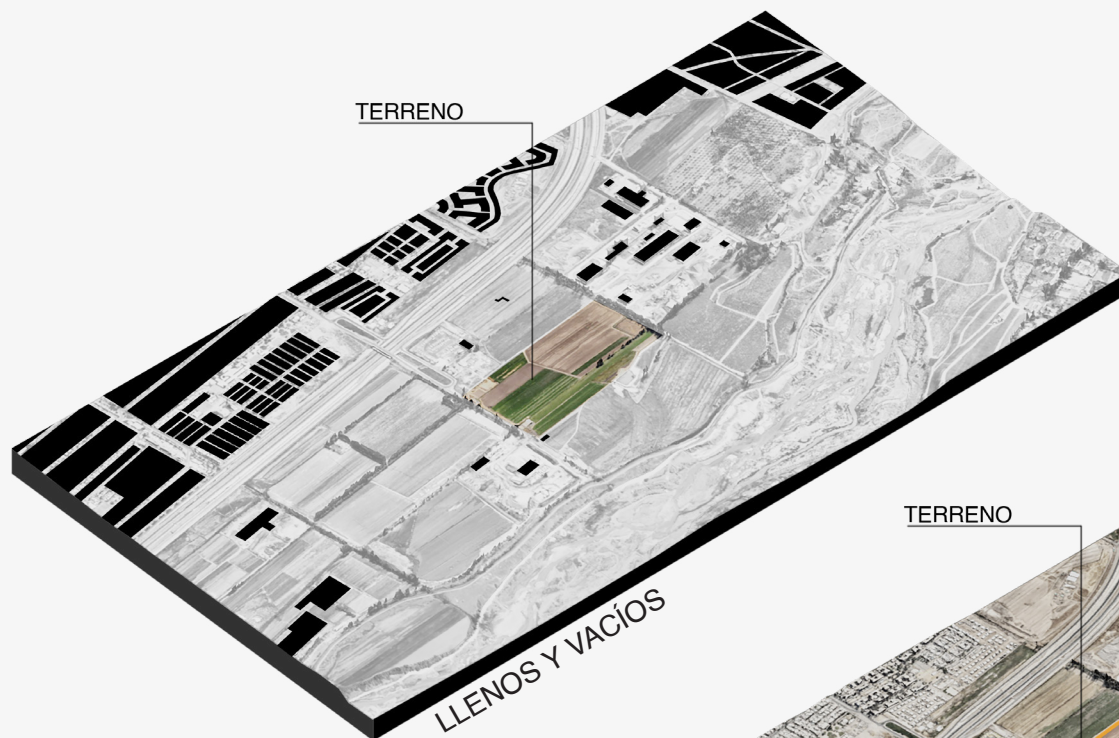


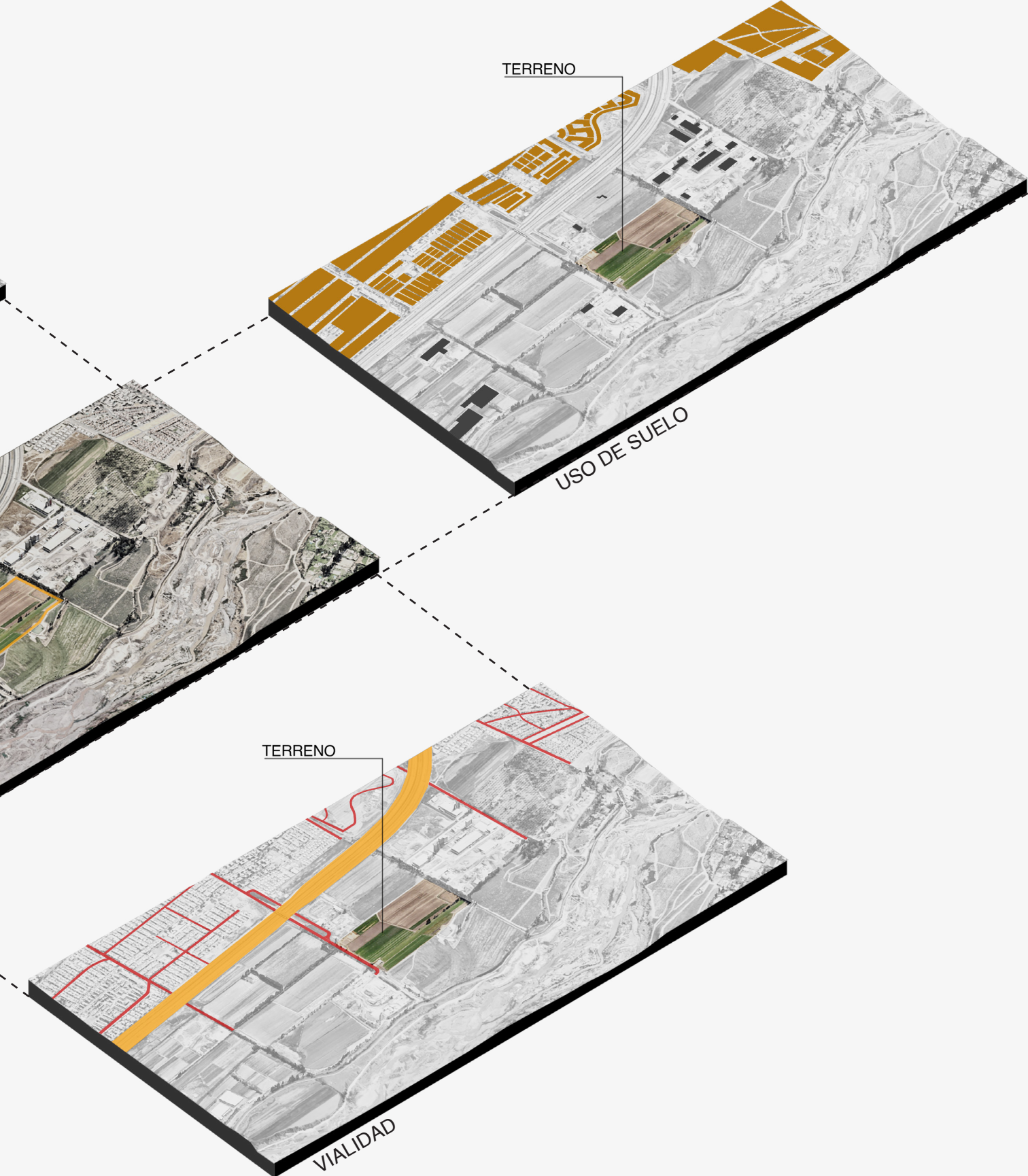
Arriba
Imagen satelital sector sur comuna San Bdo. y Puente Alto
Fuente: Elaboración propia

Abajo
Imagen satelital de contexto próximo a terreno seleccionado
Fuente: Elaboración propia



- USO AGRÍCOLA
- INDUSTRIAL
- RESIDENCIAL
- CALLES
- AUTOPISTA ACCESO SUR





FUNDAMENTO

De acuerdo a lo expresado anteriormente, se demuestra una falta de alternativas ecológicas en el manejo de los RCD en nuestro país lo que ha conllevado a situaciones de riesgo tanto para la población como para el patrimonio natural. Esta situación demanda una responsabilidad tanto la arquitectura como de la construcción en cuanto a emplear una búsqueda de soluciones eficientes y de bajo impacto ambiental dentro del desempeño de sus funciones.

Durante el desarrollo de este trabajo se consideraron de tres posibles maneras de abordar esta problemática y brindar una solución: la primera se basa en un avance teórico, con normativas o documentación atingente en cuanto al manejo de los RCD, especificando procesos o fases necesarios. Esta materia actualmente ya tiene un nivel de desarrollo en nuestro país, y para los fines de este trabajo y de los conocimientos adquiridos no es la temática de interés.

Otra posibilidad es la de crear un proyecto pionero hecho en base a la mayor cantidad de material reciclado para demostrar las posibilidades técnicas de los procesos y los beneficios que esto traen consigo. Pero la individualidad de esta solución no es la característica necesaria como para lograr generar un cambio en la problemática.

La última alternativa, que es la seleccionada, involucra desarrollar un proyecto de características más industriales que facilite los procesos de reciclado de los RCD de manera que se catalogue como un punto de referencia del desarrollo de la recuperación circular.

Se determina por esta última debido a que el impacto que tiene la propuesta es más directo y su funcionamiento es más participativo, ya que involucraría no solamente a quienes desechen los RCD, si no que también a aquellos que los transportan y a quienes deciden utilizarlos como materia prima en nuevos proyectos. Además, porque se trata de la infraestructura que hace falta en nuestro país para que saltemos desde la teoría a la práctica.

La propuesta entonces, en palabras más específicas, consta de una Planta de Acopio y Reciclaje de RCD, la cual brinde un servicio de recuperación del material para su reinserción en el sistema económico y en nuevas edificaciones u otro tipo de actividades. Se considerarán los 5 materiales mas utilizados dentro de la construcción nacional.

Teniendo en cuenta la dificultad que implica que toda la generación de RCD de la RM sea acumulada en un solo sector, es que se define que el proyecto sea el punto de inicio para un nuevo sistema regional de plantas recicladoras de RCD, en el cual se distribuya la carga de manera equitativa.

OBJETIVOS

El objetivo principal de esta propuesta es potenciar el modelo circular dentro de la construcción, siendo un ejemplar de una alternativa ecológica capaz de reciclar los RCD mediante una solución práctica, rápida y versátil que además denote un empleo de diseño circular preocupado de la utilidad futura del proyecto.

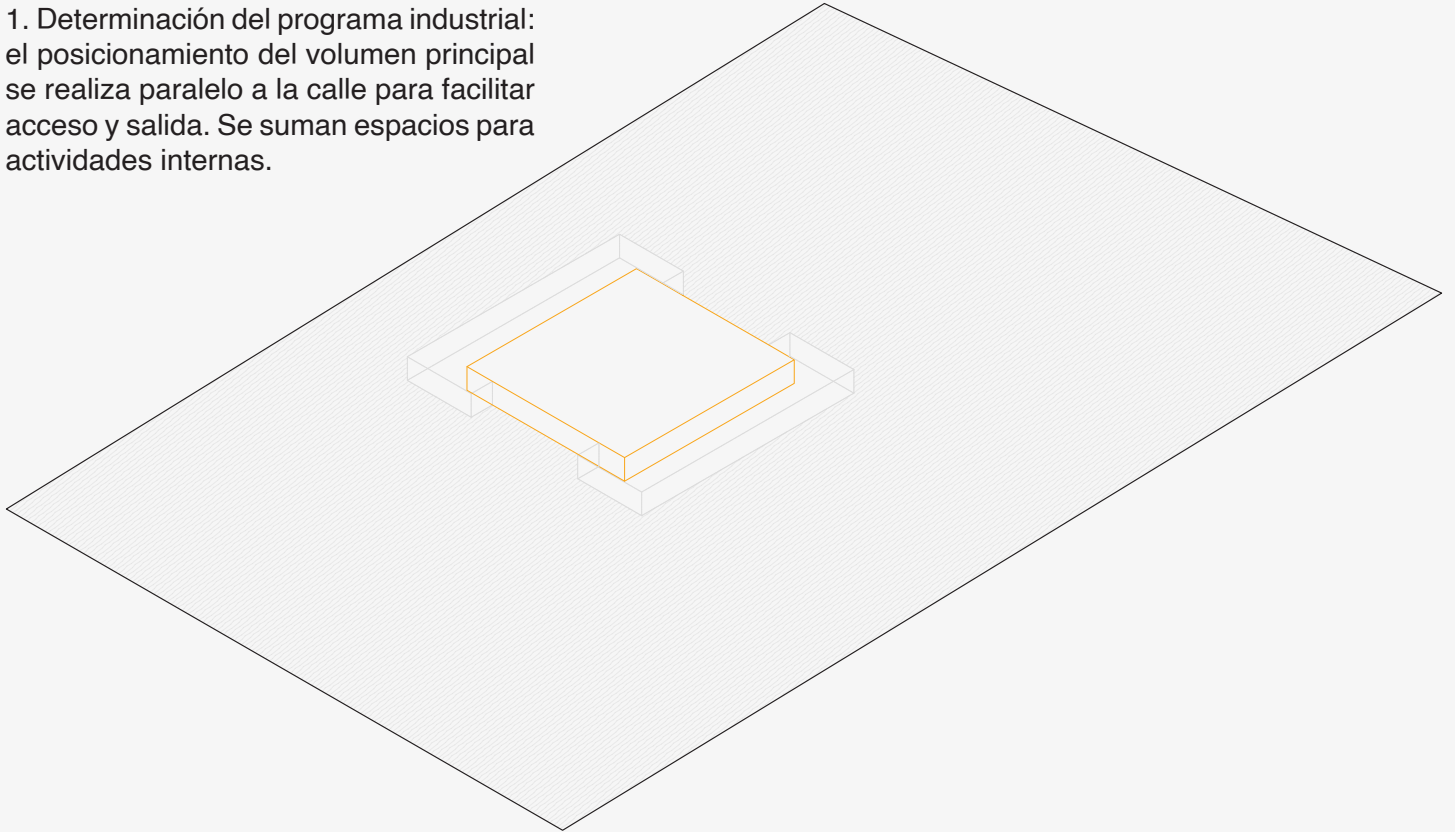
Como objetivos específicos para la propuesta de Planta de Reciclaje están:

1. Lograr una respuesta modular de fácil lectura estructural, que posibilite cambios a futuro y una eventual evolución.
2. No caer en el esquema básico de galpón industrial, demostrar criterios de diseños consecuente con la funcionalidad y con el aprovechamiento de ámbitos naturales.
3. Procurar una eficacia en cuanto al funcionamiento interno, para que los tiempos de estadía de cada camión sean lo más breve posible, y en el caso de que no, prestar servicios básicos correspondientes y zonas de espera y descanso.
4. Desarrollar ambientes seguros, con separaciones adecuadas y evitando mezclas de uso industrial y particular.
5. Regenerar el sistema natural intentando que la propuesta sea lo menos invasiva posible y que su programa no se expanda de manera irregular más allá de los recintos definidos.

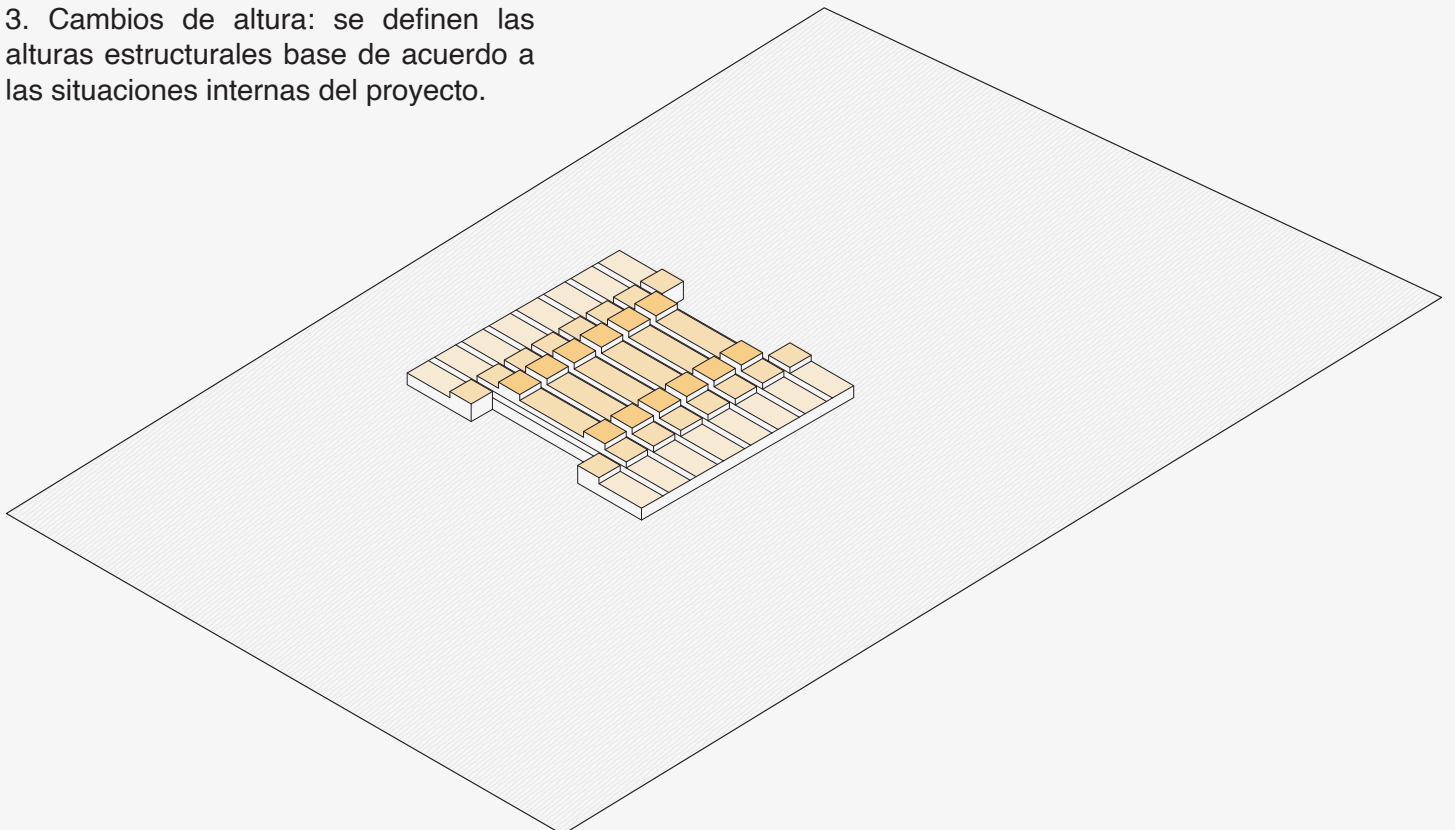
*Considerar que durante la elaboración de esta memoria, el proyecto de arquitectura se encontraba aún en etapas de desarrollo, por lo que los resultados demostrados en este documento pueden no coincidir con la presentación final del proyecto.

ESTRATEGIAS DE DISEÑO

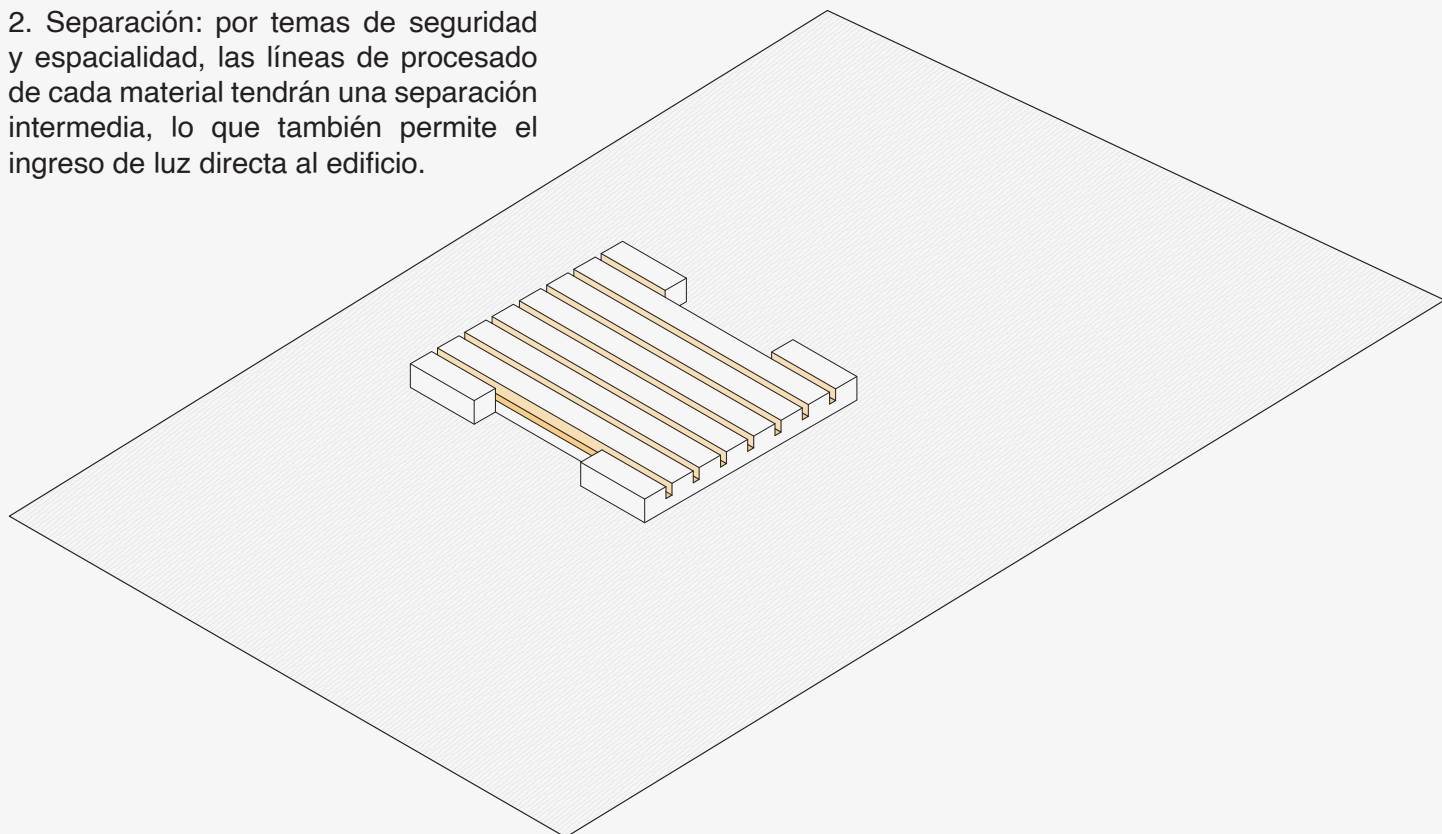
1. Determinación del programa industrial: el posicionamiento del volumen principal se realiza paralelo a la calle para facilitar acceso y salida. Se suman espacios para actividades internas.



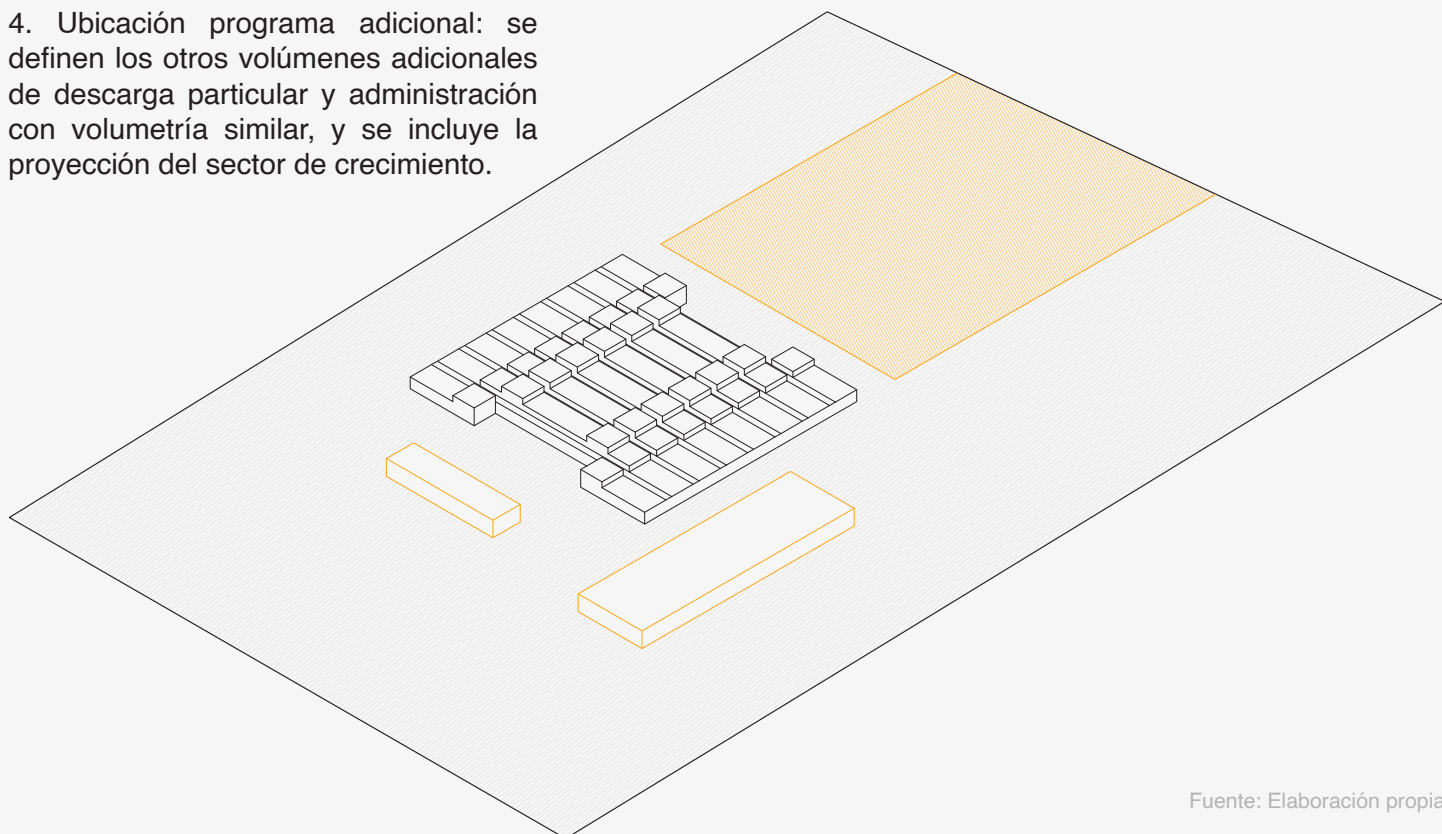
3. Cambios de altura: se definen las alturas estructurales base de acuerdo a las situaciones internas del proyecto.



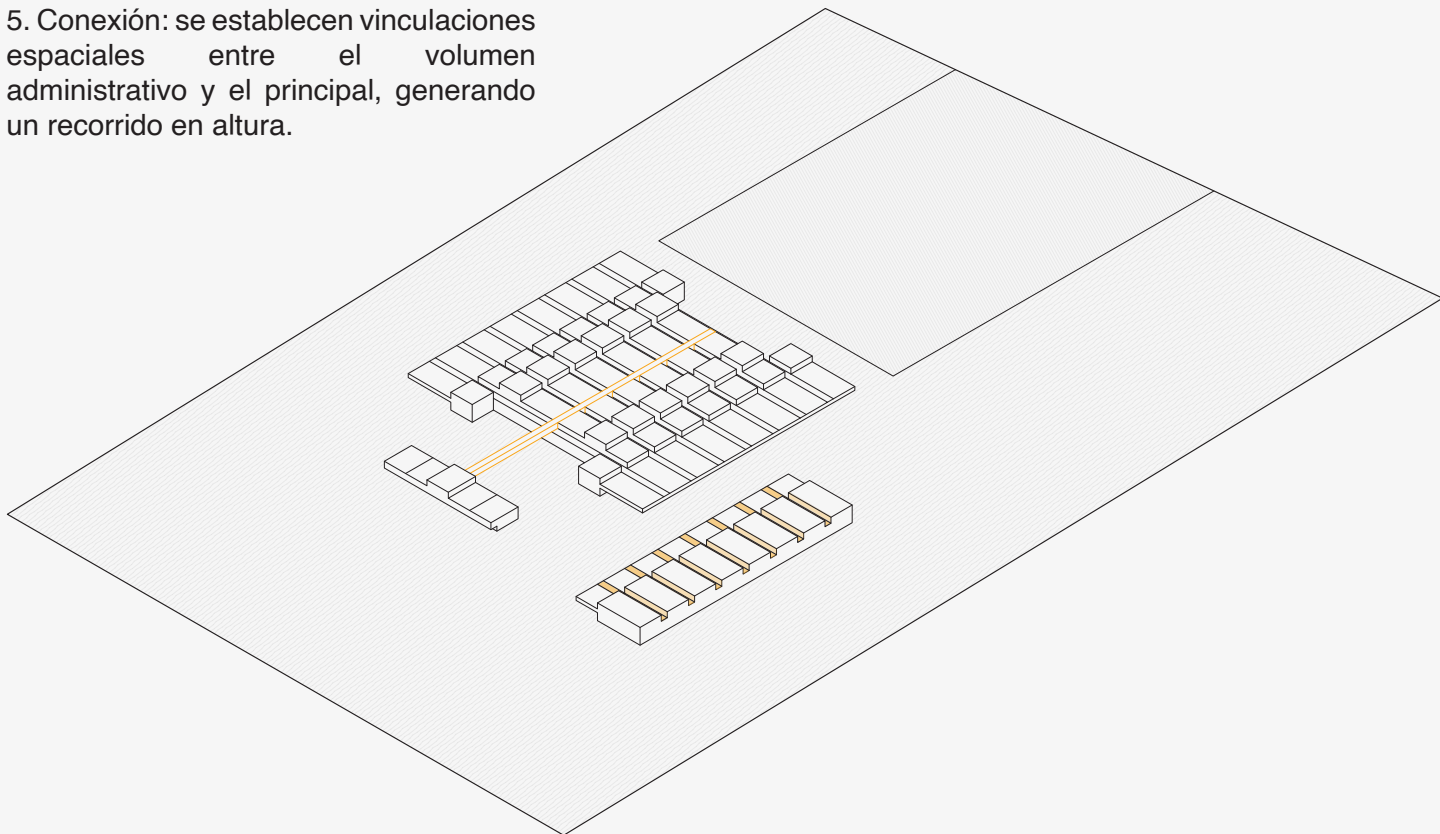
2. Separación: por temas de seguridad y espacialidad, las líneas de procesamiento de cada material tendrán una separación intermedia, lo que también permite el ingreso de luz directa al edificio.



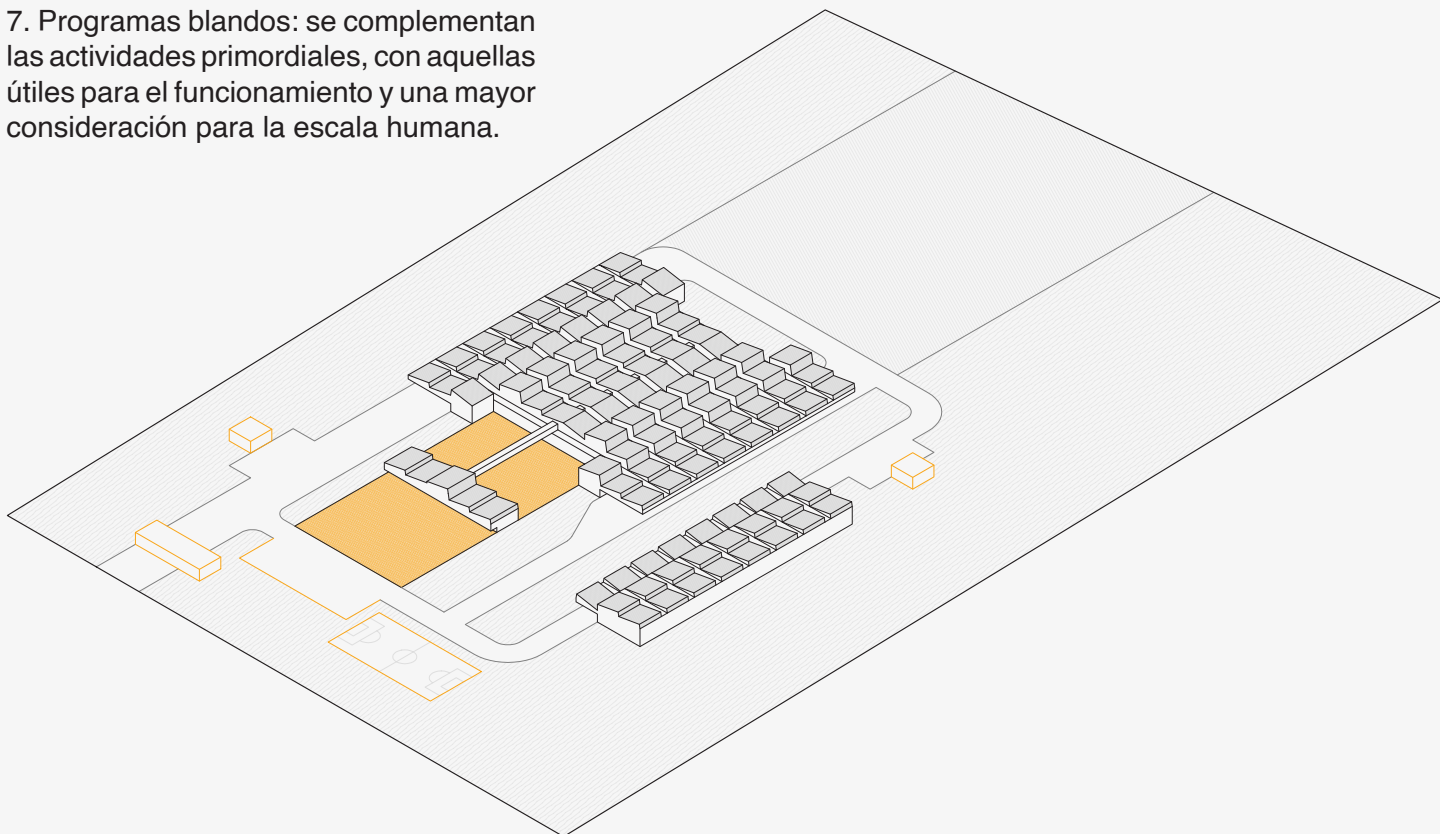
4. Ubicación programa adicional: se definen los otros volúmenes adicionales de descarga particular y administración con volumetría similar, y se incluye la proyección del sector de crecimiento.



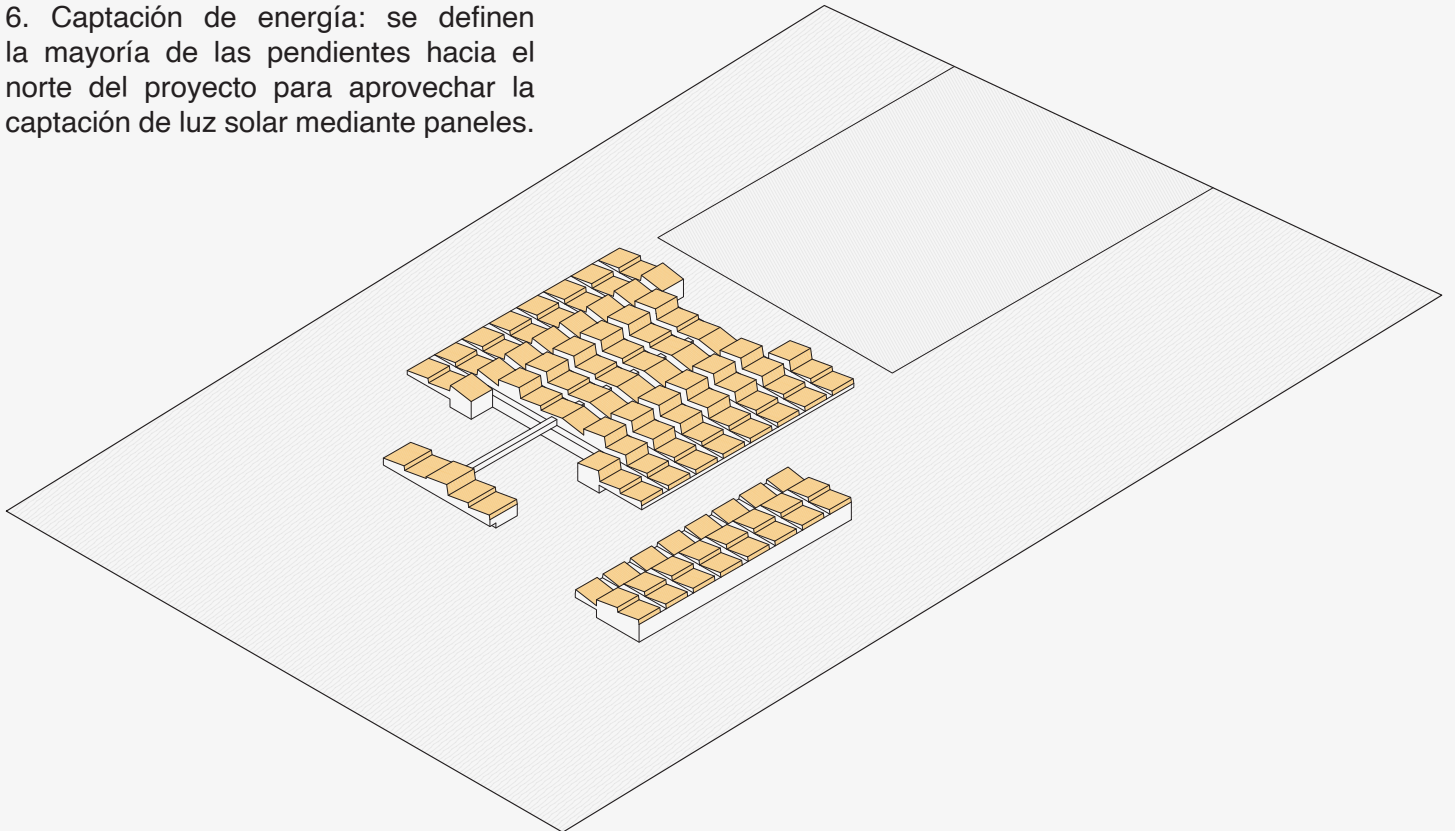
5. Conexión: se establecen vinculaciones espaciales entre el volumen administrativo y el principal, generando un recorrido en altura.



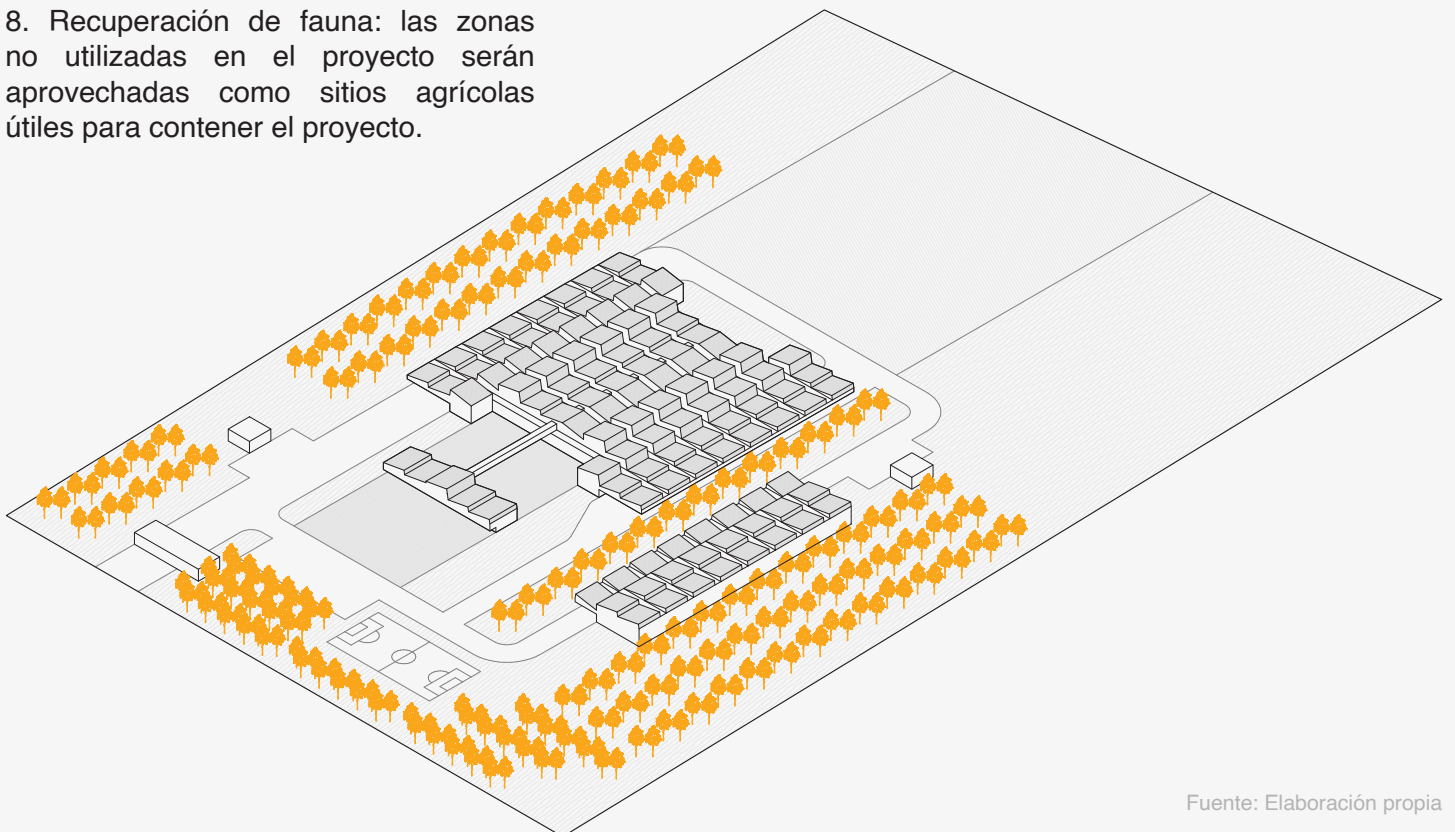
7. Programas blandos: se complementan las actividades primordiales, con aquellas útiles para el funcionamiento y una mayor consideración para la escala humana.



6. Captación de energía: se definen la mayoría de las pendientes hacia el norte del proyecto para aprovechar la captación de luz solar mediante paneles.



8. Recuperación de fauna: las zonas no utilizadas en el proyecto serán aprovechadas como sitios agrícolas útiles para contener el proyecto.



PROGRAMA

La formulación del programa se establece a partir del núcleo de la propuesta, el bloque de reciclaje de los RCD, al cual se agregan espacios complementarios necesarios para un funcionamiento correcto de los procesos.

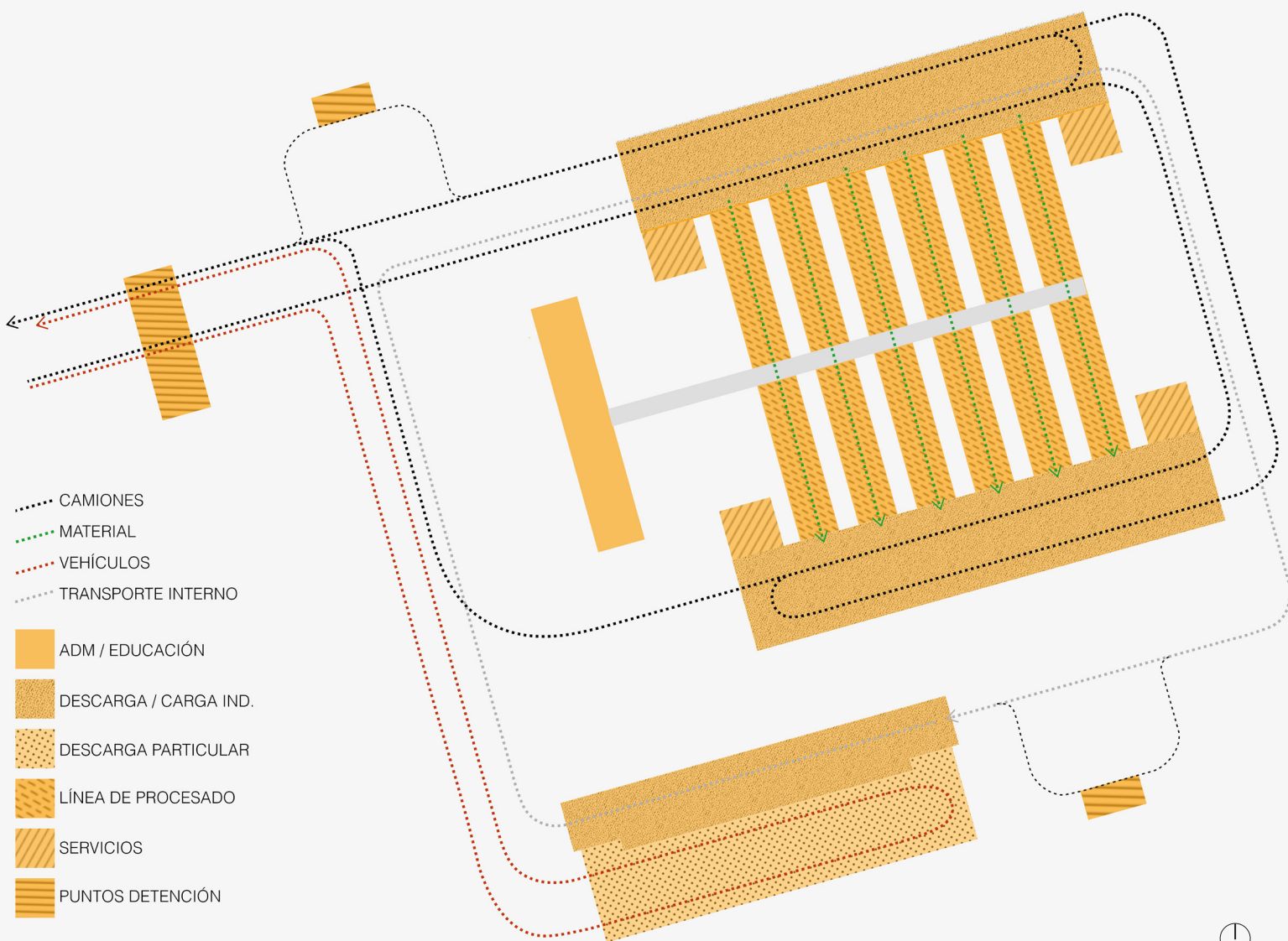
El núcleo se entiende como el volumen principal del proyecto, en donde se realizarán actividades de descarga de materiales, almacenamiento, procesado y carga de los materiales de forma separada. Este esquema aplica a los materiales de origen industrial que requieran de un medio de transporte de mayor escala como lo son los camiones tolva.

La intención de trabajar con líneas separadas de procesado de cada material tiene un fundamento de inculcar el manejo organizado de los RCD. Si bien en un comienzo pueda parecer complicado, es necesario ya que influyendo en los inicios de la gestión de estos residuos se logra una mayor efectividad y beneficios no solamente para el proyecto, sino que también para la obra a partir de la cual se generaron los residuos.

Funcionando de manera paralela al principal, se definen dos bloques adicionales. El primero corresponde a un sector de descarga de los RCD provenientes de actividades particulares o domiciliarias, en donde la cantidad de material es menor, por lo que el medio de transporte necesitado es de menor escala también. Esta separación se define por temas de seguridad para no mezclar las circulaciones internas entre camiones y vehículos particulares. La intención es que el material de este punto de descarga sea después transportado internamente dentro de la planta y asimilado a los RCD que provengan de un uso industrial.

El otro bloque corresponde a un recinto administrativo, en donde se desarrollarán actividades de dirección y coordinación de la planta. Este bloque tendrá una conexión directa con el volumen principal mediante un recorrido en altura que será útil para llevar a cabo un monitoreo del funcionamiento.

Como se mencionó anteriormente, el entregar los conocimientos acerca de los procesos de reciclaje de los RCD es un paso necesario para mejorar su aplicación, por lo que se determina incluir también un programa educativo dentro de la propuesta. Este funcionaría en conjunto con el sector administrativo compartiendo un mismo volumen por medio de salas de clase, sectores de exposición, recorridos educativos y un auditorio.



Arriba
Esquema programático y
circulaciones internas
Fuente: Elaboración propia

CALCULO DE CAPACIDAD

La intención de desarrollar un sistema capaz de cumplir con la demanda global de la RM se basa también en que resultaría imposible que existiera únicamente un punto de captación de todos los RCD debido a que las capacidades requeridas serían altísimas, y a la vez sería poco práctico en términos de distancia. Por esto se determina calcular de acuerdo a las proyecciones en cuanto a la cantidad de residuos recibidos por los puntos de disposición legales más próximos a cada parte del sistema.

En el caso específico de este proyecto, **se utilizó como base de cálculo las estadísticas entregadas por el Relleno Sanitario Santa Marta (RSSM)**, el cual ha estado en funcionamiento desde el año 2002 hasta el día de hoy (SML, 2016).

Actualmente el RSSM recibe residuos provenientes de 18 comunas⁶ de la parte sur-oriente de la RM, lo que corresponde a un promedio de **131.365 toneladas mensuales**.

De acuerdo a la equivalencia explicada al inicio de este documento, el 34% de dicha cifra corresponderían únicamente a RCD, ósea se tendrían aproximadamente **43.788,3 toneladas mensuales, o 1.456,3 toneladas diarias proveniente de las 18 comunas**.

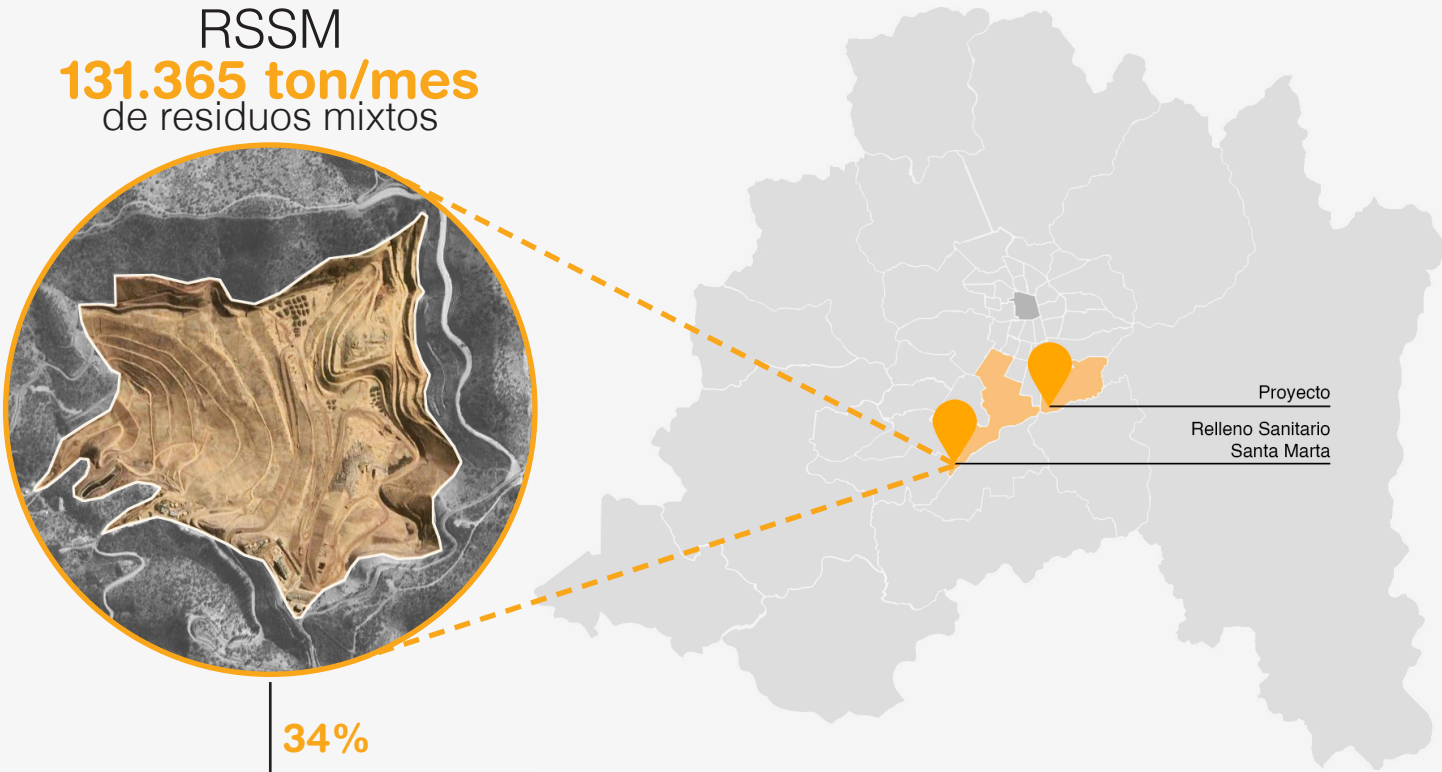
Se estima que esta cifra experimente un crecimiento de 2% anual de la cantidad total de residuos, por lo que, para efectos de esta propuesta, se considerará una proyección de 30 años para un funcionamiento sin sobrecargas. En ese entonces se aplicará un aumento de 60% (equivalente al aumento hasta el año 2050) a las cantidades de material específico.

Teniendo la cantidad específica de cada tipo de material de acuerdo a la composición promedio explicada anteriormente, se calcula el número de ingresos que se generen a la planta. Se usa como medida estándar un camión tolva de 20m³ para calcular la carga de ocupación diaria y por hora de cada material con una jornada teórica de 8 horas de trabajo.

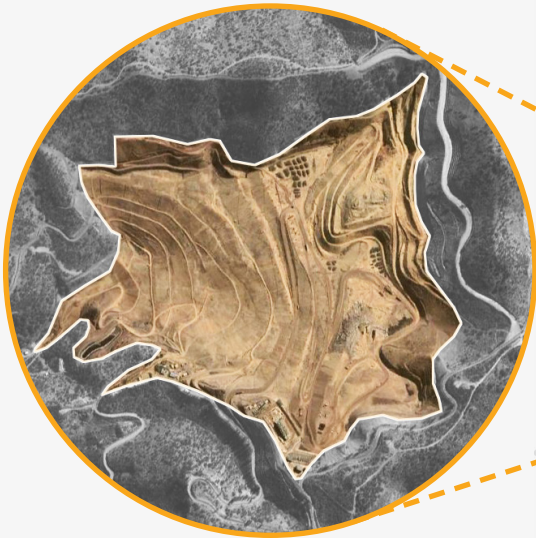
Con ello se tendrán 10 camiones por hora dentro de la planta y, por ende, 10 estaciones de descarga y carga de material como mínimo, además de zonas de descanso dedicadas a los camioneros y espacios de espera en caso de experimentar una sobrecarga de uso.

⁽⁶⁾ Buin, Calera de Tango, El Bosque, Estación Central, La Florida, La Granja, La Pintana, Lo Espejo, Macul, Paine, Peñalolén, Pirque, Puente Alto, San Bernardo, San Joaquín, San José de Maipo, San Ramón, Talagante.

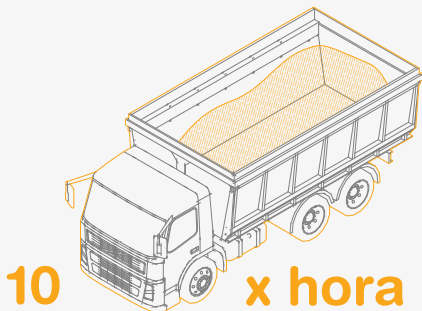
Abajo
 Proceso de cálculo de capacidad.
 Fuente: Elaboración propia



RSSM
131.365 ton/mes
 de residuos mixtos



Áridos	→	2.107,07 ton/día	→	5,27 cam/hora
Ladrillos	→	125,22 ton/día	→	0,52 cam/hora
Plásticos	→	56,77 ton/día	→	0,25 cam/hora
Maderas	→	18,69 ton/día	→	0,22 cam/hora
Metales	→	17,52 ton/día	→	0,01 cam/hora



ESTRUCTURA

La tendencia en cuanto a arquitecturas industriales o de fábricas, tiende a dirigirse a un modelo constructivo común: el galpón. Esta tipología como tal se puede describir básicamente como el hecho de “tapar” maquinaria mediante un diseño de una cubierta o estructura de acero superior, por lo que la mayoría de los referentes de esta tipología presentan resultados volumétricos con similitudes entre sí.

Para efectos de este proyecto, se determinó el no caer en estos lineamientos básicos y buscar generar una propuesta con una conformación volumétrica más interesante y que sea consecuente con las actividades interiores del proyecto.

Pero, teniendo en cuenta que parte de la propuesta es lograr dar una respuesta rápida, que permita el crecimiento posterior o el desarmado en caso de ser necesario, es que la propuesta también deba demostrar cierta simpleza al momento de la construcción. Por ello se determina que el esquema estructural global del proyecto trabaje de acuerdo a elementos de diseño tipo y a materiales prefabricados con medidas estándar, que permitan un trabajo modular de acuerdo a las medidas preestablecidas.

La altura de cada módulo estructural será definida de acuerdo a la actividad interna que ocurra en su interior procurando siempre dejar un espacio intersticial acorde a medidas que tengan una relación entendible con la dimensión original de 12 mts del perfil seleccionado. El trabajar con medidas acordes permitirá un mayor aprovechamiento del perfil en caso de requerir seccionarlo.

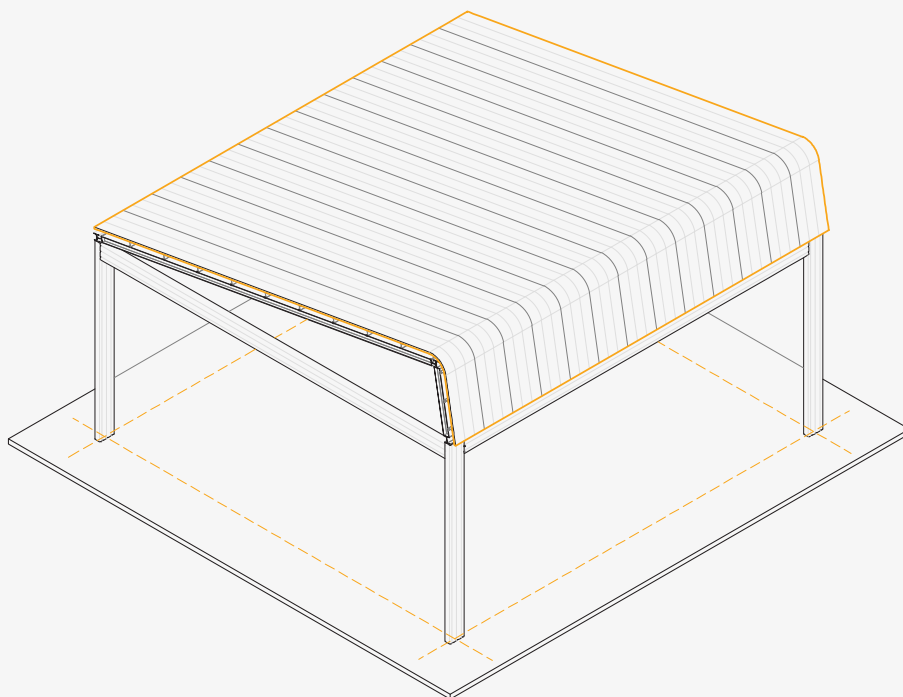
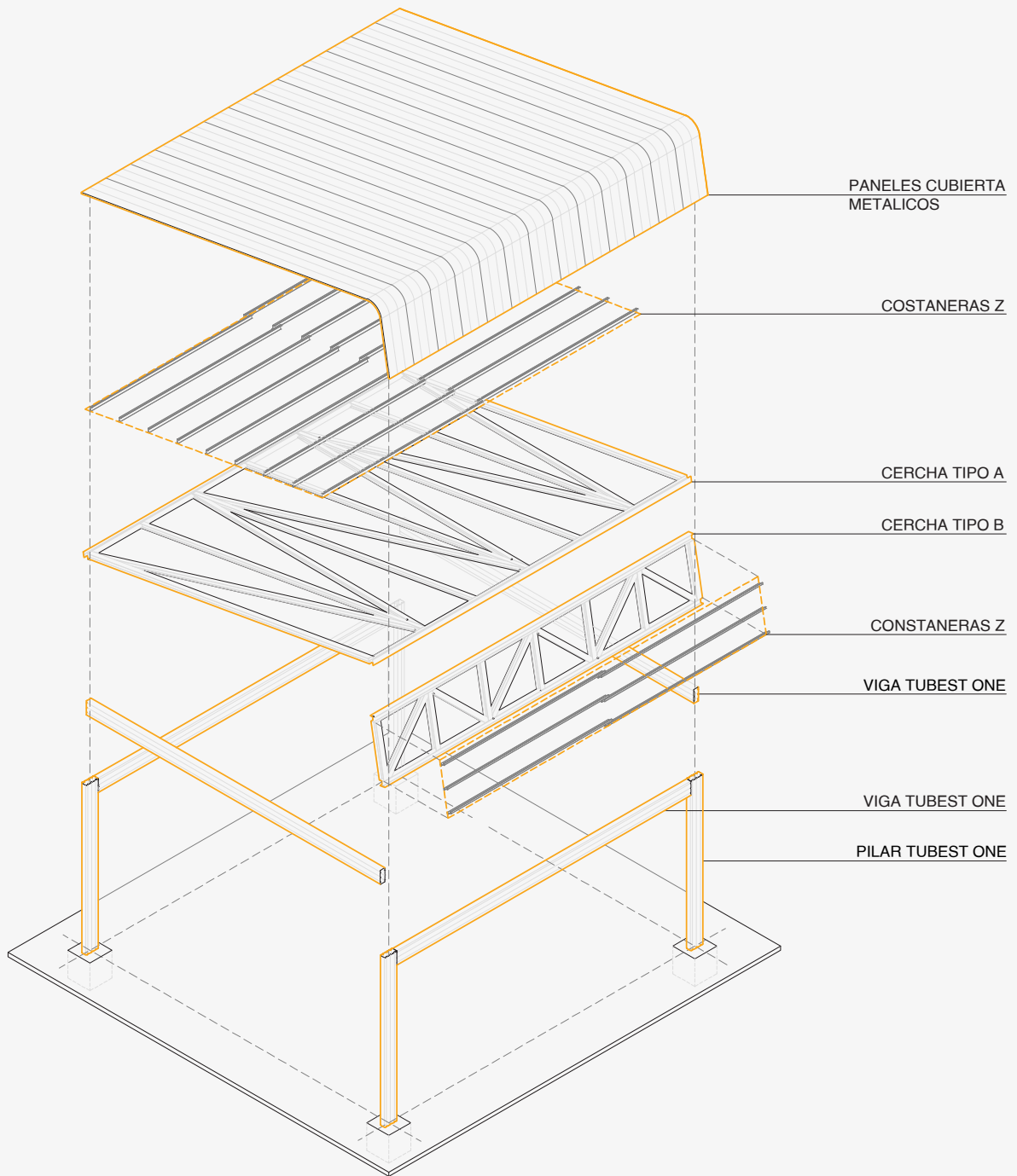
6 mts = circulación interna de camiones

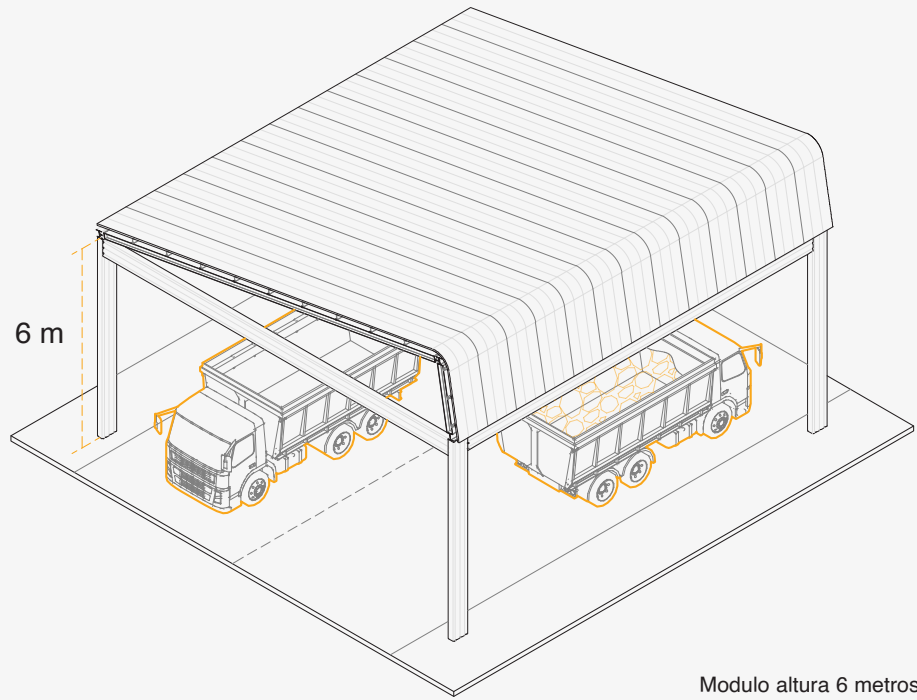
9 mts = descarga y carga del material, líneas de procesado

12 mts = sectores de almacenamiento del material inicial y del producto final

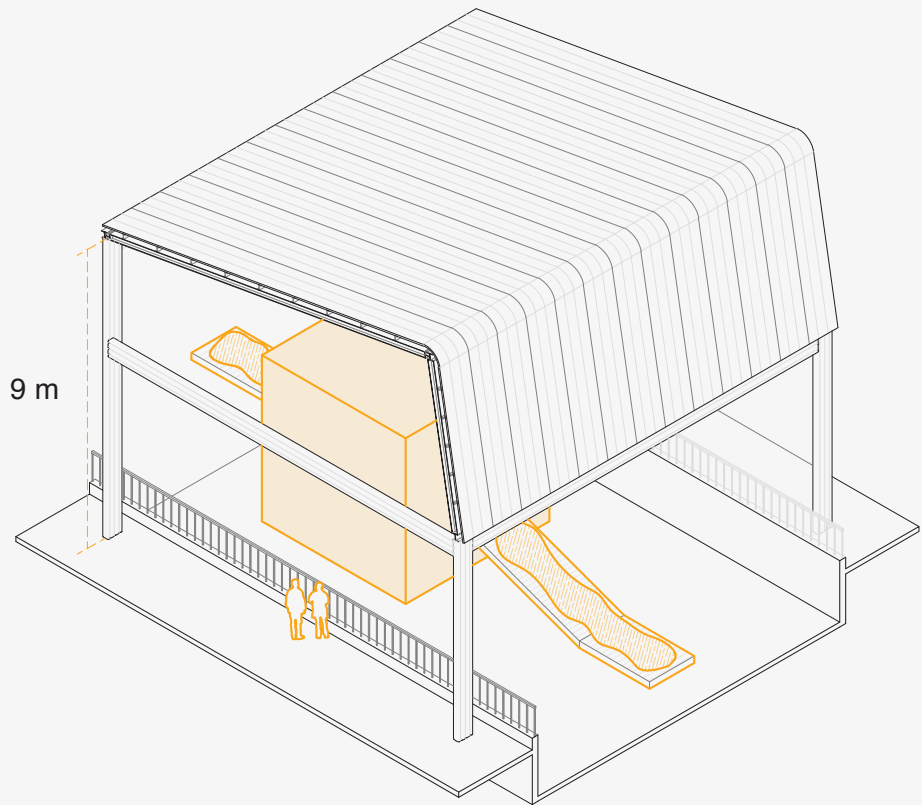
A partir de esta combinación principal y de la modulación extraída, se definirán los elementos secundarios necesarios para emplear cerramientos, estabilidad estructural, conexiones espaciales entre otros.

Este planteamiento estructural se basa en una línea de diseño circular y que, en caso de ser necesario, los componentes del proyecto puedan ser recuperados de manera sencilla y utilizados en otra propuesta o sector en caso de necesitarse. Y en donde además los excedentes que se generen en la construcción puedan ser reutilizados dentro de la misma evitando al máximo la cantidad de RCD durante el proceso constructivo.

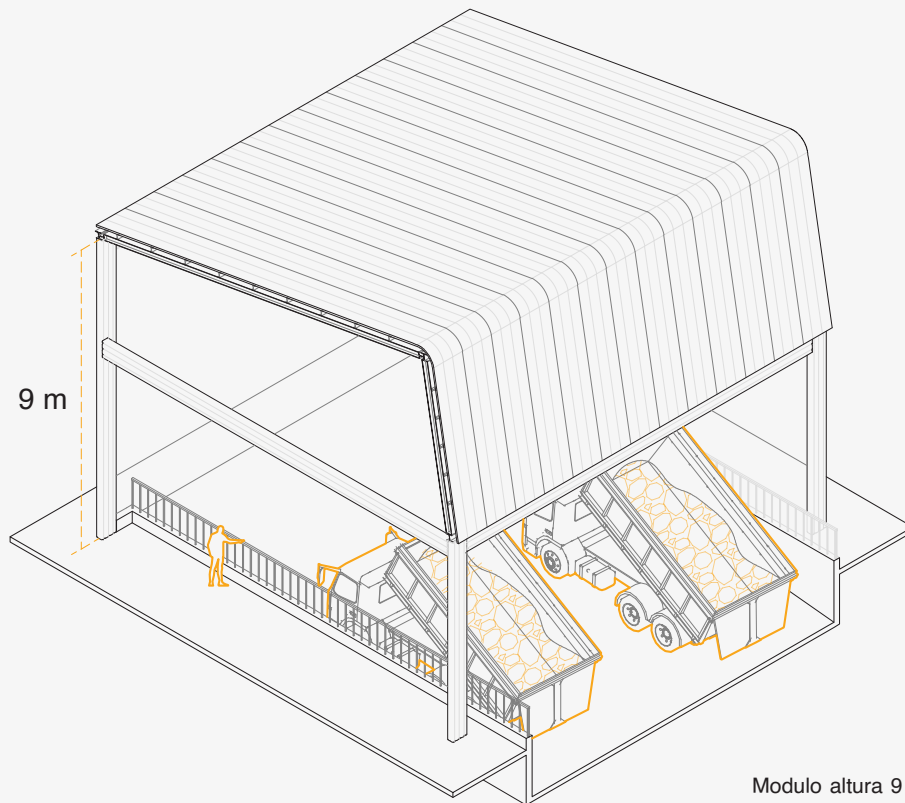




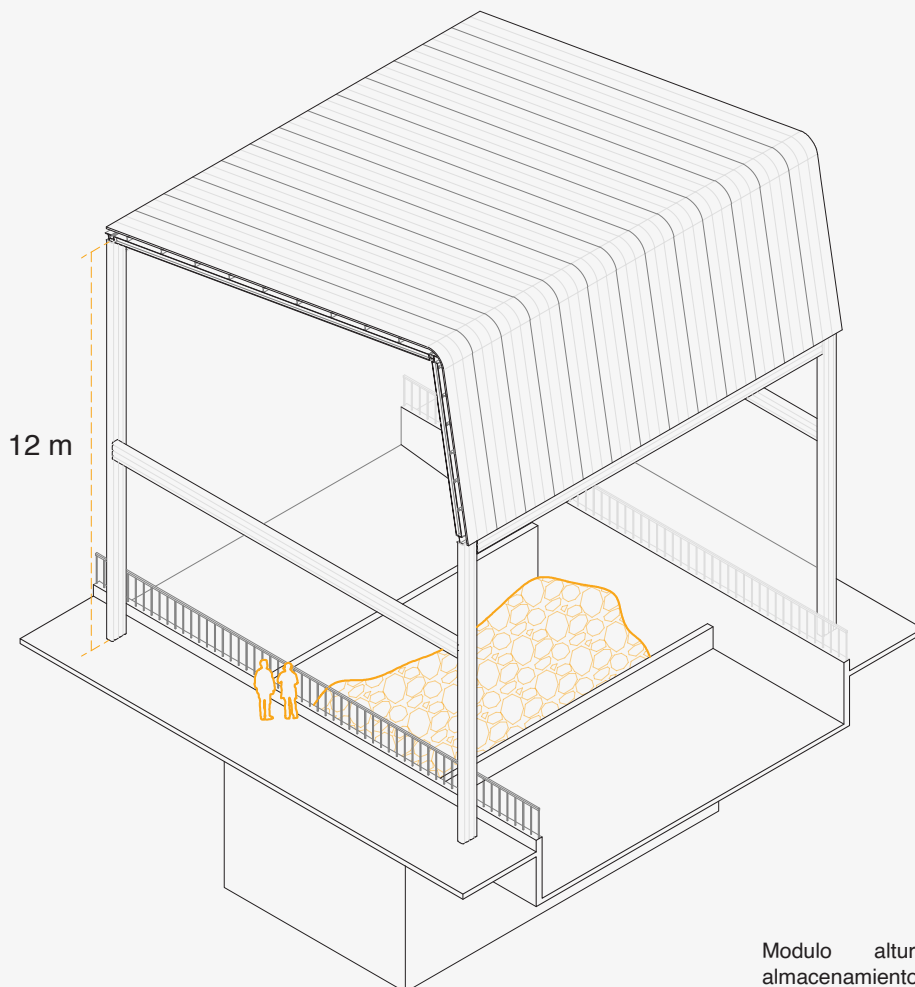
Modulo altura 6 metros, tránsito de camiones al interior de la planta.



Modulo altura 9 metros, líneas de procesamiento de materiales.

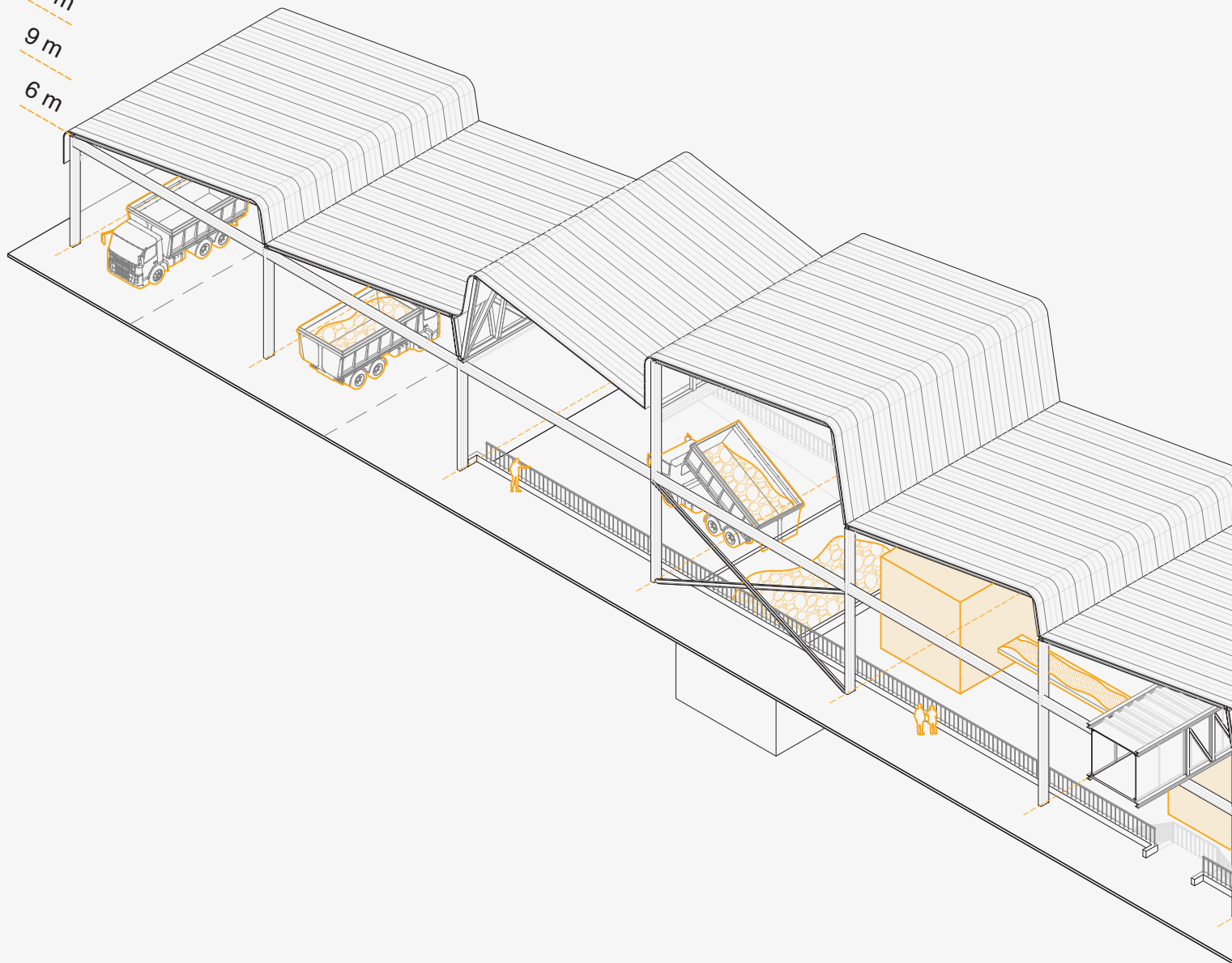


Modulo altura 9 metros, puntos de descarga de los RCD.

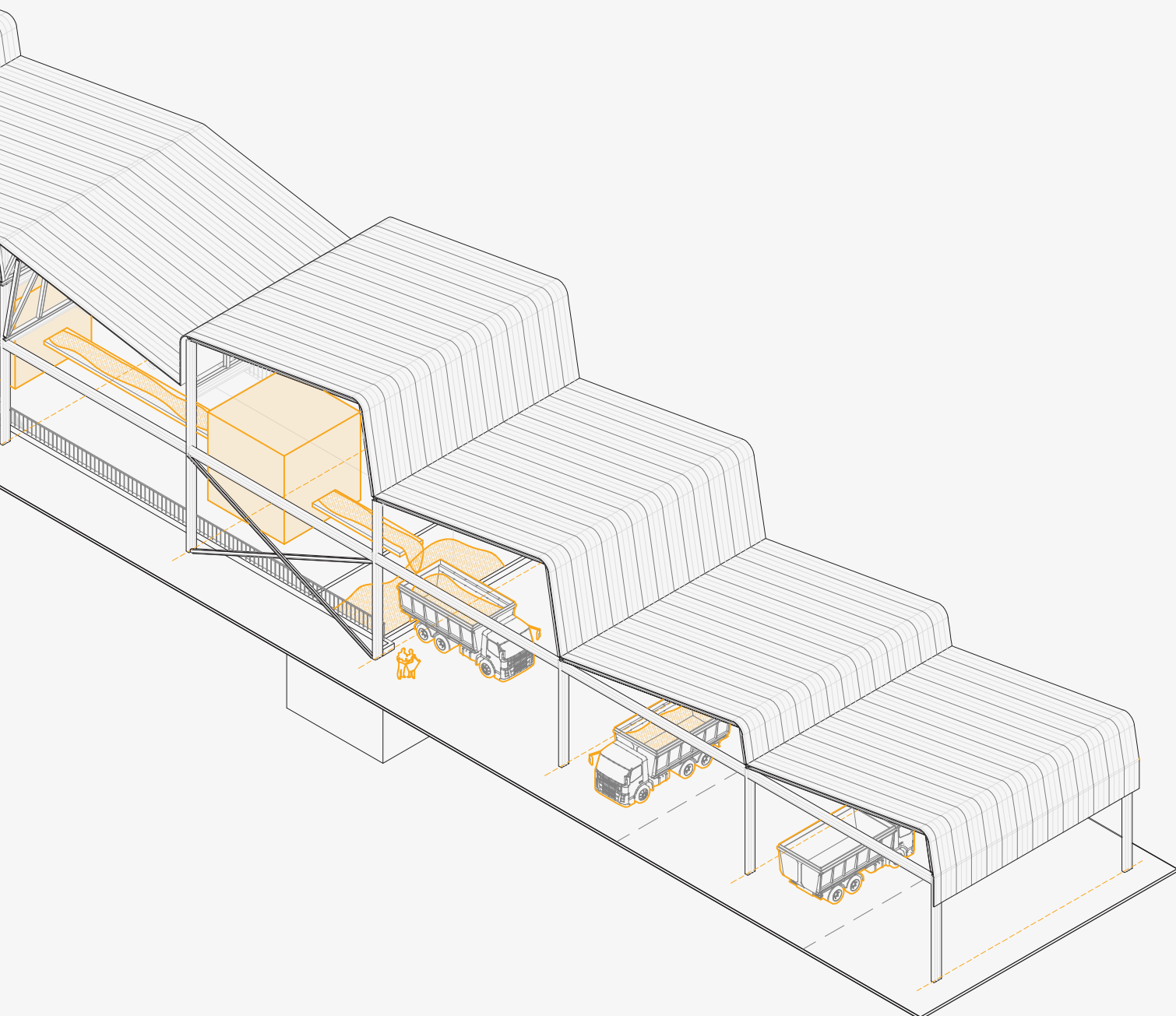


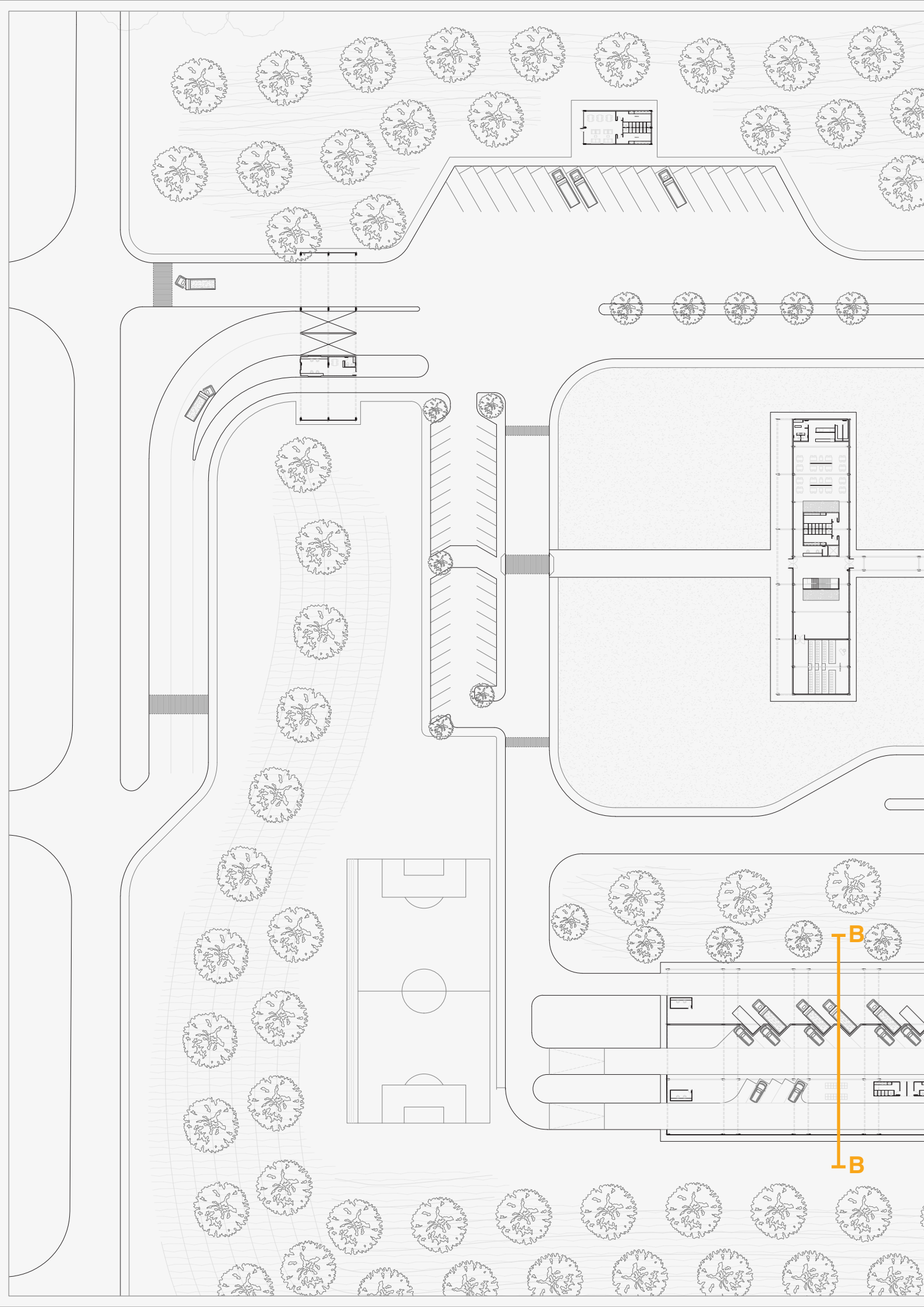
Modulo altura 9 metros, almacenamiento de los materiales.

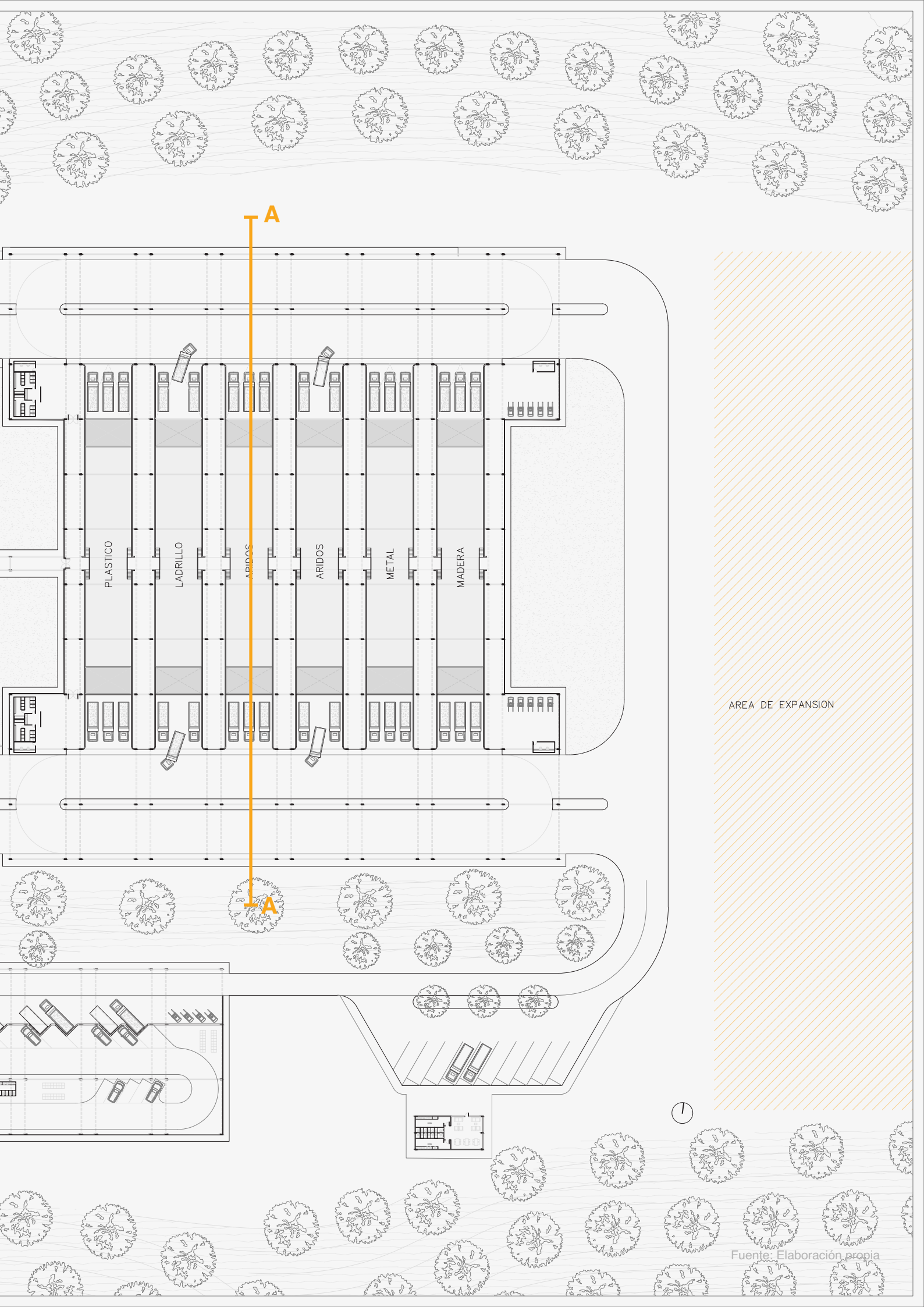
12 m
9 m
6 m



Arriba
Sección isométrica línea de
procesado de material s/e
Fuente: Elaboración propia







PLASTICO

LADRILLO

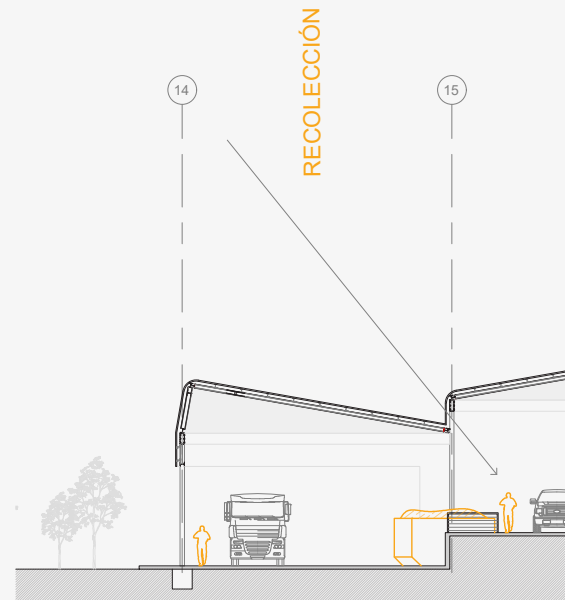
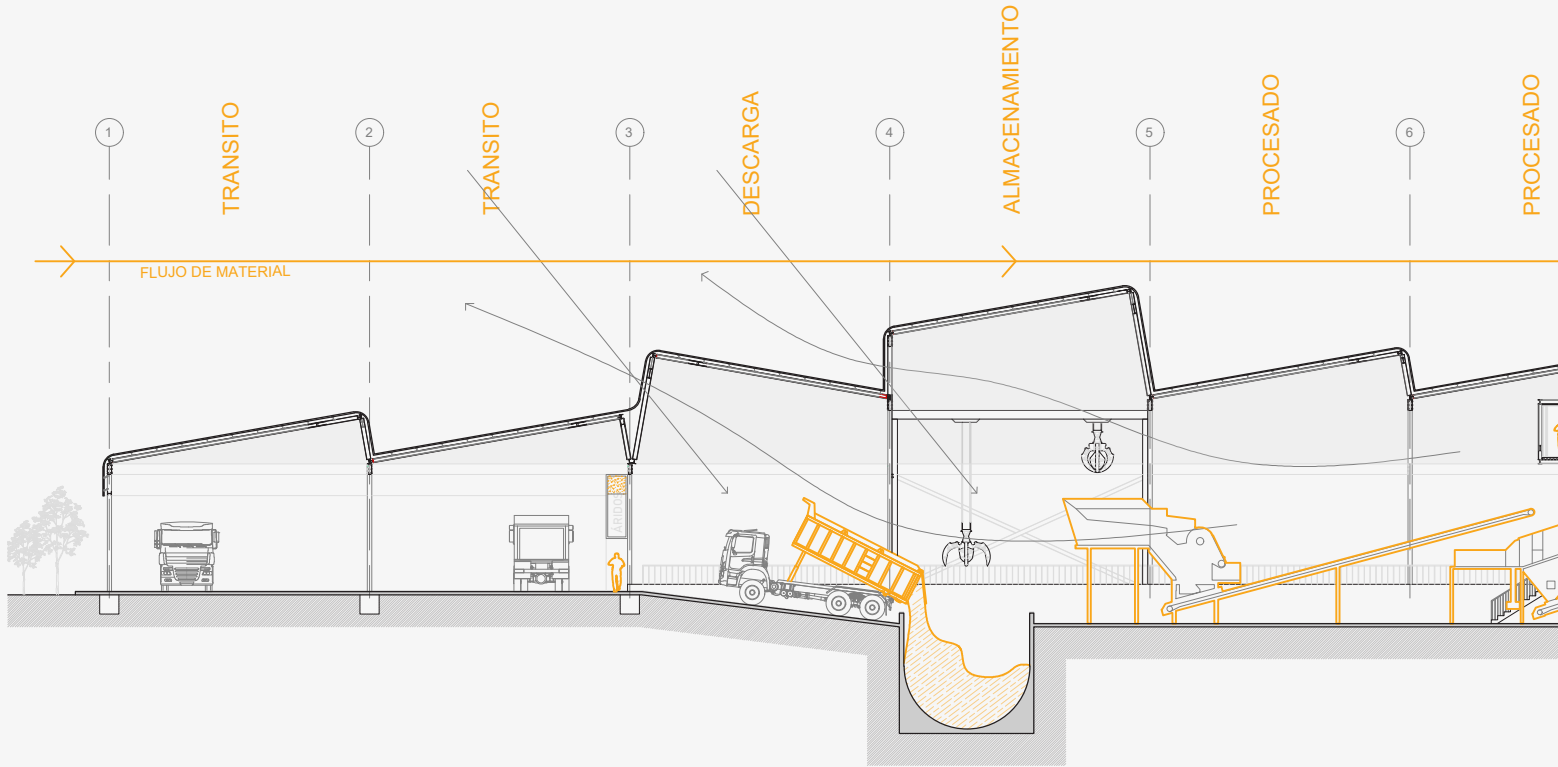
ARIDOS

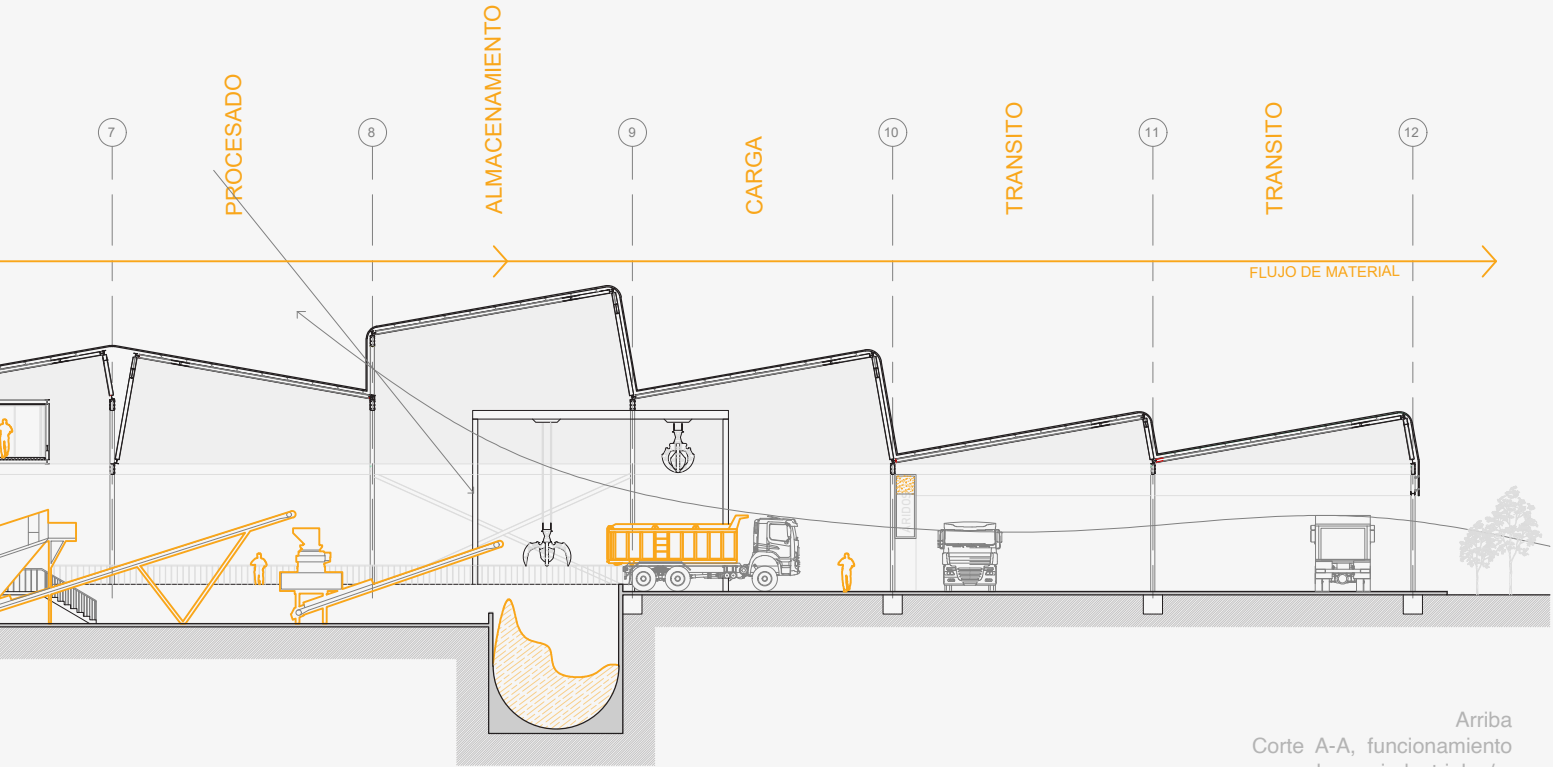
ARIDOS

METAL

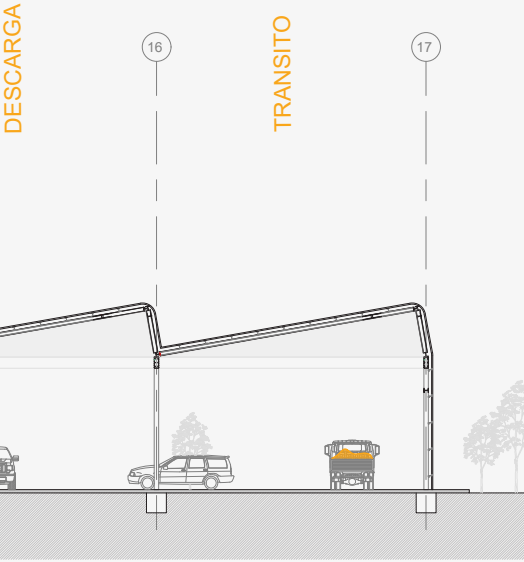
MADERA

AREA DE EXPANSION





Arriba
 Corte A-A, funcionamiento
 volumen industrial, s/e.
 Fuente: Elaboración propia



Izquierda
 Corte B-B, funcionamiento
 volumen descarga particular s/e.
 Fuente: Elaboración propia

ETAPAS POST CONSTRUCCIÓN

CRECIMIENTO

Entendiendo que las cifras de generación de residuos crecerán a la par con las ciudades, es necesario contemplar un posible escenario a futuro para el proyecto. ¿Qué pasará cuando la cantidad de RCD supere la capacidad de uso del proyecto?

Este fundamento, sumado a la capacidad de flexibilidad del proyecto, son parte del planteamiento principal de la propuesta y de su emplazamiento. Disponer de una espacialidad libre para un eventual crecimiento del proyecto será vital para su funcionamiento a futuro.

Lo beneficioso de facilitar el crecimiento a futuro es que se podrá hacer en distintas escalas de acuerdo a la necesidad específica del momento, por ejemplo: incluir una nueva tipología de material que pueda ser descubierto a futuro, aumentar el número de capacidad para un material ya considerado o duplicar directamente la capacidad de la planta y con ello su volumetría.

Para ello entonces, se determinará una “zona de expansión o crecimiento” que sea inalterable y destinada únicamente para aplicar aumentos al proyecto.

PAISAJISMO

Teniendo en cuenta que implementar una planta en el terreno implica un impacto al uso agrícola actual que este tiene, con una pérdida de terreno fértil y flora, se propone una vez completada la construcción, recuperar y rescatar esta característica mediante la implantación de fauna (arbustos y árboles frutales) en zonas no utilizadas por el proyecto, para así conformar zonas que sirvan de aislante natural de ruido y polvo, regulador de temperatura y que además puedan ser aprovechadas por el personal como sectores de descanso o distracción.

GESTIÓN ECONÓMICA Y ENERGÉTICA

La planta como propuesta requerirá de una inversión inicial para la conformación de la estructura y la adquisición de maquinarias. De acuerdo a las consideraciones de diseño se busca que dicho gasto no sea sea accesible para que la entidad inversora pueda ser tanto de origen privado como público. Teniendo en cuenta esto y que se trata de una parte inicial de un sistema colaborativo de puntos de acopio de los RCD, este ultimo escenario sería el modo mas eficaz y beneficioso para demostrar la inquietud y la preocupación ya sea del estado o de un municipio en materias de gestion residual, lo que podría tener un mayor impacto social.

Como funcionamiento principal, se contempla que la prestación de servicios de reciclaje de los RCD sea la principal fuente de ingresos de la planta. Considerando que actualmente los puntos de disposición oficiales realizan cobros para la disposición de residuos, se trabajará con costos accesibles dirigidos unicamente a los productores de escala industrial, mientras que las descargar particulares serán sin cobro para impulsar la conciencia ecológica.

Además, se proyecta que la propuesta como edificación, sea capaz de generar la energía necesaria para su funcionamiento de manera independiente por medio de paneles solares fotovoltaicos. La intención es elaborar un proyecto de costo cero que logre tener un desempeño independiente del abastecimiento urbano, al cual, si se da el caso, se pueda entregar un aporte que signifique ingresos a futuro para la planta.



Foto: Obras de construcción en zona residencial
Fuente: Elaboración propia

CONCLUSIONES

El mundo necesita un cambio, y para que ello ocurra únicamente nosotros como personas somos los que pueden impulsarlo, no solamente con la intención de mejorar nuestro planeta si no que también para mejorarnos a nosotros mismos, cambiar nuestra manera de actuar y de relacionarnos tanto con los demás como con el mundo que nos rodea.

Por eso destacar y educar sobre el reciclaje y sus posibilidades es algo de vital importancia. Si bien inculcar esta costumbre es un pequeño paso, el avance que implica es significativo debido al impacto que esto generará en las generaciones futuras.

Como arquitectos tenemos muchas herramientas para impulsar este cambio desde nuestra disciplina y, afortunadamente, aún estamos a tiempo de lograrlo. Lo importante es tener claro cuál es el camino a seguir, y valorizar el avance común por sobre el beneficio propio.

Considero que un proyecto de esta tipología puede ser la primera piedra para crear nuevos sistemas en la construcción, no tanto por la novedad del tema si no porque es empezar a aterrizar algunas de las ideas y comentarios que se discuten hoy en día de cómo podemos reducir o aprovechar todo lo que desechamos día a día, demostrando con hechos e influyendo en el resto.

“Que las cosas sean de una manera no significa que no se puedan cambiar”

(Montánchez, 2018)

BIBLIOGRAFÍA

24 Horas, TVN. (28 de Julio de 2019). Vecinos denuncian continua emanación de humo en ex vertedero Lepanto. Santiago. Obtenido de <https://www.24horas.cl/nacional/vecinos-denuncian-continua-emanacion-de-humo-en-ex-vertedero-lepanto--3484101>

Aguilar, A. (1997). Reciclado de Materiales de la Construcción. Boletín CF+S, Especial sobre Residuos.

Arslan, H., Coşgun, N., & Salgin, B. (2012). Construction and Demolition Waste Management in Turkey.

Avalos, F. (2017). CEARE, Centro educación ambiental y recuperación energética. Memoria de Proyecto de Título. Santiago.

BCN. (2021). Biblioteca del Congreso Nacional. Obtenido de <https://www.bcn.cl/>

Bravo, J., Valderrama, C., & Ossio, F. (2019). Cuantificación Económica de los Residuos de Construcción de una Edificación en Altura: Un Caso de Estudio. Información Tecnológica, 30(2), 85-94.

CDT. (Enero de 2020). Gestión de residuos para mejorar la productividad en la empresa. Ediciones Técnicas, Programa CONSentido(15). Obtenido de http://informatica.cdt.cl/documentos/publicaciones/documentos_tecnicos/compendios.html

CDT. (Diciembre de 2020). Introducción a la economía circular en la construcción, diagnóstico y oportunidades en Chile. Estrategia economía circular en construcción. Obtenido de http://informatica.cdt.cl/documentos/publicaciones/documentos_tecnicos/

Construye2025. (2019). Escombros de la construcción llenarían 15 veces el Estadio Nacional para 2025 ¿Qué hacemos para evitarlo? Obtenido de <https://construye2025.cl/2019/11/05/escombros-de-la-construccion-llenarian-15-veces-el-estadio-nacional-para-2025-que-hacemos-para-evitarlo/>

Construye2025. (2020). Hoja de ruta RCD, Economía circular en construcción 2035. Santiago. Obtenido de http://construye2025.cl/rcd/wp-content/uploads/2020/08/HDR-PAGINA_RCD_200825.pdf

Ellen MacArthur Foundation. (2020). What is the circular economy? Obtenido de <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/circular-economy/what-is-the-circular-economy>
Gamle Mursten. (2021). The value system. REBRICK. Obtenido de <http://www.gamlemursten.eu/what-we-do/>

González, C. (4 de Enero de 2021). Industria / Centro de tratamiento de RCD, 2021 abre con un hito en economía circular: así será la primera planta de valorización de residuos de la construcción en Chile. Obtenido de País Circular: <https://www.paiscircular.cl/industria/2021-abre-con-un-hito-en-economia-circular-asi-sera-la-primera-planta-de-valorizacion-de-residuos-de-la-construccion-en-chile/>

GreenPlast. (2021). ¿Cómo se recicla? Obtenido de <https://greenplast.cl/como-se-recicla/>

Hildebrandt Gruppe. (25 de Enero de 2016). Fases del manejo de escombros y residuos de la construcción. Obtenido de <http://www.hildebrandt.cl/fases-del-manejo-de-escombros-y-residuos-de-la-construccion/>

La Tercera. (2019). Escombros de la construcción llenarían 15 veces el Estadio Nacional para 2025 ¿Qué hacemos para evitarlo? Santiago. Obtenido de <https://laboratorio.latercera.com/tiempo-de-actuar/noticia/escombros-la-construccion-llenarian-15-veces-estadio-nacional-2025-hacemos-evitarlo/887691/>

Li, X., Zhu, Y., & Zhang, Z. (2010). An LCA-based environmental impact assessment model for construction processes. *Building and Environment*(45(3)), 766-775.

MINVU. (1 de Diciembre de 2016). Minvu presentó nuevos estándares para apoyar la construcción sustentable en el país. Obtenido de Construcción Sustentable, MINVU: <https://csustentable.minvu.gob.cl/tag/estandares/>

MMA. (2018). Estrategia Regional de Residuos Sólidos para la R.M. de Santiago 2017-2021. Santiago.

MMA. (2018). Informe Rellenos Sanitarios - Residuos Sólidos Urbanos en la RMS 2017. Santiago.

MMA, SINIA. (2019). Quinto Reporte del Medio Ambiente. Santiago.

Montánchez, A. (Productor), Lozano, H. (Escritor). (2018). Merlí [Serie de TV]. Barcelona, España.

Revaloriza. (2021). ¿Qué hacemos? Obtenido de <https://www.revalorizachile.cl/>

SEREMI R.M. (2018). Informe Rellenos Sanitarios - Residuos Sólidos Urbanos en la RMS - 2017. Santiago.

SML. (2016). Informe de fiscalización ambiental. Inspeccion ambiental relleno sanitario Santa Marta. Santiago.

SUBDERE. (2018). Diagnóstico de la Situación por Comuna y por Región en Materia de RSD y Asimilables. Santiago.

Szaky, T. (2014). *Outsmart waste: the modern idea of garbage and how to think our way out of it*. Berrett-Koehler Publishers, Inc.

Tertre, J. (2016). *Economía Circular para los Residuos de Construcción y Demolición RCD*, CONAMA España.

Wu, Z., Yu, A. T., Shen, L., & Liu, G. (2014). Quantifying construction and demolition waste: An analytical review. *Elsevier. Waste Management*(34(9)), 1683-1692.

ANEXOS

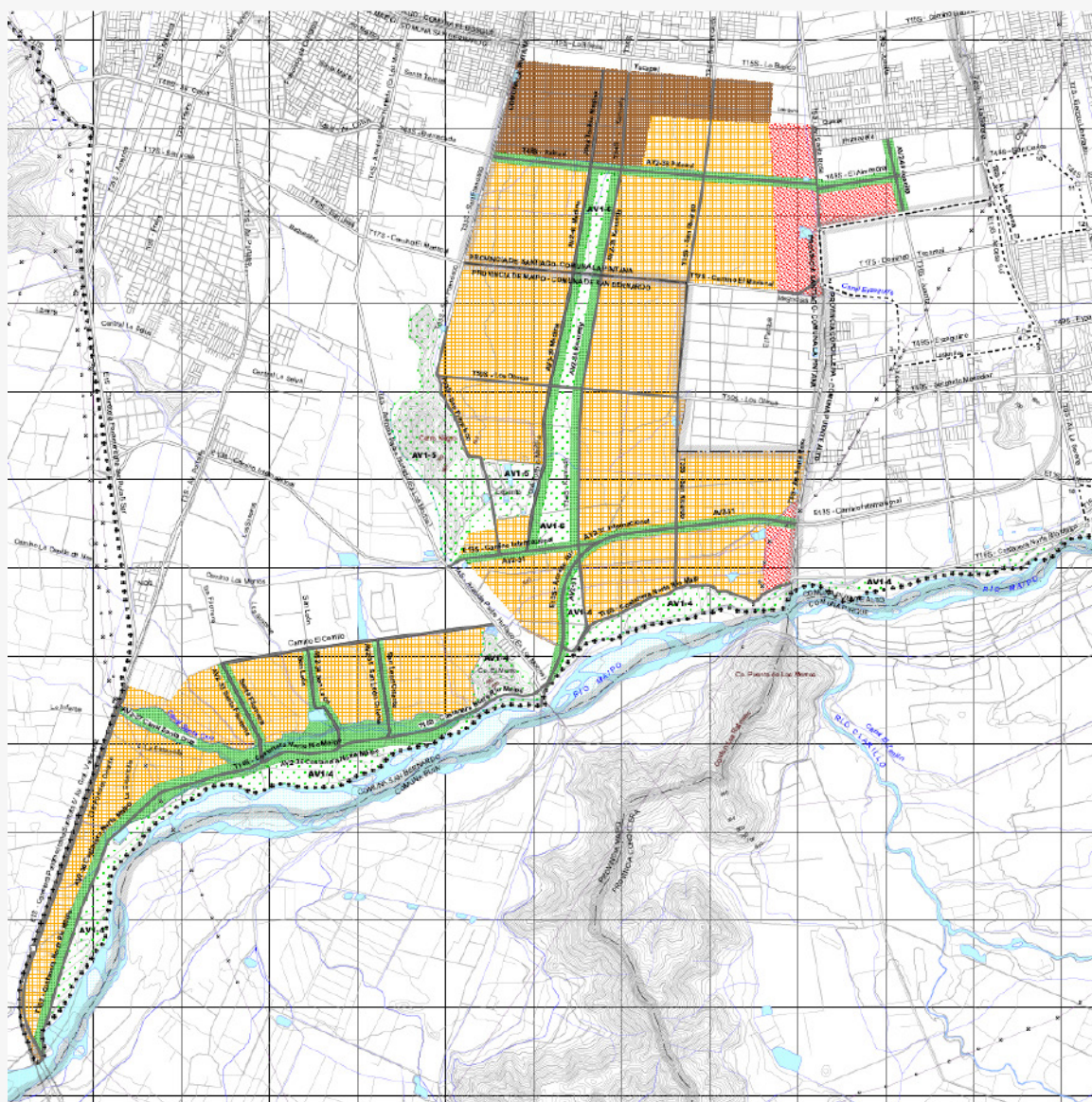
COMPOSICIÓN DE RCD EN CHILE	
Material	%
Áridos	90,2
Ladrillos	5,36
Plásticos	2,43
Maderas	0,80
Metales	0,75
Materiales Varios	0,46

CÁLCULO DEL MATERIAL				
Material	%	ton/día	60% aumento	ton/día
Áridos	79,00 + 11,20	1.316,92		2107,072
Ladrillos	5,36	78,26		125,216
Plásticos	2,43	35,48		56,768
Maderas	0,80	11,68		18,688
Metales	0,75	10,95		17,52
		1.453,29		2325,264

CÁLCULO DE CAMIONES POR MATERIAL						
Material	ton/día	densidad (ton/m3)	m3/día	camiones de 20 m3	cam/día	cam/hora
Áridos	2107,072	2,50	842,83		42,1	5,27
Ladrillos	125,216	1,50	83,48		4,2	0,52
Plásticos	56,768	1,40	40,55		2,0	0,25
Maderas	18,688	0,54	34,61		1,7	0,22
Metales	17,52	7,85	2,23		0,1	0,01

Arriba




Anexo 1: Composición promedio RCD en Chile
Fuente: Elaboración propia a partir de CChC (2014)Anexo 2: Cálculo de material de acuerdo a estadísticas
de RSSM
Fuente: Elaboración propia a partir de SML (2016)Anexo 3: Cálculo equivalencia de camiones por material
Fuente: Elaboración propia



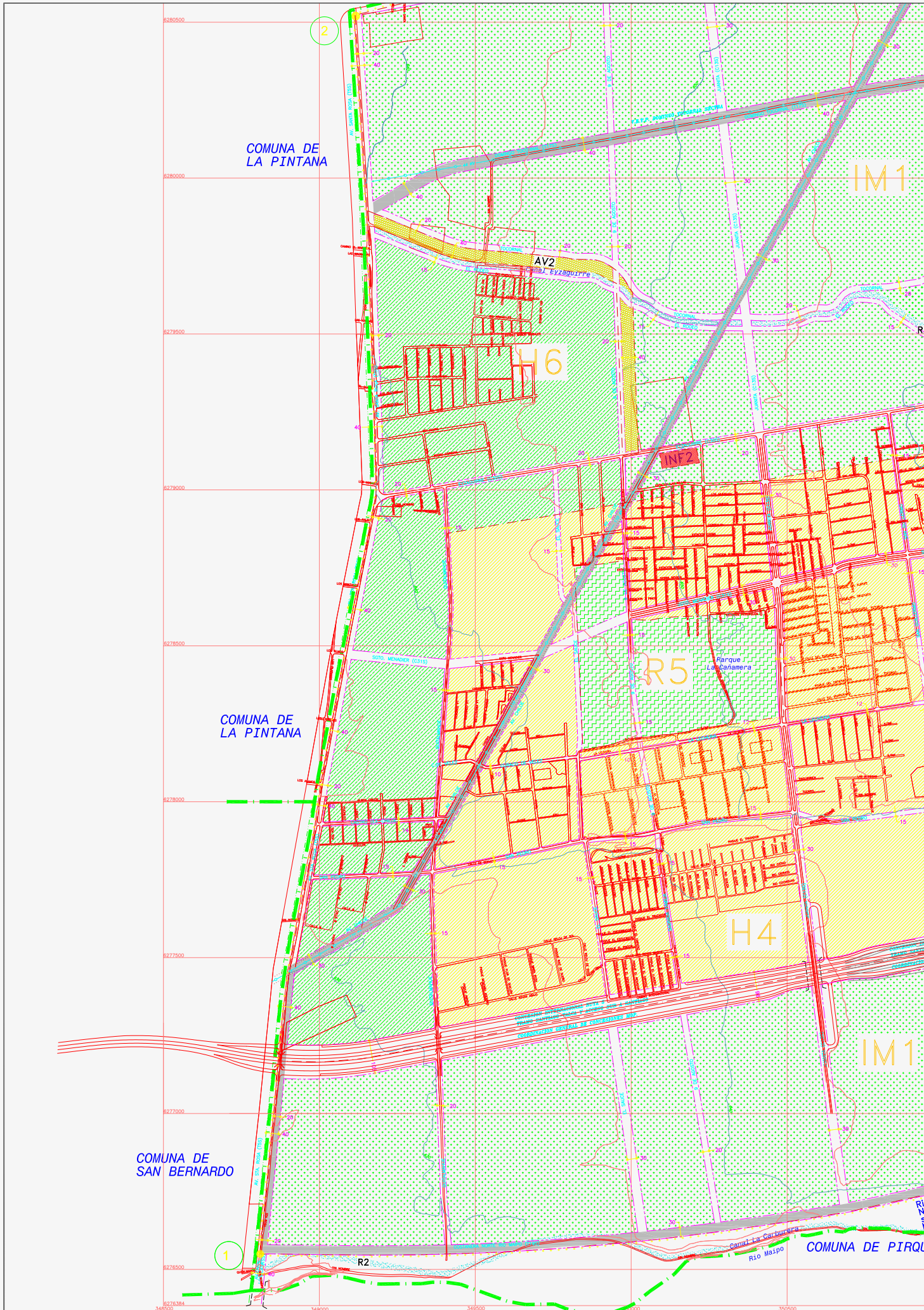
1. ZONIFICACIÓN USOS DE SUELO

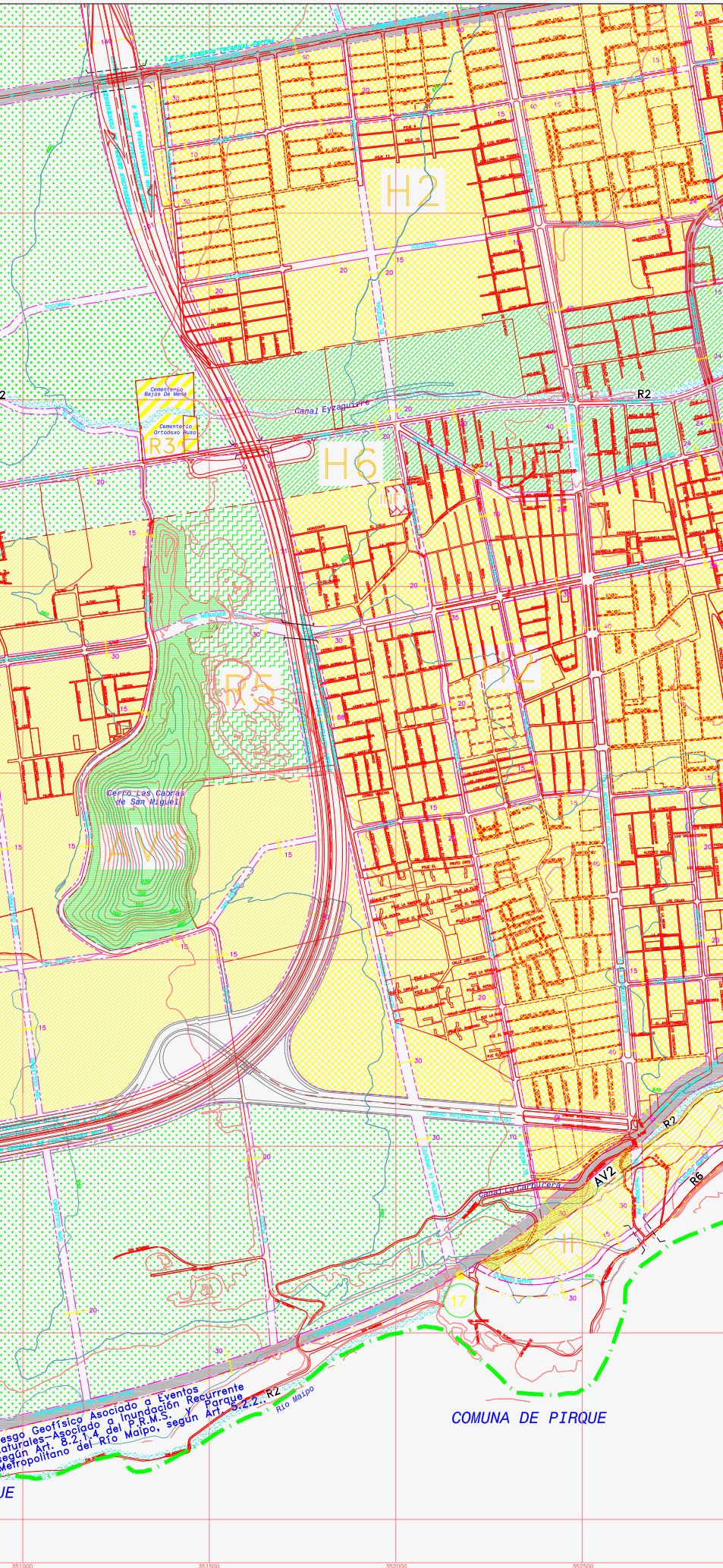
-  Uso Habitacional Mixto, Zona Urbanizable Condicionada ZUC
-  Uso Habitacional Mixto, Zona Urbanizable Reconversión Condicionada ZURC
-  Uso Habitacional Mixto, Huertos Familiares, Zona Urbanizable Condicionada ZUC

2. CONDICIÓN DE DESARROLLO

- Área Verde: Condición de Desarrollo Área Verde
 -  Área Verde AV1
 -  Área Verde AV2
- Infraestructura Vial: Condición de Desarrollo Vial ZUC y ZURC
 -  Trazado de Factibilidad de Conectividad Vial

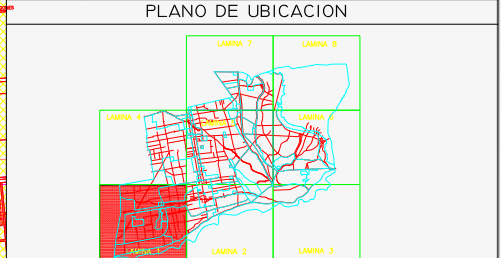
Arriba
Anexo 4: Propuestas PRMS 100 en
sector Sur de San Bernardo
Fuente: CChC (2014)





SIMBOLOGIA		
	ZONA H1 Residencial y Equipamiento Densidad: 200 Hab/ha.	ZONA AV1 Cerros altos según Art. 5.2.3.2 del P.R.M.S.
	ZONA H2 Residencial y Equipamiento Densidad: 200 Hab/ha.	ZONA AV2 Plazas y Areas Verdes Comunales e Intercomunales.
	ZONA H3 Residencial y Equipamiento Densidad: 200 Hab/ha.	ZONA INF1 Requisito de Infraestructura Sanitaria: Fuentes Asociadas - Planes de Tratamiento de Agua Potable, Flotas de Tratamiento de Aguas Residuales según Art. 5.4.2 del P.R.M.S.
	ZONA H4 Residencial y Equipamiento Densidad: 450 Hab/ha.	ZONA INF2 Proyecto de Infraestructura Energética según Art. 8.4.3 del P.R.M.S.
	ZONA H5 Residencial y Equipamiento Densidad: 300 Hab/ha.	ZONA R1 Protección Ecológica con Desarrollo Controlado (P.E.D.C.N°3), según Art. 8.3.1.2 del P.R.M.S.
	ZONA H6 Residencial, Actividades Industriales, Inofensivas y Equipamiento Densidad: 230 Hab/ha.	ZONA R2 Riesgo de Inundación de Quebradas y Cauceos Artificiales, según Art. 8.2.1 del P.R.M.S. y orden del B.O. de Areas Metropolitanas, según Art. 5.2 del P.R.M.S.
	ZONA IM1 Actividad Productiva Exclusiva según Art. 6.1.3.1 del P.R.M.S.	ZONA R3 Equipamiento de Cementerios Existentes.
	ZONA IM2 Actividad Productiva Exclusiva Existente.	ZONA R4 Equipamiento de Cementerios Parque según Art. 5.2.4.2 del P.R.M.S.
	ZONA II Actividad Productiva Inofensiva	ZONA R5 Riesgo de Desmoronamiento y Asentamientos del Suelo según Art. 8.2.1.2 del P.R.M.S.
	ZONA E(i)1 Equipamiento de Comercio (preferentemente)	ZONA R6 Parque Metropolitano del Rio Maipo (Cuenca Rio Maipo), según Art. 8.2.2 del P.R.M.S.
	ZONA E(i)2 Equipamiento de Esparcimiento, Cuido y Cultura (preferentemente)	ZONA HE(m)1 Sub-Centro de Equipamiento de Nivel Intercomunal del Metropolitano según Art. 3.1.1.2 y 3.1.1 del P.R.M.S. Densidad: 200 Hab/ha.
	ZONA E(i)3 Equipamiento Recreacional y Deportivo, según Art. 5.2.4 del P.R.M.S.	ZONA HE(m)2 Residencial y Equipamiento Densidad: 450 Hab/ha.
	ZONA E(i)4 Equipamiento Intercomunal de Interés Metropolitano (Bibliotecas y Escuelas preferentemente). Densidad Otros Usos (20%): 450 Hab/ha.	ZONA HET1 Residencial y Equipamiento de Esparcimiento (preferentemente) Densidad: 100 Hab/ha.
	ZONA E(c)1 Equipamiento de Educación, Cuido y Cultura (preferentemente) Densidad Otros Usos (20%): 200 Hab/ha.	ZONA MH Monumento Histórico
	ZONA E(c)2 Equipamiento de Deporte y Cultura (preferentemente) Densidad: 200 Hab/ha.	

SIMBOLOS CARTOGRAFICOS			
	LIMITE COMUNAL		VIA EXISTENTE
	LIMITE URBANO		VIA CON ENSANCHE
	LIMITE ZONAS		VIA CON APERTURA
	ANCHO PROYECTADO		TENDIDO ALTA TENSION
	FRANJA DE PROTECCION T.A.T.		ANILLOS DE CIRCULACION COMUNAL
	EJE QUEBRADA		PUENTE EXISTENTE
	ACUEDUCTO		PUENTE PROYECTADO
	POLIGONAL LIMITE URBANO		COTA INDICE



PLAN REGULADOR COMUNAL DE PUENTE ALTO

PROMULGACION DE LA APROBACION

EL MINISTRO DE FUE QUE SUSCRIBE CERTIFICA QUE EL PRESENTE PLAN REGULADOR COMUNAL DE PUENTE ALTO, FUE PROMULGADO POR DECRETO AL CALIDAD N° _____, DE FECHA _____, PUBLICADO EN EL DIARIO OFICIAL EL _____.

SECRETARIA MINISTERIAL METROPOLITANA DE VIVIENDA Y URBANISMO

JANE TELLEZ
JEFE DEPARTAMENTO DESARROLLO URBANO

ANDY LUIS EDUARDO BERRIO L.
SECRETARIO MINISTERIAL METROPOLITANO

APROBACION MUNICIPAL

EL SECRETARIO MUNICIPAL QUE SUSCRIBE CERTIFICA QUE EL PRESENTE PLAN REGULADOR DE FUE APROBADO POR ACUERDO DEL CONCEJO DE LA I. MUNICIPALIDAD DE _____ N° _____ DE FECHA _____.

FRANCISCA ROSAS A.
SECRETARIA MUNICIPAL

ILUSTRE MUNICIPALIDAD DE PUENTE ALTO

MARCELO JOSE ZAPATA I. ALCALDE	IGNACIO SANTA PAULA S.C. ARQUITECTO AUTOR	HECTOR TORRES F. ASESOR URBANO
LAMINA N° 01 DE 08	UNIDAD Y/O AREA	
N° PLANO PRC-PA-01	DATOS GEODESICOS: DATUM Y ELIPSOIDE SUDAMERICANO 1969	Fecha FECHA
	DIBUJO	Escala ESCALA

ZONA IM1	Actividad Productiva Exclusiva según Artículo 6.1.3.1 del P.R.M.S.	
Condiciones de Uso de Suelo		
Usos Permitidos	Residencial (sólo vivienda del cuidador)	
	Equipamiento de: Educación (centros de capacitación técnico profesional); Salud (centros de atención ambulatoria); Social (corporaciones, centros sociales, clubes sociales); Seguridad (cuarteles, centros de rehabilitación, centros de detención, comisarías, tenencias, bomberos, refenes); Deporte (centros deportivos, gimnasios, canchas, multicanchas, piscinas); Comercio (edificios de estacionamientos, mercados, locales de venta de materiales de construcción, locales de venta minorista de combustibles líquidos, centros de servicio automotriz); Servicios (servicios de utilidad pública, bancos, oficinas en general, centros de pagos, talleres pequeños).	
	Actividades Productivas de carácter molesto y/o inofensivo; Estación de Transferencia Exclusiva ^{xvi} , estación de Transferencia con Segregación y Clasificación de Residuos ^{xvi} , Planta de Compostaje de Residuos Verdes ^{xvi} , Planta de Compostaje de Residuos Vegetales de Feria ^{xvi} , Planta de Compostaje de Residuos Orgánicos en general ^{xvi} , Centro o Patio de Acopio Exclusivo ^{xvi} , Centro o Patio de Acopio con Separación y Clasificación ^{xvi} , Planta de Tratamiento Térmico de Residuos Domilicarios y Hospitalarios ^{xvii} .	
	Infraestructura de: Vialidad; Aguas Lluvias; Actividades Complementarias al Transporte Molesto e Inofensivas; Ferroviaria; Terminal de Transporte Terrestre Interurbano ^{xviii} ; Centrales de Generación o Distribución de Energía; Plantas de Captación, Tratamiento o Distribución de Agua Potable o de Aguas Servidas; Plantas de Transferencia de Basuras.	
	Espacio Público, según Artículo 2.1.30, Capítulo 1, Título 2 de la O.G.U.C	
	Área Verde, según Artículo 2.1.31, Capítulo 1, Título 2 de la O.G.U.C	
Usos Prohibidos	Residencial.	
	Equipamiento de: Culto y Cultura, Esparcimiento.	
	Actividades Productivas peligrosas.	
	Todo otro uso no incluido como permitido.	
Condiciones de Subdivisión y Edificación		
Superficie Predial Mínima		1,000 m ²
Coeficiente Constructibilidad		1,20
Densidad Bruta Máxima		-
Tipo de Agrupación		Aislado
Altura Máxima		12,00 m.
Porcentaje Máximo Ocupación de Suelo		60 %
Porcentaje Máximo Absorbimiento		Artículo 2.6.2. O.G.U.C
Antejardín Mínimo		10,00 m.
Superficie Mínima de Arborización		10 %
Ancho Mínimo Vía que Enfrenta		20,00 m.
Distanciamiento Mínimo		5,00 m.

Arriba
Anexo 6: Condiciones uso de suelo zona IM1
Fuente: I. Municipalidad de Puente Alto (2020)

AGRADECIMIENTOS

A mi pareja, Antonia, por todos los años de amor y felicidad, por ser un apoyo incondicional durante toda la carrera y la mejor compañía que pude haber pedido.

A mi profesor guía, Yves, por la ayuda y la paciencia a lo largo del proceso.

A mi familia, por el abundante cariño y por estar junto a mí en todos los momentos, a mis padres por mostrarme el mundo de la arquitectura.

A mi hermano de otra madre, Tomás, por todos los años de amistad, el apañe y las infaltables risas.

A los amigos que hice a lo largo de la carrera, quienes de un modo u otro influyeron en la persona que soy hoy en día y en el profesional que seré en el futuro.

A mis fieles compañeros en las largas noches de trabajo, Lupe y Domingo (QEPD)

Y a todas las personas que quiera hacer del mundo un lugar mejor con las herramientas que tengan a su alcance.

