



Facultad de Ingeniería

Escuela de Construcción Civil

Generación de un plan de gestión de residuos sólidos mezclados de una edificación en altura

Por

Victor Silva Castillo

Memoria de título para optar al Grado de
Licenciado en Ciencias de la Construcción y Título
de Ingeniero en Construcción

Profesora guía: Dra. Patricia Martínez Ramírez

Junio, 2023.

Agradecimientos

Me gustaría aprovechar este momento para expresar mi más sincero agradecimiento a todas las personas que han contribuido de manera significativa en la realización de esta tesis.

En primer lugar, quiero agradecer a mi familia especialmente a mis padres Alejandra y Victor; gracias por su amor incondicional, su apoyo constante y su comprensión durante todo este proceso. Sus palabras de aliento han sido fundamentales para impulsarme a superar los desafíos y alcanzar mis metas académicas.

A mi novia Vanessa, te agradezco de todo corazón por tu apoyo incondicional y por estar a mi lado en cada etapa de mi formación profesional. Tu amor, comprensión y motivación constante han sido mi fortaleza en los momentos más difíciles.

Quiero expresar mi profundo agradecimiento a la empresa Viconsa en especial al Ingeniero en construcción Lucas Bracho gracias por brindarme la oportunidad invaluable de realizar mi tesis a partir de su obra. Su generosidad y apertura para permitirme acceder a los recursos y la información necesaria han sido fundamentales para el éxito de este proyecto.

Agradezco especialmente a mi profesora guía, Patricia Martínez, por su dedicación, orientación y apoyo constante a lo largo de la realización de esta tesis. Su experiencia, sabiduría y compromiso han sido clave para dirigirme en el camino correcto y para brindarme las herramientas necesarias para alcanzar mis objetivos.

También quiero expresar mi gratitud a los profesores encargados del ramo "Título 2" por su valioso aporte, sus consejos y su guía durante el desarrollo de esta tesis. Su experiencia y conocimientos han sido de gran valor para enriquecer mi trabajo y para ampliar mi perspectiva en el tema.

A todos ustedes, mi familia, mis padres, mi novia, la empresa Viconsa, el Ingeniero en construcción, mi profesora guía y los profesores del ramo "Título 2", les agradezco de corazón por su apoyo, orientación y confianza. Su contribución ha sido esencial en el logro de esta tesis y en mi crecimiento académico y personal.

Índice

Agradecimientos.....	2
Índice de tablas.....	6
Índice de figuras.....	7
Resumen.....	8
Capítulo I.....	9
1. Antecedentes generales.....	10
1.1 Introducción.....	10
1.2 Planteamiento del problema.....	12
1.3 Estudio del estado del arte.....	14
1.4 Pregunta de investigación.....	15
1.5 Objetivos de la investigación.....	16
1.5.1 Objetivo general.....	16
1.5.2 Objetivos específicos.....	16
1.6 Alcances de la investigación.....	16
Capítulo II.....	17
2. Marco teórico.....	18
2.1 Industria de la construcción.....	18
2.1.1 Generación de residuos.....	19
2.2. Residuos.....	19
2.2.1. Definición de residuos.....	19
2.2.2. Clasificación de los residuos de construcción y demolición.....	20
2.2.3 Gestión de residuos.....	21
2.2.3.1 Jerarquía de pirámide invertida de residuos de construcción.....	22
2.3 Residuos de construcción y demolición.....	23
2.3.1 Real Decreto 105/2008.....	23
2.4 Residuos de construcción y demolición en Chile residuos en el mundo.....	23
2.5 Normas vigentes.....	24

2.5.1 Plan de gestión de Nch 3562.....	24
2.6 Residuos sólidos mezclados.....	25
Capítulo III.....	27
3. Metodología.....	28
3.1. Estructura de la investigación.....	28
3.2. Metodología de trabajo.....	29
3.2.1. Identificación del edificio caso de estudio.....	29
3.3 Caracterizar los residuos sólidos mezclados.....	29
3.4 Cuantificar los residuos sólidos mezclados.....	31
3.5 Estrategia para los residuos sólidos mezclados.....	32
3.5.1 Protocolo de inspección de residuos mezclados.....	32
3.5.2 Se deberá buscar una empresa encargada en la disposición final de los residuos.....	33
3.6 Creación del plan de gestión una vez recopilada toda la información antes mencionada.....	33
3.6.1 Responsabilidades.....	34
3.6.2 Planificación y recursos.....	34
3.6.3 Identificación y manejo de los RCD generados.....	34
3.6.4 Capacitación y comunicación del plan de gestión de RCD.....	34
3.6.5 Entrega de estrategias.....	35
3.6.6 Control de la documentación e información.....	35
Capítulo IV.....	36
4. Presentación y Análisis de los resultados.....	37
4.1 Identificación del edificio caso de estudio.....	37
4.2 Caracterizar los residuos sólidos mezclados.....	37
4.3 Cuantificar los residuos sólidos mezclados.....	38
4.4 Estrategia para los residuos sólidos mezclados.....	41
4.4.1 Protocolo de inspección de residuos mezclados.....	41

4.4.2 Se deberá buscar una empresa encargada en la disposición final de los residuos.....	42
4.5 Creación del plan de gestión una vez recopilada toda la información antes menciona.....	43
4.5.1 Responsabilidades.....	43
4.5.2 Planificación y recursos.....	43
4.5.3 Identificación y manejo de los RCD generados.....	43
4.5.4 Capacitación y comunicación del plan de gestión.....	45
4.5.5 Control de la documentación e información.....	46
4.5.5.1 Disposición final.....	46
4.6 Análisis de los resultados.....	46
Capítulo V.....	48
5. Conclusiones.....	49
Referencias Bibliográficas.....	51

Índice de tablas

Tabla 3.1 Checklist de Caracterización de los residuos mezclados.....	30
Tabla 3.2. Tabla Cuantificación de los residuos mezclados.....	31
Tabla 3.3. Tabla cuantificación de residuos.....	32
Tabla 3.4. Bitácora mensual sobre el manejo de los residuos.....	33
Tabla 4.1. Resultados checklist de Caracterización de los residuos mezclados.....	38
Tabla 4.2. Resultados tabla de cuantificación de residuos mezclados.....	39
Tabla 4.3. Resultados tabla de cuantificación de residuos.....	39
Tabla 4.4. Precio de residuos mezclados.....	40
Tabla 4.5. Precio total bruto y líquido para personal del plan de gestión.....	41
Tabla 4.6. Bitácora mensual sobre el manejo de los residuos.....	42

Índice de figuras

Figura 2.1 Clasificación de residuos según NCh 3562 (2019).....	21
Figura 2.2 Jerarquía de pirámide invertida.....	22
Figura 4.1 Ubicación de edificación en altura Fuente: Propia (2023).....	37
Figura 4.2. Cuantificación de residuos en porcentajes.....	40
Figura 4.3 Acopio de residuos.....	44
Figura 4.4 Residuos Mezclados.....	45
Figura 4.5 Cartel centro acopio.....	45
Figura 4.6 Centro de acopio provisorio sector escaleras.....	45

Resumen

En el sector de la construcción, se estima que únicamente el 35% de los residuos sólidos generados en el país corresponden a la fase de construcción, sin tener en cuenta la etapa de operación. Esta situación se presenta de manera recurrente en diversas actividades de construcción, lo cual conlleva a menudo a una disposición ilegal o a su depósito en vertederos. Además, en la actualidad, las normas y reglamentos vigentes no se aplican de manera adecuada y requieren de una mejora constante (Construye 2025, 2020).

El presente estudio tuvo como objetivo general la generación de un plan de gestión de residuos sólidos mezclados para una edificación en altura. Para lograrlo, se realizaron la caracterización y cuantificación de los residuos, así como el desarrollo de una estrategia para su manejo. Los resultados revelaron que la partida de Fachadas y Terminaciones generaba la mayor cantidad de residuos, siendo el yeso-cartón y el plástico los materiales más difíciles de separar y que contribuían significativamente a los desechos. Por otro lado, la cuantificación de los residuos brindó un mayor control y datos relevantes para la toma de decisiones en su manejo y reducción.

Tras el análisis de los resultados se concluye que a pesar de la implementación de un plan de gestión y la adopción de estrategias específicas, se observó que no se logró eliminar por completo los residuos sólidos mezclados, incluso con la participación de una empresa especializada en separación de residuos como Revaloriza. Esta empresa logró valorizar el 95% de los residuos mezclados, permitiendo su reutilización, mientras que el 5% restante carecía de valor en la actualidad.

Es relevante mencionar que los objetivos específicos de caracterización, cuantificación y generación de una estrategia que se propusieron en esta investigación, permitieron abordar de manera efectiva este desafío, contribuyendo así a la sostenibilidad y al desarrollo de prácticas más responsables en la gestión de residuos sólidos en el ámbito de la construcción.

Palabras claves: Residuos sólidos mezclados, Gestión de residuos, Separación, Valorización.

Capítulo I

Antecedentes generales

1. Antecedentes generales

1.1 Introducción

La construcción y la producción de insumos de construcción son las actividades que presentan las más altas tasas de consumo de materiales a nivel mundial (Eurostat, 2015). Sin embargo esta industria a pesar de ser uno de los sectores manufactureros que mayor aporte tiene al crecimiento de las economías de los países y regiones, genera muchos residuos que afectan no solo al país donde se construye sino que contribuye a la contaminación mundial. Su diversa composición incluye residuos inertes, como materiales pétreos, que no interactúan con el medio ambiente, residuos no inertes, como madera, yeso y plástico, que se degradan en el medio ambiente al interactuar con él, residuos peligrosos, que se rigen en Chile por el mencionado Decreto Supremo 148/2003 del Ministerio de Salud, e incluso explosivos (Residuos, 2021).

La gestión inadecuada de los residuos de la construcción provocó que se expandiera por todo Chile un gran número de vertederos ilegales los cuales, son los causantes del grave impacto ambiental a través de los años. El acopio de estos residuos en suelos específicamente diseñados para este fin puede provocar la contaminación del suelo, o incluso de los niveles freáticos (Sepúlveda, 2012).

En la actualidad, la adecuada generación y gestión de residuos sólidos representan un desafío significativo para asegurar el desarrollo sostenible de las ciudades. La construcción de edificios en altura ha surgido como una solución para hacer frente a la creciente demanda de viviendas y optimizar el uso del suelo, pero también plantea desafíos adicionales en términos de la gestión de residuos sólidos, especialmente aquellos considerados como mezclados, que contienen diferentes tipos de materiales y requieren un tratamiento específico.

Frente a esta problemática, surge la siguiente pregunta de investigación: ¿Es posible abordar eficazmente la generación de residuos sólidos mezclados mediante la implementación de un plan de gestión específico para una obra habitacional en particular? En este contexto, el objetivo general de esta tesis es generar un plan de gestión de residuos sólidos mezclados para

una edificación en altura, con la finalidad de contribuir a la búsqueda de soluciones sostenibles.

Para alcanzar este objetivo, se han establecido los siguientes objetivos específicos. En primer lugar, se llevará a cabo la caracterización de los residuos sólidos mezclados generados en la edificación seleccionada, lo cual implica identificar los diferentes tipos de materiales presentes en dichos residuos y comprender su composición y propiedades. En segundo lugar, se buscará cuantificar la cantidad de residuos sólidos mezclados generados durante las distintas etapas de construcción y uso de la edificación, con el fin de comprender la magnitud del problema y orientar las estrategias de gestión.

El objetivo final de esta tesis consiste en desarrollar una estrategia integral para la gestión de los residuos sólidos mezclados en la edificación en altura objeto de estudio. Para lograrlo, se explorarán diversas aproximaciones y tecnologías disponibles, como la reducción en la fuente, la reutilización, el reciclaje y la disposición final adecuada de los residuos. Asimismo, se tomarán en consideración los marcos legales y normativos aplicables, con el fin de diseñar un plan de gestión específico para la obra habitacional en cuestión, el cual pueda ser replicado en otras edificaciones similares.

La presente investigación requerirá tanto un análisis teórico como la recopilación de datos empíricos. Se llevarán a cabo estudios de campo con el propósito de recolectar información sobre la generación y el manejo de los residuos sólidos mezclados en la edificación seleccionada. Además, se buscará la participación activa de los actores involucrados, como los responsables de la construcción, los usuarios y los expertos en gestión de residuos, a fin de garantizar que las estrategias propuestas sean realistas y factibles de implementar.

Se espera que los resultados obtenidos en esta investigación contribuyan al conocimiento existente en el ámbito de la gestión de residuos sólidos mezclados en edificaciones en altura, proporcionando una sólida base para abordar eficientemente este desafío en futuras obras habitacionales. Además, se espera que el plan de gestión generado

tenga un impacto positivo en la reducción del impacto ambiental y en la promoción de prácticas más sostenibles en el manejo de los residuos sólidos mezclados.

1.2 Planteamiento del problema

El sector de la construcción representa solo el 35% de los residuos sólidos del país durante la fase de construcción sin considerar la operación, independientemente de la actividad, lo que a menudo resulta en disposición ilegal o en vertederos. Por otro lado, hoy en día las normas y reglamentos no se aplican correctamente y necesitan una mejora continua (Construye 2025, 2020).

Para 2023, se espera que la producción de RCD alcance las 7.455.602 toneladas por año, sólo para viviendas o más de 7 millones de metros cúbicos, lo que equivale a 15,5 estadios nacionales (Minvu 2019). Este volumen no incluye los RCD resultantes de la construcción de obras o infraestructuras públicas, demolición o escombros causados por desastres naturales. Esta situación es grave debido a que actualmente nueve regiones de Chile no cuentan con sitios autorizados para la disposición final de residuos sólidos asimilables, por lo que no existe cobertura nacional para su adecuada disposición, no existe una inversión prevista para solucionar el problema y no existe un marco institucional a nivel nacional encargada de la gestión de los RCD (Construye2025, 2020).

Además Construye2025 (2020) menciona que los RCD representan ineficiencias y desperdicio de recursos en el trabajo. De acuerdo con un estudio de caso de un edificio de apartamentos de gran altura, se estima que la etapa de mayor impacto en la generación de residuos es la etapa de terminación, donde se generan 3,56 veces más residuos en comparación con los grandes proyectos. En términos económicos, el costo estimado de la etapa inicial es 37.87% y la etapa final es 62.13%. El costo total corresponde al 1,19% del presupuesto del proyecto.

Chile cuenta con experiencias en gestión de RCD que han permitido a las obras de construcción y demolición disminuir costos, optimizar tiempos en obra y mejorar estándares de calidad y seguridad en las obras NCH 3562 (2019). Esta norma considera el enfoque de

economía circular, donde los recursos invertidos son aprovechados y los residuos se convierten en recursos valorizables, posibles de ser reintegrados al flujo económico evitando la demanda de nuevos recursos naturales, dinero, energía y tiempo (NCh 3562, 2019).

La cadena de valor lineal de la construcción extrae materias primas, fabrica, construye, opera, demuele y dispone en vertederos. Esta situación no solo afecta al medio ambiente, exacerbando el cambio climático, contaminando el aire, el agua y el suelo, sino que también tiene como efecto una importante pérdida de recursos a lo largo de toda la cadena (Construye 2025, 2020).

Como se mencionaba anteriormente hoy en día se están empleando un plan de gestión para los residuos en obras, tal como dicta la norma NCH 3562 (2019), pero esto solo incluye los residuos sólidos y no los residuos sólidos mezclados que no son separados debidamente. Generalmente los residuos están compuestos de una gran cantidad de materiales, haciendo complicado la separación de los mismos, lo que genera un desinterés en la reutilización de estos por parte de la industria de la construcción.

Al no tener una gestión adecuada de los residuos de la construcción provocó que se expandiera por todo Chile un gran número de vertederos ilegales los cuales, son los causantes del grave impacto ambiental a través de los años. El acopio de estos residuos en suelos específicamente diseñados para este fin puede provocar la contaminación del suelo, o incluso de los niveles freáticos (Sepúlveda, 2012).

Históricamente, la industria de la construcción ha operado en un modelo lineal basado en grandes cantidades de energía y materias primas de bajo costo y fácilmente disponibles. Al mismo tiempo, es una industria muy ineficiente en términos de utilización de recursos y uso de materiales a lo largo de la cadena de valor, generando muchos desechos (ASCC, 2021).

El modelo productivo actual de la industria se basa en una economía lineal, “tomar, hacer, tirar”. Por lo tanto, es altamente dependiente de las materias primas. A nivel mundial, la industria es el mayor consumidor de recursos, consumiendo casi el 50% de la producción

mundial de acero y 3 millones de toneladas de materias primas cada año. Alrededor del 40% de los materiales del mundo se utilizan en la construcción (FCH, 2020).

Actualmente, existen 3.735 sitios de disposición final ilegal en todo Chile. De estos sitios, el 34,65% correspondía a microvertederos (sitios menores a 1 hectárea), el 2,41% correspondía a vertederos ilegales (sitios mayores a 1 hectárea), y el 62,95% no tenía información sobre la cuantificación de su superficie. El área metropolitana fue el sitio de disposición final ilegal más grande, representando el 24,93% del total nacional. Le sigue la Región de Valparaíso con 603 sitios de disposición final ilegal, equivalentes al 16,14% del total nacional, la Región de Coquimbo con 413 sitios de disposición final ilegal (11,06% del total nacional), ninguno de los cuales es sitio de disposición final. Residuos de construcción y demolición (Ossio, F y Faúndez J, 2021).

1.3 Estudio del estado del arte

La gestión de RCD es una tarea que todo proyecto debe tener en cuenta y un adecuado manejo de estos residuos debe estar planificada de tal manera que cumpla con las leyes y reglamentos aplicables, y es una fuente de mejorar la gestión y economía del mismo proyecto. Para realizar lo mencionado es de mucha relevancia que la organización del proyecto defina un Plan de Gestión de RCD que describa actividades y responsables, lo que ayudará de manera importante a mejorar de forma sistemática los procesos y procedimientos del proyecto aumentando sus niveles de eficiencia y compromiso ambiental. (Corporación de Desarrollo Tecnológico, 2020).

Por otra parte se ha podido comprobar que existen diversos estudios que están en relación con el tema de la presente tesis como la realizada por el ex-alumno Lucas Bracho (2019) la cual lleva por título “Diagnóstico de la generación de residuos sólidos en la construcción de un edificio bajo el enfoque de la Ecología Industrial” la cual se basa en los residuos sólidos en una construcción de edificio en altura y busca que todos estos residuos sean reutilizables generando una reducción en el impacto ambiental y economizar a la misma empresa a la vez reduciendo sus costos.

Así como también la tesis realizada por el ex-alumno Mateo Astudillo (2020) que lleva por título “Diagnóstico de la generación de residuos de envases y embalajes en la construcción de un edificio de altura” está basada en la cantidad de residuos que se generan en una construcción en específica pero no hace referencia a los materiales sino que de los residuos que se generan de los envases y embalajes que viene los materiales, llegando a la conclusión que los residuos de cartón corrugado, papel kraft, cartulina y los residuos plásticos tales como polietileno corresponden al 97% del total de residuos de los envases y embalajes, esto aporta 99% de las emisiones de gas del efecto invernadero.

De igual forma la tesis realizada por el ex-alumno Felipe Muñoz (2021) que lleva por título “Diagnóstico de la generación de residuos en proyectos de construcción de la comuna de Santo Domingo, Chile” buscó cuantificar la cantidad de residuos en la comuna Santo Domingo desde el 2021 al 2025 considerando que se debe tener conciencia y una revalorización de los materiales para que no lleguen a sitios de disposición final ilegal ya que esto afectaría en gran medida a la economía circular de una empresa.

Y por último la tesis realizada por la ex-alumna Angela Herrera (2021) que lleva por título “Análisis territorial para la identificación y propuesta de alternativas de valorización de residuos de la construcción y demolición (RCD), bajo el enfoque de la economía circular” lo que busca esta tesis es valorizar los residuos de construcción y demolición por lo cual considera que se debe cuantificar los residuos para que se genere conciencia en las empresas y se separen en aquellos que se pueden volver a utilizar.

Es por eso que esta tesis consistirá en generar un plan de gestión de residuos sólidos mezclados para una edificación en altura. Esta propuesta tiene un gran potencial porque genera un plan de gestión sobre qué hacer con los residuos sólidos mezclados o simplemente reducir estos residuos aún más, que hoy en día generan una gran contaminación en el mundo.

Tomando en cuenta lo anteriormente mencionado se plantea la siguiente pregunta de investigación ¿Es posible resolver la generación de residuos sólidos mezclados con un plan de gestión para la funcionalidad de una obra habitacional específica?

1.4 Pregunta de investigación

¿Es posible resolver la generación de residuos sólidos mezclados con un plan de gestión para la funcionalidad de una obra habitacional específica?

1.5 Objetivos de la investigación

1.5.1 Objetivo general

Generar un plan de gestión de residuos sólidos mezclados de una edificación en altura.

1.5.2 Objetivos específicos

- Caracterizar los residuos sólidos mezclados.
- Cuantificar los residuos sólidos mezclados.
- Generar una estrategia para residuos sólidos mezclados.

1.6 Alcances de la investigación

Para el procedimiento de las estrategias se deberá tomar en cuenta lo siguiente:

- Se enfoca en los edificios de mirador Agua Santa Etapa 2.
- Solo se consideran residuos sólidos mezclados.
- No se tomarán en cuenta los residuos peligrosos.
- El plan de gestión se basa preferentemente en edificios prefabricados subsidio DS19.

Capítulo II

Marco Teórico

2. Marco teórico

En el presente capítulo se dará a conocer lo referente al marco teórico recalcando definiciones normas y antecedentes de desarrollo de la investigación.

2.1 Industria de la construcción

La construcción es uno de los sectores manufactureros que mayor aporte tiene al crecimiento de las economías de los países y regiones. Es un sector muy importante no solo por la gran cantidad de empresas y trabajadores en los que se involucra directamente, sino también por su impacto dinámico en una amplia gama de insumos que desarrollan la actividad requerida (Ruggirello, 2011).

La construcción y la producción de insumos de construcción son las actividades que presentan las más altas tasas de consumo de materiales a nivel mundial (Eurostat, 2015). La presente industria comprende la construcción residencial, la construcción comercial y las obras públicas y privadas para el desarrollo de infraestructura. Específicamente, brinda servicios de construcción como obras nuevas, ampliaciones, oficinas, edificios residenciales y comerciales, y construye infraestructura productiva para otros sectores económicos como la minería y la electricidad. Además, la infraestructura pública en general, como la construcción de edificios gubernamentales, municipios, hospitales, carreteras, puentes, etc. (Sepúlveda, 2013).

No hay duda de que la industria de la construcción es una fuente importante de residuos. De hecho, representa del 30% al 40% de todos los residuos generados en los países desarrollados. Sin embargo, a pesar de su elevado número, sus tasas de recuperación varían mucho de un país a otro. Algunos países, como los Países Bajos, Irlanda y Hungría, informaron tasas de reciclaje del 99 % al 100 % en 2017-18. En otros países, este indicador osciló entre 0% y 69% (Corporación de Desarrollo Tecnológico (CDT), 2022).

La construcción es una industria que genera muchos residuos que afectan no solo al país donde se construye sino que contribuye a la contaminación mundial. Su diversa composición incluye residuos inertes, como materiales pétreos, que no interactúan con el medio ambiente, residuos no inertes, como madera, yeso y plástico, que se degradan en el

medio ambiente al interactuar con él, residuos peligrosos, que se rigen en Chile por el mencionado Decreto Supremo 148/2003 del Ministerio de Salud, e incluso explosivos (Residuos, 2021).

2.1.1 Generación de residuos

Solo en la fase de obra, el sector de la construcción representó el 35% de los residuos inertes del país, independientemente de la actividad, lo que muchas veces conduce a vertederos o rellenos sanitarios ilegales (Construye 2025, 2020). Según datos de la Cámara Chilena de la Construcción (CChC) en el último año la actividad de la construcción aumentó en un 2.6% en Chile. A esto se suman las cifras del Instituto Nacional de Estadísticas donde la superficie total autorizada para edificación alcanzó 1.713.000 m², aumentando 29,1% en 2018.

Las prácticas de manejo de residuos de construcción y demolición (RCD) pueden tener un impacto negativo en el medio ambiente y la salud de las personas. Esto sucede cuando se establecen basureros y vertederos ilegales, así como cuando se impactan sitios como humedales, riberas de ríos, quebradas, piscinas aluvionales y regiones con patrimonio arqueológico, perjudicando lugares con valor ambiental, histórico y/o cultural (Residuos, 2021).

2.2. Residuos

2.2.1. Definición de residuos :

La palabra residuo hace referencia al material que pierde utilidad tras haber cumplido con su misión o servido para realizar un determinado trabajo. (Pérez y Merino , 2010).

En la presente tesis se pondrá énfasis en los residuos que genera la industria de la construcción, son residuos resultantes de la construcción de nuevos proyectos, la rehabilitación, reparación o restauración de obras existentes, el proceso de cultivo, la demolición de obras que han perdido su utilidad, o la demolición provocada por condiciones catastróficas (CDT, 2020).

Los principales insumos que se utilizan en la construcción se extraen de la naturaleza para la construcción de edificación e infraestructura los cuales son: áridos, cemento, hierro, aluminio, cobre, madera, asfalto, yeso, ladrillos y plásticos, de los cuales un alto porcentaje se desecha durante la construcción (Residuos, 2021) generando una gran cantidad de residuos, los cuales en su mayoría son conducidos a vertederos o rellenos sanitarios ilegales.

2.2.2. Clasificación de los residuos de construcción y demolición

La NCh 3562 (2019) establece una clasificación de los residuos de construcción y demolición (RCD) en base a la composición del residuo generado, como muestra en la Figura 2.1. Los RCD se clasifican en residuos peligrosos y residuos no peligrosos, por su parte estos últimos se clasifican en residuos inertes, residuos no inertes y residuos asimilables a domiciliarios. Términos que son definidos de la siguiente manera:

- a) Residuos peligrosos: Residuo que se ajusta a alguna característica de peligrosidad de acuerdo a la legislación vigente.
- b) Residuos no peligrosos: Residuo que no representa ningún riesgo para la salud humana.
 - b1) Residuos inertes: Residuo que no experimenta transformaciones físicas, químicas o biológicas significativas, no es soluble, ni combustible, ni reacciona física ni químicamente, no es biodegradable, no afecta negativamente a otras materias con las cuales entra en contacto de forma que pueda dar lugar a contaminación del medio ambiente o perjudicar a la salud humana.
 - b2) Residuos no inertes: Residuo no peligroso que por sus características, no se puede clasificar como residuo inerte ni como residuo asimilable a domiciliario.
 - b3) Residuos asimilables a domiciliarios: Residuo que por sus características físicas, químicas y bacteriológicas, se puede disponer en un relleno sanitario sin interferir con la operación normal.

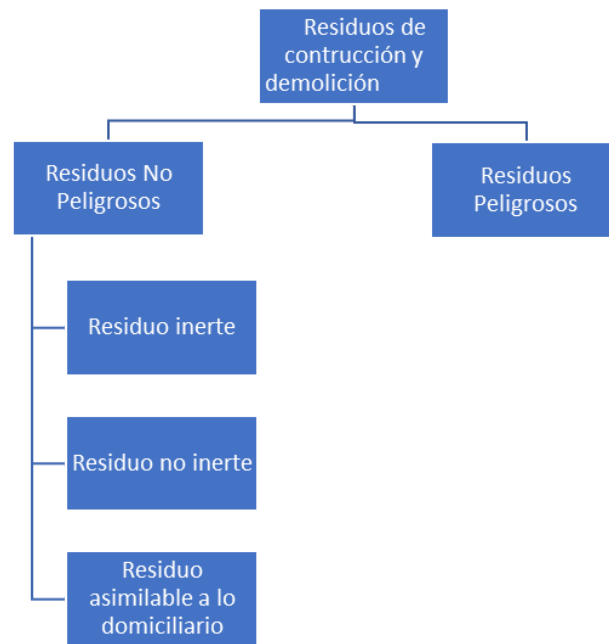


Figura 2.1 Clasificación de residuos según NCh 3562 (2019).

Fuente : Propia (2023)

2.2.3 Gestión de residuos

Hoy en día la gestión de residuos ha ganado un alto grado de importancia en muchos países, y en respuesta a los llamados internacionales para lograr la sostenibilidad ambiental y proteger la salud pública, desde la economía de los recursos naturales (Barrada, 2019). Si bien la edificación en altura que estudia esta tesis presenta un plan de gestión de los residuos, es importante prevenir la aparición de los residuos inertes para llegar al momento de gestionar lo que vaya a pasar con los antes mencionado es por eso que esta tesis tiene el objetivo de analizar y prevenir la generación de residuos inertes en una obra de edificación en altura, contribuyendo aún más en la sustentabilidad de la edificación estudiada y ayudando también a disminuir en gran parte la contaminación ambiental.

La gestión de residuos es la totalidad de las actividades operativas a las que están expuestos los residuos, incluido el manejo, la recolección, el acopio, el transporte, el pretratamiento, el tratamiento y la eliminación de residuos dentro de las operaciones. Los principales objetivos de una buena gestión de residuos son minimizar la generación de residuos, incorporar la mayor cantidad posible de residuos en el ciclo productivo (mediante

recogida interna o externa) y, finalmente, lo que no se pueda evitar, disponerlo de forma legal y ambientalmente responsable. Es imprescindible mencionar que una gestión responsable maneja los residuos de obra acorde a la jerarquía de pirámide invertida (CDT, 2020).

2.2.3.1 Jerarquía de pirámide invertida de residuos de construcción

Es la organización de manejo de los residuos de construcción la cual reduce la generación de residuos, cuyas estrategias pueden ser distintas en el plazo del desarrollo de un proyecto u obra y gestiona los residuos de la construcción según una jerarquía de pirámide invertida respetando la secuencia de acciones tal como se muestra en la Figura 2.2 de prevención, reducción, reutilización, reciclaje y recuperación energética para reducir la generación de RCD (CDT, 2020).



Figura 2.2 Jerarquía de pirámide invertida

Fuente: CDT, Plan de gestión de residuos en obra paso a paso, 2020

La jerarquía de pirámide invertida considera como primera alternativa la prevención en la generación de residuos, por consiguiente la reutilización, el reciclaje de los mismos de uno o más de sus componentes y la valorización energética de los residuos, dejando como última alternativa su eliminación en lugar autorizado.

2.3 Residuos de construcción y demolición

Castaño, et al. (2013) menciona que los residuos de construcción y demolición (RCD) son residuos de actividades de construcción, demolición y renovación, edificios, servicios públicos y espacios públicos. Son inertes, no peligrosos, y muy susceptibles cuando se utilizan mediante conversión y recombinación como materia prima para agregados en la fabricación de nuevos productos.

Ahora bien, la composición de los residuos de construcción y demolición cambia según la procedencia de los mismos, así como de la fase de ejecución de obras. En primer lugar, se puede clasificar estos residuos en los siguientes grupos: Escombros propiamente dichos, que suponen el 75% en peso de los residuos generados y grupo de envases y residuos de envases, basuras y otros, el 25% restante (Garcia, 2019).

2.3.1 Real Decreto 105/2008

El Real Decreto 105/2008 regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición, este decreto prohíbe el depósito de RCD sin tratamiento previo, demanda establecimiento de tarifas que desincentivan el depósito en vertedero de residuos valorizables o aquellos que el tratamiento previo sea solo clasificación. Y establece los criterios mínimos para distinguir cuándo la utilización de residuos en obras de restauración, acondicionamiento o relleno, puede considerarse una operación de valorización y no de eliminación en vertedero (Construye2025, 2020).

2.4 Residuos de construcción y demolición en Chile residuos en el mundo

La gestión adecuada de los residuos de construcción y demolición (RCD) se ha convertido en un desafío global debido al crecimiento constante de la industria de la construcción. Según la información proporcionada por el Centro de Desarrollo Tecnológico (CDT) de Chile, se estima que a nivel mundial se generan alrededor de 2.000 millones de toneladas de RCD cada año. Estos residuos incluyen una amplia gama de materiales, como hormigón, madera, vidrio, metales y plásticos, entre otros (CDT, 2022).

La acumulación y disposición inadecuada de los RCD plantean preocupaciones significativas para el medio ambiente y la salud pública. La falta de una gestión eficiente de

estos residuos puede resultar en la contaminación del suelo, el agua y el aire, así como en la degradación de los ecosistemas naturales. Además, los RCD representan una valiosa fuente de materiales que podrían ser reciclados o reutilizados en la industria de la construcción, lo que contribuiría a la reducción de la extracción de recursos naturales y a la disminución de los impactos ambientales asociados. Por tanto, es fundamental implementar estrategias y políticas que promuevan la reducción, la reutilización y el reciclaje de los residuos de construcción y demolición a nivel global. (CDT, 2022).

2.5 Normas vigentes

Esta norma proporciona pautas para la gestión de RCD para reducir los impactos ambientales, sociales y económicos y para influir en la productividad, las condiciones de trabajo, la seguridad y la mejora de la calidad del trabajo. La intención de esta norma es promover la gestión sostenible de los residuos en sitio a través de la reducción de RCD, recuperación y disposición final adecuada, teniendo en cuenta los principios de jerarquía en la gestión de residuos (NCh 3562, 2019).

2.5.1 Plan de gestión de Nch 3562

El plan de gestión de NCh 3562 (2019) debe contener al menos los siguientes aspectos importantes:

- Responsabilidades: Se deben designar las responsabilidades y autoridades respecto del plan de gestión de RCD dentro de la obra de construcción y demolición.
- Planificación y recursos: La implementación del plan de gestión de RCD debe incluir una planificación y la asignación de recursos humanos y financieros asociados a dicha planificación.
- Identificación y manejo de los RCD generados: Se debe identificar los residuos generados incluyendo lo siguiente: Estimación de los residuos a generar por cada una de las etapas de la obra de construcción y/o demolición, clasificación de los RCD, identificación de los residuos de productos prioritarios, logística de recolección interna, acopio de RCD provisorio en la obra, segregación y acondicionamiento de los RCD, medidas de prevención, acciones de valorización y un programa de recolección de residuos y disposición final.

- Capacitación y comunicación del plan de gestión de RCD: Para asegurar la correcta aplicación del plan de gestión de RCD, éste se debe comunicar al personal que trabaja en la obra de construcción y demolición.
- Control de la documentación e información: Durante la ejecución del plan de gestión de RCD se generan documentos que son necesarios de mantener en obra. Se debe identificar cuáles son estos documentos e identificar su tiempo de conservación. Al finalizar la obra, se debe realizar su entrega al generador de RCD para efectos de informar sus registros, según corresponda. Para efectos de esta norma, los documentos se pueden conservar en formato digital o físico.

Estos documentos, deben incluir al menos:

- a) Antecedentes de los gestores (autorizaciones de las instituciones pertinentes).
- b) Certificados de tratamiento de residuos (valorización y disposición final).
- c) Plan de gestión de RCD y sus registros.
- d) Tabla resumen de la gestión de los RCD de la obra, por etapas de construcción y/o demolición, indicando las cantidades por tipo de residuo y su tratamiento (valorización o disposición final).

2.6 Residuos sólidos mezclados

Según las definiciones vigentes en el código LER (Lista Europea de Residuos) y la norma NCh 3562, se establece una definición actualizada de los residuos mezclados. Estos residuos se refieren principalmente a materiales como hormigón, cerámicos y áridos, que son distintos de aquellos especificados en los códigos 17 09 01, 17 09 02 y 17 09 03.

En particular, se consideran residuos mezclados de construcción y demolición aquellos que no se enmarcan en las categorías mencionadas anteriormente. Esto incluye las mezclas de hormigón, ladrillos, tejas y materiales cerámicos que no se ajusten a la clasificación establecida en el código 17 01 06.

Estas definiciones son fundamentales para una adecuada gestión y clasificación de los residuos, permitiendo su tratamiento y disposición final de acuerdo con los procedimientos establecidos y contribuyendo así a la protección del medio ambiente.

Capítulo III

Metodología de la investigación

3. Metodología

3.1. Estructura de la investigación

Para alcanzar los objetivos planteados, se han abordado diversas temáticas que conforman las distintas etapas de esta investigación. A continuación, se detallan los contenidos de cada uno de los capítulos de este estudio.

En el capítulo uno se examinan los aspectos generales, proporcionando una introducción al tema de investigación. Se introduce a la problemática de la generación y disposición final de residuos sólidos, se establecen los objetivos de investigación y se mencionan los alcances y limitaciones que guiarán este estudio.

En el capítulo dos se presenta el marco teórico, que se enfoca principalmente en los conceptos y términos clave relacionados tales como la generación de residuos de la industria de la construcción, el concepto de residuos, así como su clasificación, gestión y jerarquía de ellos, el concepto de residuos de construcción y demolición y el real Decreto 105/2008, residuos de construcción y demolición en Chile residuos en el mundo, la normas vigentes Nch 3562 y su plan de gestión y por último el concepto de residuos sólidos mezclados.

En el capítulo tres se plantea la metodología de trabajo que se utilizará para esta investigación y los puntos que se considerarán son identificación del edificio caso de estudio, caracterizar los residuos sólidos mezclados, cuantificar los residuos sólidos mezclados y estrategia para los residuos sólidos mezclados en este último punto se considerará protocolo de inspección de residuos mezclados y se deberá buscar una empresa encargada en la disposición final de los residuos. Por último la creación del plan de gestión una vez recopilada toda la información antes mencionada considerando las responsabilidades, planificación y recursos, identificación y manejo de los RCD generados, capacitación y comunicación del plan de gestión de RCD, entrega de estrategias y por último el control de la documentación e información.

El capítulo cuatro consta de la presentación de análisis y evaluación de los resultados obtenidos a partir de un análisis detallado de cada punto establecido en la metodología de trabajo, también se presentan tablas y gráficos con los resultados obtenidos.

El capítulo cinco presenta las conclusiones derivadas de los resultados de esta investigación.

3.2. Metodología de trabajo

Para elaborar un diagnóstico correcto, es necesario que la constructora encargada de la ejecución del proyecto facilite la siguiente documentación:

- Planos de Ubicación del proyecto, Arquitectura y Estructura.
- Itemizado de partidas.

3.2.1. Identificación del edificio caso de estudio

Para comenzar a plantear esta investigación es de relevancia obtener datos importantes de la empresa con la cual se trabajara es por eso que se recopilaran la siguiente información.

- Identificación del edificio caso de estudio datos de la Empresa o Institución
- Rut
- Dirección
- Dirección de obra
- Tipo de edificio y cantidad de pisos
- Dimensiones de la obra
- Itemizado de partidas
- Se determinará la cantidad de residuos sólidos generados por las distintas actividades que conlleva al proceso productivo del proyecto.

3.3 Caracterizar los residuos sólidos mezclados

❖ Inspección visual inicial

Antes que todo es relevante comunicarse con la constructora y fijar un día de visita, donde se realizará una inspección inicial:

- Lo primero que se identificará es en qué partida se encuentran cada uno de los edificios construidos.

- Y a partir del punto anterior se realizará una inspección visual de los residuos mezclados generados tal que se verifique que material (residuo contiene), esto se realizará a través de un formulario durante un mes.

Checklist de Caracterización de los residuos mezclados									
Fecha	Edificio	Partida general	Residuos que contienen						
			Hormigón	Árido	Yeso cartón	Poliestireno	Cerámica	Fierro	Otros
Semana 1	1								
	2								
	3								
	4								
Semana 2	1								
	2								
	3								
	4								
Semana 3	1								
	2								
	3								
	4								
Semana 4	1								
	2								
	3								
	4								

Tabla 3.1 Checklist de Caracterización de los residuos mezclados

Fuente: Propia (2023)

- Luego de lo anterior es importante visualizar si es que la constructora cuenta con algún punto de separación y acopio de residuos sólidos mezclados
- Del mismo modo a lo anteriormente mencionado es relevante saber si la constructora cuenta con algún trabajador encargado de esta separación y acopio.
- Por último es importante visibilizar si los trabajadores presentan concientización de la separación y acopio de residuos, aportando de buena forma a este.

3.4 Cuantificar los residuos sólidos mezclados

Una vez identificados la etapa en que se encuentra cada edificio y cuales son los residuos que se generan en cada etapa se procederá a cuantificar los residuos y los residuos sólidos mezclado por lo que:

- Estos residuos serán cuantificados en m³, a través del retiro de residuos hecho una vez a la semana de la empresa estudiada.

- Este proceso se deberá hacer en un plazo de 1 mes para ver cuánto residuo mezclado se está generando y visualizar la cantidad específica de residuos por edificio.

Tabla de cuantificación de residuos mezclados		
Fecha	Edificio	Residuos mezclados en m3
Semana 1	1	
	2	
	3	
	4	
Semana 2	1	
	2	
	3	
	4	
Semana 3	1	
	2	
	3	
	4	
Semana 4	1	
	2	
	3	
	4	
Cantidad total al mes		

Tabla 3.2. Tabla Cuantificación de los residuos mezclados

Fuente: Propia (2023)

Tabla de Cuantificación de residuos	
Nombre	Cantidad (M3 al mes)
PVC sanitario	
PVC eléctrico	
Ppr	
Yeso cartón	
Poliestireno	
Madera	
Polietileno	
Cartón	
Metales	

Tabla 3.3. Tabla cuantificación de residuos

Fuente: Propia (2023)

3.5 Estrategia para los residuos sólidos mezclados

Una vez reunidos los datos relevantes y realizado el diagnóstico de los residuos sólidos mezclados generados en la constructora se propondrán estrategias que ayudaran a la empresa a gestionar estos residuos para ello se deben crear bitácoras o protocolos de acuerdo a los puntos donde se generan residuo mezclado.

3.5.1 Protocolo de inspección de residuos mezclados

Para averiguar en qué piso se está generando residuos mezclados se deberá realizar un protocolo , el cual deberá contar con los centro de acopio provisorios y generales con nombre del supervisor que esté generando este residuo.

		Bitácora diaria sobre el manejo de los residuos							
		Manejo de residuos interno y manejo de los materiales para la prevención de residuos							
Obra :				Fecha :			Ejecutor :		
TORRE	PISO	DEPARTAMENTO	FECHA	ESTADO (MAL ACORDADO/MAL ESTADO)	SUPERVISOR	IMAGEN	OBSERVACION	SUBSANADO (SI/NO/A APLICA)	IMAGEN
1	1								
1	2								
1	3								

Tabla 3.4. Bitácora mensual sobre el manejo de los residuos

Fuente: Propia (2023)

3.5.2 Se deberá buscar una empresa encargada en la disposición final de los residuos

- Dicha empresa será la encargada de gestionar la disposición final de los residuos para no ser distribuidos en vertederos ilegales.
- Además se realizará una entrevista con la empresa la que consiste en una serie de preguntas para saber si efectivamente valorizan de todos los residuos. Las preguntas son las siguientes:
 1. ¿La empresa trabaja con residuos sólidos mezclados o también incluye otro tipo de residuos?
 2. ¿Cuál es su procedimiento?
 3. ¿Qué hace la empresa con los residuos?
 4. ¿Es posible incluir a la empresa dentro del plan de gestión de mi tesis?

3.6 Creación del plan de gestión una vez recopilada toda la información antes mencionada

Es relevante mencionar que el plan de gestión estará basado en la norma NCh 3562 (2019), para esto se establecerán medidas como responsabilidades, planificación y recursos, identificación y manejo de los residuos sólidos mezclados generados, capacitación y comunicación del plan de gestión, entrega de estrategias y control de la documentación e información.

3.6.1 Responsabilidades

Es necesario asignar las responsabilidades y competencias en relación al plan de manejo de desechos sólidos mezclados dentro del proyecto. Esto se puede lograr mediante la designación de un responsable de gestión de residuos, quien, entre otras responsabilidades, debería llevar a cabo, supervisar e informar sobre el progreso del plan de gestión.

3.6.2 Planificación y recursos

La ejecución del plan de manejo de desechos sólidos mezclados requiere de una adecuada planificación y la asignación de personal y recursos económicos vinculados a dicha planificación.

3.6.3 Identificación y manejo de los RCD generados

El plan de manejo de residuos de construcción y demolición debe identificar los desechos generados, incluyendo lo siguiente:

- a) Estimación de la cantidad de residuos a generar en cada etapa de la obra de construcción y/o demolición (expresados en metros cúbicos).
- b) Categorización de los desechos de acuerdo a su clasificación.
- c) Identificación de los residuos de productos prioritarios, cuando corresponda.
- d) Organización de la recolección interna.
- e) Almacenamiento temporal de los residuos en la obra.
- f) Separación y preparación de los desechos (por ejemplo, separación y embalaje para reducir su volumen y facilitar su manejo), si es necesario.
- g) Medidas de prevención para evitar la generación de residuos.
- h) Acciones de valorización de los desechos.
- i) Programa de recolección de residuos y disposición final. Se recomienda mantener un registro de los gestores de residuos.

3.6.4 Capacitación y comunicación del plan de gestión de RCD

Con el fin de garantizar la adecuada implementación del plan de manejo de residuos de construcción y demolición (RCD), es fundamental comunicarlo al personal que participa en la obra. Para lograr esto, se pueden emplear diversos métodos, como la creación de procedimientos o guías de trabajo, así como la capacitación continua del personal.

Es importante capacitar a los empleados acerca de los materiales que no están siendo reciclados y aquellos que requieren de un plan de acción específico. Asimismo, se busca fomentar en los trabajadores el hábito de separar los residuos durante su labor. Cabe destacar que este plan de manejo se basa en la concienciación de los empleados y en incentivarlos a realizar una separación adecuada de los residuos, siendo este uno de los principales pilares del mismo.

3.6.5 Entrega de estrategias

Estrategia que se dará a partir del transporte, almacenamiento y manipulación, para esto es necesario dar charlas a los trabajadores para un correcto manejo de los materiales con el fin de evitar pérdidas y prevenir la generación de residuos, por lo que es relevante que los trabajadores colaboren en el buen manejo de cada material desde la llegada a la obra hasta su traslado a los sectores de acopio, en especial considerar el cuidado en su almacenamiento.

3.6.6 Control de la documentación e información

Durante la implementación del plan de gestión de residuos de construcción y demolición (RCD), surgen una serie de documentos que resultan fundamentales para mantener la obra. Es necesario identificar cuáles son estos documentos y determinar el tiempo de conservación requerido para cada uno de ellos. Al concluir la obra, es crucial entregar estos documentos al generador de RCD con el fin de informar adecuadamente los registros correspondientes. Según lo establecido en la normativa, los documentos pueden ser conservados tanto en formato digital como físico.

Entre los documentos que se deben incluir, se encuentran al menos los siguientes:

- a) Antecedentes de los gestores, que incluyen las autorizaciones otorgadas por las instituciones pertinentes.
- b) Certificados de tratamiento de residuos, tanto de valorización como de disposición final.
- c) El plan de gestión de RCD y todos sus registros asociados.
- d) Una tabla resumen que contenga información detallada sobre la gestión de los RCD de la obra, desglosada por etapas de construcción y/o demolición. Esta tabla debe indicar las cantidades de cada tipo de residuo y el tratamiento aplicado, ya sea valorización o disposición final.

Capítulo IV

Presentación y Análisis de los resultados

4. Presentación y Análisis de los resultados

4.1 Identificación del edificio caso de estudio

- Identificación del edificio caso de estudio datos de la Empresa o Institución: Constructora Viconsu Ltda.
- Rut: 76.236.553-7
- Dirección: Parque Industrial Aconcagua Km 2, Lote 16, Parcela 3, Quintero.
- Dirección de obra: Obra Mirador Agua Santa 2, ubicada en AV Sonap 1385, Viña del mar.
- Es un edificio de tipo habitacional y cuenta con 8 pisos , se determinará la cantidad de residuos sólidos generados por las distintas actividades que conlleva al proceso productivo del proyecto.
- Superficie edificada : 19176.44 m²

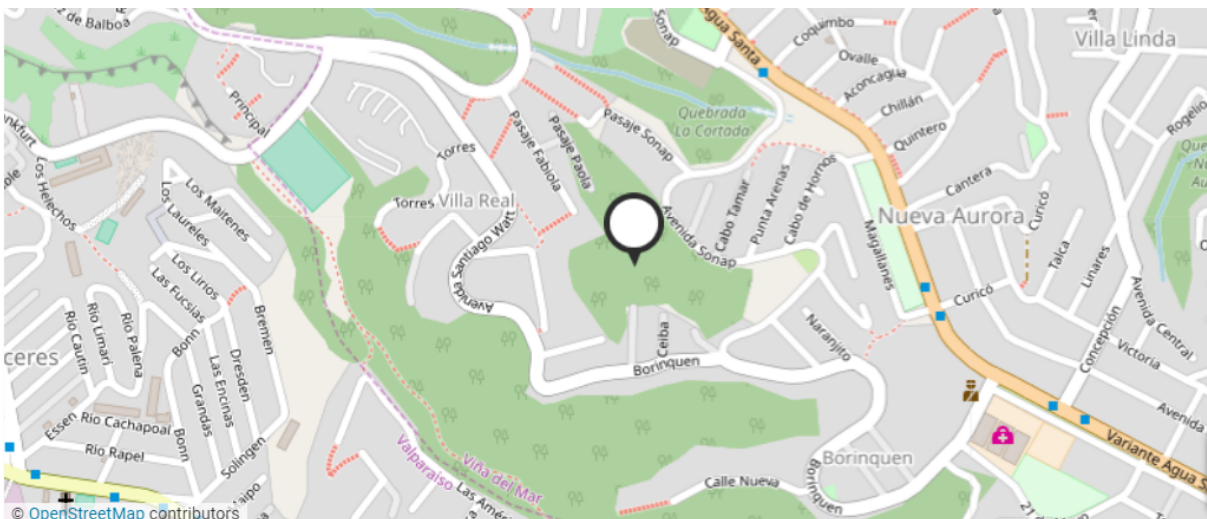


Figura 4.1 Ubicación de edificación en altura Fuente: Propia (2023)

4.2 Caracterizar los residuos sólidos mezclados

Para caracterizar los residuos se obtuvo esta tabla la cual se puede apreciar que dependiendo de la partida que se encuentre se generará distinto tipo de residuo cabe destacar que los residuos que se encontraron en todas las partidas fueron polietileno y poliestireno y otros que son pvc , madera, lana mineral entre otros no vistos en la gráfica.

Checklist de Caracterización de los residuos mezclados										
Fecha	Edificio	Partida general	Residuos que contienen							
			Hormigón	Árido	Yeso cartón	Polietileno	Poliestireno	Cerámica	Fierro	Otros
Semana 1	1	Terminaciones			x	x	x	x		x
	2	Terminaciones			x	x	x	x		x
	3	Obra gruesa	x	x		x	x		x	x
	4	Obra gruesa	x	x		x	x		x	x
Semana 2	1	Terminaciones			x	x	x	x		x
	2	Terminaciones			x	x	x	x		x
	3	Obra gruesa	x	x		x	x		x	x
	4	Obra gruesa	x	x		x	x		x	x
Semana 3	1	Terminaciones				x	x	x		x
	2	Terminaciones				x	x	x		x
	3	Obra gruesa	x	x		x	x		x	x
	4	Obra gruesa	x	x		x	x		x	x
Semana 4	1	Terminaciones				x	x	x		x
	2	Terminaciones				x	x	x		x
	3	Obra gruesa	x	x		x	x		x	x
	4	Obra gruesa	x	x		x	x		x	x

Tabla 4.1. Resultados checklist de Caracterización de los residuos mezclados

Fuente: Propia (2023)

4.3 Cuantificar los residuos sólidos mezclados

Una vez identificados la etapa en que se encuentra cada edificio y cuales son los residuos que se generan en cada etapa se procedió a cuantificar los residuos y los residuos sólidos mezclado por lo que:

- Estos residuos fueron cuantificados en m³, a través del retiro de residuos hecho una vez a la semana de la empresa estudiada.
- Este proceso se realizó en un plazo de 1 mes y se visualizó la cantidad de residuo mezclado que se estaba generando además de la cantidad específica de residuos por edificio.

Tabla de cuantificación de residuos mezclados		
Fecha	Edificio	Residuos mezclados en m3
08-08-2022	1	12
	2	
	3	
	4	
17-08-2022	1	13
	2	
	3	
	4	
26-08-2022	1	10
	2	
	3	
	4	
07-09-2022	1	6,5
	2	
	3	
	4	
Cantidad total al mes		41,5

Tabla 4.2. Resultados tabla de cuantificación de residuos mezclados

Fuente: Propia (2023)

Tabla de Cuantificacion de residuos	
Nombre	Cantidad (M3 al mes)
PVC sanitario	1
PVC eléctrico	1,2
Ppr	0,9
Yeso cartón	11,14
Poliestireno	3,6
Madera	8
Polietileno	6,5
Cartón	2,6
Metales	2

Tabla 4.3. Resultados tabla de cuantificación de residuos

Fuente: Propia (2023)

En la tabla 4.3 se puede apreciar la cantidad de m3 al mes de residuos no mezclados.

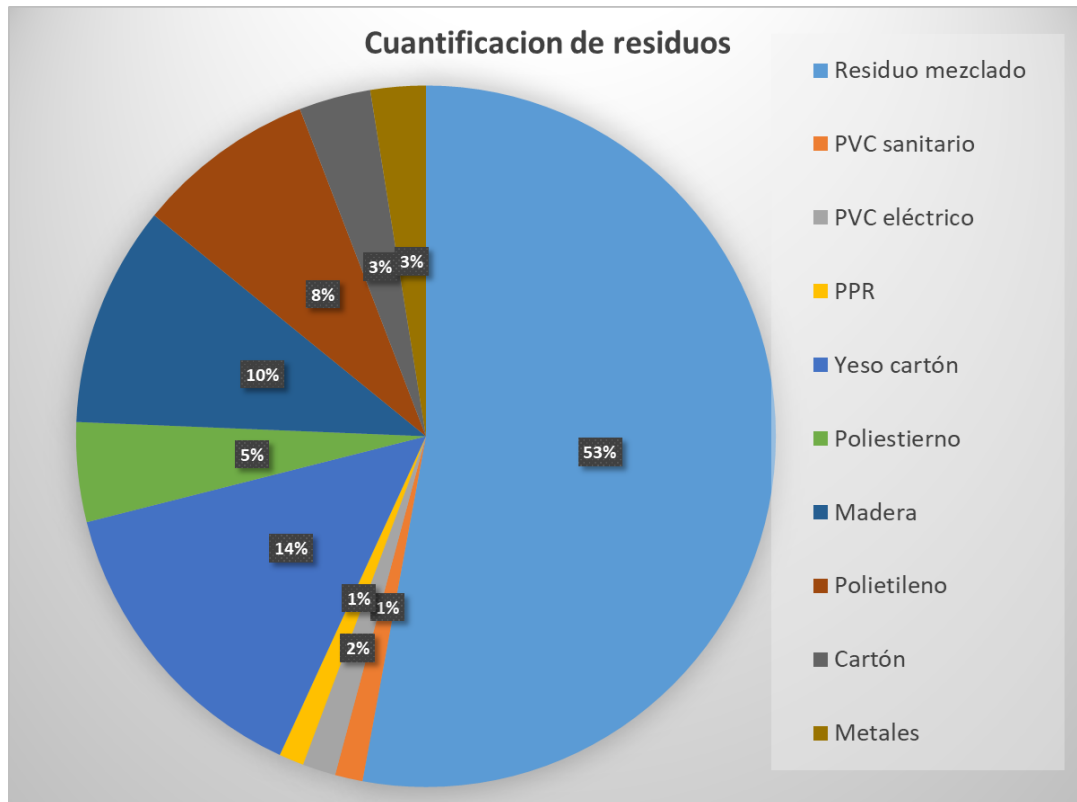


Figura 4.2. Cuantificación de residuos en porcentajes

Fuente: Propia (2023)

En la tabla 4.2 se observa la cantidad en porcentajes de residuos generados en la obra.

ITEM	M3	PRECIO/M3	TOTAL
Residuos mezclados (Revaloriza)	41,5	\$ 14.000	\$ 581.000
Residuos mezclados (Urban)	78,44	\$ 10.000	\$ 784.400

Tabla 4.4. Precio de residuos mezclados

Fuente: Propia (2023)

En la tabla 4.4 se puede observar el precio en m3 de residuos mezclados comparando la empresa revaloriza con una empresa a botaderos autorizados en el cual no se valoriza este residuo.

Personal	Cantidad	Leyes Sociales	Sueldo Bruto	Sueldo Liquido	Total
Ingeniero Constructor	1	35%	\$ 3.818.309	2828377	\$ 2.828.377
Jornal	5	35%	\$ 540.000	400000	\$ 2.000.000
Supervisor	1	35%	\$ 1.214.730	899800	\$ 899.800
		Total Bruto	\$ 7.733.039	Total Liquido	\$ 5.728.177

Tabla 4.5. Precio total bruto y líquido para personal del plan de gestión

Fuente: Propia (2023)

Cabe destacar que el valor del ingeniero constructor considera su trabajo como edificar la obra , además de gestionar el plan de gestión de residuos sólidos mezclados.

4.4 Estrategia para los residuos sólidos mezclados

4.4.1 Protocolo de inspección de residuos mezclados

Para averiguar en qué piso se está generando residuos mezclados se realizó un protocolo , el cual cuenta con los centro de acopio provisorios y generales con nombre del supervisor que esté generando este residuo y los resultados fueron los siguientes:

		Bitácora Mensual sobre el manejo de los residuos						
		Manejo de residuos interno y manejo de los materiales para la prevención de residuos						
Obra :	Mirador Agua santa 2		Fecha :	07-09-2022		Ejecutor	Victor Silva	
TORRE	PISO	FECHA	ESTADO	SUPERVISOR	IMAGEN	OBSERVACIÓN	SUBSANADO (SI/NO/NO APLICA)	IMAGEN
1	Pasillo Torre	07-09-2022	Segregar	Jorge Salinas		Residuo mezclado y no segregado	NO	
1	1	07-09-2022	Vacío	Edison Garrido		Material retirado	NO APLICA	
1	2	07-09-2022	Vacío	Edison Garrido		Material retirado.	NO APLICA	
1	3	07-09-2022	Vacío	Edison Garrido		Material retirado	NO APLICA	

1	4	07-09-2022	Retirar	Johnny Valdivia		6 de sacos escombros , polietileno , cartón , 1 saco de residuo mezclado plumavit , cartón , polietileno , perfil Metalcom , 1 saco de perfil Metalcom	NO	
1	5	07-09-2022	Retirar	Victor Piña		7 sacos de escombros , madera , plancha Volcanita.	NO	
1	6	07-09-2022	Retirar	Victor Piña		1 tineta con líquido ,1 saco de cartón , 1 saco de papel con yeso , 1 saco con escombros debajo y encima plumavit , Volcanita .	NO	
1	7	07-09-2022	Retirar	Victor Piña		2 sacos de escombros , 1 de residuo mezclado (papel plumavit , escombros) 1 saco de Volcanita con aserrín , 2 sacos de madera , cartón , plumavit.	NO	
1	8	07-09-2022	Segregar	Victor Piña		3 sacos de escombros , escombros no acopiados en sacos .	NO	

Tabla 4.6. Bitácora mensual sobre el manejo de los residuos

Fuente: Propia (2023)

4.4.2 Se deberá buscar una empresa encargada en la disposición final de los residuos

- Dicha empresa encargada de gestionar la disposición final de los residuos para no ser distribuidos en vertederos ilegales es la empresa REVALORIZA.
- Es por eso que se realizó una entrevista con la empresa la que consistió en una serie de preguntas para saber si efectivamente valorizan todos los residuos. Se obtuvo las siguientes respuestas:

1. ¿La empresa trabaja con residuos sólidos mezclados o también incluye otro tipo de residuos?

Respuesta: El 95% de los residuos que llegan a Revaloriza vienen mezclados.

2. ¿Cuál es su procedimiento?

Respuesta: El residuo sólido mezclado trabaja con 3 maquinarias para separar las impurezas de tierra para pasar a un lado, luego estación de piqueo que es selección manual vibradores los separadores magnéticos y vibradores y por último la cuarta máquina que es la excavadora.

3. ¿Qué hace la empresa con los residuos?

Respuesta: Lo valorizamos para alimentar a algunos proveedores y a emprendedores. Hay residuos que no pueden separar y sin valor como la Lana mineral aislante que esta mezclada

con hormigón aún no se sabe lo que se puede hacer , todo lo demás tiene valorización.

4.¿Es posible incluir a la empresa Revaloriza dentro del plan de gestión de mi tesis?

Respuesta: Si es posible.

4.5 Creación del plan de gestión una vez recopilada toda la información antes mencionada

El plan de gestión está basado en la norma NCh 3562, para esto se establecieron medidas como responsabilidades, planificación y recursos, identificación y manejo de los residuos sólidos mezclados generados, capacitación y comunicación del plan de gestión, entrega de estrategias y control de la documentación e información.

4.5.1 Responsabilidades

Se establecieron algunas responsabilidades la que harán que se el plan de gestión se lleve a cabo de una manera favorable, las responsabilidades son las siguientes:

- Gestión y cumplimiento del plan de gestión → Ingeniero Constructor.
- Separador de residuos mezclados y acopio → Jornal.
- Transporte y limpieza de residuos → Cuadrilla de jornales.
- Planificación y la asignación de recursos humanos →Ingeniero Constructor.
- Supervisión y realización de bitácoras →Supervisor.
- Cumplimiento del avance de limpieza de trabajadores → Jefe de terreno.
- Transporte de residuo mezclados generado en la obra a la empresa REVALORIZA o sector designado de reciclaje→Transportista.

4.5.2 Planificación y recursos

Se deberá planificar el lugar donde se acopian los residuos este deberá ser ubicado en un lugar óptimo que no moleste en el tránsito, además de encargarse de que los recursos humanos y de esto estará a cargo el Ingeniero en Construcción Lucas Bracho.

4.5.3 Identificación y manejo de los RCD generados

Todo residuo generado deberá acoplarse de manera que no se mezclen con otros residuos, por lo cual se usarán pallets y maxisacos para acopiar cada residuo dependiendo de

su material ,además se deberá colocar una señalética en el cual este nombre del residuo acopiado.

Además dentro de esta obra no solo se utilizo el acopio general el cual estaba ubicado al lado de la portería, sino que se usó un acopio provisorio el cual se encontraba en el sector de escaleras de cada edificio en el cual se acopiaba en sacos o tinetas residuos que se generaban en cada partida, cabe destacar que esto era recolectado por la cuadrilla de jornales y llevada al centro de acopio de cada escalera. Con respecto a lo que sucedía con los sacos o tinetas, estos se bajaban por la misma cuadrilla por mandato del jefe de terreno y bodega y eran depositados en el acopio general. Finalmente cuando el acopio general se llenaba, se llamaba al transportista que lleva los residuos mezclados a la empresa Revaloriza o al sector designado de reciclaje.

Cuando eran residuos separados se podía llevar a Revaloriza o se podía entregar a una empresa recicladora y de este modo la empresa constructora podía cobrar un capital por los residuos como madera, metal y cartón, que son aquellos residuos que se pueden reciclar y los que tienen un valor en el mercado de la construcción.

Cuando llegaba Revaloriza aquellos separaban los residuos mezclados con sus maquinas chancadoras ya vistas anteriormente y lo que hace esta empresa en dar valor a estos productos ya que los separó y los vende a un proveedor. Concluyendo que el 95% de los residuos que se generaron son utilizados nuevamente, mientras que el 5% restante no tendría valor actualmente.



Figura 4.3 Acopio de residuos Fuente: Propia (2023)



Figura 4.4 Residuos Mezclados Fuente: Propia (2023)



Figura 4.5 Cartel centro acopio Fuente: Propia (2023)



Figura 4.6 Centro de acopio provisorio sector escaleras
Fuente: Propia (2023)

4.5.4 Capacitación y comunicación del plan de gestión

Se debe realizar una charla de inducción a todos los trabajadores nuevos que entren a la obra y que cada maestro o jornal que entre a la empresa sepa que debe separar y cada residuo que se genere sea acopiado en un saco o tineta, para esto se le entregará estos implementos pero también ellos pueden solicitar en bodega. En esta charla además se deberá explicar a los trabajadores que son los residuos mezclados, cuales son los residuos que se abarcan, la clasificación de residuos, es importante mencionar que una persona a cargo de la supervisión deberá además realizar una charla a los trabajadores por lo menos una vez a la semana de la importancia de separar los residuos en la construcción.

Entrega de estrategias: Información respecto a Checklist, bitácora mensual, cuantificación de residuos y capacitaciones a partir del transporte, almacenamiento y manipulación

Cabe destacar que esto será gestionado y realizado por el Dpto. medio ambiente todas las semanas.

4.5.5 Control de la documentación e información

Durante la implementación del plan de gestión de residuos de construcción y demolición (RCD), se deberá tener registro de todos los retiro de residuos en la obra incluyendo los residuos que se separaron y residuos mezclados.

4.5.5.1 Disposición final

En este punto también se determinó que la disposición final de los residuos será llevada a la empresa Revaloriza y empresas recicladoras de madera, cartón y acero de la zona.

4.6 Análisis de los resultados

De acuerdo a todo lo recatado en el plan de gestión, lo investigado y obtenido de los procesos constructivos de la obra, se pudo inferir y afirmar que las partidas que más generan residuos son:

- La partida de Fachadas y Terminaciones (Fachadas, terminaciones húmedas, terminaciones finas y tabiquería) por lo cual esto se pudo comprobar por la inspección

visual y la realización de las bitácoras.

En cuanto a los residuos que menos se pueden separar y los que más se generan son:

- Yeso cartón y el poliestireno.

Recordar que este análisis se enfoca en residuos que se mezclan y que son los principales causantes del residuo mezclado.

El uso de bitácoras, capacitaciones y de transportar residuos a una empresa que separa residuos redujo la cantidad de residuos que llegaban a vertederos y poder volver a darle uso valorizando estos residuos.

Capítulo V

Conclusiones

5. Conclusiones

Hoy en día se está empleando un plan de gestión para los residuos en obras , tal como dicta la norma NCH 3562 , pero esto solo incluye los residuos sólidos y no los residuos sólidos mezclados que no son separados debidamente. Generalmente los residuos están compuestos de una gran cantidad de materiales, haciendo complicado la separación de los mismos, lo que genera un desinterés en la reutilización de estos por parte de la industria de la construcción.

Es por eso que el presente estudio tenía como objetivo general, generar un plan de gestión de residuos sólidos mezclados para una edificación en altura. Los objetivos establecidos fueron caracterizar y cuantificar los residuos, así como desarrollar una estrategia para su manejo. A través de la caracterización de los residuos sólidos, se logró identificar que la partida de Fachadas y Terminaciones es la que genera la mayor cantidad de residuos en la edificación en estudio. Asimismo, se determinó que el yeso-cartón y el plástico son los materiales que presentan mayores dificultades para su separación y generan una cantidad considerable de desechos en la edificación.

La cuantificación de los residuos permitió obtener un mayor control sobre su gestión, brindando información valiosa para la toma de decisiones en cuanto a su manejo y reducción. En base a los resultados obtenidos y a las observaciones realizadas durante el desarrollo del plan de gestión, se recomienda siempre tener énfasis en generar conciencia en los trabajadores así como también incentivar a la separación de residuos, para de esta forma generar un lugar limpio, agradable y apto para trabajar; una de las estrategias más importante fue, tener una buena gestión de los residuos supervisando constantemente y añadiendo señaléticas.

Sin embargo, a pesar de la implementación de un plan de gestión y la adopción de estrategias específicas, se constató que no se logró eliminar al 100% los residuos mezclados aun llevando a una empresa que separa residuos como es Revaloriza, aquella empresa sólo pudo valorizar el 95% de los residuos mezclados los cuales son utilizados nuevamente, mientras que el 5% restante no tendrían valor actualmente.

Este estudio proporciona el desarrollo de un plan de gestión de residuos sólidos mezclados en edificaciones en altura, destacando la importancia de la caracterización y cuantificación de los residuos para la implementación de estrategias efectivas. Aunque se reconoce que aún existen desafíos por superar, este trabajo sienta las bases para la adopción de medidas más sostenibles y conscientes en la gestión de residuos en el contexto de la construcción.

Referencias Bibliográficas

Astudillo, M. (2020). Diagnóstico de la generación de residuos de envases y embalajes en la construcción de un edificio de altura.

Barradas Rebolledo, A. (2009). Gestión integral de residuos sólidos municipales: estado del arte.

Bracho, L. (2019). Diagnóstico de la generación de residuos sólidos en la construcción de un edificio bajo el enfoque de la Ecología Industrial.

Castañó, J. O., Misle Rodríguez, R., Lasso, L. A., Gómez Cabrera, A., & Ocampo, M. S. (2013). Gestión de residuos de construcción y demolición (RCD) en Bogotá: perspectivas y limitantes. *Tecnura*, 17(38), 121-129.

CDT. (2020). Plan de gestión de residuos en obra paso a paso. http://mailing.cdt.cl/files/2020/1/1Plan_de_Gestion_de_Residuos_en_Obra_Paso_a_Paso_N16.pdf

Corporación de Desarrollo Tecnológico CDT (2022). Residuos de construcción y demolición. <https://www.cdt.cl/residuos-de-construccion-y-demolicion/>

Construye2025. (2019). Escombros de la construcción llenarían 15 veces el Estadio Nacional para 2025 ¿Qué hacemos para evitarlo? – Construye2025. <https://construye2025.cl/2019/11/05/escombros-de-la-construccion-llenarian-15-veces-el-estadio-nacional-para-2025-que-hacemos-para-evitarlo/#:%7E:text=Entre%20ellos%2C%20dice%2C%20los%20residuos,por%20su%20disposici%C3%B3n%20y%20transporte>

Construye2025. (2020). HOJA DE RUTA RCD ECONOMÍA CIRCULAR EN CONSTRUCCIÓN 2035. <https://www.construye2025.cl/RCD>

García Laureano, R. (2019). Gestión de residuos inertes. UF0286. Logroño, Editorial Tutor Formación. Recuperado de <https://elibro.net/es/ereader/uvalparaiso/111568?page=7>.

Herrera, A. (2021). Análisis territorial para la identificación y propuesta de alternativas de valorización de residuos de la construcción y demolición (RCD), bajo el enfoque de la economía circular”

Instituto Nacional de Normalizaciones. (2019) Norma chilena NCH 3562.

MMA. (2018). Cuarto reporte del estado del Medio Ambiente. Santiago: Ministerio de Medio Ambiente.

Muñoz, F. (2021). Diagnóstico de la generación de residuos en proyectos de construcción de la comuna de Santo Domingo, Chile.

Ossio, F y Faúndez J. (2021). Diagnóstico Nacional de Sitios de Disposición Ilegal de Residuos (reporte nro. 1). Santiago, Chile. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/348443724_Diagnostico_Nacional_de_Sitios_de_Disposicion_Ilegal_de_Residuos

Pérez, J y Merino, M. (2010). Definición de residuo - Qué es, Significado y Concepto. Definicion.de. Última actualización el 18 de octubre de 2021. Recuperado de <https://definicion.de/residuo/>

Sepúlveda, C. (2012). Identificación de residuos inertes en Chile. Santiago: Centro nacional del Medio Ambiente (CENMA) para Ministerio del Medio Ambiente.

Sepúlveda, C. (2013). Plan de negocios para una empresa prestadora de servicios relacionados con la construcción inter ltda" ingeniería de servicios". Universidad de Chile, Facultad de ciencias físicas y matemáticas departamento de ingeniería industrial.

Residuos. (2021). SINIA. Recuperado de <https://sinia.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2021/04/10-residuos.pdf>

Ruggirello, H. M. (2011). El sector de la construcción en perspectiva: internalización e impacto en el mercado de trabajo.