

**UNIVERSIDAD MAYOR, REAL Y PONTIFICIA DE  
SAN FRANCISCO XAVIER DE CHUQUISACA**

**VICERRECTORADO**

**CENTRO DE ESTUDIOS DE POSTGRADO E  
INVESTIGACIÓN**



**IDENTIFICACIÓN Y REVALORIZACIÓN DE RESIDUOS  
DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN EN LA CIUDAD DE  
SUCRE**

**TRABAJO EN OPCIÓN AL GRADO DE MAGISTER EN GESTIÓN INTEGRAL DE  
RESIDUOS SÓLIDOS Y AGUAS RESIDUALES**

**ING. DAVID ALEJANDRO VERÁSTEGUI VELASCO**

**MSc. ALEIDA SANDRA ROMERO ORTEGA**

**SUCRE, DICIEMBRE DE 2024**

## **HOJA DE APROBACIÓN**

Aprobado en nombre de la Universidad Mayor, Real y Pontifica de San Francisco Xavier de Chuquisaca.

**Facultad de Ciencias Agrarias**

Por el siguiente Tribunal:

.....  
**MSC. ROBERTO ACEBEY ALDUNATE**  
VOCAL TRIBUNAL DE HONOR

.....  
**PHD. SUSANA RENGEL ROJAS**  
SECRETARIO TRIBUNAL DE HONOR

.....  
**PHD. WINSTON QUEVEDO QUISPE**  
PRESIDENTE TRIBUNAL DE HONOR

**Nota**.....  
**Aprobación**.....  
**Sucre**,.....**de**.....**de 20**.....

Trabajo en opción al Grado de Magister  
presentado a la Universidad Mayor, Real y  
Pontificia de San Francisco Xavier de  
Chuquisaca, en cumplimiento de requisito  
formal del Centro de Estudios de Postgrado  
e Investigación.

## DEDICATORIA

El presente Trabajo va dedicado con todo cariño a mi madre Miriam Velasco, por el mejor ejemplo de extraordinario esfuerzo que hace posible que yo pueda ser mejor persona, lograr mis sueños y llegue siempre hasta a la meta, por motivarme, creer en mí y extenderme la mano siempre, sin ella no habría llegado a este momento. “Gracias querida mamá por tu paciencia, tu cariño y tu infinito sacrificio, me toca devolverte un poquito de lo mucho que has hecho por mí. A ti por siempre mi corazón y agradecimiento”.

A mi amada esposa, que me acompaña a cada paso y que me motiva en cada momento donde uno comienza a flaquear. “Danny, gracias por tu amor, tu dulzura, la comprensión y la paciencia, estuviste en cada momento junto a mí y fuiste capaz de contenerme cuando todo iba mal. No fue sencillo sobresalir esta etapa, sin embargo, siempre fuiste alentadora y esperanzadora, me decías que lo lograría perfectamente y, por eso esto lleva mucho de ti. Gracias por amarme como solo tú lo puedes hacer”.

A mi queridísima hermana Carolina, porque con su paciencia hace que sea una buena persona. “Más que una hermana, eres amiga y la mejor consejera”.

A mi papá, que estuvo apoyando en esta última etapa de preparación y formación académica posgradual. A pesar de las complicaciones que lanza la vida, está en el momento oportuno para ayudar a concluir con el trabajo esperado.

A mi querida Mamita Aida y mi Papá Napoleón, él que ahora está en el cielo me guía desde allá. Porque juntos han sido siempre un ejemplo de vida, un estímulo a querer vivir y sacarle todo el jugo a la vida. “Gracias por su sabiduría, los consejos que influyeron en mi crecimiento profesional para lograr todos los objetivos en la vida, parte de este trabajo es también para ustedes en agradecimiento por todo su amor y comprensión”.

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios, por iluminarme a cada paso que doy, por no abandonarme en los momentos más cruciales de mi vida. Por darme la fortaleza, pero por sobre todo sabiduría para poder realizar y llevar este trabajo adelante. Por cada regalo que me ha dado en la vida, y las oportunidades de superación sin los cuales no habría sido posible concluir esta etapa. “Gracias Dios, eres el mejor amigo fiel, nunca me abandonas”.

A mis padres, que me enseñaron a valorar el trabajo duro y la perseverancia para alcanzar el éxito a pesar de los obstáculos. Sobre todo, a mi madre que siempre fue ejemplo de vida y de lucha constante.

A la prestigiosa Casa de Estudios U.M.R.P.S.F.X.CH. y al C.E.P.I., por continuar formándome académicamente con valores y principios que me permiten ser el profesional que la sociedad y el país necesitan.

A todos los docentes y personal administrativo, que fueron parte de este Programa de “Maestría en Gestión Integral de Residuos Sólidos y Aguas Residuales”, sin olvidarme de aquellos que a lo largo de este tiempo influyeron con sus lecciones y experiencias, para instruirme y prepararme para los desafíos profesionales que pone la vida.

Por último, quiero agradecer a esas personas importantísimas en mi vida, familiares, colegas y amigos, que sin esperar nada a cambio, compartieron charlas, conocimientos y diversiones, siempre estuvieron y están listas para brindarme toda su ayuda. “Es mi turno de regresar a todos un poquito de lo mucho que me han otorgado. Con todo mi cariño este trabajo se los dedico a ustedes”.

**Ing. David Alejandro Verástegui Velasco**

## RESUMEN

El sector de la construcción en Bolivia ha experimentado un crecimiento significativo en los últimos años, impulsado por el auge económico y la demanda de nuevas infraestructuras. Sin embargo, este crecimiento ha venido acompañado de un aumento preocupante en la generación Residuos de Construcción y Demolición (RCD), lo que representa una grave problemática ambiental y económica. Estos residuos ocupan espacio en los vertederos, contaminan el suelo y el agua, y pueden ser peligrosos para la salud humana.

Los Residuos Sólidos de Construcción y Demolición (RCD) son una parte significativa de los residuos generados en entornos urbanos, periurbanos, y representan un desafío importante para la gestión de residuos. Esta situación refleja un problema creciente que demanda soluciones efectivas y sostenibles.

La gestión adecuada de los Residuos Sólidos de Construcción y Demolición (RCD), es crucial para promover la sostenibilidad ambiental y económica en las ciudades. Este estudio tiene como objetivo evaluar, analizar la generación, composición, manejo y caracterizar los RCD en la ciudad de Sucre, dentro de un área geográfica determinada, para identificar posibles oportunidades de revalorización de estos materiales como elementos recuperables.

La propuesta tiene como objetivo presentar estrategias para minimizar y reducir la generación de RCD en Bolivia, promoviendo un enfoque de economía circular en el sector de la construcción, que incluya la clasificación adecuada, la promoción de prácticas sostenibles en la construcción, el fortalecimiento de la infraestructura de vertido y el cumplimiento de la normativa vigente. Estos esfuerzos son fundamentales para mitigar los impactos ambientales y avanzar hacia un manejo más eficiente y sostenible de los residuos en el país.

**Palabras clave:** Impacto ambiental, Mitigación, Revalorización, Preservación, Residuos Sólidos de Construcción y Demolición, Gestión de Residuos, Desarrollo Sostenible.

## ABSTRACT

The building sector in Bolivia has experienced a significant growth in these past years, boosted by an economic peak and new infrastructure demands. However, this growth has come along with an alarming increase of Construction and Demolition Waste (CDW), which leads to very serious environmental and economic problematics. All of this waste takes up space in landfills, it contaminates the soil and water, and it can also be dangerous for human health.

The Construction and Demolition Waste (CDW) belongs to a significant portion of all the waste that is generated in urban and peri-urban environments and it represents a big challenge for the waste management. This situation reflects an increasing problem that requires effective and sustainable solutions.

The right management of Construction and Demolition Waste (CDW) is crucial to promote a sustainable environment and a sustainable economy in the cities. This study has the goal to evaluate and analyze the generation, composition, management and classification of CDW in the city of Sucre. This particular task is to be done in an specific geographical area to identify possible revaluation opportunities as recoverable elements.

The proposal has the goal to present strategies to minimize and reduce the generation of CDW in Bolivia. All of this, by promoting a circular economy approach in the building sector, which includes a proper classification, the promotion of sustainable building practices, the strengthening of discharge infrastructure and the compliance with current regulations. This effort is fundamental to mitigate the environmental impacts and walk ahead to a more efficient and sustainable residue management.

**Key words:** Environmental Impact, Mitigation, Revaluation, Preservation, Construction and Demolition Waste, Waste Management, Sustainable Development.

# CONTENIDO

<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>1. ANTECEDENTES</b> .....	1
<b>2. SITUACION PROBLEMÁTICA.</b> .....	4
<b>3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.</b> .....	6
<b>4. JUSTIFICACIÓN.</b> .....	6
<b>5. OBJETO DE ESTUDIO.</b> .....	8
<b>6. CAMPO DE ACCIÓN.</b> .....	8
<b>7. HIPÓTESIS.</b> .....	8
<b>8. OBJETIVOS.</b> .....	9
<b>8.1. OBJETIVO GENERAL.</b> .....	9
<b>8.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.</b> .....	9
<b>9. DISEÑO METODOLÓGICO.</b> .....	9
<b>9.1. TRABAJO DE CAMPO.</b> .....	10
<b>9.2. SISTEMATIZACIÓN DE RESULTADOS.</b> .....	12
<b>CAPÍTULO I</b> .....	15
<b>MARCO TEÓRICO Y CONTEXTUAL</b> .....	15
<b>1.1. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL.</b> .....	15
1.1.1. Definición General de los Residuos de Construcción y Demolición (RCD). ....	15
1.1.2. Definición Técnica de los Residuos de Construcción y Demolición (RCD). ....	15
1.1.3. Perspectiva Ambiental de los Residuos de Construcción y Demolición.....	16
1.1.4. Enfoque Normativo de los Residuos de Construcción y Demolición. ....	16
1.1.5. Importancia Económica de los Residuos de Construcción y Demolición.....	17
1.1.6. Clasificación de Residuos de Construcción y Demolición.....	17
1.1.7. Composición de Residuos de Construcción y Demolición. ....	18
1.1.8. Disposición Final adecuada de Residuos de Construcción y Demolición.....	20
1.1.9. Disposición Final Inadecuada de Residuos de Construcción y Demolición. ....	21
1.1.10. Gestión Ambiental de Residuos de Construcción y Demolición.....	23
1.1.11. Demolición Selectiva. ....	24
1.1.12. Factor de esponjamiento y Porcentaje de esponjamiento. ....	26
1.1.13. Reutilización – Reciclaje .....	27
1.1.14. Impacto Ambiental. ....	27

1.1.15.	Diagnóstico Ambiental. ....	28
1.1.16.	Medida de Mitigación. ....	28
1.1.17.	Predicción Ambiental.....	28
1.1.18.	Identificación de Impactos Ambientales generados por los Escombros.....	28
<b>1.2.</b>	<b>MARCO CONTEXTUAL.....</b>	<b>30</b>
1.2.1.	Datos Referenciales del Municipio de Sucre.....	30
1.2.2.	Datos Poblacionales.....	31
1.2.3.	Aspectos Abióticos.....	32
1.2.4.	Aspectos Bióticos.....	41
1.2.5.	Aspectos Económicos y Culturales.....	43
1.2.6.	Antecedentes Estudio de Identificación y Revalorización de RCD en Sucre. ....	47
1.2.7.	Componentes Principales del Estudio.....	48
1.2.8.	Localizaciones del Estudio.....	52
<b>CAPÍTULO II.....</b>		<b>58</b>
<b>DIAGNÓSTICO .....</b>		<b>58</b>
<b>2.1. CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS DE DEMOLICIÓN.....</b>		<b>58</b>
2.1.1.	Especificaciones de materiales de construcción de la vivienda demolida. ....	61
2.1.2.	Cálculo de precios y cómputos métricos.....	63
2.1.3.	Caracterización de residuos de demolición.....	64
<b>2.2. CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS DE DEMOLICIÓN EN ÁREAS SELECCIONADAS.....</b>		<b>69</b>
2.2.2.	Buzón Osvaldo Molina.....	76
2.2.3.	Buzón Makiber.....	77
2.1.1.	Buzón Mirador.....	78
2.1.1.	Buzón San Pedro.....	79
2.1.2.	Buzón Ravelo.....	80
2.1.3.	Buzón Marzana.....	81
2.1.4.	Buzón Trébol.....	82
2.1.5.	Buzón Patacón 1.....	83
2.1.6.	Buzón Patacón 2.....	84
2.1.7.	Análisis de las zonas estudiadas.....	85
<b>2.2. CARACTERIZACIÓN DE RCD SEGÚN ENCUESTAS.....</b>		<b>86</b>
<b>CAPÍTULO III .....</b>		<b>91</b>
<b>PROPUESTA.....</b>		<b>91</b>

<b>3.1. REVALORIZACIÓN DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN EN LA CIUDAD DE SUCRE.</b> .....	91
3.1.1. Posibilidades de recuperación de RCD en la ciudad de Sucre. ....	92
3.1.2. Potencial de recuperación de los RCD en Sucre. ....	93
3.1.3. Objetivos de la Revalorización de RCD en la ciudad de Sucre.....	102
3.1.4. Diagnóstico Ambiental para la recuperación de materiales. ....	103
3.1.5. Estrategias y acciones propuestas.....	108
<b>3.2. PROCEDIMIENTOS AMBIENTALES PARA EFECTUAR LA GESTIÓN EN LA CIUDAD DE SUCRE.</b> .....	111
3.2.1. Procedimiento para la Reducción de la Generación de los RCD. ....	112
3.2.2. Procedimiento para la Separación en la Fuente.....	113
3.2.3. Procedimiento para la Reutilización o Reciclaje de los RCD. ....	114
3.2.4. Procedimiento para la Disposición Final de los RCD. ....	115
<b>3.3. CENTROS DE TRATAMIENTO APLICADOS EN RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN.</b> .....	116
3.3.1. Plantas Fijas de Clasificación y Reciclaje. ....	117
3.3.2. Sitios de Disposición final o Vertederos de RCD. ....	118
<b>3.4. PLANTA DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN PARA LA CIUDAD DE SUCRE.</b> .....	118
3.4.1. Elección de la Localización de la Planta. ....	118
3.4.2. Diseño de la Planta de Tratamiento.....	121
3.4.3. Instalaciones de la Planta de Tratamiento. ....	123
3.4.4. Gestión de Residuos de Construcción y Demolición en Sucre. ....	135
3.4.5. Impacto ambiental de la Operabilidad de una Planta de Tratamiento de RCD. ....	135
3.4.6. Impacto Social y Económico de una Planta de Tratamiento de RCD.....	136
3.4.7. Aspectos financieros y Criterios económicos.....	137
3.4.8. Financiamiento y Presupuesto Tentativo.....	140
<b>CAPÍTULO IV</b> .....	145
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	145
<b>1.1. CONCLUSIONES.</b> .....	145
<b>1.2. RECOMENDACIONES.</b> .....	149
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	152
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	154

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1: Datos Poblacionales .....	31
Tabla 1.2: Clasificación Poblacional .....	31
Tabla 1.3: Precipitaciones Máximas y Mínimas .....	33
Tabla 1.4: Temperaturas Máximas y Mínimas .....	34
Tabla 1.5: Empleo por Tamaño de Empresa .....	45
Tabla 1.6: Composición del Sector Manufacturero en Sucre.....	45
Tabla 1.7: Clasificación de la generación de residuos sólidos por sector de actividad .....	47
Tabla 2.1: Distribución de Ambientes.....	61
Tabla 2.2: Cómputo Métricos .....	64
Tabla 2.3: Caracterización de residuos de demolición .....	65
Tabla 2.4: Volumen de Residuos Calculados.....	66
Tabla 2.5: Cantidad de Vehículos utilizados.....	67
Tabla 2.4: Volumen de Residuos demolidos.....	67
Imagen 2.4: Perfil de Elevación del terreno .....	72
Tabla 2.5: Cálculo de Curvas de Nivel y Capacidad de Carga .....	73
Tabla 2.6: Capacidad Total de Carga.....	76
Tabla 2.7: Volumen generado en los Buzones .....	85
Tabla 2.7: Residuos generados en los Buzones .....	86
Tabla 3.1: Alternativas de Gestión para RCD .....	111

## ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 1.1: Impactos ambientales de los RCD .....	29
Imagen 1.2: Plano del Área de Estudio .....	49
Imagen 1.3: Ubicación de los Buzones .....	50
Imagen 1.4: Plano del Municipio de Sucre .....	51
Imagen 2.1: Vivienda tipo para estimación de residuos generados en la demolición.....	58
Imagen 2.2: Plano y Distribución de la casa Planta 1 .....	59
Imagen 2.3: Plano y Distribución de la casa Planta 2.....	60
Imagen 2.4: Vivienda tipo para estimación de residuos generados en la demolición.....	63
Imagen 3.1: Ciclo Actual y Propuesto en relación al medio construido y sus desechos .....	92

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

### **ANEXO 1**

LISTA DE ABREVIATURAS Y GLOSARIO DE TÉRMINOS

### **ANEXO 2**

RESULTADOS CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS DE DEMOLICIÓN

### **ANEXO 3**

RESULTADOS ENCUESTAS

### **ANEXO 4**

ENCUESTAS REALIZADAS

### **ANEXO 5**

RELACIÓN FOTOGRÁFICA

### **ANEXO 6**

CARTAS DEL MUNICIPIO Y RESPALDOS

# INTRODUCCIÓN

## 1. ANTECEDENTES.

El mundo ha ido cambiando en los últimos 40 años, y como nunca antes, los cambios ocurren a una velocidad inesperada; es de comprensión global que nos vemos enfrentados a un gran avance de problemas ambientales que afectan en forma expansiva y es una preocupación que involucra a todos los seres humanos del planeta; ya que aunque las causas sean específicas de un cierto lugar, las posibles soluciones pasan por una comprensión de solidaridad global planetaria tratando de planificar mecanismos de protección entorno a los Bienes Ambientales. (Cañiza Hugo, 2012).

Es muy notorio que el crecimiento económico actual y la excesiva demanda de productos fabricados, ocasionen la expansión de empresas técnicas industriales cuyas tecnologías de producción agresivas, causen un deterioro en el Medio Ambiente que ha ido progresando incontrolablemente, dañando así el entorno de los seres humanos. Este deterioro rompe el equilibrio que existe entre la naturaleza y el hombre, por lo que afecta de manera negativa a la calidad de vida de la población.

Así también, ha originado el agotamiento de los suelos, cursos de aguas contaminadas, animales y plantas que están al borde de la extinción, destrucción de bosques y ciudades poco habitables, entre otros problemas ambientales.

De la misma manera, residuos sólidos como los Residuos de Construcción y Demolición (RCD), como menciona De Santos (2011): “representan una fracción significativa de los desechos generados en áreas urbanas y periurbanas, con impactos ambientales, económicos y sociales significativos, al mismo tiempo simbolizan un desafío importante para la gestión de residuos”.

Bolivia ha experimentado un rápido crecimiento urbano en las últimas décadas, con un aumento en la construcción de viviendas, infraestructura y proyectos de desarrollo. Este crecimiento ha llevado a una mayor generación de RCD, que incluyen una variedad de materiales como hormigón, ladrillos, madera, metal y plástico. La falta de planificación urbana adecuada y la ausencia de regulaciones efectivas han contribuido al problema de la gestión de los RSC en el país.

La necesidad de posibilitar el desarrollo y la conservación de un medio natural hace que cada vez sea más importante aplicar acciones de prevención y, si fuese el caso, de corrección de daños. En la actualidad, la búsqueda del desarrollo sostenible, donde la tendencia al uso eficiente de materias primas, de energía, preservación de los factores ambientales y el reúso de materiales nos lleva a la protección del Medio Ambiente.

En Bolivia, luego de la promulgación de la Ley del Medio Ambiente 1333 en 1992 y posteriormente sus respectivos reglamentos, se introdujo la idea de desarrollo sostenible con el cual se pretende el cambio de visión y las prácticas productivas. Según la normativa nacional, la Ley 755 de Gestión Integral de Residuos y el Decreto Supremo 2954, son fundamentales en este ámbito. Además, se destacan leyes departamentales, como la Ley Departamental N° 144 de La Paz y la Ley Departamental N° 110 de Santa Cruz, que establecen estrategias de Desarrollo Integral en diferentes regiones del país.

Los residuos de construcción y demolición en Bolivia, es un tema de mucha importancia que debe tratarse y analizarse a fondo, ya que la actividad de la construcción, es pieza fundamental en la economía de un país; la necesidad de nuevas infraestructuras es algo indispensable para el desarrollo del mismo, y hoy en día la demanda de viviendas, edificios, puentes, carreteras y otras infraestructuras, va en aumento debido al crecimiento exponencial de la población.

(Vargas Hernández, 2019). La presencia de zonas rurales es cada día menor, por lo que día a día se llevan a cabo nuevos proyectos, que ayudan a satisfacer estas necesidades.

Los residuos de construcción y demolición, tal y como refiere su nombre, son los residuos generados en el sector de la construcción y/o como consecuencia de la demolición de cualquier tipo de edificación e infraestructura que hayan quedado obsoletas, dando paso a la construcción de nuevas edificaciones. Han sido descritos como residuos especiales porque, son residuos de características muy diversas que se generan en el medio urbano y cuyas formas de recolección y tratamiento varían sustancialmente. (Reglamento de la Ley N° 1333, 1992).

Teniendo en cuenta el potencial del reciclaje y la reutilización de estos materiales, se han desarrollado trabajos experimentales tanto a nivel nacional e internacional, en los cuales se han fijado como objetivos el aprovechamiento de estos materiales producto de construcciones nuevas, remodelaciones y demoliciones. El aprovechamiento de éstos, está ligado a su composición y puede tener diferentes usos como ser agregados, aglomerantes o cementantes. (Escandón Mejía, 2011, p. 10).

Dentro de las aplicaciones implementadas de material reciclado se pueden mencionar según Serrano & Ferreira (2009), la preparación de losetas de alto tráfico vehicular con valores de resistencia satisfactorios.

Otro uso aplicado que menciona Salazar Alejandro (1999), es en los denominados EcoLadrillos, los cuales son fabricados con materiales como residuos de cerámica roja, de concreto y cenizas gruesas de carbón entre otros

Asimismo, se han realizado aplicaciones y estudios de materiales reciclados en proyectos, como la construcción de una vivienda tipo fabricado con agregados reciclados de RCD en el año 2016 en la ciudad de Cochabamba. Resaltando estudios en Bolivia y en el mundo como menciona Vargas Meneses (2016), se evidencia el beneficio que puede tener el aprovechamiento de RCD en la industria de la construcción en Bolivia.

## **2. SITUACION PROBLEMÁTICA.**

La situación de los residuos de construcción en Bolivia es una problemática creciente debido a su cantidad y disposición inadecuada, lo que genera focos de contaminación de suelos y aguas superficiales. Se caracteriza por una serie de desafíos que afectan tanto al medio ambiente como a la calidad de vida de las comunidades locales.

La falta de reciclaje de residuos sólidos en Bolivia también es un problema, ya que no reciclar tendría como consecuencia directa un aumento considerable de la producción de los productos que consumimos, lo que supone un mayor uso de recursos naturales como el agua y la energía eléctrica. Además, según Vargas Meneses (2016), “la falta de reciclaje genera cenizas y gases tóxicos que aumentarían los niveles de contaminación en el aire, generando a su vez problemas respiratorios para los habitantes de ciudades o regiones enteras”.

La falta de infraestructura adecuada, como plantas de reciclaje y vertederos controlados, dificulta la disposición adecuada de estos desechos. Además, la falta de conciencia pública sobre la importancia de la gestión de residuos y la ausencia de regulaciones efectivas dificultan los esfuerzos para abordar el problema. La falta de recursos financieros y técnicos también limita la capacidad del gobierno para implementar soluciones sostenibles. (Chica Osorio, 2017).

La gestión inadecuada de los RSC tiene varios impactos ambientales negativos en Bolivia. La disposición incontrolada de estos desechos puede contaminar el suelo y el agua, afectar la biodiversidad y contribuir a la degradación del paisaje. Además, los vertederos ilegales y la quema de desechos generan emisiones tóxicas y contribuyen al cambio climático. Desde un punto de vista social, la acumulación de RCD en áreas urbanas puede representar un riesgo para la salud pública y crear condiciones de vida precarias para las comunidades cercanas.

En resumen, la situación problemática de los residuos de construcción en Bolivia se caracteriza por una generación desconcertante, ante la magnitud y el ritmo de crecimiento acelerado del sector de la construcción en últimos años, impulsado por el auge económico y la demanda de nuevas infraestructuras. A continuación, se describen algunos de los principales problemas:

- **Generación descontrolada:** El crecimiento urbano acelerado y la expansión de la industria de la construcción han llevado a un aumento en la generación de residuos de construcción en Bolivia. La falta de planificación urbana adecuada y la ausencia de regulaciones efectivas han contribuido a una generación descontrolada de estos residuos.
- **Uso intensivo de materiales en la construcción:** Se genera grandes cantidades de residuos, pudiendo incluir materiales como cemento, arena, grava, madera, vidrio, metales y otros materiales que no pueden ser utilizados en su forma original debido a su deterioro o desechos generados durante la construcción y demolición de infraestructuras. La cantidad de RCD generados es significativa y puede variar según el tamaño y tipo de proyectos.
- **Disposición inadecuada:** Uno de los problemas más urgentes, es la falta de lugares autorizados por los municipios para la disposición final de los residuos provenientes de construcción de infraestructura. En muchas ciudades y áreas urbanas, estos desechos se descargan en vertederos a cielo abierto o se depositan de manera informal en áreas no designadas, como ríos, cañadas y terrenos baldíos. Esta práctica conlleva riesgos ambientales y de salud pública, ya que los residuos pueden contaminar el suelo y el agua, y generar problemas de higiene y proliferación de vectores de enfermedades.
- **Falta de infraestructura de gestión de residuos:** Bolivia carece de la infraestructura adecuada para la gestión de residuos de construcción. La falta de plantas de reciclaje y vertederos controlados dificulta la disposición segura y eficiente de estos residuos. Además, la escasez de recursos financieros y técnicos limita la capacidad del gobierno y las autoridades locales para abordar el problema de manera efectiva.
- **Impactos ambientales y sociales:** La gestión inadecuada de los residuos de construcción tiene varios impactos negativos en el medio ambiente y la sociedad. La acumulación de desechos en áreas urbanas y rurales puede contaminar el suelo y el agua, afectar la biodiversidad y contribuir a la degradación del paisaje. Además, la exposición a los residuos de construcción puede representar un riesgo para la salud pública y crear condiciones de vida precarias para las comunidades locales.
- **Falta de conciencia y educación:** Existe una falta de conciencia pública sobre la importancia de la gestión adecuada de los residuos de construcción. Muchas personas no están informadas sobre los impactos negativos de la disposición inadecuada de estos residuos y

sobre las prácticas sostenibles de manejo de residuos. La educación y la sensibilización pública son fundamentales para promover un cambio de actitud y comportamiento hacia los residuos de construcción.

La situación problemática de los Residuos de Construcción en Bolivia presenta una serie de desafíos significativos que afectan tanto al medio ambiente como a la sociedad en general. Es importante implementar prácticas sostenibles para abordar este problema y reducir el impacto ambiental de la construcción y demolición de infraestructuras.

### **3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.**

¿La disposición final de los Residuos Sólidos de Construcción y Demolición en lugares inadecuados, que genera gran contaminación de suelos y aguas superficiales, es ocasionada por la falta de procedimientos y tratamientos en origen en el sector de la construcción?

### **4. JUSTIFICACIÓN.**

Bolivia, como muchos otros países en desarrollo, enfrenta desafíos significativos en la gestión de los Residuos Sólidos de Construcción y Demolición (RCD). El rápido crecimiento urbano y la expansión de la industria de la construcción han llevado a un aumento en la generación de RCD, lo que plantea preocupaciones ambientales, sociales y económicas. Este estudio proporcionará una visión actualizada de la situación de los RCD en Sucre, destacando los principales problemas y las posibles soluciones.

Los Residuos Sólidos de Construcción y Demolición (RCD) representan una fracción significativa de los residuos urbanos, con impactos ambientales, económicos y sociales significativos. La evaluación y caracterización de los RCD son fundamentales para implementar estrategias eficientes de gestión de residuos y promover la sostenibilidad en el sector de la construcción. La gestión adecuada de los Residuos Sólidos de Construcción y Demolición (RCD) es crucial para promover la sostenibilidad ambiental y económica en las ciudades. (Amaya María, 2017). Este estudio tiene como objetivo evaluar y caracterizar los RCD en la ciudad de Sucre, Bolivia, para identificar oportunidades de revalorización de estos materiales como elementos recuperables.

A pesar de los desafíos, existen oportunidades para mejorar la gestión de los RCD en Bolivia. La implementación de políticas y regulaciones efectivas, que establezcan estándares para la gestión de residuos y promuevan la reutilización y el reciclaje de materiales, es esencial. La inversión en infraestructura de gestión de residuos, como plantas de reciclaje y vertederos controlados, también puede ayudar a abordar el problema. Además, la sensibilización pública y la educación sobre la importancia de la gestión de residuos pueden fomentar un cambio de actitud y comportamiento hacia los RCD.

Es importante llevar un control estricto del estado y tipos de maquinarias y vehículos que transportan los residuos a su destino de disposición final, así como se debe verificar la posibilidad de recuperar residuos valorizables. Para la eliminación de los residuos inertes y no aprovechables, existen controles y medidas que se deben aplicar, para la correcta selección del sitio de disposición final, ya que estas cuentan también con sus lineamientos y procesos ambientales, para el correcto funcionamiento de las mismas.

Según informes del Ministerio de Medio Ambiente y Agua (2021), Bolivia generó alrededor de 2 millones de toneladas de residuos sólidos al año, equivalente a 5400 toneladas diarias, con más del 70% provenientes de las 9 ciudades capitales y El Alto. Se estima que aproximadamente el 4% de los residuos de construcción y demolición que se generan son aprovechados (3% reciclaje y 1% reúso).

De acuerdo con informes del Instituto Nacional de Estadística. Bolivia (2021), se destaca que el sector de la construcción ha crecido significativamente en la ciudad de Sucre, con 6.162 empresas registradas en el rubro de la construcción en la gestión 2021. Sin embargo, la gestión integral de los residuos de construcción y demolición (RCD) es insuficiente, y se requieren medidas adecuadas para una adecuada gestión integral de los residuos generados en obra.

Para abordar los desafíos asociados con los RCD en Bolivia, es necesario implementar una serie de estrategias y soluciones. Esto incluye el fortalecimiento de la regulación y la aplicación de la ley para promover prácticas de gestión de residuos más sostenibles. Además, se requiere inversión en infraestructura de gestión de residuos, como plantas de reciclaje y vertederos controlados, para mejorar la capacidad de manejo de los RCD en el país. La sensibilización

pública y la educación sobre la importancia de la gestión de residuos también son fundamentales para fomentar un cambio de actitud y comportamiento hacia los RCD.

Este estudio proporcionará información valiosa sobre la situación actual de los RCD en el área de estudio y servirá como base para el desarrollo de estrategias efectivas de gestión de residuos sólidos de construcción y demolición, identificando oportunidades para su revalorización y promoviendo la sostenibilidad en la gestión de residuos en la ciudad. Por otro lado, mejorará la gestión de los RCD en Sucre, reduciendo la cantidad de desechos enviados a vertederos y promoviendo prácticas más sostenibles en el sector de la construcción.

Las conclusiones y recomendaciones del proyecto servirán como base para el desarrollo de políticas y estrategias para la gestión de RCD en Sucre y otras ciudades de Bolivia.

## **5. OBJETO DE ESTUDIO.**

El objetivo principal del estudio será el de evaluar y caracterizar los residuos sólidos de construcción y demolición de infraestructuras, para la revalorización de los mismos como elementos recuperables dentro de la ciudad de Sucre, a través de sistemas de gestión de manejo.

## **6. CAMPO DE ACCIÓN.**

La disposición final inadecuada existente en el municipio de Sucre para los residuos de construcción y demolición que generan focos de contaminación de suelos y aguas superficiales.

## **7. HIPÓTESIS.**

La caracterización y revalorización de los Residuos Sólidos de Construcción y Demolición, disminuirá la generación de Residuos Sólidos derivados del sector de Infraestructura en la ciudad de Sucre.

## **8. OBJETIVOS.**

### **8.1. OBJETIVO GENERAL.**

- Evaluar y caracterizar los Residuos Sólidos de Construcción y Demolición de infraestructura de vivienda urbana, para la revalorización de los mismos como elementos recuperables y reutilizables en la ciudad de Sucre.

### **8.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.**

- Determinar la composición y cantidad de Residuos Sólidos generados durante la demolición de una vivienda.
- Caracterizar los tipos de materiales presentes en los RCD y su potencial para la reutilización y reciclaje.
- Describir las prácticas actuales de manejo de RCD, incluyendo la recolección, transporte, tratamiento y disposición final.
- Elaborar una Propuesta para mejorar la gestión de los RCD y revalorizarlos, promoviendo la Implementación de una Planta de tratamiento de Residuos de Construcción y Demolición en la ciudad de Sucre.

## **9. DISEÑO METODOLÓGICO.**

Para la evaluación y caracterización de residuos sólidos de construcción y demolición de infraestructuras RCD como elementos recuperables y revalorizables en la ciudad de Sucre, la metodología a seguir para esta investigación fue de tipo Mixta, aplicando métodos cuantitativos y cualitativos. Por un lado el método cuantitativo, en la medida que se recopiló e integró datos estadísticos sobre la cantidad y el manejo de escombros generados en la ciudad de Sucre durante las diferentes etapas de su ciclo de vida y, el método cualitativo ya que fue necesario realizar un diagnóstico analítico de los sitios de disposición final, los diferentes actores involucrados en esta gestión y características de los residuos verificados; todo esto mediante la aplicación de técnicas de investigación documental, entrevistas a profundidad y encuestas aleatorias. Se usó ampliamente los métodos teóricos, métodos empíricos, métodos analíticos, técnicas de análisis e instrumentos que se ven traducidos de la siguiente manera:

## **9.1. TRABAJO DE CAMPO.**

### **Método teórico histórico - lógico.**

1. A través de técnicas de investigación como la observación y la revisión bibliográfica histórica, se pudo cumplir con los dos primeros objetivos. Recopilando información histórica sobre la generación de RCD en las zonas de estudio, permitió profundizar las regularidades y cualidades del objeto de estudio, incluyendo datos de construcciones activas y demoliciones recientes.
2. Por medio de la observación como técnica para la recolección de datos, se conoció las características y composición de los Residuos Sólidos de Construcción y Demolición durante las actividades del proceso de disposición final.

Todo esto ayudó a realizar un diagnóstico de la situación actual de las zonas donde se vierten estos RCD.

### **Método Analítico descriptivo.**

1. Nuevamente aplicando la técnica de observación directa, que guía en la percepción del objeto de estudio, permitió registrar todas las zonas de intervención y conocer los impactos sobre factores ambientales durante las actividades de disposición final producto del proceso de demolición y construcción.

El área de estudio toma el lugar en la Ciudad de Sucre, Bolivia. Se tomó en cuenta el factor “Grado de urbanización”, decidiéndose tomaron en cuenta a los cinco distritos más urbanizados (Central) del municipio de Sucre: Zona Central, Zona Residencial y Zona Periférica. Para ello, se recurrió a la observación directa en los sitios o puntos críticos de disposición final de escombros y se analizó el manejo que se les da a estos, además del respectivo registro fotográfico.

La técnica de Observación directa, se la aplicó de dos maneras:

- a. A través de imágenes satelitales.
- b. Visitas las zonas de intervención.

En base a la información obtenida por la Dirección de Obras Públicas del Gobierno Autónomo Municipal de Sucre sobre lugares y zonas oficiales, clandestinas y otras identificadas para la disposición final de RCD, se selecciona de manera al azar un total de 9 sitios de muestreo (Zona Central, Zona Residencial y Zona periférica), los cuales están separados mínimamente por 100 metros de distancia entre ellos, para ser considerados independientes.

Se seleccionó sitios representativos en el municipio de Sucre para realizar muestreos de los RCD en lugares destinados por unidad de área o volumen durante un período específico, siendo éste de 2 horas por la mañana y 2 horas por la tarde. Se caracteriza los materiales presentes en los escombros, según Gaitán María (2013) utilizando métodos como “la separación y el análisis visual, lo que permite evaluar las escombreras existentes y clasificar los RCD para identificar los diferentes tipos de materiales presentes, como hormigón, madera, metal, plástico, entre otros”.

2. Para las actividades a ejecutar en la determinación de RCD durante la demolición de una infraestructura seleccionada de dos niveles en base a ladrillo y hormigón, se establecieron varios parámetros a partir de un modelo de cálculo en base a una superficie construida de 188 m<sup>2</sup>, y la cantidad de materiales de construcción empleados en la infraestructura, evaluando la cantidad de residuos que se puedan generar a partir de la demolición con base al factor de esponjamiento de materiales.

### **Método Analítico sintético.**

1. Para la evaluación y caracterización de RCD, se aplicaron los procesos del pensamiento lógico, el cual permite realizar un diagnóstico de la situación actual de la zona donde se realizan las actividades, y una síntesis de la información obtenida, este proceso se desarrolla para el cumplimiento del tercer objetivo, en la descripción de las prácticas de manejo de RCD utilizadas en la ciudad de Sucre, incluyendo la recolección, transporte, tratamiento y disposición final.
2. Para la etapa de caracterización de los RCD en la demolición de la infraestructura seleccionada, se identificaron todos los materiales que forman parte de los residuos que hayan

sido generados en el proceso de la demolición de la estructura. En esta caracterización se identifican los RCD generados por tipo de materiales como concreto, hormigón, arena, teja cerámica, madera, yeso y otros.

3. La Medición y la técnica de la encuesta, se la utilizó para obtener información numérica, determinar y obtener medidas mediante monitoreos para el cumplimiento de los dos primeros objetivos, en la Caracterización y Composición de materiales presentes en los RCD.

La obtención de información y datos se realizó a través del diseño, elaboración e implementación de instrumentos de recolección de información empleando encuestas y entrevistas, que fueron aplicadas a los diferentes actores que intervienen en el ciclo de vida de los RCD. Estos son entre otros, los generadores, transportadores, centros de tratamiento y/o Aprovechamiento y vecinos cercanos a sitios de disposición final. Por otro lado, se entrevistaron y aplicaron encuestas a empresas transportadoras de escombros de construcción y demolición.

## **9.2. SISTEMATIZACIÓN DE RESULTADOS.**

### **Método sistémico y estructural – funcional.**

1. Para caracterizar los RCD en la demolición de la infraestructura seleccionada, se realizó cálculos de cómputos métricos de todos los materiales de construcción, con el fin de registrar el volumen aproximado de residuos previo a su demolición, para luego cotejarlos con los datos registrados durante el trabajo de campo que se ejecutaron durante la demolición.

Se efectuó bosquejos de diseño a mano con las medidas referenciales proporcionadas por el propietario y los responsables de la demolición. Para ello, se recurrió a herramientas informáticas de digitalización de diseño arquitectónico asistido en 2D Autodesk (Autocad) 3D con SketchUp Pro 2022 y un motor de renderizado para infoarquitectura (V\_RAY 5-6) introduciendo todos los datos recogidos. Una vez introducido, se utilizaron hojas de Excel y la aplicación Prescom que realizó el cálculo final de volúmenes y cómputos métricos de la vivienda seleccionada.

Se agrupó y sistematizó en una Tabla de cómputo, los resultados de la caracterización de los residuos calculados provenientes de la demolición de la infraestructura, en una superficie total construida de 188 m<sup>2</sup> de dos niveles con muros de ladrillo cerámico, techo de teja colonial, expresados en % masa y % volumen.

Adicionalmente al volumen calculado en Tablas, se aplicó el factor de esponjamiento de materiales añadiendo un Porcentaje % (Según encuestas realizadas) del volumen de los residuos con respecto a los cómputos métricos total de la infraestructura. Esto permite determinar el Volumen Total de RCD previo a las actividades de la demolición.

2. Para el cálculo de RCD total en la demolición de la infraestructura seleccionada de dos plantas de ladrillo con techo de teja colonial, se cuantificó la cantidad y el tipo de materiales de construcción utilizados en la edificación de estructura de la casa en base a la superficie total construida, para estimar los residuos que se generaron a partir de dicha demolición en base al porcentaje de esponjamiento de materiales.

Para el proceso de demolición y traslado de escombros, se utilizaron volquetas de diferentes capacidades de carga siendo 2, 4, 6 y 8 cubos (m<sup>3</sup>). Así mismo se hizo la contabilización de las mismas durante las horas de trabajo en el lapso de 3 días.

3. Por otro lado, y pesar de la revisión bibliográfica y las encuestas realizadas a operadores de maquinarias de carga y demolición, donde volumen de los residuos aumenta en un Porcentaje % (factor de esponjamiento) con respecto a los cómputos métricos de una infraestructura, se decidió determinar el factor de esponjamiento para la infraestructura ya demolida, realizando la relación del porcentaje de esponjamiento  $S_w$ , que expresa el tanto por ciento (%) entre el incremento de volumen de los residuos demolidos y el de los materiales de construcción de la casa.

$$F_w = \frac{V_B}{V_L}$$

Con esto, se comprueba el porcentaje de esponjamiento para la demolición de la infraestructura seleccionada, siendo este porcentaje el incremento del volumen en cada uno de los residuos de materiales.

Complementariamente se determina la Tasa de generación específica, siendo ésta la relación entre la cantidad de residuos generados y la unidad de generación específica, que en este caso son los metros cuadrados de la obra a demoler. Para calcular la tasa de generación específica una vez obtenidos los resultados del total de residuos generados en la actividad, se utiliza la masa en tanto en porcentaje de masa (kg), y porcentaje volumétrico (m<sup>3</sup>). Estas dos unidades se pueden relacionar a través del volumen específico aparente, que se expresa en metros cúbicos por kilogramo (m<sup>3</sup>/kg).

$$Tasa\ de\ generación\ específica = \frac{Masa\ Kg\ ó\ Volumen\ m^3}{Superficie\ m^2}$$

4. Finalmente se tabula y analiza los resultados de las herramientas anteriores para:
  - a. Identificar los puntos críticos en la ciudad de Sucre donde se generan el mayor número de escombros y establecer la caracterización de estos.
  - b. Identificar los actores que intervienen en este ciclo.
  - c. Elaborar una propuesta de buenas prácticas operacionales de gestión ambiental para el manejo de escombros provenientes de la construcción y demolición de infraestructura.

#### **Método deductivo – inductivo.**

1. Para la consecución del cuarto objetivo, finalmente se realiza una propuesta que puede llegar mejorar la gestión de los RCD y revalorizarlos, a partir de un procedimiento que parte de las aseveraciones obtenidas de los resultados del diagnóstico.

Para ello, se priorizan estrategias que minimicen y reduzcan la generación de RCD en Sucre, promoviendo un enfoque de economía circular en el sector de la construcción, sin olvidar los costos de inversión y que minimicen los impactos ambientales.

# CAPÍTULO I

## MARCO TEÓRICO Y CONTEXTUAL

### 1.1. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL.

Los Residuos de Construcción y Demolición (RCD) pueden ser abordados y definidos desde diferentes perspectivas, que ofrecen una visión integral destacando su origen, composición, gestión, y la importancia de su tratamiento adecuado para reducir la contaminación ambiental y promover la sostenibilidad en la industria de la construcción.

#### 1.1.1. Definición General de los Residuos de Construcción y Demolición (RCD).

Los Residuos de Construcción y Demolición (RCD) son aquellos materiales resultantes de actividades de construcción, demolición, renovación y rehabilitación de estructuras y edificaciones, definidos como cualquier sustancia u objeto que se genere en una obra de construcción o demolición. Estos residuos pueden incluir una amplia gama de escombros, restos de demolición, materiales de construcción como hormigón, madera, metales, plásticos, vidrio, ladrillos, cerámica, tierra, entre otros, y su gestión se rige por normativas específicas para su tratamiento, aprovechamiento y disposición final. (Parlamento Europeo, 2008).

#### 1.1.2. Definición Técnica de los Residuos de Construcción y Demolición (RCD).

Si damos un vistazo técnico, los Residuos de Construcción y Demolición (RCD) son los desechos generados durante el proceso de construcción, demolición, renovación o rehabilitación de estructuras y edificaciones. Estos residuos pueden ser clasificados en

diversas categorías según su composición y naturaleza, y su manejo adecuado es crucial para minimizar impactos ambientales y promover la sostenibilidad en la industria de la construcción.

Según la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza, UICN (2011), estos residuos se generan principalmente en las actividades de excavación, demoliciones, levantamiento de estructuras, obra gruesa, remodelaciones, instalaciones, acabados, limpiezas en áreas de trabajo y almacenamiento que conforman el proceso constructivo.

### **1.1.3. Perspectiva Ambiental de los Residuos de Construcción y Demolición.**

Desde un enfoque ambiental, los RCD's son los restos generados por la construcción, demolición, rehabilitación y obras de urbanización. Incluyen materiales como escombros, hormigón, cerámicos, maderas, metales, plásticos, entre otros. Representan una fracción significativa del total de residuos sólidos urbanos, y su gestión inadecuada puede tener impactos negativos en el medio ambiente, como la contaminación del suelo, del agua y la generación de gases de efecto invernadero. Por lo tanto, es fundamental implementar estrategias efectivas de gestión y tratamiento de estos residuos para mitigar su impacto ambiental. (Larrañaga; 2009, Mercante; 2011, Mena; 2014).

“Estos residuos pueden ser reciclables, reutilizables o exclusivamente reutilizables, abarcando una amplia gama de materiales como metales, maderas, vidrios, plásticos, telas, papeles, entre otros, que pueden ser sometidos a procesos de reciclaje o reutilización”. (Vargas Hernández; 2019, p. 10).

### **1.1.4. Enfoque Normativo de los Residuos de Construcción y Demolición.**

Según la legislación vigente en muchos países, los Residuos de Construcción y Demolición (RCD) están sujetos a regulaciones específicas que abordan su generación, manejo, transporte, tratamiento y disposición final. Estas normativas buscan promover la reducción, reutilización, reciclaje y valorización de los RCD, así como prevenir su deposición en vertederos no autorizados.

### **1.1.5. Importancia Económica de los Residuos de Construcción y Demolición.**

Los RCD representan una importante fuente de materiales reciclables y recuperables, como el hormigón, el acero y la madera, que pueden ser reintegrados en nuevos procesos de construcción. La implementación de prácticas de gestión de residuos eficientes no solo contribuye a la protección del medio ambiente, sino que también puede generar oportunidades económicas mediante la creación de empleo en el sector del reciclaje y la valorización de materiales.

La gestión de los Residuos de Construcción y Demolición (RCD) es un tema relevante en la actualidad, ya que la construcción y demolición generan una gran cantidad de residuos que pueden tener un impacto negativo en el medio ambiente y la salud humana. (Pacheco C., 2017).

### **1.1.6. Clasificación de Residuos de Construcción y Demolición.**

Los residuos de construcción y demolición destacan uno de los impactos ambientales negativos más significativos en las obras por su gran volumen y heterogeneidad. La primera razón acelera el proceso de disminución de vida útil de las escombreras, que para el caso del Municipio de Sucre actualmente se están acabando; la segunda, dificulta las opciones de valorización del residuo, ya que incrementa el coste posterior del reciclaje. (Pacheco, 2017).

Para poder realizar una gestión de los Residuos de Construcción y Demolición (RCD), como por ejemplo la demolición selectiva, la separación, la reducción, la reutilización y el reciclaje, es necesario conocer los diferentes tipos de residuos, que se clasifican en:

**Residuos Peligrosos:** Es aquel que, por sus características infecciosas, tóxicas, explosivas, corrosivas, inflamables, volátiles, combustibles, radiactivas o reactivas puedan causar riesgo a la salud humana o deteriorar la calidad ambiental hasta niveles que causen riesgo a la salud humana. También son residuos peligrosos aquellos que sin serlo en su forma original se transforman por procesos naturales en residuos peligrosos. Así mismo, se consideran residuos peligrosos los envases, empaques y embalajes que hayan estado en contacto con ellos.

Residuos No Peligrosos: No son tóxicos en sí mismos, pero pueden sufrir reacciones en las que se produzcan sustancias tóxicas. Madera, plásticos, textiles, yeso, metales.

Residuos Inertes: Son aquellos que no experimentan transformaciones físicas, químicas o biológicas significativas. No son solubles, ni combustibles, ni reaccionan física ni químicamente de ninguna otra manera, ni son biodegradables, ni afectan negativamente a otras materias con las cuales entran en contacto de forma que pueda dar lugar a contaminación del medio ambiente o perjudicar la salud humana.

Según la clasificación de los residuos anteriores, Romero Emilio (2007) menciona que “se puede clasificar los Residuos de la Construcción y Demolición, dependiendo de su naturaleza y procedencia”. Es por eso que es necesario realizar una separación selectiva para determinar el aprovechamiento final del residuo.

#### **1.1.7. Composición de Residuos de Construcción y Demolición.**

La composición de los RCD varía según el lugar y la actividad de generación, pero generalmente incluye materiales pétreos como concretos, cerámicos, ladrillos, piedras y escombros, así como metales, plásticos, madera, vidrio y otros materiales. (Pacheco, 2017).

Los escombros generados en las construcciones están constituidos, principalmente, por residuos de concreto, asfalto, bloques, arenas, gravas, ladrillo, tierra y barro, representando todos estos hasta en un 50% o más. Otro 20% a 30% suele ser madera y productos afines, como formaletas, marcos y tablas; y el restante 20% a 30% de desperdicios son misceláneos, como metales, vidrios, asbestos, materiales de aislamiento, tuberías, aluminio y partes eléctricas. En la actualidad lo que se recupera de estos es un porcentaje sumamente bajo. (Mercante I., 2007).

Los RCD's, pueden ser catalogados como no peligrosos o no especiales y especiales; con especiales se refiere a todo residuo y material potencialmente peligroso ya sea inflamable, tóxico, corrosivo, irritante o cancerígeno, que requiere de un procedimiento riguroso para ser dispuesto y almacenado. Los no especiales, no son peligrosos, comprenden todo tipo de

material que puede ser tratado y almacenado comúnmente y que posee características que permiten su reciclaje por medio de procesos industriales. (Mercante I., 2007).

Los Residuos de Construcción y Demolición (RCD) abarcan una amplia gama de materiales que resultan de actividades de construcción, demolición, renovación y rehabilitación de edificaciones. La composición de los RCD puede variar dependiendo de factores como el tipo de proyecto, los materiales utilizados y las prácticas de construcción y demolición empleadas. Sin embargo, algunos de los componentes más comunes incluyen:

- a. Hormigón y mampostería:** Representan una parte significativa de los RCD y consisten en fragmentos de hormigón, bloques de mampostería, ladrillos y baldosas cerámicas.
- b. Madera:** Incluye desechos de madera como vigas, tablones, tableros contrachapados y desechos de carpintería.
- c. Metales:** Comprenden principalmente restos de acero, hierro, aluminio y otros metales utilizados en la estructura y acabado de edificaciones.
- d. Plásticos:** Engloban materiales plásticos utilizados en tuberías, revestimientos, ventanas, puertas y otros elementos constructivos.
- e. Vidrio:** Consiste en fragmentos de vidrio provenientes de ventanas, espejos y otros elementos de construcción.
- f. Otros materiales:** También se pueden encontrar en los RCD una variedad de otros materiales como cartón, papel, yeso, textiles, aislantes, productos cerámicos, tierra y residuos mixtos.

La composición de los RCD puede tener implicaciones significativas para su gestión y tratamiento. La identificación precisa de los materiales presentes en los residuos es fundamental para implementar estrategias efectivas de reducción, reutilización, reciclaje y valorización, contribuyendo así a la minimización del impacto ambiental y la promoción de la sostenibilidad en la industria de la construcción.

De acuerdo con Amaya María (2020) “Los Residuos de Construcción y Demolición (RCD) son un factor de deterioro ambiental y paisajístico para las ciudades, generados por las actividades de construcción, reparación o demolición de obras civiles o de otras actividades conexas, complementarias o análogas”.

#### **1.1.8. Disposición Final adecuada de Residuos de Construcción y Demolición.**

La gestión de los RCD incluye la disposición final, que se refiere al lugar donde se depositan los residuos después de su tratamiento o no tratamiento. La disposición final de los RCD debe cumplir con las normativas y regulaciones locales y nacionales, y puede incluir la recolección, transporte, tratamiento y disposición final. (Amaya María, 2020).

La disposición final de los RCD puede ser realizada por los prestadores de servicios públicos domiciliarios, entre otros actores, pero no forma parte de la prestación del servicio público de aseo en el marco del régimen de los servicios públicos domiciliarios. La correcta disposición de los RCD permite reducir la afectación directa al medioambiente y salud de quienes residen en las ciudades.

Muchos de los residuos producto de la demolición y/o construcción de infraestructura, son vertidos en áreas alejadas de centros urbanos, lo que genera impactos ambientales negativos causando modificaciones en zonas naturales y que al mismo tiempo son un foco de infección. (Gaitán María, 2013). Pueden ser desechados en varios tipos de lugares, aunque algunos son más apropiados que otros para su manejo adecuado. Estos lugares pueden incluir:

- a. Vertederos designados para RCD:** Son instalaciones específicamente diseñadas para aceptar y gestionar los RCD. Estos vertederos están equipados con medidas de control ambiental para mitigar impactos negativos como la contaminación del suelo y el agua.
- b. Rellenos sanitarios:** Algunos RCD pueden ser dirigidos a rellenos sanitarios que aceptan una variedad de residuos sólidos urbanos. Sin embargo, es importante que estos rellenos cumplan con las regulaciones ambientales para evitar problemas de contaminación.

- c. Instalaciones de reciclaje y valorización:** Muchos RCD pueden ser llevados a instalaciones especializadas en reciclaje y valorización. Estas instalaciones procesan los residuos para recuperar materiales como hormigón, metal y madera, reduciendo la cantidad de residuos enviados a la disposición final y promoviendo la economía circular.
- d. Plantas de tratamiento de residuos de construcción:** Algunas regiones cuentan con plantas dedicadas al tratamiento específico de RCD. Estas plantas pueden triturar, clasificar y reciclar los residuos, maximizando la recuperación de materiales y reduciendo la necesidad de disponerlos en vertederos.
- e. Lugares ilegales o no autorizados:** Lamentablemente, en algunos casos, los RCD pueden ser arrojados ilegalmente en terrenos baldíos, cursos de agua u otros lugares no autorizados. Esto representa un grave problema ambiental y legal, ya que puede resultar en la contaminación del entorno y sanciones para quienes realizan estas prácticas ilegales.

De los muchos destinos finales incorrectos de los residuos de construcción y demolición, podemos mencionar dos que son los que mayormente se pueden evidenciar:

- Descarga en pendientes u otros terrenos inseguros, donde se generan depósitos inestables, que pueden provocar deslizamientos.
- Descarga en tierras bajas, junto a drenajes, o inclusive directamente en el lecho de ríos, donde se puede provocar obstrucción del cauce e inundaciones.

La disposición final de los RCD en lugares ilegales puede generar problemas ambientales, como la contaminación del suelo y el agua, y afectar la salud de las personas. Además, la eliminación de RCD en lugares no autorizados puede ser sancionada por las autoridades. (Riveros Y., 2022).

#### **1.1.9. Disposición Final Inadecuada de Residuos de Construcción y Demolición.**

Los Residuos de Construcción y Demolición (RCD) a menudo son desechados de manera ilegal en lugares no autorizados, lo cual representa un grave problema ambiental y legal. Estos lugares ilegales pueden incluir:

- a. Terrenos baldíos:** Los sitios abandonados o desocupados, como terrenos baldíos y áreas rurales, a menudo son utilizados como depósitos clandestinos para RCD. La falta de vigilancia en estos lugares facilita la descarga ilegal de residuos.
- b. Bordes de carreteras y caminos:** Los bordes de carreteras y caminos rurales son sitios comunes donde se arrojan ilegalmente RCD. La accesibilidad y la falta de supervisión hacen que estas áreas sean atractivas para quienes buscan deshacerse de residuos de manera rápida y sin costo.
- c. Áreas naturales protegidas:** Desafortunadamente, algunas personas optan por depositar RCD en áreas naturales protegidas, como parques nacionales o reservas naturales. Esta actividad ilegal puede causar daños significativos al medio ambiente y a los ecosistemas locales.
- d. Cursos de agua:** Los RCD también pueden ser arrojados ilegalmente en cursos de agua, como ríos, arroyos y lagos. Esta práctica no solo contamina el agua y afecta la vida silvestre, sino que también puede obstruir el flujo natural de agua y aumentar el riesgo de inundaciones.
- e. Propiedades privadas sin permiso:** En ocasiones, los RCD son descargados ilegalmente en propiedades privadas sin el consentimiento del propietario. Esto puede causar disputas legales y problemas de responsabilidad, además de representar un impacto negativo para la comunidad y el medio ambiente.

La descarga ilegal de RCD es una actividad perjudicial que puede tener consecuencias graves para el medio ambiente, la salud pública y el cumplimiento de la ley. De acuerdo con Contreras Maeva (2009), “Es importante concienciar sobre los riesgos asociados con esta práctica y promover alternativas legales y responsables para la gestión de los residuos de construcción y demolición”.

El aprovechamiento de los Residuos de Construcción y Demolición (RCD) es una estrategia de gestión que busca reducir la cantidad de residuos generados y aumentar la reutilización y

reciclaje de los materiales. El aprovechamiento de los RCD puede contribuir a la sostenibilidad ambiental y a la reducción de la contaminación. Según una estimación aproximadamente el 4% de los residuos de construcción y demolición que se generan son aprovechados (3% reciclaje y 1% reúso).

#### **1.1.10. Gestión Ambiental de Residuos de Construcción y Demolición.**

La gestión adecuada de los RCD incluye la prevención de su generación, el tratamiento y la disposición final en lugares autorizados. Debe cumplir con las normativas y regulaciones locales y nacionales. La correcta disposición de los RCD en lugares autorizados permite reducir la afectación directa al medioambiente y a la salud de las personas. A decir de Pacheco Carlos (2017), “La gestión de los RCD es una responsabilidad compartida entre los productores de residuos, las autoridades y la sociedad en general. La implementación de políticas y estrategias adecuadas de gestión de RCD puede contribuir a la sostenibilidad ambiental y a la reducción de la contaminación”.

El aprovechamiento de los Residuos de Construcción y Demolición (RCD) implica la recuperación y reutilización de materiales contenidos en estos residuos, lo cual puede ofrecer numerosos beneficios ambientales, económicos y sociales. Algunas formas de aprovechamiento incluyen:

- a. Reciclaje de materiales:** Los RCD contienen una variedad de materiales reciclables, como hormigón, metal, madera y plástico. Estos materiales pueden ser separados, procesados y reciclados para su uso en nuevos proyectos de construcción, reduciendo así la necesidad de recursos naturales y minimizando el impacto ambiental asociado con la extracción y producción de materiales vírgenes.
- b. Valorización energética:** Algunos RCD pueden ser utilizados como combustible para la generación de energía en plantas de valorización energética. Aunque esta opción puede ser menos preferible que el reciclaje, puede proporcionar una alternativa para la gestión de residuos que no pueden ser reciclados o reutilizados de otra manera, ayudando a reducir

la dependencia de los combustibles fósiles y contribuyendo a la producción de energía renovable.

- c. Reutilización de componentes y materiales:** Muchos elementos de construcción y demolición, como puertas, ventanas, baldosas y vigas, pueden ser reutilizados en su totalidad o parcialmente en otros proyectos de construcción o en la rehabilitación de edificaciones existentes. Esto no solo reduce la cantidad de residuos enviados a la disposición final, sino que también puede ofrecer beneficios económicos al evitar la compra de nuevos materiales.
- d. Economía circular:** El aprovechamiento de los RCD promueve los principios de la economía circular, donde los recursos se mantienen en uso durante el mayor tiempo posible y se minimiza la generación de residuos. Al fomentar la recuperación y el uso eficiente de los materiales, se puede reducir la presión sobre los recursos naturales y se pueden crear nuevas oportunidades económicas en sectores como el reciclaje, la construcción sostenible y la economía verde.

En resumen, como menciona Pacheco Carlos (2017) “el aprovechamiento de los Residuos de Construcción y Demolición representa una estrategia clave para promover la sostenibilidad en la industria de la construcción, reducir el impacto ambiental y fomentar la transición hacia una economía más circular y resiliente.”

#### **1.1.11. Demolición Selectiva.**

Una condición necesaria para el reciclaje de los residuos de construcción y demolición es una separación cuidadosa, con el fin de buscar los materiales potenciales a ser reciclados o reutilizados y disminuir el volumen de residuos generados.

Los residuos de las nuevas construcciones o de aquellas en las cuales se lleve a cabo una restauración se pueden seleccionar fácilmente en el lugar, ya que existe la manera de controlar los restos o residuos que vayan surgiendo, evitando así la mezcla con otros materiales. Por el contrario, la clasificación de los residuos de construcción procedentes de

la demolición es un proceso más complicado. La demolición hasta hace poco, se consideraba como un proceso poco técnico, ya que era un proceso acelerado donde finalmente lo que importaba era dejar listo el lugar para su nuevo uso, y las medidas especiales para separar diferentes tipos de materiales no se realizaban debido a que eran incompatibles con la rapidez exigida al trabajo de demolición.

La demolición selectiva es el proceso mediante el cual se realiza una separación selectiva de los diferentes materiales que se van generando en coordinación con el proceso de demolición; lo que quiere decir que, mientras se lleve a cabo la demolición de la obra paralelamente se lleve a cabo una separación. Con el fin de prevenir la mezcla de los materiales y la contaminación de las materias reciclables como la madera, el papel, el cartón y el plástico, entre otros. (Bedoya Alexis, 2011).

Como consecuencia de lo anterior, esto hace que el proceso de demolición selectiva sea más costoso en comparación con los métodos tradicionales de demolición. Los ahorros económicos, por otro lado, aumentan si se tiene en cuenta que esto significa una mayor calidad de los materiales de demolición, y elimina la necesidad de hacer la selección en una planta de reciclaje. También se ahorran los costos de transporte y tasa de disposición final.

Según Bedoya Alexis (2011), “es necesario planificar el proceso de demolición selectiva de una manera completamente diferente a los métodos de demolición tradicionales”. Este método se puede realizar en los siguientes pasos:

- Sacar los desechos y las molduras no fijas.
- Desmantelar, comprendiendo limpiezas internas, quitar las puertas, ventanas, tejados, instalaciones de agua, electricidad y calefacción, entre otros.
- Demolición de la estructura del edificio.

### 1.1.12. Factor de esponjamiento y Porcentaje de esponjamiento.

Uno de los problemas habituales al momento de realizar el traslado de volúmenes de escombros y residuos de demolición, es no tener en cuenta los cambios de volumen que experimentan los materiales cuando se demuelen, transportan y compactan. Este incremento de volumen, expresado en porcentaje del volumen in situ, se llama esponjamiento. Se denomina factor de esponjamiento a la relación de volúmenes antes y después de la demolición. Si el material demolido se emplea como relleno puede, en general, recuperar su volumen e incluso puede reducirse (volumen compactado). Para la cubicación del material de demolición, se considera su volumen antes de ser demolido; en ningún caso debe ser tenido en cuenta el volumen transportado de los materiales, que es mayor debido precisamente al esponjamiento referido. (Franquet B., Josep M., Querol A., 2010).

Cuando se realiza el carguío y transporte de materiales provenientes de una demolición de una infraestructura, debe tenerse muy en cuenta dicho esponjamiento que sufren los materiales, ya que puede existir una variación volumétrica del 25 % al 30%.

$$F_w = \frac{V_B}{V_L}$$

donde:

$F_w$  = Factor de esponjamiento

$V_B$  = Volumen que ocupa los material construído

$V_L$  = Volumen que ocupa el residuo suelto demolido

Otra relación es el porcentaje de esponjamiento  $S_w$ , que expresaría el tanto por ciento (%) entre el incremento de volumen de los residuos demolidos y el de los materiales de construcción de una infraestructura. Ambos conceptos se podrían referir a las densidades aparentes en banco y suelta, siempre que no hubiese variación de humedad en la manipulación, al no variar la masa total.

$$S_w = \frac{V_L - V_B}{V_B} * 100$$

donde:

$S_w$  = *Porcentaje de esponjamiento*

### **1.1.13. Reutilización – Reciclaje**

Reutilizar es el proceso de volver a utilizar un material o residuo en un mismo estado, sin reprocesamiento de la materia, ofreciendo nuevas alternativas de aplicación. La reutilización se puede hacer directamente en la obra donde son generados los residuos o se puede ejecutar en otro tipo de obras.

Para que el reciclaje sea efectivo debe implementarse desde un programa integral, teniendo en cuenta la composición de los residuos, la disponibilidad de mercados para los materiales reciclados, la situación económica de la región y la participación de la comunidad.

Las prácticas de reutilización y reciclaje de residuos están ligadas a la legislación vigente y al cumplimiento de las mismas. A su vez son importantes las medidas tomadas al respecto en caso de faltar el cumplimiento de las normas o en caso de no existir la norma para incentivar la instalación y puesta en marcha de este tipo de prácticas ambientales.

Se puede decir que el proceso de reciclaje es de mayor complejidad y por ende de mayor costo frente al proceso de reutilización, debido a que se requiere una demanda de energía y procesos adicionales para la transformación final del residuo; además depende en gran parte de la situación económica de la sociedad, para lo cual puede manifestar desventajas económicas en una sociedad como la nuestra. (Bedoya Alexis, 2011).

Sin embargo, no es un proceso imposible de implementar en nuestra sociedad. Desde el punto de vista económico se debe comenzar por implementar la reutilización de materiales.

### **1.1.14. Impacto Ambiental.**

Aldana (2012) establece que, “es la alteración que se produce en el medio ambiente natural y humano cuando se lleva a cabo un proyecto o una actividad”. Las obras públicas o privadas como la construcción de un edificio, una ciudad, una industria, una zona de recreo; cualquier

actividad inmersa a estas construcciones tiene un impacto sobre el medio, así también todos y cada uno de los residuos sólidos que se generen.

La alteración no siempre es negativa. Puede ser favorable o desfavorable para el medio.

#### **1.1.15. Diagnóstico Ambiental.**

Es la descripción de la situación ambiental de un área sobre la base de la utilización integradora de indicadores con origen en las ciencias sociales, exactas y naturales.

#### **1.1.16. Medida de Mitigación.**

Implementación o aplicación de cualquier política, estrategia, obra o acción, tendente a eliminar o minimizar los impactos adversos que pueden presentarse durante las diversas etapas de desarrollo de un proyecto. (Plan Territorial de Desarrollo Integral - Sucre, 2016).

#### **1.1.17. Predicción Ambiental.**

Se deben identificar, predecir y evaluar todos los impactos (negativos o positivos, directos o indirectos, acumulativos, sinérgicos, a largo, mediano o corto plazo, permanentes o temporales, localizados o extendidos, reversibles o irreversibles, recuperables o irrecuperables) sobre todos los factores ambientales que correspondan al proyecto. (Reglamento de Prevención y Control Ambiental - Capítulo III de las Siglas y Definiciones, 1995).

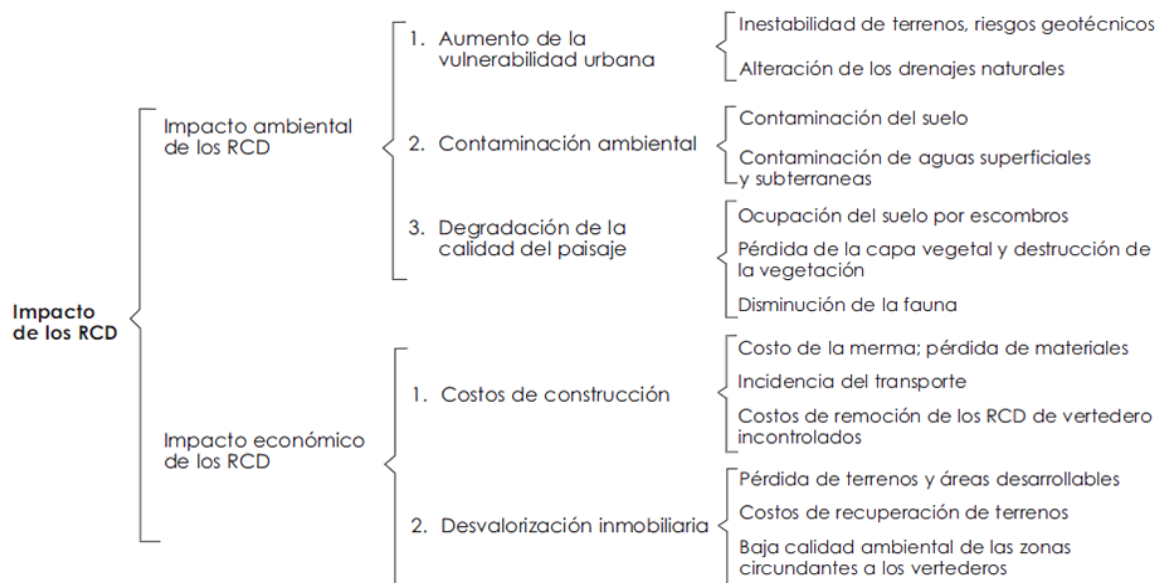
#### **1.1.18. Identificación de Impactos Ambientales generados por los Escombros.**

La disposición inadecuada de residuos sólidos y escombros ocasiona impactos visuales y sanitarios negativos, además de los altos costos que deben asumir las autoridades gubernamentales y las empresas de aseo, que deben orientar nuevos recursos para limpiar y recoger los residuos y escombros dispuestos en sitios no adecuados, generando un doble gasto, que bien podría utilizarse para otras tareas de desarrollo comunitario. (Carvajal, 2009).

Dentro de los factores más afectados por la mala disposición de los escombros son:

- a. El componente hídrico ya que se alteran las propiedades fisicoquímicas de aguas subterráneas así mismo, cuando la disposición de los escombros se hace en rondas de ríos, quebradas o humedales también se genera alteración en la calidad del agua de dichos cuerpos de agua.
- b. El componente social ya que la mayoría de estos sitios se localizan en zonas residenciales perimetrales al distrito, siendo vectores de enfermedades respiratorias, además alterando el aspecto visual de estos sitios (impacto paisajístico) ya que se modifican las condiciones normales del suelo en el área de influencia y remoción de la cobertura vegetal. Así mismo alteraciones sociales debido a incomodidades y molestias a terceros dentro del área de influencia.
- c. Pérdida de biodiversidad por generación de material particulado y alteración de la calidad de suelo por remoción de cobertura vegetal y acumulación de residuos.

**Imagen 1.1: Impactos ambientales de los RCD**



Fuente: (Acosta ,2002)

## **1.2. MARCO CONTEXTUAL.**

### **1.2.1. Datos Referenciales del Municipio de Sucre.**

El municipio de Sucre, conocido oficialmente como La Ciudad Blanca, es la capital constitucional de Bolivia y una de las ciudades más históricas y culturales del país, se encuentra ubicada en el sureste de Bolivia en el valle central de Chuquisaca, rodeada de montañas y colinas que ofrecen vistas panorámicas impresionantes, a 2.790 metros sobre el nivel del mar y tiene una densidad de 10,32 habitantes por kilómetro cuadrado. Su aniversario cívico se celebra el 25 de mayo, en conmemoración de la Revolución de Chuquisaca de 1809.

Se sitúa en la provincia de Oropeza del departamento de Chuquisaca, al pie de los cerros Sica Sica y Churuquilla, cordillera oriental de Los Andes. Cerca de donde las cadenas montañosas de Los Andes pierden altura y proveen un clima cálido y seco de cabecera de valle. Su localización coincide con la divisoria hidrográfica de los sistemas Amazonas (ríos Chico y Grande) y la Cuenca del Plata (ríos Cachimayu y Pilcomayo).

Fundada en 1538 por Pedro de Anzúrez bajo el nombre de "Ciudad de La Plata de la Nueva Toledo", Sucre es reconocida por su arquitectura colonial bien conservada, con calles empedradas, plazas arboladas y edificios históricos de estilo barroco y renacentista. En 1991, su centro histórico fue declarado Patrimonio de la Humanidad por la UNESCO, en reconocimiento a su importancia cultural y arquitectónica.

La economía del departamento está encabezada por la administración pública y defensa (31,2%), seguida del comercio, hoteles y reparación (18,5%), la construcción (10,4%) y la agricultura, ganadería y pesca (9,3%). Los cultivos permanentes más importantes son la yuca, el ñame y el plátano, mientras que en los transitorios destacan el arroz, el maíz y la sandía o patilla. La ganadería es también un sector importante, con una población bovina de 1'103.675 cabezas en 2019.

La industria del departamento se concentra en la fabricación de productos minerales no metálicos (71,0%), otras industrias manufactureras (22,8%) y la elaboración de otros

productos alimenticios (6%). El turismo es también un sector importante en Sucre, con una oferta variada que incluye actividades al aire libre, culturales y de aventura. La región también cuenta con una zona costera, conformada por los municipios de Coveñas, San Antonio de Palmito, Tolú, Tolviejo y San Onofre, que ofrecen playas y actividades acuáticas.

En términos de innovación, Sucre ocupa el puesto 17 entre los departamentos de Bolivia, con un puntaje de 1,5 en el Índice Departamental de Innovación 2023. Este puntaje se basa en indicadores como la inversión en investigación y desarrollo, la cantidad de patentes registradas y la participación de las empresas en programas de innovación. (Plan Territorial de Desarrollo Integral - Sucre, 2016).

### 1.2.2. Datos Poblacionales.

Según datos del INE en la gestión 2020, el municipio de Sucre cuenta con una población aproximada de 295.000 habitantes, de los cuales el 91,50% corresponde al Área Urbana dividido en 5 distritos, con una población de 269.925 habitantes. Por otra parte, en el municipio de Sucre del total de la población 150.000 son mujeres y 145.000 son hombres.

**Tabla 1.1: Datos Poblacionales**

	<b>Municipio Sucre</b>
Hombres	145.000
Mujeres	150.000
<b>Total</b>	<b>295.000</b>

Fuente: PTDI Sucre 2020

**Tabla 1.2: Clasificación Poblacional**

<b>CLASIFICACION DISTRITOS</b>	<b>POBLACION (CENSO 2012)</b>	<b>%</b>	<b>SUPERFICIE (HA)</b>	<b>%</b>	<b>DENSIDAD (HAB/HA)</b>
<b>Distritos Urbanos</b>					
Distrito 1	19.393,00	7,42%	229,45	0,13%	85
Distrito 2	105.533,00	40,40%	1.064,00	0,62%	99
Distrito 3	54.021,00	20,68%	1.384,00	0,80%	39
Distrito 4	26.960,00	10,32%	426,71	0,25%	63

Distrito 5	29.132,00	11,15%	335,46	0,19%	87
Área de Expansión	3.961,00	1,52%			
<b>Subtotal</b>	<b>269.925,00</b>	<b>91,50%</b>	<b>3.439,62</b>	<b>2,00%</b>	<b>69</b>
<b>Distritos Rurales</b>					
Distrito 6	4.678,00	1,79%	34.880,69	20,26%	0,13
Distrito 7	8.751,00	3,35%	84.086,84	48,84%	0,10
Distrito 8	8.772,00	3,36%	49.762,02	28,90%	0,18
<b>Subtotal</b>	<b>25.075,00</b>	<b>8,50%</b>	<b>168.729,55</b>	<b>98,00%</b>	<b>0,13</b>
<b>Total</b>	<b>295.000,00</b>	<b>100%</b>	<b>172.169,17</b>	<b>100%</b>	<b>1,52</b>

Fuente: PTDI Sucre 2020

La ciudad alberga una población diversa y multicultural, con una mezcla de influencias indígenas, europeas y mestizas. Además de ser un importante centro cultural y educativo, Sucre es sede de varias instituciones gubernamentales y universidades, incluida la Universidad Mayor, Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca, una de las universidades más antiguas de América.

El índice de pobreza extrema es de 61,5% (Censo 2012) y la tasa de emigración de 6.3 x 1.000 habitantes. La tasa de fecundidad global para el año 2012 en el municipio de Sucre fue de 5,2 hijos en promedio por mujer, mientras que a nivel nacional fue de 4,4 hijos por mujer.

La tasa anual de crecimiento intercensal para el periodo 2001-2012 para el municipio de Sucre fue de 1,71% mientras que a nivel nacional presentó una tasa de 2,74%. La esperanza de vida para el año 2015 para el municipio de Sucre es de 61 años, para los hombres 59 años y para las mujeres 63, a nivel nacional fue 61 y 64 años respectivamente.

### 1.2.3. Aspectos Abióticos.

#### a. Clima y Meteorología.

Para el análisis se recurrió a datos de la estación climatológica del SENAMHI, siendo una estación de primer orden con una información climática completa.

El Municipio de Sucre posee un clima templado y presenta tres tipos de climas según el método Thornthwaite y en función al índice de aridez, el tipo de clima que predomina en el

municipio es el clima subhúmedo – seco, clima sin húmedo – húmedo y el clima semiárido; además de poseer un solo piso ecológico tiene un comportamiento climático que mantiene una dinámica equilibrada entre las comunidades de vegetación, animales y el medio ambiente en general. (Plan Territorial de Desarrollo Integral - Sucre, 2016).

### **Precipitaciones Máximas y Mínimas.**

Según la estación climatológica, los datos de precipitación son de 560,9 mm/año, considerando al mes de enero con 140,6 mm/año, como el mes más lluvioso y a junio, con un valor de 0,9 mm/año, como el mes menos lluvioso.

La estimación de precipitación en 24 horas es de 68,0 mm con promedio máximo de 54,0 mm en el mes de marzo y de 0,8 mm como mínimo en el mes de julio.

**Tabla 1.3: Precipitaciones Máximas y Mínimas**

DATOS	MESES											
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Mínima	27,8	40,3	16,5	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,6	14,5	12,1
Media	140,6	116,3	93,7	33,7	3,7	0,9	3,1	8,0	27,5	54,1	66,9	107,2
Máxima	344,1	289,1	246,7	134,3	35,2	13,0	43,7	82,0	174,6	106,3	175,0	233,4

Fuente: Elaboración en base a datos SENAMHI gestión 2020

### **Temperaturas Máximas y Mínimas.**

Los datos proporcionados por el servicio meteorología de Sucre, referidas a las temperaturas del municipio de Sucre según evolución de temperaturas presentan temperatura máxima media de 22°C, las temperaturas mínimas medias de 8,4 °.

También se toma a la estación central del SENAMHI como la referencial para los datos termológicos, el clima se caracteriza por ser templado, subhúmedo y seco, mencionando que la temperatura media anual promedio es de 14,9° C, teniendo al mes de diciembre con 16,5° C como el mes de mayor temperatura media y el de julio con 12,4° C, como el mes de menor temperatura media anual.

El mes más frío se registra en julio y el más cálido en diciembre, el período más seco esta entre junio a septiembre y el período más lluvioso esta entre diciembre a febrero.

**Tabla 1.4: Temperaturas Máximas y Mínimas**

DATOS	MESES											
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Mínima	7,7	8,7	5,9	7,2	2,1	2,1	-1,3	2,6	2,8	4,9	7,3	7,2
Media	14,6	15,5	15,2	14,3	12,8	13,2	12,4	14,5	15,6	16,4	16,0	16,5
Máxima	25,7	23,7	23,3	23,9	22,3	26,5	26,7	28,4	27,1	27,0	27,8	36,0

Fuente: Elaboración en base a datos SENAMHI gestión 2020

### **b. Recursos Hídricos.**

La Ciudad de Sucre y su área de influencia están muy próximas (alrededor de 5 Km.) de la divisoria de aguas entre las dos Macrocuencas Sudamericanas, la del Río Amazonas cuya cuenca es el río Grande, las subcuencas son Río Chico y Presto y a estas además desembocan pequeñas micro cuencas de ríos y quebradas y la del Río de la Plata, cuya cuenca es el río Pilcomayo, la subcuenca es Cachimayu y a esta desemboca el río Quipinchaca y otras.

La cuenca del Río Pilcomayo, perteneciente a esta última, es la receptora del río Cachimayu. Es importante destacar que es un área donde la red de drenaje presenta alta densidad: 0,91, siendo una de las mayores de la Subregión Chuquisaca Norte. Además es límite departamental entre Chuquisaca y Potosí.

La cuenca del Río Grande, presenta una gran diferencia entre los caudales en la época lluviosa y la época seca, ello como consecuencia de la variación establecida entre las crecidas en temporada de máximas precipitaciones y el escurrimiento mucho más bajo en periodo de estiaje. La mayor parte de su recorrido es el límite natural entre los Departamentos de Chuquisaca y Cochabamba.

En esta instancia interesa destacar la participación de los cursos de agua en la cobertura de servicios urbanos, dada su importancia en la calidad de vida del ambiente urbano. Se destaca el Río Ravelo y las quebradas que desaguan en él ya que suministra el 90% de las aguas de

abastecimiento para la población de la ciudad de Sucre. (Plan Territorial de Desarrollo Integral - Sucre, 2016).

El Río Quirpinchaca, afluente de la subcuenca Cachimayo, constituye el principal colector de la red de alcantarillado de la ciudad en este río, en el que afluyen las aguas residuales aportadas por las quebradas de Valle Hermoso, Kantuna, La Aguada, Fe y Alegría, 6 de agosto, Aranjuez (Inisterio, 88 Ha; Santa Teresa, 130 Ha; Asnahuaico, 55 Ha), Phiscojaitana (695 Ha), Planta Diesel y Prosperina por un lado, y Tucsupaya y Yuraj Yuraj por el otro. Otras quebradas desaguan en este río, como Santa Catalina y Toro Cancha.

El Río Sancho, se encuentra hacia el Este de la ciudad, también integra el sistema de alcantarillado de la ciudad, apartando aguas residuales a la cuenca del Río Chico (área donde se encuentra una gran cantidad de sectores cultivados). Hacia el Sudeste de la ciudad de Sucre, junto a la salida del camino a Tarabuco, se encuentra la pequeña Represa Rumi Rumi.

Podemos considerar a los siguientes parámetros:

**Hidrografía.-** Una de las corrientes de agua de la ciudad baja de la quebrada Alto Tucsupaya, que pertenece a la microcuenca del río Quirpinchaca, subcuenca del río Cachimayu, cuenca del río Pilcomayu, macrocuenca del Río de la Plata.

Esta quebrada desde sus nacientes tiene un flujo de agua permanente, de poco caudal, empero, que con el acopio de otras quebradas menores, se va incrementando y que llega hasta la quebrada Tinta Mayu, donde se convierte en un flujo de agua se aguas negras y que llega hasta el río Quirpinchaca, que es el nivel de base local y que es el principal colector de todas las aguas negras de la parte Oeste y Central de la ciudad.

Esta quebrada (Alto Tucsupaya), tiene un flujo de agua corriente de 8 a 10 litros/segundo y a ella.

**Hidrología.-** Entre los parámetros que se consideran para el régimen hídrico, se tiene:

Escorrentía: Un análisis de la información existente, indica que hay un predominio preponderante de la evapotranspiración sobre la precipitación. Esto implica un predominio consecuente del déficit hídrico, con las lógicas limitaciones de la escorrentía.

**Hidrogeología.-** Desde el punto de vista de las permeabilidades relativas, donde se consideran perspectivas generales para el almacenaje de aguas subterráneas, se indica que la mayor parte de las rocas paleozoicas son desfavorables para el almacenamiento de aguas, por ser impermeables, empero cada tipo de litología, puede variar dentro de sus características favorables o desfavorables, en su secuencia de facies lateral, en su profundidad, formación de sedimentos interestratificados, porosidad, acuñamientos, grados de consolidación, tipo de cemento, redondeamiento y selección de sus granos, grado de diagenización y de otros factores que pueden influir de una u otra manera en la posible roca almacén, que en este caso resultan ser las areniscas.

### **c. Suelos.**

#### **Principales Características.**

El factor suelo, en relación a la geomorfología, es quizás el factor ecológico clave y principal determinante de los ecosistemas, condicionando la distribución de los principales tipos de vegetación de forma directa.

En general los suelos del área rural del municipio de Sucre presentan paisajes de serranía y de valles. Las serranías son de origen sedimentario y la litología por orden de importancia está compuesta de areniscas, lutitas, limolitas y conglomerados. Los suelos predominantes son muy poco a moderadamente profundos, con poco desarrollo pedogenético por las pendientes escarpadas a muy escarpadas susceptibles a la erosión hídrica. Son suelos bien a excesivamente drenados con textura franco arenosas a franco arcillosas. Los valles comprenden terrazas aluviales, llanuras de piedemonte y lechos de río. (Plan Territorial de Desarrollo Integral - Sucre, 2016).

Para las zonas urbanas de influencia y alrededores, los suelos recientes o sub recientes clasificado por Navarro (2004), “se desarrollan en situaciones donde la erosión no ha permitido el desarrollo y/o preservación de los suelos muy evolucionados o bien están sometidas a acciones erosivas que impiden o retardan la evolución del perfil, principalmente en llanuras aluviales”.

Los suelos de las pendientes, mayormente son moderadamente rocosos, con poca actividad agrícola, que presentan en su desarrollo, quebradas que se han formado, debido al tectonismo acaecido en la zona.

Taxonómicamente los suelos de los piedemontes están clasificados como: Litic Ustorthent y Typic Ustochrept. Los de las pendientes inferiores están representados en el subgrupo de: Litic Ustorthent. Los de las pendientes medias, taxonómicamente, se hallan clasificados como: Litic Ustorthent y Typic Ustochrept. Finalmente, los suelos de las pendientes superiores y de las cimas, se hallan clasificados como: Litic Ustorthent.

Según la Clasificación de suelos de la FAO la ciudad de Sucre se encuentra en una zona con las siguientes características de suelos:

**Leptosoles (Entisoles).**- Los Leptosoles están clasificados como suelos jóvenes, variables en textura, estructura y color, y muy bajos en materia orgánica. Se trata de suelos sin desarrollo pedogenético y no muestran ningún desarrollo definido de perfiles, generalmente ubicados en relieves accidentados donde dominan los procesos de erosión. Por lo tanto, normalmente poseen solamente un horizonte superficial (horizonte A) delgado; en su mayor parte con presencia de piedras y roca en la superficie y el subsuelo.

**Regosoles (Orthents).**- Suelos jóvenes formados a partir de materiales no consolidados en los que predominan los horizontes A ócrico o úmbrico y C, sin otra propiedad diagnóstica más que la del material parental. Estos suelos se encuentran tanto en relieves planos como montañosos. Las características morfológicas se determinan por el tipo de material parental.

**Fluvisoles (Fluvents).**- Son suelos jóvenes que tienen “propiedades de suelo flúvicas”. Para todos los propósitos prácticos, esto significa que reciben sedimentos frescos durante regulares inundaciones y todavía muestra estratificación y/o distribución irregular de la materia orgánica a lo largo del perfil del suelo. Estos suelos son relativamente jóvenes, de origen aluvial, y débilmente estructurados; presentan propiedades flúvicas con distribución irregular de la materia orgánica en los horizontes.

**Arenosoles (Psamments, Quartzipsamments).**- Su textura es más gruesa que franco arenoso hasta una profundidad de 100 cm como mínimo, con menos de 30% de fragmentos gruesos en todos los horizontes dentro los 100 cm de profundidad; horizontes de estructura muy débil a grano suelto, con textura arenosa o areno francosa. Se forman generalmente en depósitos de arena transportada por el viento (dunas) o por la acción aluvial. Son suelos de muy poco desarrollo pedogenético y se caracterizan generalmente por perfiles con horizontes A-C.

**Cambisoles (Inceptisoles).**- Los Cambisoles con alta saturación con bases en la zona templada están entre los suelos más productivos del Departamento. Los Cambisoles más ácidos, aunque menos fértiles, se usan para agricultura mixta y como tierras de pastoreo y forestales. Los Cambisoles en pendientes escarpadas es mejor conservarlos bajo bosque; esto es particularmente válido para zonas montañosas. Son un poco menos jóvenes que los entisoles y con un desarrollo incipiente de horizontes. No presentan acumulación de materia orgánica, hierro o arcilla.

**Lixisoles (Alfisolos).**- La mayoría de Lixisoles “irrecuperables” están en la sabana o vegetación de bosque abierto. Estos son suelos con el mayor desarrollo pedogenético, su formación presupone varios requisitos, entre ellos lógicamente la presencia de arcilla en el medio, procesos dispersivos que faciliten su migración y periodos de alternancia lluviosos y secos, que contribuyen a translocar las arcillas en periodos húmedos, seguido por su acumulación durante la época seca.

#### **d. Fisiografía.**

El municipio de Sucre presenta en general una topografía irregular, como casi toda la región valluna a la que corresponde, morfológicamente se definen tres grandes perfiles dentro del municipio:

- El primero se encuentra en el espacio definido para el distrito 8, con montañas que configuran la cadena en las estribaciones de la cordillera andina oriental.
- El segundo se encuentra en el Distrito 6 muy definido por serranías bajas y colinas de suaves ondulaciones que combinan con planicies de cumbre o altas.
- El tercero se ubica en el distrito 7 y corresponde a cabecera de valle, con serranías y colinas disectadas, aunque con menores alturas geográficas y una gran cantidad de cuencas y subcuencas de alto potencial hídrico.

Las unidades fisiográficas presentes en el municipio de Sucre, se describen de acuerdo con la Zonificación Agroecológica ZAE.

**Colina Alta:** Compuesta por elevaciones que van de 70 u 80 m hasta 250 m, con pendientes mayoritarias comprendidas entre 50 y 70%. La erosión puede ser severa incluso bajo el bosque, principalmente por escurrimiento superficial durante las fuertes lluvias. Ante procesos de deforestación las acciones erosivas pasan a una fase más activa de deslizamientos. Este esquema varía según la composición litológica y nivel de intervención antrópica que afrontan.

**Llanura Aluvial:** Se consideran áreas pequeñas y de suelos blandos y fértiles, que en zonas áridas contornean arroyos o sólo se muestran en algunos de sus recodos. Pueden ser en manantiales de montaña (como en los Andes) o en sectores desérticos de baja altitud, los cuales, al mantenerse con cierta humedad disponen de pastos tiernos en el área; por ello son fundamentales para la biodiversidad y la ganadería.

**Montaña Media:** Incluye espacios ubicados altitudinalmente por debajo de los 2700 m. Bioclimáticamente en la montaña media tienen su mayor expresión los pisos Andino y

Subandino, aunque en algunos casos en su borde inferior alcanza el piso Ecuatorial. Los sistemas morfogénicos presentes son aquellos sin influencia directa de los eventos glaciares y glaciales (aunque sí indirecta) del pasado o del presente, descritos para la alta montaña. Su límite inferior va hasta los escarpes fundamentales que separan las cordilleras de las depresiones interandinas y periféricas. Esta unidad se encuentra principalmente en la región sur de la cordillera oriental, está constituida por montañas medias moderadamente disectadas, pendientes entre 40 a 60 % y una altitud entre 3.900 y 4.500 m.s.n.m. En este paisaje afloran estrato volcanes del cuaternario, con una cobertura vegetal de matorral mayormente siempre verde y vegetación herbácea graminoide baja, suelos superficiales, drenaje bueno a excesivo y fertilidad baja a muy baja, con presencia de riesgos de erosión y deslizamientos; pedregosidad y/o rocosidad.

**Serranía Alta:** Compuesta por estructuras rocosas que rodean a las cuencas altas o altiplanicie con alturas que varían entre 3.900 a 4.500 m.s.n.m. Esta Unidad se encuentra principalmente en la región Norte de la cordillera oriental y está constituida por serranías altas moderadamente disectadas, pendientes entre 15 a 60%. Presenta zonas no aptas para la agricultura, relacionadas con actividades mineras y la fundición de metales aprovechando los fuertes vientos que soplan en el lugar. La vegetación predominante son la paja brava, yareta, Thola, entre otras. Los suelos son Superficiales, drenaje bueno a excesivo, fertilidad baja a muy baja con Limitaciones y riesgos de erosión; pedregosidad y/o rocosidad y fertilidad muy baja.

**Serranía Media:** Está constituida por serranías medias moderadamente disectadas, pendientes entre 15 a 60% y una altitud entre 3.800 a 4.000 m.s.n.m. En este paisaje afloran lavas dacíticas y andesíticas del terciario y estrato volcanes del cuaternario. La unidad está cubierta por matorral mayormente siempre verde y vegetación herbácea graminoide baja. Los Suelos son superficiales, drenaje bueno a excesivo, fertilidad baja a muy baja, con limitaciones y riesgos de erosión; pedregosidad y/o rocosidad y fertilidad.

**Serranía Baja;** Esta unidad está constituida por serranías bajas moderada y fuertemente disectadas, pendientes entre 15 a 60% y una altitud entre 3.350 y 3.500 m.s.n.m. En este

paisaje afloran lavas dacíticas y andesíticas del terciario. La Unidad está cubierta por matorral mayormente siempre verde. Con suelos superficiales, drenaje bueno a excesivo, fertilidad baja. Con limitaciones y riesgos de erosión pedregosidad y/o rocosidad y fertilidad.

**Superficie de Erosión:** Es la degradación y el transporte de suelo o roca que producen distintos procesos en la superficie de la Tierra. Entre estos agentes está la circulación de agua o hielo, el viento, o los cambios térmicos. La erosión implica movimiento, transporte del material, en contraste con la disgregación de las rocas, fenómeno conocido como meteorización. La erosión es uno de los principales factores del ciclo geográfico. La erosión puede ser incrementada por actividades humanas o antropogénicas. La erosión produce el relieve de los valles, gargantas, cañones, cavernas y mesas.

#### **1.2.4. Aspectos Bióticos.**

##### **a. Flora.**

El entorno natural de Sucre está marcado por una combinación de elementos de la región andina y subtropical, lo que da lugar a una diversidad de vegetación de especies nativas y exóticas que se adaptan a las condiciones climáticas y geográficas de la región. (Plan Territorial de Desarrollo Integral - Sucre, 2016).

La flora en Sucre es diversa y se puede encontrar en diferentes hábitats, como parques y jardines, calles y avenidas, y áreas naturales. Algunas de las especies más comunes en la ciudad incluyen cactus de navidad, frutilla, crotón de jardín, palmera enana, begonia rex, y otras 15 especies más.

En los parques y áreas verdes de la ciudad, se pueden encontrar una variedad de árboles y plantas ornamentales, incluyendo especies nativas como el molle, el aliso, el quishuar, el jacarandá y el árbol de la luna, que contribuyen a embellecer el paisaje urbano y proporcionar sombra y frescura.

Como especies predominantes se tienen: Herbáceas: diente de león. Helechos, malva, llantén.  
Gramíneas: Pasto piara, paja.

Árboles: Molle, sirao y exóticos como el eucalipto. Arbustos: Karallanta, sunchu, thola.

Cactáceas: Cardosanto, tuna, opuntias.

### **b. Fauna.**

La fauna existente en la mayoría de los alrededores de la ciudad de Sucre, se reduce a pequeños mamíferos, pocas aves, escasos reptiles y anfibios y sin presencia de peces.

Entre los mamíferos se encuentran: comadreja, ratas, zorros.

Como aves, se citan: perdices, águilas, buitres, halcones.

Entre los reptiles se presenta esporádicamente la serpiente julluthuma y otras variedades de pequeñas víboras, como también algunas lagartijas. De anfibios, solamente aparecen en época de lluvias las ranas y los sapos.

Especies endémicas y/o en extinción: Tanto en la flora como en la fauna, en el área urbana, no existen plantas endémicas, ni animales en extinción.

### **c. Paisaje.**

Para determinar el espacio físico natural se tiene los siguientes parámetros paisajísticos, se tienen a:

#### **Geomorfología.**

La ciudad está enmarcada dentro del Sistema Geomorfológico de la Cordillera Andina Oriental, sector Meridional, con un paisaje de colinas de amplitud media, con cimas elongadas, bien modeladas, bastante subredondeadas.

El paisaje está conformado por los siguientes sitios:

Las pendientes son variables, teniendo la inferior una inclinación de 8° a 10°, mientras que la pendiente media es la de mayor desarrollo y la más inclinada, con gradientes variables entre

10° y 13° y la pendiente superior es la menos abrupta (3° a 6°), todas ellas conformadas en su generalidad por material rocoso de areniscas de grano fino y por material pelítico fino.

Las cimas, son subredondeadas y elongadas, con gradientes subhorizontales de 1° a 3°, de formas convexas, bien modeladas, con formación de suelos moderadamente profundos. La erosión eólica secundaria tiene su grado de incidencia en el modelado del paisaje.

### **Geología.**

En su mayoría las zonas de la ciudad de Sucre tienen sedimentos de edad ordovícica y sedimentos sueltos del Cuaternario.

El Ordovícico que constituye la parte estratigráfica basal, está conformada por una serie de lutitas y limolitas amarillo verdosas en superficie fresca a pardo amarillentas cuando están meteorizadas, ligeramente friables, algo micáceas, a las que suprayace otro horizonte lutítico amarillo verdoso, intercalado con limolitas de tonalidad similar, con estratificación en bancos delgados, intercaladas con areniscas verde grisáceas en frescas y verde amarillentas cuando están alteradas, con granulometría fina a media.

### **1.2.5. Aspectos Económicos y Culturales.**

#### **a. Actividad Económica.**

El Municipio de Sucre basa su economía en la agricultura donde los principales productos se centran en las hortalizas y frutales. Los cultivos agrícolas que ocupan mayor superficie por orden de importancia son: maíz, trigo, papa, y leguminosas. Otros cultivos menos frecuentes, pero de importancia económica y alimenticia son: tomate, cebolla, ajo, zanahoria y una gran variedad de hortalizas.

En la mayor parte del área rural del Municipio de Sucre, la agricultura, está basada en tecnología tradicional heredada y transmitida de generación en generación por los usuarios de la tierra de acuerdo al medio en que viven y se refiere a épocas de siembra, selección de variedades, densidad de siembra, tracción animal, inapropiado uso de agroquímicos, semillas

de baja calidad genética, entre otros. El insumo más utilizado para mejorar la fertilidad de la tierra es el abono orgánico, como el estiércol, utilizado principalmente en el cultivo de papa. Se practica la rotación de cultivos, la más común es papa-maíz-trigo, algunos productores incorporan la rotación de leguminosas (haba, arveja) en función a las condiciones climáticas, suelos y riego.

La infraestructura para riego en el Municipio, es precaria y rústica y sólo una pequeña población, dispone de buena infraestructura. El riego es utilizado para la producción de hortalizas, papa miská, maíz choclo y frutales, cuya producción está orientada al mercado.

El uso de fitosanitarios para el control de plagas y enfermedades, es aplicado principalmente en cultivos de papa, hortalizas y frutales con un manejo poco apropiado y no es generalizado en todo el Municipio. (Plan Territorial de Desarrollo Integral - Sucre, 2016).

Con relación al uso pecuario de la tierra, en los valles y cabecera de valles, se da una complementariedad entre la actividad pecuaria y agrícola, ya que ambas son importantes en la economía familiar. La actividad pecuaria provee abonos orgánicos para la producción agrícola, tracción animal y los animales constituyen un capital de ahorro líquido, mientras que la producción agrícola forma parte de la alimentación del ganado. El sistema de manejo de la ganadería en el territorio es tradicional, pastoreo a campo abierto no controlado y existen problemas de consanguinidad, por tanto se presentan bajos índices de reproducción, mortalidad elevada, con rendimientos bajos en subproductos pecuarios (carne, lana, queso).

#### **b. Industria, manufactura y artesanía.**

El sector productivo en el Municipio de Sucre tiene como ente matriz a la Federación de Empresarios privados de Chuquisaca y tiene como afiliadas, en la actualidad, a las siguientes organizaciones gremiales y/o sindicales: Cámara de Industria y Comercio de Chuquisaca, Cámara Departamental de la Construcción, Cámara Departamental de Hotelería, ABAVYT filial Sucre, Asociación de Empresarios Privados de Hernando Siles, Asociación de Mujeres Empresarias y Profesionales de Chuquisaca, Asociación de Aseguradoras filial Chuquisaca, Mutual “La Plata” y el Diario “Correo del Sur”.

La finalidad que tiene esta Federación es la de organizar y defender los intereses de los empresarios afiliados de pequeñas, medianas y grandes empresas, representando, precautelando y promoviendo los intereses de la actividad productiva privada en función del bienestar colectivo y el desarrollo de la nación.

El sector productivo industrial, manufacturero y artesanal establecido en el Municipio de Sucre genera la siguiente estructura de empleo:

**Tabla 1.5: Empleo por Tamaño de Empresa**

<b>Tamaño de Empresa</b>	<b>Empleo que generan</b>
Gran Empresa	5,97 %
Mediana Empresa	3,4 %
Pequeña y Microempresa	90,62 %
<b>Total</b>	<b>100 %</b>

Fuente: PTDI 2020, datos INE 2012.

Las Pequeñas y Micro empresas absorben algo más del 90% de la PEA empleada en el sector productivo, por esta razón, son estas unidades productivas las que mayor importancia adquieren en el contexto de la realidad económico – productiva del Municipio de Sucre.

La producción del sector que se caracteriza por el reducido capital, tanto de inversión, como de operación y el uso intensivo de mano de obra, presenta la siguiente composición:

**Tabla 1.6: Composición del Sector Manufacturero en Sucre**

<b>Descripción</b>	<b>Porcentaje</b>
Productos Alimenticios, Bebidas	32.50 %
Textiles, Prendas de Vestir, e Industrias de Cuero	29.99 %
Industrias de la Madera, Productos de Madera, incluidos Muebles	14.06 %
Productos Metálicos, Maquinaria y Equipo	12.87 %
Otros	10.58 %
<b>Total</b>	<b>100 %</b>

Fuente: CEDLA, PROMMI, G.A.M.S.

Los rubros de actividad con mayor participación son el Productos Alimenticios, Bebidas y Textiles, Prendas de Vestir, e Industrias de Cuero, que en conjunto alcanzan aproximadamente el 62% del total de unidades económicas productivas. Un segundo grupo

está formado por los rubros Industrias de la Madera, Productos de la Madera, incluidos Muebles y Productos Metálicos, Maquinaria y Equipo (26%) y finalmente un tercero que agrupa a: Papel, químicos, no metálicos, etc., que tiene una participación del 10%.

El conocimiento de estos productores es, por lo general, empírico dado que han ido asimilando la técnica y trabajan en su rubro mucho tiempo. Asimismo, tienen una limitada capacidad de gestión en procesos de producción, comercialización y en el acceso a información y nuevas tecnologías, por esto, los procesos productivos son tradicionales y basan su producción en la sobreexplotación de la mano de obra. Por estas razones, existe una baja productividad del trabajo, condicionada además por la competencia con la gran industria y el contrabando.

#### **c. Infraestructura y servicios existentes.**

En lo referente a servicios, la mayoría de los edificios, infraestructura y viviendas cuentan con servicio de agua de ELAPAS, de luz de CESSA, teléfono domiciliario, televisión e Internet (las que han adquirido el servicio de una de las empresas de la ciudad) de COTES, contando también con el recojo de basura por parte de EMAS.

#### **d. Generación de residuos especiales y otros.**

Los residuos generados por industrias pero que por sus características pueden ser gestionados junto con los domiciliarios (asimilables), alcanzan a 32 t/día; este dato de generación fue medido a través de EMAS, que presta el servicio diario de recolección y disposición final de residuos asimilables a domiciliarios de industrias y empresas (puntos fijos).

En tanto que los restos de los dos principales mataderos de la ciudad alcanzan a un promedio de 120 t/mes y los residuos como escombros, restos de la poda, llantas, alcanzan a 88 t/mes, dato proporcionado también por EMAS.

Por otro lado el servicio de barrido de calles, que tiene tres modalidades, todas de tipo manual, genera cantidades de residuos que en su mayoría son inorgánicos y provienen de los residuos domiciliarios que las personas sacan a sus aceras fuera del horario de recojo, de

basureros de vías públicas y de residuos que son echados en las calles; la modalidad de barrido y recolección céntrica denominada “tachitos” genera en promedio 2.1 t/día en tanto que la modalidad de “carretillas” genera 2.56 t/día, las cantidades que son generadas en la tercer modalidad de barrido con palmeras, están incorporadas en el dato de “puntos fijos” debido a que su recolección se realiza en los mismos camiones que prestan ese servicio. (Plan Territorial de Desarrollo Integral - Sucre, 2016).

De manera general para toda el área urbana del Municipio, se generan 251,21 t/día.

**Tabla 1.7: Clasificación de la generación de residuos sólidos por sector de actividad**

SECTOR	GENERACIÓN RRSS (T/DÍA)
Domiciliarios	169,75
Restaurantes	12,00
Hoteles	11,00
Mercados	9,06
Instituciones educativas	4,39
Hospitalarios	1,42
Puntos fijos (industriales asimilables a domiciliarios)	32,00
Barrido de calles	4,66
Especiales (restos de mataderos, escombros y poda)	6,93
Total	251,21

Fuente: PTDI Sucre 2020, datos INE 2012.

#### **e. Áreas arqueológicas y protegidas.**

A unos 13 kms de la ciudad con dirección hacia el Este, se encuentran las huellas de dinosaurios de Cal Orcko, área que ya ha sido declarada como Patrimonio Nacional, dada la gran cantidad de huellas que se han encontrado de pisadas de animales prehistóricos del Cretácico, sobre todo de los dinosaurios, entre los que se encuentran los terópodos, saurópodos, hadrosaurios, iguanadóntidos.

#### **1.2.6. Antecedentes Estudio de Identificación y Revalorización de RCD en Sucre.**

El Estudio de Identificación y Revalorización de Residuos Sólidos de Construcción y Demolición en la Ciudad de Sucre, se sitúa en la provincia de Oropeza del departamento de

Chuquisaca, al pie de los cerros Sica Sica y Churuquilla, cordillera oriental de Los Andes. Cerca de donde las cadenas montañosas de Los Andes pierden altura y proveen un clima cálido y seco de cabecera de valle. Su localización coincide con la divisoria hidrográfica de los sistemas Amazonas (ríos Chico y Grande) y la Cuenca del Plata (ríos Cachimayu y Pilcomayo).

Estudio de Identificación y Revalorización de RCD en la ciudad de Sucre, tiene como objetivo la evaluar y caracterización los residuos sólidos de construcción y demolición, y cuya finalidad principal es la revalorización de los mismos como elementos recuperables.

### **1.2.7. Componentes Principales del Estudio.**

Para fines del Estudio de Identificación y Revalorización de RCD, se establecieron y se consideraron los siguientes componentes y/o actividades:

- Delimitación del área de estudio.
- Objetivos de investigación.
- Selección de métodos de recolección de datos.
- Identificación de fuentes de información.
- Acceso al área de estudio.
- Planificación logística.

En cada componente, se definieron las distintas actividades y se seleccionaron aquellas, que se estiman puedan tener repercusión directa o indirecta sobre las conclusiones.

#### **Área que presenta el Estudio.**

El área seleccionada para realizar el estudio, se encuentra en el distrito 1 zona central de la ciudad, sobre la calle Adolfo C. Durels, entre la Av. Jaime Mendoza y Calle Manuel Molina. Siendo ésta, una propiedad privada identificada próxima a su demolición para la construcción de un nuevo edificio con fines comerciales por los propietarios.

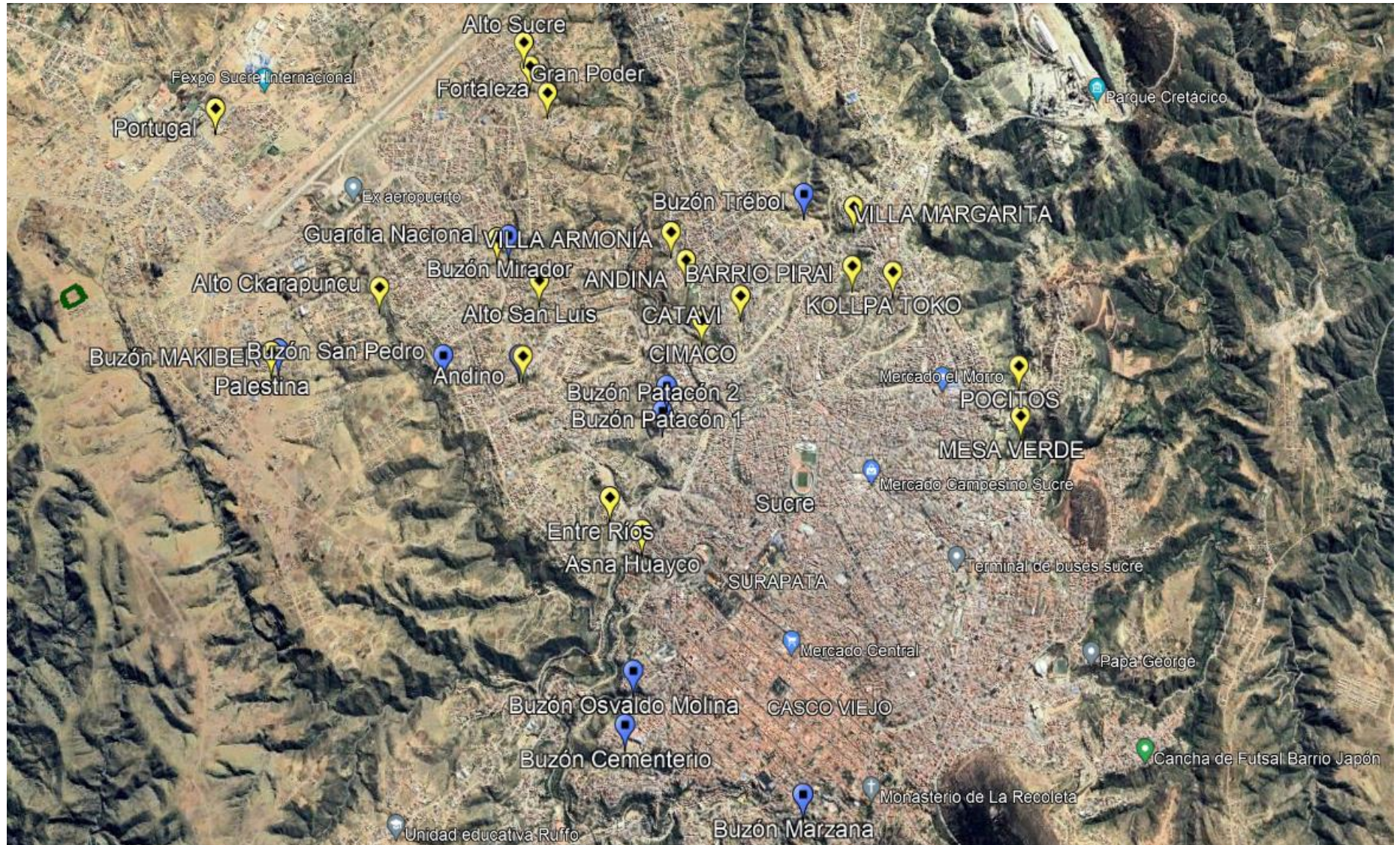
**Imagen 1.2: Plano del Área de Estudio**



Como segunda actividad para realizar el estudio, se presenta el centro urbano de la ciudad de Sucre como el área total delimitada, siendo una extensión de 70 km<sup>2</sup>. en sus 5 distritos distribuidos de la siguiente manera:

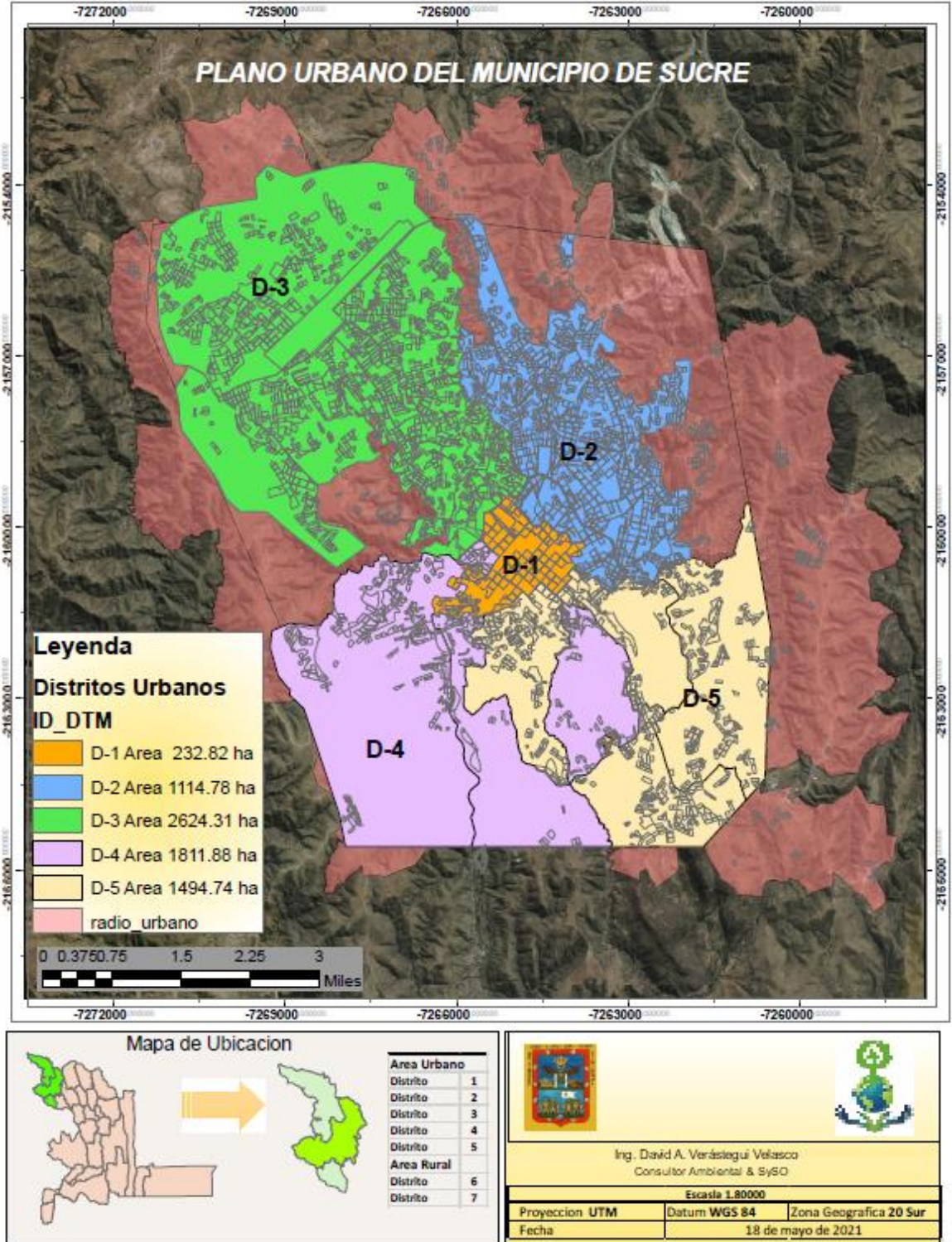
- Distrito 1: 2,3 km<sup>2</sup>
- Distrito 2: 11,1 km<sup>2</sup>
- Distrito 3: 26,2 km<sup>2</sup>
- Distrito 4: 18,1 km<sup>2</sup>
- Distrito 5: 14,9 km<sup>2</sup>

**Imagen 1.3: Ubicación de los Buzones**



**Fuente:** Elaboración Propia - Dirección de Obras Públicas del G.A.M. de Sucre

Imagen 1.4: Plano del Municipio de Sucre



Fuente: Elaboración Propia en base a PTDI Sucre 2021

### **Metas para las actividades de Demolición de una vivienda.**

Las metas que se pretenden alcanzar durante la investigación con la recopilación de datos en el área seleccionada son:

- Cuantificar el volumen de Residuos Sólidos de Construcción durante las actividades y el tiempo de demolición de una vivienda sobre un área de 165 m<sup>2</sup>.
- Determinar la composición del 100 % del volumen generado, además de las características de los Residuos durante el tiempo de demolición de una vivienda.
- Caracterizar los tipos de materiales presentes en los RCD y el porcentaje de recuperación para su reutilización y reciclaje.

#### **1.2.8. Localizaciones del Estudio.**

Como se había mencionado, se seleccionó una vivienda familiar privada destinada a su demolición con aproximadamente 188 m<sup>2</sup> de superficie construida y 165 m<sup>2</sup> de superficie ocupada.



En base a la información obtenida por la Dirección de Obras Públicas del Gobierno Autónomo Municipal de Sucre, se identificó de manera al azar un total de 9 sitios de muestreo (Zona Central, Zona Residencial y Zona periférica). Siendo estos los siguientes:

**a. Buzón Cementerio – Distrito 4.**

Zona: Max Rodríguez.

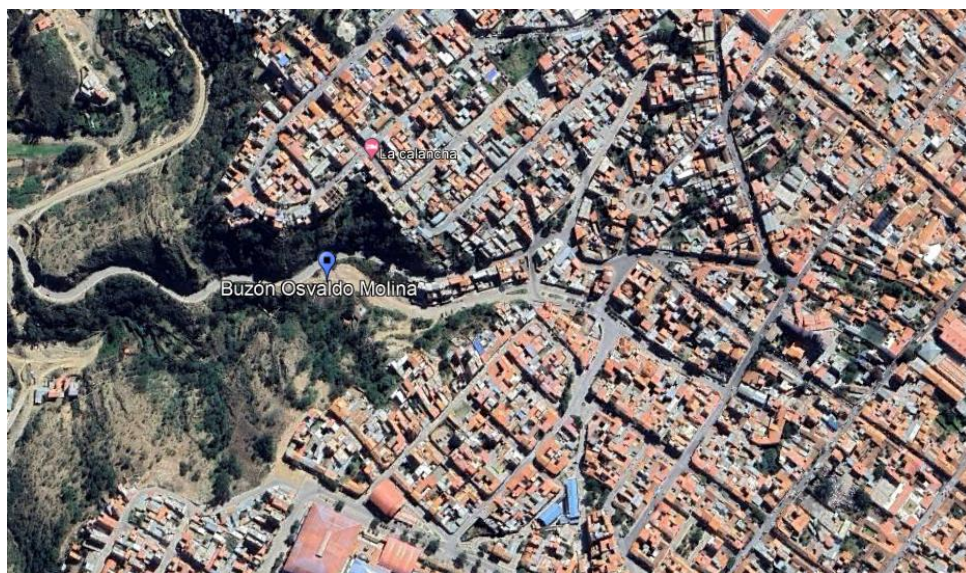
Coordenadas: 19° 3'8.05"S; 65°16'15.32"O



**b. Buzón Osvaldo Molina - Distrito 4.**

Zona: Alto Aranjuez.

Coordenadas: 19° 2'55.08"S; 65°16'13.44"O



**c. Buzón Makiber - Distrito 3.**

Zona: Barrio Belén.

Coordenadas: 19° 1'37.00"S; 65°17'50.00"O



**d. Buzón Mirador - Distrito 3.**

Zona: Barrio Juan Pablo II.

Coordenadas: 19° 1'7.12"S; 65°16'49.07"O



**e. Buzón San Pedro - Distrito 3.**

Zona: Barrio Alto San Pedro.

Coordenadas: 19° 1'37.90"S; 65°17'5.73"O



**f. Buzón Ravelo - Distrito 3.**

Zona: Villa La Plata.

Coordenadas: 19° 1'37.74"S; 65°16'45.37"O



**g. Buzón Marzana - Distrito 5.**

Zona: Barrio Huayrapata.

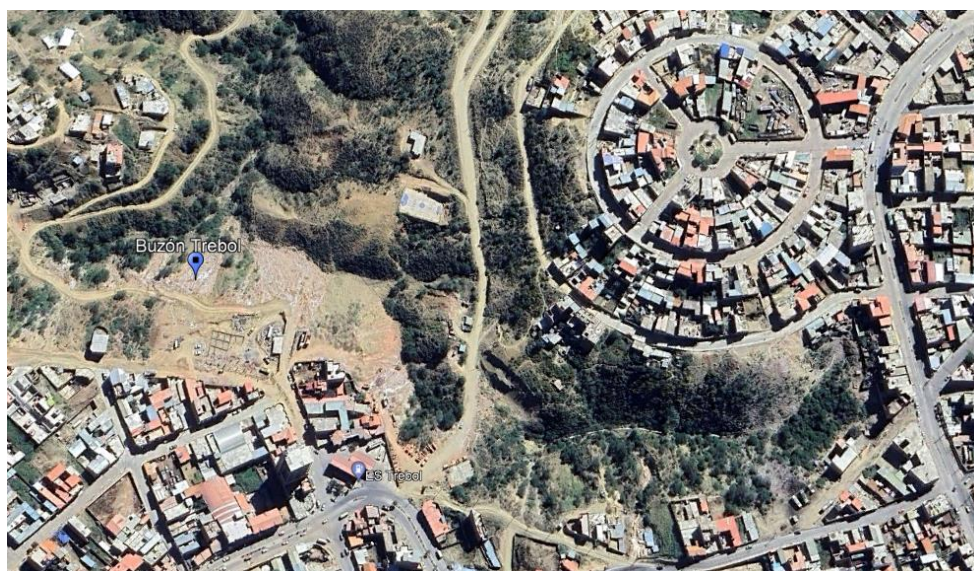
Coordenadas: 19° 3'24.28"S; 65°15'28.01"O



**h. Buzón Trébol - Distrito 2.**

Zona: Horno K'asa.

Coordenadas: 19° 0'55.75"S; 65°15'28.35"O



**a. Buzón Patacón 1 - Distrito 2.**

Zona: Patacón 6 de Junio.

Coordenadas: 19° 1'44.57"S; 65°16'5.42"O



**b. Buzón Patacón 2 - Distrito 2.**

Zona: Patacón Bella Vista.

Coordenadas: 19° 1'50.86"S; 65°16'6.50"O



## CAPÍTULO II

# DIAGNÓSTICO

### 2.1. CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS DE DEMOLICIÓN.

La caracterización de la generación de residuos de la demolición como tal, consistió en la determinación de varios parámetros a partir de un modelo de cálculo. Se consideró la generación de residuos durante la demolición de una obra en base a ladrillo y hormigón.

Se tomó como modelo de cálculo, la demolición de una casa tipo de dos plantas con techo de teja colonial. Este es el modelo más común de casa que se construye en la ciudad de Sucre. A partir de este modelo, que tiene una superficie construida de 188 m<sup>2</sup>, se cuantificó la cantidad de materiales que se utilizaron para la construcción de la casa y se estimaron los residuos que se generaron a partir de la demolición con base al factor de esponjamiento de materiales.

**Imagen 2.1: Vivienda tipo para estimación de residuos generados en la demolición**

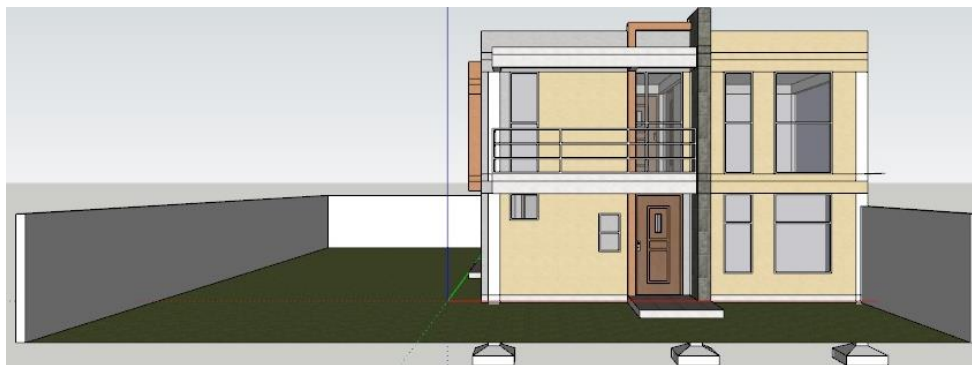
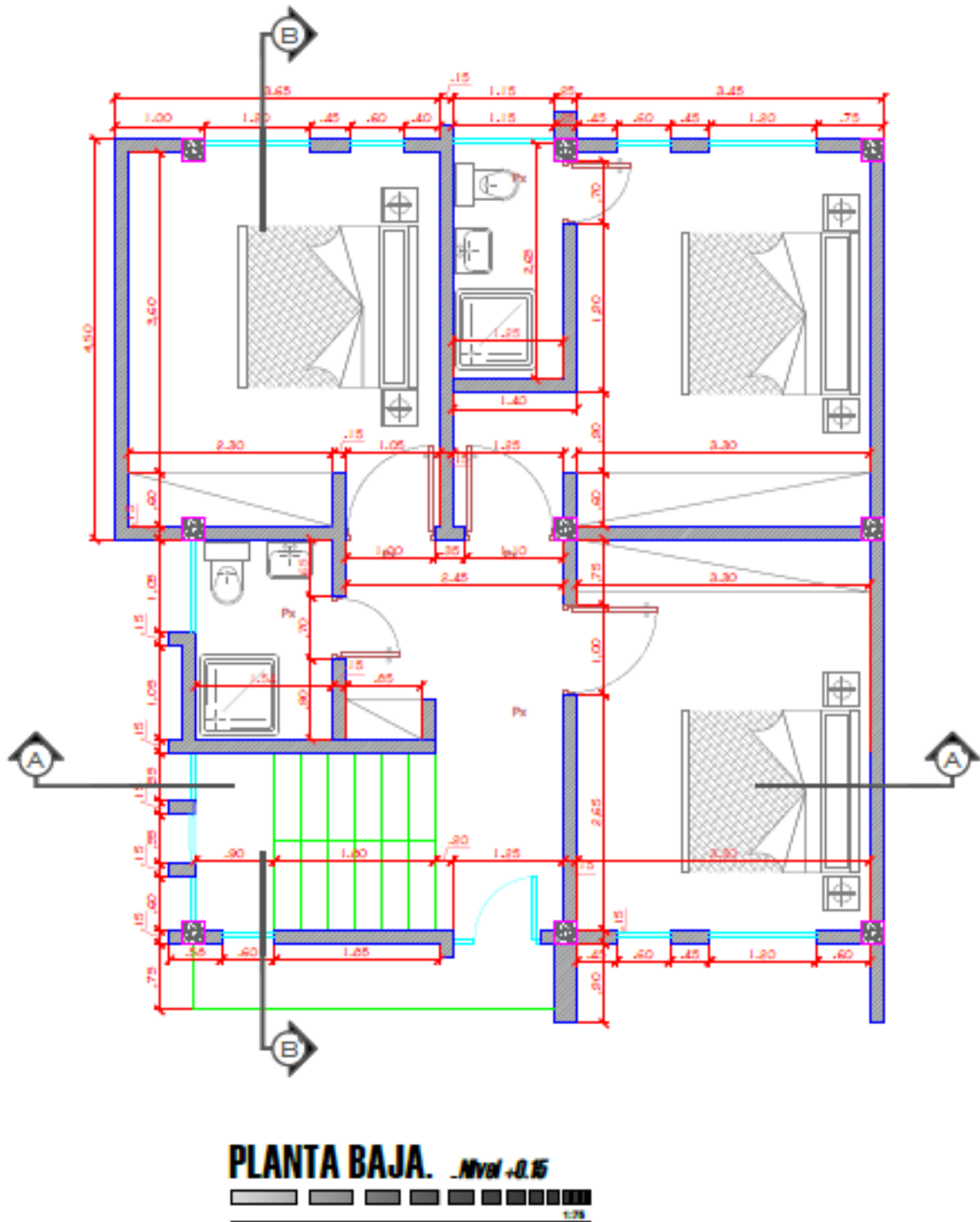




Imagen 2.3: Plano y Distribución de la casa Planta 2

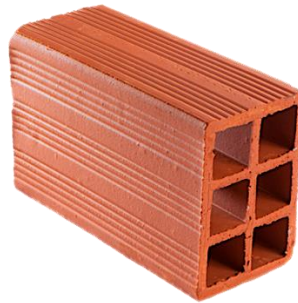


**Tabla 2.1: Distribución de Ambientes**

<b>AMBIENTE</b>	<b>SUPERFICIE (m<sup>2</sup>) PLANTA 1</b>	<b>SUPERFICIE (m<sup>2</sup>) PLANTA 2</b>	<b>SUPERFICIE (m<sup>2</sup>) TERRAZA</b>	<b>TOTAL (m<sup>2</sup>)</b>
Sala de Estar	32,6	-----	-----	32,6
Sala Comedor	11,8	-----	-----	11,8
Cocina	13,1	-----	-----	13,1
Baño Visitas	3,4	-----	-----	3,4
Baño Compartido	-----	4,8	-----	4,8
Baño Privado	-----	4,8	-----	4,8
Dormitorio 1	-----	17,2	-----	17,2
Dormitorio 2	-----	16,8	-----	16,8
Dormitorio 3	-----	16,4	-----	16,4
Pasillos	6,6	8,85	3,8	19,25
Gradas	4,5	6,45	3,5	14,45
Patio + Garaje	28	-----	5,4	33,44
<b>TOTAL</b>	<b>100,00</b>	<b>75,30</b>	<b>12,70</b>	<b>188,00</b>

Fuente: Elaboración propia.

### 2.1.1. Especificaciones de materiales de construcción de la vivienda demolida.



**Nombre:** Ladrillo 6 huecos rayado.

**Dimensiones:** Alto: 15 cm. Largo: 24 cm. Ancho: 10 cm.

**Peso:** 2,65 Kg.

**Rendimiento:** 24 Pzas/m<sup>2</sup> (soga), 36 Pzas/m<sup>2</sup> (Tizón)

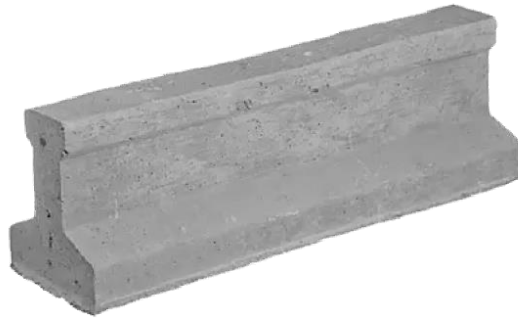


**Nombre:** Teja colonial canal.

**Dimensiones:** Alto Sup: 7,6 cm Alto Inf: 5,75 cm. Largo: 50 cm Ancho Sup: 20 cm Ancho Inf: 16.5 cm.

**Peso:** 2,6 Kg.

**Rendimiento:** 18 Pzas/m<sup>2</sup>.

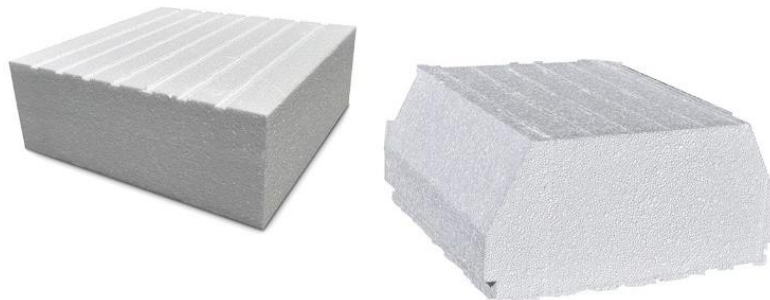


**Nombre:** Vigueta Pretensada.

**Dimensiones:** Alto: 11 cm. Largo: 400 cm. Ancho: 11 cm.

**Peso:** 80 Kg.

**Peso propio:** 176 Kg/m<sup>2</sup>



**Nombre:** Casetón de Poliestireno.

**Dimensiones:** Espesor: 20 cm. Largo: 60 cm. Ancho: 60 cm.

**Peso:** 0,576 Kg.

**Rendimiento:** 1,66 Pzas/m<sup>2</sup>

### 2.1.2. Cálculo de precios y cómputos métricos.

Previo a la caracterización de RCD en la demolición de una vivienda, se realiza los cálculos de cómputos métricos, con el fin de registrar el volumen aproximado de residuos previo a su demolición y considerar así los gastos de transporte de los mismos, para luego compararlos con los que se ejecutaron durante la demolición.

En principio y para realizar el trabajo, se efectúa los primeros bosquejos de diseño a mano con las medidas referenciales proporcionadas por el propietario y los responsables de la demolición. Se comienza el proceso de digitalización en programas de diseño arquitectónico asistido en 2D Autodesk (Autocad) 3D con SketchUp Pro 2022 y un motor de renderizado para infoarquitectura (V\_RAY 5-6) introduciendo todos los datos recogidos.

**Imagen 2.4: Vivienda tipo para estimación de residuos generados en la demolición**



**Fuente:** Elaboración propia.

Una vez introducidos los datos recolectados que se muestran en la “Tabla 2.1: Distribución de Ambientes”, se enviaron los mismos a través de una planilla de Excel a la aplicación Prescom, que realizó el cálculo final de volúmenes y cómputos métricos de la vivienda seleccionada. Esto permitió calcular el volumen aproximado de materiales de construcción, que constituyen la infraestructura a demoler.

**Tabla 2.2: Cómputo Métricos**

Nº	Descripción	Und.	Cantidad	Unitario	Parcial (Bs)
>	<b>M01 - MODULO # 1</b>				<b>184 568,27</b>
1	Zapatas de ho ao + fierro tipo "a"	M3	1,75	2.254,30	3.945,03
2	Columnas de ho ao + fierro tipo "a"	M3	3,26	4.229,23	13.787,29
3	Columna lad. gambote 25x25	m	0,90	114,39	102,95
4	Viga de hºaº tipo "a"	M3	6,99	3.528,03	24.660,93
5	Graderia de hºaº	m <sup>3</sup>	1,29	3.730,98	4.812,96
6	Losa aliv h=10 vigueta pret c/plastof.	M2	73,15	246,83	18.055,61
7	Muro de ladrillo 6h e=12 cm	m <sup>2</sup>	161,47	120,35	19.432,91
8	Revoque exterior	M2	87,16	89,49	7.799,95
9	Revoque interior de estuco	m <sup>2</sup>	161,63	90,99	14.706,71
10	Cubierta de teja	m <sup>2</sup>	67,40	371,39	25.031,69
11	Piso de ceramica	m <sup>2</sup>	152,02	227,86	34.639,28
12	Contrapiso sobre losa	m <sup>2</sup>	73,15	103,79	7.592,24
13	Contrapiso c/empedrado	m <sup>2</sup>	78,87	126,80	10.000,72
	<b>Total presupuesto:</b>				<b>184.568,27</b>

Son: Ciento Ochenta y Cuatro Mil Quinientos Sesenta y Ocho con 27/100 Bolivianos

Fuente: Elaboración propia – PRESCOM

### 2.1.3. Caracterización de residuos de demolición.

Según la siguiente Tabla 2.3, se muestra el resumen de los resultados de la caracterización de los residuos calculados provenientes de la demolición de una infraestructura tipo casa, en una superficie construida de 188 m<sup>2</sup> de dos plantas con muros de ladrillo cerámico, techo de teja colonial, expresados en % masa y % volumen.

a. Según Plano de Diseño.

Tabla 2.3: Caracterización de residuos de demolición

VOLUMENES VIVIENDA UNIFAMILIAR				
MATERIA PRIMA	TOTAL MASA (KG)	COMPOSICIÓN (% MASA)	TOTAL RESIDUO (M3)	COMPOSICION (% VOLUMEN)
Tierra excavacion	135364,5	56,95	8,13	8,34
Arena	42.289,50	17,79	25,63	26,31
Grava	28.795,20	12,11	17,14	17,59
Ladrillo 6H	9.946,55	4,18	24,22	24,86
Cemento	12691,11	5,34	10,15	10,42
Yeso	2392,12	1,01	4,85	4,98
Teja cerámica	2696	1,13	4,72	4,84
Cerámica 32x32	3420,45	1,44	2,28	2,34
Clavos	76,7	0,03	0,23	0,24
Alambre	27,02	0,01	0,08	0,08
<b>TOTAL</b>	<b>237.699,15</b>	<b>100,00</b>	<b>97,43</b>	<b>100,00</b>

ITEM	TOTAL MASA (KG)	COMPOSICIÓN (% MASA)	TOTAL RESIDUO (M3)	COMPOSICION (% VOLUMEN)
LOSA	22310,75	44,70	7,315	38,21
PISO/CONTRAPISO	27604,5	55,30	11,8305	61,79
<b>TOTAL</b>	<b>49915,25</b>	<b>100,00</b>	<b>19,1455</b>	<b>100,00</b>

Fuente: Elaboración propia.

Según encuestas realizadas a operadores de maquinarias de carga y demolición, el volumen de los residuos aumenta en un 35% con respecto a los cálculos métricos de una infraestructura. Sin embargo, de acuerdo a revisión bibliográfica según “Rehabilitación y mantenimiento de edificios” de Pascual Úbeda de Mingo, la Tierra suelta excavación puede llegar a aumentar en un 35% y 30% para los demás materiales.

**Tabla 2.4: Volumen de Residuos Calculados según Diseño**

<b>MATERIAL</b>	<b>VOLUMEN MATERIALES (m<sup>3</sup>)</b>	<b>INCREMENTO VOLUMEN (m<sup>3</sup>)</b>	<b>VOLUMEN TOTAL GENERADO (m<sup>3</sup>)</b>
Tierra de Excavación	8,34	2,92	11,26
Arena	25,31	7,59	32,90
Grava	17,59	5,28	22,87
Cemento	10,15	3,05	13,20
Ladrillos	24,86	7,46	32,32
Tejas	4,84	1,45	6,29
Cerámicos	2,34	0,70	3,04
Yeso	4,98	1,49	6,47
Losa	7,31	2,19	9,50
Piso/Contrapiso	11,83	3,55	15,38
Madera	2,28	0,68	2,96
Otros	0,31	0,09	0,40
<b>TOTAL</b>	<b>120,14</b>	<b>36,46</b>	<b>156,60</b>

Fuente: Elaboración propia.

**b. Según actividades de demolición y transporte de Residuos.**

Para determinar la generación de Residuos de Demolición, se realizaron en principio labores manuales de retiro de tejas y cerchas, puertas y ventanas de madera, accesorios de grifería en baños y cocina, además de los accesorios y dispositivos eléctricos. El segundo paso, fue la demolición controlada por plantas con la ayuda de maquinaria pesada, siendo utilizada una retroexcavadora ideal para trabajos en espacios reducidos, que mediante el uso del balde o cucharón se inició destruyendo y derrumbando la estructura de la casa, así mismo acumulando los escombros en un área determinada.

Una vez alcanzado un volumen considerable de escombros, estos fueron cargados con la misma retroexcavadora a tractocamiones o volquetas para traslados de escombros hasta lugares de disposición final en la ciudad de Sucre, esta acción fue realizada en repetidas veces hasta eliminar todos los residuos a causa de la demolición.

Para el proceso de demolición y traslado de escombros, se utilizaron volquetas de diferentes capacidades de carga siendo 2, 4, 6 y 8 cubos (m<sup>3</sup>). Así mismo se hizo la contabilización de las mismas durante las horas de trabajo en el lapso de 3 días, además se tuvo la asistencia del operador de la maquinaria que coadyuvo en la contabilización y registro.

**Tabla 2.5: Cantidad de Vehículos utilizados en Transporte de RCD**

Fecha	N° Volqueta 2 (m <sup>3</sup> )	N° Volqueta 4 (m <sup>3</sup> )	N° Volqueta 6 (m <sup>3</sup> )	N° Volqueta 8 (m <sup>3</sup> )
23/06/21	0	0	2	6
24/06/21	0	0	5	6
30/06/21	2	3	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>7</b>	<b>12</b>

Fuente: Elaboración propia.

Cálculo.

- 2 Volquetas de 2 cubos (m<sup>3</sup>) = 4 m<sup>3</sup>.
- 3 Volquetas de 4 cubos (m<sup>3</sup>) = 12 m<sup>3</sup>.
- 7 Volquetas de 6 cubos (m<sup>3</sup>) = 42 m<sup>3</sup>
- 12 Volquetas de 8 cubos (m<sup>3</sup>) = 96 m<sup>3</sup>.

**Tabla 2.4: Volumen de Residuos Generados en Demolición**

MATERIAL	VOLUMEN RESIDUO GENERADO (m <sup>3</sup> )
Tierra de Excavación	16
Hormigón	83
Ladrillos, tejas, cerámicos	38
Yeso	9
Madera	5
Otros	3
<b>TOTAL</b>	<b>154</b>

Fuente: Elaboración propia.

**c. Cálculo de factor de esponjamiento y porcentaje de esponjamiento.**

A pesar de la revisión bibliográfica y las encuestas realizadas a operadores de maquinarias de carga y demolición, donde volumen de los residuos aumenta en un 30% a 35% con respecto a los cómputos métricos de una infraestructura, se decidió determinar el factor de esponjamiento para la infraestructura ya demolida, realizando la relación del porcentaje de esponjamiento  $S_w$ , que expresa el tanto por ciento (%) entre el incremento de volumen de los residuos demolidos y el de los materiales de construcción de la casa.

$$F_w = \frac{V_B}{V_L}$$

$$F_w = \frac{120,14}{154}$$

$$F_w = 0,78$$

$$S_w = \frac{V_L - V_B}{V_B} * 100$$

$$S_w = \frac{154 - 120,14}{120,14} * 100$$

$$S_w = 28,18$$

Se determinó que el porcentaje de esponjamiento para la demolición de la infraestructura seleccionada es de 28,18%, siendo este porcentaje el incremento del volumen en cada uno de los residuos de materiales.

### **Tasa de generación específica.**

Una vez obtenidos los resultados del total de residuos generados en la actividad de la demolición, tanto en porcentaje de masa (kg), y porcentaje volumétrico (m<sup>3</sup>), se procede al cálculo de la tasa de generación específica descrita a continuación:

$$Tasa\ de\ generación\ específica = \frac{Masa\ Kg\ ó\ Volumen\ m^3}{Superficie\ m^2}$$

Siendo los residuos de la demolición equivalentes a 287.614,4 Kg y 154 m<sup>3</sup>, con una construcción efectiva de 188 m<sup>2</sup>.

$$Tasa\ de\ generación\ específica = \frac{287.614,4\ Kg}{188\ m^2}$$

$$Tasa\ de\ generación\ específica\ de\ Masa = 1.529,86\ Kg/m^2$$

$$\text{Tasa de generación específica} = \frac{154 \text{ m}^3}{188 \text{ m}^2}$$

$$\text{Tasa de generación específica de Masa} = 0,819 \text{ m}^3/\text{m}^2$$

## **2.2. CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS DE DEMOLICIÓN EN ÁREAS SELECCIONADAS.**

La caracterización de la generación de residuos de Construcción y Demolición en áreas definidas, según la información obtenida por la Dirección de Ordenamiento Territorial del Gobierno Autónomo Municipal de Sucre para la disposición final de RCD, consistió en la selección de 3 sitios al azar por cada nivel de urbanización (Zona Central, Zona Residencial y Zona periférica), haciendo un total de 9 sitios de muestreo. Se consideró la generación de residuos durante el descargúo de volquetas con Residuos de Demolición.

Una vez seleccionados los sitios representativos en el municipio de Sucre, se procedió a realizar muestreos de los RCD durante un período de tiempo específico, siendo éste de 3 horas por la mañana y 3 horas por la tarde en cada sitio seleccionado, durante 9 días. Se caracterizó los materiales presentes en los escombros descargados, realizando un análisis visual e identificando los diferentes tipos de materiales presentes.

Por otro lado, se realizaron 15 encuestas y 15 entrevistas entre operadores de maquinaria pesada y contratistas de obras; asimismo se hizo la observación directa a las volquetas que se encargaban de la recolección y disposición final de Residuos de Construcción y Demolición.

Igualmente, se realizó la delimitación de todas las áreas seleccionadas para determinar la superficie de las mismas. Por medio de los datos de relieve obtenidos mediante imágenes satelitales de cada área, se pudo establecer el perfil de elevación del terreno, lo que permitió evaluar cada buzón o escombrera con respecto al volumen máximo que pueden llegar a contener y el proceso de disminución de su vida útil.

### 2.2.1. Buzón Cementerio.



Muestreo durante 4 horas:

Turno	N° Volqueta 2 (m <sup>3</sup> )	N° Volqueta 4 (m <sup>3</sup> )	N° Volqueta 6 (m <sup>3</sup> )	N° Volqueta 8 (m <sup>3</sup> )
Mañana	4	2	3	3
Tarde	1	2	1	3

Cálculo:

- 5 Volquetas de 2 cubos (m<sup>3</sup>) = 10 m<sup>3</sup>.
- 4 Volquetas de 4 cubos (m<sup>3</sup>) = 16 m<sup>3</sup>.
- 4 Volquetas de 6 cubos (m<sup>3</sup>) = 24 m<sup>3</sup>.
- 6 Volquetas de 8 cubos (m<sup>3</sup>) = 48 m<sup>3</sup>.

MATERIAL	PORCENTAJE DE RESIDUO (%)	VOLUMEN RESIDUO GENERADO (m <sup>3</sup> )
Tierra de Excavación	29	28,42
Hormigón	46	45,08
Ladrillos, tejas, cerámicos	17	16,66
Yeso	4	3,92
Madera	3	2,94
Otros	1	0,98
<b>TOTAL</b>	<b>100</b>	<b>98</b>

### **Vida útil del Buzón.**

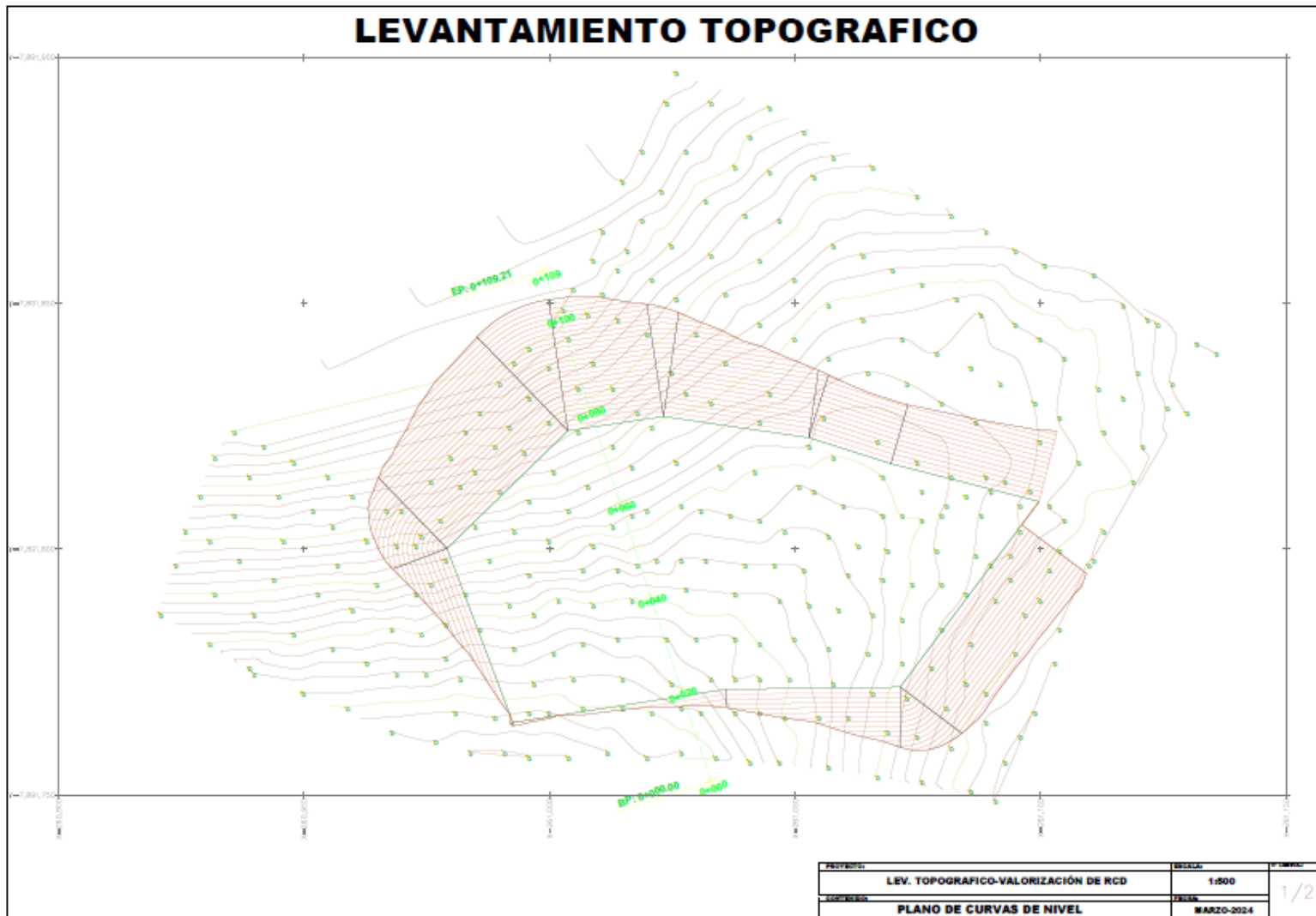
Para conocer la vida útil del buzón, debemos establecer la capacidad máxima del volumen de RCD que puede llegar a contener el mismo de acuerdo a sus dimensiones topográficas. Para lo cual y con fines académicos, se realiza un levantamiento digital por medio de la aplicación de información geográfica Google Earth, que muestra las áreas de trabajo de manera virtual y permite visualizar la cartografía basado en imágenes satelitales.

Para ello en principio, se ha delimitado la zona y según las condiciones de la misma, se ha determinado los lugares donde se marcan los puntos de georreferenciación para poder hacer el barrido de todo el levantamiento. El levantamiento se ha realizado marcando puntos en toda la zona, tanto en curvas, pendientes, como en línea recta del terreno. La aplicación del Google Earth, viene incorporada con una herramienta que permite visualizar el perfil de elevación que presenta la zona.

Una vez determinado los puntos topográficos de trabajo, se ha realizado el procesamiento de los mismos exportándolos al programa Civil 3D lo que ha generado las curvas de nivel del terreno. Finalmente se realizó un alineamiento de las secciones, lo que permitió establecer el volumen total de carga del terreno delimitado.

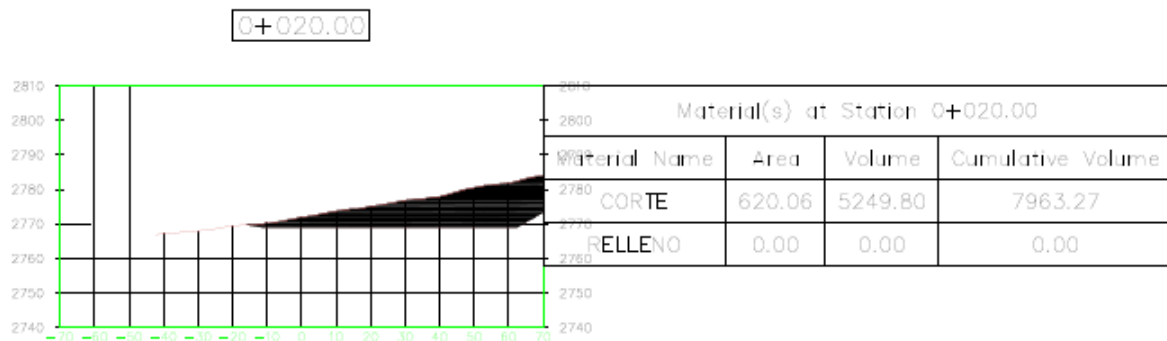
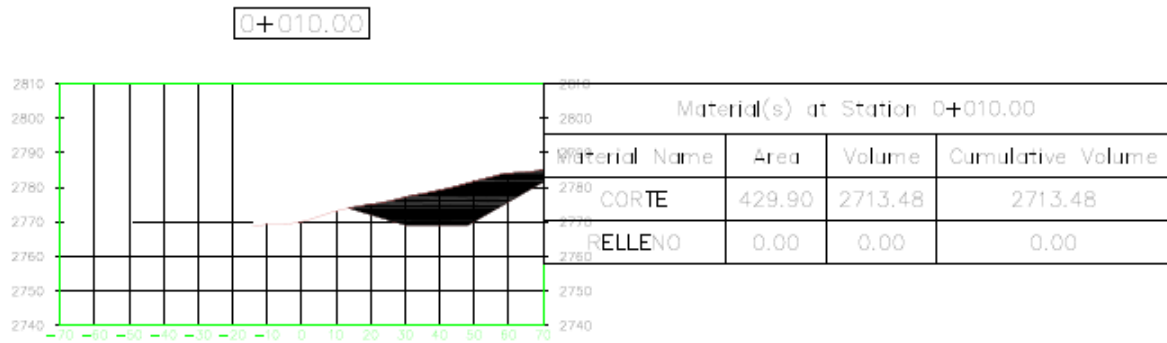
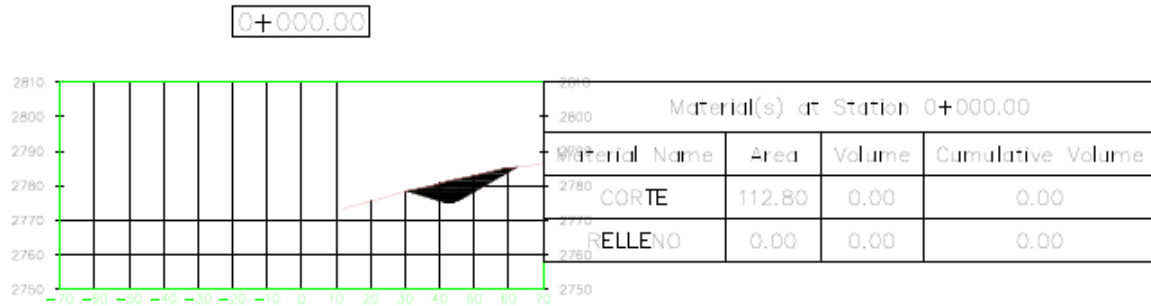


Imagen 2.4: Perfil de Elevación del terreno

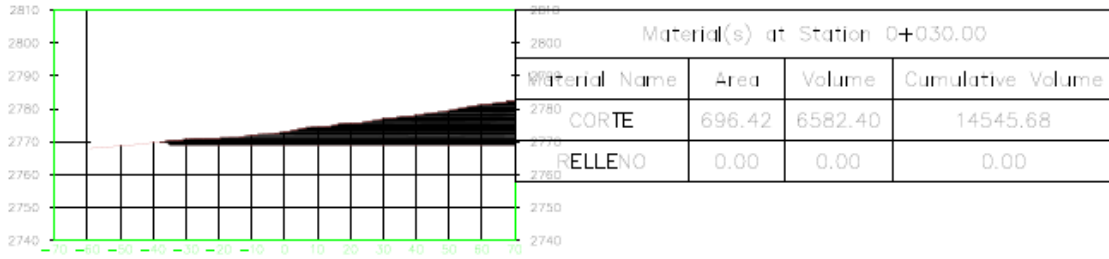


Fuente: Elaboración propia por Civil 3D

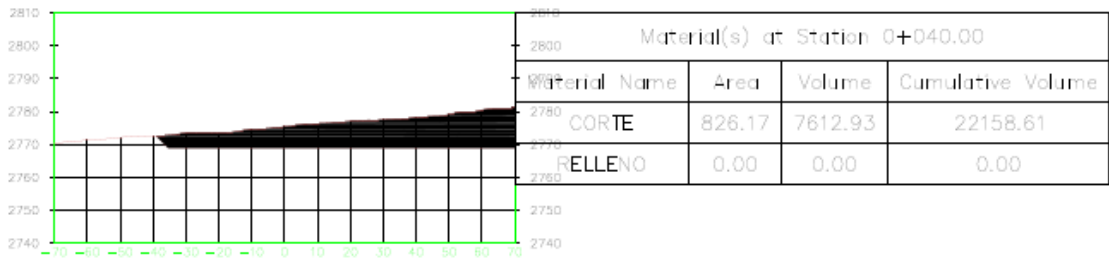
**Tabla 2.5: Cálculo de Curvas de Nivel y Capacidad de Carga**



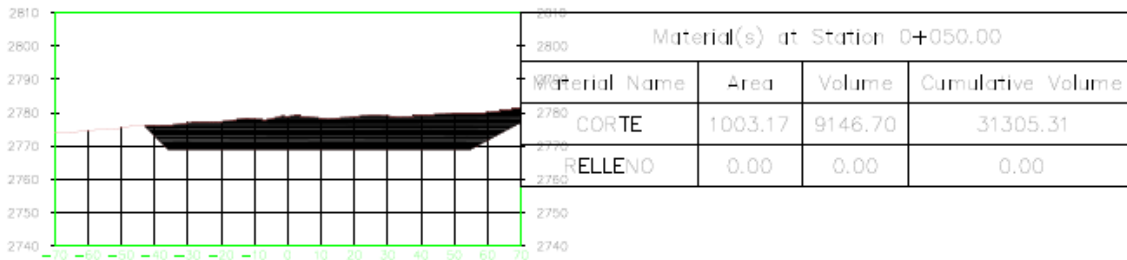
0+030.00



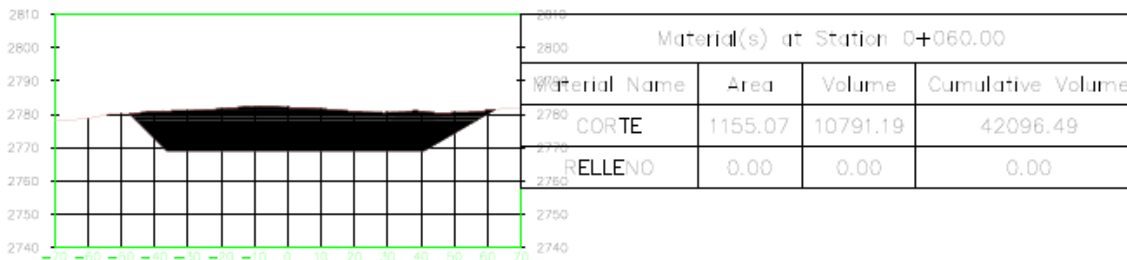
0+040.00



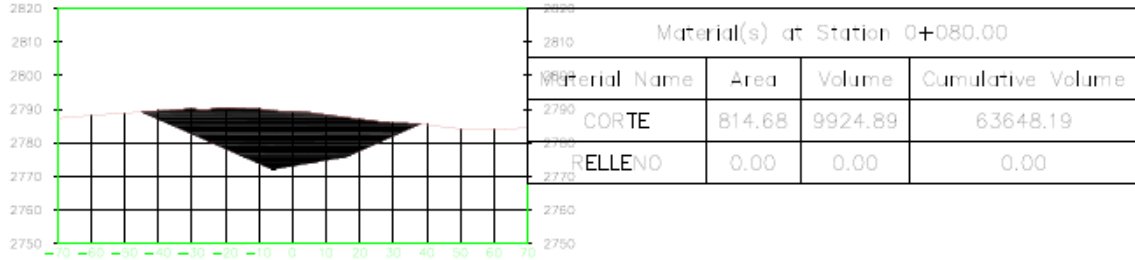
0+050.00



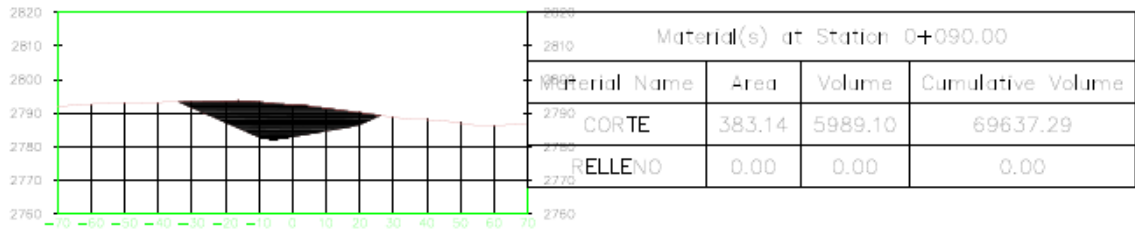
0+060.00



0+080.00



0+090.00



Total Volume Table						
Station	Fill Area	Cut Area	Fill Volume	Cut Volume	Cumulative Fill Vol	Cumulative Cut Vol
0+000.00	0.00	112.80	0.00	0.00	0.00	0.00
0+010.00	0.00	429.90	0.00	2713.48	0.00	2713.48
0+020.00	0.00	620.06	0.00	5249.80	0.00	7963.27
0+030.00	0.00	696.42	0.00	6582.40	0.00	14545.68
0+040.00	0.00	826.17	0.00	7612.93	0.00	22158.61
0+050.00	0.00	1003.17	0.00	9146.70	0.00	31305.31
0+060.00	0.00	1155.07	0.00	10791.19	0.00	42096.49
0+070.00	0.00	1170.29	0.00	11626.81	0.00	53723.30
0+080.00	0.00	814.68	0.00	9924.89	0.00	63648.19
0+090.00	0.00	383.14	0.00	5989.10	0.00	69637.29
0+100.00	0.00	61.02	0.00	2220.80	0.00	71858.09

Fuente: Elaboración propia por Civil 3D

**Tabla 2.6: Capacidad Total de Carga**

Área Total (m <sup>2</sup> )	Área Efectiva (m <sup>2</sup> )	Capacidad Total (m <sup>3</sup> )
8.916	3.953	71.858,09

Fuente: Elaboración propia

### 2.2.2. Buzón Osvaldo Molina.



Muestreo durante 4 horas:

Turno	N° Volqueta 2 (m <sup>3</sup> )	N° Volqueta 4 (m <sup>3</sup> )	N° Volqueta 6 (m <sup>3</sup> )	N° Volqueta 8 (m <sup>3</sup> )
Mañana	3	1	1	2
Tarde	1	1	0	0

Cálculo.

- 4 Volquetas de 2 cubos (m<sup>3</sup>) = 8 m<sup>3</sup>.
- 2 Volquetas de 4 cubos (m<sup>3</sup>) = 8 m<sup>3</sup>.
- 1 Volquetas de 6 cubos (m<sup>3</sup>) = 6 m<sup>3</sup>.
- 2 Volquetas de 8 cubos (m<sup>3</sup>) = 16 m<sup>3</sup>.

MATERIAL	PORCENTAJE DE RESIDUO (%)	VOLUMEN RESIDUO GENERADO (m <sup>3</sup> )
Tierra de Excavación	34	12,92
Hormigón	31	11,78
Ladrillos, tejas, cerámicos	30	11,4
Yeso	2	0,76
Madera	2	0,76
Otros	1	0,38
<b>TOTAL</b>	<b>100</b>	<b>38</b>

### 2.2.3. Buzón Makiber.



Muestreo durante 4 horas:

Turno	N° Volqueta 2 (m <sup>3</sup> )	N° Volqueta 4 (m <sup>3</sup> )	N° Volqueta 6 (m <sup>3</sup> )	N° Volqueta 8 (m <sup>3</sup> )
Mañana	0	2	2	3
Tarde	1	2	3	2

Cálculo.

- 1 Volqueta de 2 cubos (m<sup>3</sup>) = 2 m<sup>3</sup>.
- 4 Volquetas de 4 cubos (m<sup>3</sup>) = 16 m<sup>3</sup>.
- 5 Volquetas de 6 cubos (m<sup>3</sup>) = 30 m<sup>3</sup>.

- 5 Volquetas de 8 cubos (m<sup>3</sup>) = 40 m<sup>3</sup>.

MATERIAL	PORCENTAJE DE RESIDUO (%)	VOLUMEN RESIDUO GENERADO (m <sup>3</sup> )
Tierra de Excavación	42	36,96
Hormigón	31	27,28
Ladrillos, tejas, cerámicos	17	14,96
Yeso	5	4,4
Madera	3	2,64
Otros	2	1,76
<b>TOTAL</b>	<b>100</b>	<b>88</b>

### 2.1.1. Buzón Mirador.



Muestreo durante 4 horas:

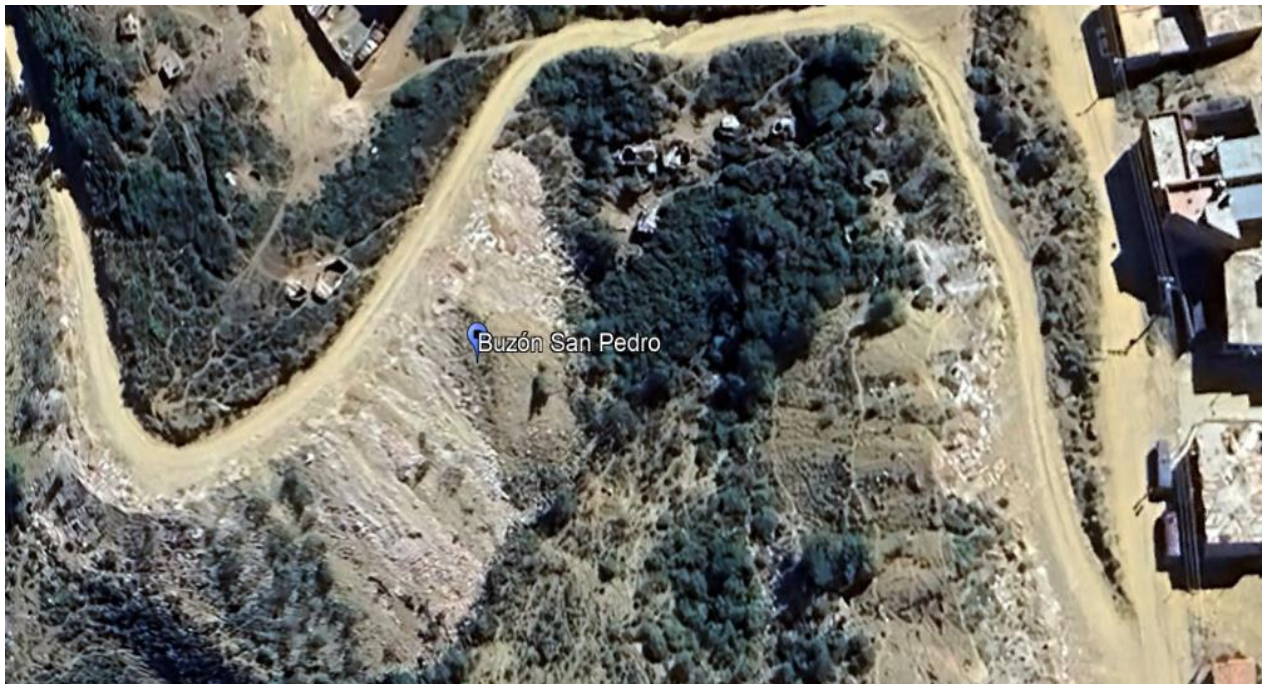
Turno	N° Volqueta 2 (m <sup>3</sup> )	N° Volqueta 4 (m <sup>3</sup> )	N° Volqueta 6 (m <sup>3</sup> )	N° Volqueta 8 (m <sup>3</sup> )
Mañana	2	2	0	0
Tarde	1	0	0	0

Cálculo.

- 3 Volquetas de 2 cubos ( $m^3$ ) = 6  $m^3$ .
- 2 Volquetas de 4 cubos ( $m^3$ ) = 8  $m^3$ .
- 0 Volquetas de 6 cubos ( $m^3$ ) = 0  $m^3$ .
- 0 Volquetas de 8 cubos ( $m^3$ ) = 0  $m^3$ .

MATERIAL	PORCENTAJE DE RESIDUO (%)	VOLUMEN RESIDUO GENERADO ( $m^3$ )
Tierra de Excavación	48	6,72
Hormigón	21	2,94
Ladrillos, tejas, cerámicos	25	3,5
Yeso	2	0,28
Madera	1	0,14
Otros	3	0,42
<b>TOTAL</b>	<b>100</b>	<b>14</b>

### 2.1.1. Buzón San Pedro.



Muestreo durante 4 horas:

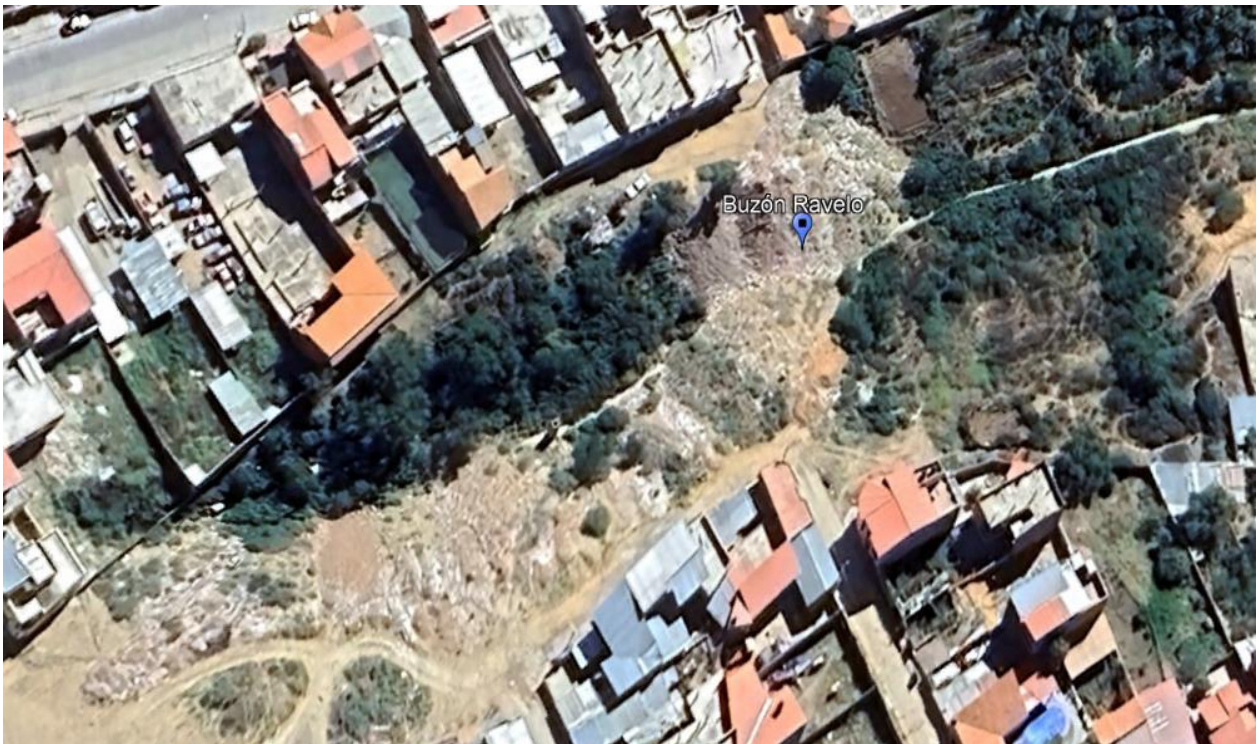
Turno	N° Volqueta 2 ( $m^3$ )	N° Volqueta 4 ( $m^3$ )	N° Volqueta 6 ( $m^3$ )	N° Volqueta 8 ( $m^3$ )
Mañana	1	2	0	0
Tarde	1	1	1	0

Cálculo.

- 2 Volquetas de 2 cubos (m<sup>3</sup>) = 4 m<sup>3</sup>.
- 3 Volquetas de 4 cubos (m<sup>3</sup>) = 12 m<sup>3</sup>.
- 1 Volquetas de 6 cubos (m<sup>3</sup>) = 6 m<sup>3</sup>.
- 0 Volquetas de 8 cubos (m<sup>3</sup>) = 0 m<sup>3</sup>.

MATERIAL	PORCENTAJE DE RESIDUO (%)	VOLUMEN RESIDUO GENERADO (m <sup>3</sup> )
Tierra de Excavación	37	8,14
Hormigón	19	4,18
Ladrillos, tejas, cerámicos	26	5,72
Yeso	11	2,42
Madera	1	0,22
Otros	6	1,32
<b>TOTAL</b>	<b>100</b>	<b>22</b>

### 2.1.2. Buzón Ravelo.



Muestreo durante 4 horas:

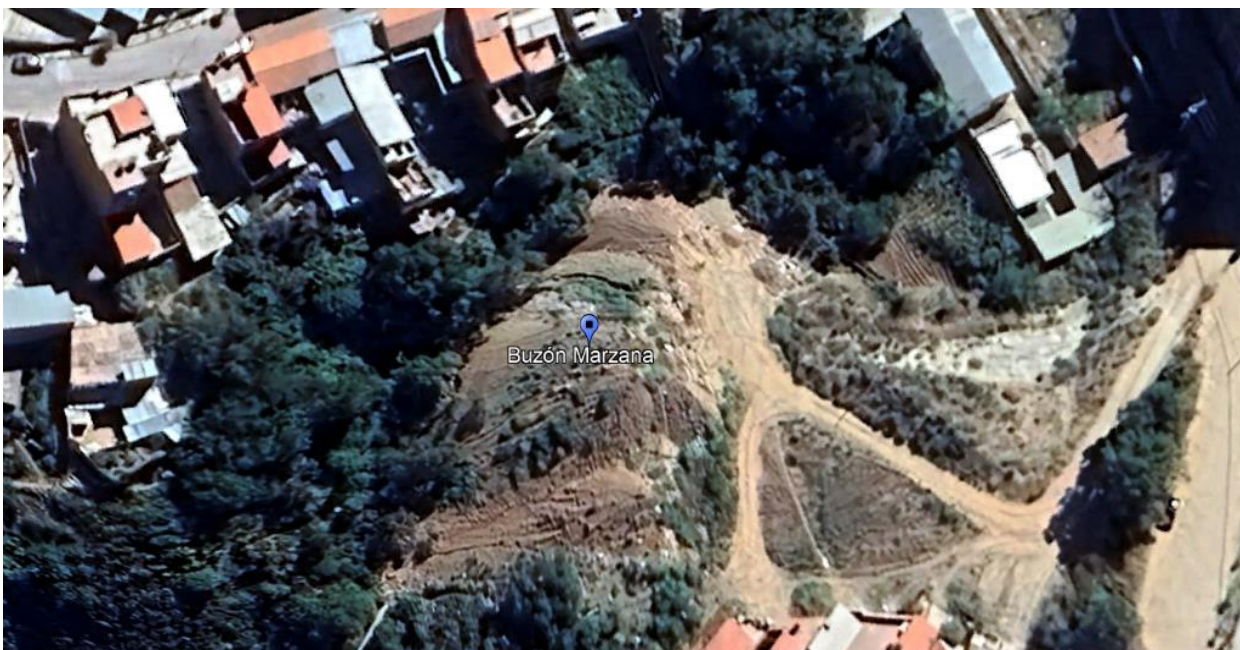
Turno	N° Volqueta 2 (m <sup>3</sup> )	N° Volqueta 4 (m <sup>3</sup> )	N° Volqueta 6 (m <sup>3</sup> )	N° Volqueta 8 (m <sup>3</sup> )
Mañana	2	1	1	0
Tarde	1	0	0	0

Cálculo.

- 3 Volquetas de 2 cubos (m<sup>3</sup>) = 6 m<sup>3</sup>.
- 1 Volquetas de 4 cubos (m<sup>3</sup>) = 4 m<sup>3</sup>.
- 1 Volquetas de 6 cubos (m<sup>3</sup>) = 6m<sup>3</sup>.
- 0 Volquetas de 8 cubos (m<sup>3</sup>) = 0 m<sup>3</sup>.

MATERIAL	PORCENTAJE DE RESIDUO (%)	VOLUMEN RESIDUO GENERADO (m <sup>3</sup> )
Tierra de Excavación	49	7,84
Hormigón	21	3,36
Ladrillos, tejas, cerámicos	14	2,24
Yeso	5	0,8
Madera	0	0
Otros	11	1,76
<b>TOTAL</b>	<b>100</b>	<b>16</b>

### 2.1.3. Buzón Marzana.



Muestreo durante 4 horas:

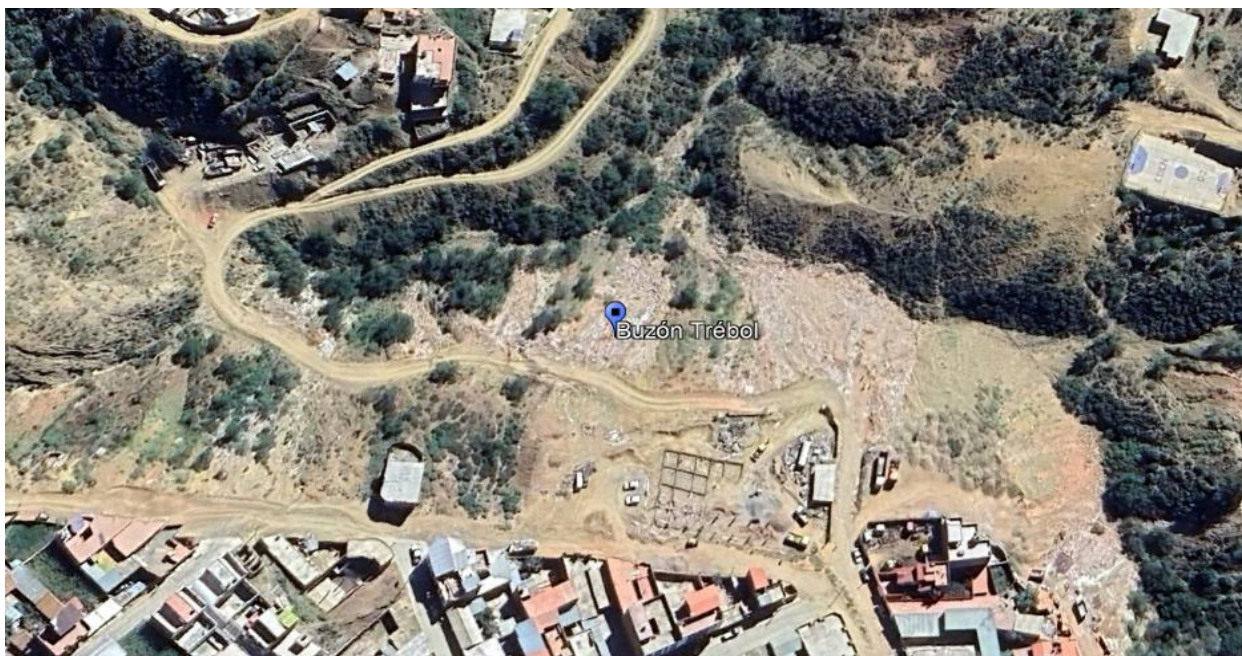
Turno	N° Volqueta 2 (m <sup>3</sup> )	N° Volqueta 4 (m <sup>3</sup> )	N° Volqueta 6 (m <sup>3</sup> )	N° Volqueta 8 (m <sup>3</sup> )
Mañana	1	2	0	0
Tarde	1	1	0	0

Cálculo.

- 2 Volquetas de 2 cubos (m<sup>3</sup>) = 4 m<sup>3</sup>.
- 3 Volquetas de 4 cubos (m<sup>3</sup>) = 12 m<sup>3</sup>.
- 0 Volquetas de 6 cubos (m<sup>3</sup>) = 0 m<sup>3</sup>.
- 0 Volquetas de 8 cubos (m<sup>3</sup>) = 0 m<sup>3</sup>.

MATERIAL	PORCENTAJE DE RESIDUO (%)	VOLUMEN RESIDUO GENERADO (m <sup>3</sup> )
Tierra de Excavación	27	4,32
Hormigón	39	6,24
Ladrillos, tejas, cerámicos	23	3,68
Yeso	8	1,28
Madera	0	0
Otros	3	0,48
<b>TOTAL</b>	<b>100</b>	<b>16</b>

#### 2.1.4. Buzón Trébol.



Muestreo durante 4 horas:

Turno	N° Volqueta 2 (m <sup>3</sup> )	N° Volqueta 4 (m <sup>3</sup> )	N° Volqueta 6 (m <sup>3</sup> )	N° Volqueta 8 (m <sup>3</sup> )
Mañana	3	4	1	0
Tarde	2	2	0	0

Cálculo.

- 5 Volquetas de 2 cubos (m<sup>3</sup>) = 10 m<sup>3</sup>.
- 6 Volquetas de 4 cubos (m<sup>3</sup>) = 24 m<sup>3</sup>.
- 1 Volquetas de 6 cubos (m<sup>3</sup>) = 6 m<sup>3</sup>.
- 0 Volquetas de 8 cubos (m<sup>3</sup>) = 0 m<sup>3</sup>.

MATERIAL	PORCENTAJE DE RESIDUO (%)	VOLUMEN RESIDUO GENERADO (m <sup>3</sup> )
Tierra de Excavación	37	14,8
Hormigón	17	6,8
Ladrillos, tejas, cerámicos	29	11,6
Yeso	3	1,2
Madera	2	0,8
Otros	12	4,8
<b>TOTAL</b>	100	<b>40</b>

### 2.1.5. Buzón Patacón 1.



Muestreo durante 4 horas:

Turno	Nº Volqueta 2 (m <sup>3</sup> )	Nº Volqueta 4 (m <sup>3</sup> )	Nº Volqueta 6 (m <sup>3</sup> )	Nº Volqueta 8 (m <sup>3</sup> )
Mañana	1	2	2	3
Tarde	1	1	1	5

Cálculo.

- 2 Volquetas de 2 cubos (m<sup>3</sup>) = 4 m<sup>3</sup>.
- 3 Volquetas de 4 cubos (m<sup>3</sup>) = 12 m<sup>3</sup>.
- 3 Volquetas de 6 cubos (m<sup>3</sup>) = 18 m<sup>3</sup>.
- 8 Volquetas de 8 cubos (m<sup>3</sup>) = 64 m<sup>3</sup>.

MATERIAL	PORCENTAJE DE RESIDUO (%)	VOLUMEN RESIDUO GENERADO (m <sup>3</sup> )
Tierra de Excavación	24	23,52
Hormigón	33	32,34
Ladrillos, tejas, cerámicos	29	28,42
Yeso	11	10,78
Madera	0	0
Otros	3	2,94
<b>TOTAL</b>	<b>100</b>	<b>98</b>

#### 2.1.6. Buzón Patacón 2.



Muestreo durante 4 horas:

Turno	N° Volqueta 2 (m <sup>3</sup> )	N° Volqueta 4 (m <sup>3</sup> )	N° Volqueta 6 (m <sup>3</sup> )	N° Volqueta 8 (m <sup>3</sup> )
Mañana	0	1	1	0
Tarde	0	0	0	0

Cálculo.

- 0 Volquetas de 2 cubos (m<sup>3</sup>) = 0 m<sup>3</sup>.
- 1 Volquetas de 4 cubos (m<sup>3</sup>) = 4 m<sup>3</sup>.
- 1 Volquetas de 6 cubos (m<sup>3</sup>) = 6 m<sup>3</sup>.
- 0 Volquetas de 8 cubos (m<sup>3</sup>) = 0 m<sup>3</sup>.

MATERIAL	PORCENTAJE DE RESIDUO (%)	VOLUMEN RESIDUO GENERADO (m <sup>3</sup> )
Tierra de Excavación	29	2,9
Hormigón	40	4
Ladrillos, tejas, cerámicos	21	2,1
Yeso	7	0,7
Madera	2	0,2
Otros	1	0,1
<b>TOTAL</b>	<b>100</b>	<b>10</b>

### 2.1.7. Análisis de las zonas estudiadas.

Muestreo durante 9 días:

**Tabla 2.7: Volumen generado en los Buzones**

UBICACIÓN	VOLUMEN RESIDUO GENERADO (m <sup>3</sup> )
Buzón Cementerio	98
Buzón Osvaldo Molina	38
Buzón Makiber	88
Buzón Mirador	14
Buzón San Pedro	22
Buzón Ravelo	16
Buzón Marzana	16
Buzón Trébol	40
Buzón Patacón 1	98
Buzón Patacón 2	10
<b>TOTAL</b>	<b>440</b>

Fuente: Elaboración propia

Cálculo.

Para determinar el porcentaje de generación y volumen de RCD, se decidió calcular la media aritmética del volumen registrado diferenciando los residuos de materiales en cada sitio de

evaluación, así poder establecer una caracterización y valoración aproximada de los Residuos de Construcción y Demolición en la ciudad de Sucre.

**Tabla 2.7: Residuos generados en los Buzones**

<b>MATERIAL</b>	<b>€ VOLUMEN GENERADO (m<sup>3</sup>)</b>	<b>MEDIA VOLUMEN GENERADO (m<sup>3</sup>)</b>	<b>PORCENTAJE DE RESIDUO (%)</b>
Tierra de Excavación	146,54	14,7	33,3
Hormigón	144	14,4	32,7
Ladrillos, tejas, cerámicos	100,28	10,0	22,8
Yeso	26,54	2,7	6,0
Madera	7,7	0,8	1,8
Otros	14,94	1,5	3,4
<b>TOTAL</b>	<b>440</b>	<b>44</b>	<b>100</b>

Fuente: Elaboración propia

## **2.2. CARACTERIZACIÓN DE RCD SEGÚN ENCUESTAS.**

Dentro de las empresas privadas transportadoras de escombros que fueron entrevistadas y encuestadas para el desarrollo de este trabajo se encuentran: Agregados Oliva, Empresa Makiber, Empresa Brahma, Empresa Geinlog.

Durante el desarrollo de la investigación, se tuvo un acercamiento y la oportunidad de entrevistarse con la comisión de la Secretaría de Obras Públicas, siendo un funcionario de la misma. Se pudo obtener la información de manera formal, otorgándose documentación sobre lugares apropiados destinados para el depósito de escombros y/o materiales de construcción dentro de la ciudad.

En relación a los responsables y operadores de constructoras privadas, hubo cierto desinterés en responder a las encuestas por parte de algunas de ellas, solo respondieron algunas preguntas y se realizó la observación en el sitio de disposición final, logrando tener registro fotográfico.

En total se hicieron 15 encuestas y 15 entrevistas, se realizó la observación directa a las volquetas que realizaban la disposición de escombros y a transportadores no autorizados en las en las diferentes zonas donde previamente se habían identificado los buzones para disposición de RCD, como ser: Lajastambo, Barrio Patacón, Barrio Max Toledo y Horno K'asa.

- El diagnóstico preliminar de la disposición de residuos de construcción y demolición en la ciudad de Sucre, el cual se realizó bajo un método de investigación social basado en la aplicación de encuestas y material fotográfico, evidenció que en la fase de generación de RCD durante un tiempo determinado (3 horas por la mañana y 3 horas por la tarde, durante 9 días) en las zonas designadas como buzones, la generación de residuos de construcción y escombros fue de 440 metros cúbicos ( $m^3$ ), no obstante la cantidad que se produce de RCD en la ciudad varía de acuerdo a las temporadas altas de construcción y obras de infraestructura que estén proyectadas y al momento de inicio o finalización de las mismas.
- La generación de residuos de construcción y demolición en la ciudad de Sucre se clasifica tanto para los grandes generadores y los pequeños generadores dentro del sector privado y sector público. Los resultados de esta investigación se centraron en el sector privado, comprobando que la generación de escombros reportada por las constructoras encuestadas, en un 67% fue menor a 500 metros cúbicos ( $m^3$ ) durante el mes de Junio de 2021; sin embargo la cantidad que se produce de RCD varían de acuerdo a las obras de infraestructura que estén proyectadas y al momento de inicio o finalización de las mismas. Se puede ver estos resultados a detalle, en las gráficas de la encuesta N° 1 del Anexo 3.
- El tipo de RCD que se dispusieron en 10 buzones que se observaron y encuestaron en las zonas de Lajastambo, Barrio Patacón, Barrio Max Toledo y Horno K'asa, evidenciaron que el material predominante es material de albañilería y/o construcción (hormigón, ladrillo, cerámica, tejas, madera), seguidos por residuos de excavación los cuales no se aprovechan, solo se disponen en los vertederos o escombreras.
- En relación al manejo de los RCD que se generan actualmente dentro del sector privado, un 65% de la población encuestada afirma que los escombros no tienen ningún tipo de aprovechamiento, aunque los actores involucrados no conocen la existencia de una normativa ambiental en esta área, tampoco están seguros y/o desconocen cómo debe hacerse su aplicación. Se puede ver estos resultados a detalle, en las gráficas de la encuesta N° 3 del Anexo 3.

- De las opciones de Manejo de los RCD, la revalorización a través de la reutilización y el reciclaje, son las alternativas a las que menos aplican los actores involucrados durante la disposición final. Se puede ver estos resultados a detalle, en las gráficas de la encuesta N° 3 del Anexo 3.
- Respecto al transporte de los residuos de construcción y demolición generados en obras privadas, se realiza en su mayoría por empresas subcontratadas para disposición y transporte de escombros, las cuales cuentan con vehículos adecuados para el transporte de este tipo de RCD. Después de observar en los diferentes buzones de las zonas de Sucre, se pudo evidenciar que la mayoría son volquetas de diferentes capacidades volumétricas que tiene el contenedor encima de la carrocería y no han sido modificados. Sin embargo, ninguna cubre la carga con un plástico para evitar la dispersión de partículas sólidas durante su recorrido. Es de anotar que la observación se hizo en horas del día.
- La observación realizada en diferentes zonas de la ciudad, permitió evidenciar notablemente como son abandonados los RCD en lugares clandestinos o no autorizados como quebradas, rellenos, espacios públicos y vías. Asimismo, en cercanías a lugares con amplía vegetación; esto puede deberse en gran parte a la falta y capacidad técnica de los vertederos o escombreras legales en la ciudad y a los elevados costos que genera llevarlos o disponerlos en escombreras en zonas alejadas de la ciudad.
- Según los datos recopilados, el Buzón de la zona del Cementerio Barrio Max Toledo, tendría una capacidad total de disposición de 80.000 m<sup>3</sup> mientras que el Buzón de la zona de Lajastambo cuenta con una capacidad estimada de 100.000 m<sup>3</sup>. Los resultados de las encuestas aplicadas a los generadores de escombros a la pregunta ¿cuántos lugares oficiales conoce para la disposición final de los escombros? el 20% de ellos reconoce los dos buzones autorizados que se encuentran en Sucre, mientras que el 40% dijo que solo reconocía uno de los Buzones. Se puede ver estos resultados a detalle, en las gráficas de la encuesta N° 4 del Anexo 3.

- Es importante aclarar que muchos de los conductores de volquetas no tienen claridad en relación a la diferencia entre lo que es un vertedero o escombrera y una cantera, el desconocimiento de la terminología utilizada para estos sitios de disposición genera que algunos de ellos se refieran a los sitios de disposición como canteras.
- A la pregunta ¿cuáles son los sitios autorizados para disposición de RCD en el municipio de Sucre? Los resultados mostraron que el 66% de las personas encuestadas reconoce a la zona del Cementerio Barrio Max Toledo como el vertedero autorizado, esto se debe según el Gobierno Autónomo Municipal a que la mayor parte de la disposición de los RCD de Sucre se hace en este predio debido a su capacidad de carga. Se puede ver estos resultados a detalle, en las gráficas de la encuesta N° 5 del Anexo 3.
- A la pregunta ¿Cuál es la principal problemática ambiental asociada a los residuos de construcción y demolición (RCD) en Sucre? las personas encuestadas coincidieron con que la falta de aprovechamiento, reciclaje y la disposición final son la principal problemática. Según ellos para mitigar el impacto ambiental las entidades deberían crear o, actualizar y generar medidas de control y cumplimiento una normativa que regule estos problemas. Se puede ver estos resultados a detalle, en las gráficas de la encuesta N° 6 del Anexo 3.
- Para las personas encuestadas fue evidente y preocupante que en la ciudad de Sucre no existan lugares suficientes autorizados para la disposición de los RCD, ellos reconocen que en la ciudad existen sitios ilegales para la disposición final de los RCD y que son abandonados clandestinamente generando mayores impactos ambientales en la ciudad.
- En cuanto a la pregunta: ¿En materia de capacitación y sensibilización sobre la gestión ambiental de (RCD) en Sucre, ¿Cuál de las siguientes estrategias considera más efectivas para llegarle a los diferentes actores? Cuyas opciones eran:
  - ✓ Capacitaciones (diplomados, cursos, talleres)
  - ✓ Eventos Académicos (panel de expertos, congresos, seminarios, libros).
  - ✓ Entrega de material publicitario (folletos, afiches, plegables).
  - ✓ Cartillas educativas.

- ✓ Medios de comunicación masiva (programas de radio, televisión e internet)

La encuesta arrojó que las capacitaciones (28%) son la manera más eficaz de llegarle al actor involucrado, en segundo lugar los medios de comunicación masiva (24%) y en tercer lugar las cartillas educativas (18%). Se puede ver estos resultados a detalle, en las gráficas de la encuesta N° 7 del Anexo 3.

- En cuanto a la pregunta: ¿Conoce el término valorización de Escombros o RCD? o conoce alguna estrategia de este tipo para disposición final? Se obtuvo que, aunque el término es familiar para gran parte de la población encuestada no hace ni lleva a cabo ninguna actividad de valorización, ya sea reciclaje o reutilización. Informan que saben que es un deber de los generadores no propiciar mayores impactos ambientales y tratar de disminuir los residuos de escombros generados en obra, manifiestan que aun el tema en el gremio no ha cobrado mayor importancia y genera elevados costos de implementación si se hace de manera tecnificada. Se puede ver estos resultados a detalle, en las gráficas de la encuesta N° 8 del Anexo 3.
- Entre las causas de la problemática asociada a los RCD en Sucre se encuentran:
  - ✓ No existe normatividad que estimule generar menos residuos y valorizar aquellos que irremediablemente se generen para su reutilización o reciclaje.
  - ✓ Hay una deficiente planificación y control ambiental en cuanto a la generación y disposición de los RCD.
  - ✓ En Bolivia la industria de la construcción es netamente convencional por lo tanto no hay una gestión de residuos planificados desde el proyecto de las obras hasta la disposición final.
  - ✓ En el ámbito profesional la problemática radica en la falta de ética, actitud indiferente y conciencia ambiental por parte de generadores (constructores, ingenieros, arquitectos).

## **CAPÍTULO III**

### **PROPUESTA**

#### **3.1. REVALORIZACIÓN DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN EN LA CIUDAD DE SUCRE.**

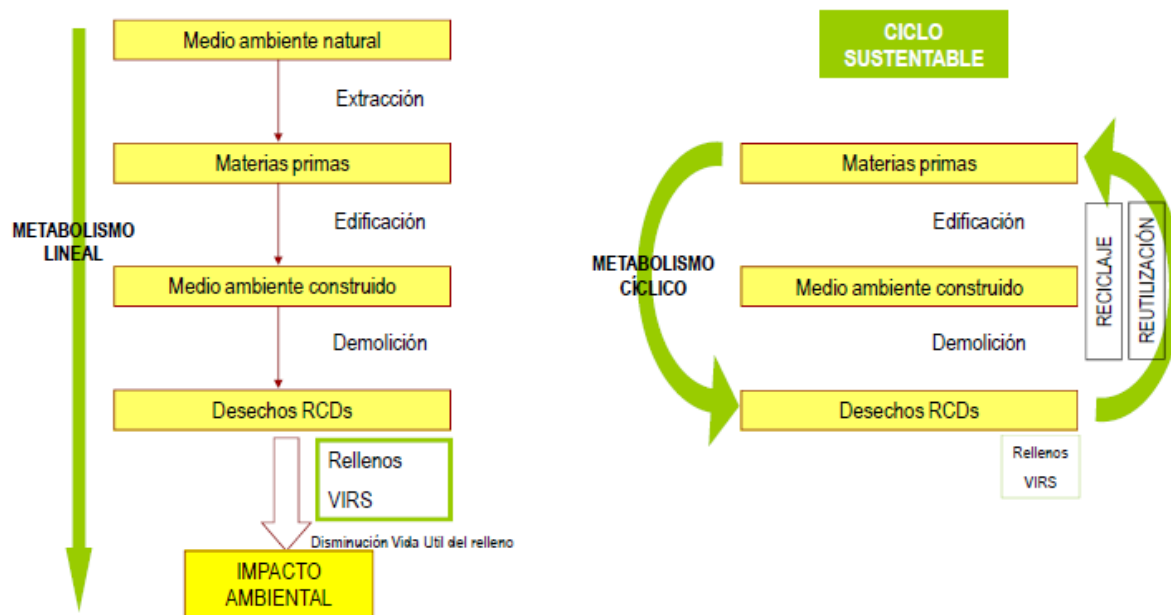
Recuperar los residuos de construcción y demolición (RCD) en la ciudad de Sucre, es crucial para abordar los desafíos ambientales y promover la sostenibilidad en el sector de la construcción.

Implementar una propuesta requerirá la colaboración activa entre el gobierno, el sector privado, la sociedad civil y la comunidad en general. Sin embargo, con un enfoque integral y medidas concretas, la ciudad de Sucre puede avanzar hacia una gestión más sostenible de los residuos de construcción y demolición.

Como se pudo revisar e identificar, la industria de la construcción en Sucre genera una gran cantidad de residuos de construcción y demolición (RCD), los cuales representan un problema ambiental y económico significativo. Estos residuos ocupan espacio en los vertederos, escombreras o buzones, ya sean legales o clandestinos, pero contaminan el suelo y el agua, y pueden ser peligrosos para la salud de la población.

En el análisis de alternativas para el destino final de los residuos de construcción y demolición, se prioriza estrategias que minimicen y reduzcan la generación de RCD en Sucre, promoviendo un enfoque de economía circular en el sector de la construcción, sin olvidar los costos de inversión y que minimicen los impactos ambientales.

**Imagen 3.1: Ciclo Actual y Propuesto en relación al medio construido y sus desechos**



Fuente: (Acosta ,2002)

### 3.1.1. Posibilidades de recuperación de RCD en la ciudad de Sucre.

La mayoría de los residuos de construcción y demolición, proceden de un derribo intensivo de infraestructuras y/o viviendas relativamente “antiguas” para dar paso a la construcción de nuevas casas que en su mayoría son propiedades horizontales con fines habitacionales y comerciales. Una distribución aproximada de la procedencia de los RCD es del 10% procedente de obra pública, 35 % de residuo de edificación, rehabilitación y reforma y el 55% de derribo intensivo.

En la construcción y demolición se realiza de forma muy limitada la segregación en obra de los residuos generados. En el caso de la demolición, ésta se realiza de forma masiva, sin procesos de selección previa, que permitan obtener materiales limpios. El caso de la

construcción es muy similar, los residuos se mezclan en el mismo contenedor, que solamente puede tener como destino el vertedero controlado. Éstos no son muy exigentes con la calidad de los residuos, permitiendo la entrada de residuos muy mezclados. Por lo tanto, las pocas empresas de reciclado tienen muy poco margen económico frente a los precios de vertido.

Aun así, en cada obra la empresa constructora y/o demolidora es un gestor de residuos. No sólo debe realizar la demolición abatiendo la estructura de una forma segura, rápida y económica, sino que antes de la demolición debe separar todos los residuos tóxicos peligrosos. Éstos deben ser inventariados, desmontados y eliminados a través de los cauces legales y gestores autorizados según el marco legislativo vigente. Una vez separada esta eventual porción tóxica el resto son los RCD. La gestión de estos RCD se ha limitado hasta hace poco tiempo casi en exclusividad a la consideración de todo el conjunto como "inertes" y su depósito en vertedero de inertes. Sólo en determinados casos ciertos materiales han sido separados del resto como por ejemplo los metales, los elementos singulares y ciertos elementos constructivos.

Aunque sólo la fracción pétreo puede ser considerada como inerte, ha sido práctica habitual y generalizada la dilución del resto de los materiales en los escombros. Esto se debe en primer lugar resulta más rápido, más barato y se necesitan menos medios para demoler un edificio. Por tanto, el tratamiento que se ha dado hasta el momento en Sucre a los RCD ha sido casi de forma exclusiva su depósito en vertederos en forma de "todo uno", además el coste de eliminación ha sido usualmente barato.

Pero existen alternativas al tratamiento de los RCD más racionales y respetuosas con el Medio Ambiente basadas en el reciclaje. Es necesario partir de un material a reciclar limpio para poder obtener un producto final adecuado, sin incurrir en grandes costes de tratamiento.

### **3.1.2. Potencial de recuperación de los RCD en Sucre.**

La composición de los RCD es muy variada pues depende de numerosos factores como las prácticas de construcción y demolición, las materias primas y los productos de construcción empleados, etc. Cada uno de los materiales que conforman este flujo va a presentar unas

características diferentes, por lo que en función de ellas variará su potencial para la reutilización y el reciclaje, así como las posibilidades de reducir su presencia en los vertederos.

Los materiales más comunes que se pueden encontrar en los RCD, y su potencial de recuperación se analizarán en los siguientes apartados:

#### **a. Áridos.**

Los áridos son los materiales granulares (pequeños trozos de roca) utilizados en la construcción (edificación y obras públicas) y en diversas aplicaciones industriales. El árido puede ser natural, secundario (artificial) o reciclado, por su origen. En función del proceso mecánico seguido en su fabricación, de machaqueo o redondeado.

Los áridos naturales se pueden obtener:

- Explotando yacimientos detríticos no consolidados como arenas y gravas
- Por trituración de rocas masivas y consolidadas tipo granito, diorita, calizas y cuarcitas.

Los áridos pueden presentar formas redondeadas (aluviales) o angulosas (materiales triturados); su tamaño responderá a criterios granulométricos relacionados con su utilización, por lo que será necesario su clasificación por tamaños para responder a las necesidades del mercado.

Se trate de una carretera, un puente o de una pista de aterrizaje, las técnicas constructivas requieren cantidades ingentes de áridos; los cimientos de las edificaciones, las distintas capas ligadas o no ligadas que componen las carreteras, están compuestos esencialmente de áridos.

#### **b. Hormigón.**

Al ser uno de los materiales más utilizados en la construcción durante el pasado siglo, es común encontrarlos en los residuos de demolición. Los residuos de hormigón representan entre el 20 % y el 50 % de los RCD, por lo que el volumen anual generado en cualquier lugar

del país es muy elevado. De acuerdo con algunos estudios y encuestas, del total de los RCD que entran en vertedero un 12% corresponden a hormigón.

Se puede encontrar en forma de bloques elaborados y otro tipo de productos, así como en los pavimentos de las carreteras o en las pistas de aterrizaje de los aeropuertos. En otros casos puede estar reforzado con acero. Es el material dominante en las cimentaciones y estructuras. Estos materiales están constituidos por sustancias naturales. Se trata de un material con gran potencial de reutilización y reciclaje.

### **Imagen 3.2: Escombros de hormigón**



**Fuente:** (Acosta ,2002)

#### **c. Bloques de Piedra.**

La piedra natural ha sido tradicionalmente uno de los materiales más utilizados en el sector de la construcción, pero su uso descendió enormemente con la aparición del hormigón. En la actualidad se utiliza principalmente con objeto de dar prestigio a los edificios o viviendas. Tanto los bloques estructurales como la ornamental puede ser recuperada de los RCD y reutilizada o reciclada, que generalmente requiere un proceso de limpieza y remodelación. Si se utiliza como agregado, previamente hay que eliminar los contaminantes y realizar una criba.

Dentro de estos escombros se incluyen generalmente los ladrillos, mezclados o no con hormigón. Constituyen, en Sucre, el 60 % de los RCD, aunque la media municipal se sitúa en torno al 45 %, porcentaje que da una idea de los enormes volúmenes de estos escombros que se producen anualmente.

Los bloques procedentes de los RCD se someten a un proceso de trituración hasta obtener un árido que, generalmente, se destina a la fabricación de hormigones y morteros. Este hormigón, de menor resistencia que el normal, puede ser armado o en masa, y se emplea en construcciones como muros de sótanos, chimeneas, productos de hormigón prefabricado y elementos para tejados.

#### **d. Ladrillos, azulejos y otros cerámicos.**

Esta categoría de productos está muy presente en los residuos de construcción y demolición. De acuerdo con algunos estudios y encuestas, los ladrillos, azulejos y otros cerámicos representan un 54% de los residuos que entran en vertedero. Este dato indica que es importante estudiar las características de estos materiales para estudiar sus posibilidades de reutilización y reciclado, para que de esta forma no acaben en el vertedero.

Los ladrillos son uno de los materiales más comunes en la construcción especialmente en el caso de las viviendas. Por ello su proporción en los RCD es muy elevada. También es frecuente encontrar ladrillos no utilizados en las obras ya finalizadas, por lo que suelen ser objeto de la aplicación de medidas dirigidas a la prevención en su generación como residuos. Asimismo, también pueden ser recuperados, limpiados (proceso que debe hacerse a mano) y reutilizados o reciclados. Algunas de las aplicaciones a las que se pueden destinar los ladrillos son material para obras de relleno, áridos para la construcción de carreteras o para la fabricación de hormigón, construcción de canchas de tenis.

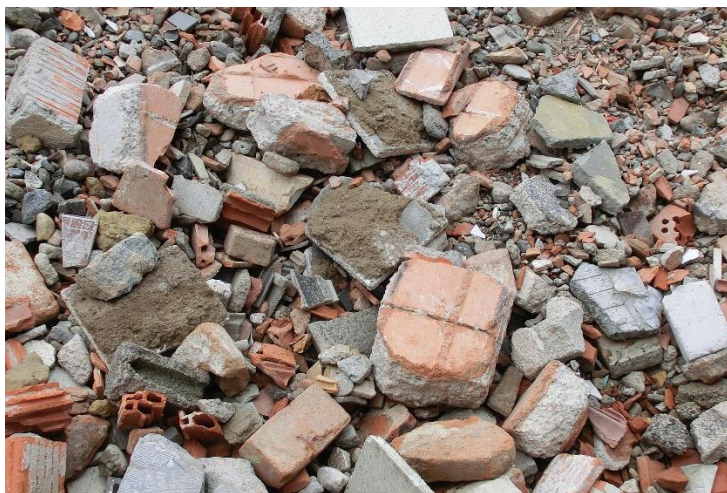
Los ladrillos pueden ser por tanto reutilizados en su forma original o machacados y reciclados para otros usos o para fabricar de nuevo ladrillos. Para su reutilización como ladrillos en nuevas construcciones es necesario hacer una demolición selectiva e incluso casi manual para no romper el ladrillo y después es necesario separar el mortero de alrededor de los ladrillos.

Los azulejos o baldosas cerámicas, son piezas planas de poco espesor fabricadas con arcillas, sílice, fundentes, colorantes y otras materias primas. Generalmente se utilizan como pavimentos para suelos y revestimientos de paredes y fachadas.

Las arcillas utilizadas en la composición del soporte pueden ser de cocción roja o bien de cocción blanca. Los azulejos, tanto de pavimento como de revestimiento de paredes, son piezas cerámicas impermeables que están constituidas normalmente por un soporte arcilloso y un recubrimiento vítreo (esmalte cerámico).

En función de su aplicación, existen diferente tipología de producto y características. En la actualidad se utilizan en pavimentos y revestimientos. La utilización del azulejo como elemento de la construcción se está generalizando por todo el mundo.

### **Imagen 3.3: Escombros cerámico mixto**



**Fuente:** (Acosta ,2002)

Las tejas son el elemento que más comúnmente se utiliza para el techado de muchas casas, por lo que su presencia en los RCD es muy común. Al igual que en el caso de los ladrillos, es fácil encontrar tejas no utilizadas al finalizar la construcción de un edificio, por lo que es viable aplicar medidas de prevención que reduzcan su presencia en los RCD.

En el caso de las tejas coloniales de arcilla tienen un potencial de reutilización elevado, a no ser que se hayan vuelto porosas o el moho haya deteriorado la calidad de la superficie o se haya roto el esmalte. En estos casos será necesario lavar las tejas porosas y volver a tratarlas para que sean impermeables antes de reutilizarlas. Sólo se pueden reutilizar las tejas que estén en buenas condiciones, por lo tanto teniendo en cuenta su fragilidad hay que separarlas con mucho cuidado, y almacenarlas para su transporte con sumo cuidado.

También se pueden reciclar, machacar, clasificar y se pueden utilizar como materiales de relleno, como áridos, junto con otros residuos de demolición, para carreteras y caminos y como materiales de drenaje. Siempre que las tejas se recojan y almacenen por separado podrán ser recicladas.

#### **e. Suelos y tierra de excavación.**

En casi todas las actividades relacionadas con la construcción se produce una excavación de suelos. Por ejemplo, es necesario realizar estas excavaciones para asentar los cimientos de un edificio o para dotarlo de los servicios necesarios. Por lo tanto, la cantidad de suelo que se extrae durante la realización de una obra es muy elevada. Este suelo puede ser natural (procedente de la capa externa, del subsuelo o de la roca madre) o artificial (afectado por actividades humanas). La calidad de este material varía mucho en función del tipo, al igual que sus posibilidades de reutilización, que en general se pueden considerar elevadas. Se usa en labores de paisajismo, suelos para jardines (para lo que requiere una alta calidad) y obras de relleno.

#### **f. Madera.**

La madera fue un material muy utilizado en el pasado en diversos tipos de construcciones. En la actualidad su uso es limitado, aunque todavía se le puede considerar como un material común entre los RCD. Son característicos restos de maderas para encofrado, vigas soporte, puertas y ventanas viejas, etc. Se caracteriza por ser residuos de gran volumen. También se producen grandes cantidades de residuos de este material en los procesos de fabricación de materiales de construcción de madera.

Los restos de madera desgraciadamente suelen ir acompañados de pequeñas cantidades de plástico, papel, cartón, clavos, y otros materiales a veces adheridos. Estos materiales son separados y gestionados adecuadamente para su reincorporación en el ciclo de producción y consumo.

La trituración de los residuos de madera es la parte central del proceso, transformando la materia prima en astilla. Con este proceso se pretende dar un primer tratamiento a los residuos de madera para su reciclado.

#### **g. Vidrio.**

El vidrio es el material más utilizado en las ventanas, aunque también se usa en divisiones interiores dentro de los edificios y otras aplicaciones menores, por lo que también es un material común en los RCD. De acuerdo con algunos estudios y encuestas el vidrio es un 0,5% de lo que llega a vertedero. Su potencial para la reutilización es muy bajo, sin embargo su reciclaje presenta grandes ventajas.

Se puede utilizar en la fabricación de fibra de vidrio o como árido para la fabricación de hormigón, la construcción de carreteras o labores de paisajismo. Incluso se está experimentando con vidrio para crear nuevos tipos de pavimentación, para estabilizar el suelo en áreas exteriores, como por ejemplo en parques en las zonas peatonales, en las áreas de juegos y en canchas deportivas. Entre las ventajas de esta aplicación está en que el cemento conserva el aspecto natural de la arena utilizada, tanto en textura como en color, lo que favorece su integración paisajística, presenta gran resistencia a los cambios climáticos, es impermeable, y garantiza una durabilidad de 10 años.

#### **h. Papel y Cartón.**

La principal razón de la existencia de residuos de estos materiales dentro del flujo de RCD es que se utilizan como envases de otros materiales. Su limitado uso hace que la cantidad generada de estos residuos sea bastante pequeña y la función que desempeñan prácticamente les inhabilita para ser reutilizados. Sin embargo, al igual que el papel y cartón proveniente de

otros flujos, su potencial de reciclaje es elevado. Se utiliza en la producción de aislamientos de celulosa y de papel y cartón reciclado.

En Sucre, de acuerdo con algunos estudios y encuestas, la proporción de residuos de papel y cartón en los RCD que llegan a vertedero es de 0,3 %.

#### **i. Metales.**

Los metales más comunes presentes en los RCD son el acero, el aluminio y el cobre, cada uno de los cuales se utiliza para desempeñar funciones diferentes. En Sucre, de acuerdo con algunos estudios y encuestas, este tipo de residuos representa un 2,5 % de los RCD que entran en vertedero.

Estos residuos de metales se pueden generar en el proceso de construcción, aunque las mayores cantidades se generan como consecuencia de la demolición de una obra. Tienen un potencial de reutilización bajo, pero son los más fácilmente valorizables porque poseen un gran valor. El objetivo prioritario sería reutilizarlos en la propia obra, o de no ser así, almacenarlos en ella y prepararlos para su reutilización en otra.

Sin embargo, la opción del reciclaje es la más viable. Las posibilidades de reciclaje son elevadas utilizándose como materia prima secundaria en la producción de nuevos metales (como aleaciones), debido al elevado precio de los metales en el mercado. Se pueden vender sin problemas porque poseen valor residual como chatarra. Las posibilidades de reciclado del acero, aluminio y el cobre no se limitan aún solo tipo de productos, ya que forman parte de productos que se encuentran en sectores diversos, entre otros la industria mecánica, la construcción e incluso objetos de uso doméstico.

#### **j. Plásticos.**

En la construcción se utilizan una gran variedad de plásticos, lo que hace que sea un material común en los RCD. Esta gran variedad es su principal desventaja, ya que es necesario realizar una separación de los diferentes tipos de plásticos existentes, al ser el reciclaje de residuos plásticos mixtos una actividad que presenta dificultades tanto técnicas como económicas. Si

esta separación se lleva a cabo, el reciclaje es la mejor opción para los plásticos, ya que su reutilización es prácticamente imposible.

Algunas de las aplicaciones para las que se destinan los plásticos reciclados son: tuberías, material geotextil, ventanas, recubrimientos de tejados, suelos de instalaciones industriales, superficies de carreteras, paneles interiores, correas, envases, etc.

El plástico más usado es el PVC, y después le siguen el PEAD, EPS y PET en la misma proporción, el menos utilizado es el PP. Esta gran variedad de plásticos es su principal desventaja, pues hay que separarlos. Además, según los estudios y encuestas realizadas estos residuos suponen únicamente un 1,5% del total, pero si son separados del flujo de residuos y recuperados pueden ser fácilmente reciclados o valorizados energéticamente. Por lo tanto si queremos reciclar los plásticos presentes en los RCD debemos llevar a cabo una operación importante de limpieza y desmontaje selectivo antes de proceder al derribo masivo.

El PVC en el sector de la construcción se utiliza en ventanas, tubos, espumas para paredes y techos prefabricados, juntas de dilatación de edificios y autopistas, sellado de chapa ondulada, etc. y materiales de impermeabilización. Se trata de un material perfectamente reciclable. Los materiales de construcción tales como tuberías, perfiles de ventanas y revestimientos de suelo pueden reciclarse al final de sus vidas útiles y también puede ser valorizado energéticamente.

Otra de las aplicaciones del plástico en el sector de la construcción es en forma de envases, que son fácilmente reciclables, porque no se mezclan tanto con el resto de residuos de construcción y demolición.

Las principales barreras que dificultan el reciclado de los plásticos procedentes del sector de la construcción son los bajos costes de vertido y poco control, datos imprecisos sobre la generación de residuos plásticos en los RCD, el tiempo necesario para separar y gestionar los materiales in situ.

#### **k. Yeso.**

El yeso es sulfato de calcio hidratado, compacto o terroso, blanco, tenaz y tan blando que se raya con la uña. Deshidratado por la acción del fuego y molido, tiene la propiedad de endurecerse rápidamente cuando se amasa con agua, y se emplea entre otros en la construcción.

La cantidad de yeso que llega a los vertederos, procedente de los RCD es según a los estudios y encuestas realizadas del 15 % del total de los RCD.

Existen diversos tipos de productos realizados con yeso, comunes tanto en la construcción como en la demolición. Dentro de ésta, generalmente se le considera como un contaminante de materiales más duros. Se utiliza como agregado en materiales de relleno para la construcción de carreteras, pantallas acústicas o labores de paisajismo, aunque su uso se ve limitado en el caso de que existan sulfatos o calcio en el material recuperado. También se usa como materia prima para la fabricación de tabiques de yeso y vidrio, aunque estas aplicaciones están limitadas por la presencia de contaminantes.

#### **3.1.3. Objetivos de la Revalorización de RCD en la ciudad de Sucre.**

Los objetivos de la revalorización de residuos de construcción y demolición (RCD) en la ciudad de Sucre son:

- Promover la recuperación y el reciclaje de residuos de construcción y demolición en Bolivia.
- Reducir la cantidad de RCD enviados a vertederos mediante la implementación de prácticas de gestión sostenible.
- Fomentar la economía circular y la utilización de materiales reciclados en la construcción.
- Valorización de los RCD que no pueden ser reciclados, puedan ser reutilizados para otros fines.

### 3.1.4. Diagnóstico Ambiental para la recuperación de materiales.

#### a. Áridos.

Para que la gestión de los RCD tenga éxito, es esencial que los productos reciclados estén valorados correctamente. Mientras que estos productos estén clasificados como residuos, el reciclaje se encontrará con una seria discriminación y limitaciones.

Los áridos derivados de los RCD deben cumplir en el mercado los mismos requisitos de los áridos primarios. Esencialmente, no se realiza ninguna discriminación entre los materiales primarios y los reciclados, con vistas a los estándares técnicos y medioambientales. Con objeto de conservar los materiales, los materiales derivados de los RCD que cumplan los mismos estándares deben ser vistos como técnicamente equivalentes a los materiales primarios.

**Imagen 3.3: Árido reciclado**



Fuente: (Acosta ,2002)

#### b. Hormigón.

El principal destino del hormigón procedente de actividades de construcción y demolición es ser machacado para la producción de áridos. Estos áridos se pueden utilizar en diversas aplicaciones:

- La fabricación de hormigón reciclado, destinado a edificios puentes, etc.
- Árido fino para morteros.
- Árido fino para la fabricación de cemento.
- Asfalto nuevo.
- Bases de carreteras.
- Material de relleno para zanjas.

No existen limitaciones sobre los tipos de pavimentos de cemento aptos para su reciclado. En algunos casos se puede transportar el hormigón desde el emplazamiento de la demolición hasta una planta de reciclaje. Es muy importante para que los residuos de hormigón puedan reciclarse adecuadamente que no estén mezclados con yeso o placas de cartón y yeso, porque el contenido de sulfato de estos materiales inutilizaría tales residuos para su uso como materia prima de un hormigón nuevo. Asimismo, si se mezclan los residuos de hormigón con los de albañilería, disminuirán las prestaciones mecánicas del producto final y quizá resulte inútil como granulado para hormigón. Sin embargo, este tipo de áridos si se pueden utilizar en rellenos y subbases de carreteras. Además, también tienen que estar separados los residuos de hormigón de la madera, metales y plásticos.

Para la fabricación de hormigón en masa u hormigón armado se utilizan áridos gruesos reciclados. Estos tipos de hormigón reciclado requieren la utilización de un 5% más de cemento en su fabricación y mayores cantidades de agua. Sus propiedades son ligeramente diferentes a las del hormigón no reciclado: tiene menor densidad, resistencia a la compresión, resistencia a tracción y módulo de elasticidad, mientras que aumentan otras características como la fluencia y la permeabilidad.

El hormigón machacado puede reutilizarse como árido en cemento Portland de nueva fabricación o en otras capas estructurales. En general se combina con áridos vírgenes cuando se usa para fabricar nuevo cemento. Sin embargo, el cemento reciclado se utiliza más a menudo como árido para base.

En términos ambientales, el reciclado de hormigón permite grandes ahorros energéticos en comparación con todo el proceso de obtención de hormigón nuevo.

### **c. Ladrillos, azulejos y otros cerámicos.**

Estos materiales machacados y clasificados pueden reciclarse utilizándose como material de base en carreteras, calles y trabajos de drenaje. Estos escombros de ladrillos reciclados son una opción rentable a la arena y grava de río. Es muy importante asegurar que los materiales se almacenen de forma separada para conseguir el máximo de reciclado.

Las ventajas del reciclado son:

- Estos ladrillos no tienen que ser eliminados, por lo tanto la empresa constructora se ahorra un dinero.
- Se reduce la cantidad de residuos en vertedero, lo que supone un beneficio ambiental.
- Evita la extracción de materias primas del suelo.
- Los ladrillos limpios son un activo.
- No se gasta más energía en fabricar uno nuevo.

Las tejas usadas se pueden aprovechar pero supone un esfuerzo muy grande en tiempo, ya que hay que hacer una de construcción en vez de una demolición. En algunos países esto se está empezando a desarrollar y en los lugares en los que los costos de transporte son lo suficientemente elevados incluso puede llegar a ser rentable.

### **d. Suelos.**

Se usa en labores de paisajismo, suelos para jardines (para lo que requiere una alta calidad) y obras de relleno.

### **e. Madera.**

Aunque su potencial tanto para la reutilización como para el reciclado es elevado, la existencia de productos químicos y contaminantes (pinturas, barnices, colas, clavos, etc.)

puede limitar este potencial en gran medida. Además, la viabilidad de su recogida, está muy influenciada por el coste de transporte, ya que el procesado genera un producto de muy bajo valor añadido.

Desde el punto de vista ambiental, la parte crítica de la recuperación energética reside en las emisiones atmosféricas producidas por la combustión. La posibilidad de que aparezcan contaminantes indeseables en estas emisiones depende del contenido de elementos químicos en la madera residual, su naturaleza, el sistema de combustión utilizado y/o el tratamiento que se hace de las mismas. La identificación de la presencia de ingredientes activos y su naturaleza, así como una buena clasificación de la madera con agrupamientos bien caracterizados resulta vital a la hora de utilizar la vía de recuperación energética como una opción dentro de la gestión de los residuos de madera.

#### **f. Vidrio.**

La presencia de contaminantes (plásticos, papel, metal, etc.) puede llegar a limitar las aplicaciones potenciales para este material. Por lo tanto, al igual que para el resto de los materiales, es necesario llevar a cabo una separación de éstos si se quieren reciclar con buenos resultados. Se vuelve por tanto a la idea de una deconstrucción en vez de demolición.

#### **g. Metales.**

Su reciclado es muy conveniente desde el punto de vista ambiental puesto que la utilización de los residuos metálicos puede reducir el impacto que origina la producción de metales. En particular se consigue evitar grandes volúmenes de roca para obtener el mineral, el proceso de transformación del mineral en metal es intensivo en gasto de energía y producción de CO<sub>2</sub> y el transporte desde las zonas de extracción alejadas de los grandes centros de producción requiere de mucha energía y provoca también emisiones de CO<sub>2</sub> y partículas en suspensión.

Para facilitar el reciclado de los metales, en primer lugar, es necesario almacenarlos correctamente, separando los metales de los restantes residuos. Esta separación debe completarse con otra separación que tenga en cuenta los diferentes tipos de metal. El metal

no férrico debe separarse del metal férrico, ya que el valor residual varía significativa mente de uno a otro.

Los metales se pueden vender a un recuperador de chatarra y éste transportarlos a un reciclador que los transformará en un nuevo producto.

#### **h. Plásticos.**

En el caso de Bolivia no existen leyes ni reglamentos que obliguen al reciclado de los plásticos de los RCD, pero desde una perspectiva ambiental y sostenible, se anhela impulsar recogidas selectivas de estos residuos, que principalmente son tuberías de PVC.

El reciclado de los plásticos en Sucre está centrado en los residuos procedentes de RSU y no hay ningún dato que indique que se estén utilizando estas técnicas para valorizar residuos plásticos procedentes de los RCD.

Entre los aspectos a destacar de la valorización energética de los residuos plásticos se pueden distinguir las siguientes ventajas e inconvenientes:

Ventajas:

- Aprovechamiento del poder calorífico de los plásticos en sustitución de otras fuentes de energía no renovables.
- Ventajas económicas asociadas al tratamiento de plástico mezclado.
- La combustión de los plásticos presenta algunas ventajas frente a la combustión de recursos fósiles, ya que no se generan apenas contaminantes como los óxidos de azufre que son los causantes entre otros de la lluvia ácida.

Inconvenientes:

- Mayor producción de residuos finales (cenizas y residuos de depuración de gases). Cenizas con alto contenido en cloruros lo que dificulta su reutilización.
- Mayores costes de inversión y operación del sistema de depuración de gases.

- Los metales pesados utilizados como aditivos en ciertos tipos de plásticos se acumulan en las cenizas y residuos de depuración de gases lo que dificulta su valorización como materia prima secundaria.

**i. Yeso.**

En la construcción se le considera como un contaminante de materiales más duros (como el ladrillo o el hormigón), ya que su potencial de reutilización es nulo y el de reciclaje es muy bajo. Además, causan problemas de eliminación en los vertederos de inertes, con la presencia del agua.

**3.1.5. Estrategias y acciones propuestas.**

Para satisfacer de manera adecuada los objetivos de la propuesta de revalorización de residuos de construcción y demolición (RCD) en la ciudad de Sucre y a su vez emitir un adecuado grado de aplicabilidad en el diseño efectivo para la recuperación de RCD, se pueden considerar las siguientes estrategias y acciones clave:

- Establecer un marco legal y regulatorio específico para la gestión de RCD en Sucre.
- Promover la separación de RCD (Demolición Selectiva) en la fuente y la implementación de sistemas de gestión de residuos en obras de construcción y demolición.
- Fomentar la economía circular y el reciclaje de estos residuos.
- Establecer incentivos fiscales y financieros para empresas y emprendedores que inviertan en infraestructura de reciclaje.
- Fomentar la colaboración público-privada para el desarrollo de infraestructura de reciclaje y la promoción del uso de materiales reciclados en la construcción.
- Fortalecimiento de la colaboración entre actores clave.
- Desarrollar campañas de sensibilización y programas de capacitación.

Estas estrategias abordan de manera holística la recuperación de los residuos de construcción y demolición en Sucre, con el objetivo claro de promover prácticas sostenibles, reducir el impacto ambiental y generar beneficios económicos y sociales.

Las estrategias planteadas en el diseño de la presente propuesta, son detalladas a continuación en los siguientes puntos:

**a. Legislación y regulación.**

- Establecer normativas y regulaciones específicas para la gestión de RCD en Sucre. Esto incluye la obligación de separar los residuos en la fuente, así como requisitos para el manejo adecuado y la disposición final de los mismos.
- Implementar normativas que prioricen la reutilización, reciclaje y valorización de estos residuos sobre su eliminación.
- Exigir a las empresas constructoras la presentación de planes de gestión de residuos como parte de sus obligaciones contractuales.

**b. Implementación de un Plan Integral de Gestión de Residuos.**

- Establecer un plan municipal que promueva la reutilización, reciclaje y valorización de los residuos de construcción y demolición en todo el municipio.
- Desarrollar directrices claras para la segregación, recolección y tratamiento adecuado de estos residuos.

**c. Fomento de la Economía Circular.**

- Incentivar la reincorporación de los residuos de construcción en nuevos procesos constructivos como materias primas.
- Introducir tecnologías innovadoras para el reciclaje de fracciones específicas de estos residuos, como materiales, vidrio y plástico.
- Invertir en infraestructura para el reciclaje de RCD. Esto incluye la creación de centros de reciclaje especializados equipados con maquinaria adecuada para clasificar, triturar y procesar los materiales reciclables.

**d. Incentivos fiscales y financieros.**

- Establecer incentivos fiscales y financieros para fomentar la recuperación y el reciclaje de RCD. Esto podría incluir créditos fiscales para empresas que inviertan en infraestructura de reciclaje, subsidios para proyectos de investigación y desarrollo en este campo, y programas de financiamiento para emprendedores que deseen iniciar negocios relacionados con la gestión de RCD.

- Fomentar el uso de materiales reciclados en la construcción a través de políticas de compra pública verde, donde se dé preferencia a productos y materiales reciclados en proyectos de construcción financiados por el gobierno.

**e. Colaboración Interinstitucional.**

- Establecer alianzas entre el gobierno, el sector privado y la comunidad local para mejorar las prácticas de gestión de residuos, además de desarrollar soluciones integrales y sostenibles para la gestión de RCD. Esto podría incluir alianzas público-privadas para la operación de centros de reciclaje, programas de capacitación y desarrollo de capacidades, y campañas de sensibilización conjuntas.
- Promover asociaciones público-privadas para la recolección, tratamiento y reciclaje de los residuos de construcción y demolición.

**f. Concienciación y Educación.**

- Implementar campañas educativas dirigidas a constructores, empresas, y la población en general sobre la importancia de la gestión adecuada de los RCD y los beneficios ambientales y económicos de su recuperación.
- Ofrecer programas de capacitación sobre la segregación de residuos, técnicas de reciclaje y los beneficios de una gestión sostenible de residuos.

**g. Monitoreo y seguimiento.**

- Establecer un sistema de monitoreo y seguimiento para evaluar regularmente el progreso en la gestión de RCD y realizar ajustes en la estrategia según sea necesario.

Al implementar estas estrategias en un proyecto integral, Sucre puede avanzar hacia una gestión más eficiente y sostenible de los residuos de construcción y demolición, contribuyendo a la protección del medio ambiente, la conservación de recursos y la mejora de la calidad de vida de sus ciudadanos.

Los diferentes residuos que se originan en la construcción y demolición de obras, pueden ser sometidos a algunas o todas las alternativas que se han propuesto anteriormente. Algunos materiales admiten ser aprovechados (Reciclaje y/o reutilización), y para otros sólo es

recomendable una o ninguna de las dos y solo admiten el ser dispuestos en una escombrera o vertedero. A continuación, se muestran las alternativas de gestión:

**Tabla 3.1: Alternativas de Gestión para RCD**

<b>MATERIAL</b>	<b>ALTERNATIVA</b>
HORMIGÓN	Reutilizar como masa para rellenos Reutilizar como base para calles Reciclar como grava suelta Reciclar para producción de Morteros y cemento Reciclar como granulado
CERÁMICOS	Reciclar como Adoquines Reciclar como Fachada
ASFALTO	Reutilizar como masa para Rellenos Reciclar como Asfalto
METALES	Reutilizar para aplicación en otros productos Reciclar como aleación
MADERA	Reutilizar para andamios, vallados y linderos Reciclar para tableros y aglomerados
VIDRIO	Reciclaje para Vidrio
PÉTREOS	Reutilizar como áridos
PLÁSTICOS	Reciclar como plásticos
TEJAS, BLOQUES	Reciclar como bases para nuevos productos
EMBALAJES	Reciclar en nuevos embalajes o productos
TIERRA DE EXCAVACIÓN	Reutilizar como Relleno y recuperación de Talud
ELEMENTOS ARQUITECTÓNICOS	Reutilizar como nuevos productos

Fuente: Catálogo de Residuos CEMEX; Mejía E y Hernández L, 2003; Bedoya C.M, 2003.

### **3.2. PROCEDIMIENTOS AMBIENTALES PARA EFECTUAR LA GESTIÓN EN LA CIUDAD DE SUCRE.**

Los procedimientos ambientales pueden ser todas aquellas instrucciones que si se siguen adecuadamente ayudarán a controlar un sistema de gestión ambiental de RCD, así como las

actividades, los productos y los procesos que se lleven a cabo en el desarrollo de la obra. (Mejía E. y Hernández L., 2003).

### **3.2.1. Procedimiento para la Reducción de la Generación de los RCD.**

El objetivo de este procedimiento, será el de reducir la generación de escombros producidos en las actividades de ejecución y demolición de las obras civiles.

El indicador para este procedimiento, muestra la disminución en la cantidad total de los residuos generados por una empresa u organización. (Se recomienda hacer la comparación con obras similares para mayor representatividad del indicador).

$$\% \text{ Reducción} = \frac{\text{Cantidad Residuos Obra 1} - \text{Cantidad Residuos Obra 2}}{\text{Cantidad Residuos Obra 1}} * 100$$

Las acciones o estrategias que se proponen para la reducción eficiente de los escombros, resultan menos eficaces si se aplican en obras que carecen de una programación de la gestión de los residuos generados, es por eso que se recomienda antes de iniciar el procedimiento de reducción que tipos de residuos se van a generar, con el fin de asignarle una clasificación y poder así proyectar el proceso de reducción.

Se recomiendan las siguientes condiciones para que en una obra de construcción se produzca el mínimo de escombros posibles:

- Establecer la cantidad y la naturaleza de los residuos que se van a originar en cada etapa de la obra y/o en la demolición. En caso de no tener registros anteriores, se propone los valores procedentes del presente estudio y diagnóstico realizado.
- Informarse sobre las gestoras o recicladoras legales de residuos que se encuentran en el entorno cercano a la obra; establecer las características (condiciones de recepción, distancia y costos) de los vertederos, de los recicladores, de los centros de clasificación, entre otros, para poder así definir un escenario externo de gestión.
- Disponer de las herramientas y equipos necesarios para cada actividad en la obra.

- Utilizar el material necesario ya estandarizado y ajustado a las características civiles y arquitectónicas ya diseñadas y planificadas.
- Optimizar la provisión de materiales mediante sistemas mecánicos estandarizados.
- Descargar en forma ordenada y organizar los materiales y elementos correctamente.
- Coordinar los suministros y transporte de materiales con el fin de evitar pérdidas y mezclas indeseadas.
- Evitar que los materiales que se estén generando como residuos se mezclen con otro tipo de materiales, en especial con los considerados como peligrosos.

Estas estrategias se deben de implementar en cada una de las etapas de generación de los escombros. Las etapas son: la excavación, la construcción y la demolición.

### **3.2.2. Procedimiento para la Separación en la Fuente.**

El objetivo de este procedimiento, será el de establecer estrategias para la separación efectiva de los Residuos de la Construcción y la Demolición (RCD) generados por las actividades de las obras de la construcción y demolición.

El indicador para este procedimiento, muestra el porcentaje de la cantidad de residuos de cada material homogéneo separado, por la cantidad total de residuos generados.

$$\% \text{ Residuo X Separado} = \frac{\text{Cantidad Residuos X en la obra}}{\text{Total Cantidad Residuos generados en la Obra}} * 100$$

Uno de los procedimientos que garantizan un resultado favorable en el proceso de gestión para el manejo integral de los RCD, es la separación y recolección selectiva de los residuos. Para ello, es necesario reconocer cuales son los tipos de materiales que se pueden reutilizar o reciclar, para poder tener una separación exitosa de los materiales.

Las estrategias para poder realizar la separación en la fuente son las siguientes:

- Revisar que los materiales excedentes de las actividades en la obra no estén contaminados con otros tipos de materiales que tengan la clasificación de peligrosos. En caso de encontrarlos contaminados, se deberá manejar el residuo como peligroso.

- Separar los materiales que sean del mismo tipo en una sola zona; por ejemplo maderas, plástico, cerámicos, metales, concreto, hormigón, yeso, entre otros.
- Cuando se finaliza el proceso de separación, se buscan los materiales que son valorizables y los que no, se destinan a los sitios de acopio o vertederos legales para la disposición final.
- Para la actividad de demolición, el proceso para obtener una separación en la fuente es realizar la demolición selectiva.

### 3.2.3. Procedimiento para la Reutilización o Reciclaje de los RCD.

El objetivo de este procedimiento, será el de lograr destinar un gran porcentaje de los residuos de la Construcción y Demolición generados en una obra a un proceso de reutilización o reciclaje.

El indicador para este procedimiento, muestra el porcentaje de la cantidad de residuos sometidos a un proceso de reutilización o reciclaje.

$$\% \text{ Residuos Reutilizados} = \frac{\text{Cantidad Residuos Reutilizados en Obra}}{\text{Total Cantidad Residuos Generados en Obra}} * 100$$

$$\% \text{ Residuos Reciclados} = \frac{\text{Cantidad Residuos Reciclados en Obra}}{\text{Total Cantidad Residuos Generados en Obra}} * 100$$

Una vez generado el escombro, clasificado y separado, este debe ser retirado lo más pronto posible para su disposición transitoria o final. Los materiales sobrantes a recuperar almacenados temporalmente en los frentes de trabajo, no deberán interferir con el tráfico peatonal y/o vehicular.

Con los residuos ya separados, se deben identificar cuales materiales son los apropiados para la reutilización, los materiales con alta probabilidad a ser reutilizados en otros procesos son:

- Vigas y cerchas de madera, elementos prefabricados, puertas, ventanas, revestimientos prefabricados, tejas, estructuras ligeras, barandillas, mamparas, techos falsos, piezas de acabado, mobiliario de cocina.

- La arena, grava, y demás áridos, pétreos, cerámicos, concreto y hormigón se pueden reutilizar como base para pavimentar calles, carreteras, aceras, para relleno de Canteras abandonadas, para obras tierra y terraplenes.

Los materiales con alta probabilidad a ser reciclados pueden llegar a ser:

- El hormigón, los cerámicos, el concreto y los ladrillos. Se pueden reciclar para la elaboración de ecoladrillos, adoquines, fachadas, bases para columnas, producción de morteros y fabricación de cementos.
- Plásticos, vidrios, maderas, metales, papel, cartón y fibras minerales.

Cada material tiene una forma única de ser reciclado, esto dependerá de las propiedades fisicoquímicas del material y del destino que éste vaya a tener en el mercado.

#### **3.2.4. Procedimiento para la Disposición Final de los RCD.**

El objetivo de este procedimiento, será el de establecer las estrategias necesarias para hacer un uso adecuado en la disposición final de los Residuos de Construcción y Demolición, para evitar al máximo los impactos al Medio Ambiente.

El indicador para este procedimiento, muestra la cantidad de RCD dispuestos en los sitios legales autorizados por las autoridades competentes.

- Formato de la Cantidad de Residuos de construcción y demolición que lleguen a los sitios legales.
- Cantidad de RCD generados en los frentes de trabajo en las obras de construcción que se destinen para disposición final.

$$\text{RCD Disposición Final} = \text{Total Residuos Generados} - \text{Cantidad Residuos Aprovechados}$$

Las estrategias para la disposición Final de los escombros son las siguientes:

- Una vez generados los escombros, separados, y seleccionados según las estrategias de los procedimientos anteriores para el aprovechamiento de los materiales, se proceden a ser retirados según sea el destino que se le vaya a dar.
- Transportar los materiales aprovechables, bien sea para reutilización o reciclaje, en lo posible a un lugar donde se proceda a realizar este manejo integral.
- Los materiales sobrantes que no sean aprovechables, se deberán disponer en la escombrera o vertederos legal autorizado por el Municipio y/o por la autoridad ambiental competente.

Será de vital importancia que las autoridades realicen los estudios técnicos-ambientales periódicos para seleccionar los sitios de disposición final de RCD para la Ciudad.

- Disponer de tecnología necesaria y adecuada para ubicar los residuos que lleguen a las escombreras o vertederos, y evitar así minimizar los impactos ambientales negativos ocasionados en estos lugares.
- Desarrollar un plan de emergencias, contingencias y monitoreo (Plan de Manejo Ambiental) en los sitios de disposición final, con el fin de mantener controlados los impactos ambientales negativos que se generen y evitar que se originen otros.

### **3.3. CENTROS DE TRATAMIENTO APLICADOS EN RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN.**

Un centro de recuperación y tratamiento de residuos de construcción y demolición es una instalación especializada que se encarga de recibir, clasificar, procesar y valorizar los residuos generados en actividades de construcción y demolición. Estos centros utilizan equipos y tecnologías específicas, como sistemas de procesamiento en húmedo, para potenciar la recuperación de materiales y maximizar la eliminación de elementos contaminantes presentes en los residuos. Su objetivo principal es promover la reutilización, reciclaje y valorización de estos materiales, contribuyendo así a la reducción del impacto ambiental, la promoción de la economía circular y la mejora de la gestión de desechos en el sector de la construcción. (Convery Design Engineering CDE - Group Holdings, 2020).

### **3.3.1. Plantas Fijas de Clasificación y Reciclaje.**

Serán aquellas instalaciones que podrán disponer de maquinaria y equipos específicos para clasificar los residuos mezclados de la construcción no separados en origen y de reciclaje de los RCD, así como de sistemas de control de la calidad, para maximizar el valor añadido de los productos reciclados y optimizar el rendimiento de la producción.

Los áridos y materiales reciclados pueden ser producto resultante del tratamiento de los RCD, que una vez que cumplan con la normativa técnica de aplicación, constituirán una alternativa al empleo de los áridos naturales.

Dentro del proceso de reciclado de los RCD, se podrán obtener por un lado, como productos, áridos y materiales reciclados y, como subproductos, otros materiales incluidos dentro de los RCD que también podrán valorizarse en otros gestores integrales, como son el plástico, la madera, el papel-cartón o los metales tanto férricos como no férricos. El resto de componentes de los RCD que no puedan valorizarse se podrán disponer finalmente a un sitio de disposición final autorizado.

Algunas tipologías de obra, demandarán un reciclado mediante plantas de machaqueo y cribado generalmente cuando la misma obra va a necesitar áridos para un proceso urbanístico y están orientadas al reciclado de materiales pétreos principalmente hormigón, aglomerado asfáltico y materiales cerámicos limpios.

En general, las aplicaciones de los áridos reciclados se podrán aplicar como:

- Bases y sub bases de calles y carreteras.
- Hormigones y morteros.
- Rellenos y canteras abandonadas.
- Drenajes y camas de tuberías.
- Adoquines y losetas.
- Materiales reciclados para restauración de espacios degradados.

### **3.3.2. Sitios de Disposición final o Vertederos de RCD.**

Son las instalaciones de eliminación definitiva autorizadas para los residuos mediante la disposición en vertederos inertes, que cumplirán con los requisitos constructivos y dispondrán de los servicios adecuados de separación y tratamiento previo para asegurar la calidad ambiental.

### **3.4. PLANTA DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN PARA LA CIUDAD DE SUCRE.**

Por todo lo que ha sido desarrollado en el presente Trabajo, establecer un centro de recuperación y tratamiento de residuos de construcción y demolición (RCD) en la ciudad de Sucre, es esencial para mitigar el impacto ambiental, promover la economía circular, mejorar la gestión de desechos y contribuir al desarrollo sostenible en Bolivia. Un centro de tratamiento se encargará de la recolección, clasificación, procesamiento y valorización de los RCD generados en la ciudad, no sólo con el fin de reducir su impacto ambiental, sino que también podrá generar oportunidades de empleo en el sector de gestión de residuos y promoverá el desarrollo de tecnologías y prácticas sostenibles en el país.

Como se ha revisado, la situación en Sucre no es indiferente con relación a los problemas que representa la generación y disposición inadecuada de RCD. Se estima que se generan anualmente alrededor de 200.000 toneladas de RCD, las cuales son enviadas en su mayoría a vertederos sin control.

Como una posible solución sostenible y loable para la gestión de RCD en Sucre contribuyendo a la protección del Medio Ambiente, se propone la implementación de una Planta de Tratamiento de Residuos de Construcción y Demolición, lo que permitirá la para creación de empleos y el desarrollo económico de la ciudad.

#### **3.4.1. Elección de la Localización de la Planta.**

El aspecto de la ubicación será crucial. La viabilidad económica de una planta de tratamiento depende de dos cuestiones fundamentales:

- a. Recibir en ella los residuos a recuperar.
- b. Disponer del producto recuperado.

Para ambas cuestiones será primordial que la ubicación de la planta sea la adecuada. En la industria de la construcción un gran porcentaje de los costos son relativos al transporte de los materiales, debido a su elevado peso y sus grandes dimensiones. Al hacer esta propuesta que involucra la recuperación de RCD, se ve necesario una cercanía con el centro urbano. La Planta de tratamiento de RCD estará ubicado en un terreno de aproximadamente 20.000 metros cuadrados en las afueras de la ciudad. Además, el que las distancias recorridas sean mínimas no quiere decir que en este sentido la ubicación sea la óptima ya que se han de tener en cuenta el tipo de vías que implican esas distancias y el tráfico medio que soportan esas vías.

Debido a la importancia del transporte por tierra de los residuos, será muy necesario contar con buenos accesos viales, porque lo más importante para esta planta es poder usar camiones de grandes dimensiones y a veces de dobles ejes.

Teniendo en cuenta la capacidad de acogida del territorio para la ubicación de las instalaciones de la Planta de Tratamiento de RCD, así como otros factores tales como la proximidad de las mismas y las condiciones de accesibilidad, se ha realizado una selección de una posible zona preferente para ubicar las instalaciones de la Planta de RCD, en función de los 5 distritos considerados y a los 9 vertederos estudiados. Siendo la zona de Lajastambo, la localización más adecuada para operatividad de la Planta por las siguientes consideraciones:

**a. Ubicación estratégica.**

**Accesibilidad:** La zona de Lajastambo se encuentra a poca distancia del centro de la ciudad de Sucre, lo que facilita el transporte de los RCD hacia la planta de tratamiento.

**Conectividad:** La zona cuenta con buenas vías de acceso, lo que permite una circulación fluida de los camiones recolectores de RCD.

**Cercanía a zonas de construcción:** La zona de Lajastambo se encuentra cerca de varias zonas de la ciudad con alta actividad de construcción, lo que garantiza un flujo constante de RCD para la planta de tratamiento.

**b. Tamaño adecuado.**

**Superficie:** El terreno de 17.442,68 m<sup>2</sup> ofrece un espacio suficiente para la instalación de las áreas de recepción, clasificación, procesamiento y almacenamiento de los RCD, así como para la construcción de las oficinas administrativas y otras instalaciones necesarias para el funcionamiento de la planta de tratamiento.

**c. Características del terreno.**

**Topografía:** El terreno presenta una topografía relativamente plana, lo que facilita la construcción y operación de la planta de tratamiento.

**Suelo:** El tipo de suelo del terreno es adecuado para soportar el peso de la maquinaria y los materiales que se almacenarán en la planta de tratamiento.

**Disponibilidad de servicios básicos:** La zona cuenta con los servicios básicos de agua, luz y alcantarillado, lo que son necesarios para el funcionamiento de la planta de tratamiento.

**d. Entorno favorable.**

**Zonificación:** La zona de Lajastambo está zonificada como área de equipamiento, lo que permite la instalación de este tipo de proyectos.

**Aceptación de la comunidad:** Los habitantes de la zona cuentan con una actitud positiva hacia el proyecto de recuperación de RCD, lo que es importante para su éxito.

Coordenadas: 19° 01'17.75"S; 65°18'46.09"O

**Imagen 3.4: Ubicación de Planta de Revalorización de RCD**



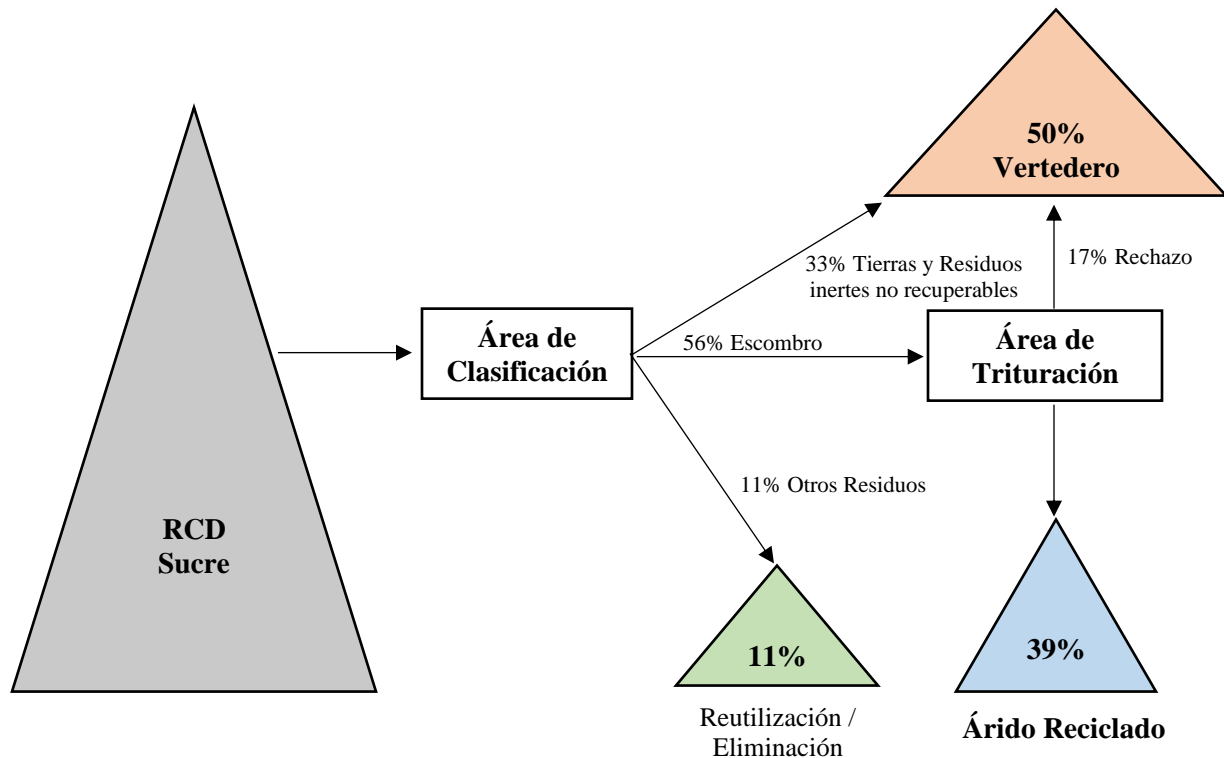
Fuente: Elaboración Propia

### **3.4.2. Diseño de la Planta de Tratamiento.**

Basándose en los cálculos y ensayos realizados en el Estudio de Instalación de una Planta de Tratamiento de RCD en la Comunidad de Madrid (Díaz Laura; 2015), el diseño que se propone para la implementación de una Planta de Tratamiento en la ciudad de Sucre, se tiene en cuenta el ciclo de generación y gestión de RCD. Se estima, según los datos recolectados durante la demolición de una vivienda, la disposición final de RCD en los buzones, y tras pasar por una clasificación inicial, el 33% serán tierras y residuos inertes no recuperables que pasarán directamente a depósito y/o rellenos para compactación y nivelación de zonas inestables de la ciudad, el 11 % serán de tipología variada y serán entregados a gestores para su correcta eliminación o reutilización, y el 56 % restante pasará a la planta de tratamiento. De este 56 % se estima un 17 % de rechazo que irá a depósito y/o rellenos.

Por lo tanto, el 50% de los residuos tiene como destino final el depósito controlado de RCD y/o rellenos autorizados para compactación y nivelación de zonas, por otro lado un 39 % se valorizará como árido para la construcción.

**Imagen 3.5: Esquema de una planta de tratamiento de RCD**



**Fuente:** Elaboración propia - Instalación de una Planta de Tratamiento de RCD en la Comunidad de Madrid (Díaz Laura, 2015)

### **Terreno y Área de acopio.**

- Terreno 20.000 m<sup>2</sup>.
- Escombros producidos en Sucre: 200.000 Tn/año
  - 3.836 Tn/semana.
  - Se recibe la mitad del total → 1.918 Tn/semana.
  - Equivale a 274 Tn/día.
- Apilamiento escombros: altura 4 metros (hundido 2 mt)

- Superficie destinada a la descarga, maniobra de maquinaria pesada para primeras clasificaciones: 1.600 m<sup>2</sup> aprox.
- Considerando el crecimiento de la población, las necesidades de habitabilidad, además de las renovaciones urbanas y construcción de numerosas nuevas áreas residenciales y comerciales, es imperioso contemplar un área superior a la necesidad actual, por lo que estos 1.600 m<sup>2</sup> podrán ampliarse al norte y este del terreno.

### **3.4.3. Instalaciones de la Planta de Tratamiento.**

El centro contará con las siguientes instalaciones:

**ÁREA DE RECEPCIÓN:** Donde se recibirán los RCD provenientes de obras de construcción y demolición.

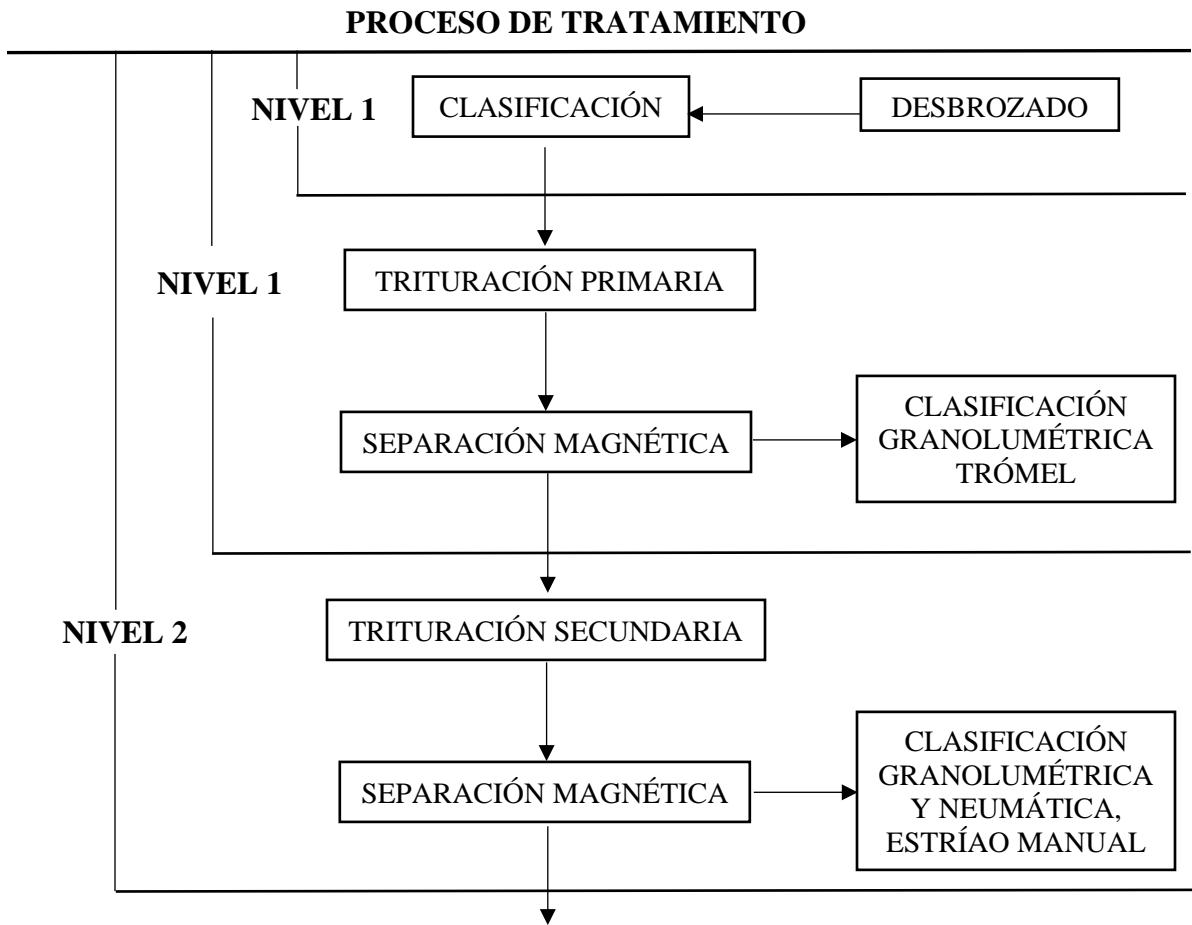
**ÁREA DE CLASIFICACIÓN:** Donde se separarán los diferentes tipos de materiales, como concreto, ladrillo, metal, madera y plástico.

En el área de clasificación se separarán los distintos tipos de materiales. Por un lado, se separan del proceso los inertes como tierras que no se recuperarán, estos materiales van a depósito en la planta, siempre que tenga un hueco y esté permitido, o deberán ser transportados hasta los vertederos autorizados por el municipio.

En segundo lugar, se procederá a la separación del resto de los residuos, estos materiales podrán ser recuperables o no, que serán entregados tras su separación a gestores autorizados de residuos que se ocuparán de retirarlos, en algunos casos como el papel o el de los metales puede constituir una fuente de ingresos para la planta.

El aseguramiento de la calidad se lleva a cabo de manera más extensa mediante medidas efectuadas en la sección de entrada y de tratamiento. El procedimiento incluye inicialmente los procesos de clasificación y trituración primaria y secundaria, con sus relaciones de flujo.

**Imagen 3.6: Diagrama de flujo de una planta de tratamiento de RCD**



**Fuente:** Instalación de una Planta de Tratamiento de RCD en la Comunidad de Madrid (Díaz Laura, 2015)

**ÁREA DE PROCESAMIENTO:** Donde se procesarán los materiales para su posterior reutilización o reciclaje.

La operación de la planta de tratamiento tiene dos partes diferenciadas, clasificación y trituración. La clasificación de los materiales es la parte más compleja en cuanto a operación. Las características del material en la recepción son las que determinan las condiciones del proceso y, suponen una situación complicada por la heterogeneidad de los residuos. Durante la trituración también se deberá incluir una serie de características específicas para este tipo de materiales.

**ÁREA DE ALMACENAMIENTO:** Donde se almacenarán los materiales recuperados hasta su venta o uso.

El centro contará con la maquinaria y el equipo necesarios para la clasificación, procesamiento y valorización de los RCD, incluyendo:

**ALIMENTADORES:** Los alimentadores se situarán antes de las machacadoras y bajo las tolvas de alimentación. Se caracterizan por la posibilidad de admitir grandes bloques, la regularidad del flujo de alimentación y la regulación del caudal mediante potenciómetro.

**Imagen 3.7: Alimentador con bloques de RCD**

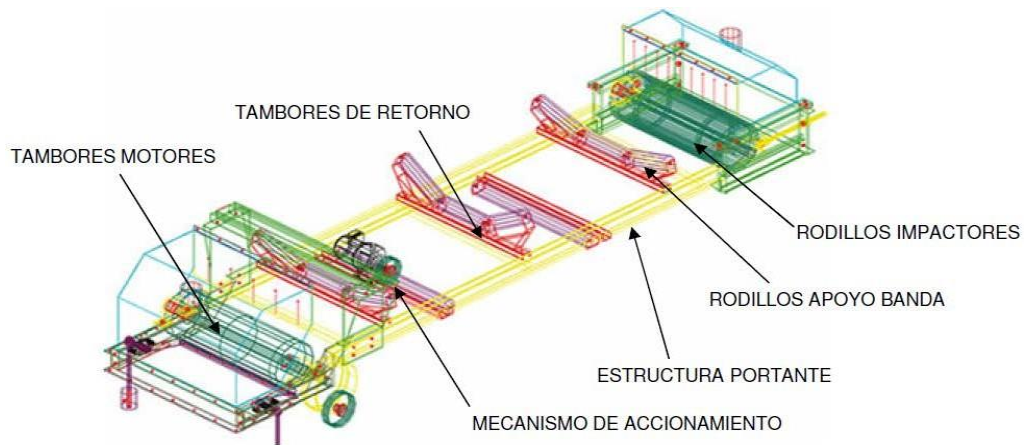


**Fuente:** Instalación de una Planta de Tratamiento de RCD en la Comunidad de Madrid (Díaz Laura, 2015)

**CINTAS TRANSPORTADORAS:** Para el transporte de los materiales dentro del centro.

Las cintas transportadoras se encargarán de llevar el material por las fases de clasificación. La diferencia sustancial entre ellas se encuentra en el tipo de banda a utilizar, ya que las cintas que están en contacto con los materiales férricos contenidos en los RCD, han de ser especialmente resistentes.

**Imagen 3.8: Componentes de una cinta transportadora**



**Fuente:** Instalación de una Planta de Tratamiento de RCD en la Comunidad de Madrid (Díaz Laura, 2015)

**TROMMELES DE CRIBADO:** Para la separación de materiales por tamaño.

La clasificación se la podrá realizar mediante una superficie filtrante selectiva que permite el paso de los residuos. Considerando un caudal total de 10 Tn/hr, pasarán por el trómel aproximadamente 2 Tn/hr, es decir en torno al 15 % del caudal total de la planta.

**Imagen 3.9: Trómel en funcionamiento**



**Fuente:** Instalación de una Planta de Tratamiento de RCD en la Comunidad de Madrid (Díaz Laura, 2015)

En el trómel los residuos son clasificados según su granulometría, obteniéndose productos de dimensiones de entre 0-40 y 40-80 milímetros, que pasarán a la tolva de recogida, el rechazo se vierte en un tolván dispuesto en la salida del trómel. El avance de la materia está asegurado mediante una lenta rotación del cilindro sobre ruedas macizas y una estudiada inclinación de todo el conjunto. El cilindro de trabajo, realizado en sus puntos clave con chapa de 6 mm, asegura un prolongado uso con un mínimo mantenimiento.

Dos motorreductores garantizan el accionamiento. El arranque se realiza mediante un arrancador electrónico, montado en su correspondiente armario, que permite arranques y paradas progresivas, protegiendo a toda la instalación de sobretensiones. Permite también una sincronización perfecta entre ambos accionamientos, equilibrando la carga por igual. Caso de requerir variación de la velocidad del cilindro, se sustituiría el arrancador electrónico por el correspondiente variador de frecuencia.

### **Imagen 3.10: Trómel de cribado**



**Fuente:** Instalación de una Planta de Tratamiento de RCD en la Comunidad de Madrid (Díaz Laura, 2015)

**IMANES:** Para la separación de metales.

Destinado a la separación de los materiales magnéticos de los no magnéticos, se coloca suspendido encima de la cinta transportadora. Atraen a los materiales férricos separándolos del material transportado.

Su especial diseño les permite tratar con eficacia materiales transportados en capas de grandes espesores o a elevadas velocidades.

El separador está dotado de un dispositivo de descarga automática y continua de los desechos metálicos. Una cinta de limpieza movida por un motor-reductor, retira sistemáticamente el material magnético atraído por el separador.

Tanto los cojinetes de apoyo de los tambores de la cinta como el motor-reductor montado directamente sobre el eje del tambor motriz, estarán previstos para trabajar en cualquier ambiente e incluso a la intemperie.

La cinta de limpieza es de goma con varias lonas de nylon muy resistente al desgaste y provista de salientes transversales para facilitar el arrastre del material. Su tensado se efectúa por medio del tambor de inversión.

La instalación del separador es extremadamente sencilla, basta con colocarlo sobre el transportador teniendo en cuenta únicamente que las partes de éste que se encuentran dentro del campo magnético deben ser no magnéticas, ya que en caso contrario atraería y deformarían hacia sí el campo magnético, disminuyendo el rendimiento del separador.

La mejor posición del separador, es inclinado sobre el punto de descarga del transportador o del tambor de cabeza de la cinta. En este lugar las capas transportadas se disgregan saltando los materiales magnéticos hacia el separador, pudiendo ser limpiadas capas profundas y transportadas a elevadas velocidades. Esta instalación es la que da mayor rendimiento, al menos un 90 % del material magnético contenido en la fracción.

### Imagen 3.10: Separación magnética



**Fuente:** Instalación de una Planta de Tratamiento de RCD en la Comunidad de Madrid (Díaz Laura, 2015)

**TRITURADORAS PRIMARIAS:** Para la reducción de tamaño de los materiales.

La solución técnica propuesta consiste en una planta con una trituradora de mandíbulas (machacadora) en fase primaria, con una trituradora de impactos en secundario.

Las únicas máquinas apropiadas para la trituración primaria de escombros con posibles elementos intriturbables son las trituradoras de mandíbulas y las trituradoras de impactos, si la planta en conjunto sólo tuviera planteada una trituración, la opción más adecuada sería la de una trituradora de impactos ya que se obtendría un material de relativa calidad con una sola etapa de trituración. Esto es válido para materiales homogéneos a reciclar, pero cuando la heterogeneidad del material exige una clasificación previa en profundidad es conveniente una trituración primaria que antecede a la clasificación y una trituración secundaria del material limpio tras ella.

Por lo tanto y como el material a triturar puede tener fases muy abrasivas como las porciones férreas es aconsejable el empleo de trituradoras de mandíbulas en trituración primaria. Se ha de dotar a estas trituradoras de revestimientos ultrarresistentes en mandíbulas y cámaras.

Los parámetros clave son el Diámetro máximo (Dmax) que serán 500 milímetros, y la boca de entrada. Teniendo en cuenta las características de nuestro material de entrada, hemos seleccionado la machacadora de mandíbulas.

### **TRITURACIÓN SECUNDARIA - MOLINO DE IMPACTOS PRIMARIO.**

Tal y como se ha venido comentando, la trituración de una planta de reciclaje de RCD no es diferente en cuanto a las características de los equipos comparados con una planta de tratamiento de áridos naturales. Los materiales llegan limpios tras pasar por la planta de clasificación y su reducción de tamaño y clasificación por tamaños es la que requeriría un material de cantera y gravera. Las únicas diferencias estructurales que se pueden encontrar son debidas a que los productos finales no han de cumplir en muchos casos las especificaciones requeridas para determinados usos, a los que los materiales de esta planta no están destinados.

**Imagen 3.11: Molino De Impacto**



**Fuente:** Instalación de una Planta de Tratamiento de RCD en la Comunidad de Madrid (Díaz Laura, 2015)

Se estima que se llegarán a recibir unas 5 Tn/hr de material, lo que supone un 85 % del caudal total de la planta, con un tamaño comprendido entre 10-200 milímetros. Después de que el material penetre en los rotores, los listoncillos fijos recogen el material a triturar y lo

machacan proyectándolo contra la palanca inferior y superior. A la salida, obtendremos un producto final de 40 milímetros.

Atendiendo a las características del material a tratar y del nivel de producción esperado, además de las revisiones bibliográficas para este tipo de propuesta, se ha seleccionado el modelo NP1007, del fabricante Metso.

### **Imagen 3.12: Molino de impacto**



**Fuente:** Instalación de una Planta de Tratamiento de RCD en la Comunidad de Madrid (Díaz Laura, 2015)

**PRENSAS:** Para la compactación de materiales.

Las compactadoras de residuos son un equipamiento esencial para la gestión eficiente y sostenible de los desechos. También conocidas como prensas para bloques o briquetas, son máquinas utilizadas para comprimir mezclas de materiales como arena, cemento, agua y aditivos en bloques o briquetas de alta densidad. Estos bloques o briquetas se utilizan posteriormente en la construcción como materiales de albañilería.

El funcionamiento de una prensa para la compactación de materiales de construcción se basa en la aplicación de una fuerza compresiva elevada sobre una mezcla de materiales. Esta fuerza se aplica mediante un pistón hidráulico o neumático que empuja una placa móvil sobre la mezcla. La mezcla se encuentra contenida en un molde que define la forma y el tamaño del bloque o briqueta final.

Las prensas para la compactación de materiales de construcción se utilizan en una amplia variedad de aplicaciones, incluyendo:

- **Producción de bloques de hormigón:** Los bloques de hormigón son uno de los materiales de construcción más utilizados en el mundo. Las prensas para la compactación se utilizan para producir bloques de hormigón de diferentes tamaños, formas y densidades.
- **Producción de ladrillos de adobe:** Los ladrillos de adobe son un material de construcción tradicional hecho de tierra arcillosa. Las prensas para la compactación se utilizan para producir ladrillos de adobe de mayor resistencia y durabilidad.
- **Producción de bloques de concreto celular:** Los bloques de concreto celular son un tipo de material de construcción ligero y aislante. Las prensas para la compactación se utilizan para producir bloques de concreto celular de diferentes densidades y propiedades térmicas.
- **Compactación de residuos de construcción:** Las prensas para la compactación también se pueden utilizar para compactar residuos de construcción, como ladrillos rotos, concreto y hormigón, reduciendo su volumen y facilitando su transporte y disposición final.

**Imagen 3.13: Prensa Compactadora**



**Fuente:** Instalación de una Planta de Tratamiento de RCD en la Comunidad de Madrid (Díaz Laura, 2015)

## CLASIFICACIÓN Y LIMPIEZA DE TAMAÑOS MEDIOS Y FINOS.

Las cribas convencionales inclinadas, con vibración por contrapesos, tienen por finalidad obtener por vía seca o húmeda varios tamaños granulométricos a partir de un todo uno.

- Dimensionadas adecuadamente, consiguen una elevada eficacia de clasificación.
- Desde 2,3 a 15 m<sup>2</sup> de superficie.
- Dos, tres o cuatro bandejas.
- Mallas metálicas, de goma o poliuretano.
- Estructura soporte de seis pies de apoyo de tipo atornillado.
- Pasarela de visita en todo su perímetro, con piso en rejilla galvanizada.
- Laterales rigidizados, cuadros atornillados a éstos.
- Posibilidad de regulación de frecuencia y amplitud.
- Sistema automático de limitación amplitudes en arranques y paradas.
- Sistema de suspensión por muelles helicoidales.
- Rodamientos sobredimensionados especiales para cribas.

**Imagen 3.14: Criba vibratoria**



**Fuente:** Instalación de una Planta de Tratamiento de RCD en la Comunidad de Madrid (Díaz Laura, 2015)

Los productos que se pretenden obtener de esta máquina y por tanto de esta planta son:

- Áridos reciclados 0 mm - 40 mm
- Áridos reciclados 20 mm - 40 mm
- Áridos reciclados 40 mm - 80 mm

### **BÁSCULA DE PESAJE.**

Se instalará una báscula empotrada, de plataforma chapa y hormigón, construida con vigas longitudinales, entre las cuales van montados unos paneles modulares de acuerdo con los metros de la plataforma de pesaje.

La báscula va dotada de seis u ocho células de carga de doble cizalladura (totalmente estancas), de 30 toneladas de carga nominal, cada punto de apoyo, va dotado de un soporte oscilante, repartiendo las cargas equitativamente sobre las células, consiguiendo una mayor efectividad y exactitud en la pesada, dichas células se agrupan en módulos de entre 6 y 8 en una caja de suma para la unificación de las distintas señales emitidas y enviarlas mediante cable apantallado a un visor digital, ya un ordenador donde se encuentra instalado un programa especial pesacamiones.

**Imagen 3.15: Funcionamiento báscula de pesaje**



**Fuente:** Instalación de una Planta de Tratamiento de RCD en la Comunidad de Madrid (Díaz Laura, 2015)

#### **3.4.4. Gestión de Residuos de Construcción y Demolición en Sucre.**

La Planta de Tratamiento de RCD implementará un sistema de gestión eficiente para garantizar la correcta recolección, clasificación, procesamiento y valorización de los residuos. El sistema incluirá:

**Plan de recolección:** En principio, se establecerá convenios con empresas constructoras para recibir aquellos RCD provenientes de obras en ejecución. Paralelamente y con el avance paulatino de la Planta, se establecerán rutas de recolección para cubrir toda la ciudad.

**Registro de entradas y salidas:** Se llevará un registro detallado de la cantidad y tipo de materiales recibidos y valorizados.

**Control de calidad:** Se implementarán controles de calidad para garantizar que los materiales recuperados cumplan con los estándares de calidad requeridos.

#### **3.4.5. Impacto ambiental de la Operabilidad de una Planta de Tratamiento de RCD.**

Una planta de tratamiento de RCD bien gestionada puede tener un impacto ambiental positivo significativo al:

**Reducir la cantidad de residuos enviados a vertederos:** Los RCD representan una parte importante de los residuos sólidos generados en las ciudades. Al tratar y valorizar estos residuos, se reduce la cantidad que termina en vertederos, lo que a su vez:

- Disminuye la contaminación del suelo y el agua.
- Reduce la emisión de gases de efecto invernadero.
- Conserva espacio en el suelo.

**Promover la reutilización y el reciclaje de materiales:** Las plantas de tratamiento de RCD pueden separar, procesar y valorizar diversos materiales como agregados, metales, madera y plástico. Estos materiales reciclados pueden ser utilizados en la construcción de nuevas obras, reduciendo la demanda de materias primas vírgenes:

- Disminuye la extracción de recursos naturales.
- Minimiza la generación de residuos.
- Ahorra energía.

En general, una planta de tratamiento de RCD bien gestionada puede contribuir significativamente a la protección del Medio Ambiente, la promoción de la economía circular y la mejora de la salud pública.

### **3.4.6. Impacto Social y Económico de una Planta de Tratamiento de RCD.**

Una planta de tratamiento de RCD bien gestionada puede tener un impacto social y económico positivo significativo al:

**Crear empleos:** La construcción y operación de una planta de tratamiento de RCD genera empleos directos en áreas como la recolección, clasificación, procesamiento, valorización y comercialización de materiales recuperados.

**Promover la economía local:** La demanda de materiales reciclados por parte de la planta de tratamiento puede estimular la economía local al generar oportunidades para la recolección y el suministro de RCD por parte de emprendedores y pequeñas empresas.

**Reducir los costos de construcción:** El uso de materiales reciclados provenientes de la planta de tratamiento puede reducir los costos de construcción para empresas y contratistas, haciéndola más accesible y fomentando el desarrollo de proyectos de vivienda e infraestructura.

**Mejorar la calidad de vida:** La gestión adecuada de RCD a través de una planta de tratamiento contribuye a mejorar la calidad de vida de la comunidad al:

- Reducir la contaminación ambiental.
- Mejorar la estética urbana.
- Promover la responsabilidad ambiental.

**Fomentar la educación ambiental:** La planta de tratamiento de RCD puede convertirse en un centro educativo para la comunidad, donde se pueden realizar visitas guiadas, talleres y charlas sobre la gestión responsable de los residuos y la importancia de la economía circular.

Sin embargo, es importante considerar también los posibles impactos sociales y económicos negativos que una planta de tratamiento de RCD mal gestionada podría tener, como:

**Molestias a la comunidad:** Si la planta no se gestiona adecuadamente, puede generar molestias por ruidos, polvo y olores, afectando la calidad de vida de los residentes cercanos.

**Impactos ambientales no mitigados:** Si la planta no cumple con las normas ambientales, puede generar contaminación del aire, agua y suelo, afectando la salud pública y el medio ambiente.

**Falta de transparencia y participación comunitaria:** Es importante que la comunidad esté informada sobre el proyecto, sus impactos potenciales y tenga la oportunidad de participar en su planificación y desarrollo.

En general, una planta de tratamiento de RCD bien gestionada puede generar un impacto social y económico positivo significativo, creando empleos, promoviendo la economía local, reduciendo costos de construcción, mejorando la calidad de vida y fomentando la educación ambiental.

Es fundamental que la planificación, el diseño, la construcción y la operación de la planta se realicen de manera responsable, considerando los posibles impactos sociales y ambientales y tomando las medidas necesarias para mitigarlos.

### **3.4.7. Aspectos financieros y Criterios económicos.**

La inversión financiera para establecer una planta de tratamiento de residuos de construcción y demolición (RCD) varía significativamente dependiendo de diversos factores, como:

- Tamaño y capacidad de la planta.
- Tecnología utilizada.

- Ubicación.
- Infraestructura existente.
- Financiamiento.

Una gran parte del grado de rentabilidad de una planta de tratamiento de residuos de construcción y demolición dependerá de la calidad del producto obtenido. La calidad de dicho producto es directamente proporcional al nivel de homogeneidad del residuo admitido en la planta. Para poder establecer el grado de rentabilidad de una planta de tratamiento de residuos de construcción y demolición es necesario realizar las siguientes consideraciones:

**a. Inversiones, Ingresos y Gastos.** La mayor inversión en una Planta fija corresponde a las siguientes partidas:

**Equipos fijos:** La maquinaria necesaria para tratar el material (trituration primaria y secundaria, cintas transportadoras, equipos de separación, equipos de clasificación, etc.) representan la mayor inversión de la planta fija.

**Terreno:** Gran parte de la rentabilidad de la planta de tratamiento depende de la inversión realizada en la compra o alquiler de los terrenos. A modo orientativo, una planta de tratamiento de tamaño medio-grande necesita unos 20.000 m<sup>2</sup>. Se considera que dicho terreno está subvencionado por parte de la Administración. La planta de tratamiento debe de estar lo relativamente cerca de la ciudad para que el coste de transporte del residuo no sea gravoso e incentive al gestor para que lo deposite en la planta.

Otras inversiones realizadas en la Planta son las siguientes:

- Movimiento de tierras, accesos, acometidas, vallado y cimentaciones. La Planta necesita un vallado perimetral para reducir el impacto ambiental.
- Embalaje y Transporte de los equipos.
- Estructuras, Calderería y Tuberías.
- Montajes Mecánico y Eléctrico.
- Báscula.

- Cabina de recepción y vestuarios Equipamiento de oficina.
- Equipo móvil.
- Proyecto y licencias.

Los ingresos de la planta de tratamiento serán por el precio de venta del agregado reciclado. El agregado reciclado es el producto obtenido en la planta y su precio debe de ser inferior al del agregado natural puesto que todavía hoy la aceptación en el mercado del producto reciclado es sensiblemente menor.

A continuación, se presenta un desglose aproximado de los costos que podrían incluirse en la inversión inicial:

- Terreno: 10% a 20% del costo total.
- Construcción de instalaciones: 30% a 50% del costo total.
- Equipos y maquinaria: 20% a 40% del costo total.
- Permisos y licencias: 5% a 10% del costo total.
- Estudios y consultorías: 5% a 10% del costo total.
- Capital de trabajo: 10% a 20% del costo total.

**b. Costos Operativos.** La disponibilidad de la planta se ha estimado en torno a un 60 %, aunque en caso de que el agregado reciclado tenga una mayor aceptación en el mercado se puede aumentar hasta un 70 % o incluso un 75 % en condiciones óptimas de funcionamiento.

Además de la inversión inicial, también es importante considerar los costos operativos de la planta, que incluyen:

**Mano de Obra:** Una planta de este tipo necesita una plantilla de 7 trabajadores. (Gerente, Encargado, Operarios, Administrativos y vigilante).

**Administración:** Se incluyen los gastos de publicidad, promoción de la planta, etc.

**Mantenimiento:** Reparaciones, repuestos y mantenimiento preventivo de equipos y maquinaria.

Los costos operativos pueden variar dependiendo de la eficiencia de la planta, los precios de los insumos y la demanda de los materiales recuperados.

Los costos variables incluyen las siguientes partidas:

- Energía.
- Repuestos y lubricantes.
- Controles de Calidad.
- Servicios Generales.
- Marketing y ventas.
- Impuestos y tasas.

En resumen, la inversión financiera para establecer y operar una planta de tratamiento de RCD es significativa, pero puede ser rentable a largo plazo si se gestiona de manera eficiente y responsable, generando beneficios económicos y ambientales.

#### **3.4.8. Financiamiento y Presupuesto Tentativo.**

El financiamiento de esta propuesta será posible y alcanzable monetariamente, gracias a aportes privados principalmente y apoyo estatal.

El municipio de Sucre podrá apoyar esta iniciativa, porque ayudará a reducir el impacto ambiental dentro de la ciudad disminuyendo de manera considerable la existencia de vertederos ilegales.

Además, como esta propuesta constituye una idea innovadora dentro de las políticas de gestión de residuos en Bolivia, se solicitará nuevos fondos destinados por el Tesoro General de la Nación (TGN).

A continuación, se mostrará la inversión tentativa necesaria para la implementación de la planta considerando todos sus costos y gastos hasta su realización. Es importante mencionar, que un Estudio de Prefactibilidad y Análisis Económico Social a profundidad, serán fundamental para la toma de decisiones en la realización de la propuesta.

En la siguiente Tabla 3.2, se puede analizar la inversión que suponen los activos fijos de las cintas transportadoras:

**Tabla 3.2: Características y costos de las cintas transportadoras**

Cod.	Descripción	Uds	Precio unitario	Precio
CT-101	CINTA TRANSPORTADORA GLB (CINTA ALIMENTACIÓN TRÓMEL) Longitud (mm): 19.300 Ancho (mm): 1.000 Pasillo en un lateral. Tramo en acero inoxidable bajo separador magnético. Barras de impacto (4 unidades). Protecciones. Interruptor de tirón y protecciones en ambos laterales.	1	24.625	24.625
CT-102	CINTA TRANSPORTADORA GLB (CINTA RECOGIDA HUNDIDOS TRÓMEL) Longitud (mm): 9.000 Ancho (mm): 800 Rodillos de impacto. Protecciones. Interruptor de tirón y protecciones en ambos laterales.	1	12.920	12.920
CT-103	CINTA TRANSPORTADORA GLB (CINTA ACOPIO HUNDIDOS TRÓMEL 0-25 mm) Longitud (mm): 20.000 Ancho (mm): 650 Pasillo en un lateral. Rodillos de impacto. Capotaje. Faldón de goma en tolvin. Protecciones. Interruptor de tirón y protecciones en ambos laterales.	1	23.788	23.788

CT-104	CINTA TRANSPORTADORA GLB (CINTA RECOGIDA >25 mm) Longitud (mm): 9.700 Ancho (mm): 1.000 Pasillo en un lateral. Rodillos de impacto. Protecciones. Interruptor de tirón y protecciones en ambos laterales.	1	15.036	15.036
CT-105	CINTA TRANSPORTADORA GLB (CINTA DE TRIAJE) Longitud (mm): 17.000 Ancho (mm): 1.200 Variador de frecuencia. Rodillos de impacto. Protecciones. Interruptor de tirón y protecciones en ambos laterales.	1	20.628,00	20.628
CT-106	CINTA TRANSPORTADORA GLB (CINTA LLENADO TOLVA PULMÓN) Longitud (mm): 20.000 Ancho (mm): 800 Pasillo en un lateral. Rodillos de impacto. Protecciones. Interruptor de tirón y protecciones en ambos laterales.	1	24.024,00	24.024
CT-107	CINTA TRANSPORTADORA GLB (ALIMENTACION MOLINO) Longitud (mm): 15.000 Ancho (mm): 800 Pasillo en un lateral. Rodillos de impacto. Protecciones. Interruptor de tirón y protecciones en ambos laterales.	1	18.576,00	18.576

<b>COSTO TOTAL DE LAS CINTAS TRANSPORTADORAS</b>	<b>139.577 \$US</b>
--	---------------------

Ahora, en la Tabla 3.3, se puede ver la inversión en maquinaria de la planta fija:

**Tabla 3.3: Costes maquinaria**

MAQUINARIA	PARTES	UNIDAD	COSTE
<b>ALIMENTADOR VIBRANTE CON TOLVA</b>		1	
	Alimentador vibrante TS3 100076000	1	28 190
	Tolva de descarga alimentador	1	64 375
	Estructura alimentador	1	23 261
<b>TRÓMEL TB825</b>		1	107 265
<b>SISTEMA DE ASPIRACIÓN DE LIGEROS</b>		1	118 927
	Captación automática en la cinta CT-10	1	
	Ventilador de impulsión	1	
	Ventilador de aspiración	1	
	Separador alveolar	1	
	Filtro + sin fin recogida de polvo	1	
	Armario eléctrico	1	
<b>OVERBAND METSO (sobre cinta de 800 a 350 mm a la banda)</b>		1	20 000
<b>TOLVA PULMON</b>		1	34 125
<b>CABINA DE TRIAJE</b>		1	22 250
	Plataforma de triaje	1	31 600
	Tolvinos de triaje	6	2 940
<b>PLATAFORMA DE SEPARADOR ALVEOLAR</b>		1	11 818
<b>MACHACADORA METSO C80</b>		1	120 000
<b>MOLINO DE IMPACTO METSO NP1007</b>		1	88 000
<b>CRIBA PRIMARIA CVB 1845 IIP</b>		1	65 000
<b>CRIBA FINAL CVB 1845 II</b>		1	53 000
		<b>TOTAL</b>	<b>790 751</b>

La siguiente Tabla 3.4, muestra el presupuesto de toda la maquinaria móvil:

**Tabla 3.4: Listado de maquinaria móvil y presupuesto de inversión**

Listado de maquinaria móvil				
Uds.	Tipo	Marca	Modelo	Presupuesto
1	Cargadora de ruedas	CAT	972 H	252.000
1	Retro	Komatsu	180 PC	125.000
1	martillo hidráulico			30.000
1	cizalla			50.000
1	pinza de pretratamiento			30.000
1	Retroexcavadora mixta	JCB	4CX	53.000
1	Camión 4 ejes 8x4/4	Mercedes-Benz	4144K	115.000
				<b>655.000</b>

Por último, en la siguiente Tabla 3.5, se considera los gastos que supondrán los sueldos del personal de la planta; y en la Tabla 3.6 se completan los demás gastos invertidos en servicios y necesidades de la planta.

**Tabla 3.5: Necesidades de personal en instalación**

	Número operarios	coste bruto	Coste total
Operadores de triaje manual	2	19.570	39.140
Palista / Conductor	3	25.000	75.000
Personal administrativo, incluido el operador de bascula	1	17.800	17.800
Gerente	1	33.300	33.300
<b>Total</b>	<b>7</b>		<b>165.240</b>
Coste anual por trabajador			<b>23.606</b>

**Tabla 3.6: Costes de servicios**

Montaje mecánico y P.E.M. (incluye grúas y plataformas)	76.140
Instalación eléctrica	54.435
Transporte	22.052
Gastos estudios	9.600
Obras de fábrica	10.000
Báscula pesaje	12.000
Valla exterior	4.500

Teniendo detallado todos los gastos y costos, la inversión necesaria para la implementación de la planta y su puesta en marcha será de 1'797.661 \$us.

Para una mejor exactitud de inversión, se recomienda la realización de un Estudio de mercado y un Estudio de Factibilidad Económica a mayor profundidad sobre la base de la presente propuesta. Para ello se podrán utilizar indicadores económicos y otros indicadores como el Retorno de la inversión, Punto de Equilibrio, TIR, VAN, y la relación beneficio / costo.

## CAPÍTULO IV

# CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 1.1. CONCLUSIONES.

Por medio de un modelo de “Casa Tipo” en la ciudad de Sucre, se logró realizar la caracterización de los residuos de construcción y demolición, en la cual se pudo determinar la cantidad y composición de los residuos generados durante la demolición de la misma.

Se consiguió describir y caracterizar los RCD generados en la demolición de una casa, realizando previamente una valoración de cómputos métricos con ayuda de la información proporcionada por la empresa encargada de la demolición.

Los resultados obtenidos de la caracterización de los residuos de demolición, se evidenció que se tiene una gran fracción de hormigón y ladrillos alcanzando valores volumétricos de 83 m<sup>3</sup> en hormigón y 38 m<sup>3</sup> que corresponde a los ladrillos y demás cerámicos, sin dejar de lado que el volumen de la tierra de excavación representó un 16 m<sup>3</sup>. Se puede ver estos resultados a detalle, en la gráfica N° 1 - Volumen de Residuos de Demolición de Vivienda del Anexo 2.

Se realizó un diagnóstico de la situación actual de las zonas donde se realiza la disposición final de RCD por medio de técnicas, metodologías de observación y análisis para conocer las condiciones de los lugares involucrados, caracterizando así los residuos existentes en las zonas.

A través del registro fotográfico, el resultado de las encuestas, entrevistas, la identificación y diagnóstico de los RCD durante la investigación realizada en los sectores de los buzones, fue posible caracterizar y diagnosticar el manejo actual que se le da en la ciudad de Sucre a los residuos sólidos (RDC) en sus diferentes etapas del ciclo de vida. Concluyendo que las zonas detectadas que tienen mayor aporte de RCD son Buzón Cementerio del Barrio Max Toledo, Buzón Makiber de la zona de Lajastambo, los cuales aportan con 98 m<sup>3</sup> y 88 m<sup>3</sup> respectivamente. Se puede ver estos resultados a detalle, en la gráfica N° 7 - Volumen de Residuos de Demolición en Buzones Anexo 2.

En cuanto a la composición de escombros y residuos, se encontró que estos corresponden a: hormigón 32,7 %, tierra producto de excavación y construcciones 33,3 %, ladrillo, tejas y cerámicos partidos 22,8 %, yeso 6,0 % y otros materiales 3,4 %. Se puede ver estos resultados a detalle, en la gráfica N° 3 – Porcentaje de Residuos Disposición Final del Anexo 2

Se logró describir, identificar las actividades que se realizarán en cada una de las zonas donde se realiza la disposición final de RCD, además que podrían significar puntos críticos de contaminación e impactos ambientales negativos al Medio Ambiente.

Fue repetitivo durante el desarrollo de las encuestas y entrevistas realizadas, que existe una falta de control por parte de las autoridades municipales, siendo éste uno de los principales problemas asociados a la disposición de los escombros en lugares clandestinos, y mientras se continúe trabajando de manera desarticulada el panorama para el manejo de los escombros será siempre incierto.

Las escombreras o vertederos de RCD, requieren de requisitos técnicos en cuanto a la calidad de los escombros que reciben. Plásticos, metales, madera y otros residuos se consideran contaminantes y no pueden ser dispuestos en conjunto con los residuos de concreto y ladrillo. Por lo tanto, son considerados residuos mixtos y dispuestos en el relleno sanitario de Lechuguillas. En Sucre hay deficiencias en la separación de los residuos generados en Obras lo cual dificulta su disposición en los vertederos y termina siendo dispuesto en el Relleno Sanitario de Lechuguillas que cada vez pierde su vida útil.

La disposición de RCD en vertederos es una práctica ambientalmente adecuada a medida que se utilizan residuos inertes para establecer áreas degradadas. Sin embargo, dada la caracterización de los Residuos de demolición y construcción que se generan en Sucre, muestra que no solo son inertes los residuos resultantes en obras de construcción.

A nivel municipal en el tema de aprovechamiento, no existe una política o reglamentación clara con incentivos que permitan la revalorización y reutilización de material, lo que conlleva a la disminución de la vida útil de los sitios de disposición final.

Las mayores dificultades para el aprovechamiento y tratamiento de los RCD en obras de construcción y demolición, es la escasa clasificación y separación de los residuos en origen ya que no se realiza la demolición selectiva. Otro aspecto es la dificultad de estimar un valor exacto o aproximado real de la generación de estos residuos y la imposibilidad de tratar o hacer una gestión adecuada por separado de cada uno de los RCD generados en la mayoría de los casos por cuestiones económicas (costos elevados) o las dificultades técnicas de transporte.

En cuanto a la valorización de los escombros, la falta de iniciativas y proyectos para el aprovechamiento o reciclaje de los RCD, sobrecarga las escombreras y/o vertederos asignados.

Como parte del alcance de este estudio, se elaboró una propuesta para gestión de los residuos de construcción y demolición, enfocado en las estrategias de reducción y revalorización de estos residuos. Para la reducción y minimización de los residuos generados en la demolición existen varias opciones, pero esto dependerá esencialmente del generador, una buena opción será separar los materiales para utilizarlos productos nuevos ya existen oportunidades de reutilización de los residuos, y/o finalmente ser dispuestos en un vertedero para residuos de construcción y demolición.

Mediante la propuesta de gestión de RCD, se sugiere diseñar e implementar un modelo eficiente y sostenible de gestión de los escombros de RCD en la ciudad, apuntando por la mayor recuperación y reincorporación al proceso constructivo de la ciudad y por la utilización de plantas de reciclaje, lo que conllevará a un gran avance en la gestión integral de residuos en la ciudad de Sucre.

Se ha evaluado tanto la producción como los consumos de los RCD y la posibilidad de apertura de una nueva planta de tratamiento de RCD, proyectada a mediano plazo.

El proyecto de recuperación de RCD en Sucre es una iniciativa viable y sostenible que tiene el potencial de generar importantes beneficios ambientales, sociales y económicos para la ciudad. Se recomienda seguir adelante con el desarrollo del proyecto y buscar

Implementar una propuesta de revalorización de RCD, requerirá una colaboración activa entre el gobierno, el sector privado, la sociedad civil y la comunidad en general. Sin embargo, con un enfoque integral y medidas concretas, Bolivia puede avanzar hacia una gestión más sostenible de los residuos de construcción y demolición.

En conclusión, el proyecto de recuperación de residuos de construcción y demolición en Bolivia es una iniciativa crucial para abordar los desafíos ambientales y promover la sostenibilidad en el sector de la construcción.

La recuperación de RCD en la ciudad de Sucre, tendrá un impacto ambiental positivo significativo, ya que contribuirá a reducir la cantidad de residuos enviados a vertederos, disminuir la contaminación del suelo y el agua, conservar los Recursos Naturales y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero.

Los materiales recuperados en una planta de tratamiento de RCD podrán ser revalorizados y nuevamente incorporados al ciclo económico, mediante la reutilización, el reciclaje y la valorización energética. Los materiales como ladrillos, bloques y vigas de concreto serán reutilizados en nuevas construcciones. Los materiales como el metal, el plástico y el vidrio serán reciclados y convertidos en nuevos productos. Algunos materiales como la madera y los residuos orgánicos pueden ser utilizados para la generación de energía.

Al mismo tiempo, la recuperación de RCD en la ciudad de Sucre, podrá tener un impacto social y económico positivo, ya que ayudará a crear empleos verdes, promover la economía circular en el sector de la construcción, reducir los costos de construcción y mejorar la calidad de vida de la población.

## 1.2. RECOMENDACIONES.

Gracias a las conclusiones y características de las actividades que se realizaron durante la realización del Estudio, es imprescindible la aplicación de recomendaciones y medidas planteadas, éstas ayudarán a desarrollar una gestión más controlada y ambientalmente objetiva enfocada en el Desarrollo Sostenible.

- Se recomienda, sensibilizar y capacitar a los actores del sector de la construcción sobre la importancia de la minimización y reducción de RCD, promover la investigación y desarrollo de nuevas tecnologías para la gestión de RCD y fomentar la participación de la comunidad en la gestión de RCD en la ciudad de Sucre.
- Debe de haber mayor aceptación por parte de los consumidores, para que los áridos derivados de los RCD adecuadamente preparados, puedan ser utilizados para desplazar a los áridos naturales. Los áridos derivados de los RCD no deben de ser discriminados únicamente sobre la base de su origen.
- Mientras no exista un cambio de mentalidad y una intención de compromiso por incrementar el ciclo de vida de los productos o de los materiales de tal manera que se reduzca la producción de escombros, todo esfuerzo será innecesario.
- Las prácticas de revalorización y reutilización a partir de la recuperación de RCD y componentes constructivos, serán eficientes desde el punto de vista ecológico, pero también desde el punto de vista económico, ya que la recuperación de materiales puede ser el punto de partida para generar un mercado alternativo de productos, que por haber sido utilizados anteriormente, resulten más económicos.
- Es importante destacar que el impacto ambiental positivo de una planta de tratamiento de RCD dependerá en gran medida de su gestión eficiente y responsable. Para ello se recomienda implementar prácticas que minimicen el consumo de agua y energía, la generación de residuos y las emisiones contaminantes.
- Será importante realizar un estudio de factibilidad detallado que considere todos los costos involucrados para estimar con precisión la inversión financiera necesaria para establecer una Planta de Tratamiento de RCD en la ciudad de Sucre.

- La minimización y reducción de los RCD en Bolivia es un desafío que requiere un esfuerzo conjunto de los diferentes actores del sector de la construcción, el gobierno y la sociedad civil. La implementación de las estrategias propuestas en esta propuesta puede contribuir a un sector de la construcción más sostenible y responsable con el medio ambiente.
- La gestión y manejo de los RCD en la ciudad de Sucre, es un reto que tiene no solo la comisión y autoridad municipal, sino la ciudadanía misma en general con relación a la necesidad de construir un futuro ambiental y sostenible. Este reto no se conseguirá de un día para otro, ya que será necesario el trabajo de todos los actores involucrados en la gestión, la sensibilización de la población, claridad en lo que debe hacer y no debe hacer cada actor, y una normativa clara en relación a este tema.
- Para lo cual es altamente recomendable, tanto el Gobierno Nacional y Departamental, promuevan políticas públicas que priorice la creación de disposiciones municipales efectivas para la prevención y la reducción de la generación de Residuos de Construcción, junto con un enfoque en la gestión integral de los residuos que se generan. Esto implica implementar normativas específicas que impulse la Economía Circular, la Reducción en la fuente, la Reutilización, el Reciclaje y la Revalorización, así como garantizar un manejo adecuado de los RCD que no puedan ser gestionados de otra manera.
- Programar de manera preliminar la estructura de la Planta de Revalorización de RCD. El método de análisis desarrollado podrá ser aplicable a otras ciudades aparte de Sucre. Los resultados obtenidos corresponderán al momento concreto de realización del proyecto, pero la herramienta está pensada para ser desarrollada en situaciones futuras, o en otras zonas o mercados potenciales, siendo por lo tanto, un trabajo con vocación dinámica.
- Para poder llevar a cabo la implementación de una Planta de Tratamiento de RCD en la ciudad de Sucre, se recomienda contar con una fuente de financiamiento que incluya la inversión pública, inversión privada, préstamos bancarios y posibles donaciones de organismos internacionales.

- Se recomienda la implementación de una Planta de Revalorización y reutilización de RCD de manera coordinada entre el gobierno, el sector privado y la sociedad civil, con un enfoque integral y sostenible.
- Para ello se recomienda, un trabajo conjunto entre el G.A.M.S., empresas privadas y población en general. Ya que la participación conjunta del municipio y las empresas privadas será fundamental para una correcta Gestión eficiente de los RCD. El municipio, como autoridad local, es responsable de implementar políticas y normativas, así como de coordinar esfuerzos con la comunidad. Las empresas privadas, por otro lado, pueden ofrecer soluciones tecnológicas, logísticas y financieras, contribuyendo a la optimización de la gestión de RCD y el funcionamiento de una Planta de Tratamiento.
- Se recomienda para la ejecución y operación de la Planta de Tratamiento de RCD, cumplir con todas las normativas ambientales vigentes y, de seguridad y salud en el Trabajo, tanto para trabajadores como para la ciudadanía involucrada en general. Para lo cual, será fundamental incluir en los presupuestos los trámites de Licencias Ambientales y Programas de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo, mismos que incluirán Programa de Mitigación Ambiental o Plan de Manejo Ambiental, Análisis de Riesgos y Plan de Contingencias, Rutas de Conducción, Planes de Evacuación, Plan de Señalética, entre otros.
- Finalmente, será necesaria la realización de un Estudio de mercado y un Estudio de Factibilidad Económica a mayor profundidad y un estudio de mercado sobre la base de la presente propuesta, para determinar la rentabilidad de la misma. Para ello se podrán utilizar indicadores económicos y otros indicadores como el Retorno de la inversión, Punto de Equilibrio, el TIR, VAN, y la relación beneficio / costo.
- Se recomienda que los Estudios de Factibilidad Económica tomen como documento base, los resultados investigados en el presente Trabajo de Grado, ya que en principio la relación del material recuperado frente al material desechado en la Planta de Tratamiento de RCD, es del 39 % de posible beneficio económico. Al reutilizar los RCD, se reducirá los costos de producción, también ayudará a reducir la demanda de materias primas, lo que puede generar ahorros significativos para todas las empresas del rubro de construcción.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- Amaya Ana María. (2020). Análisis del aprovechamiento y disposición final de los residuos de construcción y demolición durante el ciclo de vida de los proyectos civiles en la ciudad de Barranquilla.
- Bran Bedoya Alexis. (2011). Propuesta para el Manejo Integral de los Residuos de la Construcción y la Demolición.
- Chica Osorio Lina y Beltrán Montoya Juan. (2017). Caracterización de residuos de demolición y construcción para la identificación de su potencial de reúso.
- Contreras Maeva. (2009). Planta de Tratamiento Integral de Residuos de da Construcción y Demolición.
- Convery Design Engineering CDE Group Holdings. (2020). Empresa líder en plantas de procesamiento.
- De Santos Marián, Monercillo Delgado Belén y García Martínez Augusto. (2011). Gestión de Residuos en las obras de Construcción y Demolición.
- Franquet Bernis Josep y Querol Gómez Antonio. (2010). Nivelación de Terrenos por Regresión Tridimensional.
- Gaitán Castiblanco María. (2008). Lineamientos para la gestión Ambiental de Residuos de Construcción y Demolición (RCD) en Bogotá.
- Gobierno Autónomo Municipal de Sucre. (2016). Plan Territorial de Desarrollo Integral. Sucre – Bolivia. 2016 – 2020.
- Instituto Nacional de Estadística. Bolivia. (2021).
- Pacheco Bustos Carlos y Fuentes Pumarejo Luis. (2017), Residuos de construcción y demolición (RCD), una perspectiva de aprovechamiento para la ciudad de Barranquilla desde su modelo de gestión.
- Parlamento Europeo. (2008). Ministerio de la Presidencia de España.
- Riveros Yazmin. (2022). Transporte y disposición final de residuos de construcción y demolición no hacen parte del servicio público de aseo.
- Romero Emilio. (2007). Residuos de Construcción y Demolición.

- RPCA – Reglamento de Prevención y Control Ambiental. (1995). Decreto Supremo N° 24176, de 8 de diciembre de 1995, Título I Disposiciones Generales, Capítulo I del Objeto y Ámbito de Aplicación, Capítulo III de las Siglas y Definiciones.
- Vargas Meneses, Rodrigo. (2016). Estudio de Caracterización y Propuestas de Revalorización de Residuos de Construcción y Demolición en la Ciudad de Cochabamba.

## **BIBLIOGRAFÍA.**

- **ASOCIACIÓN SOCIAL POPULAR.** (2005). Estudio para el diseño de valorización de residuos de escombros, mediante un sistema de gestión integral de los mismos para la producción más limpia en la ciudad de Medellín. Secretaría del Medio Ambiente. Medellín.
- **BEDOYA, Carlos Mauricio.** (1998). Confección del concreto reciclado mediante el aprovechamiento de residuos de la construcción. Trabajo de grado, Escuela de construcción. Universidad Nacional de Colombia. Medellín.
- **BEDOYA, C.** (2003). El Concreto Reciclado con Escombros como Generador de Hábitats Urbanos Sostenibles. Universidad Nacional de Colombia – Medellín.
- **BOJACA, N.** (2008). Concreto Sostenible como Alternativa Estructural, Ambiental y Económica en la Construcción de Obras Civiles. Escuela Colombiana de Ingeniería.
- **BOTERO, L. G.** (2003). Sostenibilidad de la disposición de escombros de construcción y demolición en Bogotá. Tesis Universidad de los Andes.
- **BRAN BEDOYA, Alexis.** (2011). Propuesta para el manejo integral de los residuos de la construcción y la demolición. Caso de Aplicación - Medellín, Antioquia.
- **CAÑIZA, Hugo Enrique,** (2012). Evaluación de Impacto Ambiental en Paraguay.
- **CARVAJAL, E.** (2009). Impacto Ambiental y Social del Vertimiento de Residuos Sólidos y Escombros Sobre la Calidad del Río Medellín y Algunos de sus Afluentes. El Ágora Vol. 9, p .225 - 265.
- **CASADO ALEJOS, Luis María** (2010). Estudio de viabilidad económica del negocio de Reciclaje de Residuos de Construcción y Demolición en la Comunidad de Madrid & Diseño Planta de Reciclaje. Universidad Carlos III de Madrid – España.
- **CONTRALORÍA GENERAL DE MEDELLÍN.** (2000). Plan de manejo ambiental para los centros de acopio de los escombros. En I seminario-taller Gestión ambiental en el Municipio e Medellín.
- **DÍAZ BAJO, Laura.** (2015). Proyecto para la instalación de una planta de tratamiento de residuos de construcción y demolición en la comunidad de Madrid.

- **ESCANDÓN MEJIA, Juan Camilo**, (2011). Diagnóstico Técnico y Económico del aprovechamiento de Residuos de Construcción y Demolición en edificaciones en la ciudad de Bogotá, (p. 10). Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá – Colombia.
- **GAITÁN CASTIBLANCO, María**, (2013). Lineamientos para la gestión ambiental de residuos de construcción y demolición (RCD) en Bogotá D.C.
- **LARRAÑAGA, M. E.** (2009). Una visión del reciclaje a nivel internacional. Manejo de los residuos de Construcción y demolición, de la Comunidad Cubana.
- **MENA, E. G.** (2014). Estudio de gestión de residuos de construcción y demolición de una vivienda plurifamiliar.
- **MERCANTE, Irma.** (2007). Caracterización de residuos de la construcción. Aplicación de los índices de generación a la gestión ambiental. Revista Científica de Primavera UCES.
- **MERCANTE, I. T., BOVEA, M. D. & LLAMAS, S.** (2011). Capítulo 15 Residuos de construcción y demolición, del libro “Residuos Sólidos: un enfoque multidisciplinario”.
- **ROCHA OSORIO, Cristian.** (2015). Aprovechamiento y revalorización de residuos de la construcción y demolición generados por un evento adverso para la construcción de obras civiles sostenibles. Universidad Católica de Manizales.
- **SALAZAR, Alejandro.** (1998). Diseño de materiales con residuos sólidos industriales, Medellín. Cátedra viajera Corona. Bogotá – Colombia.
- **SERRANO, M., & FERREIRA, S.** (2009). Aprovechamiento de los Escombros para la Producción de Concreto. II Simposio Iberoamericano de Ingeniería de Residuos, (p. 32).
- **UNIÓN INTERNACIONAL PARA LA CONSERVACIÓN DE LA NATURALEZA Y DE LOS RECURSOS NATURALES, (UICN).** (2008). Guía de manejo de escombros y otros residuos de la construcción.
- **VARGAS HERNÁNDEZ, Maciel.** (2019). Investigación sobre el manejo de residuos en construcción entre Europa, América y Colombia. Universidad Militar Nueva Granada. Bogotá – Colombia.
- **VARGAS MENESES, Rodrigo.** (2016). Estudio de Caracterización y Propuestas de Revalorización de Residuos de Construcción y Demolición en la Ciudad de Cochabamba. Cochabamba - Universidad Católica Boliviana, Departamento de Ciencias Exactas e Ingeniería.

# **ANEXO 1**

## **LISTA DE ABREVIATURAS Y GLOSARIO DE TÉRMINOS**

## **LISTA DE ABREVIATURAS**

**AOP:** Actividad, Obra, o Proyecto.

**CCA:** Control de Calidad Ambiental.

**CEPAL:** Comisión Económica para América Latina y el Caribe.

**ECE:** Comisión Económica Europea.

**II PNRC:** II Plan Nacional de Residuos de Construcción y Demolición.

**LA:** Licencia Ambiental.

**LER:** Lista Europea de Residuos (LER)

**GERD:** Asociación Nacional de Gestores de Residuos de Construcción y Demolición

**MAVDT:** Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial de Colombia.

**MMA:** Ministerio de Medio Ambiente.

**ONG:** Organización No Gubernamental.

**ONU:** Organización de las Naciones Unidas.

**PGIRCD:** Plan de Gestión Integrada de los Residuos de Construcción y Demolición de la Comunidad de Madrid 2002-2011

**PNIR:** Plan Nacional Integral de Residuos (2007-2015)

**PNRC:** Plan Nacional de Residuos de Construcción y Demolición 2001-2006.

**PNUMA:** Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente.

**RCD:** Residuo de Construcción y Demolición.

**UE:** Unión Europea.

**UNESCO:** Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura.

## **GLOSARIO DE TÉRMINOS.**

**Almacenamiento.** El depósito temporal de residuos, con carácter previo a su valorización o eliminación, por tiempo inferior a dos años o a seis meses si se trata de residuos peligrosos, a menos que reglamentariamente se establezcan plazos inferiores.

**Contaminación.** Grado de concentración de elementos químicos, físicos, biológicos o energéticos por encima del cual se pone en peligro la generación o el desarrollo de la vida, provocando impactos que ponen en riesgo la salud de las personas y la calidad del medio ambiente.

**Desarrollo Sostenible.** Satisfacer las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer las posibilidades de las del futuro para atender sus propias necesidades. (Informe Brundtland – 1987).

**Deterioro ambiental.** Modificación que disminuye la calidad ambiental como consecuencia de una acción humana.

**Ecología.** Ciencia que estudia la distribución y abundancia de los seres vivos.

**Ecosistema.** Unidad básica de estudio de la naturaleza.

**Evitar.** Eliminar un impacto.

**Gestión.** La recogida, el almacenamiento, el transporte, la valorización y la eliminación de los residuos, incluida la vigilancia de estas actividades, así como la vigilancia de los lugares de depósito o vertido después de su cierre.

**Impacto ambiental.** Cambio significativo en un parámetro ambiental en un período específico y en un área definida como resultado de una actividad particular, comparado con la situación que habría resultado sin acción.

**Medidas de prevención.** Diseño y ejecución de obras o actividades encaminadas a anticipar los posibles impactos negativos que un proyecto, obra o actividad pueda generar sobre el entorno humano y natural.

**Medio ambiente.** Entorno biofísico y sociocultural que condiciona, favorece, restringe o permite la vida.

**Mitigación.** Diseño y ejecución de obras o actividades dirigidas a moderar, atenuar, minimizar o disminuir los impactos negativos que un proyecto, obra o actividad pueda generar sobre el entorno humano y natural.

**Monitoreo.** Obtención espacial y temporal de información específica sobre el estado de las variables ambientales, destinada a alimentar los procesos de seguimiento y fiscalización ambiental.

**Plantas de Transferencia.** Son instalaciones para el depósito temporal de residuos de la construcción que han de ser tratados o eliminados en instalaciones localizadas a grandes distancias. A veces es posible realizar la separación y clasificación de las fracciones de los residuos con lo que se mejora la gestión en las plantas de valorización y depósitos controlados que constituyen su destino final.

**Plantas de valorización.** Son instalaciones de tratamiento de los residuos de la construcción en las que se depositan, seleccionan, clasifican y valorizan las diferentes fracciones que contienen estos residuos, con el objetivo de obtener productos finales aptos para su utilización.

**Política ambiental.** Conjunto de los esfuerzos políticos para conservar las bases naturales de la vida humana y conseguir un desarrollo sustentable.

**Preservación.** Medida de gestión que permite la mantención de los ecosistemas y ambientes impidiendo cualquier intervención que altere sus características esenciales.

**Reciclado.** La transformación de los residuos, dentro de un proceso de producción, para su fin inicial o para otros fines, incluido el compostaje y la biometanización pero no la incineración con recuperación de energía.

**Recogida selectiva.** El sistema de recogida diferenciada de materiales orgánicos fermentables y de materiales reciclables, así como cualquier otro sistema de recogida diferenciada que permita la separación de los materiales valorizables contenidos en los residuos.

**Restauración.** Reconponer las condiciones originales de ambientes deteriorados.

**Valorización.** Todo procedimiento que permita el aprovechamiento de los recursos contenidos en los residuos sin poner en peligro la salud humana y sin utilizar métodos que puedan causar perjuicios al medio ambiente.

**Vertederos controlados.** Son instalaciones para el vertido de residuos inertes de la construcción que, de forma controlada, van a estar depositados por un tiempo superior a un año.

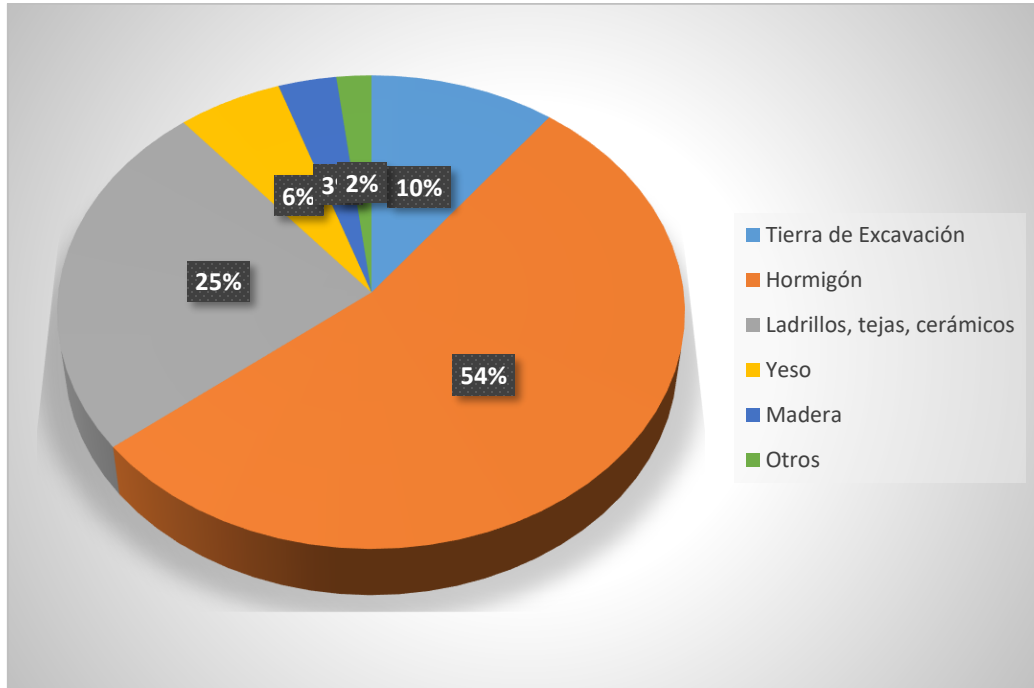
**ANEXO 2**

**RESULTADOS CARACTERIZACIÓN DE**

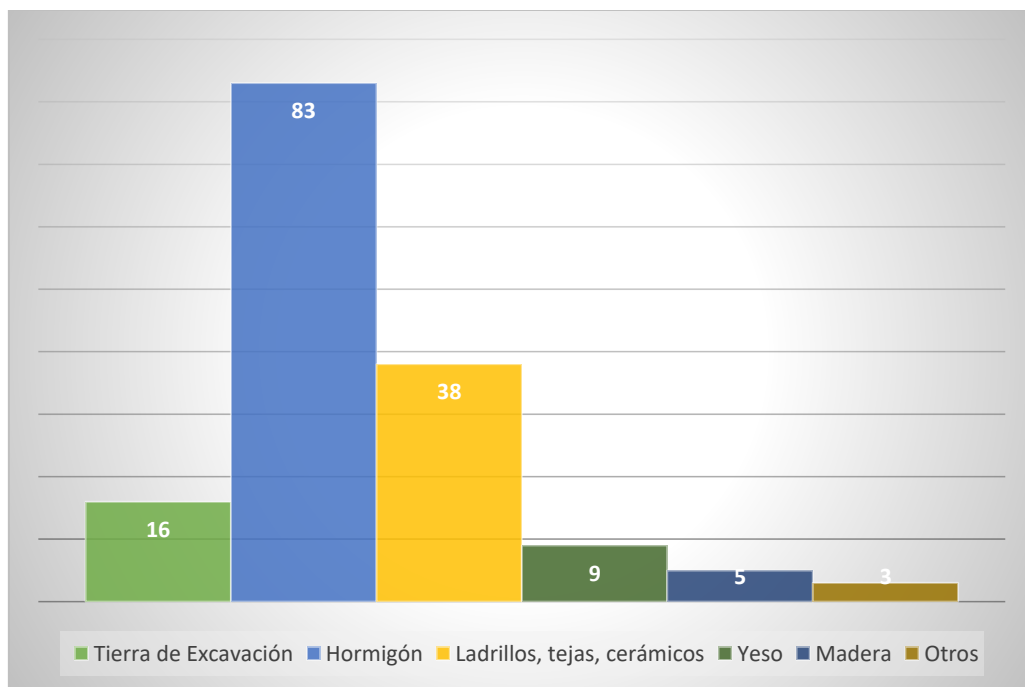
**RESIDUOS DE DEMOLICIÓN**

## CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS DE DEMOLICIÓN

### PORCENTAJE DE RESIDUOS DE DEMOLICIÓN DE VIVIENDA

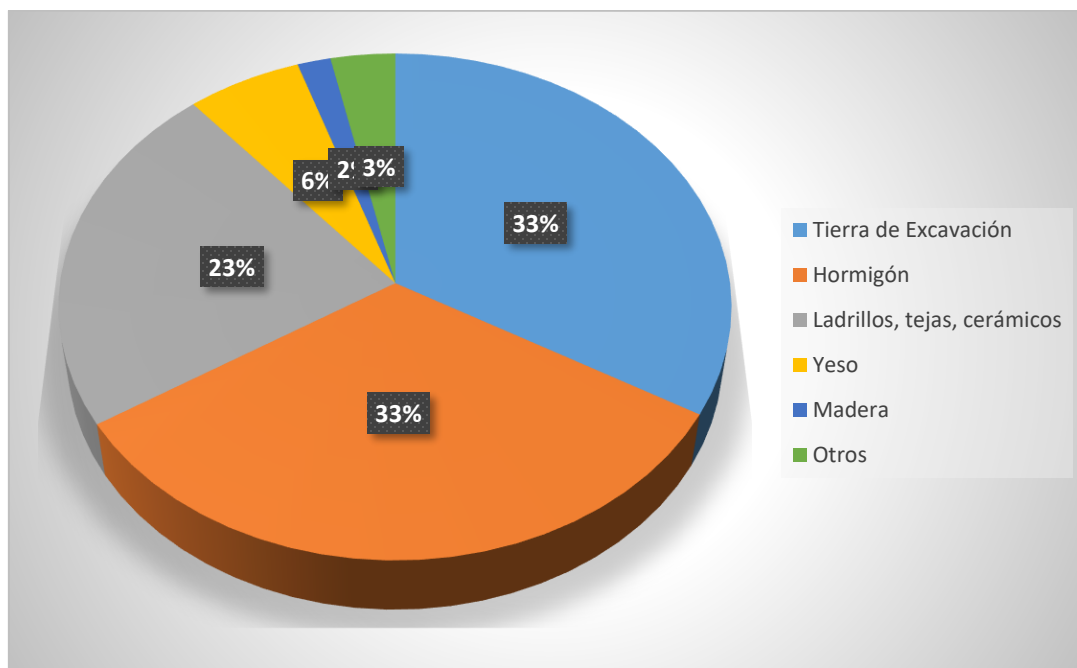


### VOLUMEN DE RESIDUOS DE DEMOLICIÓN DE VIVIENDA

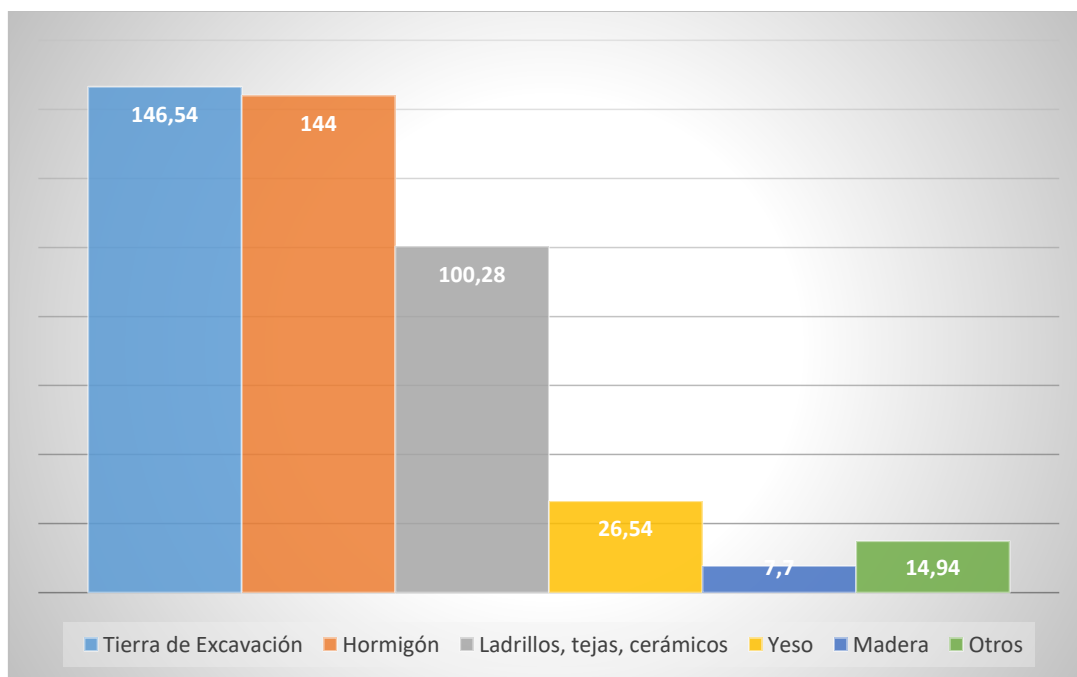


## CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS DE DEMOLICIÓN EN BUZONES

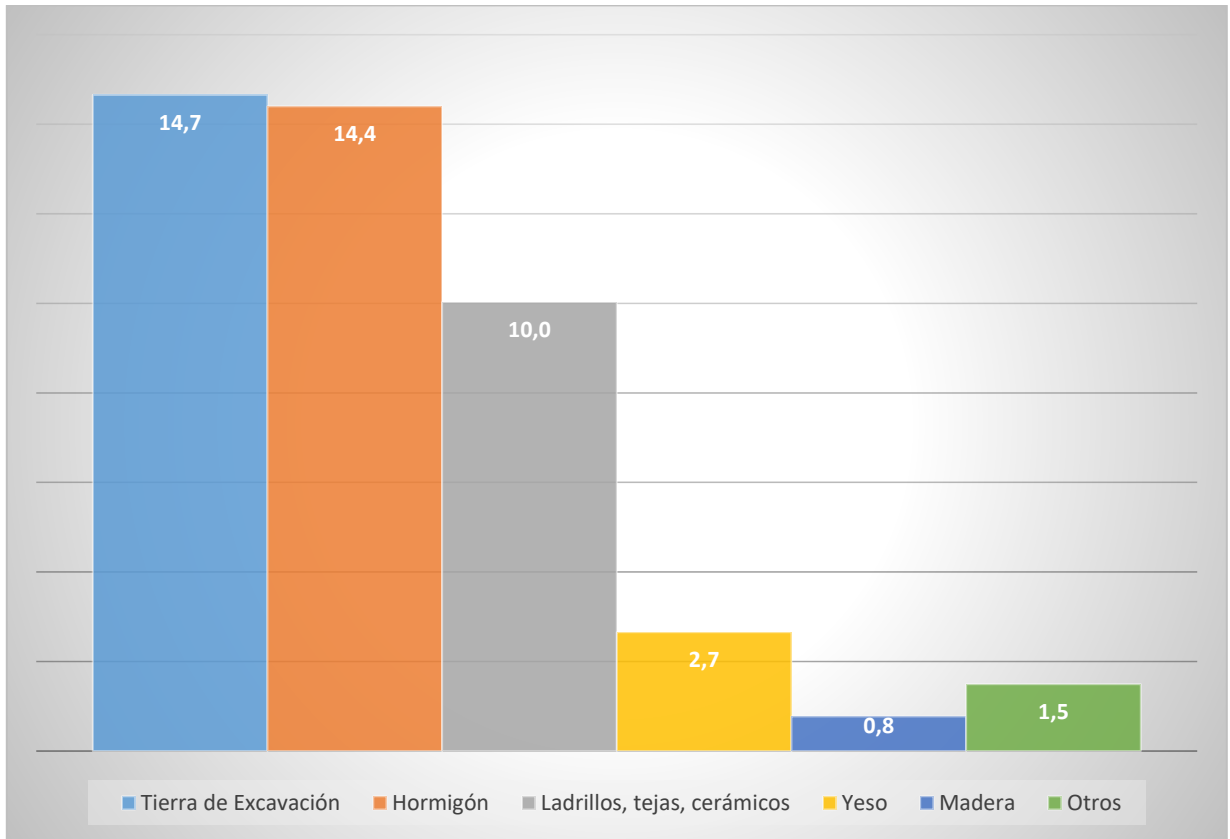
### PORCENTAJE DE RESIDUOS DISPOSICIÓN FINAL



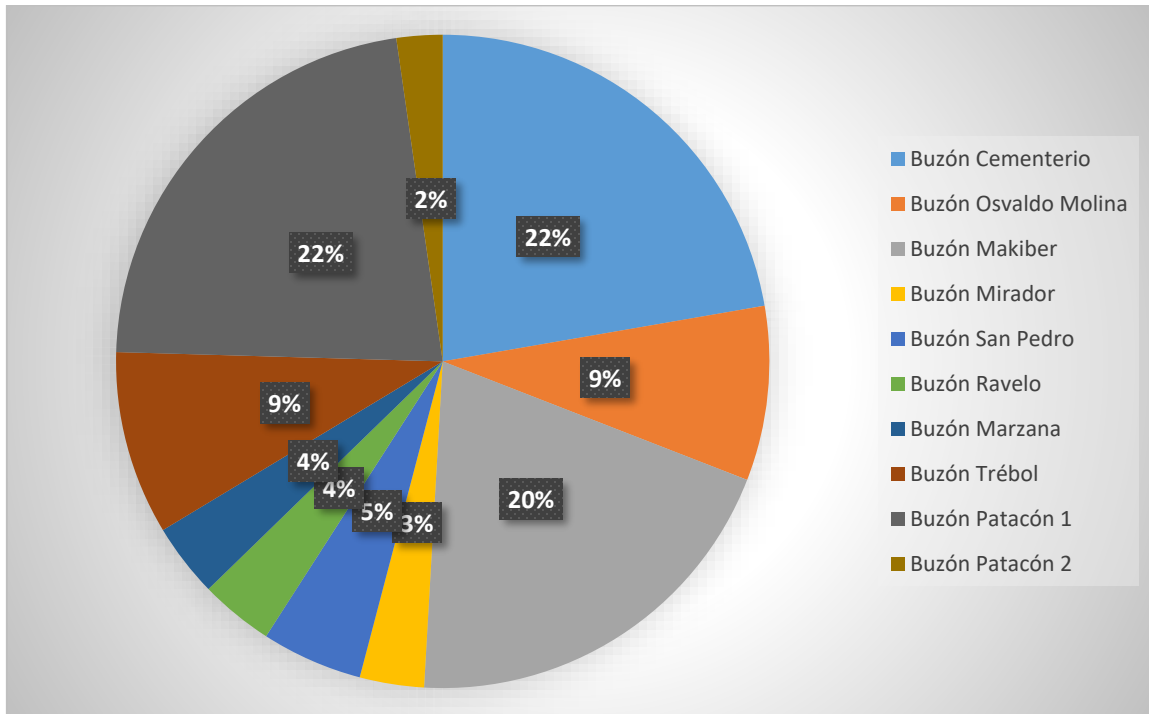
### VOLUMEN DE RESIDUOS DISPOSICIÓN FINAL



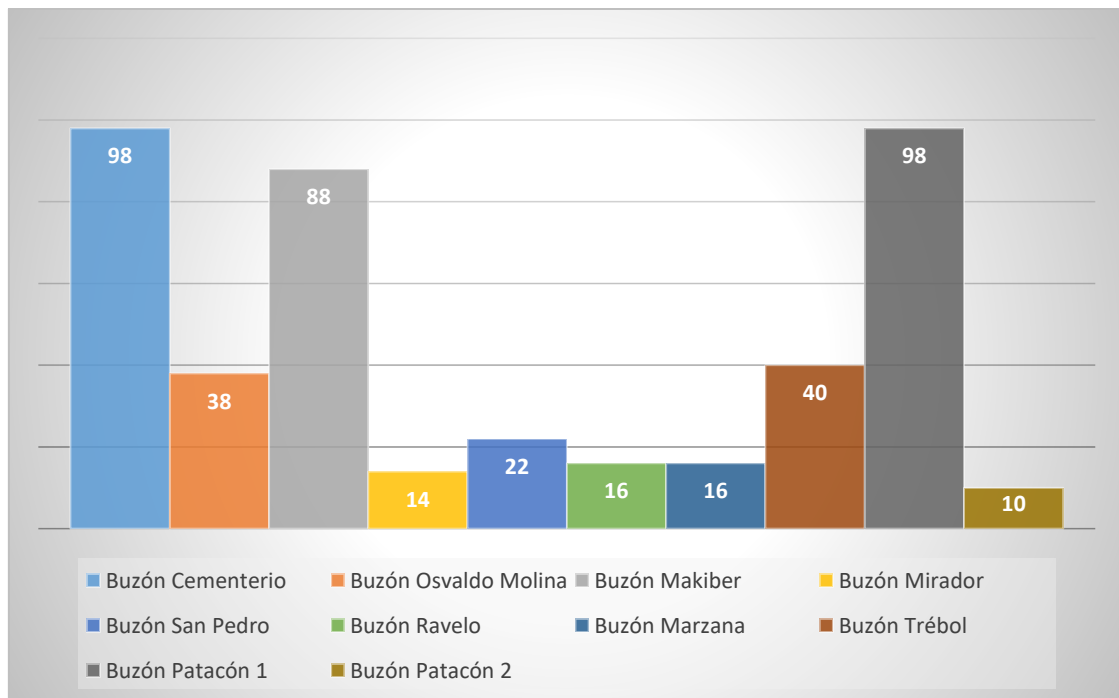
## VOLUMEN PROMEDIO DE RESIDUOS DISPOSICIÓN FINAL



## DISTRIBUCIÓN DE RESIDUOS DE DEMOLICIÓN EN BUZONES

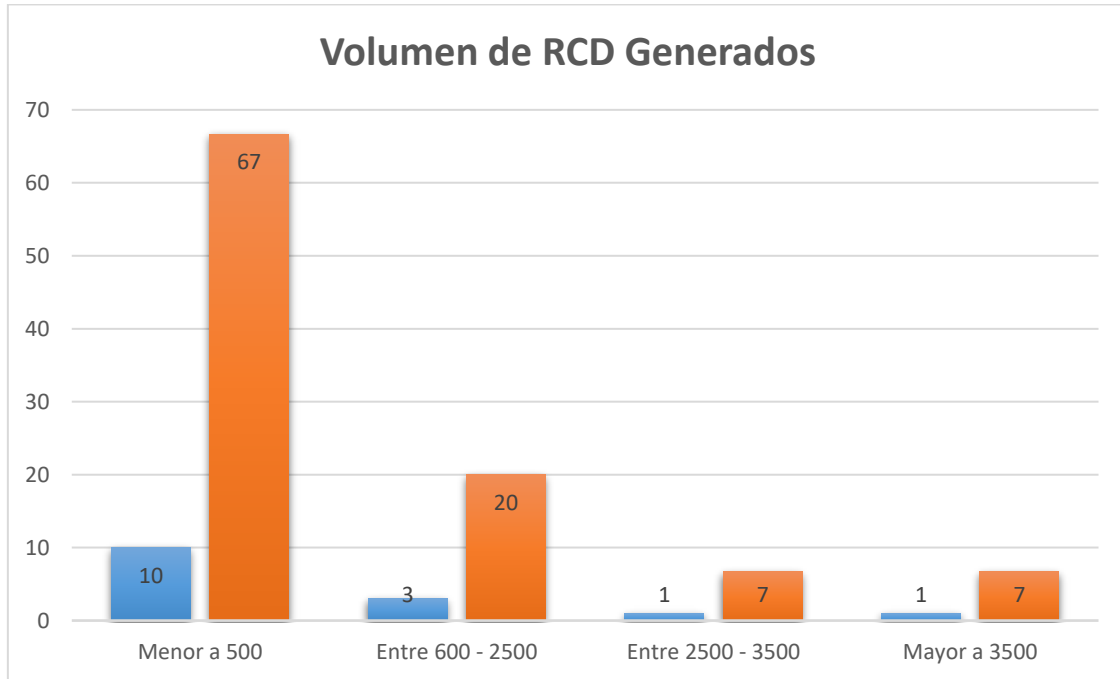


## VOLUMEN DE RESIDUOS DE DEMOLICIÓN EN BUZONES

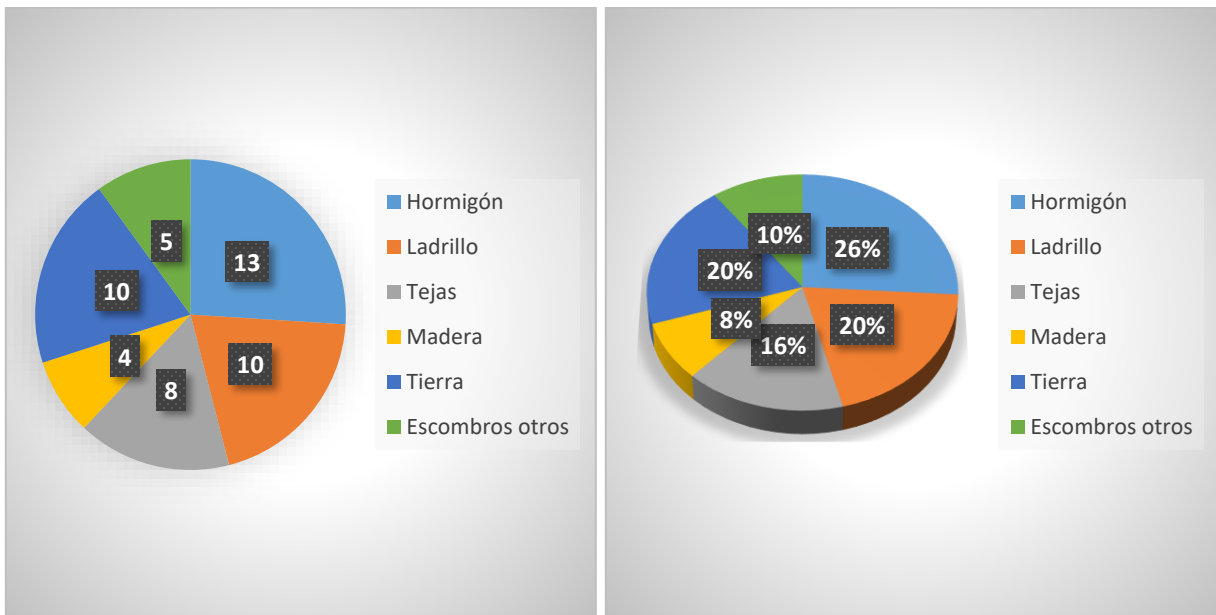


**ANEXO 3**  
**RESULTADOS ENCUESTAS**

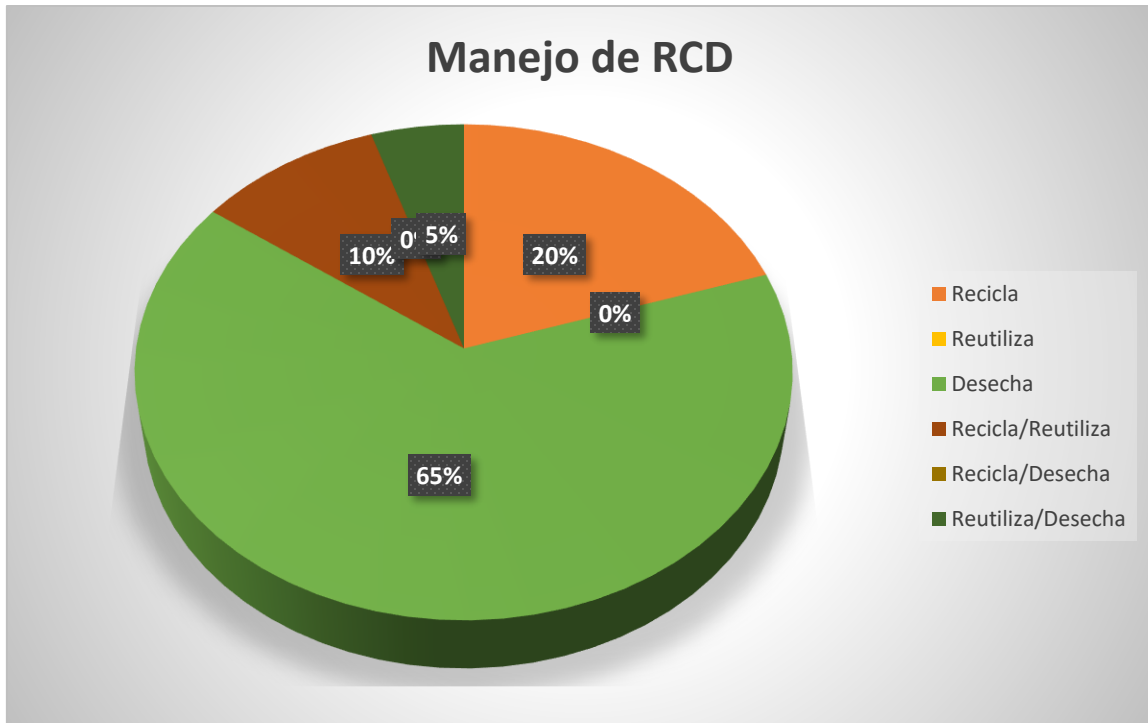
¿Cuál es el volumen (m<sup>3</sup>) de generación de escombros (RCD)?



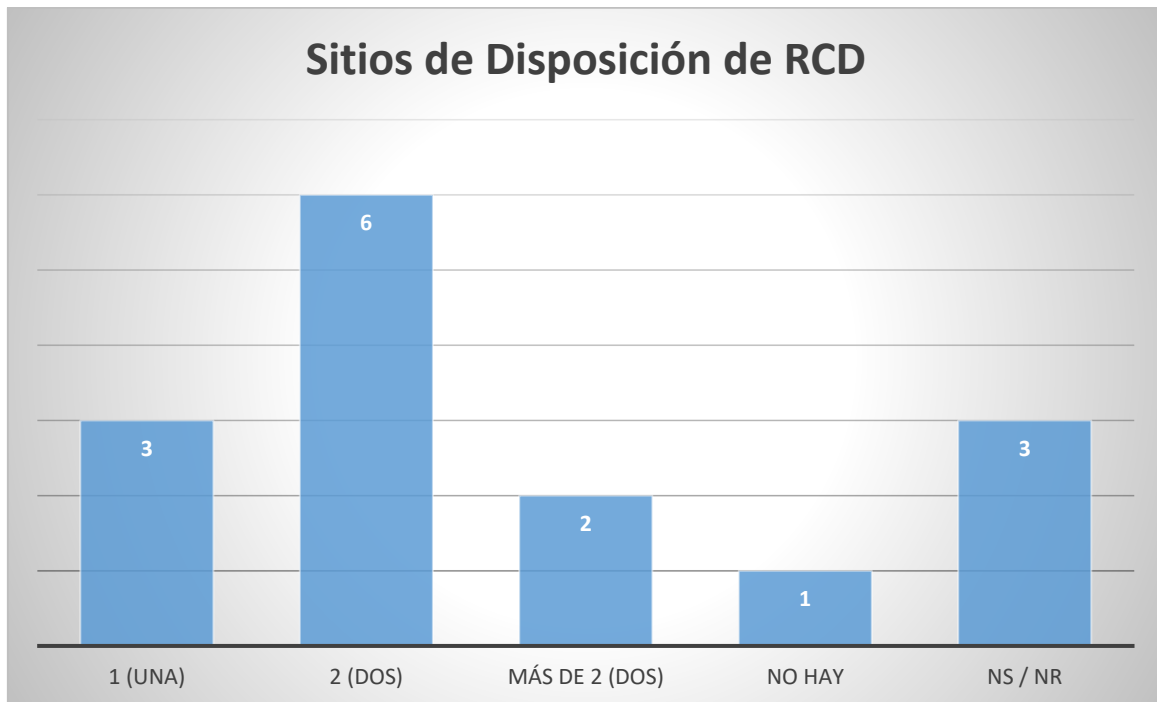
¿Qué tipo de Residuos de Demolición (RCD) se genera en su mayoría?



¿Cuál es el manejo que se le está dando a los RCD en la ciudad de Sucre?

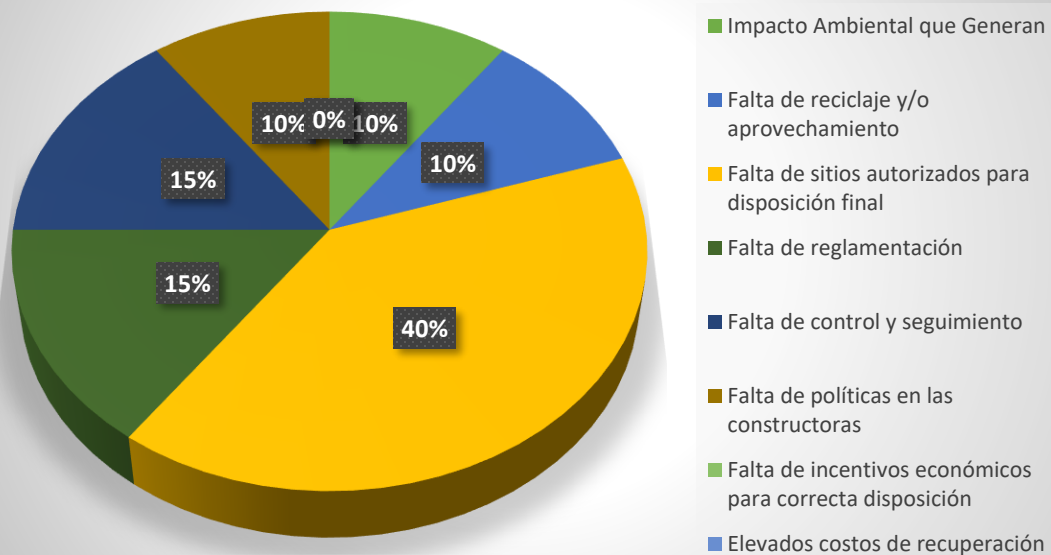


¿Cuántos lugares autorizados conoce para disposición de RCD en la ciudad de Sucre?



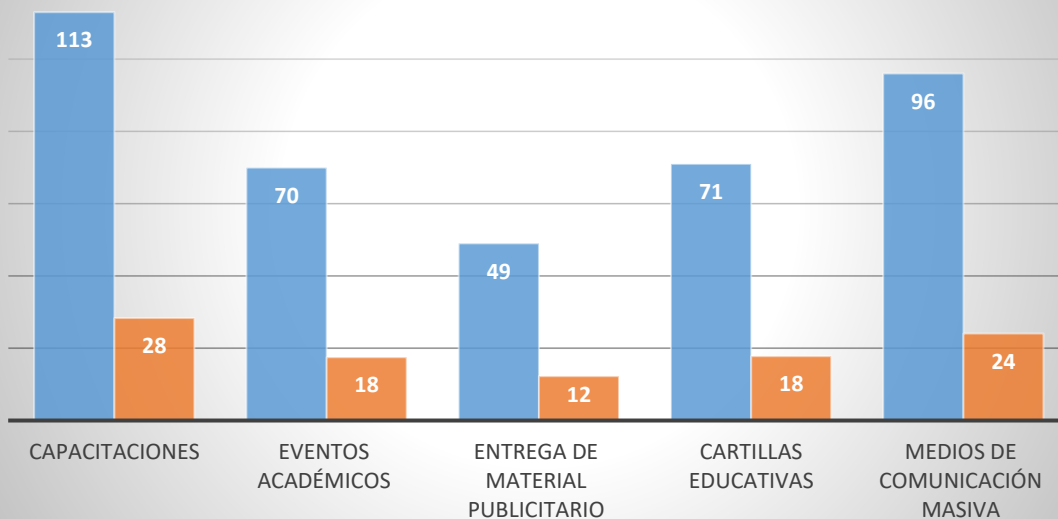


## Problemática Ambiental de los RCD

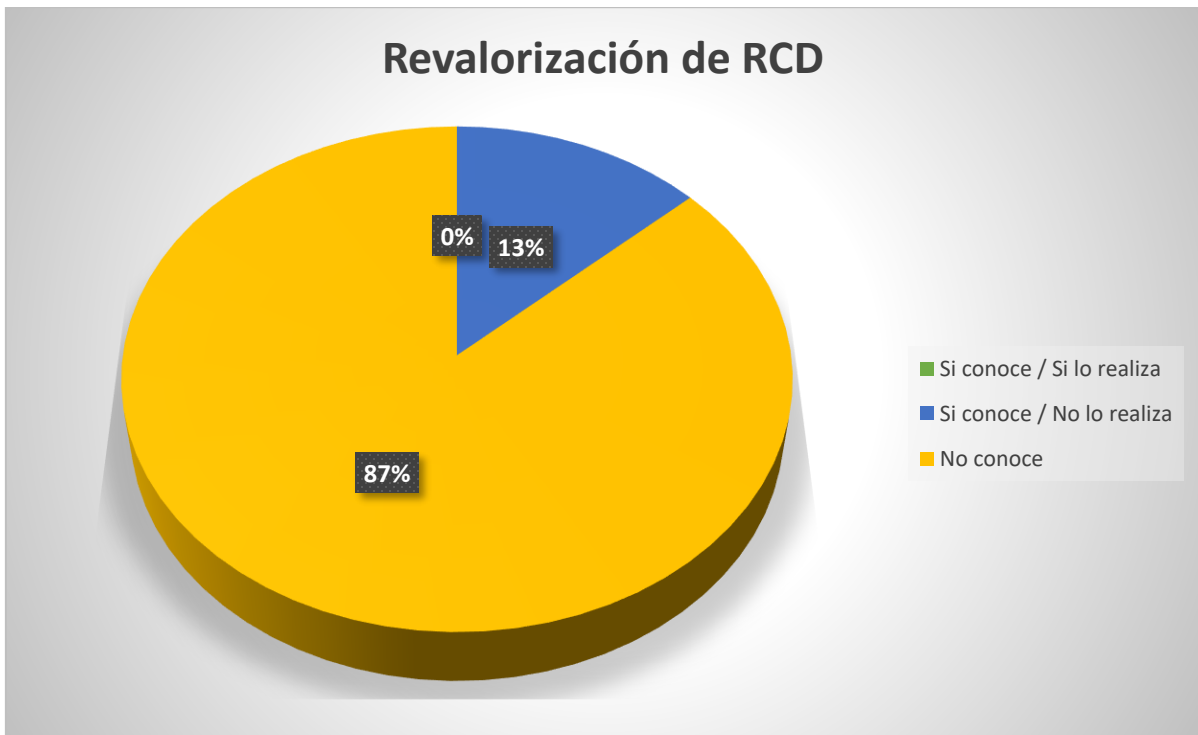


En materia de capacitación y sensibilización sobre la gestión ambiental de Residuos de Demolición (RCD) en la ciudad de Sucre, ¿cuáles estrategias considera más efectivas para llegarle a los diferentes actores?

## Estrategia de Sensibilización



**¿Conoce el termino revalorización de Residuos de Construcción y Demolición, o RCD? e implementa alguna estrategia de este tipo dentro de las actividades?**



**ANEXO 4**  
**ENCUESTAS REALIZADAS**

**Levantamiento de información: Identificación y Revalorización de Residuos de Construcción y Demolición en la Ciudad de Sucre. David A. Verástegui Velasco**

**UNIVERSIDAD MAYOR, REAL Y PONTIFICIA DE  
SAN FRANCISCO XAVIER DE CHUQUISACA**

**CENTRO DE ESTUDIOS DE POSTGRADO E INVESTIGACIÓN**

**MAGISTER EN GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS Y AGUAS  
RESIDUALES**

**ENTREVISTA A EXPERTOS**

Le agradecemos su disponibilidad y colaboración a la respuesta de la presente entrevista, que redundará en aportes para la caracterización de Residuos de Demolición (RCD) en la ciudad de Sucre

**Nombre:**

**Fecha:**

1. ¿Cuál es el volumen ( $m^3$ ) de generación de escombros (RCD)?
2. ¿Qué tipo de Residuos de Demolición (RCD) se genera en su mayoría?
3. ¿Cuál es el manejo que se le está dando a los RCD en la ciudad de Sucre?
4. ¿Cuántos lugares autorizados conoce para disposición de RCD en la ciudad de Sucre?

5. ¿Cuáles son los lugares autorizados que conoce para disposición de RCD en la ciudad de Sucre?

6. De acuerdo a su conocimiento sobre el tema, ¿Cuál cree que es la principal problemática ambiental asociada a los residuos de construcción y demolición (RCD) en la ciudad de Sucre?

7. En materia de capacitación y sensibilización sobre la gestión ambiental de Residuos de Demolición (RCD) en la ciudad de Sucre, ¿cuál de las siguientes estrategias considera más efectivas para llegarle a los diferentes actores? (por favor enumere de 1 a 5, siendo 5 más efectiva):

Capacitaciones (exposiciones, cursos, talleres).	
Eventos Académicos en Centros de Formación (sensibilización, congresos, seminarios, libros).	
Entrega de material publicitario (folletos, afiches plegables).	
Cartillas didácticas y educativas.	
Medios de comunicación masiva (programas de radio, televisión).	

8. ¿Conoce el termino revalorización de Residuos de Construcción y Demolición, o RCD? e implementa alguna estrategia de este tipo dentro de las actividades?

**ANEXO 5**  
**RELACIÓN FOTOGRÁFICA**



**Fotografía 1:** Demolición de Infraestructura – Vista Principal



**Fotografía 2:** Demolición de Infraestructura – Vista Superior



**Fotografía 3:** Retiro de Escombros y Carguío – Vista Superior



**Fotografía 4:** Retiro de Escombros y Carguío – Vista Superior



**Fotografía 5:** Residuos generados de Demolición recuperables



**Fotografía 6:** Residuos generados de Demolición recuperables



**Fotografía 7:** Empresa transportadora de Ecombros Oliva realizando disposición de RCD - Buzón Osvaldo Molina



**Fotografía 8:** RCD situados en Buzón Osvaldo Molina



**Fotografía 9:** Ecombros situados en Buzón Osvaldo Molina



**Fotografía 10:** Zona de disposición de RCD compactada – Buzón Cementerio



**Fotografía 11:** Zona para disposición de RCD, escombros – Buzón Cementerio



**Fotografía 12:** Presencia de recuperadores de Residuos - Buzón Cementerio



**Fotografía 13:** Abandono de escombros y RCD ilegal - Buzón Marzana



**Fotografía 14:** Zona para disposición de RCD, escombros - Buzón Patacón 1



**Fotografía 15:** Zona para disposición de RCD Clausurada - Buzón Patacón 2



**Fotografía 16:** Disposición de RCD después de la Demolición de Infraestructura – Buzón Buzón Patacón 1



**Fotografía 17:** Empresa transportadora de Ecombros después de la Demolición de Infraestructura – Buzón Buzón Patacón 1



**Fotografía 18:** Presencia de recuperadores de Residuos de Construcción - Buzón Buzón Patacón 1



**Fotografía 19:** RCD recuperables - Buzón Buzón Patacón 1



**Fotografía 20:** Empresa transportadora de Ecombros realizando disposición de RCD – Buzón MAKIBER



**Fotografía 21:** Presencia y abandono de escombros y Residuos de Construcción de manera ilegal – Zona Aranjuez

## **ANEXO 6**

### **CARTAS DEL MUNICIPIO Y RESPALDOS**



GOBIERNO AUTÓNOMO  
MUNICIPAL DE SUCRE

20 SUCRE

Sucre, 24 de marzo 2022  
**SUB ALCALDIA D-1 CITE N° 257/2022**



Ing. Edwin Gonzales Aparicio  
**PRESIDENTE COMISIÓN OBRAS PÚBLICAS**  
Presente.-

Ref. **REMISIÓN DE DOCUMENTACIÓN, SOBRE LUGAR APROPIADO PARA EL DEPÓSITO DE ESCOMBROS Y/O MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN DENTRO EL DISTRITO MUNICIPAL N°1.**

De mi mayor y distinguida consideración:  
Mediante el presente reciba un cordial saludo y deseos de éxito en la presente gestión, el motivo de la presente es para Hacerle llegar la documentación, del lugar para el depósito de escombros y/o materiales de construcción dentro el área de jurisdicción del Distrito Municipal N°1.

Señor Presidente de la Comisión de Obras Publicas del Concejo Municipal de Sucre, me permito remitir la documentación requerida del sector de la quebrada del Barrio Max Rodríguez:

**Folio Real:**

**Zona:** de Aranjuez.

**Ubicación:** Quebrada del Cementerio Tramo A del Distrito Municipal N°1.

**Superficie:** 7715,00 m2.

Está quebrada se encuentra ubicada en la parte posterior del Cementerio General entre las Coordenadas:

Latitud - 19°05'19,64"

Longitud - 65°27'06,60"

Se adjunta en fotocopia simple de la documentación requerida, por su autoridad en fojas 11

Sin otro particular saludo a su persona con las consideraciones más distinguidas.

Atentamente.

Tec. *Shomy Hidalgo M.*  
**TEC. RESPONSABLE TOPOGRAFIAS D-N°1**  
**G.A.M.**



*Abog. Tobin Muñoz*  
**ABOG. TOLÍN MUÑOZ**  
**SUB ALCALDESA MUNICIPAL D-1**  
**G.A.M.S**





# Sucre Capital del Estado Plurinacional de Bolivia

S.O. Nº 58/21 M.C. Nº 49/21 | 1

C- 3121

Sucre, 07 de junio de 2021  
**H.C.M. Min. Com. Nº 49/21**

Señor  
Dr. Enrique Leaño Palenque  
**ALCALDE DEL GOBIERNO AUTÓNOMO MUNICIPAL DE SUCRE**  
**Su Despacho.-**

De nuestra mayor consideración:

En Sesión Plenaria Virtual Nº 58 de 07 de junio de 2021, el Concejo Municipal de Sucre, ha tomado conocimiento el Reg. Int. Nº 1148/21 con propuesta de Minuta de Comunicación, emitido por el Concejal Sr. Edwin González Aparicio, luego de su tratamiento y consideración, ha determinado aprobar la misma, cuyo texto es como sigue:

### MINUTA DE COMUNICACIÓN Nº 49/21

Se **RECOMIENDA** a la Máxima Autoridad del Órgano Ejecutivo Municipal:

1. A través de las Sub Alcaldías de los cinco (05) distritos urbanos del Municipio de Sucre, se identifique zonas y lugares apropiados para el depósito de escombros y/o materiales de construcción dentro los siguientes 15 días calendario.
2. A través de la unidad de comunicación del Ejecutivo Municipal, se proceda a difundir de forma permanente y masiva los lugares autorizados por el Gobierno Autónomo Municipal de Sucre para el depósito de escombros y/o materiales de construcción.
3. Se proceda a notificar a las empresas constructoras, contratistas, federaciones, sindicatos, entre otras organizaciones dedicadas al rubro de la construcción y servicio de transporte de escombros y/o material de construcción, de la vigencia de la Ordenanza Municipal Nº 116/08 de 27 de noviembre de 2008 y de los lugares autorizados por el GAMS para tal fin.

Con este motivo saludamos a usted con toda atención.

Abg. Iber Antonio Pino O'Barrio  
**PRÉSIDENTE a.i. DEL CONCEJO MUNICIPAL**

Sra. Jenny Mansol Montaño Daza  
**CONCEJAL SECRETARIA DEL CONCEJO MUNICIPAL**



### ZONA APROPIADA PARA DEPOSITO DE ESCOMBROS Y/O MATERIALES DE CONSTRUCCION

Ubicación: Terreno detrás del Cementerio General

Coordenadas: Latitud: -19.051964

Longitud: -65.270660





*Gobierno Autónomo Municipal de Sucre*  
Capital Constitucional del Estado Plurinacional de Bolivia

**INFORME MAPOTECA N° 912/15**

**A :** Abog. Mario Limachi Salinas.  
**SUB ALCALDE D-1 G.A.M.S.**  
**VIA :** Arq. Juan Quispe Yupanqui  
**DIRECTOR DE REG. Y ADM. TERRITORIAL**  
**DE :** Arq. R. Ximena Reynolds Herbas.  
**ASISTENTE DE MAPOTECA**  
**FECHA :** 11 de Septiembre de 2015  
**REF. :** **INFORME DE GABINETE**

En atención a solicitud SUB ALCALDIA – D1 CITE N° 519/2015 de su unidad, con relación a certificación de uso de suelo del proyecto "CONSTRUCCION DEPOSITO D-1 DEL CEMENTERIO GENERAL", al respecto informo:  
**IMAGEN DE REFERENCIA.-**



Revisados todos los archivos de esta unidad, se identifica plano de Regularización del Derecho Propietario Municipal del la Quebrada del Cementerio Tramo "A" aprobado por Ordenanza Autonómica Municipal No 119/11 Folio: 1.01.99.0060749, Superficie: 7715.00 m2..

Es cuanto informo, para los fines consiguientes:

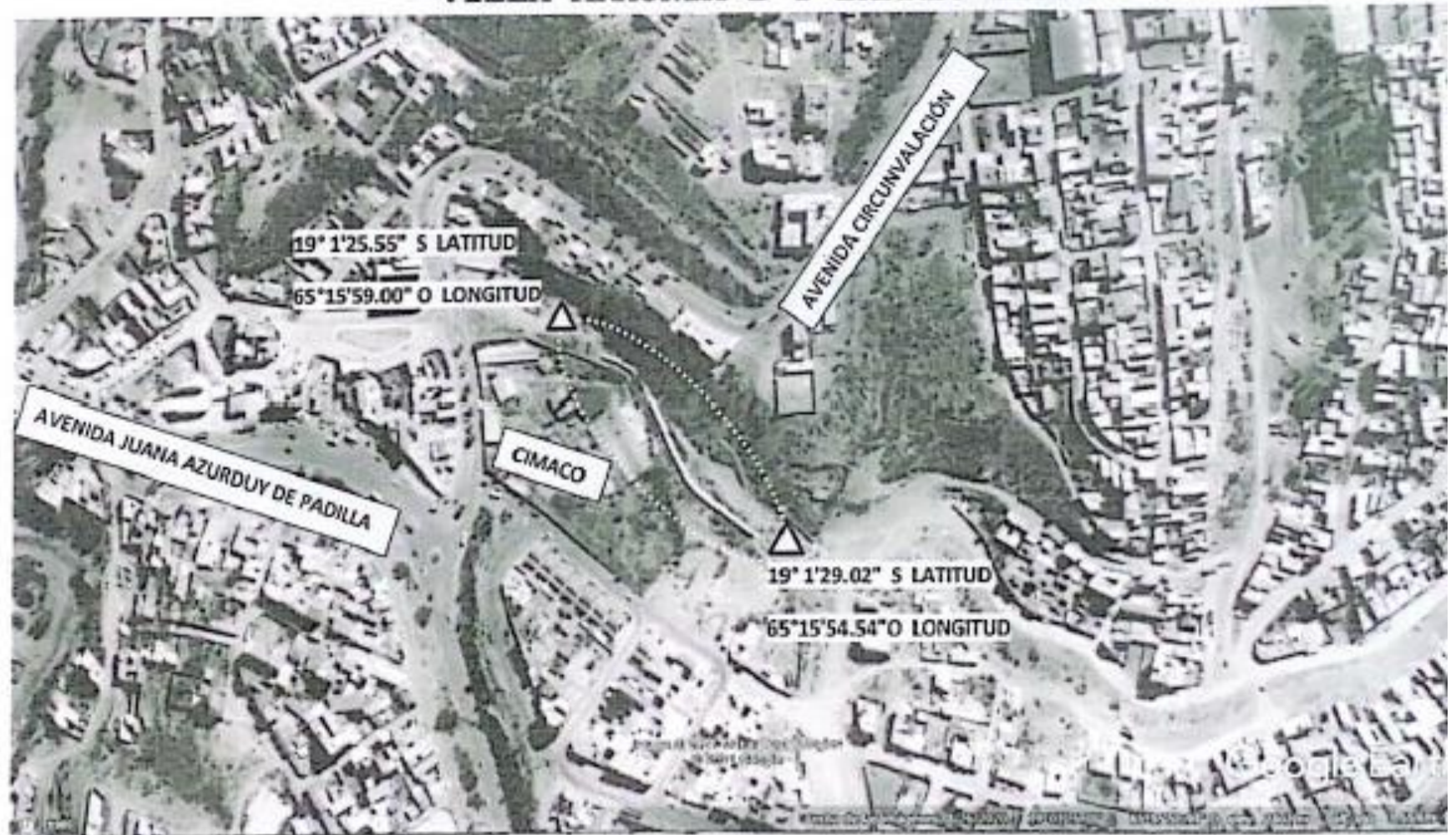
Arq. R. Ximena Reynolds H.  
**ASISTENTE DE MAPOTECA**

V° B° Arq. J. Hernán Campos Paz .  
**RESPONSABLE DE MAPOTECA**

V° B° Arq. Juan Quispe Yupanqui.  
**DIRECTOR DE REG. Y ADM. TERRITORIAL**



# VILLA ARMONIA B Y BARRIO Lindo



BARRIO POCITOS Y BARRIO CK'OPA K'ASA D-2

HOSPITAL LUIS ESPINAL



19° 1'40.26" S LATITUD  
65°14'32.45" O LONGITUD

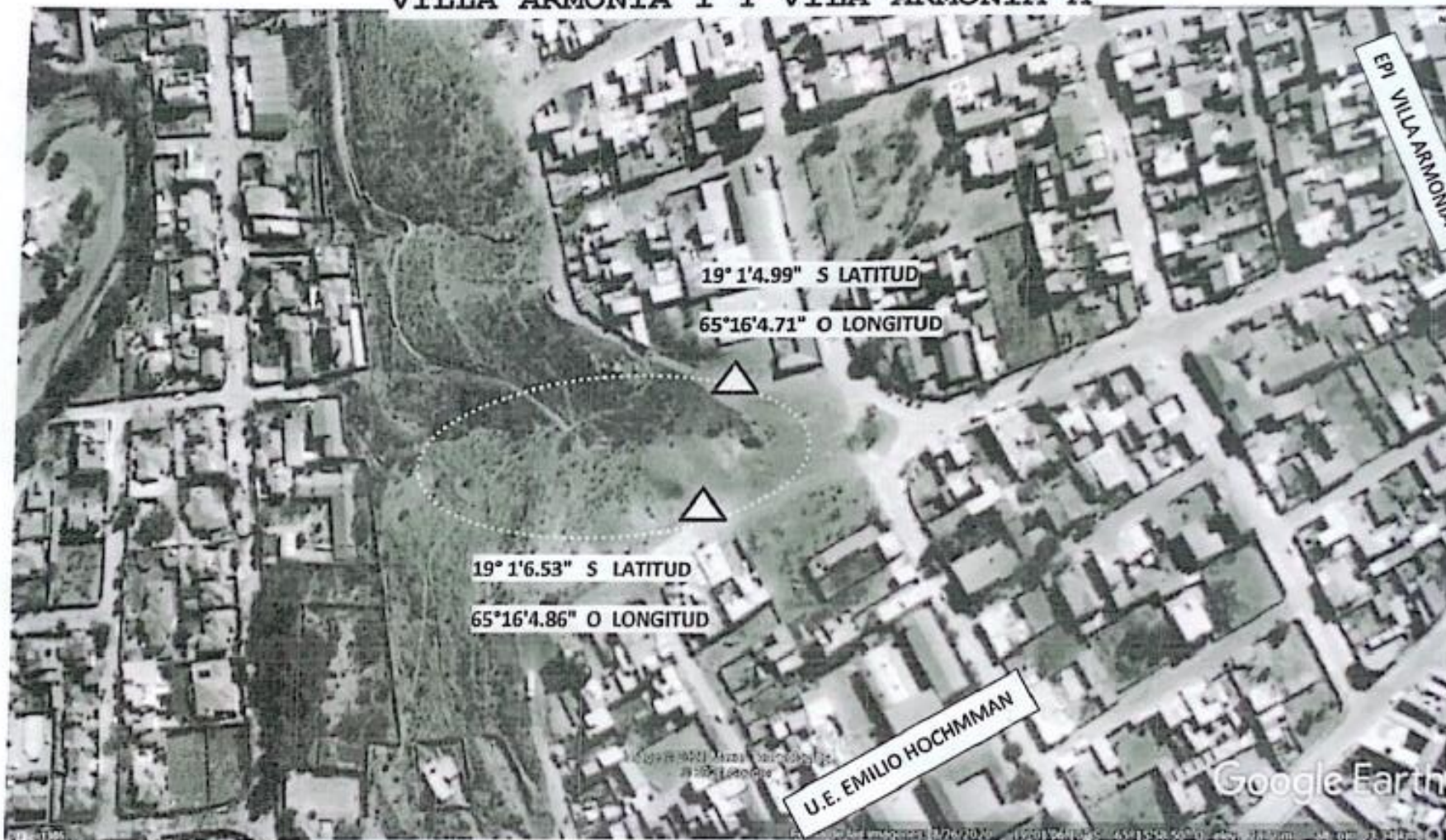
19° 1'39.60" S LATITUD  
65°14'29.97" O LONGITUD

ROTONDA ROTARY

Google Earth

Fecha de los imágenes: 8/26/2020 10:51:17.13 H.E. 7894056.34 m.0 elev. 2883 m alt. 299.1432 km

# VILLA ARMONÍA 1 Y VILA ARMONÍA A



$19^{\circ} 1' 4.99''$  S LATITUD  
 $65^{\circ} 16' 4.71''$  O LONGITUD

$19^{\circ} 1' 6.53''$  S LATITUD  
 $65^{\circ} 16' 4.86''$  O LONGITUD

U.E. EMILIO HOCHMMAN

Google Earth



**BARRIO VILLA MARGARITA D-2**





Sucre, 25 de marzo de 2022  
Sub Alc. D-3 CITE N°321/2022

Señor  
Lic. Edwin Gonzales Aparicio  
PRESIDENTE DE LA COMISIÓN DE OBRAS PÚBLICAS  
PLANIFICACIÓN Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL  
Presente



REF. REMITO INFORME TÉCNICO TOP-003

De mi mayor consideración:

Mediante la presente reciba un saludo cordial y desearle éxito en las funciones que desempeña, al mismo tiempo me dirijo a su autoridad con el fin **REMITIR EL INFORME TÉCNICO CON RELACIÓN A IDENTIFICACIÓN DE DEPÓSITOS PARA RELLENO** y copia de notas solicitando certificación de uso de suelo que se envió a DRT. Sin otro particular me despido de usted con las consideraciones más distinguidas.

Atentamente,

  
**SUB ALCALDE DISTRITO 3**  
**GABLS**  
SUB ALCALDE DISTRITO 3  
ORDENAMIENTO TERRITORIAL



c.c./Arch. SAD-3  
Adj. fojas 15  
Jimena V.





### INFORME TECNICO TOP – 003

**A:** José Cuestas Pérez  
**SUB ALCALDE DISTRITO 3**

**DE:** Sandra Patricia Rojas  
**TOPÓGRAFO SUB ALCALDÍA D-3**

**Ref:** Informe identificación depósitos para relleno

**Fecha:** Sucre, 24 de marzo de 2022

En cumplimiento a instrucción verbal de fecha 24 de marzo, referente a la identificación de zonas y lugares apropiados para el depósito de escombros y/o materiales de construcción, se procedió verificar los lugares donde se realizó la construcción de embovedados y se requiere realizar el relleno correspondiente.

#### ANTECEDENTES

De acuerdo a Minuta de comunicación N° 49/21 emitida por el Honorable Concejo Municipal se identificaron lugares aptos para el relleno los cuales serán convertidos en depósitos de escombros.

#### ACTIVIDADES REALIZADAS

##### a) Identificación de lugares

- Mediante el programa informático Google Earth se identificó los lugares dentro del Distrito municipal N° 3, en los que se realizó la construcción de embovedados
  - Embovedado barrio Entre Rios
  - Embovedado barrio Alto Ckarapuncu
  - Embovedado barrio Alto San Luis
  - Embovedado barrio Alto Sucre
  - Embovedado barrio Andino
  - Embovedado quebrada Asna Huayco Barrio Huerto Urriolagoitia
  - Embovedado barrio Fortaleza
  - Embovedado barrio Gran Poder
  - Embovedado barrio Guardia Nacional
  - Embovedado barrio Palestina
  - Embovedado barrio Rio Jordán





**CONCLUSIONES**

- Los lugares identificados para realizar el relleno dentro del Distrito 3 presentan accesibilidad en un 90 % siendo los lugares de acceso más conflictivo los ubicados en los barrios Alto Ckarapunku y Guardia Nacional de la Policía.
- El relleno y mejoramiento (embovedados) de las quebradas conlleva a posteriores asentamientos humanos irregulares por parte de terceros, en desmedro del Derecho Propietario Municipal establecido *Ley 482 Art. 31 inc. d)* y el *Reglamento de Regularización e Inscripción del Derecho Propietario de los Bienes de Dominio Municipal del G.A.M.S. Art. 6. Franja de seguridad.*

**RECOMENDACIONES**

- Se recomienda coordinar con las instancias correspondientes para *realizar un relleno controlado* además de realizar las gestiones necesarias con la unidad correspondiente para iniciar la Regularización de Derecho Propietario de bienes de dominio público con la finalidad de evitar conflictos y avasallamientos de terceros.

Es cuanto me permito informar.

Atentamente,

*Susana K...*  
*Georgette Patricia Rojas*  
**TOPOGRAFO SUB ALCAIDE**  
 Gobierno Autónomo Municipal de Sucre

0100013



## EMBOVEDADO BARRIO ENTRE RIOS



EMBOVEDADO BARRIO FORTALEZA



## EMBOVEDADO BARRIO GRAN PODER



## EMBOVEDADO BARRIO ALTO SUCRE



EMBOVEDADO BARRIO RIO JORDÁN



000006



Sucre, 24 de marzo de 2022

SAD-4 CITE 457/22

Señor:

Dr. Edwin González Aparicio  
CONCEJAL MUNICIPAL DE SUCRE

Presente:



REF: REMISION DE LAS QUEBRADAS QUE PUEDEN SER INTERVENIDAS

De mi mayor consideración:

Con todo respeto me dirijo a su persona, esperando que desarrolle sus actividades con total éxito y gozando de buena salud y beneficio de nuestro municipio.

El motivo de la presente es para dar respuesta según reunión llevada a cabo en su oficina el día miércoles 16 de marzo del presente año, la cual solicito la ampliación de información para el proyecto de "Bosques Urbanos", por la cual se remite la información de los nombres de todas las Quebradas que se encuentran en el Distrito-4 y las que cuentan con derecho propietario para su consideración.

Por tato se remite lista adjunta con la información solicitada.

Sin otro particular motivo, me despido de su autoridad con las consideraciones mas distinguidas.

Atentamente

*[Handwritten Signature]*  
Any. Carlos Soto Quiroga  
PLANIFICADORA D. A.  
G. A. M. S.

*[Handwritten Signature]*  
Mario Torres Chiriquí  
ING. ALCALDE D. A.  
G. A. M. S.

Col. 03756282



Sucre, 24 de marzo de 2022

SUB ALCALDIA D-4 CITE N° 465/22

Señora:

Arq. Cintia Soto Ruileva  
PLANIFICADORA SUB ALCALDÍA D-4  
PRESENTE.-

Ref.: SOLICITUD QUE INDICA.-

De mi mayor consideración:

Por medio de la presente se tiene a bien remitir la información solicitada como sigue:

CON DERECHO PROPIETARIO

- QUEBRADA SAN JUAN DE DIOS - TATA CAJONSITO (DECRETO MUNICIPAL N°54/2018) FOLIO REAL MATRICULA N°1.01.1.99.0082558
- QUEBRADA QUIRPINCHACA TRAMO PUENTE DE PIEDRA HASTA PUENTE ARANJUEZ (LEY AUTONÓMICA 878/18 FOLIO REAL 1.01.1.99.0094451), TRAMO PUENTE ARANJUEZ HASTA PUENTE EL TEJAR.
- QUEBRADA PISCO JAITANA (ORDENANZA MUNICIPAL N°184/06 FOLIO REAL N° 1.01.1.99.0041502).
- QUEBRADA Y TORRETERAS DEL CEMENTERIO TRAMO "B" (ORDENANZA AUTONÓMICA MUNICIPAL N° 014/2014 FOLIO REAL N° 1.01.1.99.0067953).
- QUEBRADA Y TORRETERAS ESPAÑA (DECRETO MUNICIPAL 32/2018 FOLIO REAL N° 1.01.1.99.0082560)
- QUEBRADA 1ERO DE MAYO (AREA 1 ORDENANZA MUNICIPAL N° 118/11 FOLIO REAL N°1.01.1.99.0060673, AREA 2 Y 3 RESOLUCION MUNICIPAL N° 153/2004 FOLIO REAL N°1.01.1.99.0031962 Y 1.01.1.99.0031965)
- QUEBRADA PROSPERINA HUAYRAPATA (ORDENANZA MUNICIPAL N° 183/06 FOLIO REAL 1.01.1.99.0040934 Y FOLIO REAL 1.01.1.99.0040935)
- QUEBRADA APACHETA (ORDENANZA MUNICIPAL 179/06 FOLIO REAL N° 1.01.1.99.0040855)
- QUEBRADA CKELLUMOCKO (ORDENANZA MUNICIPAL 179/06 FOLIO REAL N°1.01.1.99.0040856)
- QUEBRADA LA CASCADITA-CKARA PUNCKU (RESOLUCION DE HONORABLE CONSEJO MUNICIPAL DE SUCRE N 138/04 FOLIO REAL N 1.01.1.99.0031421)
- QUEBRADA LA HOYADA APROBADO BAJO LA ORDENANZA MUNICIPAL N°87/10

SIN DERECHO PROPIETARIO

- TORRETERA PHAJCHIRI LADO SUR ARCO PUNCKU
- QUEBRADA DEL BARRIO SAN JAVIER EX FUNDO LA FLORIDA
- QUEBRADA Y TORRETERAS PROSPERINA DESDE LA QUEBRADA PROSPERINA Y HUAYRAPATA HASTA LA QUEBRADA LA HOYADA (EN REGULARIZACION)
- QUEBRADA LA CASCADITA TRAMO SUPERIOR
- QUEBRADA BARRIO LOMAS DE ARANJUEZ
- QUEBRADA RINCON ARANJUEZ
- QUEBRADA BARRIO SAN MARTIN Y 26 DE MAYO
- QUEBRADA FUERTE CKASA
- QUEBRADA ALTO FLORIDA FALTA FOLIO REAL

  
Mariana Soto Ruileva