

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
ESCUELA DE QUÍMICA
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**“Estudio de factibilidad de un Centro de Recuperación de Residuos Valorizables
para la Municipalidad de Acosta”**

Proyecto Final de Graduación para optar por el título de Ingeniero Ambiental con el grado
académico de licenciatura

Dennis Eduardo Marín Miranda

Cartago, 2022

TEC | Tecnológico de Costa Rica
Ingeniería Ambiental

“Estudio de factibilidad de un Centro de Recuperación de Residuos Valorizables para la Municipalidad de Acosta”

Informe presentado a la Escuela de Química del Tecnológico de Costa Rica como requisito parcial para optar por el título de Ingeniero Ambiental con el grado de licenciatura

Miembros del tribunal

PhD. Lilliana Abarca Guerrero
Directora

Ing. Emmanuel Campos Vargas
Lector 1

Ing. Kenneth Masis Leandro
Lector 2

Dra.ir. Mary Luz Barrios Hernandez
Coordinadora COTRAFIG

MGA. Ricardo Coy Herrera
Director Escuela de Química

MSc. Diana Zambrano Piamba
Coordinadora Carrera de Ingeniería Ambiental

Estudio de factibilidad de un Centro de Recuperación de Residuos Valorizables para la Municipalidad de Acosta © 2022 by Dennis Marin Miranda is licensed under CC BY 4.0. To view a copy of this license, visit <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



DEDICATORIA

*A mi padre, Rigoberto Marín Ramírez,
quien ha dedicado su vida entera a darnos lo mejor a mí y a mis hermanos.*

A mi madre, Julia Miranda Fuentes, quien ha estado conmigo siempre.

*A mis hermanos, Esteban y Marco,
quiero servir de modelo en sus vidas.*

AGRADECIMIENTOS

A mi familia, quienes han sido un apoyo fundamental durante toda mi educación.

Al CEQIATEC, GASEL, personal de la Escuela de Química y la carrera de Ingeniería Ambiental, por haber sido parte de mi formación académica y profesional.

Al personal de la Municipalidad de Acosta, en especial al Ing. Felipe Moreno y Erwin Arias, quienes siempre estuvieron anuentes a brindarme una mano para llevar a cabo mi proyecto.

A la profesora Lilliana, gracias por su conocimiento y orientación en mi proyecto.

Al Ing. Emmanuel Campos y la Ing. María Fernanda Vásquez, gracias por sus conocimientos y tiempo.

Al Ing. Kenneth Masis, gracias por sus recomendaciones y guía en mi proyecto.

A mis amigos, quienes fueron un apoyo incondicional en mi vida universitaria y con quienes sigo coleccionando recuerdos.

A la familia Vásquez Aburto, por recibirme en su hogar para llevar a cabo el trabajo de campo de mi proyecto.

¡Gracias totales!

TABLA DE CONTENIDOS

| | | |
|----------|--|----|
| 1 | INTRODUCCIÓN | 13 |
| 2 | OBJETIVOS | 14 |
| 2.1 | OBJETIVO GENERAL | 14 |
| 2.2 | OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 14 |
| 3 | MARCO TEÓRICO | 14 |
| 3.1 | RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES EN EL MUNDO Y AMERICA LATINA | 14 |
| 3.1.1 | Generación y composición de RS en Costa Rica | 16 |
| 3.1.2 | Gestión Integral de Residuos Sólidos..... | 17 |
| 3.1.3 | Estudios de generación y composición de Residuos Sólidos | 19 |
| 3.2 | CENTROS DE RECUPERACIÓN DE RESIDUOS VALORIZABLES..... | 19 |
| 3.2.1 | Situación actual de los CRRV en Costa Rica..... | 20 |
| 3.2.2 | Criterios de diseño para CRRV | 21 |
| 3.3 | APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS VALORIZABLES | 22 |
| 3.4 | ESTUDIOS DE FACTIBILIDAD | 24 |
| 3.4.1 | Viabilidad Económica para un CRRV | 26 |
| 3.4.2 | Viabilidad Ambiental para un CRRV. | 27 |
| 4 | METODOLOGÍA | 28 |
| 4.1 | ÁREA BAJO ESTUDIO | 28 |
| 4.2 | ESTUDIO DE GENERACIÓN Y COMPOSICIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS DOMICILIARIOS Y COMERCIALES | 30 |
| 4.3 | ESTUDIO DE FACTIBILIDAD ECONÓMICA Y AMBIENTAL | 31 |
| 5 | RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 33 |
| 5.1 | GENERACIÓN Y COMPOSICIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS DEL SECTOR RESIDENCIAL Y COMERCIAL DEL CANTÓN DE ACOSTA..... | 33 |
| 5.1.1 | Generación de los RS del sector residencial..... | 33 |
| 5.1.2 | Generación de los RS del sector comercial | 34 |
| 5.1.3 | Generación per cápita total..... | 36 |
| 5.1.4 | Composición de los Residuos Sólidos..... | 37 |
| 5.2 | ESTIMACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS VALORIZABLES A RECUPERAR EN EL CANTÓN DE ACOSTA..... | 41 |
| 5.3 | DIMENSIONAMIENTO DEL CRRV | 44 |
| 5.3.1 | Diseño de Planta..... | 44 |

| | | |
|----------|--|-----------|
| 5.4 | VIABILIDAD ECONÓMICA DEL CRRV | 50 |
| 5.4.1 | Precios de venta de los materiales valorizables..... | 50 |
| 5.4.2 | Estimación de costos de inversión del CRRV | 52 |
| 5.4.3 | Estimación de costos de operación..... | 57 |
| 5.4.4 | Ingresos del CRRV..... | 59 |
| 5.4.5 | Análisis de Punto de Equilibrio..... | 60 |
| 5.4.6 | Flujos de inversiones y gastos de operación | 63 |
| 5.5 | ANÁLISIS AMBIENTAL PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL CRRV | 65 |
| 5.5.1 | Análisis Hidrogeológico..... | 65 |
| 5.5.2 | Análisis Geológico | 66 |
| 5.5.3 | Análisis Geomorfológico | 68 |
| 5.5.4 | Análisis de amenazas | 69 |
| 5.5.5 | Análisis de Zonas de Protección | 70 |
| 6 | CONCLUSIONES | 72 |
| 7 | RECOMENDACIONES | 74 |
| 8 | REFERENCIAS | 75 |
| 9 | ANEXOS | 79 |
| 9.1 | ANEXO 1. DETALLES DE METODOLOGÍA APLICADA PARA EL ESTUDIO DE GENERACIÓN Y COMPOSICIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS RESIDENCIALES Y COMERCIALES..... | 79 |
| 9.1.1 | Metodología aplicada para el estudio de generación y composición de residuos sólidos del sector residencial..... | 79 |
| 9.1.2 | Metodología aplicada para el estudio de generación y composición de residuos sólidos del sector comercial | 84 |
| 9.1.3 | Estudio de Campo | 89 |
| 9.2 | ANEXO 2. ESPECIFICACIONES TECNICAS DE EQUIPOS, HERRAMIENTAS Y MOBILIARIO DE OFICINA PARA LA CONSTRUCCION DEL CRRV..... | 91 |
| 9.3 | ANEXO 3. COTIZACIONES..... | 101 |

LISTA DE CUADROS

| | |
|---|----|
| Cuadro 3.1. Generación per cápita de RSM de algunos países de ALC. | 15 |
| Cuadro 3.2. Coberturas de Recolección de RSM de algunos países de ALC. | 15 |
| Cuadro 3.3. Composición porcentual de RS a nivel global (%). | 16 |
| Cuadro 3.4. Porcentaje de contribución de generación de RS por provincia. | 16 |
| Cuadro 3.5. Categorías y subcategorías de RS en Costa Rica. | 17 |
| Cuadro 3.6. Empresas encargadas del reciclaje de materiales. | 24 |
| Cuadro 4.1. Cantidad de residencias a muestrear por zona. | 31 |
| Cuadro 4.2. Cantidad de comercios a muestrear. | 31 |
| Cuadro 5.1. Resultados de generación obtenidos para cada estrato del sector residencial. | 33 |
| Cuadro 5.2. Resultados de GPC obtenidos para cada estrato del sector residencial. | 34 |
| Cuadro 5.3. Resultados de generación obtenidos para el sector comercial. | 34 |
| Cuadro 5.4. Generación per Cápita de las diferentes categorías incluidas en la muestra del sector comercial. | 35 |
| Cuadro 5.5. Resultados de generación per cápita total del 2021. | 36 |
| Cuadro 5.6. Residuos ordinarios recolectados por mes con destino al relleno sanitario en 2016. | 36 |
| Cuadro 5.7. Resultados de generación per cápita total del 2016. | 37 |
| Cuadro 5.8. Estimación de residuos sólidos valorizables recuperables en el cantón de Acosta (kg/día). | 42 |
| Cuadro 5.9. Proyecciones calculadas por porcentaje de recuperación de residuos sólidos valorizables. | 43 |
| Cuadro 5.10. Densidades por tipo de material. | 44 |
| Cuadro 5.11. Dimensión acorde a las características establecidas en la legislación actual. | 45 |
| Cuadro 5.12. Dimensión acorde a las características establecidas en la legislación actual. | 46 |
| Cuadro 5.13. Precios de venta por tipo de material valorizable. | 50 |
| Cuadro 5.14. Análisis de mercado de empresas recicladoras. | 51 |
| Cuadro 5.15. Estimación de costos referentes a ingeniería, estudios y permisos para el CRRV. | 52 |
| Cuadro 5.16. Valor económico de la construcción del CRRV. | 52 |
| Cuadro 5.17. Estimación de costos de inversión de infraestructura para el CRRV. | 53 |
| Cuadro 5.18. Precios de mercado de equipo necesario del CRRV. | 55 |
| Cuadro 5.19. Precios de mercado de mobiliario de oficina para el CRRV. | 55 |
| Cuadro 5.20. Precios de mercado de herramientas necesarias para el CRRV. | 56 |

| | |
|--|----|
| Cuadro 5.21. Costos de inversión para la construcción del CRRV..... | 57 |
| Cuadro 5.22. Estimación de costos operativos (recurso humano) para el CRRV..... | 57 |
| Cuadro 5.23. Estimación de costos operativos para el CRRV. | 58 |
| Cuadro 5.24. Estimación de ingresos por venta de materiales valorizables..... | 59 |
| Cuadro 5.25. Estimación de ingresos por la venta de materiales valorizables (continuación Cuadro 5.24.). | 59 |
| Cuadro 5.26. Estimación de costos anuales por la venta de materiales valorizables. | 60 |
| Cuadro 5.27. Estimación de costos anuales por la venta de materiales valorizables (Continuación Cuadro 5.26.)..... | 61 |
| Cuadro 5.28. Resumen de datos utilizados para análisis de punto de equilibrio..... | 62 |
| Cuadro 5.29. Flujo de inversiones y gastos de operación para el CRRV de la Municipalidad de Acosta. | 63 |
| Cuadro 5.30. Flujo de inversiones y gastos de operación para el CRRV de la Municipalidad de Acosta (Continuación Cuadro 5.29.). | 64 |
| Cuadro 9.1. Clasificación de las zonas de valor del cantón de Acosta. | 80 |
| Cuadro 9.2. Descripción de los parámetros necesarios para resolver la ecuación y resultado obtenido. | 82 |
| Cuadro 9.3. Descripción de la cantidad de viviendas a incluir por zonas. | 82 |
| Cuadro 9.4. Descripción de la cantidad de viviendas a incluir por grupos. | 83 |
| Cuadro 9.5. Cronograma de recolección, pesaje y caracterización de residuos sólidos..... | 84 |
| Cuadro 9.6. Descripción de los resultados de la depuración del marco muestral. | 85 |
| Cuadro 9.7. Descripción de los parámetros necesarios para resolver la ecuación y resultado obtenido. | 85 |
| Cuadro 9.8. Comercios seleccionados para el estudio de generación y composición..... | 86 |
| Cuadro 9.9. Descripción de la cantidad de comercios a incluir por grupo..... | 88 |
| Cuadro 9.10. Cronograma de recolección, pesaje y caracterización de residuos sólidos..... | 89 |
| Cuadro 9.11. Categorías de clasificación de residuos. | 90 |
| Cuadro 9.12. Especificaciones técnicas de equipo necesario del CRRV. | 91 |
| Cuadro 9.13. Especificaciones técnicas de herramientas necesarias del CRRV. | 93 |
| Cuadro 9.14. Especificaciones técnicas de mobiliario de oficina del CRRV. | 96 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1. Jerarquía de la gestión integral de residuos. Tomado de la Ley N°8839..... | 18 |
| Figura 2. Esquema de un CRRV. Tomado de Masis, 2018..... | 20 |
| Figura 3. Factores influyentes en el tamaño del proyecto. Elaboración propia a partir de Lara, 2010. | 25 |
| Figura 4. Ubicación geográfica de la zona de estudio..... | 29 |
| Figura 5. Composición de residuos sólidos del sector residencial. | 38 |
| Figura 6. Composición de residuos del sector comercial. | 40 |
| Figura 7. Composición de residuos sólidos total..... | 41 |
| Figura 8. Dibujo en 2D de propuesta de diseño para el CRRV de la Municipalidad de Acosta. | 47 |
| Figura 9. Dibujo en 3D de propuesta de diseño para el CRRV de la Municipalidad de Acosta, vista frontal. | 48 |
| Figura 10. Dibujo en 3D de propuesta de diseño para el CRRV de la Municipalidad de Acosta, vista trasera. | 48 |
| Figura 11. Dibujo en 3D de propuesta de diseño para el CRRV de la Municipalidad de Acosta, vista lateral delantera. | 49 |
| Figura 12. Análisis de punto de equilibrio. | 62 |
| Figura 13. Mapa de análisis de hidrogeología para el área de estudio. | 66 |
| Figura 14. Mapa de análisis de geomorfología para el área de estudio..... | 69 |
| Figura 15. Mapa de análisis de amenazas y peligros naturales para el área del proyecto. | 70 |
| Figura 16. Mapa de análisis de amenazas y peligros naturales para el área del proyecto. | 71 |
| Figura 17. Descripción de la estratificación del sector residencial. | 81 |
| Figura 18. Representación gráfica de la ubicación de las viviendas seleccionadas para el estudio de generación y composición..... | 83 |
| Figura 19. Totalidad de comercios seleccionados para el estudio de composición y caracterización de residuos sólidos. | 88 |

LISTA DE ABREVIATURA Y SIGLAS

| | |
|----------|--|
| ALC | América Latina y el Caribe |
| BID | Banco Interamericano de Desarrollo |
| C.C.S.S. | Caja Costarricense de Seguro Social |
| CRRV | Centro de Recuperación de Residuos Valorizables |
| CYMA | Competitividad y Medio Ambiente |
| EIA | Evaluación del Impacto Ambiental |
| ENSRVR | Estrategia Nacional de Separación, Recuperación y Valorización de Residuos |
| GIRS | Gestión Integral de Residuos Sólidos |
| GPC | Generación Per Cápita |
| INEC | Instituto de Estadística y Censo |
| PGIRS | Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos |
| PRRV | Programas de Recuperación de Residuos Valorizables |
| RS | Residuos Sólidos |
| RSM | Residuos Sólidos Municipales |
| RSNV | Residuo Sólido No Valorizable |
| RSV | Residuo Sólido Valorizable |
| SIG | Sistemas de Información Geográfica |
| GPC | Generación per cápita |

RESUMEN

El Cantón de Acosta, ubicado a 30 km al sur de la ciudad de San José, con una extensión de 342,24 km² y caracterizado por ser toográficamente el más quebrado del país, actualmente no cuenta un Centro de Recuperación de Residuos Valorizables (CRRV). Con la finalidad de diseñar un CRRV para brindar un mejor tratamiento y una adecuada disposición final para los residuos generados en el cantón, se realizó un estudio de generación y composición del sector residencial y del sector comercial, los resultados obtenidos a partir de este estudio fueron utilizados para el diseño del CRRV y determinar su viabilidad económica. Se muestrearon en total 43 casas y 37 comercios de diferentes categorías comerciales. El resultado obtenido de generación per cápita para el sector residencial fue de 0,33 kg/ hab día, mientras que en comercios fue de 0,05 kg/ hab día, para una producción per cápita total de 0,38 kg/ hab día, este dato es un indicador importante al momento de la planificación de un proyecto de aprovechamiento de RS y es necesario para el diseño de planta y el análisis económico. De este mismo modo, se obtuvo la composición promedio de los residuos sólidos del cantón, donde los residuos biodegradables comprenden el 49,7% del total de los residuos generados, seguido por el plástico con un porcentaje de recuperación de 28,5%, el papel y cartón con 14,6% y en otros niveles menos significativos se encuentra el vidrio con 3,1%, los metales con un 3% y el Tetra brik con un 1,1%. Una vez que se obtuvieron los resultados se dimensionó el CRRV, donde se realizó un diseño con un área total de 467,5 m². El estudio de viabilidad económica indicó que no se encuentra un punto de equilibrio en el proyecto, lo que significa que económicamente no es un proyecto viable para obtener ganancias. Con respecto a la viabilidad ambiental, por medio de un análisis de geopotitud del terreno se analizaron los siguientes parámetros: hidrogeología, geología, geomorfología, amenazas y zonas de protección, esto con el objetivo de analizar el terreno donde se planea construir el CRRV. Al finalizar el estudio se concluyó que al ser Acosta un cantón con mucha zona rural, los hábitos y las costumbres de los habitantes en la disposición final de los residuos se convierten en una brecha importante para su adecuada gestión y el máximo aprovechamiento de los residuos valorizables de la zona.

Palabras claves: Residuo sólidos, Generación per cápita, composición de residuos, Centro de Recuperación de Residuos Valorizables, Centro de Acopio, viabilidad económica, viabilidad ambiental.

ABSTRACT

The Canton of Acosta located 30 km south of the city of San José, with an area of 342.24 km² and characterized by being topographically the most broken in the country, currently does not have a Recyclable Waste Recovery Center (RWRC). To design a CRRV to provide a better treatment and an adequate final disposal for the waste generated in the canton, a study of generation and composition of the residential and commercial sectors was carried out, the results obtained from this study were used for the design of the RWRC and determine its economic viability. A total of 43 houses and 37 businesses of different commercial categories were sampled. The result obtained for generation per capita for the residential sector was 0.33 kg/hab/day, while in businesses it was 0.05 kg/hab/day, for a total per capita production of 0.38 kg/hab/day. This data is an important indicator when planning a SW utilization project and is necessary for plant design and economic analysis. In the same way, the average composition of the solid waste of the canton was obtained, where biodegradable waste comprises 49.7% of the total waste generated, followed by plastic with a recovery percentage of 28.5%, the paper and cardboard with 14.6% and at other less significant levels glass with 3.1%, metals with 3% and Tetra brik with 1.1%. Once the results were obtained, the RWRC was dimensioned, where a design with a total area of 467.5 m² was made. The economic feasibility study indicated that a break-even point is not found in the project, which means that it is not economically viable to make a profit. With respect to environmental feasibility, through a geofitness analysis of the land, the following parameters were analyzed: hydrogeology, geology, geomorphology, threats, and protection zones, this with the objective of analyzing the land where the CRRV is planned to be built. At the end of the study, it was concluded that since Acosta is a canton with a large rural area, the habits, and customs of the inhabitants in the final disposal of waste become an important gap for its proper management and maximum use of recoverable waste. of the area.

Key words: Solid waste, generation per capita, waste composition, recoverable waste recovery center, collection center, economic viability, environmental viability.

1 INTRODUCCIÓN

Los Residuos Sólidos Municipales (RSM) son el producto de las actividades realizadas por los habitantes de su cantón y la cantidad está determinada por factores como el crecimiento poblacional, actividades humanas como el crecimiento de la urbanización e industrialización y el consumismo. Como una solución a la excesiva generación de Residuos Sólidos (RS), los Centros de Recuperación de Residuos Valorizables (CRRV) se convierten en sistemas claves para la gestión de estos [1].

Según la Ley N° 8839 para la Gestión Integral de Residuos (2010), la gestión integral de los residuos sólidos es una obligación de las municipalidades, así como garantizar un su territorio el servicio de un CRRV. Según la Estrategia Nacional de Separación, Recuperación y Valorización de Residuos (ENSRVR) (MS, 2016a) las autoridades locales deben de valorar la construcción de estas instalaciones. Actualmente, el 30,4% de las municipalidades cuentan con un CRRV [1].

Los CRRV son definidos como instalaciones industriales, donde a partir de la corriente de residuos de entrada se obtienen productos con un mayor valor, separados por tipo de material. En estas instalaciones se realizan las actividades de pesaje, almacenamiento de residuos, almacenamiento de material procesado y además se da el procesamiento de los materiales, cumpliéndose de esta manera con los requisitos de calidad establecidos por compradores y al mismo tiempo facilitar su manipulación [2].

Según el Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS) del cantón de Acosta 2017-2021, la municipalidad se encuentra desarrollando un proyecto el cual consiste en la recuperación ambiental y el tratamiento de residuos municipales a través de la construcción de un CRRV, enfocándose desde la perspectiva de creación de empleos y la posibilidad de obtener recursos económicos [3].

Para lograr la ejecución de este proyecto municipal, se realizó un estudio de generación y composición de RS, esto con el objetivo de obtener una aproximación de la cantidad de residuos que se generan actualmente en el cantón y que a su vez, permita diseñar las instalaciones con un dimensionamiento adecuado. Adicional a esto, se realizó la evaluación para determinar la viabilidad económica por medio de un análisis de punto de equilibrio y su viabilidad ambiental por medio de una evaluación del terreno para observar la condición de estabilidad natural de espacios geográficos.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

“Determinar la viabilidad económica ligada a la inversión, operación y mantenimiento y realizar un análisis ambiental para la construcción de un CRRV acorde a la realidad del Cantón de Acosta.”

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Estimar la situación actual de los residuos sólidos ordinarios valorizables generados en el cantón de Acosta.
- Determinar las condiciones y características para el dimensionamiento de un CRRV.
- Determinar la viabilidad económica y realizar un análisis ambiental para la construcción de un CRRV en el cantón de Acosta.

3 MARCO TEÓRICO

3.1 RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES EN EL MUNDO Y AMERICA LATINA

Los RSM son conocidos como la mezcla total entre los residuos domiciliarios y comerciales, los cuales son recolectados y tratados por la municipalidad o entidad encargada [4]. Los residuos domiciliarios son aquellos generados en las actividades domésticas, constituidas por restos de alimentos, periódicos, revistas, envases, latas, cartón, y otros similares, mientras que los residuos comerciales son los generados por las actividades propias del comercio, de los servicios de restaurante, bares, oficinas, mercados entre otros servicios [5].

En Costa Rica, la Ley N° 8839 para la Gestión Integral de Residuos Sólidos, define los residuos ordinarios como aquellos de carácter doméstico generados en viviendas y en cualquier otra fuente, que presentan composiciones similares a los de las viviendas. Se excluyen los residuos de manejo especial o peligroso, regulados en la misma Ley y en su Reglamento [6].

Según el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), en su publicación Situación de gestión de Residuos Sólidos en América Latina y el Caribe, el porcentaje de residuos domiciliarios en América Latina y el Caribe (ALC), es de un 67% del total de los RSM generados, mientras que la composición de residuos domiciliarios a nivel global es de un 82% [7].

La Generación Per Cápita (GPC), es un indicador que permite conocer la cantidad de RS generados por habitante (kg/hab/día). El Cuadro 3.1. muestra la generación per cápita de RSM de algunos países de ALC, la generación y el aumento de este indicador se atribuye al crecimiento urbano y desarrollo comercial, siendo los seres humanos los principales actores del proceso [8].

Cuadro 3.1. Generación per cápita de RSM de algunos países de ALC.

| País | Generación per cápita (kg/hab/día) |
|-------------|---|
| Colombia | 0,69 |
| Panamá | 1,22 |
| Costa Rica | 0,88 |
| El Salvador | 0,89 |
| Guatemala | 0,61 |
| México | 0,58 |

Fuente: Tello, P., Martínez, E., Daza, D., Soulier, M., & Terraza, H. (2010).

La cobertura de recolección es otro de los indicadores importantes en la gestión integral de los RSM. El BID reporta que, a nivel mundial se tiene un porcentaje de recolección de un 73,6%, mientras que para ALC corresponde a un 89,9%, siendo un porcentaje alto en comparación con los niveles de coberturas de recolección de otras zonas como África, Sur de Asia y Medio Oriente los cuales son 46%, 65% y 85%, respectivamente. En el Cuadro 3.2. se pueden observar porcentajes de cobertura de recolección para algunos países de ALC, donde Costa Rica se logra posicionar entre los países con un porcentaje mayor al 90% [7].

Cuadro 3.2. Coberturas de Recolección de RSM de algunos países de ALC.

| País | Cobertura de Recolección (%) |
|-------------|-------------------------------------|
| Colombia | 98,9 |
| Panamá | 84,9 |
| Costa Rica | 90,4 |
| Nicaragua | 92,3 |
| Honduras | 64,6 |
| El Salvador | 78,8 |
| Guatemala | 77,7 |
| México | 93,2 |

Fuente: Banco Interamericano de Desarrollo (2015).

La importancia del concepto “cobertura de recolección”, está relacionada directamente con la salud de los habitantes, con ella se pretende mitigar la propagación de vectores ambientales y otros que impliquen un efecto negativo a la salud humana, realizando una recolección de residuos de acuerdo con las necesidades de los habitantes [8].

Por otro lado, la composición de residuos en el mundo es determinada por factores como el grado de urbanización, el clima, factores culturales y alimenticios, coberturas y frecuencia de recolección de residuos, entre otras. En el Cuadro 3.3. se observan los diferentes porcentajes de composición de residuos en algunos países [10].

Cuadro 3.3. Composición porcentual de RS a nivel global (%).

| Residuo | Estados Unidos | México | Colombia |
|----------------|-----------------------|---------------|-----------------|
| Papel y cartón | 40 | 14 | 22 |
| Plástico | 8 | 6 | 5 |
| Metales | 9 | 3 | 1 |
| Orgánicos | 18 | 32 | 56 |
| Vidrio | 7 | 7 | 2 |
| Otros | 18 | 38 | 7 |

Fuente: Elaboración propia a partir Griselda (2005).

3.1.1 Generación y composición de RS en Costa Rica

De acuerdo con el Primer Informe Situación de la gestión de los RS para la determinación de NAMA (2019), en el territorio costarricense se generan al menos 4000 toneladas de RS por día. La distribución de generación de RS por división provincial para el año 2018 se encuentra en el Cuadro 3.4. donde la capital del país contribuye con un 36% de los residuos generados a nivel nacional [12].

Cuadro 3.4. Porcentaje de contribución de generación de RS por provincia.

| Provincia | Generación de RS (%) |
|------------------|-----------------------------|
| San José | 36 |
| Alajuela | 19 |
| Heredia | 12 |
| Cartago | 9 |
| Puntarenas | 9 |
| Limón | 8 |
| Guanacaste | 7 |

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Informe Estado de la Nación (2019).

La composición de los RS generados a nivel nacional está abarcada en un 52% de residuos sólidos orgánicos, con una producción de al menos 2068 ton/día, mientras que los materiales valorizables como el papel y el cartón contribuyen en un 12,5%, el plástico un 12,3% y el vidrio en un 9,2% [13].

Soto (2019), explica que una manera de catalogar los RS generados en el país es dividirlos en tres secciones: Orgánicos, Valorizables y No Valorizables. Entiéndase por Residuos Sólidos Valorizables (RSV), como los residuos con algún valor económico por medio de su aprovechamiento;

y por los Residuos Sólidos No Valorizables (RSNV) como aquellos que no pueden reincorporarse a ningún proceso productivo para obtener algún beneficio. Por su parte, el Ministerio de Salud de Costa Rica ha enlistado los RS en categorías y subcategorías, las cuales se pueden observar en el Cuadro 3.5. [14].

Cuadro 3.5. Categorías y subcategorías de RS en Costa Rica.

| Categorías | Subcategoría |
|-------------------|-------------------------------------|
| Orgánicos | Cáscaras de frutas |
| | Residuos de Jardín |
| Envases | Plástico |
| | Tetra brik |
| Plástico | Tereftalato de polietileno (PET) |
| | Polietileno de alta densidad (HDPE) |
| | Polietileno de baja densidad (LDPE) |
| | Otros plásticos |
| Poli-laminados | Poli-laminado |
| Aluminio | Envases de aluminio |
| | Latón |
| | Hojalata |
| Papel/cartón | Papel blanco y de color |
| | Periódico |
| | Cartón |
| | Cartoncillo |
| Vidrio | Envase Blanco |
| | Envase Marrón |
| | Plano |
| | Envase Verde |

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la Guía de interpretación de la metodología para la realización de estudios de generación y composición de residuos ordinarios.

3.1.2 Gestión Integral de Residuos Sólidos

La Gestión Integral de Residuos Sólidos (GIRS) se define como el conjunto articulado e interrelacionado de acciones regulatorias, operativas, financieras, administrativas, educativas, de

planificación, monitoreo y evaluación para el manejo de los residuos, desde su generación hasta la disposición final [6].

La Ley para la Gestión Integral de Residuos N° 8839, se encuentra en vigencia en el país desde el 5 de enero del 2010, la cual tiene como objetivo la regulación de la gestión integral de residuos y el uso eficiente de recursos, mediante la planificación y ejecución de acciones regulatorias, operativas, financieras, administrativas, educativas, ambientales y saludables de monitoreo y evaluación [6].

La Ley N° 8839 detalla un orden jerárquico necesario para una adecuada GIRS, iniciando por la prevención en la fuente donde se plantea evitar la generación de residuos desde su origen, esto como un medio para evitar la proliferación de vectores relacionados con la contaminación ambiental, en segundo y tercer plano, se encuentra la minimización en la generación de residuos y la reutilización de los residuos generados, el cuarto nivel es explicado por medio de la valorización de los residuos a través técnicas de recuperación, mientras que el quinto nivel es el tratamiento que se brinda a los residuos previo a la disposición final, por último, la disposición final, una vez acatados los pasos anteriores, se pretende dar una disposición final a la menor cantidad de residuos con técnicas y requisitos ambientalmente aceptadas [6].

Uno de los objetivos de la Ley para la Gestión Integral de Residuos Sólidos N° 8839, es promover la clasificación, cuantificación y caracterización de los residuos, por medio de estudios de generación y composición logrando un alcance de calidad y comparabilidad de los resultados entre los diferentes proyectos. Por lo anterior, el programa CYMA, creó en 2012 una guía para estudios de cuantificación y composición basados en la Ley N° 8839 con el objetivo de disponer una metodología para la ejecución de estos proyectos a nivel municipal en Costa Rica [14].



Figura 1. Jerarquía de la gestión integral de residuos. Tomado de la Ley N°8839.

3.1.3 Estudios de generación y composición de Residuos Sólidos

El Programa CYMA (2012), define la composición de los residuos como la técnica de identificación en una base másica o volumétrica de los diferentes componentes de los residuos sólidos, exponiendo los valores de composición de residuos ordinarios en términos de porcentajes de masa y contenidos de materia orgánica, papel y cartón, plásticos, textiles, metales, vidrios, etc [14].

Los estudios de generación y composición de RS están divididos en 3 fases: planificación, ejecución y procesamiento. La fase 1, debe de ser realizada por personal capacitado en la aplicación de la metodología, además, en esta fase es esencial definir el alcance, el cual puede variar entre si lo que se quiere analizar son viviendas, solo comercios o ambas, alguna información básica previa a la planificación del estudio es la superficie del área de estudio, número de habitantes, número de viviendas, número y tipo de comercios, etc [14].

La ejecución es la fase 2 del estudio y está enfocada en la toma, recolección e identificación de composición de muestras para la determinación de la generación de residuos por medio de técnicas de pesaje y el método de cuarteo por estratos para viviendas y comercios. CYMA (2012) recomienda la preparación de formularios para la documentación de información y observaciones relevantes para las unidades por muestrear.

La fase 3 es el procesamiento de información de los formularios: generación y composición de residuos, para de esta manera lograr obtener la generación per cápita por días de residuos sólidos en las viviendas y comercios, para un posterior análisis de resultados y la elaboración del informe final [14].

3.2 CENTROS DE RECUPERACIÓN DE RESIDUOS VALORIZABLES

El Reglamento de Centros de Recuperación de Residuos Valorizables N° 35906-S, define el concepto de Centros de Recuperación de Residuos Valorizables (CRRV) como, “Un sitio permanente de almacenamiento temporal de residuos para su valorización, donde los materiales recuperables son pesados y pueden ser clasificados y separados de acuerdo con su naturaleza” [16].

Cimpan (2015), menciona que los CRRV presentan dos fases claves para su buen funcionamiento. La primera, concierne a la buena separación de los residuos desde su origen y las buenas técnicas de recolección de residuos valorizables y la segunda fase, que corresponde a las tecnologías de recuperación de los materiales y la clasificación de estos por medio de facilidades que ayudan a disminuir el flujo de residuos y desperdicios [17].

El objetivo principal de la recuperación de materiales es maximizar la cantidad de material reciclado por medio de tecnologías ambientales, mientras se generan nuevos productos. Inicialmente los Programas de Recuperación de Residuos Valorizables (PRRV), estuvieron enfocados en la recuperación y valorización de materiales como el vidrio y el papel, sin embargo, los PRRV a lo largo de los años han presentado nuevas necesidades, implicando en la actualidad una oportunidad de tratamiento y aprovechamiento de otras materias valorizables como el plástico, los residuos orgánicos y el cartón [17].

La Figura 2, presenta un esquema del procedimiento básico de la recuperación de residuos en un CRRV, donde la idea principal es lograr aprovechar por medio de técnicas ambientalmente aceptadas el máximo de los residuos sólidos de plástico, aluminio, papel, vidrio y residuos orgánicos.

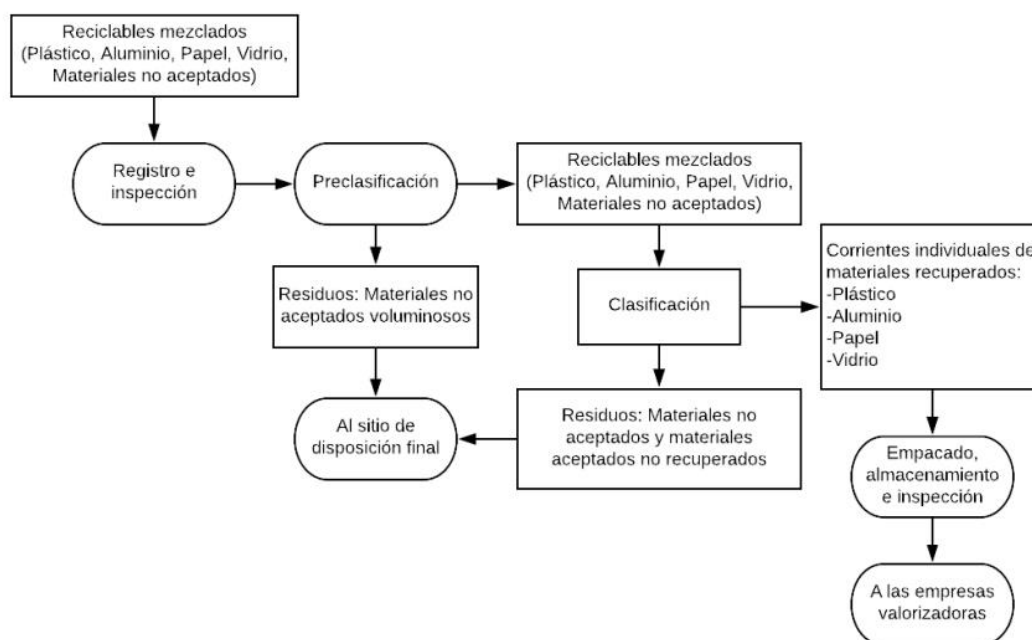


Figura 2. Esquema de un CRRV. Tomado de Masis, 2018.

3.2.1 Situación actual de los CRRV en Costa Rica

Según Soto (2019), del total de RS generados solo un 78,7% son tratados de acuerdo con lo establecido por la ley, ya sea en un CRRV o entidades que se encarguen de la adecuada disposición final, el resto del porcentaje se desconoce su paradero y disposición final, pudiendo ser en alguno de los 16 vertederos y/o en uno de los 7 rellenos sanitarios existentes en el país [13].

Masis (2018), comenta que actualmente gran parte de los CRRV están en funcionamiento sin contratos formales con gestores autorizados para llevar a cabo la disposición final de los residuos,

además, menciona que estos deben de cumplir con todos requisitos los legales y ambientales para que se tenga una buena administración y un buen funcionamiento del CRRV [1].

Por otro lado, Masis da a conocer que la mayoría de CRRV presenta una baja eficiencia en el procesamiento del reciclaje y que para mejorar esta eficiencia es necesario una localización y un terreno estratégico, donde se cumplan con algunas características adecuadas de tamaño, topografía, geología y accesibilidad [1]. Además, la infraestructura debe estar construida con base a condiciones de diseño estructural, eléctrico y de fontanería, condiciones variables según las actividades que se van a desarrollar dentro del CRRV [18].

Es importante mencionar que actualmente existen muchas iniciativas a nivel nacional para la promoción del desarrollo de los CRRV. A manera de ejemplo, la Fundación Aliarse en el 2016 dio a conocer algunas condiciones aceptables para la admisión de residuos en empresas dedicadas a la valorización. Además, en 2017 se hizo pública la “Guía de buenas prácticas en la implementación del Plan Municipal de Gestión Integral de Residuos Sólidos” dedicando un capítulo completo al entendimiento de los CRRV [1].

3.2.2 Criterios de diseño para CRRV

El Reglamento de Centros de Recuperación de Residuos Valorizables N° 35906-S, establece ciertas características, medidas y cumplimientos legales a considerar ante la construcción, ampliación o remodelación de un CRRV, algunos de los cumplimientos legales son los siguientes:

- Ley de Igualdad de Oportunidades para las personas con Discapacidad, Ley N°7600.
- Artículo 33 de la Ley Forestal N° 7575.
- Permiso Sanitario de funcionamiento, por medio del cumplimiento del Reglamento General para Autorizaciones y Permisos Sanitarios de Funcionamiento otorgados por el Ministerio de Salud.

Los criterios de diseño para un CRRV se enlistan a continuación, estos son establecidos en el artículo 8, condiciones físico-sanitarias de las instalaciones del Decreto Ejecutivo N° 35906-S Reglamento de Centros de Recuperación de Residuos Valorizables:

- Pisos, paredes y estructuras internas construidas con materiales retardadores del fuego de al menos una hora no porosos, de fácil limpieza y que no se reblandezcan al entrar en contacto con agua.
- Pisos de material resistente, parejos y no resbaladizos, fáciles de asear; con declives y desagües apropiados.

- Los pasillos principales deberán ser de mínimo 1,20 m, para secundarios 1 m, además se deber considerar un mínimo de 80 cm de separación entre máquinas.
- Separación entre máquinas, instalaciones y puestos de trabajo suficientes para que el trabajador pueda realizar su trabajo sin incomodidad y para que quede cubierto de posibles accidentes por falta de espacio. Por lo tanto, la superficie del piso no será inferior a dos metros cuadrados libres para cada trabajador.
- Techos con una altura mínima de 2,5 metros medidos del piso al cielo raso o cercha.
- Estibas dentro de las instalaciones no superiores a tres cuartas partes de la altura de la construcción, medida del piso a la cercha o cielo raso.
- Área de ventilación natural no inferior al 20 % de la superficie del piso.
- Extintores en buen estado, ubicados estratégicamente dentro del establecimiento. La distancia de recorrido para acceder a un extintor no debe ser mayor de los 23 metros. Dada la naturaleza de los residuos que se van a almacenar en el Centro será necesitaran extintores para fuego tipo A.
- Servicios sanitarios equipados con papel higiénico, jabón de manos, toallas de papel o sistema mecanizado de secado de manos, como mínimo, separados por género y con ventilación natural o mecánica, de acuerdo con la proporción de trabajadores.
- Área destinada al almacenamiento de RS completamente techada, a excepción del área de almacenamiento de partes de vehículos, materiales de construcción, maquinaria y equipo 29 pesado en desuso, siempre y cuando no contengan sustancias peligrosas, ni constituyan focos de contaminación o criaderos de fauna nociva.
- Botiquín de primeros auxilios rotulado y ubicado en un lugar limpio y seco, protegido de los cambios ambientales que afectan a los medicamentos. Se deberá realizar una revisión periódica de los medicamentos contenidos en el botiquín, con el fin de verificar su estado y fecha de caducidad, así mismo los demás artículos del botiquín deberán estar en buenas condiciones higiénicas.

Además de las condiciones mencionadas anteriormente cada CRRV debe de contar con un área de almacenamiento, instalaciones hidráulicas, mecánicas y eléctricas, áreas administrativas, área de capacitación, comedor, sanitarios, área de aseo personal y área verde para futuro proyectos.

3.3 APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS VALORIZABLES

Hoornweg, Granados & Perinaz (2012), comentan que en países desarrollados las cantidades generadas de residuos sólidos son altas, sin embargo, sus tasas de reciclaje también, esto es debido a

las reglamentaciones existentes y a la buena separación desde la fuente, no obstante, el reciclaje en estos países también se ve afectado negativamente por las mismas políticas existentes, factores sociales, incentivos económicos y factores de comportamiento social [19].

El reciclaje es una de las principales técnicas de recuperación de los residuos sólidos generados. La Ley para la Gestión Integral de Residuos (2010) define el reciclaje como un proceso que consiste en someter una materia o producto ya utilizado a un ciclo de tratamiento total o parcial para obtener una materia prima y con ellos la posibilidad de elaborar un nuevo producto.

Además, la ley N° 8839 según el artículo 2 (2010) menciona que uno de sus objetivos principales es promover la creación y el mejoramiento de infraestructura pública y privada necesaria para la recolección selectiva, el transporte, el acopio, al almacenamiento, la valorización, el tratamiento y la disposición final adecuada de residuos, esto con el fin de promover el reciclaje como parte de las actividades diarias de las municipalidades.

Según la Universidad Nacional de Costa Rica (2016) uno de los factores influyentes del bajo porcentaje del reciclaje en Costa Rica se debe a que las personas e instituciones no se han apropiado del tema como tal, lo que implica un desentendimiento parcial, a pesar de reglamentos y leyes establecidas [21].

Rodríguez (2020), explica que algunas de las barreras que las municipalidades enfrentan en el tema del reciclaje son la falta de recursos financieros para maquinarias, equipo, CRRV; además, la falta de compromiso interno, falta de recurso humanos para fortalecer la educación y socialización de los programas y poco espacio de almacenamiento. Por otro lado, menciona que algunas de las principales barreras del reciclaje por parte de los CRRV son las tecnologías costosas, los altos costos operativos, el poco financiamiento, pocos incentivos industriales y el flujo de material no constantes [22].

Según Rodríguez (2020), algunas de las medidas actuales para eliminar las barreras del reciclaje en Costa Rica, son:

- Brindar una mayor apertura al diálogo, estableciendo espacios con los encargados de la gestión municipal.
- Revisión de presupuestos municipales y adjudicar recurso económico para maquinarias y equipos para CRRV.

- Fortalecer las estrategias de comunicación de residuos sólidos, donde se incluye actividades de educación ambiental, colocación de afiches informativos en lugares estratégicos de la comunidad, participación en programas de radio, entre otros.
- Crear políticas de exoneración e incentivos para la industria.

El cuadro 3.6. muestra algunas de las empresas transformadoras de materiales del país.

Cuadro 3.6. Empresas encargadas del reciclaje de materiales.

| Empresa | Material por transformar | Producto final |
|--------------------|--|---|
| Producol | Plástico: 2 (HDPE), 4 (LDPE), 5 (PP), 6 (PS) de alto impacto y 7 (otros) | Madera plástica. |
| Grupo Pedregal | Plástico: 1 (PET), 2 (HDPE), 3 (PVC), 4 (LDPE), 5 (PP). Aluminio y Policarbonato | Eco arena, eco bloque, eco ladrillo, eco loseta, eco muroblock, zacateblock |
| MundoRep | Plástico: 2 (HDPE), 4 (LDPE), 5 (PP), 7 (otros) algunos Tetra brik | |
| West Coast Waste | 1 (PET), 2 (HDPE), 4 (LDPE), 5 (PP), 6 (PS) de alto impacto, 7 (otros) ABS, cartón, papel y Tetra brik | Acopio |
| The Recycle Studio | Plástico: 5 (PP) y 6 (PS) | Láminas plásticas |
| Empaques Santa Ana | Cartón | Papel, empaques de cartón corrugados y empaques plegadizos |
| Carmioli | Aluminio y bronce | Piezas electromecánicas |
| Vical | Vidrio | Recipientes de vidrio |

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Rodríguez (2020).

3.4 ESTUDIOS DE FACTIBILIDAD

Antes de realizar la ejecución de un proyecto es necesario llevar a cabo un estudio de factibilidad definiendo variables claves para determinar si es factible o no su realización. Variables como su costo, tiempo de desarrollo, esfuerzo humano, así como cantidad de recursos humanos necesario y disponibles. [23].

Un estudio de factibilidad tiene como objetivo principal conocer la viabilidad de la implementación de un proyecto de inversión, Weinberger (2009), explica que para llevar un estudio de factibilidad es necesario realizar estudios de mercado, estudios de aspectos técnicos operativos,

administrativos y financieros. La evaluación de la liquidez, rentabilidad económica y financiera de la inversión por realizar sobre los flujos de caja, puede llevarse a cabo por medio de análisis de punto de equilibrio y análisis del VAN y el TIR [24].

Por otro lado, los estudios de mercado definen la demanda e ingresos de operación por costos e inversión implícitas. Bravo (2016) menciona que metodológicamente hay cuatro aspectos a estudiarse:

- El consumidor y las demandas del mercado del proyectos actuales y proyectadas.
- La competencia y las ofertas del mercado y del proyecto, actuales y proyectadas.
- Comercialización del proyecto o servicio.
- Proveedores, disponibilidad y precio de los insumos actuales y proyectados.

La demanda de los productos o servicios del proyecto se define como la cantidad que un consumidor está dispuesto a adquirir a un determinado precio la cual, está desarrollada de dos maneras [23].

- Demanda histórica, análisis a través de fuentes secundarias.
- Demanda presente, análisis actual a través de procesos de investigación.

Para análisis de factibilidad es necesario considerar algunos de los factores influyentes en el tamaño del proyecto, esto con el objetivo de hacer un análisis extenso por todas las partes. En la Figura 3, se observa los factores más influyentes para un análisis de factibilidad.

| | |
|--|--|
| <p>Disponibilidad de capital propio y prestado</p> <p>Mayores recursos económico, las dimensiones del proyecto pueden ser proyectadas a grandes escalas.</p> | <p>Cantidad demandada que se piensa satisfacer</p> <p>Una buena disponibilidad de recursos económicos para invertir significa un trabajo a grandes escalas.</p> |
| <p>Tamaño y la utilización de materias primas</p> <p>La disponibilidad de materias primas depende de la localización del proyecto y va a interferir y su ejecución.</p> | <p>Tamaño y el tipo de tecnologías a usarse</p> <p>Las tecnologías específicas en el proyecto influyen en el diseño del proyecto y en la capacidad de obtención de productos.</p> |

**Figura 3. Factores influyentes en el tamaño del proyecto.
Elaboración propia a partir de Lara, 2010.**

3.4.1 Viabilidad Económica para un CRRV

Gracias a diferentes técnicas de medición de la rentabilidad de un proyecto de inversión y por medio de la construcción de los flujos económicos que se proyecten sobre una serie de supuestos se logra saber si un proyecto es viable o no. Además, a partir del flujo neto económico es posible evaluar un proyecto, que busca determinar la capacidad de este para generar rentas económicas. Una evaluación económica es un reporte que considera las entradas y salidas efectivas de dinero a lo largo de la vida útil de un proyecto permitiendo, medir la rentabilidad de la inversión [26].

Es importante mencionar los dos tipos de flujos netos que existen, un flujo neto económico posibilita medir la rentabilidad del proyecto en sí mismo, sin incluir el financiamiento externo utilizado para llevarlo a cabo y un flujo neto financiero es en el que participa la deuda de la agregación del flujo anterior, este flujo se orienta a medir la rentabilidad integral del proyecto. Un flujo neto económico está compuesto por el flujo de inversión y por el de caja operativo, el primero incluye todas aquellas cuentas que relacionan al proceso de inversión, por ejemplo: gastos de pre-inversión, compra de terrenos, gastos en trámites legales, entre otros; mientras tanto el flujo de caja operativo está compuesto básicamente por los ingresos y egresos periódicos [26].

Un análisis de punto de equilibrio es una de las medidas centrales para cualquier tipo de organización y actividad comercial, debido a que cada rubro empresarial busca invertir en sistemas económicos y financieros para agregar un valor a las actividades que se ejecutan día a día. El punto de equilibrio permite analizar y determinar el momento en el cual las ventas deben cubrir los costos, mientras las empresas buscan mejorar la eficiencia en el logro de máxima capacidad posible de bienes o servicios con una cantidad de factores determinada, esta eficiencia se ve desde el punto de vista económico cuando se minimiza el costo de oportunidad, asegurando que siempre esté por encima del mínimo para garantizar pagar costos de producción, gastos generales y generar utilidades suficientes para lograr la rentabilidad del negocio [27].

La Guía técnica y económica para mantener la rentabilidad y la eficiencia en la operación de los CRRV, da a conocer los costos asociados a la construcción de estos, donde presentan un listado involucrando los aspectos que hacen referencia al Reglamento de CRRV [28]. A continuación, se enlistan estos costos:

- Ingeniería y visado de Planos para la Construcción (incluya la Ley N° 7600).
- Elaboración de un Plan de manejo de residuos sólidos y líquidos no recuperables.
- Permiso sanitario de funcionamiento del Ministerio de Salud (requiere renovación anual).
- Compra de Terreno.

- Conexión eléctrica y de agua potable.
- Áreas de parqueo, maniobra de carga y descarga (no techada).
- Bodega de almacenamiento con áreas de clasificación (techada).
- Sector de almacenamiento de residuos peligrosos (opcional).
- Servicios sanitarios.
- Oficina de administración (opcional).
- Zona de lavado de contenedores (opcional).
- Otras inversiones.

Esta guía también define los principales costos de operación en los cuales se debe tomar en cuenta para iniciar la operación de un CRRV. A continuación, la lista de los costos operativos:

- Mesas para la clasificación, contenedores y estantes de almacenamiento.
- Pesa(s) para residuos clasificados.
- Equipo de compactación para papel y cartón.
- Equipo de trituración de vidrio (opcional).
- Equipo y herramientas para empaque y embalaje.
- Equipo para transporte de materiales dentro del centro.
- Equipo de oficina (muebles, computadora, impresora, etc.).
- Extintores (de acuerdo a la clase de fuego).
- Equipo de protección y seguridad (guantes, mascarillas).
- Botiquín de primeros auxilios.
- Contenedores.
- Camión para recolección y transporte de materiales.
- Vehículos livianos.
- Otros.

La viabilidad económica depende directamente de los ingresos que se obtiene a partir de la operación del CRRV, por lo que la guía nos indica que es necesario realizar una proyección promedio de la cantidad vendida de cada material conociendo los precios de los mercados actuales [28].

3.4.2 Viabilidad Ambiental para un CRRV.

Según La Ley Orgánica, las actividades humanas que alteren o destruyan elementos del ambiente o generen residuos, requieren una evaluación de impacto ambiental por parte de SETENA, la

aprobación previa por parte de este organismo es un requisito indispensable para iniciar las actividades. [38]

Un estudio de la viabilidad ambiental en proyectos de manejo de residuos sólidos se realiza con el fin de definir acciones para la prevención de la propagación de vectores, además de evitar, minimizar y mitigar los efectos adversos sobre el ecosistema natural y social [29].

Por medio de herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG), existe la oportunidad de realizar una evaluación del terreno para observar la Geoaptitud, concepto definido en el Manual de Instrumentos Técnicos para el proceso de Evaluación del Impacto Ambiental (Manual de EIA)-Parte II N° 32967, como la condición de estabilidad natural de espacios geográficos, tomando en cuenta las condiciones del suelo, así como los procesos geodinámicos activos que puedan alterar esa estabilidad [30].

La importancia de los estudios de geoaptitud radican en la determinación de áreas ambientalmente frágiles, espacios geográficos que en función de sus condiciones de geoaptitud, de capacidad de uso del suelo, de ecosistemas que lo conforman y su particularidad sociocultural; presenta una capacidad de carga restringida y con algunas limitantes técnicas que deberán ser consideradas para su uso en actividades humanas. También comprende áreas para las cuales, el Estado, en virtud de sus características ambientales ha emitido un marco jurídico especial de protección, reserva, resguardo o administración [39].

Según la definición propuesta con National Center for Geographic Information and Analysis (NCGIA) de los Estados Unidos, un Sistema de Información Geográfica es un sistema de información compuesta de hardware, software y procedimientos para capturar, manejar, manipular, analizar, modelizar y representar datos georreferenciados, con el objetivo de resolver problemas de gestión y planificación [31].

4 METODOLOGÍA

4.1 ÁREA BAJO ESTUDIO

El cantón de Acosta está ubicado 30 km al sur de la ciudad de San José. Este cuenta con una extensión de 342,24 km², siendo el quinto de mayor extensión de la provincia de San José. Se encuentra dividido en 5 distritos: San Ignacio, Guaitil, Palmichal, Cangrejal y Sabanillas, siendo San Ignacio de Acosta la cabecera del cantón. El cantón se caracteriza por ser topográficamente el más quebrado del país y presenta un Índice de Desarrollo Humano (IDH) del 0,74%, además es

considerado un cantón agrícola donde la actividad agropecuaria es el mayor generador de ingresos en sus pobladores [3].

En la siguiente figura se muestra el mapa de la zona de estudio:

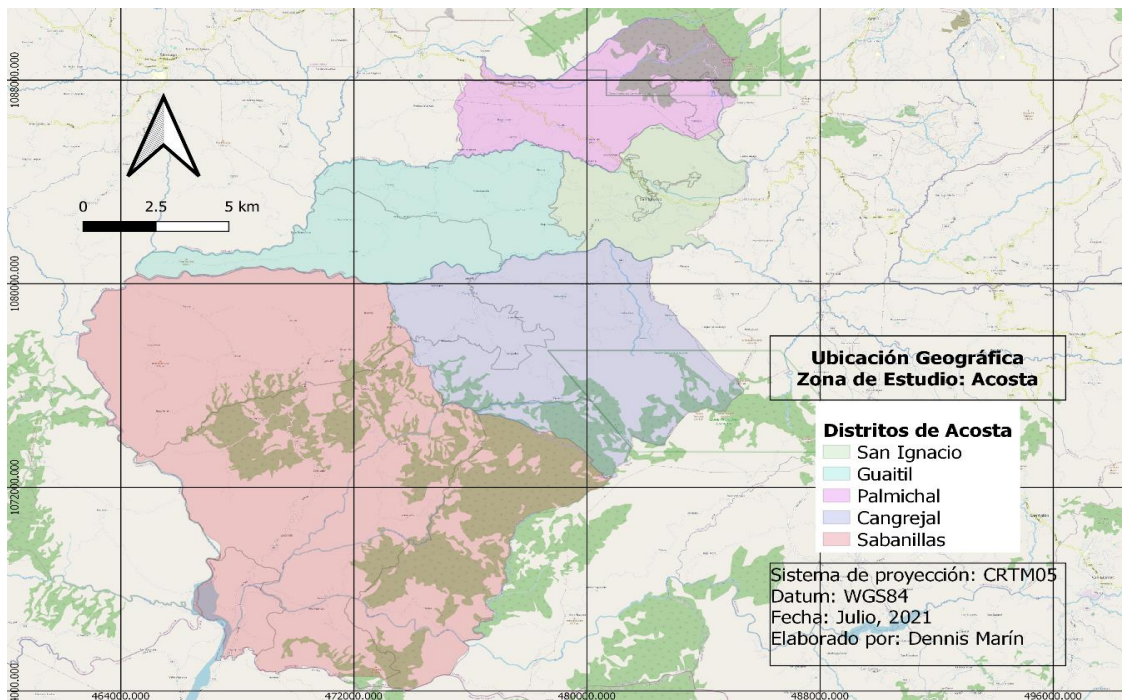


Figura 4. Ubicación geográfica de la zona de estudio.

El distrito de Sabanillas es el de mayor extensión, abarcando un área total de 176,83 km², mientras que el distrito de San Ignacio es el que cuenta con la mayor cantidad de pobladores y con la menor extensión territorial (22,63 km²) [3].

De acuerdo con el Instituto de Estadística y Censo (INEC), para el año 2021 se proyecta una población total de 22 114 habitantes, distribuidos a lo largo del cantón, con un total de 7500 viviendas, además, el cantón cuenta con un total de 481 patentes activas entre bazares, tiendas, centros de belleza, supermercados, talleres, etc.

La municipalidad de Acosta es el ente regulador de la gestión integral de los residuos sólidos generados en todo el cantón con el fin de velar por el mejor tratamiento y la adecuada disposición final de los residuos. Actualmente, la recolección de residuos se da para todos los distritos del cantón, teniendo un sistema diferenciado específicamente para residuos valorizables y residuos ordinarios no valorizables. Según datos municipales el promedio al 2016 de la cantidad recuperada equivale a 53,63 kg/anuales. Por otra parte, los residuos no valorizables son dispuestos en el Relleno Sanitario El Huazo, ubicado en Aserri.

Para la instalación de un CRRV, se pretende realizar un aproximado de la situación al 2021 en temas de residuos sólidos, el cual debe de evaluarse para determinar la factibilidad económica y ambiental. La creación de este CRRV tiene como objetivo principal aprovechar los residuos generados por el cantón que son gestionados por la Municipalidad de Acosta, con posibilidades de obtener recursos económicos y contribuir al adecuado manejo de los residuos sólidos del país.

4.2 ESTUDIO DE GENERACIÓN Y COMPOSICIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS DOMICILIARIOS Y COMERCIALES

La adecuada instalación de un CRRV en el cantón de Acosta debe de fundamentarse con base a la Ley N° 8839 “Ley para la Gestión Integral de Residuos” que busca comprometer a las municipalidades para que ofrezcan a la comunidad un sistema de gestión integral de los residuos sólidos.

El estudio de la tasa de generación aproximada de residuos sólidos del sector residencial y comercial del cantón de Acosta, que son dispuestos al relleno sanitario será analizado con base en el Decreto N° 37745-S "Metodología para Estudios de Generación y Composición de Residuos Sólidos Ordinarios".

De acuerdo con la unidad de Gestión Ambiental de la Municipalidad de Acosta y con el objetivo de tener resultados a nivel residencial y comercial, se decide hacer un estudio completo del sector comercial por categorías, así como un estudio del sector residencial recolectando los residuos de una muestra menor, a la recomendada en la metodología mencionada anteriormente. Las razones para lo anterior se basan en la situación actual de pandemia, los recursos económicos disponibles, capital humano y la dificultad de la recolección, transporte y análisis de una muestra mayor.

Además, durante el estudio se decide realizar otras modificaciones, entre ellas, no informar a la población en estudio sobre la investigación a realizarse, con el propósito de no afectar el comportamiento respecto a la generación de residuos, o bien presentar anomalías donde las residencias o comercios podrían deshacerse de residuos acumulados.

En el Cuadro 4.1. se observa la cantidad de residencias a muestrear según la metodología aprobada en el Decreto N° 37745-S, modificando el porcentaje de error al 10%, reduciendo así la cantidad de muestrear a tomar.

Para la clasificación de las zonas se utilizó la información descrita en el archivo shp Zonas Homogéneas del cantón de Acosta, en el cual se describe el valor económico ($\$/m^2$) y la

categorización de las zonas terrestres que conforman el cantón, a partir de esta distribución se procedió a agrupar cada zona de valor.

Cuadro 4.1. Cantidad de residencias a muestrear por zona.

| Área en estudio | Tamaño de la muestra | |
|--------------------------|----------------------------|---------------------------|
| | Porcentaje de distribución | Residencias por muestrear |
| Zona Urbana | 13% | 6 |
| Zona Rural | 87% | 37 |
| Total de muestras | | 43 |

La cantidad de comercios a muestrear se detalla en el Cuadro 4.2. Estos son divididos en las siguientes categorías: abarrotes, centro de entretenimiento, comercio general, comidas y bebidas, ferreterías, servicios, talleres y vehículos.

Cuadro 4.2. Cantidad de comercios a muestrear.

| Área en estudio | Tamaño de la muestra | | |
|-----------------|--|--|-----------------------|
| | Sin considerar el porcentaje de “no respuesta” | Considerando el porcentaje de “no respuesta” | Comercios muestreados |
| Comercios | 37 | 49 | 37 |

En el Anexo 8.1. se muestra la metodología detallada utilizada para la realización del estudio.

4.3 ESTUDIO DE FACTIBILIDAD ECONÓMICA Y AMBIENTAL

Para la elaboración del estudio de la factibilidad económica se decide utilizar como base el “Manual para la definición de un modelo tarifario para la gestión municipal de residuos sólidos” específica para Centro de Recuperación de residuos Valorizables, elaborado por el Programa CYMA, donde se considera la recopilación de costos indirectos, directos y costos de inversión, datos útiles para nuestro estudio [14].

Con información recopilada del proyecto “Centro de Acopio UNCADA” de la Municipalidad de Acosta, se obtiene información útil relacionada al diseño, funcionamiento y gestión del posible CRRV.

La información necesaria para el desglose presupuestario de la construcción del CRRV, fue brindada por la Unidad de Gestión Ambiental, la cual fue elaborada por funcionarios de la Municipalidad de Acosta. Esta incluye el desglose presupuestario de infraestructura, estimación de

costos de pre-inversión referentes a ingeniería, estudios y permisos para el CRRV, así como la información del valor de terreno destinada al proyecto.

Además, para la estimación de costos operativos relacionados a salarios se utiliza la lista de salarios mínimos del Ministerio de trabajo para el segundo periodo del 2021 y se asigna el porcentaje de cargas sociales de la Caja Costarricense de Seguro Social (C.C.S.S) para el cálculo de estos. La información de costos operativos de servicios públicos, mantenimiento de la infraestructura capacitación y suministro, fueron brindados por la Unidad de Gestión Ambiental de la Municipalidad de Acosta.

Por otro lado, es necesario realizar un estudio de mercado el cual debe realizarse de manera digital por medio de consultas vía telefónica, correo electrónico o revisión de literatura. De la misma manera se recolecta la información respecto al valor de los diferentes activos necesarios para la elaboración de los presupuestos de equipos, herramientas e insumos y adquisición de mobiliarios de oficina. Las especificaciones técnicas de estos activos fueron brindadas por la Unidad de Gestión Ambiental de la Municipalidad de Acosta.

Por último, se pretende llevar a cabo un análisis de ingresos aprovechando el total de los residuos generados por el cantón, para así llevar a cabo un análisis de punto de equilibrio, con el objetivo de conocer la factibilidad económica del proyecto.

Con respecto a la factibilidad ambiental, por medio de herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG) y según el Manual de Instrumentos Técnicos para el proceso de Evaluación del Impacto Ambiental (Manual de EIA)- Parte II N° 32967, se debe llevar a cabo una evaluación del terreno para observar la condición de estabilidad natural de espacios geográficos tomando en cuenta las condiciones del suelo, así como los procesos geodinámicos activos que puedan alterar esa estabilidad (Geoaptitud).

5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 GENERACIÓN Y COMPOSICIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS DEL SECTOR RESIDENCIAL Y COMERCIAL DEL CANTÓN DE ACOSTA

En esta sección, se describen los resultados obtenidos a partir del estudio de generación y composición de residuos sólidos del sector residencial y comercial. Por medio del estudio se pretende calcular una estimación de la cantidad de material valorizable que se está disponiendo en el relleno sanitario el Huazo y que podría ser aprovechado por medio de una buena gestión de los residuos sólidos municipales.

5.1.1 Generación de los RS del sector residencial

El estudio de generación de residuos del sector residencial fue aproximada a 7500 viviendas que corresponde a las reportadas para el año 2021 en el cantón, donde se obtiene que la generación del sector residencial para el cantón de Acosta equivale a 7120 kg/día. El Cuadro 5.1. muestra los resultados de los pesos promedios de los residuos ordinarios por vivienda y la desviación estándar para cada zona de valor del sector residencial.

Cuadro 5.1. Resultados de generación obtenidos para cada estrato del sector residencial.

| Indicador | Zona Urbana | Zona Rural |
|---|--------------------|-------------------|
| Promedio/ vivienda día (kg/ vivienda día) | 7,83 | 6,42 |
| Desviación Estándar (kg/ vivienda día) | 0,62 | 1,35 |
| Generación del sector residencial (kg/ día) | 7120,13 | |

Según los resultados descritos en este cuadro se observa que en promedio se produce mayor cantidad de residuos por viviendas en la zona urbana, lo anterior se puede interpretar como una posible relación entre la generación de residuos sólidos y las condiciones socioeconómicas de las viviendas, donde se considera que en la zona urbana viven familias con ingresos superiores a los de la zona rural. A mayor ingreso, mayor posibilidad de consumo y mayor generación de residuos sólidos [32]. La desviación estándar del análisis muestra que la zona rural tiene el doble que la urbana, esto podría deberse a que en todas las zonas no se tiene el mismo sistema de recolección de residuos, no se da la misma disposición final de estos, existe una gran diversidad de ellos y a la gran extensión que esta zona representa en el cantón.

En el Cuadro 5.2. se observa la generación per cápita (kg/hab día) por zona de valor. Además, se observa que la generación per cápita (GPC) ponderado sector residencial (kg/ hab día) equivale a un 0,33. A estos valores debe de agregarse el aporte del sector comercial, los cuales se muestran en el apartado 5.1.2.

Cuadro 5.2. Resultados de GPC obtenidos para cada estrato del sector residencial.

| Indicador | Zona Urbana | Zona Rural |
|--|--------------------|-------------------|
| Generación per cápita (kg/ hab día) | 0,38 | 0,32 |
| Desviación Estándar (kg/ residencia día) | 0,62 | 1,35 |
| Generación per cápita ponderada del sector residencial (kg/ hab día) | 0,33 | |

5.1.2 Generación de los RS del sector comercial

Se asignó una fracción de lo generado por día en los comercios a cada uno de los habitantes del área de estudio, a este dato se le conoce como generación per cápita del sector comercial (kg/ hab/ día) y se suma a la generación per cápita del sector residencial para así obtener la generación per cápita total del cantón.

Por medio del pesaje de las muestras de comercios, se calculó la generación de residuos diaria del sector comercial que son destinadas al relleno sanitario El Huazo. Observando el Cuadro 5.3. se concluye que la generación por comercio es de un 2,47 kg/ com día, mientras que la generación del sector comercial para el cantón de Acosta sería de 1136,66 kg/ día con una desviación estándar igual a 1,85 kg/ com día, que se debe a la variedad en la naturaleza de los comercios dependiendo del tipo de actividad que se realiza.

Cuadro 5.3. Resultados de generación obtenidos para el sector comercial.

| Indicador | Año 2021 |
|--|-----------------|
| Generación por comercio (kg/ com día) | 2,47 |
| Desviación Estándar (kg/ com día) | 1,85 |
| Generación del sector comercial (kg/ día) | 1136,66 |
| Generación per cápita del sector comercial (kg/ hab día) | 0,05 |

La generación de residuos del sector comercial se ve afectado por la cantidad de comercios y el valor de generación del estudio de campo, tomando en cuenta la cantidad total de comercios de la

base de datos original brindada por la Municipalidad de Acosta que fue de 599 comercios, la generación del sector comercial sería de 1477,30 kg/ día, sin embargo, se eliminaron 118 comercios entre repeticiones y patentes inactivas, por lo que los cálculos se realizaron para 481 comercios.

Es importante considerar que el sector comercial se ha visto gravemente afectado por las medidas impuestas por el gobierno para prevenir la propagación del COVID-19, por tanto, este valor está relacionado con la disminución de las actividades operativas de los comercios e inclusive el cierre de algunos negocios.

Debido a que el 71% de los comercios no contaban con información completa respecto al tipo de categoría comercial no fue posible efectuar una estratificación por tipo de comercio previo a la selección de los comercios muestreados, sin embargo, se procedió a realizar una separación de comercios según se recomienda en la Metodología para la realización de estudios de generación composición de residuos ordinarios, esto con el objetivo de obtener una mejor realidad respecto a categorías de comercios representados en la muestra [14]. En el Cuadro 5.4. se observa los datos de generación por tipos de comercios (kg/ com día)

Cuadro 5.4. Generación per Cápita de las diferentes categorías incluidas en la muestra del sector comercial.

| Categoría | Porcentaje de representación | Generación por Comercio (kg/ com día) | Desviación Estándar |
|---------------------------|-------------------------------------|--|----------------------------|
| Abarrotes | 19% | 1,96 | 1,74 |
| Centro de entretenimiento | 11% | 1,89 | 1,15 |
| Comercio General | 14% | 7,07 | 0,97 |
| Comidas y bebidas | 28% | 2,07 | 3,54 |
| Ferreterías | 3% | 1,09 | - |
| Servicios | 11% | 0,61 | 0,79 |
| Talleres | 8% | 1,63 | 1,24 |
| Vehículos | 6% | 1,54 | 1,27 |

Con la información anterior, se logra observar que la mayor cantidad de comercios muestreados hace referencia a la categoría de comidas y bebidas, donde se incluían restaurantes, sodas, comidas rápidas, bares y panaderías, seguido por tiendas de abarrotes, centros de entretenimiento y comercios generales. La categoría de comercios general fue la que presentó un valor mayor de generación con 7,07 kg/ com día, seguido por la categoría de comidas y bebidas con 2,07 kg/ comercio día. Además, observando los resultados de desviación estándar, se obtuvo en la categoría de comidas y bebidas una desviación estándar muy alta, relacionando este valor con la

cantidad de comercios involucrados en esta muestra, su diversidad de residuos y la cantidad de residuos que genera cada comercio dependiendo de la magnitud de cada establecimiento.

5.1.3 Generación per cápita total

Finalmente, al sumar la generación per cápita residencial y comercial se obtuvo la generación per cápita total de residuos la cual corresponde a 0,38 kg/hab día. En el cuadro 5.5. se resumen los resultados de GPC para cada sector, así como la GPC total de residuos en el cantón de Acosta obtenido del año 2021.

Cuadro 5.5. Resultados de generación per cápita total del 2021.

| Indicador | Valor |
|--|--------------|
| Generación per cápita del sector residencial (kg/hab día) | 0,33 |
| Generación per cápita del sector comercial (kg/hab día) | 0,05 |
| Generación total de residuos del cantón de Acosta (kg/hab día) | 0,38 |

Para realizar una comparación de la generación per cápita entre dos diferentes años, 2016 y 2021, se utilizaron los datos de la cantidad de residuos dispuestos en el relleno sanitario durante el 2016 y la población para ese año, reportados en el Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos del Cantón de Acosta 2017-2021. El Cuadro 5.6. muestra las toneladas mensuales dispuestas en el relleno sanitario con las cuales se calculó el mencionado índice, esto para obtener la generación anual de residuos enviados al relleno sanitario equivalente a 1497,58 (ton/año).

Cuadro 5.6. Residuos ordinarios recolectados por mes con destino al relleno sanitario en 2016.

| Mes | Ton/mes |
|------------|----------------|
| Enero | 124,61 |
| Febrero | 104,93 |
| Marzo | 120,12 |
| Abril | 116,00 |
| Mayo | 129,95 |
| Junio | 134,17 |
| Julio | 133,51 |
| Agosto | 119,07 |
| Septiembre | 123,29 |
| Octubre | 128,88 |
| Noviembre | 119,76 |
| Diciembre | 143,29 |

Fuente: Municipalidad de Acosta, 2016.

En el Cuadro 5.7. se observan los datos resumidos con los cuales fue posible calcular la generación per cápita para el 2016, la cual corresponde a 0,27 kg/hab día.

Cuadro 5.7. Resultados de generación per cápita total del 2016.

| Indicador | Dato |
|---|-------------|
| Promedio de generación de residuos (kg/mes) | 124 798,33 |
| Promedio de generación de residuos (kg/día) | 4 159,94 |
| Habitantes al 2016 | 15 137 |
| Porcentaje de cobertura (%) | 65 |
| Generación per cápita total (kg/ hab día) | 0,27 |

Al comparar los resultados obtenidos, se logra apreciar que para el 2021 se tiene un aumento en la generación per cápita en el cantón, este se debe a que los resultados descritos en Plan de Gestión Integral son calculados solo para 2 distritos del cantón, los cuales eran los únicos a los que se les prestaba el servicio de recolección en el momento, a diferencia del presente estudio en donde se brinda un servicio de recolección del 100% del territorio. Se aprecia un aumento en la generación de residuos en términos generales de un 40,7% en comparación a lo que se generaba en el 2016. Según Arguedas (2014) la generación per cápita presenta normalmente un crecimiento a través de los años. Además, se debe de considerar la situación actual a causa del COVID-19, en donde se fomenta la estadía en nuestras casas, por lo que el resultado es un aumento en la generación de residuos sólidos por parte del sector residencial desde el año 2020.

5.1.4 Composición de los Residuos Solidos

A continuación, se muestran los resultados de composición de residuos sólidos para el sector residencial y el sector comercial.

5.1.4.1 *Composición de RS del sector residencial*

En la siguiente figura, se presentan los resultados obtenidos de composición de residuos sólidos para el sector residencial.

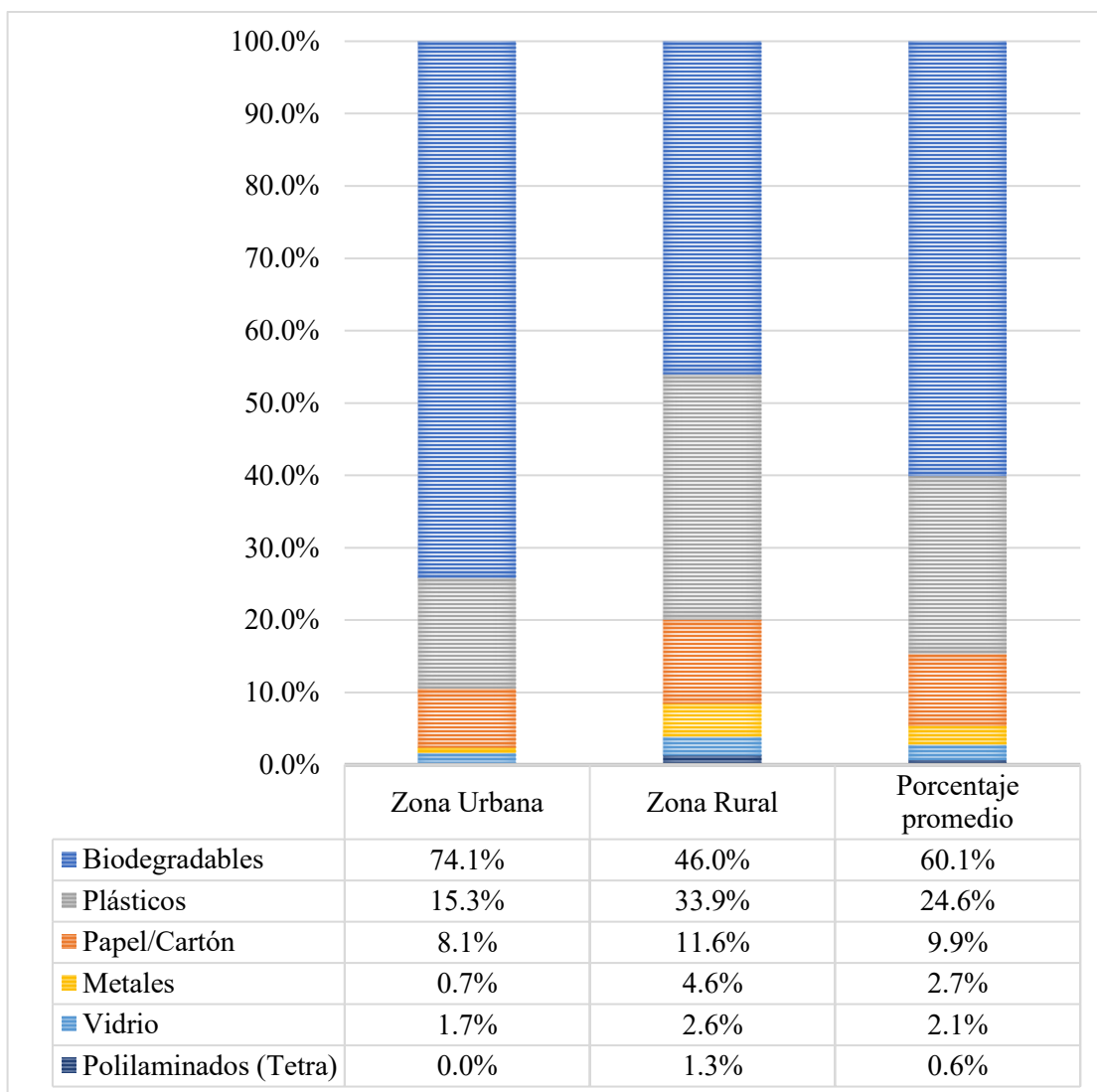


Figura 5. Composición de residuos sólidos del sector residencial.

En la Figura 5, se puede observar que la composición de residuos sólidos del sector residencial en su mayoría es orgánica, variando significativamente entre cada zona de estudio, con porcentajes de 74,1% para la zona urbana y un 46,0% para la zona rural. Este porcentaje menor de residuos orgánicos en la zona rural puede deberse a prácticas propias de los habitantes donde disponen sus residuos en sus propios terrenos.

La segunda categoría en abundancia es la de residuos plásticos, la cual varía entre 15,3% y 33,9% respectivamente para la zona urbana y la zona rural y teniendo un porcentaje promedio de 24,6%. Como se esperaría, el porcentaje de residuos plásticos es menor en la zona urbana debido a los esfuerzos que la Municipalidad de Acosta ha realizado dirigido a que la población separe

correctamente los residuos, sin embargo, se logra demostrar que para el sector rural, existen deficiencias en la recolección, separación y aprovechamiento de los residuos valorizables.

La tercera categoría que se presenta en mayor porcentaje corresponde al papel y el cartón, variando porcentajes entre 8,1% para el sector urbano y 11,6% para el sector rural y con un porcentaje ponderado de 9,9%. En un mismo sentido que el plástico, se asocia el mayor porcentaje de este material a las oportunidades de mejora que el sistema de recolección de residuos valorizables podría tener.

Los metales, presentan un porcentaje menor que los residuos anteriores. Se incluyen principalmente latas de bebidas y envases de comidas enlatadas, con un promedio ponderado de 2,6%. Además, el vidrio presenta un porcentaje ponderado de 2,1% y en último lugar se ubican los residuos de Tetra brik.

5.1.4.2 *Composición de RS del sector comercial*

Al igual que en el sector residencial, los residuos orgánicos representan el mayor componente de residuos sólidos del sector comercial. Con un 39,3% este tipo de residuos se posiciona en primer lugar, asociando es dato con las categorías comerciales que fueron muestreada y la cantidad de colaboradores por cada comercio.

El plástico corresponde al segundo material producido como residuo, el cual corresponde al 32,3% de la composición de los residuos sólidos. Este es mayor que para el sector residencial, debido a su uso para el embalaje y empaques de diferentes productos.

La siguiente categoría en mayor porcentaje corresponde al papel y el cartón, que representa el 19,4%. Este es mayor respecto al sector residencial, debido a las cajas de cartón que son utilizadas para empacar productos.

En los últimos lugares se observa que el vidrio representa el 4,1%, los residuos metálicos como aluminio, latas de bebidas y comida enlatada abarca el 3,3% y los residuos Tetra brik corresponde al 1,6%.

En la Figura 6, se muestran los resultados obtenidos de composición de residuos sólidos para el sector comercial.

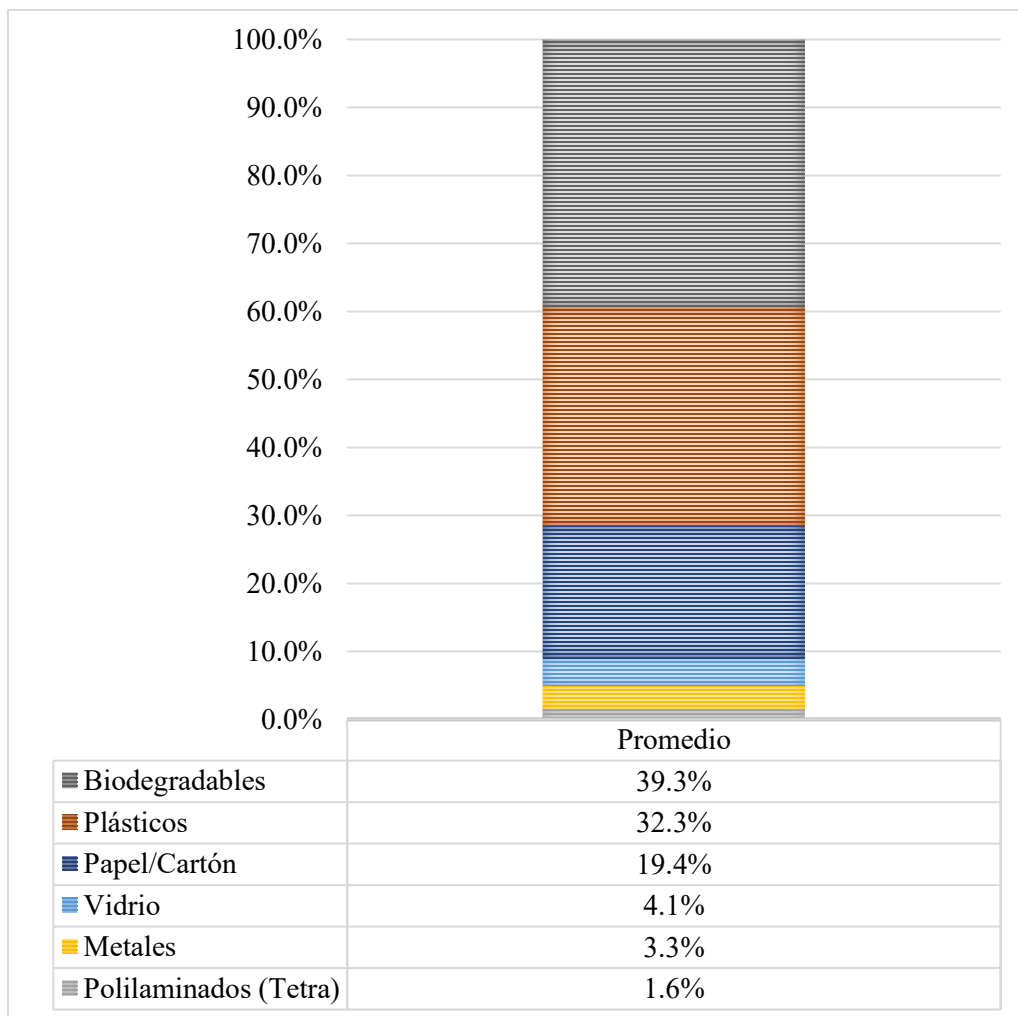


Figura 6. Composición de residuos del sector comercial.

5.1.4.3 *Composición de los residuos sólidos para el cantón de Acosta*

Por medio de la clasificación de los RS en cada categoría se logra determinar la composición en las viviendas y los comercios. A continuación, se presenta el promedio global de composición de los sectores residenciales y comerciales del cantón de Acosta.

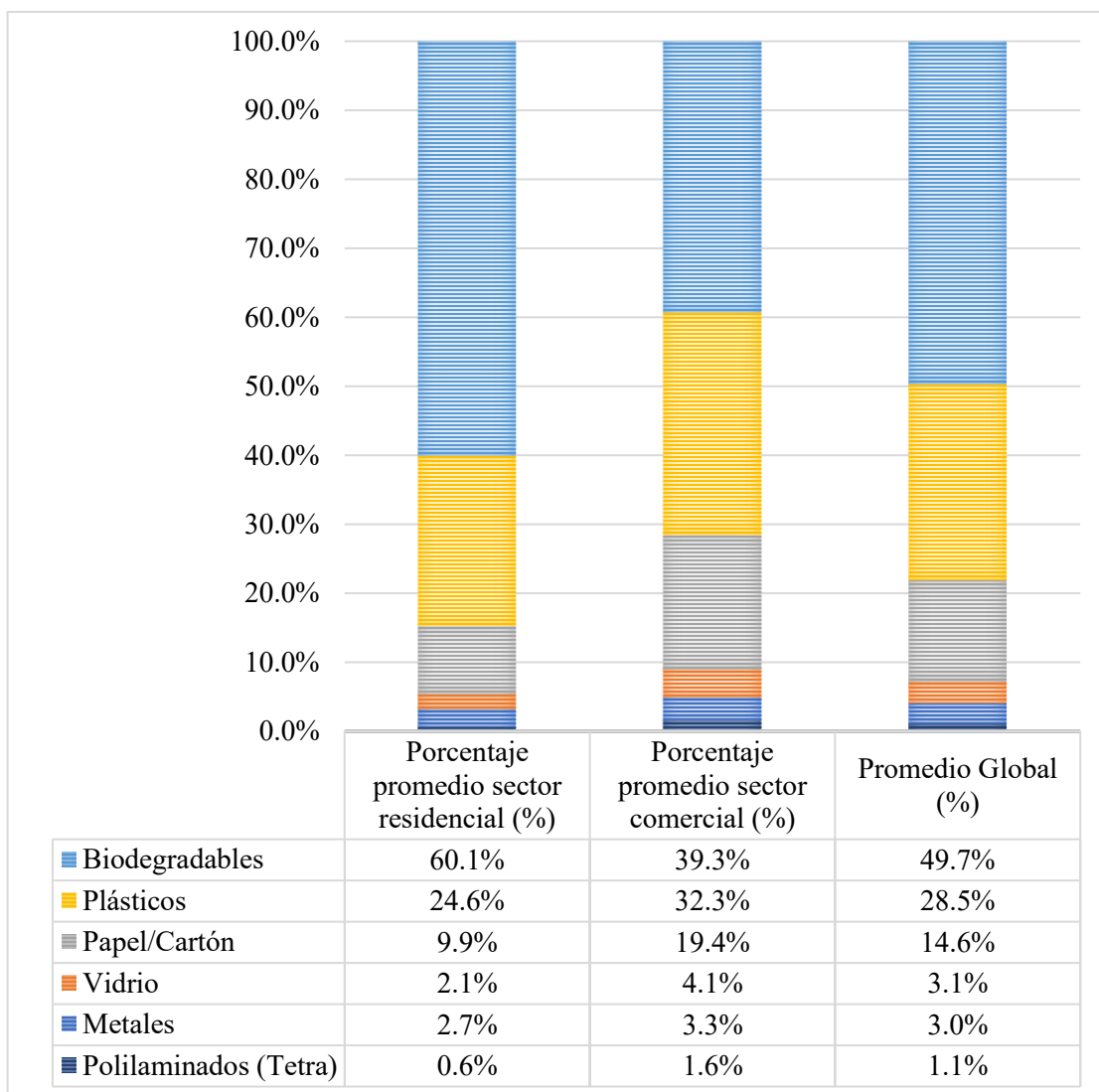


Figura 7. Composición de residuos sólidos total.

5.2 ESTIMACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS VALORIZABLES A RECUPERAR EN EL CANTÓN DE ACOSTA

Según los resultados obtenidos a partir del estudio de generación y composición de residuos sólidos, se logra estimar que en el cantón de Acosta se generan aproximadamente 8526,79 kg/día de residuos sólidos siendo 3683 kg/día materiales valorizables tales como el plástico, papel/cartón, vidrio, metales y Tetra brik.

Por otro lado, la Municipalidad de Acosta en su Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos, menciona que diariamente se recuperan tan solo el 4% de los residuos correspondiente a 148,98 kg

de los 3683 kg de materiales que pueden valorizarse, este 4% es gestionado y aprovechado en un Centro de Acopio cercano.

En el Cuadro 5.8. se logra observar la cantidad de residuos valorizables por tipo de material que la Municipalidad de Acosta recupera según su Plan de Gestión Integral de Residuos. Además, indica la cantidad de materiales que podrían recuperarse según el estudio de caracterización y composición de residuos realizado.

Cuadro 5.8. Estimación de residuos sólidos valorizables recuperables en el cantón de Acosta (kg/día).

| Categoría | Posibles residuos valorizables recuperables | Residuos valorizables recuperados por la municipalidad |
|-----------------------|--|---|
| Tetra brik (kg/día) | 69 | 5 |
| Metales (kg/día) | 227 | 0,41 |
| Vidrio (kg/día) | 224 | 26 |
| Papel/Cartón (kg/día) | 1022 | 99 |
| Plásticos (kg/día) | 2140 | 19 |
| TOTAL | 3683 | 149 |

En el Cuadro 5.9. se muestran las proyecciones calculadas con base a porcentajes de recuperación de residuos valorizables del presente estudio. Se plantea además, diferentes escenarios donde cada escenario implica un gran compromiso ambiental, social y financiero. Estas proyecciones son las utilizadas para el diseño en planta del CRRV.

Cuadro 5.9. Proyecciones calculadas por porcentaje de recuperación de residuos sólidos valorizables.

| Tipo de material | Porcentajes de recuperación | | | | | | | | | | | |
|-----------------------|-----------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|
| | 4% | 10% | 20% | 30% | 40% | 50% | 60% | 70% | 75% | 80% | 90% | 100% |
| Tetra brik (kg) | 130 | 207 | 414 | 621 | 828 | 1030 | 1242 | 1449 | 1553 | 1656 | 1863 | 2070 |
| Metales (kg) | 10 | 681 | 1362 | 2043 | 2724 | 3400 | 4086 | 4767 | 5108 | 5448 | 6129 | 6810 |
| Vidrio (kg) | 780 | 673 | 1346 | 2019 | 2692 | 3360 | 4038 | 4711 | 5048 | 5384 | 6057 | 6730 |
| Papel/Cartón (kg) | 2970 | 3068 | 6136 | 9204 | 12272 | 15340 | 18408 | 21476 | 23010 | 24544 | 27612 | 30680 |
| Plásticos (kg) | 570 | 6420 | 12840 | 19260 | 25680 | 32100 | 38520 | 44940 | 48150 | 51360 | 57780 | 64200 |
| TOTAL (kg/mes) | 4460 | 11049 | 22098 | 33147 | 44196 | 55230 | 66294 | 77343 | 82868 | 88392 | 99441 | 110490 |
| TOTAL (kg/año) | 53520 | 132588 | 265176 | 397764 | 530352 | 662760 | 795528 | 928116 | 994410 | 1060704 | 1193292 | 1325880 |

5.3 DIMENSIONAMIENTO DEL CRRV

5.3.1 Diseño de Planta

La distribución en planta corresponde a la ordenación física de los elementos que constituyen una instalación industrial. Un buen diseño de planta permite la máxima eficiencia de las operaciones diarias y un buen orden en las áreas de trabajo. Para el diseño es necesario definir ciertos criterios y sus características principales [2].

El dimensionamiento y diseño de planta del CRRV, fue hecho tomando en cuenta la generación de residuos según categoría, su densidad, tiempos y porcentajes de recuperación. Algunos de los aspectos considerados para el diseño de planta son los siguientes:

- Tamaño del terreno: La Municipalidad de Acosta tiene un terreno disponible de 3000 m², para el establecimiento de un CRRV.
- Generación por categoría de residuo: Estos valores corresponden a las proyecciones de residuos sólidos valorizables recuperables en el cantón de Acosta, los cuales se muestran en la sección 5.2.
- Porcentaje de recuperación: Se definieron diferentes porcentajes de recuperación de residuos, sin embargo, el diseño actual fue realizado para un escenario en el que se recuperan el 75% del total de los residuos, tomando en cuenta que aproximadamente un 25% de los residuos que entran al CRRV son considerados como residuos no valorizables [2].
- Densidad de los materiales recuperables: En el Cuadro 5.10. se muestran los valores correspondientes a la densidad de los residuos. Este dato es utilizado para la determinación del área de cada módulo.

Cuadro 5.10. Densidades por tipo de material.

| Tipo de material | Densidad (kg/m³) |
|-------------------------|------------------------------------|
| Tetra brik | 89 |
| Metales | 65 |
| Vidrio | 196 |
| Papel/Cartón | 160 |
| Plásticos | 50 |

Fuente: (Granados, 2014)

- Tiempo de rotación: Se determinó el tiempo de rotación de los materiales según la capacidad de carga que tienen los camiones medianos, los cuales tienen una capacidad de carga entre 4,5-5,5 toneladas por viaje.
- Características de infraestructura acorde a la legislación vigente: En el Cuadro 5.11. se muestran las dimensiones consideradas para el diseño de planta.

Cuadro 5.11. Dimensión acorde a las características establecidas en la legislación actual.

| Característica | Dimensión | Referencia |
|--------------------------------------|----------------------------|---|
| Altura del CRRV | 3 m | Reglamento de Centros de |
| Altura de las estibas | 2 m | Recuperación de Residuos Valorizables, Artículo 8, publicado el 29 de Julio 2008. |
| Distancia entre pasillos principales | 1,5 m | Reglamento general de seguridad e higiene de trabajo, |
| Distancia entre pasillos secundarios | 1 m | Artículo 17, publicado el 30 abril 1980. |
| Área del trabajo por persona | 2 m ² / persona | Reglamento general de seguridad e higiene de trabajo, Artículo 14, publicado el 2 de enero de 1967. |

Se propone realizar un diseño en planta del CRRV acorde a las recomendaciones y exigencias de la legislación nacional, se tomó como base el documento “Manual de operación para Centros de Recuperación de Residuos Valorizables” del Ingeniero Ambiental Kenneth Masís, donde especifica las siguientes áreas y módulos a construir.

- Área de recepción y almacenamiento de residuos sin procesar: Se hará la recepción de los materiales y se dispondrán en un área donde se almacenarán de manera temporal. En esta área los residuos estarán sueltos, es decir, no se dispondrán en pacas para no implicar un esfuerzo extra.
- Preselección: En este proceso los residuos que no sean valorizables que estén mezclados con el material valorizable serán retirados, de esta manera se agilizará la etapa de clasificación. Además, se dispondrá de un área donde se almacenen estos residuos.

- Procesamiento o área de trabajo: En esta área se llevará a cabo el procesamiento de los materiales por medio de la selección, clasificación y embalaje de los residuos valorizables. Además, se encontrará la compactadora hidráulica y la quebradora de vidrio.
- Módulos por categoría de residuos: Se refiere al área donde se almacenarán los residuos de forma separada y ordenada, donde se acumularán una vez que han sido procesados y quedarán a la espera de la comercialización.
- Área administrativa: Espacio para la realización de las funciones administrativas.
- Área de sanitario y aseo personal: El diseño del CRRV contará con dos secciones, una para hombres y otra para mujeres en donde se dispondrá de un servicio sanitario y dos duchas por cada sección.
- Área de carga de materiales.
- Área de futuros proyectos: Se considera un área para futuros proyectos en caso de que se quiera hacer una ampliación a futuro.

Definiendo las áreas y los módulos del CRRV, se procedió a calcular el dimensionamiento. Las dimensiones se detallan en el Cuadro 5.12. Además, de la Figura 8 hasta la 12 se muestran las diferentes vistas del diseño de planta.

Cuadro 5.12. Dimensión acorde a las características establecidas en la legislación actual.

| Áreas y módulos | Dimensiones (m ²) |
|---|-------------------------------|
| Área de recepción y almacenamiento de residuos sin procesar | 72 |
| Módulo de papel y cartón | 40 |
| Módulo de plástico | 60 |
| Módulo Metal | 7,5 |
| Módulo poli laminados | 21 |
| Módulo de vidrio | 9 |
| Módulo residuos no valorizables | 30 |
| Área de trabajo y pasillos | 150 |
| Área administrativa | 9 |
| Área aseo personal | 30 |
| Comedor | 9 |
| Área de carga | 30 |
| Área total del proyecto | 467,5 |

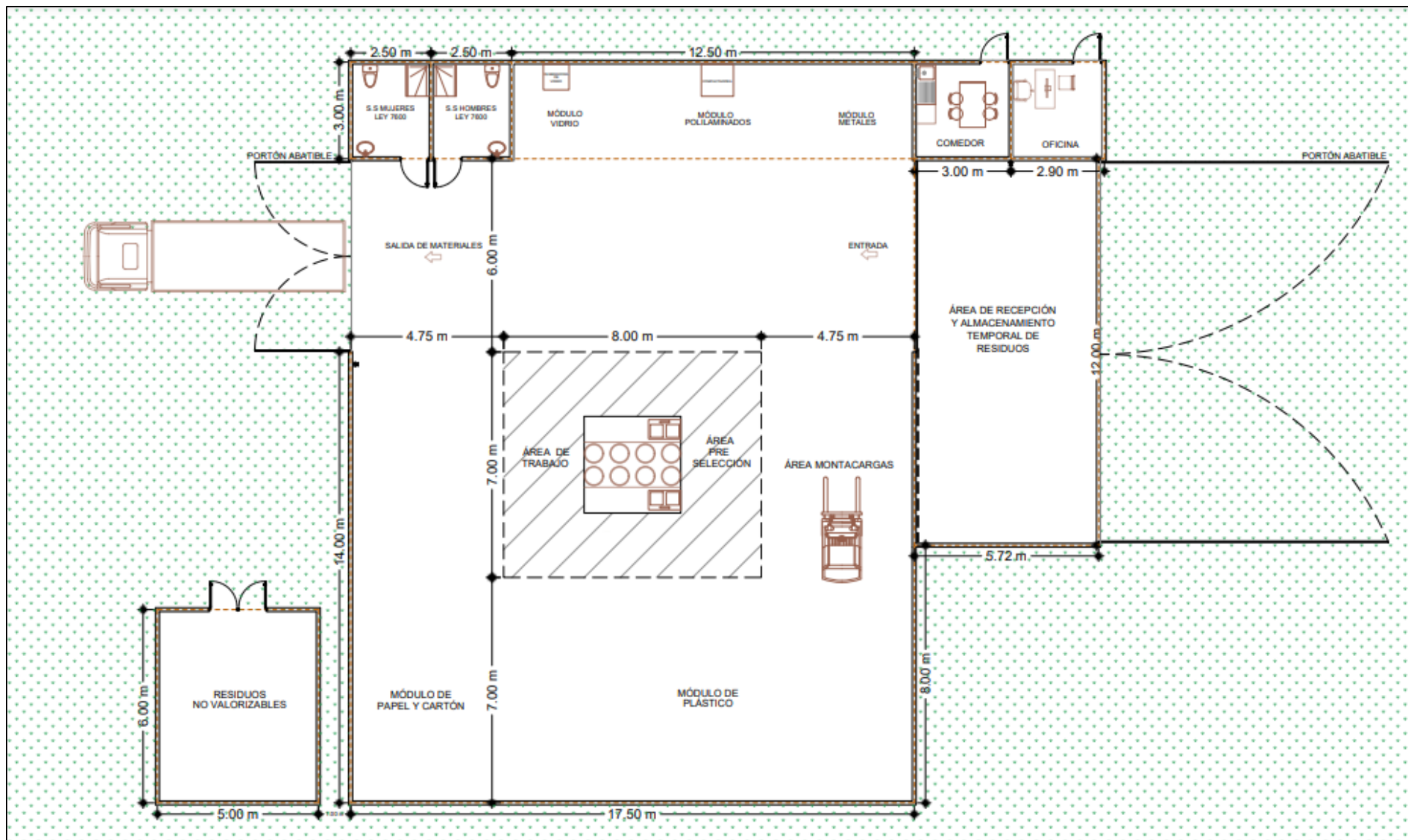


Figura 8. Dibujo en 2D de propuesta de diseño para el CRRV de la Municipalidad de Acosta.



Figura 9. Dibujo en 3D de propuesta de diseño para el CRRV de la Municipalidad de Acosta, vista frontal.

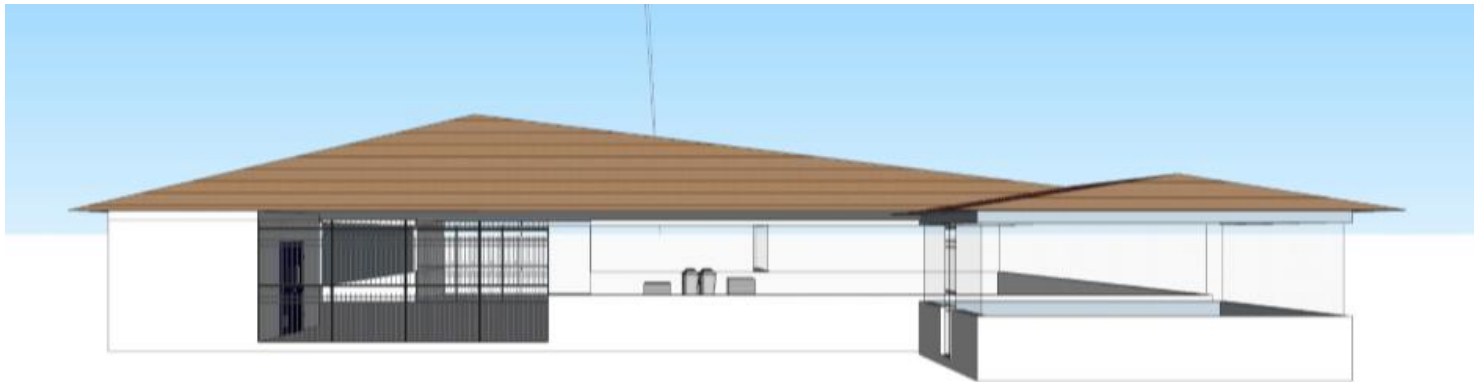


Figura 10. Dibujo en 3D de propuesta de diseño para el CRRV de la Municipalidad de Acosta, vista trasera.

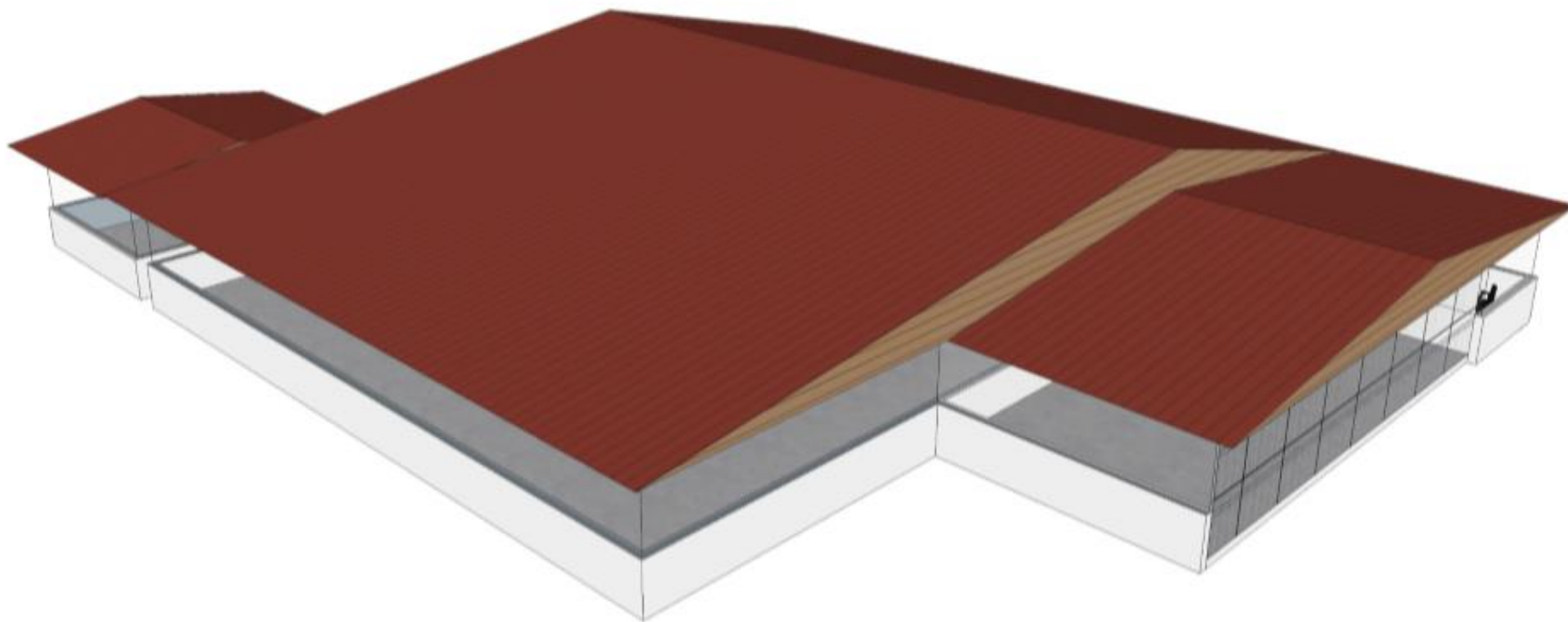


Figura 11. Dibujo en 3D de propuesta de diseño para el CRRV de la Municipalidad de Acosta, vista lateral delantera.

5.4 VIABILIDAD ECONÓMICA DEL CRRV

Para el cálculo de la viabilidad económica se utilizó como base la Guía técnica y operativa para CRRV, además, se logró recopilar información desde la unidad de Gestión Ambiental de la Municipalidad de Acosta, quienes compartieron información para este análisis.

5.4.1 Precios de venta de los materiales valorizables

El CRRV de la Municipalidad de Acosta estará enfocado en el tratamiento de los residuos de plástico, papel y cartón, vidrio, aluminio y Tetra brik. Gracias al Manual de operación para CRRV se logró obtener el precio de venta de estos materiales con el objetivo de realizar un cálculo de los posibles ingresos del proyecto. En el siguiente cuadro, se muestra el tipo de material y el precio en colones por kg de residuo tratado.

Cuadro 5.13. Precios de venta por tipo de material valorizable.

| Material | Precio de venta (C/kg)* |
|-----------------|--------------------------------|
| Plástico PET | 95-100 |
| Papel | 25-47 |
| Cartón | 25-30 |
| Vidrio | 10-35 |
| Aluminio | 330-430 |
| Tetra brik | 25-35 |

Fuente: Manual de operación para CRRV, 2019.

Adicional a esto, se hizo un análisis de empresas recicladores donde se consultaron aspectos como servicios de recolección, precios promedios y cantidades mínimas recibidas. Esta información se puede observar en el Cuadro 5.14. Los cálculos de ingresos por residuos se hicieron con base a los precios reportados en el cuadro 5.13.

Cuadro 5.14. Análisis de mercado de empresas recicladoras.

| Nombre compañía recicladora | Servicio de recolección | Tipo de material que reciben | Precio promedio (C/kg) | Cantidad mínima recibida | Observaciones |
|---|--|--|------------------------|----------------------------|--|
| Bodega de Envases El Tiribí | No se especifica | | 50 | No hay | Los desechos deben de venir sin mezclar |
| Grupo Rosure | La empresa cuenta con transporte | | 60 | No hay | La empresa cuenta con transporte, y para buen precio generalmente va selecto. |
| Recicladora San Antonio 1 | La empresa cuenta con transporte | | 40 | No hay | Material limpio, la empresa cuenta con transporte |
| Florida Bebidas S.A | Servicio brindado a todo el país | Plástico PET transparente, PET de color, PEAD natural, PEAD de color | 103 | No hay | Libres de materiales extraños. No se reciben envases mayores de 4 L a menos que hayan sido cortados. |
| Coca Cola | Recolección en todo el país | | 39 | 1 ton \approx 1000 kg | Debe de ir separado por color, limpios y en sacos, bolsas o compactado. |
| Recyplast | Recolección sin costo dependiendo de los volúmenes | | 83 | No hay | Bolsas clasificadas y limpias. |
| Empaques Santa Ana | Llevar a la plata | Papel y cartón | 8 | 1 kg | Trabaja cartones nuevos, cartón usado, tubos de cartón |
| VICESA | Se brinda el servicio de recolección | Vidrio | 39 | 1 estañón \approx 259 kg | Separado por colores y tipo |
| Florida Bebidas S.A | Servicio brindado a todo el país | | 850 | 1 paca \approx 57,2 kg | Envases separados y limpios |
| MOFUSA | Llevar a la plata | Metal/Latas de aluminio | 750 | 5 kg | Latas de aluminio, refresco, cerveza y jugos |
| Cooperativa de Productores de Leche Dos Pinos | Se brinda el servicio de recolección | Tetra brik | 64 | 10 kg | Se reciben envases poli laminados de cualquier marca |

5.4.2 Estimación de costos de inversión del CRRV

Para la construcción de las instalaciones se deben realizar trámites previos, los cuales serán ejecutados por la Municipalidad de Acosta. En los siguientes cuadros se puede observar los costos de inversión necesarios para la construcción del CRRV.

Cuadro 5.15. Estimación de costos referentes a ingeniería, estudios y permisos para el CRRV.

| Descripción | Unidad | Inversión total (C) |
|---|--------|---------------------|
| Diseño de planos constructivos* | global | 7 200 000 |
| Permiso sanitario de funcionamiento del Ministerio de Salud (tramitación inicial)* | global | 150 000 |
| Permisos de Evaluación de Impacto Ambiental (Se contempló un D1 y se agregó un porcentaje a otros eventuales permisos)* | global | 3 000 000 |
| Instalación de medidores de servicios públicos* | global | 500 000 |
| Subtotal (C) | | 10 850 000 |

*Fuente: Gestión Ambiental de la Municipalidad de Acosta, 2017.

Con respecto a los costos de infraestructura se usó el “Manual de Valores Base Unitarios por tipología Constructiva” del Ministerio de Hacienda para conocer los costos por m² según el tipo de construcción. En el Cuadro 5.16. se detallan los precios de construcción.

Cuadro 5.16. Valor económico de la construcción del CRRV.

| Tipo de infraestructura | Descripción | Valor (C/m ²) |
|--|--|---------------------------|
| Bodega de almacenamiento con área de clasificación | Tipología: BO01 Vida Útil 50 años. Estructura: Columnas y vigas de concreto armado o perfiles metálicos. Paredes: Bloques de concreto sisados, altura de 3,00m a 5,00m. Cubierta: Perfiles de hierro galvanizado. Láminas onduladas de hierro galvanizado. Canoas y bajantes de hierro galvanizado. Cielos: Sin cielos. Pisos: Concreto armado con malla electrosoldada, afinado. Baños Un cuarto de baño económico. Otros Portones metálicos. Área hasta 300,00m ² . | 310 000 |
| Oficinas-servicios sanitarios-comedor | Tipo AP01. Vida Útil: 50 años. Estructura: Columnas y vigas de concreto armado o perfiles metálicos. Paredes: Bloques de concreto con repello quemado, prefabricado. Paredes internas de madera laminada o lámina de fibra de vidrio | 350 000 |

| Tipo de infraestructura | Descripción | Valor (C/m ²) |
|-------------------------|--|---------------------------|
| Parqueo | <p>y yeso (Dens Glass). Cubierta: Cerchas de perfiles metálicos. Láminas onduladas de hierro galvanizado #28. Canoas y bajantes de hierro galvanizado expuestas. Cielos: Viguetas expuestas o láminas de fibrocemento, yeso, cementicias o similares (Plystone o Plyrock) de 14mm y 17mm y cielos falsos de 5mm de espesor o viguetas expuestas. Entrepisos: Perfiles metálicos con láminas de hierro galvanizado y losa de concreto colada en sitio. Pisos: Terracín o cerámica económica. Baños: Un cuarto de baño normal. Otros: Puertas en madera laminada, cerrajería económica, ventanas con marcos de madera, algunas veces de aluminio, marcos de puertas en madera, fregaderos sobre muebles de concreto. Una, dos o tres plantas.</p> <p>Tipología: LO02 Vida útil años: 20 Material: Concreto con refuerzo varilla N° 2 Otros: 10 cm espesor Otros: m²</p> | 19 200 |

Fuente: Ministerio de Hacienda, 2020.

La estimación de costos de inversión de infraestructura del proyecto se detalla en el siguiente cuadro, donde los costos dependen directamente de las dimensiones mencionadas en el diseño de planta del CRRV.

Cuadro 5.17. Estimación de costos de inversión de infraestructura para el CRRV.

| Descripción | Unidad | Cantidad | Valor unitario (C/m ²) | Inversión total (C) |
|--|----------------|----------|------------------------------------|---------------------|
| Terreno* | m ² | 3000 | 18 733 | 56 200 000 |
| Bodega de almacenamiento con áreas de clasificación, módulos de almacenamiento y área de recepción de materiales | m ² | 389,5 | 310 000 | 120 745 000 |
| Oficina administrativa-Comedor | m ² | 18 | 350 000 | 6 300 000 |
| Servicios sanitarios (separados por género) | m ² | 30 | 350 000 | 10 500 000 |
| Área de salida de materiales | m ² | 30 | 19 200 | 576 000 |
| Conexión eléctrica y de agua potable* | N° | 1 | - | 4 360 000 |
| | | | Subtotal (C) | €198 681 000 |

*Fuente: Gestión Ambiental de la Municipalidad de Acosta, 2017.

**Los precios de estos equipos fueron dados en dólares, el tipo de cambio utilizado fue de ¢658.

Para la selección de los equipos por utilizar en el CRRV se tomaron en cuenta los siguientes factores:

- Capacidad de procesamiento: Los equipos a utilizar fueron seleccionados con base a la cantidad de residuos procesados por día.
- Espacio disponible: Al contar con un espacio extenso para la CRRV este factor no fue un problema.
- Ubicación de los proveedores de estos equipos: Se tomó en cuenta la zona de donde provienen los equipos a utilizar, definiendo un proveedor que se encuentre cerca de la zona donde estará el CRRV.
- Disponibilidad de repuestos: Los repuestos para estas máquinas son de fácil acceso para sus usuarios.
- Garantía de los equipos: Todos los equipos cuentan con garantía.

En la operación del CRRV, los residuos de cartón, papel, plástico, aluminio son materiales que abarcan mucho volumen durante su almacenamiento y transporte, aunque presentan un peso muy bajo. Debido a lo anterior, entre los equipos necesarios para la valorización de residuos se encuentra una compactadora de residuos, el cual está diseñado para compactar todo tipo de residuos, con el objetivo de mejorar la densidad y peso de las pacas por transportar y vender.

Por otro lado, para el tratamiento de vidrio es necesario una quebradora, que logra obtener una mayor cantidad de residuos de vidrio por transportar en menor espacio, el transporte de vidrio se realiza embalado y su almacenamiento es en estañones metálicos.

Una báscula o romana tipo plataforma es un equipo necesario con el objetivo de pesar y obtener un registro sobre la cantidad de residuos que se obtiene para su comercialización.

Se logra obtener el precio de mercado del equipo necesario del CRRV por medio de cotizaciones los cuales se encuentran en el Cuadro 5.18.

Cuadro 5.18. Precios de mercado de equipo necesario del CRRV.

| Equipo | Unidad | Cantidad | Valor unitario (C) | Inversión total (C) |
|---|---------------|-----------------|---------------------------|----------------------------|
| Compactadora de residuos* | Nº | 1 | 10 199 000 | 10 199 000 |
| Quebradora de vidrio* | Nº | 1 | 2 467 500 | 2 467 500 |
| Romana tipo plataforma* | Nº | 1 | 910 092 | 910 092 |
| Extintores (de acuerdo a la carga de fuego; distancia máxima 23 metros)** | Nº | 2 | 51 324 | 102 648 |
| Botiquín de primeros auxilios** | Nº | 1 | 32 900 | 32 900 |
| Montacarga | global | 1 | 5 750 000 | 5 750 000 |
| Herramientas y equipos (herramientas de empaque y embalaje)** | Global | 1 | 1 290 338 | 1 290 338 |
| Subtotal (C) | | | | 20 752 478 |

*Los precios de estos equipos fueron dados en dólares, el tipo de cambio utilizado fue de C658.

**Fuente: Gestión Ambiental de la Municipalidad de Acosta, 2017.

Con el objetivo de garantizar el control del producto, personal y comunicación con los clientes se necesitan insumos de oficina. El presupuesto necesario para la adquisición del mobiliario de oficina se presenta en el Cuadro 5.19.

Cuadro 5.19. Precios de mercado de mobiliario de oficina para el CRRV.

| Mobiliario | Unidad | Cantidad | Valor unitario (C) | Inversión total (C) |
|-------------------------|---------------|-----------------|---------------------------|----------------------------|
| Escritorio para oficina | global | 1 | 93 281 | 93 281 |
| Silla para escritorio | global | 2 | 45 923 | 91 846 |
| Archivo | global | 1 | 100 457 | 100 457 |
| Teléfono | global | 1 | 31 194 | 31 194 |
| Computadora | global | 1 | 422 492 | 422 492 |
| Impresora | global | 1 | 143 253 | 143 253 |
| Juego de comedor | global | 1 | 141 250 | 141 250 |
| Mueble tipo Trastero | global | 1 | 127 125 | 127 125 |
| Mueble con Fregadero | global | 1 | 249 899 | 249 899 |
| Subtotal (C) | | | | 1 400 797 |

Fuente: Gestión Ambiental de la Municipalidad de Acosta, 2017.

Para el funcionamiento del CRRV y el resguardo de la integridad física de los colaboradores, son necesarios los siguientes materiales: guantes de cuero y hule, anteojos protectores, mascarilla para protección contra el vidrio, delantales plásticos tapones entre otras herramientas manuales.

En el Cuadro 5.20. se enlistan los costos asociados a cada material.

Cuadro 5.20. Precios de mercado de herramientas necesarias para el CRRV.

| Materiales | Unidad | Cantidad | Inversión total (C) |
|---------------------------------|---------------|-----------------|----------------------------|
| Estañones Metálicos | global | 25 | 155 375 |
| Mecate rollo | global | 10 | 130 854 |
| Alicate Universal | global | 4 | 22 600 |
| Desatornillador juego | global | 2 | 4 068 |
| Taladro 1/2 | global | 2 | 69 608 |
| Cuchilla tipo Cutter | global | 10 | 16 950 |
| Tenaza de armador medio corte | global | 4 | 32 996 |
| Recipientes para residuos | global | 15 | 127 125 |
| Serruchos | global | 2 | 46 330 |
| Manguera para riego | global | 2 | 29 380 |
| Tijera para hojalatería | global | 6 | 61 020 |
| Anteojos Protectores/ seguridad | global | 15 | 25 425 |
| Guantes tejidos | global | 50 | 28 250 |
| Guantes de Cuero | global | 50 | 254 250 |
| Mascarillas Desechables | global | 100 | 11 300 |
| Botas de Hule | global | 18 | 142 380 |
| Orejeras | global | 6 | 37 290 |
| Delantales de Cuero | global | 15 | 110 175 |
| Subtotal (C) | | | 1 305 376 |

*Fuente: Gestión Ambiental de la Municipalidad de Acosta, 2017.

En el Cuadro 5.21. se resumen los costos de inversión necesarios para la construcción del CRRV. La estimación de costos de inversión del CRRV equivale a **€232 989 651.**

Cuadro 5.21. Costos de inversión para la construcción del CRRV.

| Tipo de costo | Subtotal (€) |
|---|---------------------|
| Costos referentes a ingeniería, estudios y permisos para el CRRV. | 10 850 000 |
| Costos de inversión de infraestructura para el CRRV | 198 681 000 |
| Equipo necesario del CRRV. | 20 752 478 |
| Mobiliario de oficina para el CRRV | 1 400 797 |
| Herramientas necesarias para el CRRV | 1 305 376 |
| Total costos de inversión (€) | 232 989 651 |

5.4.3 Estimación de costos de operación

Los CRRV poseen además costos operativos entre los cuales se incluyen gastos por servicios, materiales, suministros y consumo de activos fijos y bienes intangibles/depreciaciones.

En la Cuadro 5.22. se estiman los costos operativos del recurso humano, donde se tomó en cuenta la cantidad de plazas que la municipalidad podría abrir para la operación del CRRV. Los cálculos fueron realizados para 4 operarios, se excluye de esta estimación el administrador quien sería el actual encargado de la Gestión Ambiental de la Municipalidad de Acosta.

Cuadro 5.22. Estimación de costos operativos (recurso humano) para el CRRV.

| Colaboradores/ turno | Sueldo bruto/ operario mes (€) | Total sueldo bruto/ año (€) | Reducción por cargas sociales patronales / año (€) (26,5%) | Total sueldos netos/año (€) |
|---------------------------------|---|--|---|--|
| 4 | 378 141 | 18 150 768 | 4 809 653 | 13 340 814 |

Fuente: Gestión Ambiental de la Municipalidad de Acosta, 2018.

En el Cuadro 5.23. se muestra una estimación de costos operativos referentes a servicios públicos, mantenimiento y suministros.

Cuadro 5.23. Estimación de costos operativos para el CRRV.

| Descripción | Unidad | Valor unitario (€) | Costo total / mes (€) | Costo total / año (€) |
|---|-----------------|---------------------------|------------------------------|------------------------------|
| Servicios básicos (agua, agua de lavado, energía, correo, telecomunicaciones, internet) | Nº/mes | 350 000 | 350 000 | 4 200 000 |
| Capacitación empresarial | global/mes | 5 000 000 | 416 667 | 5 000000 |
| Mantenimiento y reparación | | | | |
| Mantenimiento de maquinaria, camiones y vehículos | % del valor/año | 125 000 | 125 000 | 1 500 000 |
| Mantenimiento de edificios e infraestructura (plantel, sin valor del terreno) | % del valor/año | 308 333 | 308 333 | 3 700 000 |
| Mantenimiento de equipamiento y accesorios | % del valor/año | 125 000 | 125 000 | 1 500 000 |
| Subtotal (€) | | | 1 325 000 | 15 900 000 |

Fuente: Gestión Ambiental de la Municipalidad de Acosta, 2018.

El costo por transporte de residuos se excluye de los cálculos debido a que ya está contemplado en la tarifa por servicios municipales, sin embargo, es importante recalcar que al aumentar la recuperación de residuos en zonas más alejadas y con menor densidad poblacional este costo tenderá a aumentar.

El Centro de Recuperación de Residuos Valorizables va a ser un servicio enlazado al servicio de recolección de residuos que brinda la municipalidad actualmente, en donde los gastos operativos y de mantenimiento en que se incurra serán incorporados dentro de la tasa de recolección. Esto se puede realizar de esta manera, ya que la Ley 8839 en su artículo 5, inciso C, especifica que la internalización de costos en que se incurra este servicio es responsabilidad del generador asumiendo los costos que esto implica, Así mismo en el Código Municipal artículo 74 autoriza a las municipalidades a establecer el modelo tarifario que mejor se ajuste a la realidad de su cantón, siempre que este incluya los costos, así como las inversiones futuras necesarias para lograr una gestión integral de residuos en el municipio y cumplir las obligaciones establecidas en la Ley para la gestión integral de residuos.

5.4.4 Ingresos del CRRV

El Cuadro 5.24. y el Cuadro 5.25 muestran una estimación de ingresos utilizando los porcentajes de recuperación como posibles escenarios y asumiendo el precio promedio de los materiales en el mercado y su venta.

Cuadro 5.24. Estimación de ingresos por venta de materiales valorizables.

| Categoría | Ingresos mensuales (C/kg) | | | | | |
|----------------------|---------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| | 4% | 10% | 20% | 30% | 40% | 50% |
| Tetra brik (C/kg) | 3 900 | 6 210 | 12 420 | 18 630 | 24 840 | 30 900 |
| Metales (C/kg) | 3 800 | 258 780 | 517 560 | 776 340 | 1 035 120 | 1 292 000 |
| Vidrio (C/kg) | 17 160 | 14 806 | 29 612 | 44 418 | 59 224 | 73 920 |
| Papel/Cartón (C/kg) | 89 100 | 92 040 | 184 080 | 276 120 | 368 160 | 460 200 |
| Plásticos (C/kg) | 55 575 | 625 950 | 1 251 900 | 1 877 850 | 2 503 800 | 3 129 750 |
| TOTAL (C) | 169 535 | 997 786 | 1 995 572 | 2 993 358 | 3 991 144 | 4 986 770 |
| Total (C/año) | 2 034 420 | 11 973 432 | 23 946 864 | 35 920 296 | 47 893 728 | 59 841 240 |

Cuadro 5.25. Estimación de ingresos por la venta de materiales valorizables (continuación Cuadro 5.24.).

| Categoría | Ingresos mensuales (C/kg) | | | | |
|----------------------|---------------------------|------------|------------|-------------|-------------|
| | 70% | 75% | 80% | 90% | 100% |
| Tetra brik (C/kg) | 43 470 | 46 575 | 49 680 | 55 890 | 62 100 |
| Metales (C/kg) | 1 811 460 | 1 940 850 | 2 070 240 | 2 329 020 | 2 587 800 |
| Vidrio (C/kg) | 103 642 | 111 045 | 118 448 | 133 254 | 148 060 |
| Papel/Cartón (C/kg) | 644 280 | 690 300 | 736 320 | 828 360 | 920 400 |
| Plásticos (C/kg) | 4 381 650 | 4 694 625 | 5 007 600 | 5 633 550 | 6 259 500 |
| TOTAL (C) | 6 984 502 | 7 483 395 | 7 982 288 | 8 980 074 | 9 977 860 |
| Total (C/año) | 83 814 024 | 89 800 740 | 95 787 456 | 107 760 888 | 119 734 320 |

5.4.5 Análisis de Punto de Equilibrio

Utilizando el método gráfico para el análisis de punto de equilibrio, se decide calcular el momento en que los ingresos totales compensan los costos totales, que estos son la suma de los costos fijos y los costos variables. En los Cuadros 5.26. y 5.27. se muestran los costos variables y los costos fijos por cada porcentaje de recuperación, es importante aclarar que se tomó en cuenta un aumento para costos del 5% con respecto a cada nivel de proyección.

Cuadro 5.26. Estimación de costos anuales por la venta de materiales valorizables.

| Descripción de montos | Porcentaje de recuperación | | | | | |
|---|----------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | 4% | 10% | 20% | 30% | 40% | 50% |
| Total costos por inversión (C) | 232 989 651 | 232 989 651 | 232 989 651 | 232 989 651 | 232 989 651 | 232 989 651 |
| Costos variables | | | | | | |
| Costo de mantenimiento de la maquinaria (vehículos) (C) | 1 500 000 | 1 575 000 | 1 725 000 | 1 875 000 | 2 025 000 | 2 175 000 |
| Costo de mantenimiento de las instalaciones (C) | 3 700 000 | 3 885 000 | 4 255 000 | 4 625 000 | 4 995 000 | 5 365 000 |
| Mantenimiento de equipamiento y accesorios (C) | 1 500 000 | 1 575 000 | 1 725 000 | 1 875 000 | 2 025 000 | 2 175 000 |
| Total de costos variables (C) | 6 700 000 | 7 035 000 | 7 705 000 | 8 375 000 | 9 045 000 | 9 715 000 |
| Costos fijos | | | | | | |
| Servicios públicos (C) | 4 200 000 | 4 200 000 | 4 200 000 | 4 200 000 | 4 200 000 | 4 200 000 |
| Pago nómina (C) | 18 150 768 | 18 150 768 | 18 150 768 | 18 150 768 | 18 150 768 | 18 150 768 |
| Materiales de limpieza (C) | 800 000 | 800 000 | 800 000 | 800 000 | 800 000 | 800 000 |
| Capacitación de personal (C) | 5 000 000 | 5 000 000 | 5 000 000 | 5 000 000 | 5 000 000 | 5 000 000 |
| Total de costos fijos (C) | 28 150 768 | 28 150 768 | 28 150 768 | 28 150 768 | 28 150 768 | 28 150 768 |
| Total de costos netos (C) | 267 840 419 | 268 175 419 | 268 845 419 | 269 515 419 | 270 185 419 | 270 855 419 |
| Ingresos | | | | | | |
| Total de ingresos brutos proyectados (C) | 2 034 420 | 11 973 432 | 23 946 864 | 35 920 296 | 47 893 728 | 59 841 240 |

Cuadro 5.27. Estimación de costos anuales por la venta de materiales valorizables (Continuación Cuadro 5.26).

| Descripción de montos | Porcentaje de recuperación | | | | | |
|---|----------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | 60% | 70% | 75% | 80% | 90% | 100% |
| Total costos por inversión (C) | 232 989 651 | 232 989 651 | 232 989 651 | 232 989 651 | 232 989 651 | 232 989 651 |
| Costos variables | | | | | | |
| Costo de mantenimiento de la maquinaria (vehículos) (C) | 2 250 000 | 2 325 000 | 2 400 000 | 2 475 000 | 2 550 000 | 2 625 000 |
| Costo de mantenimiento de las instalaciones (C) | 5 550 000 | 5 735 000 | 5 920 000 | 6 105 000 | 6 290 000 | 6 475 000 |
| Mantenimiento de equipamiento y accesorios (C) | 2 250 000 | 2 325 000 | 2 400 000 | 2 475 000 | 2 550 000 | 2 625 000 |
| Total de costos variables (C) | 10 050 000 | 10 385 000 | 10 720 000 | 11 055 000 | 11 390 000 | 11 725 000 |
| Costos fijos | | | | | | |
| Servicios públicos (C) | 4 200 000 | 4 200 000 | 4 200 000 | 4 200 000 | 4 200 000 | 4 200 000 |
| Pago nómina (C) | 18 150 768 | 18 150 768 | 18 150 768 | 18 150 768 | 18 150 768 | 18 150 768 |
| Materiales de limpieza (C) | 800 000 | 800 000 | 800 000 | 800 000 | 800 000 | 800 000 |
| Capacitación de personal (C) | 5 000 000 | 5 000 000 | 5 000 000 | 5 000 000 | 5 000 000 | 5 000 000 |
| Total de costos fijos (C) | 28 150 768 | 28 150 768 | 28 150 768 | 28 150 768 | 28 150 768 | 28 150 768 |
| Total de costos netos (C) | 271 190 419 | 271 525 419 | 271 860 419 | 272 195 419 | 272 530 419 | 272 865 419 |
| Ingresos | | | | | | |
| Total de ingresos brutos proyectados (C) | 71 840 592 | 83 814 024 | 89 800 740 | 95 787 456 | 107 760 888 | 119 734 320 |

Una vez que son calculados los costos y los ingresos totales, es posible graficar por medio de un gráfico de dispersión el punto de equilibrio. En el Cuadro 5.28 se muestra un resumen, que indica la cantidad de residuos recuperados por porcentaje de proyección, así como los costos y los ingresos asociados de cada proyección.

Cuadro 5.28. Resumen de datos utilizados para análisis de punto de equilibrio.

| Residuos recuperados (kg/año) | Total costos (C) | Ingresos totales (C) |
|-------------------------------|------------------|----------------------|
| 53 520 | 267 840 419 | 2 034 420 |
| 132 588 | 268 175 419 | 11 973 432 |
| 198 840 | 268 510 419 | 17 952 540 |
| 265 176 | 268 845 419 | 23 946 864 |
| 331 440 | 269 180 419 | 29 922 420 |
| 397 764 | 269 515 419 | 35 920 296 |
| 464 058 | 269 850 419 | 41 907 012 |
| 530 352 | 270 185 419 | 47 893 728 |
| 596 646 | 270 520 419 | 53 880 444 |
| 662 760 | 270 855 419 | 59 841 240 |
| 795 528 | 271 190 419 | 71 840 592 |
| 928 116 | 271 525 419 | 83 814 024 |
| 994 410 | 271 860 419 | 89 800 740 |
| 1 060 704 | 272 195 419 | 95 787 456 |
| 1 193 292 | 272 530 419 | 107 760 888 |
| 1 325 880 | 272 865 419 | 119 734 320 |

De los datos tabulados en el Cuadro 5.28. se obtiene la Figura 12. Un punto de intersección en la gráfica es lo que se conoce como punto de equilibrio y se puede notar que al momento de tomar en cuenta los ingresos proyectados, los costos de inversión, los costos fijos y los variables, no existe un punto de equilibrio para el proyecto, lo que implica que la rentabilidad es negativa.

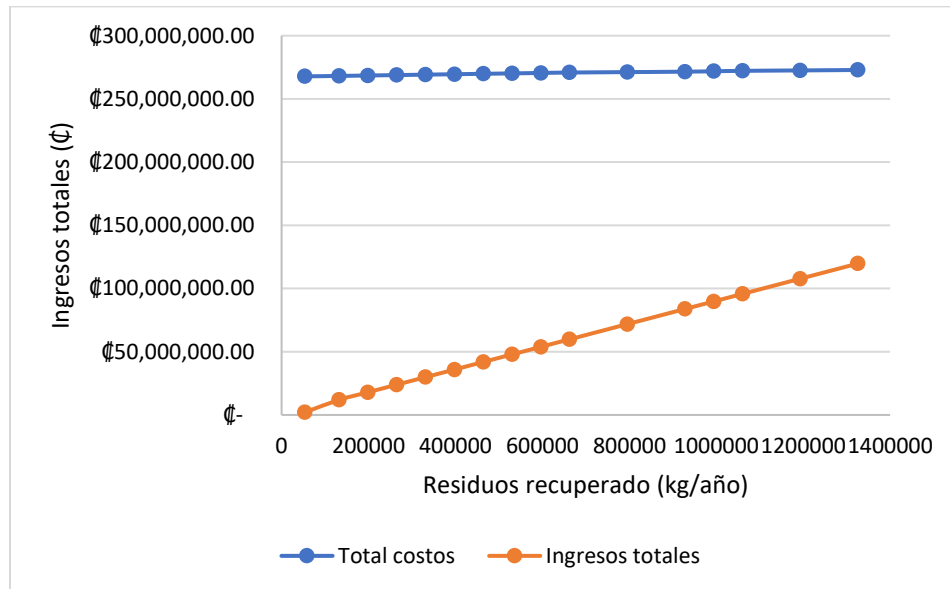


Figura 12. Análisis de punto de equilibrio.

5.4.6 Flujos de inversiones y gastos de operación

Para la determinación del flujo de inversión, el Cuadro 5.29 y el Cuadro 5.30. presentan un flujo a un horizonte por porcentajes de recuperación de residuos de las inversiones y los gastos de operación, además, el total de los egresos anuales, el ingreso anual por recaudación de tarifa y el flujo anual de los egresos menos los ingresos.

Cuadro 5.29. Flujo de inversiones y gastos de operación para el CRRV de la Municipalidad de Acosta.

| Descripción de costos | Inversión | Porcentaje de recuperación de residuos | | | | | |
|---|--------------|--|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | | 4% | 10% | 20% | 30% | 35% | 40% |
| - Inversión Total | | | | | | | |
| Total costos de inversión (C) | -232 989 651 | | | | | | |
| - Costos Totales | | | | | | | |
| Total de costos variables (C) | | -6 700 000 | -7 035 000 | -7 705 000 | -8 375 000 | -8 710 000 | -9 045 000 |
| Total de costos fijos (C) | | -28 150 774 | -28 150 774 | -28 150 774 | -28 150 774 | -28 150 774 | -28 150 774 |
| + Ingresos | | | | | | | |
| Total de ingresos brutos proyectados (C) | | 2 034 420 | 11 973 432 | 23 946 864 | 35 920 296 | 41 907 012 | 47 893 728 |
| = Flujo antes de impuestos (C) | | -32 816 354 | -23 212 342 | -11 908 910 | -605 478 | 5 046 237 | 10 697 953 |
| - Impuesto sobre Renta (C) | | - | - | - | - | -252 311 | -3 209 385 |
| = Flujo neto (C) | -232 989 651 | -32 816 354 | -23 212 342 | -11 908 910 | -605 478 | 4 793 925 | 7 488 567 |

Cuadro 5.30. Flujo de inversiones y gastos de operación para el CRRV de la Municipalidad de Acosta (Continuación Cuadro 5.29.).

| Descripción de costos | Porcentaje de recuperación de residuos | | | | | | |
|---|--|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | 50% | 60% | 70% | 75% | 80% | 90% | 100% |
| - Inversión Total | | | | | | | |
| Total costos de inversión (C) | | | | | | | |
| - Costos Totales | | | | | | | |
| Total de costos variables (C) | -9 715 000 | -10 050 000 | -10 385 000 | -10 720 000 | -11 055 000 | -11 390 000 | -11 725 000 |
| Total de costos fijos (C) | -28 150 774 | -28 150 774 | -28 150 774 | -28 150 774 | -28 150 774 | -28 150 774 | -28 150 774 |
| + Ingresos | | | | | | | |
| Total de ingresos brutos proyectados (C) | 59 841 240 | 71 840 592 | 83 814 024 | 89 800 740 | 95 787 456 | 107 760 888 | 119 734 320 |
| = Flujo antes de impuestos (C) | 21 975 465 | 33 639 817 | 45 278 249 | 50 929 965 | 56 581 681 | 68 220 113 | 79 858 545 |
| - Impuesto sobre Renta (C) | -6 592 639 | -10 091 945 | -13 583 474 | -15 278 989 | -16 974 504 | -20 466 033 | -23 957 563 |
| = Flujo neto (C) | 15 382 825 | 23 547 872 | 31 694 774 | 35 650 975 | 39 607 176 | 47 754 079 | 55 900 981 |

Se obtuvo un VAN del proyecto equivalente a – C 275 440 426, considerando el dato obtenido no es conveniente ejecutar el proyecto. Por otro lado, para lograr el autofinanciamiento del proyecto es necesario recuperar el 35% de los residuos valorizables correspondientes a vidrio, aluminio, tetra brik, plástico, papel y cartón y no se deben de considerar los costos totales por inversión lo que no resulta una técnica poco viable debido al monto tan alto establecido para este rubro, sin embargo, es posible reducir el monto de la inversión por medio de contratos y alianzas con otras empresas interesadas en el bien ambiental y social de la comunidad.

5.5 ANÁLISIS AMBIENTAL PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL CRRV

El análisis ambiental para la construcción del CRRV se hizo por medio de un estudio de geoaptitud en Sistemas de Información Geográfica. La geoaptitud es la condición de estabilidad natural de los espacios geográficos y su estudio en el proyecto se realizó por medio de 5 análisis: Hidrogeológico, Geológico, Geomorfológico, de Amenazas y por último un análisis de Zonas de Protección [33].

Es importante aclarar que este análisis no está asociado a la viabilidad ambiental brindada por SETENA, quien es la única entidad autorizada para dictar la viabilidad ambiental de acuerdo con la Ley Orgánica del Ambiente N° 7554.

5.5.1 Análisis Hidrogeológico

El análisis Hidrogeológico, es un estudio integral del agua subterránea, su distribución y evolución en tiempo y espacio en un marco de geología regional, En este parámetro se analizan cuerpos de agua intermitentes como quebradas, además, se realizan análisis de presencia de pozos, nacientes, mantos acuíferos, humedales y zonas de aprovechamiento para agua potable [34].

Se consultaron las bases de datos de nacientes, pozos y zonas de recarga de SENARA, con esto se logra determinar que no hay registro de pozos, nacientes o zonas de recarga en un radio de 1 km, Se identificaron quebradas intermitentes en los sectores norte y sur de la propiedad, entre 0,2 y 0,4 km, sin embargo, esto no es un problema para la construcción del CRRV ya que la ley establece que en lugares de topografía plana el área de protección para quebradas debe de ser superior a 10 metros y en lugares de topografía quebrada a 15 metros.

En la siguiente figura, se muestra un mapa de la zona de estudio donde se realizó el análisis de parámetros, además, se muestra las quebradas intermitentes cercanas a la zona de estudio.

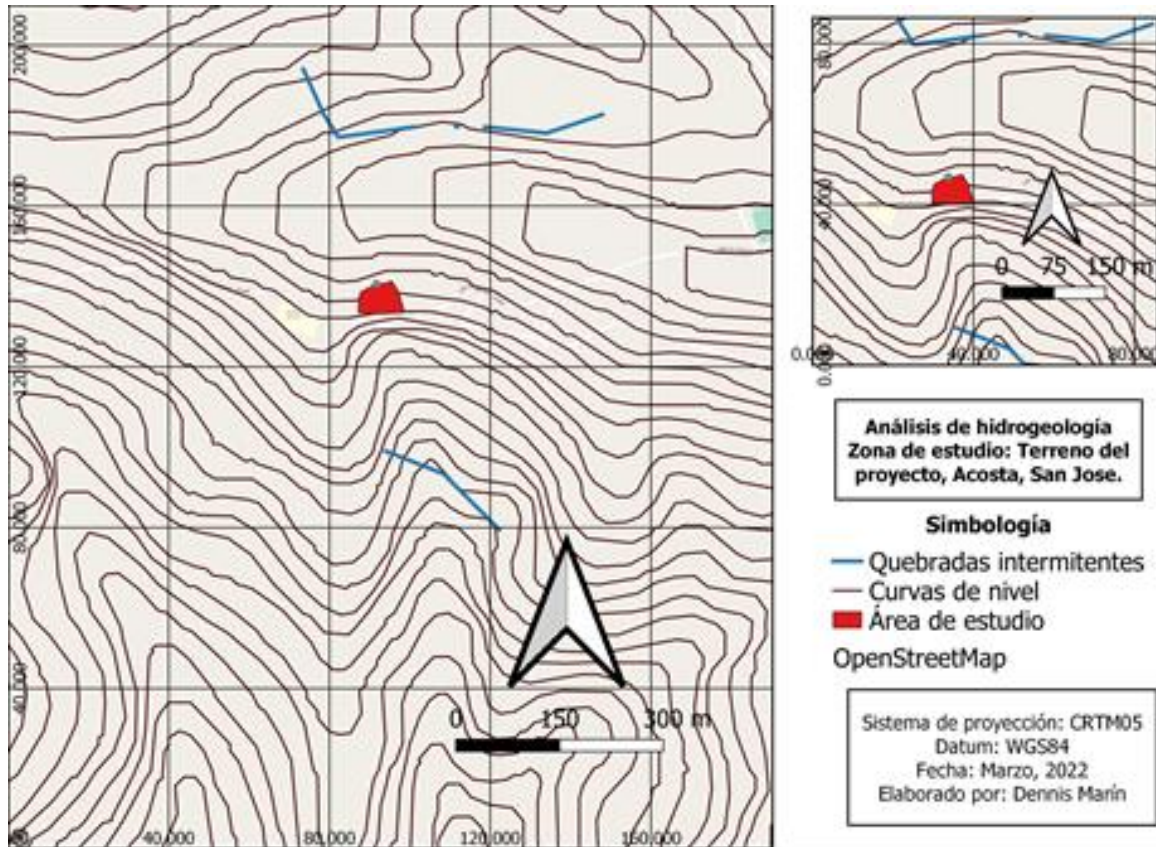


Figura 13. Mapa de análisis de hidrogeología para el área de estudio.

5.5.2 Análisis Geológico

Geológicamente se reconocen 2 unidades:

Formación Peña Negra

Está formada por una serie marina de areniscas arcillosas finas, con intercalaciones de lutitas y tobas. La serie aparece alterada en la mayor parte de los afloramientos por el Intrusivo de Escazú, y se presenta en paredes macizas silicificadas, y con transformación de lutitas en cornubianitas, fenómeno casi exclusivo de esta unidad.

Se presenta una alternancia de areniscas y cornubianitas finas dispuestas en capas delgadas (1-20 cm) [35].

El espesor aproximado es de 250-300 m, Las cornubianitas se presentan bandeadas finamente, gris azul claro, con laminaciones milimétricas, blancuzcas hacia gris oscuras, Presentan laminaciones detríticas de grano muy fino, con fragmentos de microfósiles indeterminados, Forman paredes de varios metros, intercaladas con finas areniscas, blancuzcas-amarillentas, en capas delgadas, La

proporción de estas areniscas aumenta hacia arriba, y el cemento es carbonatico, Existen escasas intercalaciones de calcarenitas, recristalizadas, de color blancuzco-amarillento, con fragmentos de microfósiles indeterminables [35].

Las areniscas, fuera de las áreas alteradas del intrusivo, son muy similares a las areniscas de la Formación Coris que aflora más al este en Tablazo. Son areniscas de buena selección, amarillentas, arcillosas, finas, sin estratificación, con intercalaciones de lutitas y tobas. Presentan en pocos lugares restos de bioturbación y fragmentos de péctenes, El cemento es arcilloso. Se determina un ambiente de sedimentación marino, con diversos pulsos de actividad volcánica [35].

Formación Punta Carballo

Esta formación está compuesta por rocas siliciclásticas (areniscas finas, medias y gruesas, lutitas, conglomerados y brechas). Se divide en los miembros Icaço, Mata de Limón, Roca Carballo y Paires.

Miembro Icaço

Intercalaciones de areniscas con foraminíferos y lutitas, algunos lentes de conglomerados con clastos milimétricos de composición variable y niveles de arenisca brechosa. Se depositó en un ambiente de alta energía, posiblemente litoral somero [36].

Miembro Mata de Limón

Compuesto por rocas volcaniclásticas: brechas conglomeraditas (debris flows y pumice flows), areniscas y limolitas, con intercalaciones de tabitas y algunos conglomerados. Se estima un espesor de 300 m [36].

Según Denyer et al., (2003) su ambiente de deposición es aluvial, con ríos entrelazados. Además, la ocurrencia de tobas y un bosque en posición vital evidencia un ambiente continental [36].

Miembro Roca Carballo

Según Denyer et al., (2003) dentro de este miembro existen facies aparentemente laterales que varían desde litologías muy finas y oscuras hasta litologías que indican un ambiente de mucha mayor energía [36].

- Facies Río Paires: alternancias de areniscas medias a finas en estratos centimétricos y areniscas medias fosilíferas, con intercalaciones de conglomerados, areniscas finas tobáceas y areniscas muy finas.

- Facies Doña Ana: areniscas de grano medio a grueso, espesores decimétricos a métricos, Presenta niveles de acumulación de conchas con evidencias de corrientes fuertes, Gran contenido fosilífero.

- Facies Caldera: areniscas volcánicas de grano medio, selección de buena a regular, estratos centimétricos, con intercalaciones de areniscas conglomerádicas y conglomerados, algunas partes con mucha materia orgánica vegetal.

Miembro Paires

Corresponde con intercalaciones de areniscas algo calcáreas, tobetas violáceas, brechas finas con matriz tobácea, brechas con fragmentos volcánicos. Es común encontrar niveles con lapilli acrecional tanto en las brechas como en las tobas, Se pudo medir un espesor de 50 m [36].

Como la unidad que representa la colmatación de la cuenca, por lo que predominan los sedimentos aluviales de inundación con mucha influencia volcánica y con ocasionales transgresiones [35].

Al encontrarse la propiedad cerca del contacto entre la formación Peña Negra y el miembro Icaco, Se identifican fallas paleotectónicas hacia el norte de la propiedad, aproximadamente a 0,7 km.

5.5.3 Análisis Geomorfológico

La geomorfología permite identificar cuales zonas podrían ser afectadas directamente según su ángulo de pendiente. Según la Figura 14, se observa que a nivel regional predomina una formación caracterizada como ladera denudacional pendiente alta ($>30^\circ$), mientras que en el área del proyecto se mantiene una pendiente menor a la predominante regional (23°) y a sus alrededores se presentan inclinaciones de aproximadamente (37°).

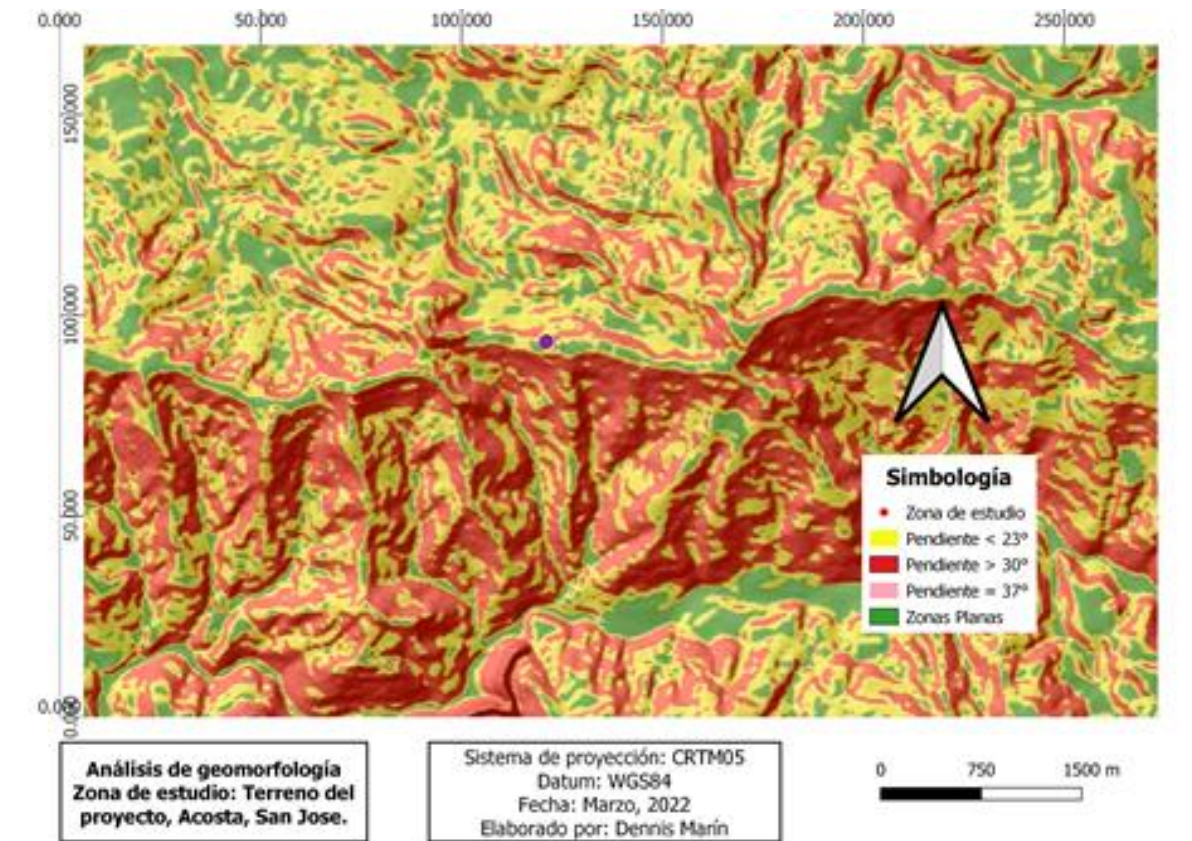


Figura 14. Mapa de análisis de geomorfología para el área de estudio.

Además, geomorfológicamente se reconocen fallas paleotectónicas y no se observan rastros o indicios de actividad neotectónica en la zona, Los ríos presentan patrones subdendríticos a paralelos.

5.5.4 Análisis de amenazas

En el análisis de la geoaptitud del terreno, se realiza la evaluación de amenazas y peligros de la zona en estudio, donde la CNE identifica dos amenazas principales para el cantón de Acosta, Deslizamientos y actividad sísmica [37].

Al proyecto estar en una zona de 23° de inclinación, rodeada de taludes con 37° de inclinación significa que el área del proyecto es susceptible a deslizamientos.

La falla más cercana al área del proyecto se encuentra a 0,7 km, debido a su carácter paleotectónico no representa una amenaza para la propiedad, sin embargo, siendo Costa Rica un país de alta sismicidad, es necesario apearse a lo establecido en la Código de suelos y cimentaciones debido las amenazas presentes en el área del proyecto.

Además, al ser una zona alta no existe amenazas por inundaciones. Algunas de las recomendaciones generales para el desarrollo urbano en esta zona, son no otorgar permisos o

anularlos en caso de comprobar que la construcción no es adecuada, evitar construir cerca de fallas geológicas, limitar permisos de construcción y considerar aquellas áreas vulnerables a los diferentes desastres cuando sean planeadas y diseñadas.

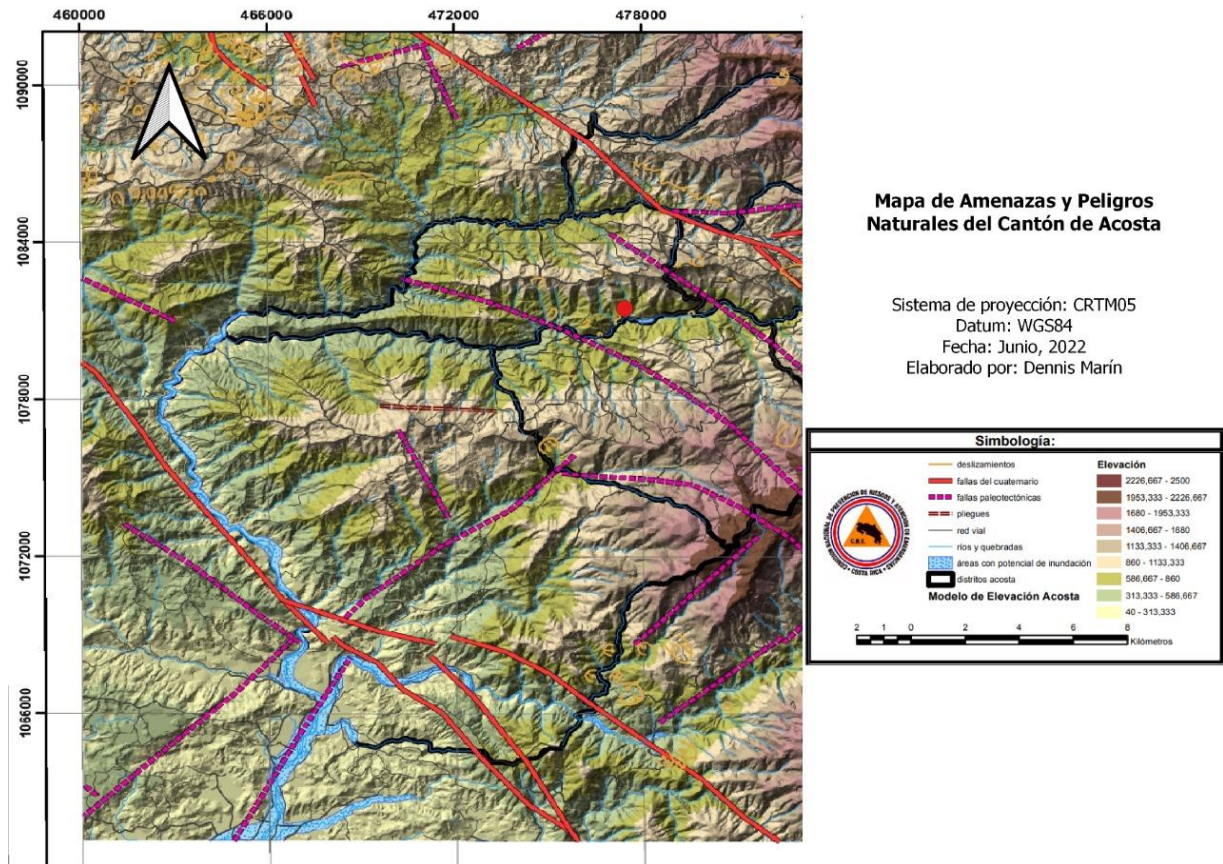


Figura 15. Mapa de análisis de amenazas y peligros naturales para el área del proyecto.

5.5.5 Análisis de Zonas de Protección

Se realizó un análisis de zonas de protección según lo establecido en el Artículo 33 de la Ley Forestal, donde se analizaron las áreas que bordean nacientes permanentes en un radio de 100 metros medidos de modo horizontal, las áreas que se encuentren a 15 metros en zonas rurales y a 10 metros en zonas urbanas de las riberas de los ríos, quebradas o arroyos, si el terreno es plano, y de 50 metros horizontales, si el terreno es quebrado, las zonas a 50 metros medida horizontalmente en las riberas de los lagos y embalses naturales y en los lagos construidos por el Estado y las áreas de recarga y los acuíferos de los manantiales, cuyos límites serán determinados por los órganos competentes establecidos en el reglamento de esta ley, este análisis se logra observar en la Figura 13 en el Mapa de análisis de hidrogeología, donde se evidencia que no existe ningún riesgo asociado a estos parámetros.

Por otro lado, se analizaron las áreas protegidas categorizadas como Parques Nacionales, Territorios Indígenas, Refugios de Vida Silvestre y Zonas Protegidas; en la Figura 16 se observa que dentro del cantón de Acosta se encuentran las Áreas Protegidas Caraigres y los Cerros de Escazú, que se encuentran a 6 km y a 5 km respectivamente del terreno del proyecto, además, el Corredor Biológico Pirrís se ubica a 20 km de distancia del proyecto; fuera del cantón se logra ubicar el Corredor Biológico Paso de las Lapas y el Territorio Indígena Zapatón, no se observan Refugios de Vida Silvestre dentro del cantón.

Con lo mencionado anteriormente, se observa que no existen riesgos asociados a la invasión de zonas de protección.

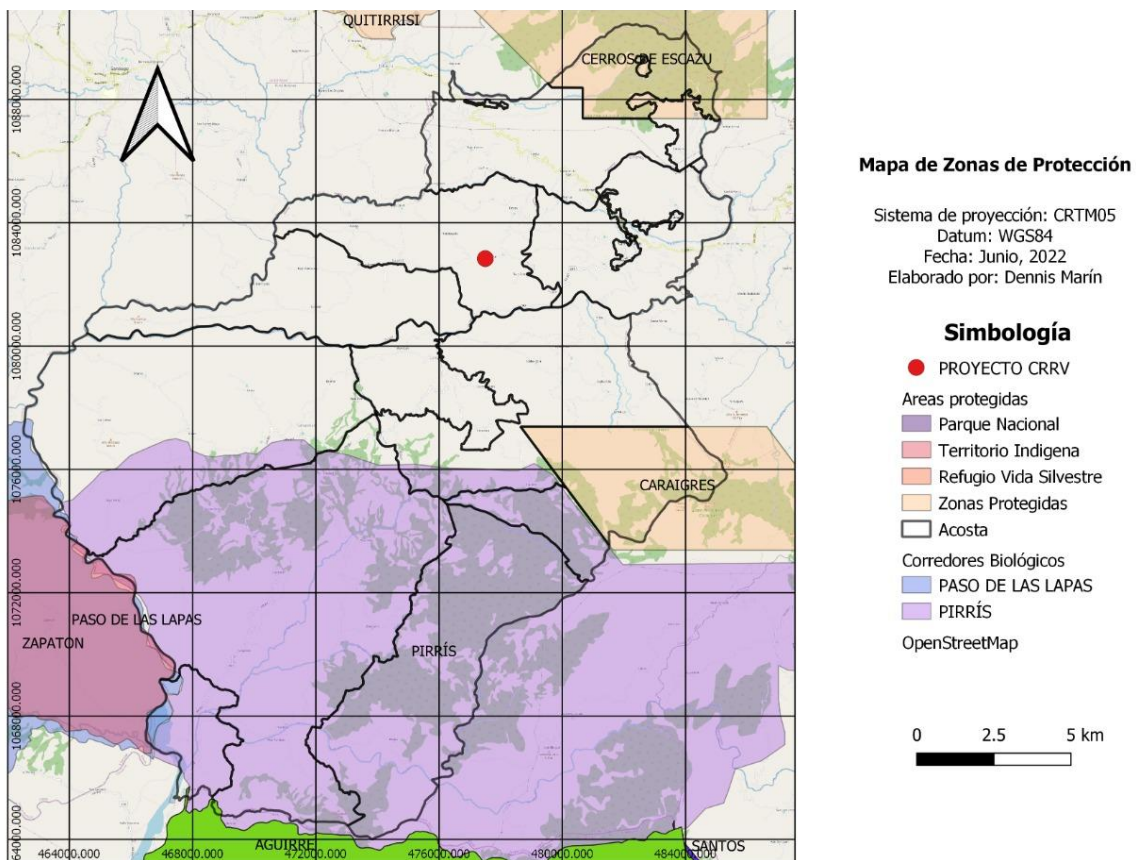


Figura 16. Mapa de análisis de amenazas y peligros naturales para el área del proyecto.

6 CONCLUSIONES

- Se logró determinar la generación per cápita para el sector residencial y comercial obteniendo valores de 0,33 y 0,05 kg/hab día, respectivamente. La generación per cápita total del cantón de Acosta fue de 0,38 kg/hab día, menor a la reportada en el Primer informe situación de la Gestión de los RS para la determinación de la NAMA residuos Costa Rica que reporta un índice de generación de 0,57 kg/hab día.
- El cálculo de la generación per cápita obtenida en el estudio demostró que existe un aumento en la generación de residuos de un 40,7% en comparación con los que se generó durante el 2016, que como lo explica Arguedas (2014) este es el comportamiento esperado.
- Con respecto a la composición de residuos, se determinó que los residuos biodegradables representan el 49,7% del total de los residuos generados, lo que abre una nueva oportunidad a la Municipalidad de Acosta en la búsqueda de soluciones con el fin de disminuir la carga económica que representa la disposición de estos residuos en el relleno sanitario y el impacto ambiental provocado.
- A nivel general, se observa que los residuos orgánicos, plástico, papel y cartón, se mantienen como los principales componentes de los residuos generados, comportamiento que se replica en PRESOL (2007). Los porcentajes de representación de estas categorías son de 28,5%, seguido por el papel y el cartón con un 14,6%. Además, se presenta una generación menor de residuos de plásticos en la zona urbana en comparación con la zona rural, esto debido a los esfuerzos que la Municipalidad de Acosta ha realizado dirigido a que la población separe correctamente sus residuos, sin embargo, se logró determinar que para el sector rural aún existen deficiencias en la recolección, separación y aprovechamiento de los residuos valorizables.
- Según los resultados obtenidos a partir del estudio de caracterización y composición de residuos, se estima que en el cantón de Acosta podrían recuperarse hasta 3683 kg/ día de material valorizable, esto como un escenario donde se recupere el 100% de los residuos generados. Sin embargo, este escenario representa un compromiso enorme a nivel social, comunal, municipal y ambiental.

- Tomando en cuenta que el terreno para la construcción del Centro de Recuperación de Residuos Valorizable es de aproximadamente 3000 m², se realizó un diseño con base a la recuperación del 75% de materiales valorizables que se podrían recuperar en el cantón, esto con el objetivo de crear un CRRV donde se pueda tratar una gran cantidad de residuos, obteniendo una edificación de 467,5 m².
- Al realizar el análisis de viabilidad económica, se concluye que no existe un punto de equilibrio en el proyecto, además, se obtiene un VAN de – ¢ 275 440 426 lo que confirma que el proyecto no resulta ser viable económicamente si se quieren obtener ingresos directos por medio del aprovechamiento de residuos valorizables.
- Hay que recalcar que aunque los beneficios económicos del CRRV no son perceptibles, los beneficios a nivel ambiental y social si son bastante notorios, apoyando la conservación de los recursos naturales y la disminución del impacto ambiental generados por la extracción de materias primas.
- Por medio del análisis de geoaptitud realizado se concluye que existen 2 quebradas intermitentes en los sectores norte y sur del terreno, entre 0,2 y 0,4 km, sin embargo la presencia de estas quebradas no implica un riesgo para el proyecto. Además, geológicamente se identifica una falla paleotectónica hacia el norte del terreno que tampoco representa una amenaza para el proyecto, sin embargo, es necesario considerar esto debido a que Costa Rica es un país con alta sismicidad.
- Geomorfológicamente, se determina a nivel regional que el terreno del proyecto se encuentra en una pendiente menor a la predominante regional (23°), sin embargo, en los alrededores se presentan inclinaciones de hasta 37°, lo que implica que el área del proyecto es susceptible a deslizamientos y es necesario apearse a lo establecido en Código de Suelo y Cimentaciones.
- Con respecto al análisis de área protegidas se concluye que no existen zonas como parques nacionales, corredores biológicos, territorios indígenas y/o refugios de vida silvestre cerca del proyecto que impliquen un problema para la construcción del proyecto.

7 RECOMENDACIONES

- Realizar un análisis de la estrategia de educación ambiental de separación de residuos sólidos que se mantiene actualmente en el cantón, con el objetivo de disminuir la presencia de los residuos sólidos valorizables que son dispuestos con los residuos ordinarios no valorizables.
- Se recomienda unificar y mejorar la base de datos patentes municipales, debido a que durante el análisis del marco muestral se observaron repeticiones de comercios lo que puede generar sesgos a nivel estadístico.
- Considerar en futuros estudios de generación y composición de RS, que estos se realicen de manera más específica por medio de la separación de residuos considerando subcategorías, con el objetivo de presentar resultados con porcentajes más reales de los residuos que son realmente aprovechables.
- Para aumentar la cantidad de residuos valorizables en el CRRV, se recomienda la creación de alianzas estratégicas con pueblos vecinos donde se coordine la recepción de materiales valorizables generados en esas zonas ajenas, esto con el objetivo de generar un mayor ingreso económico para el centro.
- Para la disminución del valor de la desviación estándar en los residuos comerciales, se recomienda realizar una clasificación específica por tipo de comercios.
- Se recomienda analizar alternativas al relleno sanitario para el tratamiento de los residuos orgánicos, considerando que la mayoría de estos residuos son dispuestos en estos sitios.
- Para futuras decisiones para la construcción del proyecto, se recomienda realizar un análisis financiero más a fondo y actualizados debido a la inflación existente en la actualidad.
- Al tener un monto tan elevado por costos de inversión, se recomienda buscar contratos y alianzas con otras empresas interesadas en el bien ambiental y social de la comunidad, para de esta manera lograr reducir este costo.

- Con respecto al análisis del suelo del terreno, se recomienda considerar realizar estudio de suelo con metodologías SPT (Standard Penetration Test), para así determinar las características del subsuelo y posibles niveles freáticos, además, se recomienda realizar un análisis de estabilidad de taludes para la evaluación del área del proyecto.

8 REFERENCIAS

- [1] Masís, K, (2018), Centros municipales de recuperación de residuos sólidos valorizables en Costa Rica: situación actual y guía de buenas prácticas, Obtenido de Instituto Tecnológico de Costa Rica,
- [2] Masís, K, (2019), Manual de operación para Centros de Recuperación de Residuos Valorizables, Obtenido de Fundación para la Sostenibilidad y la Equidad
- [3] Municipalidad de Acosta, (2016), Plan de gestión integral de residuos sólidos ordinarios del cantón de acosta, Obtenido de la Unidad de Gestión Ambiental, Municipalidad de Acosta,
- [4] Manmoy, K., & R,M, Bhagat & Pradip, B, (2012), Municipap Solid Waste Generation, Composition and Management, The world Scenario, Critical Reviews in Environmental Science and Technology, 42(12), 1509-1630, doi:10.1080/10643389,2011,569871
- [5] Gestión de residuos sólidos municipales, – Lima : Universidad ESAN, 2008, – 246 p, – (Gerencia para el Desarrollo, Obtenido de [https://repositorio.esan.edu.pe/bitstream/handle/20,500,12640/627/Gerencia para el desarrollo_03.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.esan.edu.pe/bitstream/handle/20,500,12640/627/Gerencia_para_el_desarrollo_03.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- [6] Asamblea Legislativa de la República de Costa Rica, (2010), Ley N° 8839 para la Gestión Integral de Residuos Sólidos, Obtenido de http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?nValor1=1&nValor2=68300
- [7] Grau, J., Horacio, T., Milena, R, V., Alfredo, R., & Germán, S, (2015), Banco Interamericano de Desarrollo, Obtenido de <https://publications.iadb.org/es/situacion-de-la-gestion-de-residuos-solidos-en-america-latina-y-el-caribe>
- [8] Vásquez, O, (2005), Modelo de simulación de gestión de residuos sólidos domiciliarios en la Región Metropolitana de Chile, Dinámica de Sistemas, 1(1), 25-52,

- [9] Tello, P., Martínez, E., Daza, D., Soulier, M., & Terraza, H, (2010), Informe de la Evaluación Regional del Manejo de Residuos Sólidos Urbanos en ALC 2010, Retrieved from [http://publications.iadb.org/bitstream/handle/11319/3286/Informe de la Evaluación Regional del Manejo de Residuos Sólidos Urbanos en América Latina y el Caribe 2010.pdf?sequence=2](http://publications.iadb.org/bitstream/handle/11319/3286/Informe%20de%20la%20Evaluación%20Regional%20del%20Manejo%20de%20Residuos%20Sólidos%20Urbanos%20en%20América%20Latina%20y%20el%20Caribe%202010.pdf?sequence=2)
- [10] Elizondo, K., Martén, E., & Astorga, Y, (2011), Determinación de la generación y la composición de residuos sólidos ordinarios en el cantón de Goicoechea, Obtenido de [http://www.femetrom.go.cr/docs/proyectos/Caracterizacion de residuos Final Goicoechea](http://www.femetrom.go.cr/docs/proyectos/Caracterizacion%20de%20residuos%20Final%20Goicoechea)
- [11] Griselda, R, (2005), Diagnóstico de la problemática de los residuos sólidos urbanos en el municipio de Ciudad Ixtepec, Oaxaca, Obtenido de http://www.umar.mx/tesis_PA/tesis_digitales/RIVERA-SANCHEZ-AMB.pdf
- [12] Soto, S, (2019), Informe Estado de la Nación en Desarrollo Humano Sostenible 2019, Gestión de los residuos sólidos en Costa Rica, San José: Estado de la Nación,
- [13] Rudin, V., Soto, S., & Linnenberg, C, (2019), Primer informe Situación de la gestión de los residuos sólidos para la determinación de la NAMA residuos Costa Rica, Proyecto Acción Clima II,
- [14] CYMA, (2012), Guía de interpretación de la metodología para la realización de estudios de de cuantificación y composición, Obtenido de <https://www.ifam.go.cr/docs/guiainterpretmetodologia.pdf>
- [15] Leblanc, R, (2017), An Introduction to Solid Waste Management: Integrated Approach, Obtenido de <https://www.thebalancesmb.com/an-introduction-to-solid-waste-management-2878102>
- [16] Asamblea Legislativa de la República de Costa Rica, (2010), Decreto No 35906-S, Reglamento de Centros de Recuperación De Residuos Valorizables, Obtenido de http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?nValor1=1&nValor2=67848
- [17] Cimpan, C., Maul, A., Jansen, M., Pretz, T., & Wenzel, H, (2015), Central sorting and recovery of MSW recyclable materials: A review of technological state-of-the-art cases, practice and implications for materials recycling, *Journal of Environmental*, 156, 181-199, doi:doi.org/10.1016/j.jenvman.2015.03.025
- [18] Campos, H, K, (2014), Recycling in Brazil: Challenges and prospects, *Resources, Conservation and Recycling*, 85, 130–138, doi:doi:10.1016/j.resconrec.2013.10.017

- [19] Troschinetz, A, M., & Mihelcic, J, R, (2009), Sustainable recycling of municipal solid waste in developing countries, *Waste Management*, 29(2), 915-923, doi:doi.org/10.1016/j.wasman.2008.04.016
- [20] Hoornweg, D, P, (2012), What a Waste, A Global Review of Solid Management, Urban Development Series Knowledge Papers, Obtenido de http://siteresources.worldbank.org/INTURBANDEVELOPMENT/Resources/336387-1334852610766/What_a_Waste2012_Final.pdf
- [21] Universidad Nacional de Costa Rica (UNA), (2016), Lento Avance en Manejo Integral de Residuos Sólidos y Factor Humano, *AMBIENTICO Revista trimestral sobre la calidad ambiental*,(257),
- [22] Rodríguez, R, (2020), Retos y oportunidades para la valorización de residuos sólidos en Costa Rica, Obtenido de Instituto Tecnológico de Costa Rica,
- [23] Bravo, E, (2016), Estudio de factibilidad para la creación de un centro de acopio de lana de borrego en el cantón Guamate, Provincia de Chimborazo, Obtenido de Escuela Superior Politécnica de Chimborazo
- [24] Weinberger, K, (2009), Plan de Negocios: herramienta para evaluar la viabilidad de un negocio, *PYME Competitiva*, 1-152,
- [25] Lara, B, (2010), *Cómo elaborar proyectos de Inversión (Vol, 2)*, Quito, Ecuador: Quito Ecuador : Oseas Espín,
- [26] Arroyo P, Vasquez Ruth, (2016) *Ingeniería económica: ¿cómo medir la rentabilidad de un proyecto?*, Obtenido de https://repositorio,ulima.edu.pe/bitstream/handle/20,500,12724/10726/Arroyo_Vasquez_ingenieria_economica.pdf?sequence=1
- [27] Bocanegra, F, Aguilar, Arnaldo, (2021) “Análisis del punto de equilibrio como herramienta de gestión para la toma de decisiones en la empresa agrícola Rio Grande, Trujillo – 2019”, Tomado de <https://repositorio,upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/29114/TESIS%20ALONSO%20AGUILAR%20Y%20FERNANDA%20BOCANEGRA%20.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [28] CYMA, (2012), *Guía técnica y económica para mantener la rentabilidad y la eficiencia en la operación de los centros de recuperación de residuos valorizables*, Obtenido de

<https://www.binasssa.cr/opac-ms/media/digitales/Gu%C3%ADa%20t%C3%A9cnica%20y%20operativa%20para%20centros%20de%20recuperaci%C3%B3n%20de%20residuos%20s%C3%B3lidos%20valorizables.pdf>

[29] Sánchez, L, E, (s,f), Evaluación de Impacto Ambiental, Sao Paulo, Brasil, Obtenido de https://www.ucipfg.com/Repositorio/MAES/MAES-07/BLOQUE-ACADEMICO/Unidad-5/lecturas/Evaluacion_de_Impacto_Ambiental.pdf

[30] Asamblea Legislativa de Costa Rica, (2006), Manual de Instrumentos Técnicos para el Proceso de Evaluación del Impacto Ambiental (Manual de EIA)-Parte III, N° 32967, Obtenido de http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=57062&nValor3=72443&strTipM=TC

[31] López, E, Posada, C, Moreno J, (sf) Los sistemas de información geográfica, Obtenido de <http://imsturex.unex.es/MUIETSIG/TEMA1.pdf>

[32] Rodríguez Escobar, L. Á. (2002). Hacia la gestión ambiental de residuos sólidos en las metrópolis de América Latina. *Innovar: Revista de ciencias administrativas y sociales*, 12(20), 111-120.

[33] Astorga, A., & Arias, M. (2003). Mapa de geoaptitud hidrogeológica de Costa Rica: Implicaciones respecto a la gestión ambiental del desarrollo. *Revista Geológica de América Central*.

[34] Bonilla Valverde, J. P. (2020). Análisis hidrológico y determinación de la recarga potencial en la cuenca del Río Machuca, Pacífico Central de Costa Rica. Obtenido de <http://dspace-aya.eastus.cloudapp.azure.com/handle/aya/170>

[35] Vargas, A., & Ch, R. M. (1999). Hidrogeoquímica y producción de manantiales en las formaciones Pacagua y Peña Negra. *Revista Geológica de América Central*. Obtenido de <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/geologica/article/view/8590>

[36] Percy, D., Aguilar, T., Alvarado G. Geología y estratigrafía de la hoja Barranca, Costa Rica. Obtenido de Escuela Centroamericana de Geología, Universidad de Costa Rica

[37] Comisión Nacional de Emergencias. (2019). Amenazas de origen natural cantón de Acosta. Obtenido de

https://www.cne.go.cr/reduccion_riesgo/mapas_amenazas/mapas_de_ameaza/san_jose/Acosta%20-%20-%20descripcion%20de%20amenazas.pdf

[38] Asamblea Legislativa de la República de Costa Rica, (1995). Ley Orgánica del Ambiente

N° 7554. Obtenido de

https://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?nValor1=1&nValor2=27738

[39] Asamblea Legislativa de la República de Costa Rica, (2004) Reglamento General sobre los Procedimientos de Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) N° 31849-MINAE-S-MOPT-MAG-MEIC. Obtenido de

http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?nValor1=1&nValor2=53029

9 ANEXOS

9.1 ANEXO 1. DETALLES DE METODOLOGÍA APLICADA PARA EL ESTUDIO DE GENERACIÓN Y COMPOSICIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS RESIDENCIALES Y COMERCIALES

9.1.1 Metodología aplicada para el estudio de generación y composición de residuos sólidos del sector residencial

9.1.1.1 *Estratificación del sector residencial*

Para la identificación de zonas de valor se utilizó la información geoespacial del Mapa de Valores de Terrenos por Zonas Homogéneas del cantón de Acosta del año 2018, además, se utilizó la información del archivo shp de zonas homogéneas brindado por la municipalidad para de esta manera asociar los sectores identificados.

Posteriormente, para la clasificación de las zonas se utilizó nuevamente la información descrita en el archivo shp Zonas Homogéneas del cantón de Acosta, en el cual se describe el valor económico ($\$/m^2$) y la categorización de las zonas terrestres que conforman el cantón, a partir de esta distribución se procedió a agrupar cada zona de valor. La clasificación obtenida se describe en el siguiente cuadro.

Cuadro 9.1. Clasificación de las zonas de valor del cantón de Acosta.

| Código Distrito | Código | Nombre de zona de valor | Valor (¢ / m²) | Clasificación |
|------------------------|---------------|-------------------------------------|----------------------------------|----------------------|
| 01 | U01 | San Ignacio Centro 1 | 90000 | Comercial |
| 01 | U02 | San Ignacio Centro 2 | 50000 | Comercial |
| 01 | U06 | San Luis | 45000 | Urbano |
| 01 | U05 | Conjunto Habitacional el Tablazo | 40000 | Urbano |
| 01 | U08 | Chirracá | 40000 | Urbano |
| 01 | U07 | Tablazo | 35000 | Urbano |
| 03 | U05 | Palmichal Centro | 35000 | Urbano |
| 03 | U03 | Salvaje | 3500 | Urbano |
| 05 | R01/U01 | Bijagual | 3500 | Rural |
| 01 | R03/U03 | San Ignacio | 2000 | Rural |
| 03 | R01/U01 | Palmichal | 1500 | Rural |
| 02 | R01/U01 | Guaitil | 1500 | Rural |
| 04 | R01/U01 | Cangrejal | 1500 | Rural |
| 04 | R02/U02 | Ceiba | 750 | Rural |
| 05 | R02/U02 | Tiquires | 700 | Rural |
| 02 | R02/U02 | Coyolar | 600 | Rural |
| 05 | R03/U03 | Sabanillas | 500 | Rural |
| 01 | R04 | Hacienda Jorco | 400 | Rural |
| 03 | R04 | Hacienda Jorco | 400 | Rural |
| 04 | R03 | Bosque Protector Caraigres | 350 | Rural |
| 03 | R02 | Zona Protectora Cerros de Escazú | 285 | Rural |
| 04 | R04 | Fila La Sierra | 250 | Rural |
| 05 | R04 | Fila La Sierra | 250 | Rural |

Además, se muestra gráficamente los resultados obtenidos en la siguiente figura.

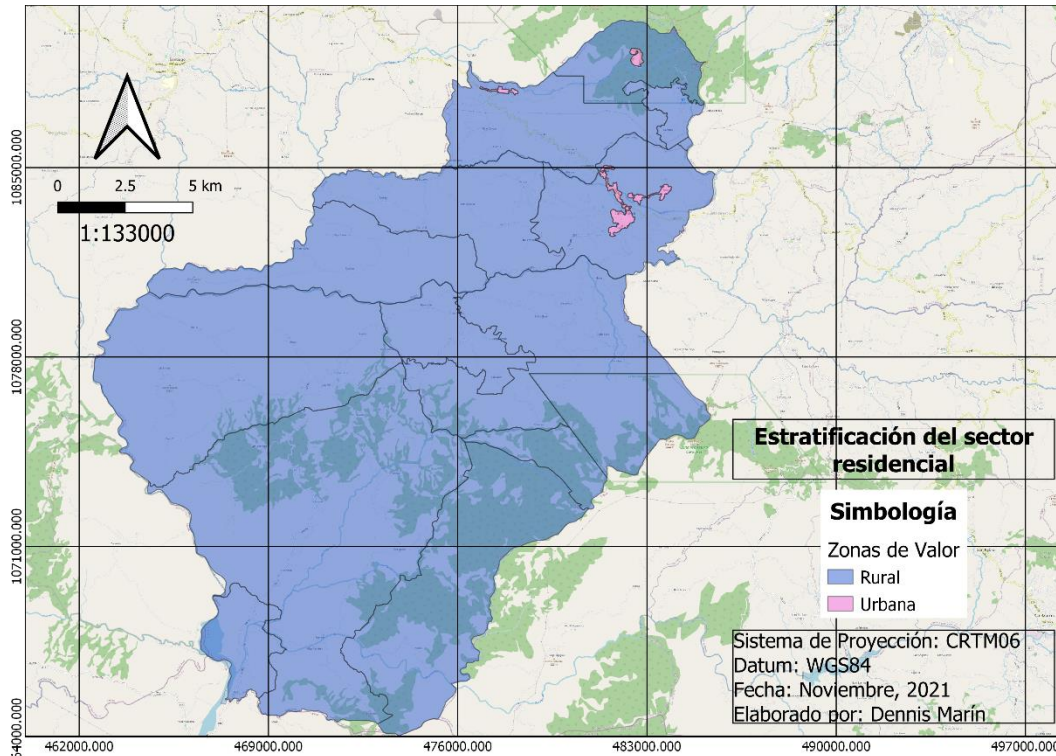


Figura 17. Descripción de la estratificación del sector residencial.

9.1.1.2 Cálculo de la muestra

Para determinar la cantidad hogares existentes al 2021 que se incluyeron en el estudio de generación y composición, se utilizaron los datos del INEC de cantidad habitantes, número de viviendas del año 2011 y cantidad de habitantes proyectados al 2021. De esta manera se logró obtener una relación miembro/hogar de 2,97 y recalcular la cantidad de viviendas al año 2021.

Además, se realizó un análisis de conteo de viviendas en sistemas de información geográfica para poder verificar esta información y obtener la cantidad de viviendas por Zonas de Valor, al realizar este cálculo, se obtuvo un total de 7500 viviendas.

Seguidamente, se procedió a calcular el tamaño de la muestra, Para estimar el número total de viviendas a muestrear en el área de estudio, se adiciona un 25% de unidades para compensar ante posible “no respuesta” (CYMA,2012), La ecuación utilizada se muestra a continuación:

$$n_{com} = \left(\frac{Z^2 * N_{com} * \delta^2}{(N_{com} - 1) * E^2 + (Z^2 * \delta^2)} \right) * 1,25 \quad \text{Ec.1}$$

En el siguiente cuadro se describe el significado, valor utilizado por cada parámetro y el resultado del número de viviendas a muestrear.

Cuadro 9.2. Descripción de los parámetros necesarios para resolver la ecuación y resultado obtenido.

| Parámetro | Representación | Valor | Unidad |
|---|----------------|-------|------------|
| Coefficiente de confianza al 95% | Z | 1,96 | 95% |
| Desviación estándar | g | 0,3 | kg/hab.día |
| Error permisible | E | 0,1 | kg/hab.día |
| Número de viviendas en el área de estudio | Nviv | 7455 | Viviendas |
| Número de viviendas a incluir en la muestra | nviv | 43 | Viviendas |

Es necesario mencionar que debido a la situación actual de pandemia, los recursos económicos disponibles, capital humano y la dificultad de la recolección, transporte y análisis de una muestra mayor, se decide aumentar el error permisible al 0,1 para de esta manera recolectar los residuos de una muestra menor a la recomendada.

Finalmente, se logra determinar la cantidad de viviendas que serán incluidas por zona de valor en el estudio. Esta distribución se describe en el siguiente cuadro.

Cuadro 9.3. Descripción de la cantidad de viviendas a incluir por zonas.

| Estrato | Cantidad de zonas | Distribución % | Cantidad de hogares* | Muestra |
|---------------|-------------------|----------------|----------------------|---------|
| URBANO | 6 | 13% | 1000 | 6 |
| RURAL | 15 | 87% | 6500 | 37 |
| Total | 21 | 100% | 7500 | 43 |

9.1.1.3 Selección de la muestra

La selección de la muestra se dio por medio del conteo de viviendas en sistemas de información geográfica. Seguidamente, se seleccionaron las viviendas a muestrear de manera aleatoria.

Se agruparon las viviendas según las rutas de recolección existentes, con el fin de agilizar la ruta de recolección y priorizar según horario. Además, se identificaron las muestras asignándole un código a cada vivienda, siguiendo la siguiente estructura:

Cuadro 9.4. Descripción de la cantidad de viviendas a incluir por grupos.

| Grupo | Número de viviendas en el grupo | Estrato socioeconómico* |
|------------------|--|--------------------------------|
| Martes | 12 | U, R |
| Miércoles | 18 | R |
| Jueves | 14 | R |
| Total | 44 | - |

*U: Urbano, RU, Rural-Urbano y R: Rural

A continuación, se muestra la ubicación de la totalidad de las viviendas muestreadas para el estudio de composición y caracterización de residuos sólidos.

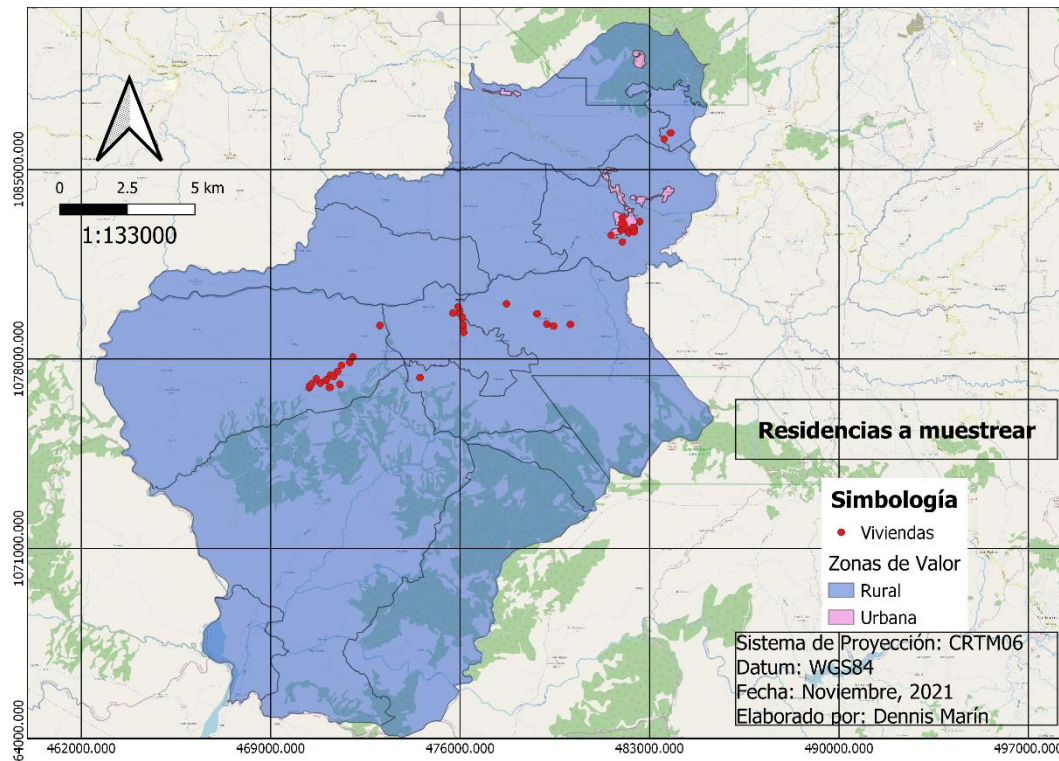


Figura 18. Representación gráfica de la ubicación de las viviendas seleccionadas para el estudio de generación y composición.

9.1.1.4 *Cronograma de muestreo*

Cuadro 9.5. Cronograma de recolección, pesaje y caracterización de residuos sólidos.

| Actividad | Noviembre 2021 | | |
|------------------------------------|----------------|----|----|
| | 9 | 10 | 11 |
| Recolección 1: Grupo Martes | | | |
| Pesaje 1: Grupo Martes | | | |
| Caracterización 1: Grupo Martes | | | |
| Recolección 2: Grupo Miércoles | | | |
| Pesaje 2: Grupo Miércoles | | | |
| Caracterización 2: Grupo Miércoles | | | |
| Recolección 3: Grupo Jueves | | | |
| Pesaje 3: Grupo Jueves | | | |
| Caracterización 3: Grupo Jueves | | | |

9.1.2 Metodología aplicada para el estudio de generación y composición de residuos sólidos del sector comercial

9.1.2.1 *Obtención del marco muestral*

Por medio de la Unidad de Gestión Ambiental de Acosta, se procedió a solicitar la información correspondiente para elaborar el marco muestral del sector comercial, el cual es necesario para realizar el cálculo de la muestra. La información facilitada de cada comercio se muestra a continuación:

- Numero de patente
- Tipo de patente
- Estado
- Nombre de comercio
- Cédula jurídica / física
- Tipo de actividad comercial

Se procedió a realizar la depuración de la base de datos para asegurar la validez estadística del marco muestral, esta depuración consistió en revisar el número de patente, nombre de establecimiento

y cédula que se incluye en cada caso, con el fin de identificar posibles repeticiones de comercios. Además, se excluyó de la base de datos aquellos comercios a los que la municipalidad no les brinda servicio de recolección de residuos. A continuación se muestran los resultados obtenidos.

Cuadro 9.6. Descripción de los resultados de la depuración del marco muestral.

| Documento | Informe de patentes y sus patentados |
|--|--------------------------------------|
| Comercios en lista original | 599 |
| Comercios en estado inactivo y/o suspendido | 44 |
| Repeticiones o comercios con información incompleta | 74 |
| Comercios restantes en base de datos depurada | 481 |

9.1.2.2 Cálculo de la muestra

Una vez que se concluyó con la depuración del marco muestral, se procedió a realizar el cálculo de la muestra. Para estimar el número total de comercios a muestrear en el área de estudio, se adiciona un 25% de unidades para compensar ante posible “no respuesta” (CYMA,2012). La ecuación utilizada se muestra a continuación:

$$n_{com} = \left(\frac{Z^2 * N_{com} * \delta^2}{(N_{com} - 1) * E^2 + (Z^2 * \delta^2)} \right) * 1,25 \quad \text{Ec.2}$$

En el siguiente cuadro, se describe el significado de cada parámetro, el valor asignado y el resultado obtenido tras aplicar la ecuación.

Cuadro 9.7. Descripción de los parámetros necesarios para resolver la ecuación y resultado obtenido.

| Parámetro | Representación | Valor | Unidad |
|---|----------------|-------|------------|
| Coefficiente de confianza al 95% | Z | 1,96 | 95% |
| Desviación estándar | g | 0,5 | kg/hab.día |
| Error permisible | E | 0,15 | kg/hab.día |
| Número de comercios en el área de estudio | Nviv | 481 | Comercios |
| Número de comercios a incluir en la muestra | nviv | 49 | Comercios |

Finalmente, se procedió a seleccionar los comercios de la muestra de forma aleatoria.

A continuación, se observan los comercios seleccionados para el estudio.

Cuadro 9.8. Comercios seleccionados para el estudio de generación y composición.

| ID | No° Patente | Nombre Comercial |
|-----------|--------------------|--|
| 1 | 0000000308 | Salón la Principal |
| 2 | 0000000039 | Ferretería MAO |
| 3 | 0000000123 | Centro Turístico Ecológico Chirracá La Selva |
| 4 | 0000000730 | Oficina de Soporte Ganancias Deportivas |
| 5 | 0000000006 | Tienda Bambi |
| 6 | 0000000434 | Repuestos Ceresia |
| 7 | 0000000671 | Licorera la Fila |
| 8 | 0000000366 | Restaurante Leo's |
| 9 | 0000000611 | Reik Sol |
| 10 | 0000000048 | Karaoke Emanuel |
| 11 | 0000000334 | Restaurante Allen |
| 12 | 0000000515 | Mini Super Agua Blanca |
| 13 | 0000000391 | Restaurante la Casita de la Pizza |
| 14 | 0000000328 | Lubricentro Mora y Mora |
| 15 | 0000000327 | Taller de Soldadura Mora y Mora |
| 16 | 0000000219 | Bazar Novedades Cruz |
| 17 | 0000000119 | Taller Industrial |
| 18 | 0000000572 | Pollo y Mas Acosta |
| 19 | 0000000253 | Restaurante Donde El Guila |
| 20 | 0000000266 | Internet y Venta de Computadoras Luis Carlos |
| 21 | 0000000322 | Mini Super Santa Elena |
| 22 | 0000000154 | Bar Nana |
| 23 | 0000000733 | Power Zone Gym |
| 24 | 0000000280 | Taller Olivares |
| 25 | 0000000168 | Mini Super Bodega Acosta |
| 26 | 0000000735 | La Tapicería de Turrujal |
| 27 | 0000000237 | Venta de Repuestos Yoti |
| 28 | 0000000425 | Frenos Moreco |
| 29 | 0000000471 | Lava Car Wilson |

| ID | No° Patente | Nombre Comercial |
|-----------|--------------------|--|
| 30 | 0000000231 | Pulpería El Buen Precio |
| 31 | 0000000370 | Restaurante Cachimbon |
| 32 | 0000000086 | Bazar MK |
| 33 | 0000000725 | Soda y Heladería San Luis |
| 34 | 0000000620 | Soda Wang Peishan |
| 35 | 0000000146 | Soda La Minita |
| 36 | 0000000348 | Verdulería Elizabeth |
| 37 | 0000000695 | Cable Victoria |
| 38 | 0000000702 | Alimentos Granos y Semillas Puro Campo |
| 39 | 0000000486 | Agro insumos y Fertilizantes |
| 40 | 0000000517 | Shark Gym Fitness |
| 41 | 0000000188 | Mini Super San Diego |
| 42 | 0000000104 | Súper San Ignacio |
| 43 | 0000000529 | Mini Super San Gerardo |
| 44 | 0000000109 | Pulpería Donde Cuper |
| 45 | 0000000264 | Restaurante La Choza de Chepe |
| 46 | 0000000669 | Empacadora Hermanos Zúñiga S,A, |
| 47 | 0000000573 | Pizza Bor Express |
| 48 | 0000000211 | Agro veterinaria La Acosteña |
| 49 | 0000000464 | Mini Super Santa Fe |

9.1.2.3 Selección de la muestra

Una vez contada la lista de comercios a incluir en el estudio, se procedió a realizar la identificación en campo, verificando que los comercios se encontraran activos. Posteriormente, se agruparon los comercios según horario y día de recolección, con el objetivo de agilizar la ruta de recolección y priorizar según horario. Los grupos se muestran en el siguiente cuadro.

Cuadro 9.9. Descripción de la cantidad de comercios a incluir por grupo.

| Grupo | Día de recolección | Número de comercios en el grupo * |
|-------|--------------------|-----------------------------------|
| 1 | Lunes | 12 |
| 2 | Martes | 17 |
| 3 | Jueves | 10 |
| 4 | Viernes | 10 |

A continuación, se muestra la localización de la totalidad de los comercios seleccionados para el estudio de composición y caracterización de residuos sólidos.

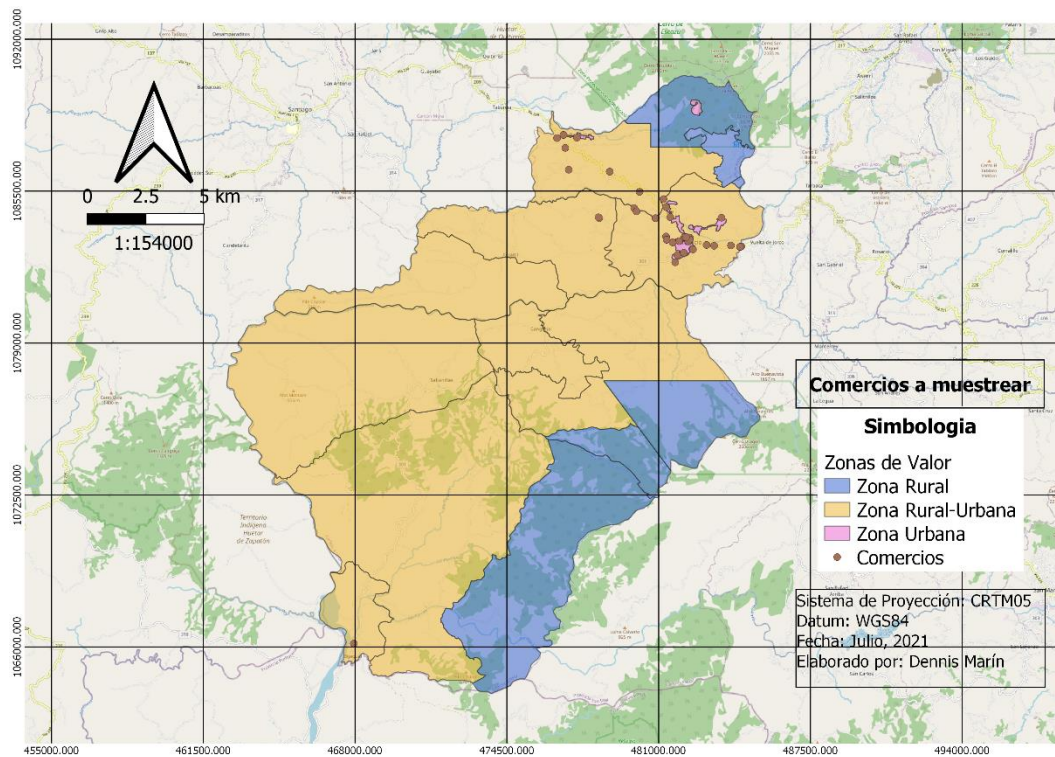


Figura 19. Totalidad de comercios seleccionados para el estudio de composición y caracterización de residuos sólidos.

9.1.2.4 Cronograma de muestreo

A continuación se muestra el cronograma propuesto para realizar el estudio de estudio de generación y caracterización de residuos sólidos del sector comercial.

Cuadro 9.10. Cronograma de recolección, pesaje y caracterización de residuos sólidos.

| Actividad | Agosto 2021 | | | |
|----------------------------------|-------------|----|----|----|
| | 12 | 13 | 16 | 17 |
| Recolección 1: Grupo Jueves | | | | |
| Pesaje 1: Grupo Jueves | | | | |
| Caracterización 1: Grupo Jueves | | | | |
| Recolección 2: Grupo Viernes | | | | |
| Pesaje 2: Grupo Viernes | | | | |
| Caracterización 2: Grupo Viernes | | | | |
| Recolección 3: Grupo Lunes | | | | |
| Pesaje 3: Grupo Lunes | | | | |
| Caracterización 3: Grupo Lunes | | | | |
| Recolección 4: Grupo Martes | | | | |
| Pesaje 4: Grupo Martes | | | | |
| Caracterización 4: Grupo Martes | | | | |

9.1.3 Estudio de Campo

9.1.3.1 *Recolección de la muestra*

La recolección de la muestra se llevó a cabo durante el periodo del 12 de agosto al 17 de agosto, visitando los comercios en horas de la mañana los mismos días en que la municipalidad recolecta los residuos (lunes, martes, jueves y viernes). Se aseguró iniciar la recolección antes que los camiones municipales, para evitar que estos recolectaran los residuos de los comercios seleccionados y perder muestra.

9.1.3.2 *Pesaje de la muestra*

Con el objetivo de determinar la generación per cápita de los sectores residencial y comercial, se realizó el pesaje de la muestra para cada zona de valor. Es importante mencionar que para llevar a cabo el estudio de generación y composición los colaboradores utilizaron el equipo de protección personal adecuado para esta actividad (botas, mascarilla, guantes de látex y guantes de seguridad), con el fin de evitar el contacto directo con los residuos, evitar cortaduras y/o punzaduras por residuos de vidrio quebrado y/o jeringas.

9.1.3.3 Preparación de la muestra

Una vez realizado el pesaje de la muestra, se procedió a abrir las bolsas y verter en el suelo los residuos contenidos en estas, separando los residuos según su respectiva categorización. La separación de categorías y el pesaje se hizo durante cada día de recolección de la muestra debido a indicaciones por parte de la Unidad de Gestión Ambiental de la Municipalidad de Acosta, por lo que no fue necesario aplicar la técnica de cuarteo.

9.1.3.4 Separación y pesaje por categoría

Diariamente, se procedió a realizar el estudio de composición, el cual consiste en separar cada uno de los componentes de la muestra según la clasificación del siguiente cuadro.

Cuadro 9.11. Categorías de clasificación de residuos.

| Categoría | Descripción |
|------------------|--|
| Biodegradables | Restos de comida y desechos de jardín |
| Plásticos | Envases, bolsas, elementos elaborados en plástico, recipientes, |
| Papel/Cartón | Papel blanco, de color, periódico, etc, Cartón liso y corrugado |
| Metales | Aluminio, latas, alambres y chatarra |
| Vidrio | Botellas de vidrio de todos los colores enteros o quebrados, Vidrios de ventanas o vajillas, |
| Textiles | Retazos de tela y cuero, piezas de ropa, bolsos, zapatos y hule |
| Tetra brik | Envases Tetra brik |
| Electrónicos | Monitores, pantallas, cámara, computadoras y/o sus componentes, cámaras etc, |
| Peligroso | Baterías secas, restos de medicamentos, envases de pintura, cartuchos y tóner de impresora, envases de lubricantes, insecticidas, bombillos fluorescentes, |

| Categoría | Descripción |
|-------------------|---|
| Otros componentes | Material fino como polvo de barrido, residuos sanitarios (papel higiénico, pañales), escombros, madera, empaques metalizados, estereofón, residuos voluminosos, |

Fuente: (CYMA, 2012)

Al clasificar los componentes según las diferentes categorías de residuos, se procedió a realizar el pesaje con cada categoría encontrada. Finalmente, se empaclaron los residuos en bolsas plásticas y fueron recolectados por los camiones recolectores para su disposición final.

9.2 ANEXO 2. ESPECIFICACIONES TECNICAS DE EQUIPOS, HERRAMIENTAS Y MOBILIARIO DE OFICINA PARA LA CONSTRUCCION DEL CRRV.

En los siguientes cuadros, se enlistan las especificaciones técnicas establecidas por la Unidad de Gestión Ambiental de la Municipalidad de Acosta para los equipos, herramientas y mobiliario de oficina para la construcción del CRRV.

Cuadro 9.12. Especificaciones técnicas de equipo necesario del CRRV.

| Equipo | Especificaciones técnicas |
|--------------------------------|---|
| Compactador de residuos | Estructura de la máquina construida con acero ASTM A-36, Partes metálicas protegidas con esmalte industrial, Motorización monofásica o trifásica de 5 HP, Arranque directo mediante contactor y guarda motor, Sistema hidráulico de 4,5 Galones/min a 1500 psi, Control de funciones mediante controlador lógico programable, Capacidad de trabajo manual y automático, Cuenta con ranuras internas para amarrar paca, La fuerza entregada por el pistón: 8000 kg o superior, Presión nominal de trabajo: 1500 PSI, o superior Dimensiones externas (mm): 930 anchos, 890 fondo, 2620 alto, Aproximadas Dimensiones de paca (mm): 835 anchos, 770 fondo, 870 alto, aproximadas Para compactar: papel, cartón, PET, latas de aluminio, |
| Quebrador de vidrio | Estructura de la máquina construida con acero, |

| Equipo | Especificaciones técnicas |
|-------------------------------|---|
| | <p>Partes metálicas protegidas con esmalte industrial, Motorización monofásica o trifásica de 1 HP Arranque directo mediante contactor y guardamotor, Compuerta de seguridad para evitar que el vidrio quebrado lesione a los operarios, Cuanta con ruedas para movilizar la maquina sobre los Estañones de almacenamiento</p> |
| Romana tipo plataforma | <p>Romana plataforma electrónica Con cuatro celdas Cap, 5 toneladas Con visor electrónico Batería recargable, cable de alimentación a 110 vol, Función de tara cero automáticos Dimensiones de la plataforma de 122cm X 122cm,</p> |
| Mesa de Trabajo | <p>Sobre de Banco en lámina de 3,2mm en acero inoxidable Dimensiones de Sobre 2364mm x 1144mm en acero inoxidable Altura de la mesa de trabajo 1000mm, Reforzado con tubo cuadrado de 1 1/2" x 1 1/2" x 1,5MM de espesor con rigidizado res a cada 60cm, Soportes fabricados en tubo cuadrado de 1 1/2" x 1,5mm de acero inoxidable Con dos ruedas giratorias con freno y dos fijas de Ø4" para un meso no mayor a 250 kg cada una, Base en Minio Rojo anticorrosivo, acabado en Fast Dry</p> |
| Banda Transportadora | <p>Dimensiones generales: 5000 mm de largo x 800 mm de ancho x 850 mm de alto, Estructura construida en tubo estructural de 3 mm de espesor, sobre en lámina de 2 mm de espesor con refuerzos inferiores, laterales de 60 mm de alto, Faja tipo CxF negra de 780 mm de ancho, Polea motriz y conducida de ø 130 mm de diámetro, Todo recubierto con minio rojo como base y esmalte industrial como acabado,</p> |

| Equipo | Especificaciones técnicas |
|------------------------------|--|
| | Transmisión con moto reductor de 1,5 Hp / 3Ph / 220VAC / 60Hz, |
| Guillotina para papel | Estructura de la máquina construida con acero ASTM A-36, Partes metálicas protegidas con esmalte industrial, Motorización monofásica Arranque directo mediante contactor y guarda motor, Sistema de potencia mediante unidad hidráulica a 1500 psi, Control de funciones mediante controlador lógico programable, Apertura máxima para corte: 100 mm o Ancho máximo para corte: 450 mm Presión nominal de trabajo: 1500 PSI, |
| Carretilla Hidráulica | Carretilla Hidráulica con capacidad de 3 toneladas, El cuerpo de bombeo integrado contiene el circuito hidráulico y el tanque de aceite hidráulico, La manigueta estándar de Eoslift de diseño ergonómico La rueda guía de nylon Todo el reverso de las uñas reforzadas Altura mínima: 85 / 75 mm Altura máxima: 200/190 mm Medidas de la rueda guía: 180 x 50 / 200 x 50 mm Medidas de los rodillos de carga: 80 x 70 / 70 x 70 mm Medidas de las uñas: 140 x 50 mm Ancho global de las uñas: 540 mm Largo de las uñas: 1220 mm |

Fuente: Unidad de Gestión Ambiental de la Municipalidad de Acosta, 2019.

Cuadro 9.13. Especificaciones técnicas de herramientas necesarias del CRRV.

| Equipo | Especificaciones técnicas |
|--------------------------|---|
| Estañón Metálico | Capacidad aproximada 55 galones, Material en acero |
| Mecate Rollo | Material de nylon, Empaque de 5 kg Tipo poila o bananero, |
| Alicate Universal | Material: acero cromo vanadio, |

| Equipo | Especificaciones técnicas |
|----------------------------------|--|
| | Tamaño: 200mm, Mango ergonómico |
| Juego Desatornillador | Mango 100% de acetato, Puntas de precisión Phillip formadas en frío, Puntas Phillips con acabado en óxido negro, Barra de aleación de acero al boro, Barras cromadas, |
| Taladro 12mm | Potencia 530 W o superior R,p,m 0 - 2,500 Rpm o superior Capacidad portabrocas 1,0 - 12 mm Capacidad máx, en metal 10 mm Capacidad máx, en madera 25 mm Peso 1,5 Kg Longitud del cable 2,5 m Emisión de vibración 2,50 m/seg ² Incertidumbre (K) de vibración 1,50 m/seg ² Presión sonora 79,00 dB(A) Potencia sonora 85,00 dB(A) Incertidumbre (K) sonora 3,00 dB(A) |
| Cuchilla tipo Cutter | Cutter con alma metálica y grip, Cambio automático de la navaja, Seguro automático, Ancho de la navaja: 18mm, Largo de la cutter: 6 pulgadas, |
| Tenaza de Armador | Acero con cromo vanadio, Cabeza para retorcer y cortar Tamaño 10 pulgadas |
| Recipientes para residuos | Material: Plástico, Capacidad: Mínima de 135 litros |
| Serruchos | Hojas de sierra deben estar atornilladas al mango Dientes endurecidos por inducción para una mayor durabilidad Dientes con triple afilado Mango bi-materia y con guía acanalada para los dedos |

| Equipo | Especificaciones técnicas |
|--------------------------------|---|
| Extintores | Capacidad: mínima 20 LBS, Extintor químico multipropósito para uso en fuegos Clase A, Clase B, Clase C, |
| Manguera de riego | Presión: 11kg/cm2 mínima Espesor de pared: 1,5mm Acoples: Metálicos Material: 3 capas reforzadas Longitud: 30 metros |
| Tijera Tipo Hojalatería | Acero al carbono Mango de vinil Tamaño 12 pulgadas |
| Anteojos de Seguridad | Características del visor: Marco flexible, Brazos ajustables Visor intercambiable Filtro UV Material: Marco de PVC Visor de policarbonato oftálmico Con cordel de seguridad |
| Protector facial | Cabezal en polipropileno Visor en policarbonato, Sistema de Ratchet ajustable Banda suave para mayor comodidad Sistema de ajuste que permite que el visor sea posicionado a gusto del usuario Dimensiones del visor: 8"x12 |
| Guante seguridad | Guante recubierto en látex |
| Guante de cuero | Guante en vaqueta sencillo reforzado, Resistencia a la abrasión y riesgos mecánicos |
| Mascarilla desechable | Contra partículas sin la presencia de aceite y polvo, Clip metálico, |
| Bota de hule | Proceso: doble inyección de pvc bicolor Forro: nylon texturizado, d 100/24 súper absorbente |

| Equipo | Especificaciones técnicas |
|------------------------------|--|
| | Suela: antideslizante, excelente agarre Impermeabilidad: 100% Altura: 36 cm Color: negro Tallas: 35 – 44 |
| Protectores auditivos | Protección auditiva estilo: Sobre la cabeza Material: Espuma Plástico metal Cumple con las especificaciones: UL Reducción de ruido Clasificación: 26 decibelios Aplicación: Ambiente de alto ruido |
| Delantal de cuero | Tamaño: 36x48 en pulgadas, Material: Cuero de vaca, |

Fuente: Unidad de Gestión Ambiental de la Municipalidad de Acosta, 2019,

Cuadro 9.14. Especificaciones técnicas de mobiliario de oficina del CRRV.

| Equipo | Especificaciones técnicas |
|--------------------------------|---|
| Escritorio para oficina | Material: Madera aglomerada Cajones: 2 Material de rieles: Metálicos Según el Ancho: De 130,1 a 170 cm Color: Imitación Madera Medidas: 76 x 170 x 110 cm Características: Estación de trabajo con porta teclado, diseño moderno y práctico para ubicar en espacios pequeños, cajón, y archivador con sistema de seguridad, manijas metálicas que brindan una apariencia moderna, Ideal para oficinas y estudios, Según el Alto: De 70 a 100 cm" |
| Silla para escritorio | Material del asiento: Paño Relleno: Espuma de alta densidad Material de las patas: Nylon Alto base: 42 centímetros Alto: 92 a 102 centímetros Material: Paño y polipropileno |

| Equipo | Especificaciones técnicas |
|-----------------------------|---|
| | <p>Material de la estructura: Acero y polipropileno</p> <p>Capacidad (Resistencia/Carga Maxima): 90 kilogramos máximo</p> <p>Largo: 44 centímetros</p> <p>Alto espaldar: 42 centímetros</p> <p>Ancho asiento: 48 centímetros</p> <p>Diámetro de la base: 32 centímetros</p> <p>Alto hasta el asiento: 42 a 52 centímetros</p> |
| Archivo | <p>Construido en lámina de hierro calibre # 22,</p> <p>Esmaltado con pintura en polvo y secado al horno a alta temperatura,</p> <p>Cuatro gavetas montadas sobre rieles telescópicos tipo full extensión,</p> <p>con capacidad para soportar 100 libras (45 kg) de peso</p> <p>Cada gaveta con laterales completos para carpetas colgantes,</p> <p>Con cerradura automática cromada para las cuatro gavetas,</p> <p>Cada gaveta con tiradera y porta tarjetas cromada,</p> |
| Teléfono Inalámbrico | <p>Inalámbrico, color negro, Frecuencia 1,9 GHz</p> <p>Rango de frecuencia: 1,91 GHz - 1,93 GHz</p> <p>Número de canales: 120 canales</p> <p>Sistema: DECT</p> <p>Cantidad de líneas telefónicas: 1</p> <p>Bajo consumo de energía o Modo Eco Inteligente</p> <p>Reductor de ruido: si</p> <p>Sistema de sonido personalizado: agudos/graves</p> <p>Tecla de funciones inteligente: Sí (Tecla NR)</p> <p>Contestar con cualquier tecla: Sí</p> <p>Modo nocturno: Sí</p> <p>Identificador de llamadas: Sí</p> <p>Marcación rápida (Auricular): Sí</p> <p>Pila recargable Ni-MH(AAA x 2)</p> <p>Tiempo de diálogo Hasta 10 horas</p> <p>Tiempo en hibernación (Standby) Hasta 192 horas</p> <p>Tiempo de carga Alrededor de 7 horas</p> <p>Consumo eléctrico en Standby de la unidad 0,9 W"</p> |
| Computadora | <p>Tamaño: 15,6 pulgadas</p> |

| Equipo | Especificaciones técnicas |
|---------------------------------|---|
| | <p>Resolución: 1,366 x 768 píxeles</p> <p>Tecnología: TrueLife</p> <p>Brillo: 200 nits</p> <p>Procesador CPU: Procesador Intel Core i7-5500U</p> <p>Potencia: Máximo de 3 GHz en la unidad con procesador i7 Hasta 2,7 GHz en la unidad i5</p> <p>Procesador gráfico (GPU): AMD Radeon R7 M270 con memoria DDR3 de 4 GB, AMD Radeon HD R7 M265 con DDR3 de 2 GB en la versión i5</p> <p>Memoria RAM: 2 x 4 GB (DDR3L)</p> <p>Formato: HDD</p> <p>Capacidad : Disco duro híbrido SATA de 1 TB</p> <p>Altavoces: Waves MaxxAudio</p> <p>Micrófono y webcam: Sí, hasta 720 píxeles de resolución en el caso de la cámara,</p> <p>WiFi: WiFi 802,11 a/b/g/n WiFi AC</p> <p>Puertos USB: 2 x USB 3,0 y 1 x USB 2,0</p> <p>HDMI: 1 x HDMI</p> <p>Ethernet: Sí</p> <p>Lector de tarjetas: Tarjetas SD</p> <p>Bluetooth: Bluetooth 4,0</p> <p>Capacidad: Batería de 3 celdas (43 W/h)</p> <p>Autonomía: Hasta ocho horas</p> <p>Cifras en uso más intensivo: Entre cinco y seis horas</p> |
| Impresora multifuncional | <p>Función: Impresión, copia, Fax y escaner</p> <p>Escáner: Cama plana con sensor de líneas CIS de color</p> <p>Área de digitalización: Máxima 21,6 x 29,7 cm (8,5" x 11,7")n</p> <p>Resolución escáner</p> <p>Óptica: 1200 dpi</p> <p>Hardware: 1200 x 2400 dpi</p> <p>Interpolada: 9600 x 9600 dpi</p> <p>Tamaño de las copias: 10 x 15 cm (4" x 6"), carta, A4</p> |

| Equipo | Especificaciones técnicas |
|-----------------------------|---|
| | <p>Resolución: Hasta 5760 x 1440 dpi de resolución optimizada en varios tipos de papel</p> <p>1 botella con tinta Negra : Rinde hasta 4,500 páginas</p> <p>3 Botellas a color (Cian, Magenta, Amarillo) Rinde hasta 7,500 páginas</p> <p>Velocidad</p> <p>Máxima de impresión Negro 33 ppm y Color 15 ppm</p> <p>Normal de impresión Negro 9 ppm y Color 4,5 ppm</p> <p>Impresión doble cara Automática</p> <p>Capacidad de papel</p> <p>Bandeja de entrada para papel,: 100 hojas (A4, carta, oficio) / 10 sobres</p> <p>Bandeja de salida: 30 hojas</p> <p>Área de impresión Máxima: 21,6cm (8,5"") (ancho) x 111 cm (44"") (largo)</p> <p>Interface y conectividad: USB 2,0 High Speed (Compatible con USB 1,1), Wi-Fi (802,11b/g/n), Ethernet 10/100 Mbps</p> <p>Compatibilidad</p> <p>Windows USB Windows 7, Windows Vista®, Windows XP, Windows XP Professional x64</p> <p>Macintosh USB Mac OS® X, 10,5,8, 10,6,x, 10,7,x, 10,8,x3</p> |
| Juego de comedor | <p>Dimensiones: ancho 90 cm Largo: 140 cm,</p> <p>Tipo de madera: Pino Plantación forestal,</p> <p>Cantidad de sillas: 6</p> <p>Sillas: con cojines</p> |
| Mueble Tipo trastero | <p>Material: MDF</p> <p>Laminado en melamina por ambas caras de 15 y 18mm</p> <p>Cantidad de gavetas: 3 pequeñas y 3 grandes</p> <p>Dimensiones: 120x40x150cm</p> |
| Mueble de cocina | <p>Material: MDF</p> <p>Laminado en melamina por ambas caras de 15 y 18mm</p> <p>Fregadero 150 cm x 50cm,</p> <p>Cantidad de gavetas: 3</p> |

| Equipo | Especificaciones técnicas |
|---------------------------|----------------------------------|
| Dimensiones: 150x50x80 cm | |

Fuente: Unidad de Gestión Ambiental de la Municipalidad de Acosta, 2019.

9.3 ANEXO 3. COTIZACIONES



Fabricación Industrial Comercial MAMS S.A.
 Cédula Jurídica: 3-101-667856
 San Sebastian, San Jose
 Costa Rica

Cotización

Oferta #: OFV-004540

Cliente: . Fecha : 01 feb 2022
 Validez : 08 feb 2022

Contacto:

| # | Artículo & Descripción | Cant. | Precio Unit. | Total Línea |
|---|---|-------|--------------|-------------|
| 1 | RSU- QUEBRADORA DE VIDRIO MARCA: FICMAMS MODELO: RV-750 CARACTERISTICAS: • Estructura de la máquina construida con acero ASTM A-36, • Partes metálicas protegidas con esmalte industrial. • Motorización monofásica o trifásica de 1 HP (especificar requerimiento) • Arranque directo mediante contactor y guardamotor. • Compuerta de seguridad para evitar que el vidrio quebrado lesione a los operarios. • Cuenta con ruedas para movilizar la maquina sobre los estañones de almacenamiento. | 1.00 | 3,750.00 | 3,750.00 |
| 2 | RSU-Compactadora para desechos sólidos CV-80 Especificaciones: • Estructura de la máquina construida con acero ASTM A-36. • Partes metálicas protegidas con esmalte industrial. • Motorización trifásica de 5 HP (especificar requerimiento) a 208 Vac. • Arranque directo mediante contactor y guardamotor. • Sistema hidráulico de 4.5 Galones/min a 1500 psi. • Control de funciones mediante controlador lógico programable. • Capacidad de trabajo manual y automático. • Cuenta con ranuras internas para amarrar paca. • La fuerza entregada por el pistón: 8000 kg. • Presion nominal de trabajo: 1500 PSI. • Dimensiones externas (mm): 930 ancho, 890 fondo, 2620 alto. • Dimensiones de paca (mm): 835 ancho, 770 fondo, 870 alto. • Peso de paca según densidad de material a compactar., puede oscilar entre 75kg y 200kg • Para compactar: papel, carton, PET, latas de aluminio, envases UHT. | 1.00 | 15,500.00 | 15,500.00 |
| 3 | RSU- Compactadora para desechos sólidos CV-120 Especificaciones: | 1.00 | 19,800.00 | 19,800.00 |

Fabricación Industrial Comercial MAMS | Tel/Fax: +(506) 2226-3937 | email: info@ficmams.com

| # | Artículo & Descripción | Cant. | Precio Unit. | Total Linea |
|---|--|-------|--------------|-------------|
| | <p>Estructura fabricada con acero bajo la norma A-36, recubierto con minio rojo y esmalte industrial, resistente a la humedad y a la corrosión.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ambas paredes laterales son fijas, y cuenta con una forma trapezoidal para facilitar la extracción de la paca compactada. • Cuenta con motor trifasico de 10 HP. • Cuenta con bomba hidráulica capacidad 4.5 Galones/min a 1500 psi (17.034 litros por minuto a 103.425 Bar) • La central hidráulica cuenta: Tapón respirador, Filtro de succión, Filtro tapón, Visor de nivel, entre otros. • Cuenta con un extractor mecánico, el cual permite que la paca salga de la maquina sin necesidad de que el operario aplique fuerza o trabajo extra. • El panel de operación únicamente cuenta con 3 pulsadores, uno para subir, uno para bajar y otro para detener el equipo en caso de emergencia. La máquina cambia de estado (manual/Automático) según el requerimiento, cuando se trabaja con las puertas abiertas la maquina estará en estado manual, y cuando las puertas están cerradas la maquina realizara el ciclo de operación de manera automática. • Cuenta con 3 luces indicadoras para transmitir los estados de la máquina: Sistema energizado, Señal de fallo y Sistema funcionando. • Cuenta con un controlador lógico programable (PLC), desde el cual se comanda el funcionamiento de la máquina. • La base de la estructura de compactación, se encuentra elevada 50 mm lo que permite sea levantada de manera sencilla por un montacargas. • El acabado final de la máquina de primera calidad. • La estructura interna cuenta con guías para introducir suncho de amarre de los materiales compactados. • El pistón principal está construido en su parte externa con tubo rectificad sin costura de pared gruesa y en su parte interna está fabricado con barra de acero cromada, los sellos y empaques utilizados son de alta calidad. • La fuerza entregada por el pistón a la presión máxima es de 13000 kg. • La presión nominal de trabajo es de 1500 libras por pulgada cuadrada • Las dimensiones externas de la maquina son: 1330 mm de ancho, 890 mm de profundidad y 2900 mm de alto. • Las dimensiones de la paca obtenida pueden ser: 1200 mm de ancho, 800 mm de profundidad y 1150 mm de alto. • El peso de la paca obtenida depende de la densidad del producto a compactar, para reciclar papel, cartón, PET, latas de aluminio o envases metálicos de alimentos, envases UHT, algunos metales. • Instalación eléctrica debe de estar a 0 metros. <p>-Tamaño de Bala: Anchura: 1200mm Profundidad: 800mm Altura: 1150mm</p> <p>-PESO DE BALA(PACA): Cartón: hasta 400kg Plástico: hasta 450 kg. -Motor Trifasico. -Compactadora de Cartón, papel, PET, latas de aluminio, entre otros. -Peso admisible por paca de 400 a 600 kg. -Tamaño de camara de compactación (paca) Ancho 1200mm Profundidad 800mm y 1150mm</p> | | | |

| # | Artículo & Descripción | Cant. | Precio Unit. | Total Linea |
|---|--|-------|--------------|--------------------|
| 4 | Banda transportadora de 10 metros de largo Incluye: -Chasis de banda transportadora. -Sistema de arranque y paro sin variación de velocidad (3f/240v/60hz). -Motoreductor de 3 Hp. -Tensoras. -Sistema de aclaje a piso. -Ejes de 5". -Rodillos de retorno en la parte inferior. -Acabado pintado. -Guías laterales de 5cm de alto. -Fabricada en HN. -Ancho de 80cm. -Faja tipo CxF. | 1.00 | 13,100.00 | 13,100.00 |
| | | | Subtotal | 52,150.00 |
| | | | IVA (13%) | 6,779.50 |
| | | | Total | \$58,929.50 |

Notas

Incluye envío dentro de la GAM

Términos y condiciones

- Validez de la Oferta: 08 días.
- Tiempo de entrega: Según acuerdo
- Forma de Pago: 60% de adelanto y 40% contra entrega.
- Garantía: 6 meses contra defectos de fabricación, en condiciones óptimas de instalación, uso, y siguiendo las recomendaciones de mantenimiento.

Sr. Dennis Marín

TRAMITACIÓN FORMULARIO D-1 PARA SETENA

PROYECTO: Construcción de Centro de Recuperación de Residuos Valorizables para la Municipalidad de Acosta

La presente oferta contempla los servicios profesionales para llevar a cabo el procedimiento de evaluación de impacto ambiental ante la SETENA para la Construcción de un Centro de Recuperación de Residuos Valorizables para la Municipalidad de Acosta, ubicado en Acosta, Costa Rica.

El procedimiento contempla la presentación del Formulario D-1 y del seguimiento que proceda posterior a la valoración por parte de la SETENA, de acuerdo con los Reglamentos y Manuales de Instrumentos Técnicos para el Procedimiento de Evaluación de Impacto Ambiental.

La oferta contempla todas visitas de campo, insumos de investigación, preparación de protocolos y tramitación ante la SETENA del D-1.

Los alcances de los servicios profesionales mencionados anteriormente son:

- Realización de los protocolos y estudios correspondientes según el Manual de Instrumentos Técnicos para el Procedimiento de Evaluación de Impacto Ambiental:
 - Parte II Decreto Ejecutivo N°32712-MINAE
- Recopilar y analizar la información necesaria técnica y legal para el llenado del D-1.
- Completar y elaborar satisfactoriamente el formulario D-1 de conformidad con lo estipulado en las "Guías de Llenado del Documento de Evaluación D1, Manual de EIA Parte II.
- Presentación del D-1.
- Tramitación y seguimiento ante la SETENA del expediente administrativo de evaluación ambiental.

Los objetivos de los servicios que se ofertan serán:

- Firma del contrato correspondiente a la tramitación del formulario.
- Confección y presentación del formulario D-1 ante la SETENA.
- Completar satisfactoriamente el Procedimiento de EIA ante la SETENA.

Metodología de Trabajo

Se realizarán visitas de campo para recaudar la información necesaria para la elaboración de los protocolos y estudios asociados al D-1 de acuerdo con el Reglamento de General de Procedimientos de Evaluación Ambiental N° 31849-MINAE-S-MOPT-MAG-MEIC y sus correspondientes Manuales de Instrumentos Técnicos:

1. Parte II Decreto Ejecutivo N°32712-MINAE
 - a. Anexo I, Guía para el llenado de Documento Ambiental D-1
 - b. Lo cual incluye:

- i. Geotecnia y aval de Estudio de Suelos
 - ii. Hidrología
 - iii. Amenaza Antrópica
 - iv. Geología Regional
 - v. Hidrogeología
 - vi. Amenazas Naturales
 - vii. Inspección Arqueológica
 - viii. Tránsito de Contaminantes tipo GOD
- c. Llenado y seguimiento del D1 en SETENA.

Requerimientos para Trabajo de Campo y Estudios Específicos para Proyecto.

| | | |
|--|-------------------------|---|
| Personal requerido y trabajo de Campo | Profesionales | 5 |
| | Especialización | Arqueólogo, Biólogo, Geólogo, Ingeniero Civil e Ingeniero Ambiental. |
| | Labores de campo | Inspección de campo. Certificaciones biológicas, valoraciones geológicas de campo, análisis e interpretación de geotecnia y estudios de suelos, valoraciones arqueológicas. Asistencia técnica y administración y seguimiento del expediente ante SETENA. |
| | Observaciones | Se necesitan los resultados de los estudios de suelos para completar los protocolos de Ingeniería Civil. |

Cronograma:

El siguiente cronograma se presenta con fechas supuestas para la ejemplificación respectiva, se ordena el trabajo de la siguiente manera:

- a) EIA presentación de Formulario D-1:
 - i. **Labores de campo:** 3 días de campo.
 - ii. **Preparación de Formulario y Protocolos correspondientes:** 15 días hábiles.
 - iii. **Revisión de la información:** 5 días hábiles.
 - iv. **Presentación de Formulario D-1:** 1 día.
- b) **Trámite de Expediente en SETENA:** 2-3 MESES.

Entregables:

- Formulario D-1 digital.
- Mapas y Documentos Geo-referenciados.
- Expediente digital incluyendo correspondencias, de previos y resoluciones emitidas por la SETENA.

Insumos:

Documentos que debe aportar el Desarrollador

1. Información Legal del Desarrollador
 - a. Cédula del Desarrollador (copia certificada)
 - b. Personería Jurídica
 - c. Poder especial (en caso de que inmueble o apoderado sea otra persona)

2. Información del Inmueble
 - a. Informe Registral Certificado
 - b. Plano Catastral o Certificado
3. Información Técnica
 - a. Estudio Suelos
 - b. Cálculos Ingeniera sobre Movimientos de Tierra
 - c. Uso de Suelo Conforme Municipalidad
4. Información Servicios Básicos Disponible
 - a. Nota disponibilidad de Agua, AyA (ASADA)
 - b. Visto bueno de desfogue pluvial
 - c. Uso de suelo
5. Otros documentos
 - a. Memoria descriptiva del proyecto
 - b. Tabla de áreas
 - c. Declaración Jurada del Monto de Inversión
 - d. Declaración Jurada de Compromisos Ambientales

Presupuesto:

El siguiente presupuesto contempla los rubros de campo más el trabajo de oficina, gestiones administrativas de las labores, asistencia y seguimiento de los trámites ante la SETENA hasta la obtención de la Viabilidad Ambiental, tarifa de trámite ante la SETENA, más los días de desplazamiento. Se incluye, además:

- a) Protocolos técnicos
 - a. Ingeniería
 - b. Geología
 - c. Biología
 - d. Arqueología

| RUBRO | DESCRIPCIÓN | MONTO | IVA |
|---|---|---------------|--------------|
| Elaboración Formulario D1 y Protocolos Técnicos | Equipo Multidisciplinario | \$ 1500 | \$195 |
| Seguimiento hasta Obtener Permiso | Tramitación y seguimiento del expediente ante la SETENA | \$ 1500 | \$195 |
| Viáticos | Transporte y alimentación | \$ 100 | \$13 |
| Pago SETENA | Tarifa de tramitación de expediente de SETENA | \$ 200 | \$26 |
| MONTO | | \$3300 | \$429 |
| MONTO TOTAL | | \$3729 | |

***El presupuesto no incluye:**

- Estudio de suelos, Topografía.
- Criterio ante otras instituciones.
- No incluye servicios notariales.
- Y otros estudios técnicos.

Forma de pago será:

- 50%: al inicio de los trabajos de campo.
- 30%: Presentación ante SETENA del D1.
- 20%: Obtención de Viabilidad Ambiental.