



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

**UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA,
INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN**

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**“ESTUDIO DE LA FACTIBILIDAD DE LA INCINERACIÓN
COMO ALTERNATIVA PARA EL TRATAMIENTO DE
DESECHOS SÓLIDOS NO PELIGROSOS URBANOS”**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO CIVIL**

AUTOR: DOLORES GABRIELA LLIVICHUZCA GUAPISACA

DIRECTOR: M.SC. DORIS ALEXANDRA ALVEAR CALLE

CUENCA - ECUADOR

2021

*Yo me gradué en
los 50 años de La Cato!
... y sostuve la Universidad*



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

**UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA,
INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN**

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**“ESTUDIO DE LA FACTIBILIDAD DE LA INCINERACIÓN COMO
ALTERNATIVA PARA EL TRATAMIENTO DE DESECHOS SÓLIDOS
NO PELIGROSOS URBANOS”**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO CIVIL**

AUTOR: DOLORES GABRIELA LLIVICHUZCA GUAPISACA

DIRECTOR: M.SC. DORIS ALEXANDRA ALVEAR CALLE

CUENCA - ECUADOR

2021

*Yo me gradué en
los 50 años de La Cato!
... y sostuve la Universidad*



DECLARACIÓN

Yo, Dolores Gabriela Llivichuzca Guapisaca, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A handwritten signature in blue ink, consisting of stylized, overlapping letters that appear to be 'DGG'.

Dolores Gabriela Llivichuzca Guapisaca



CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por el estudiante Dolores Gabriela Llivichuzca Guapisaca, bajo mi supervisión.

Ing. Doris Alexandra Alvear Calle, M.Sc.

DIRECTOR



DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mis padres, a mis hermanos, a mi esposo y de manera especial a mis hijos quienes son el motor fundamental en mi vida.



AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por darme la salud y la vida, a mi familia por todo el apoyo que me han brindado en el transcurso de este tiempo, para cumplir mis metas, a todos los profesores de la Carrera de Ingeniería Civil, quienes me han brindado sus conocimientos y experiencias, a la Ing. Alexandra Alvear, quién ha sido mi apoyo y ayuda para desarrollar con éxito este proyecto.

De manera especial agradezco a la Empresa Pública Municipal Mancomunada de Aseo Integral del Pueblo Cañari EMMAIPC-EP, quienes me han proporcionado la información necesaria para desarrollar mi estudio de caso.



RESUMEN

La presente investigación se considera como una alternativa adicional para la eliminación final de desechos sólidos no peligrosos urbanos, mediante un alcance de investigación tipo analítico, sintético y exploratorio, para establecer los beneficios que se pueden obtener al implementar un sistema de incineración.

Por tal motivo se contempla como estudio de caso, bajo un método no probabilístico, el Relleno Sanitario Yurak Kasha ubicado en la Provincia del Cañar, centro de gestión que maneja el barrido, recolección, transporte, tratamiento y disposición final de desechos de los cantones Cañar, Biblián, El Tambo y Suscal.

El mencionado proyecto incluye el aprovechamiento de la energía contenida en los desechos sólidos no peligrosos en tres escenarios diferentes. Considerando como recursos potenciales, estimaciones que fueron realizadas a partir del análisis de ciertos parámetros: poder calorífico, humedad, rendimiento de un incinerador y costos aproximados por tonelada incinerada.

Obteniendo los siguientes resultados: primer escenario (2254.70 kcal/kg), segundo escenario (1664.75 kcal/kg) y en el tercer escenario (1499.95 kcal/kg). Con respecto a la humedad los desechos que no pueden ser materia prima es la materia orgánica y tierra, debido a que sobrepasan el límite establecido de humedad (55%).

En el caso del rendimiento del incinerador se tiene : (2.22 MW) para el primer escenario, (1.65 MW) para el segundo escenario y (1.47 MW) para el tercer escenario y en lo que respecta al costo, cada tonelada incinerada varía de \$20 a \$60. En base a estos resultados obtenidos se determinó que el sistema no es factible en costo y beneficio.

Palabras clave: incineración, energía, tratamiento, disposición final, desechos



ABSTRACT

This research is considered as an additional alternative for the final disposal of non-hazardous urban solid waste through an analytical, synthetic, and exploratory research scope, to establish the benefits that can be obtained by implementing an incineration system.

To this end, the Yurak Kasha Sanitary Landfill located in the Cañar Province serves as a management center that handles the sweeping, collection, transportation, treatment, and final disposal of waste from the cantons of Cañar, Biblián, El Tambo, and Suscal.

This project includes the use of the energy contained in non-hazardous solid waste in three different scenarios. Considering potential resources, estimates were made based on the analysis of certain parameters: calorific value, humidity, the performance of an incinerator, and approximate costs per ton incinerated.

The following results were obtained: the first scenario (2254.70 kcal/kg); the second scenario (1664.75 kcal/kg); and the third scenario (1499.95 kcal/kg). Concerning moisture, the wastes that cannot be raw material are organic matter and soil, because they exceed the established moisture limit (55%).

Regarding the performance of the incinerator, the following results are obtained: (2.22 MW) for the first scenario, (1.65 MW) for the second scenario, and (1.47 MW) for the third scenario and regarding the cost, each ton incinerated varies from \$20 to \$60. On account of these results, it was determined that the system is not feasible in terms of cost and benefit.

Keywords: incineration, energy, treatment, final disposal, waste



ÍNDICE DE CONTENIDO

| | |
|--|----------|
| DECLARACIÓN..... | II |
| CERTIFICACIÓN..... | III |
| DEDICATORIA..... | IV |
| AGRADECIMIENTO..... | V |
| RESUMEN | VI |
| ABSTRACT | VII |
| ÍNDICE DE CONTENIDO | VIII |
| INDICE DE ILUSTRACIONES: | XI |
| ÍNDICE DE TABLAS: | XII |
| CAPITULO I..... | 1 |
| 1. GENERALIDADES | 1 |
| 1.1. Introducción..... | 1 |
| 1.2. Antecedentes..... | 2 |
| 1.3. Justificación..... | 5 |
| 1.4. Objetivos..... | 6 |
| 1.4.1. Objetivo general..... | 6 |
| 1.4.2. Objetivos específicos..... | 6 |
| 1.5. Alcance de la investigación..... | 7 |
| CAPITULO II..... | 9 |
| 2. MARCO TEÓRICO..... | 9 |



| | |
|---|----|
| 2.1. Consideraciones fundamentales de la Gestión Integral de Desechos..... | 9 |
| 2.1.1. Desechos y Residuos Sólidos: Definiciones. | 9 |
| 2.1.2. Jerarquía de la Gestión de Desechos y Residuos Sólidos..... | 10 |
| 2.2. Efectos de la disposición final de los desechos sólidos no peligrosos..... | 10 |
| 2.3. Métodos de aprovechamiento y tratamiento de desechos sólidos. | 11 |
| 2.2.1. Digestión anaerobia..... | 12 |
| 2.2.2. Sistema aerobio. | 12 |
| 2.4. Métodos de disposición final de desechos sólidos | 14 |
| 2.5. Marco Conceptual referente a la incineración de desechos | 14 |
| 2.5.1. Valorización térmica de desechos..... | 14 |
| 2.5.2. Contenido de energía | 15 |
| 2.5.3. Poder Calorífico | 16 |
| 2.5.4. Propiedades físicas de los desechos sólidos urbanos | 24 |
| 2.5.5. Propiedades químicas de los desechos sólidos urbanos | 27 |
| 2.6. Marco legal nacional..... | 28 |
| CAPITULO III | 32 |
| 3. INCINERACIÓN DE DESECHOS SOLIDOS NO PELIGROSOS | 32 |
| 3.1. Proceso de incineración | 32 |
| 3.2. Ventajas del proceso de incineración | 36 |
| 3.3. Desventajas del proceso de incineración..... | 37 |



| | |
|---|-----|
| 3.4. Recuperación de energía. | 38 |
| 3.5. Aprovechamiento energético..... | 41 |
| 3.6. Gestión de subproductos de la incineración. | 45 |
| 3.6.1. Manejo y disposición de cenizas | 46 |
| 3.6.2. Manejo y disposición de escorias | 46 |
| 3.6.3. Manejo y disposición de efluentes..... | 47 |
| 3.6.4. Gases..... | 47 |
| CAPITULO IV | 48 |
| 4. ESTUDIO DE CASO..... | 48 |
| 4.1. Situación actual de la prestación de servicios en el Ecuador. | 48 |
| 4.2. Ubicación y datos del estudio de caso..... | 50 |
| 4.3. Diagnostico o línea base..... | 52 |
| 4.4. Análisis Técnico – Ambiental..... | 97 |
| 4.5. Análisis de Factibilidad | 136 |
| CAPITULO V | 143 |
| 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 143 |
| 5.1. Conclusiones | 143 |
| 5.2. Recomendaciones..... | 145 |
| BIBLIOGRAFÍA | 146 |



INDICE DE ILUSTRACIONES:

| | |
|---|-----|
| Ilustración 1. Contenido Típico de Calor de Plásticos en Desechos Sólidos Urbanos | 22 |
| Ilustración 2. Proceso de Incineración..... | 35 |
| Ilustración 3. Incineradora de Barcelona-Sant Adriá de Besós..... | 41 |
| Ilustración 4. Porcentajes de disposición final de desechos a nivel Internacional | 42 |
| Ilustración 5: El principio de la Economía Circular..... | 45 |
| Ilustración 6. Datos de la disposición final desechos sólidos en el Ecuador año 2017.... | 49 |
| Ilustración 7. Datos de la disposición final desechos sólidos en el Ecuador año 2018. | 49 |
| Ilustración 8. Mapa de Ubicación de la Mancomunidad Cañarí..... | 52 |
| Ilustración 9. Proceso actual del manejo de desechos del relleno Yurak Kasha..... | 53 |
| Ilustración 10. Ubicación del Relleno Sanitario Yurak Kasha..... | 54 |
| Ilustración 11. Infraestructura del Relleno Sanitario Yurak Kasha..... | 55 |
| Ilustración 12. Equipos del Relleno Sanitario Yurak Kasha..... | 56 |
| Ilustración 13. Planta de Tratamiento de Desechos Orgánicos..... | 57 |
| Ilustración 14. Piscina de Lixiviados del Relleno Yurak Kasha | 58 |
| Ilustración 15. Sistema de Reciclaje en el Relleno Sanitario Yurak Kasha..... | 59 |
| Ilustración 16. Reciclaje de Desechos Inorgánicos | 59 |
| Ilustración 17. Análisis Técnico- Escenarios | 97 |
| Ilustración 18. Composición Desechos Sólidos del Relleno Sanitario Yurak Kasha... | 105 |
| Ilustración 19. Contenido de Humedad de los desechos sólidos..... | 139 |

**ÍNDICE DE TABLAS:**

| | |
|--|-----|
| Tabla 1 Equivalencias de unidades de calor | 16 |
| Tabla 2 Poder calorífico de los desechos sólidos..... | 18 |
| Tabla 3 Densidad y poder calorífico de los componentes de los RSU..... | 20 |
| Tabla 4 Poder calorífico de los principales desechos..... | 21 |
| Tabla 5 Poder Calorífico Inferior de Plásticos no Reciclables | 22 |
| Tabla 6 Tiempo de degradación de desechos | 23 |
| Tabla 7 Datos Típicos de Densidades para Desechos Sólidos Urbanos..... | 24 |
| Tabla 8 Humedad de los desechos sólidos..... | 25 |
| Tabla 9. Contenido de humedad..... | 26 |
| Tabla 10 Componentes combustibles de los Desechos Sólidos Urbanos..... | 27 |
| Tabla 11 Poder Calorífico de los Desechos Sólidos..... | 39 |
| Tabla 12 Rendimiento de una Incineradora de Desechos Sólidos Urbanos | 40 |
| Tabla 13 Proyección poblacional de la Mancomunidad Cañarí | 98 |
| Tabla 14 Generación Pércapita Domiciliara Año 2019..... | 98 |
| Tabla 15 Composición Porcentual Desechos-Cañar | 99 |
| Tabla 16 Composición Porcentual Desechos-Biblián | 100 |
| Tabla 17 Composición Porcentual Desechos-El Tambo | 102 |
| Tabla 18 Composición Porcentual Desechos-Suscal | 103 |
| Tabla 19 Composición de los Desechos del Relleno Sanitario Yurak Kasha | 106 |
| Tabla 20 Producción Mensual (t) y Porcentual de los Desechos Ingresados al Relleno Yurak Kasha- 2019..... | 107 |
| Tabla 21. Porcentaje de material reciclado inorgánico recuperado en el año 2019..... | 108 |



| | |
|---|-----|
| Tabla 22 Costo del Material Reciclado del Relleno Yurak Kasha en el Año 2019..... | 109 |
| Tabla 23 Producción Mensual (t) de Desechos Dispuestos en la Celda Final del Relleno Yurak Kasha 2019 | 111 |
| Tabla 24 Producción Mensual (t) y Porcentual de los Desechos Ingresados al Centro de Gestión Yurak Kasha- 2020 | 112 |
| Tabla 25 Porcentaje de material reciclado recuperado en el año 2020 | 113 |
| Tabla 26 Producción Mensual (t) de Desechos Dispuestos en la Celda Final del Relleno Yurak Kasha 2020 | 114 |
| Tabla 27 Cálculo del poder calorífico presente en la composición porcentual de los desechos sólidos no peligrosos urbanos del Rellenos Yurak Kasha | 116 |
| Tabla 28 Resultado del Contenido de Energía de los Desechos Sólidos No peligrosos- Escenario 1 | 120 |
| Tabla 29 Resultado del Contenido de Energía de los Desechos Sólidos No Peligrosos- Escenario 2..... | 122 |
| Tabla 30 Contenido de energía del Material Reciclado | 127 |
| Tabla 31 Resultado del Contenido de Energía de los Desechos Sólidos No Peligrosos- Escenario 3..... | 128 |
| Tabla 32. Contenido de Humedad Desechos del Relleno Sanitario Yurak Kasha..... | 129 |
| Tabla 33. Resultados obtenidos del rendimiento de una planta de incineración | 134 |
| Tabla 34. Costo de Incineración de Desechos Sólidos Urbanos..... | 135 |
| Tabla 35. Determinación del Costo Aproximado de Incinerar los Desechos..... | 135 |
| Tabla 36 Rango del Poder Calorifico Inferior de Desechos Sólidos Urbanos..... | 136 |
| Tabla 37. Estimaciones de rendimiento de un incinerador | 140 |



CAPITULO I

1. GENERALIDADES

1.1. Introducción.

En el Ecuador únicamente el 20% de los desechos sólidos son dispuestos en rellenos sanitarios, y el 80% restante es dispuesto en botaderos a cielo abierto. En vinculación con la gestión integral de desechos, es importante destacar que, el incremento paulatino de residuos y desechos gestionados se correlaciona directamente con la población existente servida. Este escenario condiciona la necesidad de incorporar estrategias sostenibles para la disposición final de los desechos sólidos, las mismas que se han ido adoptando progresivamente en el país con la finalidad de reducir daños ocasionados hacia el ambiente (MAAE, 2020).

Los métodos de disposición final de desechos sólidos tecnológicamente sostenibles, basados en la implementación de estrategias de eficiencia energética, pueden traer beneficios en el cuidado y protección del ambiente, (Tangri Neil & Wilson Monica, 2017); razón principal para buscar alternativas adicionales diferentes a las convencionalmente empleadas en el país.

Las alternativas convencionales más empleadas dentro de la gestión integral de residuos y desechos sólidos refieren a plantas de aprovechamiento de residuos, y la respectiva disposición final de los desechos mediante rellenos sanitarios. Sin embargo, a la vanguardia de la tecnología el proceso de incineración de desechos sólidos, ha incrementado, hasta el 2018, su actuación en un 11 % a nivel mundial (kaza Silpa et al., 2018).

Esto, debido a su efectividad para eliminar los desechos reduciendo su masa y su volumen, reconfigurando de manera óptima la gestión integral de desechos (Ramírez, 2019). Es decir, se



disminuye la afección de componentes ambientales físicos, bióticos y sociales, convirtiéndose en una solución rentable y ambientalmente responsable.

Los factores que limitan la aplicación de plantas de incineración, como mecanismos de la eliminación de desechos dentro de los sistemas integrales de gestión de residuos y desechos sólidos no peligrosos urbanos, son los recursos financieros significativos, la ausencia de clasificación de residuos y desechos en la fuente o en plantas de aprovechamiento, y los ingresos comerciales del sistema de gestión. Este último especialmente debido a que la tasa de retorno referida a la inversión del sistema de incineración no permite cubrir los costos de implementación, según Ibrahim et al (2016), hasta los cinco primeros años.

La presente investigación tiene como finalidad investigar la factibilidad de la incineración como alternativa para el tratamiento de los desechos sólidos no peligrosos urbanos en el Ecuador, que permita cambiar la estructura convencional actual de los sistemas integrados de gestión. La investigación enfatiza una propuesta con fines de producción energética permitiendo alcanzar beneficios para los actores directamente involucrados. El análisis investigativo será aplicado a un caso de estudio en la provincia del Cañar.

1.2. Antecedentes.

En países industrializados como Estados Unidos, Japón, Rusia, correspondientes únicamente a la cuarta parte de la población mundial, se emplea el 80% de los recursos naturales del planeta dentro del sistema de producción. Por lo tanto, se estima una producción de desechos per cápita de 2 kg / hab.día. (Barrera Ramírez et al., 2017).

Según el estudio, Manual de Gestión Integrada de residuos sólidos municipales en ciudades de América Latina y el Caribe, en su análisis determina que el valor de generación per cápita



promedio de desechos sólidos domiciliarios alcanza a 0,790 kg/hab.día, en base a un análisis a nivel regional de la zona de estudio. (Monteiro, J. H. P. & Mansur Leite Gilson, 2006).

Este promedio per cápita, se debe al gran incremento de desechos sólidos generados diariamente, desechos domiciliarios en un total de 295 mil toneladas, desechos comunes (oficina, escuelas, mercados, etc.) en un total 436 mil toneladas, cabe recalcar que el 45% de desechos no es reciclado o tratado adecuadamente siendo dispuesto directamente en el relleno con control precario o directamente en botaderos a cielo abierto. La disposición final de los desechos sólidos en América Latina en los rellenos sanitarios adecuados es del 23%, lo que evidencia un serio problema ambiental y de salud por la proliferación de botaderos a cierto abierto. (Monteiro et al., 2006).

Tal es el caso de Colombia, en el cual los residuos se han ido incrementando de manera progresiva; estando conformado por: parte orgánica en un 65%, e inorgánica (plástico, vidrio, papel, cartón, metales) en un 24 %, el caucho, textiles, escombros, patógenos y peligrosos el 11% restante. De esta composición se infiere que nacionalmente el porcentaje reciclable es del 25%, quedando un 75% de desechos dispuesto en relleno sanitarios o botaderos a cielo abierto (Barrera Ramírez et al., 2017).

Muchos países industrializados, se han enfocado en buscar nuevas estrategias para el tratamiento de desechos sólidos con la finalidad de garantizar una eliminación óptima como rentable para el medio ambiente, tal es el caso de la Unión Europea (UE) que presenta un porcentaje de desechos tratados, mediante el proceso de incineración en un 62%, teniendo más de 400 instalaciones, con una capacidad anual de incineración de desechos sólidos urbanos en los distintos Estados Miembros, considerando que el valor per cápita de desechos residuos varía entre 0 kg y más de 500 kg per cápita. (Camacho, A., Abellán, J., García, C., & López, D., 2011).



En Suiza, las empresas encargadas del tratamiento de los desechos, han usado para generar energía a través de 28 plantas de incineración controlada, generando suficiente energía eléctrica para abastecer a 250.000 hogares. Esto supone un ahorro energético de 215.000 toneladas de diesel de calefacción por año (Barrera Ramírez et al., 2017).

Dentro del contexto nacional, en el Ecuador, de los 221 Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales (GADM), únicamente 77 de ellos disponen los desechos sólidos en rellenos sanitarios y los 144 restantes los disponen en botaderos a cielo abierto causando daño al ambiente y a la salud de la población vinculante, desencadenando el deterioro en la calidad de vida (PNGIDS, 2020).

De acuerdo al Reglamento al Código Orgánico del Ambiente (RCOA, 2019) se establecen, en su art. 586, las fases de la gestión integral de residuos y desechos sólidos no peligrosos como el conjunto de actividades técnicas y operativas que incluyen: Separación en la fuente; Almacenamiento temporal; Barrido y limpieza; Recolección; Transporte; Acopio y/o transferencia; Aprovechamiento; Tratamiento; y, Disposición final.

Así también, enfatiza que las fases de gestión integral de residuos y desechos sólidos no peligrosos deberán implementarse con base en el modelo de gestión adoptado por los gobiernos autónomos descentralizados municipales y metropolitanos, el cual debe ser aprobado por la Autoridad Ambiental Nacional competente, dando seguimiento continuo y oportuno al cumplimiento a la normativa en vigencia.

En consecuencia, la gestión integral de los desechos sólidos no peligrosos urbanos, en el país, es responsabilidad de los GADM en concordancia con las leyes, reglamentos y ordenanzas



que se dicten para el efecto; y con observancia de las normas de bioseguridad y control determinadas por la Autoridad Ambiental Nacional (Ley Organica de Salud, 2015).

1.3. Justificación.

El problema existente a nivel mundial debido al incremento poblacional ha conllevado consigo grandes problemas para el medio ambiente, tal es el caso de generación intensificada de desechos sólidos no peligrosos producidos dentro del área rural como urbana; convirtiéndose en un gran reto a gestionar por parte de las entidades locales como nacionales, debido a que en ciertos casos no se disponen de un relleno sanitario que garantice una correcta gestión integral de desechos no peligrosos, por lo que se opta disponerlos directamente en botaderos a cielo abierto o en el peor de los casos su quema bajo ningún criterio de control ambiental o técnico.

Por otro lado, existen ciudades que cuentan con un relleno sanitario que a pesar de estar técnicamente diseñados y ambientalmente aprobados pueden llegar a generar daños ambientales. Esto debido a la escasez de una gestión integral óptima dentro de los mismos, sumado a que la falta de inclusión de plantas de aprovechamiento de desechos, disminuye directamente la vida útil de los rellenos sanitarios gestionados.

Una posible solución a esta situación, como medida de aprovechamiento de residuos y eliminación de desechos, es la aplicación de procesos de incineración controlada de residuos y desechos sólidos no peligrosos dentro de los sistemas integrales de gestión. Acorde a Ibrahim et al (2016) mediante la incineración controlada se podría reducir los desechos en un 70% y el volumen hasta en un 90; además que permitirá mitigar impactos ambientales vinculados con la producción de lixiviados, emisiones de gas metano, olores, y producción de químicos nocivos.



1.4.Objetivos.

1.4.1. Objetivo general.

Investigar la factibilidad de implementación de procesos de incineración, dentro de un sistema de gestión integral, como alternativa no convencional para el tratamiento de desechos sólidos urbanos no peligrosos en el Ecuador.

1.4.2. Objetivos específicos.

- Investigar la gestión convencional actual del manejo de los desechos sólidos urbanos no peligrosos en la Mancomunidad del Pueblo Cañari (Cañar, El Tambo, Biblián y Suscal), en la provincia del Cañar.
- Identificar los problemas que generan los desechos sólidos urbanos no peligrosos referidos a la fase de disposición final, de la Mancomunidad del Pueblo Cañari (Cañar, El Tambo, Biblián y Suscal), en la provincia del Cañar.
- Investigar la aplicabilidad de implementación de procesos de incineración frente la estructura convencional de los sistemas de gestión de residuos y desechos en la Mancomunidad del Pueblo Cañari (Cañar, El Tambo, Biblián y Suscal), en la provincia del Cañar.
- Verificar la factibilidad de implementación de procesos de incineración aplicado al estudio de caso de la Mancomunidad del Pueblo Cañari (Cañar, El Tambo, Biblián y Suscal), de la Provincia del Cañar.



1.5. Alcance de la investigación.

Según el Reglamento del Código Orgánico (RCO, 2019), los gobiernos autónomos descentralizados municipales y metropolitanos, son los encargados de gestionar de una manera correcta e íntegra los desechos generados en sus localidades, considerando la implementación de rellenos sanitarios u otras alternativas de tratamiento que cuente con los permisos necesarios para su funcionamiento, así también tiene la responsabilidad de dar un seguimiento continuo y oportuno a su gestión integrada de desechos dentro de su vida útil, dando cumplimiento a la normativa vigente.

Varios gobiernos autónomos descentralizados municipales han planteado estrategias viables, por ejemplo en la ciudad de Cuenca se cuenta con el programa de la EMAC-EP sobre el “Sistema Integral de Reciclaje” desde el año 2006; enfatizado en la concientización a la población sobre la correcta clasificación de los desechos sólidos no peligrosos generados tanto a nivel domiciliario como industrial; siendo alternativas que de una u otra manera pueden ayudar a una correcta gestión integral dentro del relleno sanitario evitando su disminución de vida útil (Herrera, 2014).

Otra alternativa, es la formación de combustibles a partir de desechos sólidos, la producción de energía térmica por incineración de desechos sólidos no peligrosos, convirtiéndose en una de las estrategias óptimas, para evitar la disminución de la vida útil de un relleno sanitario (Ryangil Choi, 2017).

Consecuentemente, el presente proyecto pretende analizar la factibilidad de implementar el proceso de incineración dentro de un caso de estudio en el Ecuador; mediante un alcance de investigación exploratorio. Según Vásquez (2005), una investigación exploratoria es cuando el



nivel de conocimiento científico sobre el problema de investigación se logra a través de estudios de tipo exploratorio, es decir estudios que buscan una visión general acerca de una determinada realidad, considerando que en la actualidad no existe estudios preliminares sobre la incineración de desechos sólidos no peligrosos en nuestro país.

La metodología de investigación busca generar una recopilación de tipo teórico por la ausencia de un modelo específico referido a este problema de investigación, convirtiéndole en una alternativa como base para la realización de nuevas investigaciones con temas similares a ser aplicables en un futuro.

A su vez, el proyecto contempla un estudio de caso seleccionado bajo un método no probabilístico, debido a que es de tipo investigativo más no práctico, basado en la recopilación y análisis de la información existente referente al tema de estudio.



CAPITULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1.Consideraciones fundamentales de la Gestión Integral de Desechos y Residuos.

2.1.1. Desechos y Residuos Sólidos: Definiciones.

Desechos.- Cualquier objeto, material, sustancia o elemento sólido o semisólido, resultante del consumo o uso de un bien tanto en actividades domésticas como en industriales, comerciales, institucionales o de servicios que, por sus características y mediante fundamento técnico, no puede ser aprovechado, reutilizado o reincorporado en un proceso productivo, no tienen valor comercial y requiere tratamiento y/o disposición final adecuada. (NTE INEN 2841, 2014).

Desechos no peligrosos: Conjunto de materiales sólidos de origen orgánico e inorgánico (putrescible o no) que no tienen utilidad práctica para la actividad que lo produce, siendo procedente de las actividades domésticas, comerciales, industriales y de todo tipo que se produzcan en una comunidad, con la sola excepción de las excretas humanas. En función de la actividad en que son producidos, se clasifican en agropecuarios (agrícolas y ganaderos), forestales, mineros, industriales y urbanos (Acuerdo No.061, 2015)

Desechos peligrosos.- Son aquellos resultantes de un proceso de producción, transformación, reciclaje, utilización o consumo y que tengan algún compuesto con características reactivas, inflamables, corrosivas, infecciosas o tóxicas, que presenten un riesgo para la salud humana, los recursos naturales y el ambiente (Ley Organica de Salud, 2015).

Residuo.- Cualquier objeto, material, sustancia o elemento sólido o semisólido, resultante del consumo o uso de un bien tanto en actividades domésticas, industriales, comerciales, institucionales o de servicios, que no tiene valor para quien lo genera, pero que es susceptible de



aprovechamiento y transformación en un nuevo bien con un valor económico agregado (NTE INEN 2841, 2014).

Residuo no peligroso.- Cualquier objeto, material, sustancia o elemento sólido, que no presenta características de peligrosidad con base en características corrosivas, reactivas, tóxicas, inflamables, biológico - infecciosas explosivas y/o radioactivas o explosivas (código C.R.E.T.I.B.), resultantes del consumo o uso de un bien tanto en actividades domésticas, industriales, comerciales, institucionales o de servicios, que no tiene valor para quien lo genera, pero que es susceptible de aprovechamiento y transformación en un nuevo bien con un valor económico agregado (NTE INEN 2841, 2014).

2.1.2. Jerarquía de la Gestión de Desechos y Residuos Sólidos.

El Principio de jerarquización. La gestión de residuos y desechos deberá cumplir con la siguiente jerarquización en orden de prioridad según el (COA, 2017).

1. Prevención
2. Minimización de la generación en la fuente
3. Aprovechamiento o valorización
4. Eliminación
5. Disposición Final

La disposición final se limitará a aquellos desechos que no se puedan aprovechar, tratar, valorizar o eliminar en condiciones ambientalmente adecuadas y tecnológicamente factibles

2.2.Efectos de la disposición final de los desechos sólidos no peligrosos sobre el ambiente

Uno de los puntos más débiles de los sistemas de manejo de desechos sólidos de las ciudades latinoamericanas es la disposición final de desechos, debido a que una inadecuada



disposición final empleando sistemas convencionales pueden terminar convirtiéndolos en botaderos a cielo abierto, sin ningún control vigente que haga respetar las leyes y normas establecidas, Producción de metano provocando así la proliferación de enfermedades y vectores sanitarios, perjudiciales para la salud de la población aledaña.

Por lo que a menudo este problema se debe a que muchas veces los municipios no cuentan con los recursos económicos necesarios para llevar un tratamiento adecuado de disposición final de desechos sólidos, este problema hace que los municipios sigan operando rellenos sanitarios sin ningún control y desistan de implementar nuevas unidades para la disposición final de los desechos recolectados en las ciudades.

Según Monteiro y Leite (2006); los problemas usualmente observados en lugares de disposición incorrecta de los desechos son:

- La proximidad de cuerpos de agua
- Contaminación hídrica
- Falta de recubrimiento o cobertura parcial de desechos
- Práctica de prender fuego falta de barreras físicas y de cinturón verde
- Riesgos a la salud pública, proximidad a núcleos habitacionales
- Proximidad a las áreas protegidas
- Problemas sociales
- Malos olores

2.3.Métodos de aprovechamiento y tratamiento de desechos sólidos.

Los métodos de aprovechamientos y valorización de los desechos orgánicos es una fase importante dentro de la gestión de desechos, reciclar nutrientes a través de abonos orgánicos y



aprovechar la energía a partir de biogás. A continuación, se presentan las siguientes metodologías para el tratamiento de desechos sólidos:

2.2.1. Digestión anaerobia

Este sistema consiste en la degradación biológica anaerobia o sin oxígeno de la materia orgánica, en este proceso se produce un gas combustible denominado biogás, constituido por metano y dióxido de carbono, con vestigios de gas sulfhídrico, N₂, O₂, H₂, entre otros (MAAE, 2020).

2.2.2. Sistema aerobio.

Este sistema consiste en la estabilización biológica aeróbica de la materia orgánica. Su optimización depende del control del proceso, sea por el suministro de oxígeno o por el mantenimiento de la temperatura y humedad ideal para el procesamiento del material (MAAE, 2020).

Existen diversos procesos de sistemas aerobios para aprovechamiento de la materia orgánica de los cuales se tiene;

2.2.2.1. Compostaje.

Monteiro et al. (2006) define al compostaje como el proceso natural de degradación biológica de materia orgánica, de origen animal y vegetal, por la acción de microorganismos, pudiendo ser manejado en grandes o pequeñas ciudades, cuando se deben procesar grandes cantidades de desechos, permitiendo reducir la generación de lixiviados a cambio de producir biogás en los rellenos, además de prolongar la vida útil de estos.



2.2.2.2.Lombri-cultura

La lombricultura es la crianza y manejo de lombrices de tierra en condiciones de cautiverio; consiste en utilizar todo desecho orgánico generado en el hogar y sus alrededores, en el cual la lombriz transforma mediante su aparato digestivo en una extraordinaria fuente fertilizadora de uso agrícola (INCAP, 2020).

2.2.2.3.Bokashi

Es un abono orgánico producto de la fermentación aeróbica de desechos de carácter vegetal y animal al que se le pueden agregar elementos de origen mineral para enriquecerlo y microorganismos para activar el proceso de fermentación (MAAE, 2020).

2.2.2.4.Takakura

Este proceso utiliza los microorganismos que viven en los alimentos fermentados y en ambientes naturales, sirven para eliminar los microorganismos indeseables los cuales se adaptan al suelo. Se puede realizar compost de una manera sencilla y fácil, conociendo cómo descubrir los microorganismos y cultivarlos (MAAE, 2020).

2.2.2.5.Reciclaje

El reciclaje es un proceso que consiste en la reutilización de materiales utilizados en nuestra vida diaria como el papel, cartón, vidrio, aluminio, plástico, etc., debido a que una vez terminado su ciclo de vida útil, se pueden utilizar para transformar nuevos materiales (Julio, 2012).

A su vez el reciclaje protege y expande los empleos del sector manufacturero y aumenta la competitividad en el mercado global, puede reducir la necesidad de los rellenos y la incineración, disminuye las emisiones de gases de invernadero que contribuyen al cambio climático global,



ayuda a conservar los recursos naturales como la madera, el agua , los minerales y el medioambiente para generaciones futuras (US EPA, 2014).

2.4. Métodos de disposición final de desechos sólidos

Entre las principales alternativas de disposición final de desechos sólidos se tiene;

2.4.1. Relleno Sanitario: Es una técnica utilizada a nivel mundial de disposición de desechos sólidos que básicamente consiste en la disposición de capas de los desechos compactados sobre un suelo previamente impermeabilizado, con la finalidad de evitar la contaminación del acuífero y a su vez están recubiertas por capas de suelo (Ulloa, 2006).

2.4.2. Incineración: Es un proceso termoquímico de oxidación de la materia orgánica por medio de oxígeno el cual está en exceso. La combustión total genera residuos de fallas de la combustión produciendo elementos nocivos las dioxinas y furanos. También se generan óxidos de azufre y nitrógeno (Acuerdo No.061, 2015).

2.4.3. Pirólisis: Degradación térmica de los residuos en ausencia de oxígeno o con una cantidad limitada del mismo, a temperatura inferior a la de la incineración, que produce líquidos y gases de alto contenido energético, y menos contaminación atmosférica (Monteiro et al., 2006).

2.5. Marco Conceptual referente a la incineración de desechos

2.5.1. Valorización térmica de desechos

Cualquier proceso destinado a la transformación de los desechos mediante la aplicación de energía calorífica (incineración, pirólisis, gasificación, secado, etc.). No son tratamientos finalistas pues generan desechos que han de gestionarse adecuadamente a sus características (TULSMA, 2019).



2.5.2. Contenido de energía

El contenido de energía es la cantidad de energía que puede proporcionar un elemento o desecho por su composición física. Su unidad es un BTU es la unidad térmica británica más utilizada principalmente en equipos de aire acondicionado. Sin embargo Sánchez (2012), considera que para determinar el contenido de energía recuperada del procesos de incineración la fórmula más utilizada es la de Morales (1981), presentada a continuación.

$$\mathbf{Erec} = \frac{M * PCI * nT}{860} \text{ KW} \quad \text{[Ecuación 1]}$$

En donde:

M = flujo de masa de residuos kg/hora

PCI = Poder Calorífico Inferior en Kcal/kg

nT= Eficiencia o rendimiento total de la planta

860 es el factor de conversión Kcal/kW-hora

El flujo de masa

$$\mathbf{M} = \frac{PPC * Ma}{24} \quad \text{[Ecuación 2]}$$

En donde:

P.P.C = producción per cápita de desechos

Ma=número de habitantes



2.5.3. Poder Calorífico

El poder calorífico es una característica intrínseca, que representa la cantidad de calor desprendida en la combustión completa por unidad de masa. Sus expresiones más comunes son: kcal/kg y BTU/lb, este parámetro es importante para el diseño y operación de sistemas de tratamientos térmicos como la incineración, entre otros (Cabrera, 2016). A continuación en la Tabla 1. se presenta las equivalencias de unidades de calor.

Tabla 1

Equivalencias de unidades de calor

| Capacidad calorífica | kJ/kg | kcal/kg | BTU/lb |
|-----------------------------|--------------|----------------|---------------|
| 1 kJ/kg | 1 | 0.238 | 0.429 |
| 1 kcal/kg | 4.186 | 1 | 1.799 |
| 1 BTU/lb | 2.326 | 0.555 | 1 |

Fuente:(Tchobanoglous et al., 1982)

2.5.3.1.Poder Calórico superior (PCS)

El poder calorífico superior (PCS) de una sustancia es la cantidad de calor desprendido al quemar un kilogramo de ella. Se toma en cuenta el calor desprendido por la condensación del vapor contenido en el producto de combustión (Fernández, 2013). Es utilizado para determinar el poder calorífico de desechos secos(Flores et al., 2007).

2.5.3.2.Poder Calórico inferior (PCI)

El poder calorífico inferior (PCI) de un material es la cantidad de calor desprendida al quemar un kilogramo de material. En este se descuenta la energía calórica absorbida por la



vaporización del agua contenida en el material. La principal diferencia entre el PCS y PCI es el calor latente de vaporización del agua resultante de la combustión (Fernández, 2013). Es utilizado para determinar el poder calórico de desechos con contenido de humedad (Flores et al., 2007).

En la determinación del poder calorífico de los desechos se pueden utilizar dos métodos para su determinación: métodos analítico y experimental. En el caso del método analítico se determina el poder calórico en base de fórmulas, consiste en sumar los poderes calóricos de los elementos principales que forman la muestra de basura, ponderados por su fracción en peso, descontando de la cantidad de hidrógeno total la que se encuentra ya combinada con el oxígeno (Cabrera, 2016). Se expresa mediante la siguiente fórmula (Castells, 2012).

$$\text{PCI} = (8.14 * C) + 2900 \left(H - \frac{O}{8} \right) + (2.2.22 * S) + (660 * (H_2O)) \quad [\text{Ecuación 3}]$$

Por su parte Dulong también expresa el PCI de un combustible seco, sólido o líquido que contenga carbono, hidrógeno y azufre en su composición (Castells, 2012). En el cual se expresa mediante la siguiente expresión:

$$\text{PCI} = (8.060 * C) + 33.910 \left(H - \frac{O}{8} \right) + (2.2.22 * S) + (556 * N) \quad [\text{Ecuación 4}]$$

En donde: C: Contenido de humedad, O: Contenido de Oxígeno, H: Contenido de hidrogeno, S: Contenido de azufre, N: Contenido de nitrógeno.

En cambio para cuantificar el poder calórico inferior mediante el método experimental se debe utilizar la siguiente ecuación planteada por el Dr. Kunitoshi Sakurai en el 2010.

$$\text{PCI} = \text{PCS} - \frac{W}{100} * 600 \quad [\text{Ecuación 5}]$$



En donde: PCS: Poder calórico superior (cal/g), PCI: Poder calórico inferior (cal/g), W: % Humedad.

Por otro lado, Tchobanoglous et al (1982), manifiesta: "Incineración. Aunque la incineración fue considerada como un método de disposición final a principios de siglo, ahora es considerada como un proceso de reducción de volumen o un proceso de conversión de energía". Por lo tanto, un análisis inmediato de los componentes combustibles de desechos sólidos se encuentra en la Tabla 2, en donde se reportan datos típicos sobre el residuo inerte y los valores calóricos.

Tabla 2

Poder calorífico de los desechos sólidos

| Componente | Residuo inerte | | Energía (BTU/lb) | |
|-----------------------|----------------|--------|------------------|--------|
| | Rango | Típico | Rango | Típico |
| Desechos de alimentos | 2-8 | 5 | 1500-3000 | 2000 |
| Papel | 4-8 | 6 | 5000-8000 | 7200 |
| Cartón | 3-6 | 5 | 6000-7500 | 7000 |
| Textiles | 2-4 | 2.5 | 6500-8000 | 7500 |
| Caucho | 8-20 | 10 | 9000-12000 | 10000 |
| Cuero | 8-20 | 10 | 6500-8500 | 7500 |
| Desechos de jardín | 2-6 | 4.5 | 1000-8000 | 2800 |



| Componente | Residuo inerte | | Energía (BTU/lb) | |
|---------------------------------|----------------|--------|------------------|--------|
| | Rango | Típico | Rango | Típico |
| Madera | 0,6-2 | 1.5 | 7500-8500 | 8000 |
| Vidrio | 96-99+ | 98 | 50-100 | 60 |
| Envases de hojalata | 96-99+ | 98 | 100-500 | 300 |
| Metales no ferrosos | 90-99+ | 96 | ----- | ----- |
| Metales ferrosos | 94-99+ | 98 | 100-500 | 300 |
| Tierra, ceniza, ladrillo, etc. | 60-80 | 70 | 1000-5000 | 3000 |
| Desechos sólidos municipales | ----- | ----- | 4000-5500 | 4500 |

Fuente:(Tchobanoglous et al., 1982)

Para el análisis del aporte energético de los desechos sólidos urbanos, con base en el poder calorífico, se tienen en cuenta el papel y cartón, la materia orgánica y material plástico, etc.

A continuación se presenta la Tabla 3, en donde se muestra la densidad y el poder calorífico inferior (PCI) de cada tipo de desechos, estos datos fueron algunos de los que se utilizaron, para determinar la energía que aportan los desechos sólidos en la población de Facatativá (Cundinamarca), para generación de energía térmica (Pérez et al., 2010).

**Tabla 3***Densidad y poder calorífico de los componentes de los RSU*

| Componente | Densidad (kg / m³) | PCI (kcal /kg) | PCI (BTU/lb) |
|-----------------------|--|---------------------------|-------------------------|
| Polietileno | 803 | 16152 | 29074 |
| Grasas de animales | 963 | 9456 | 17021 |
| Plásticos | 1170-1700 | 4800 | 8640 |
| PVR | 1170-1700 | 4800 | 8640 |
| Serrín | 193 | 4728 | 8510 |
| Trapos | 241 | 4700 | 8460 |
| Periódicos | 112 | 4440 | 7992 |
| Cuero | 321 | 4032 | 7258 |
| Madera | 900 | 3800 | 6840 |
| Papel | 700-1200 | 3300 | 5940 |
| Revistas | 562 | 2928 | 5270 |

Fuente:(Viñas, 1987)

En el caso de la Tabla 4, se considera que para determinar el poder calorífico de los desechos de manera exploratoria no experimental, se puede determinar la composición porcentual de la caracterización de desechos y el porcentaje obtenido multiplicar por los poderes caloríficos establecidos, valores que han sido obtenidos mediante métodos analíticos y experimentales, siendo valores confiables, para determinar la cantidad de energía que aportan los desechos en el caso de implementar un sistema de incineración de desechos.

**Tabla 4***Poder calorífico de los principales desechos*

| | Tipo de desecho | PCI (kcal /kg) | PCI (BTU/lb) |
|--|------------------------|---------------------------|-------------------------|
| | Fracción no degradable | 7423 | 13361 |
| Neumáticos | Fracción degradable | 10080 | 18144 |
| Textil, calzado y artículos de piel | Fracción no degradable | 9122 | 16420 |
| | Fracción degradable | 4422 | 7960 |
| Plásticos | Fracción no degradable | 7834 | 14101 |
| Residuos orgánicos fermentables | Fracción degradable | 1317 | 2371 |
| Papel y Cartón | Fracción degradable | 4550 | 8190 |
| Envases compuestos | Fracción no degradable | 7834 | 14101 |
| Madera | Fracción degradable | 3689 | 6640 |
| Muebles | Fracción degradable | 4000 | 7200 |
| Celulosas sanitarias | Fracción degradable | 3322 | 5980 |

Fuente: Eurostat, AIE y Resolución de la Secretaría de Estado de Energía de 27 de diciembre de 2013

Sin embargo, los desechos sólidos urbanos contienen diferentes materiales, algunos con un valor energético muy alto y otros no tanto. Tal es el caso de los plásticos como familia tienen un contenido de calor excesivamente alto, especialmente en comparación con el resto desechos sólidos urbanos (Bhatti, 2010).

Un estudio realizado en el 2007 de la Administración de Información Energética de Estados Unidos (EIA), analizó el contenido de calor por unidad de peso de diferentes corrientes

de desechos sólidos urbanos, presentado a continuación los siguientes datos de la energía que contienen los desechos plásticos según su clasificación.

Tabla 5

Poder Calorífico Inferior de Plásticos no Reciclables en Desechos Sólidos Urbanos

| Plástico | (MJ/kg) | PCI (BTU/ lb) |
|---|---------|------------------|
| Tereftalato de polietileno | 24 | 10318 |
| Alta densidad polietileno (HDPE) | 22 | 9458 |
| Cloruro de polivinilo (PVC) | 19 | 8169 |
| Polietileno de baja densidad (LDPE/LLDPE) | 28 | 12038 |
| Polipropileno | 44 | 18917 |
| Poliestireno | 41 | 17627 |

Fuente: (EIA, 2007)

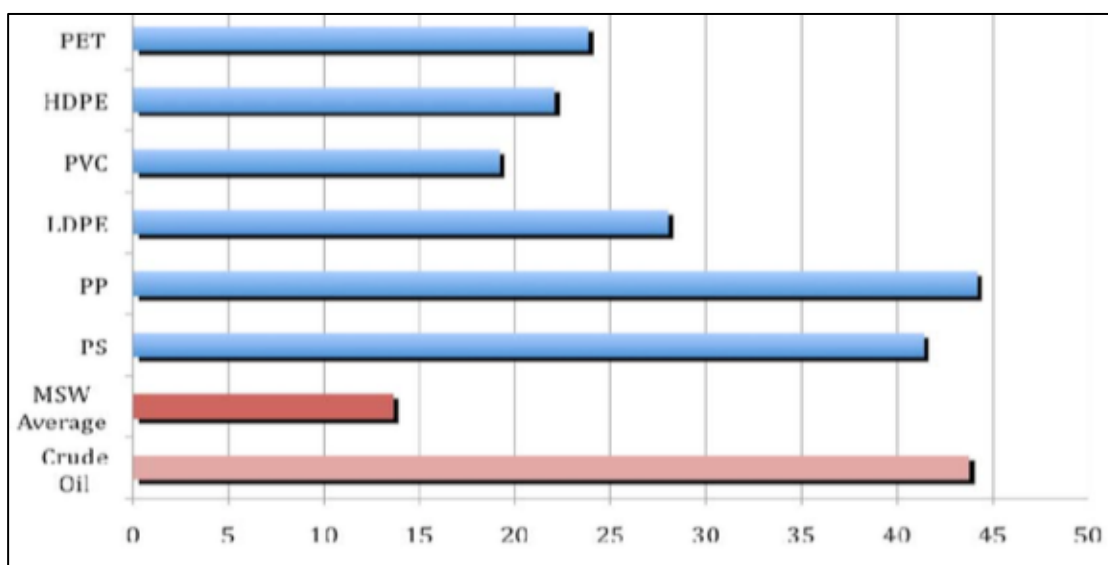


Ilustración 1. Contenido Típico de Calor de Plásticos en Desechos Sólidos Urbanos

Fuente: (EIA, 2007)



Los datos presentados en la Ilustración 1, se basa en datos proporcionados por la Administración de Información Energética del Departamento de Energía de Estados Unidos (DOE-EIA) e incluye el contenido de calor de varios componentes de los plásticos no reciclados, en el cual se cuantifica el calor químico contenido en los desechos plásticos mixtos que actualmente se están vertiendo en cualquier relleno sanitario (Themelis et al., 2011).

Cabe señalar que las estimaciones de DOE-EIA se basan en valores caloríficos de plásticos no reciclados reales, es decir, aquellos que contienen una cierta cantidad de otros materiales y algo de humedad que reducen el poder calorífico de la resina. Estos datos han sido utilizados en varios estudios de caso, tal es el caso de Current state and potencial for increasing plastics recycling in the U.S (Estado actual y potencial para aumentar el reciclaje de plásticos en EE. UU), que utiliza los datos de la Tabla 5, para estimar la energía de los desechos en varios estados de Estados Unidos (Themelis et al., 2011).

Todas estas investigaciones realizadas tienen la finalidad de aprovechar los desechos debido al tiempo de degradación que estos tienen, ya que muchas veces estos no tienen una disposición final adecuada.

Tabla 6

Tiempo de degradación de desechos

| Desechos | Tiempo de Biodegradación |
|--------------------|---------------------------------|
| Plásticos | De 100 años a 1000 años |
| Botellas de Vidrio | De 4000 años |
| Bolsas de plástico | De 150 años |
| Vasos descartables | De 1000 años |



| Desechos | Tiempo de Biodegradación |
|--------------------|---------------------------------|
| Cáscaras de frutas | De 5 días a 6 meses |
| Madera | De 2 a 3 años |
| Papel | De 3 semanas a 2 meses |
| Cartón | De 5 años |
| Cuero | De 24 años |

Fuente:(Olmedo, 2014)

2.5.4. Propiedades físicas de los desechos sólidos urbanos

2.5.4.1.Densidad

La densidad es el peso de un material por unidad de volumen (kg/m³). Depende del grado de compactación, la localización geográfica, el clima, los componentes y el tiempo de almacenamiento (Colomer & Gallardo, 2010).

Tabla 7

Datos Típicos de Densidades para Desechos Sólidos Urbanos

| Tipo de residuo | Densidad en kg/ m³ | |
|------------------------|--------------------------------------|---------------|
| | Rango | Típico |
| Residuo de comida | 131-481 | 291 |
| Papel | 42-131 | 89 |
| Cartón | 42-80 | 50 |
| Plásticos | 42-131 | 65 |
| Textiles | 42-101 | 65 |
| Gomas | 101-202 | 131 |



| Tipo de residuo | Densidad en kg/ m3 | |
|--------------------|--------------------|--------|
| | Rango | Típico |
| Cuero | 101-261 | 160 |
| Residuos de jardín | 59-225 | 101 |
| Madera | 131-320 | 237 |
| Vidrio | 160-481 | 196 |
| Latas de hojalata | 50-160 | 89 |
| Otros metales | 131-1.151 | 320 |
| Cenizas | 650-831 | 745 |

Fuente: (Colomer & Gallardo, 2010)

2.5.4.2.Humedad

Dentro de las propiedades físicas de los desechos sólidos urbanos se destaca la humedad, presente en los RSU, oscila alrededor del 40% en peso, con un margen que puede situarse entre el 25 y el 60%. (Sánchez, 2012). En las siguientes tablas 8 y 9, se presenta el contenido de humedad establecidos por algunos autores.

Tabla 8

Humedad de los desechos sólidos

| Componentes | Humedad (%) | |
|----------------|-------------|-----------|
| | Sin Mezclar | Mezclados |
| Orgánicos | 68 | 65 |
| Papel y cartón | 12 | 24 |
| Plásticos | 1 | 2 |
| Madera | 20 | 24 |



| Componentes | Humedad (%) | |
|-------------|-------------|-----------|
| | Sin Mezclar | Mezclados |
| Textiles | 12 | 19 |
| Vidrio | 2 | 3 |
| Metales | 2 | 2 |

Fuente: (Sánchez, 2012)

Como se puede observar la máxima aportación de humedad proporcionan las fracciones orgánicas, y la mínima, los productos sintéticos.

Tabla 9

Contenido de humedad

| Componentes | Contenido de Humedad % | |
|--------------------|------------------------|--------|
| | Rango | Tipico |
| Residuos de comida | 50-80 | 70 |
| Papel | 4-10 | 6 |
| Cartón | 4-8 | 5 |
| Plásticos | 1-4 | 2 |
| Textiles | 6-15 | 10 |
| Caucho | 1-4 | 2 |
| Cuero | 8-12 | 10 |
| Desechos de jardín | 30-80 | 60 |
| Madera | 15-40 | 20 |
| Vidrio | 1-4 | 2 |
| Hojalatas | 2-4 | 3 |



| Componentes | Contenido de Humedad % | |
|-----------------------|------------------------|--------|
| | Rango | Tipico |
| Aluminio | 2-4 | 2 |
| Otros metales | 2-4 | 3 |
| Suciedad, Polvo, etc. | 6-12 | 8 |
| Cenizas | 6-12 | 6 |

Fuente:(Tchobanoglous et al., 1982)

2.5.5. Propiedades químicas de los desechos sólidos urbanos

Las propiedades químicas de los desechos sólidos urbanos, son necesarias para determinar los métodos a los que van a ser sometidos los desechos, para su procesamiento o recuperación. Las propiedades químicas son el poder energético y la composición química.

2.5.5.1. Composición Química

La composición química establece una relación entre el carbono y nitrógeno que poseen los desechos sólidos.

Tabla 10

Componentes combustibles de los Desechos Sólidos Urbanos

| | Carbono | Hidrógeno | Oxígeno | Nitrógeno | Azufre |
|------------------------|---------|-----------|---------|-----------|--------|
| Residuos de comida | 48.0 | 6.4 | 37.6 | 2.6 | 0.4 |
| Residuos de jardinería | 47.8 | 6.0 | 38.0 | 3.4 | 0.3 |
| Madera | 49.5 | 6.0 | 42.7 | 0.2 | 0.1 |
| Papel y cartón | 43.8 | 5.9 | 44.2 | 0.3 | 0.2 |



| | Carbono | Hidrógeno | Oxígeno | Nitrógeno | Azufre |
|-----------|----------------|------------------|----------------|------------------|---------------|
| Plásticos | 60.0 | 7.2 | 22.8 | ----- | ----- |
| Textiles | 55.0 | 6.6 | 31.2 | 4.6 | 0.1 |
| Vidrio | 0.5 | 0.1 | 0.4 | ----- | ----- |
| Metales | 4.5 | 0.6 | 4.3 | ----- | ----- |

Fuente: (Colomer & Gallardo, 2010)

Como se puede observar en la Tabla 10, los componentes combustibles de los desechos sólidos urbanos son el carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno y azufre. Una gran parte de los desechos contienen un alto contenido de carbono, lo que posibilita recuperar energía en base a su combustión.

2.6. Marco legal nacional.

La gestión de desechos toma un rol importante dentro de la sociedad, por lo que se trata de dar una adecuada gestión y disposición final de desechos, sin embargo hasta el momento en el país aún se encuentran botaderos a cielo abierto que causan daño al medio ambiente y a la salud de la población por la proliferación de enfermedades que se dan en estos lugares.

Por estos problemas, se han tratado de establecer normas, leyes o reglamentos que rigan el control y cumplimiento establecido en los mismos; con la finalidad de cuidar la salud y bienestar de las personas; así como el cuidado y preservación del entorno natural.

A continuación, se presenta un marco legal vigente de acuerdo con la pirámide de Kelsen, el mismo que está dirigido a la gestión de desechos sólidos urbanos no peligrosos del Ecuador.



Marco Legal

Constitución de la República del Ecuador, Registro Oficial Nro. 449 de 20 de octubre 2008

Es la Norma Suprema, donde se establecen las normas fundamentales que amparan los derechos, libertades y obligaciones de todos los ciudadanos, así como las del Estado y las Instituciones. Se enmarcan para este estudio los Artículos 14,15,264 y 415.

Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización, Registro Oficial Suplemento Nro. 303 de 19 de octubre del 2010

Este Código establece la organización político-administrativa del Estado ecuatoriano en el territorio: el régimen de los diferentes niveles de gobiernos autónomos descentralizados y los regímenes especiales. Se enmarcan para este estudio los Artículos 55, 136, 137,418 y 431.

Ley Orgánica de Salud, Registro Oficial Suplemento Nro. 423 de 22 de diciembre del 2006

Esta ley orgánica tiene como finalidad regular las acciones que permitan efectivizar el derecho universal a la salud consagrado en la Constitución Política de la República y la ley. Se enmarcan para este estudio los Artículos 97, 98,99,100,103 y 107.

Código Orgánico del Ambiente, Registro Oficial Suplemento Nro. 983 de 12 de abril del 2017

Este Código tiene por objeto garantizar el derecho de las personas a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, así como proteger los derechos de la naturaleza para la realización del buen vivir. Se enmarcan para este estudio los Artículos 5,9, 27, 224, 225,231 y 245.

Reglamento del Código Orgánico del Ambiente (RCOA), Registro Oficial Suplemento Nro. 507 de 12 de junio del 2019

Este Código constituye en la actualidad la norma más importante del país en materia ambiental, debido a que regula aquellos temas necesarios para una gestión ambiental adecuada. Se



| Marco Legal | |
|---|--|
| | enmarcan para este estudio los Artículos 49, 435, 500, 501, 561, 578, 580, 582, 586, 595 y 596. |
| Texto Unificado de Legislación Secundaria del Medio Ambiente, Publicado el registro oficial el 31 de marzo del 2003 y reformado 29 de marzo del 2017 | El presente Texto establece políticas ambientales del Ecuador, reconociendo que el principio fundamental que debe trascender es el compromiso de la sociedad de promover el desarrollo hacia la sustentabilidad. Se enmarcan para este estudio los Artículos 6 y 73. |
| Acuerdo Ministerial N.031, Registro Oficial N.705 del 17 de mayo del 2012. | Reforma del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente del Libro VI, Anexo 6, que establece el proceso de Cierre técnico y saneamiento de botaderos de los desechos sólidos y viabilidad técnica. Se enmarcan para este estudio los Artículos 3, 4 y 5. |
| Acuerdo Ministerial N. 061, Registro Oficial N. 316 el lunes 4 de mayo de 2015 | Este Acuerdo establece la obligatoriedad del cumplimiento de la normativa ambiental aplicable por parte del regulado para prevenir, mitigar o corregir los efectos indeseables que el proyecto, obra o actividad autorizada pueda causar en el ambiente. Se enmarcan para este estudio los Artículos 49, 58, 73 y 125. |
| Acuerdo Ministerial 142, Registro Oficial Suplemento N. 856, 21 de Diciembre del 2012. | Este Acuerdo trata sobre el Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación por Sustancias Químicas Peligrosas, Desechos Peligrosos y Especiales. Se enmarcan para este estudio los Anexos A, B y C. |



Marco Legal

Manejo de los desechos sólidos en la Mancomunidad Cañarí EMMAIPC-EP

Ordenanzas Municipales

Ordenanza que establece los criterios para la determinación y recaudación de la tasa de recolección de desechos sólidos y aseo público.

Esta Ordenanza rige dentro del sistema de gestión integral del manejo de los desechos en la EMMAIPC-EP, para la recaudación de la tasa de recolección.

Ordenanza para la gestión de residuos y desechos sólidos en los cantones de Cañar, Biblián, El Tambo y Suscal.

Esta Ordenanza rige para la gestión de residuos y desechos sólidos en los cantones de la Mancomunidad Cañarí. Se enmarcan para este estudio los Artículo 12, 39, 41, 42 y 44.

Ordenanza de constitución de la Empresa Pública Municipal Mancomunada de Aseo Integral de los cantones de Cañar, Biblián, El Tambo y Suscal. Jueves 23 de julio del 2015.

Del Titulo I: Constitución, Denominación y Objetivos. En el Artículo 1 se constituye la Empresa Pública Municipal Mancomunada de Aseo Integral de los Cantones de CAÑAR, BIBLIÁN, EL TAMBO Y SUSCAL, entidad competente y responsable directa de la Administración del Sistema de Gestión: Barrido, Recolección, Limpieza, Tratamiento, Transporte y Disposición Final de Desechos en los Municipios.

Sustitutiva al Estatuto Orgánico de Gestión Organizacional por Procesos de la Empresa Pública Municipal Mancomunada de Aseo Integral de los Cantones Cañar, Biblián, El Tambo y Suscal EMMAIPC-EP, febrero 2018.

Esta sustitutiva rige para la gestión organizacional por procesos de la EMMAIPC-EP. Se enmarcan para este estudio el Artículo 1.

Nota. En anexos se encuentran los artículos completos que se mencionan en el marco legal. Fuente:Elaboración propia a base de la información de la normativa legal vigente.



CAPITULO III

3. INCINERACIÓN DE DESECHOS SOLIDOS NO PELIGROSOS

La incineración de los desechos, si es realizada de forma controlada, es también un tratamiento eficaz para reducir su volumen y dejarlos absolutamente inertes en poco tiempo. A este sistema se deben incluir filtros e implementos tecnológicos sofisticados para disminuir o eliminar la contaminación del aire con gases producidos durante la quema de los residuos. Como la temperatura de quema de los residuos no es suficiente para fundir y volatilizar los metales, estos se mezclan con las cenizas. Es posible separarlos y recuperarlos para comercialización (Monteiro et al., 2006).

A su vez cabe recalcar que según Monteiro y Leite (2006); el incinerador debería estar adaptado en términos de diseño, tipos de desechos a tratar, cantidad y tiempo de funcionamiento que sea necesario para conseguir la mayor eficiencia en el tratamiento. Este equipo está compuesto por dos cámaras de combustión, en la primera cámara, se queman los desechos sólidos y líquidos, con exceso de oxígeno a una temperatura de 800 a 1000 grados C, que se transforman en gases, cenizas y escorias; mientras que en la segunda cámara, los gases de combustión inicial son quemados a temperaturas de 1200 a 1400 grados C.

3.1. Proceso de incineración

A continuación se presentan los siguientes pasos o procesos a seguir en el tratamiento de los desechos sólidos en una planta de incineración (Guillamon, 2016).



Fase 1. Combustión de los residuos

- 1. Zona de descarga y almacenamiento de los residuos:** Se refiere al área de almacenamiento temporal de los desechos una vez traídos por los camiones recolectores, dichos desechos son pesados en una báscula, preclasificados según su tipo, lugar de procedencia, etc.
- 2. Equipos automáticos de carga de residuos en la cámara de combustión:** los desechos son llevados a la cámara de combustión por equipos para someterse a la primera etapa de combustión.
- 3. Cámara primaria o de combustión:** Los desechos son sometidos a temperatura en un horno para ser destruidos.
- 4. Cámara secundaria o de postcombustión para asegurar una completa destrucción de los residuos:** Los restos de desechos resultados de la primera cámara serán sometidos a una segunda temperatura para ser destruidos en su totalidad, con la finalidad de obtener solo cenizas de los mismos.
- 5. Equipos de recogida y extracción y almacenamiento de cenizas y escorias:** Se refiere a los equipos que se encargan de recoger todo las cenizas producto de la incineración de los desechos, estas cenizas son almacenadas temporalmente previo a su disposición final en el relleno sanitario, y en el caso de las escorias ser sometidas a un posterior tratamiento.
- 6. Chimenea de emergencia:** son estructuras diseñadas para recibir los gases producto de la combustión de los desechos incinerados en las 2 cámaras de combustión.
- 7. Sistema de enfriamiento de los gases de salida de la cámara de combustión. procedentes de la depuración:** Se refiere a equipos que se encargan de reducir la temperatura ($T < 250\text{ }^{\circ}\text{C}$) de los gases procedentes de la depuración como producto de la combustión de desechos.



Fase 2. Filtro de los gases

8. **Reactor de inyección de lechada:** Es un proceso en el que se eliminan los gases ácidos: SO_2 , HCl, HF; es un proceso húmedo, se emplea cal con agua para eliminar los gases ácidos en diferentes proporciones.
9. **Ciclón para una primera separación:** Es un proceso en el que se eliminan partículas, mediante ciclones dentro de una caldera, empleando los diferentes filtros electrostáticos, filtro de mangas, filtro cerámico con un porcentaje de remoción de ($< 10 \text{ mg /Nm}^3$).
10. **Inyección de carbón activo:** Es un proceso en el que se inyecta neumáticamente desde un silo de almacenamiento o un sistema de saco a granel (para tasas de alimentación menores) en el conducto de gases de combustión.
11. **Filtros con catalizadores para la eliminación de dioxinas y furanos:** Es un proceso en el que se genera la eliminación de dioxinas y furanos mediante filtro de carbón activo en polvo con un porcentaje de remoción de ($0,1 \text{ ng/Nm}^3$).

Fase 3. Monitoreado de Gases

12. **Evacuación de los gases depurados a la atmósfera (ventilador y chimenea):** Es un proceso que consiste en verificar los límites permisibles de cada tipo de gas de escape según los valores permitidos en la normativa vigente previo a su evacuación de la planta.
13. **Sistema de monitorización para el control de emisiones:** Al igual que el proceso anterior se verifica los límites de cada gas obtenido del proceso de incineración, entre estos gases tenemos: dioxinas y furanos, monóxido de carbono (CO), Cenizas volantes, Carbono orgánico total (COT), Cloruro de hidrógeno (HCl), Fluoruro de hidrógeno (HF), Dióxido de azufre (SO_2), Monóxido de nitrógeno (NO), Dióxido de nitrógeno (NO_2) y Metales pesados.

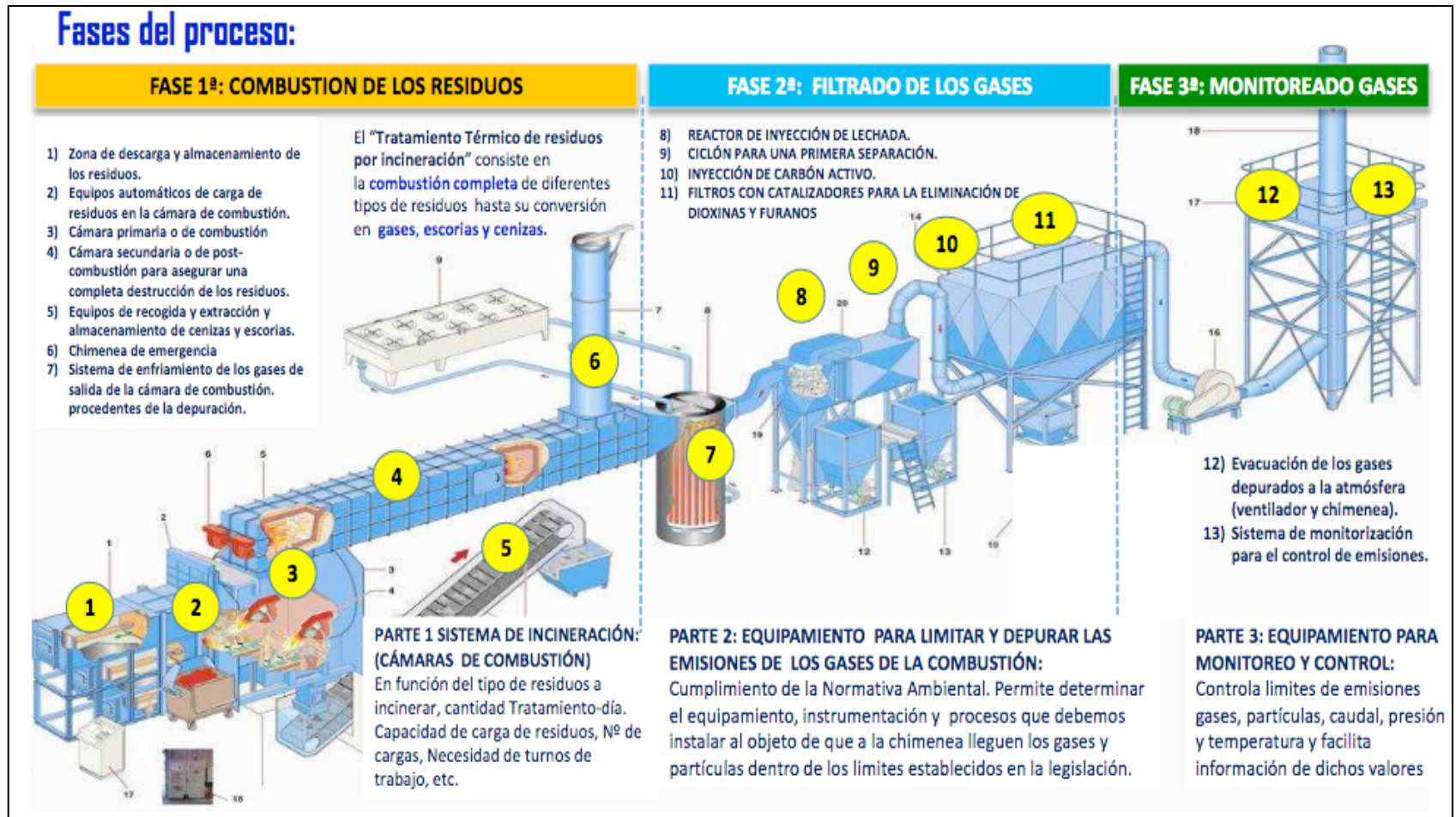


Ilustración 2. Proceso de Incineración

Fuente: (Guillamon,2016)



3.2. Ventajas del proceso de incineración

Según el libro “Eliminación de los residuos sólidos urbanos”, (López et al, 1980), se consideran diferentes ventajas positivas generadas con el proceso de incineración, detalladas a continuación:

- La reducción drástica del volumen y cantidad de desechos incinerados.
- Reducción del impacto ambiental debido a que la incineración minimiza la preocupación a largo plazo relacionada con el monitoreo de la capa freática, ya que el residuo tóxico es destruido, y no guardado.
- La incineración destruye bacterias, virus y compuestos orgánicos, como el tetracloruro de carbono, el aceite sucio, e inclusive, dioxinas mediante el proceso de desintoxicación.
- Recuperación de energía: parte de la energía consumida puede recuperarse para la generación de vapor o electricidad.

Según un estudio, (Muñoz, 2018), determina que las ventajas del proceso de incineración son rentables a largo plazo, él propone algunas adicionales a las detalladas con anterioridad:

- Es un método casi completamente higiénico debido a que todo ocurre dentro de un horno.
- Produce una reducción inmediata de volumen de 10 a 1, debido a que se convierte todo el desecho en cenizas o partículas más pequeñas por acción de calor mediante un proceso de combustión.
- El peso de las cenizas es un 30% del peso original.



- El área requerida para la disposición final de la ceniza dentro de la celda emergente en el relleno sanitario, es mucho menor que el que se requiere para los residuos sin incineración en un relleno sanitario.
- Se reducen problemas de salud, originados por la contaminación y los vectores producidos por la acumulación de residuos orgánicos.
- Los residuos son inertes y de fácil manejo.

3.3.Desventajas del proceso de incineración.

Según un estudio, (Muñoz, 2018), determina algunas desventajas que se producen con la implementación del proceso de incineración:

- Requiere de una inversión alta de capital debido a los costos elevados para el proceso de funcionamiento.
- Presenta costos de mantenimiento y funcionamiento continuos debido a que constantemente se debe verificar el funcionamiento de cada máquina o equipo.
- No es un método completo puesto que es necesario disponer las cenizas producidas, mismas que deben ser dispuesta en las celdas emergentes del relleno sanitario como proceso final de los desechos.
- Requiere combustible adicional si el poder calorífico de los residuos no es suficiente para la combustión, por lo que puede dificultar su funcionamiento correcto del proceso.
- Durante el proceso de combustión, al momento de quemar los residuos domésticos se emiten contaminantes tóxicos como dioxinas, furanos, metales pesados tales como plomo, cadmio y mercurio, gases de efecto invernadero, gases ácidos y partículas ultra



finas, que pueden ser emitidas directamente al ambiente en el caso de no ser controladas por la empresa encargada de este proceso.

- Para el proceso de incineración de residuos domésticos son mezclados, por lo que se producen pérdidas de materiales que pueden ser reciclados, esto se debe a la escasez de una correcta separación de residuos en etapa de clasificación, que se desarrolla como primera fase una vez depositados los residuos por el camión recolector.

3.4. Recuperación de energía.

La recuperación de energía mediante la incineración de desechos sólidos no peligrosos, debe tomar en consideración la cantidad de desechos orgánicos, debido a la pérdida de energía para evaporar el gran contenido de agua que estos contienen, por lo tanto en este caso es preferible contar con desechos que tengan un poder alto de valor calórico como un parámetro para establecer una tecnología de conversión a generación de energía (Thi Phuong et al., 2015).

Debido a que las experiencias a nivel mundial, exponen que, a mayor componente orgánico, menor capacidad para producir calor y por ende menos energía; siendo los sistemas de incineración más efectivos cuando se retira de los desechos los materiales más húmedos, como son los restos orgánicos. Acorde a Castells (2012) es la fracción de los desechos reciclables, especialmente plásticos, papel, cartón y madera, la que garantiza alcanzar altos niveles de unidades de energía.

Tal es el caso del plástico es casi petróleo puro cuando se quema y por lo tanto genera tanto calor como gas natural. Según Bujak (2009), el papel y el cartón proporciona un tercio de energía en la incineración, así se puede evitar que terminen en los rellenos sanitarios, donde su descomposición genera gases de efecto invernadero que contribuyen al cambio climático.

A continuación, en la Tabla 11, se puede observar que en el caso de los desechos de alimentos o desechos orgánicos estos tienen un poder calorífico en un rango de 1500 a 3000 (btu/lb) en comparación al plástico que tiene un poder calorífico entre 12000 a 16000 (btu/lb), esto debido a que en el caso de los desechos orgánicos estos poseen un mayor contenido de humedad reduciendo su capacidad calorífica.

Tabla 11

Poder Calorífico de los Desechos Sólidos

| Componente | Residuo inerte | | Energía (btu/lb) | |
|-----------------------|----------------|--------|------------------|--------|
| | Rango | Típico | Rango | Típico |
| Desechos de alimentos | 2-8 | 5 | 1500-3000 | 2000 |
| Papel | 4-8 | 6 | 5000-8000 | 7200 |
| Cartón | 3-6 | 5 | 6000-7500 | 7000 |
| Plásticos | 6-20 | 10 | 12000-16000 | 7000 |

Fuente:(Tchobanoglous et al., 1982)

Sin embargo, Ramírez (2017) sostiene que el poder calorífico de los desechos sólidos urbanos no peligrosos es gradualmente reducido en la medida en que se reduce las cantidades de papel, cartón y plásticos, proporcionando temperaturas de combustión y eficiencia del proceso de incineración reducidas.

Por lo que una generación de energía adecuada depende directamente de su calidad, para que una planta de incineración tenga un rendimiento adecuado. A continuación, se presenta la Tabla 12, en la que se expone los rendimientos de una incineradora de desechos sólidos urbanos tomados de (Castells,2012).

Tabla 12*Rendimiento de una Incineradora de Desechos Sólidos Urbanos*

| | Rendimiento |
|--|--------------------|
| 1 tonelada de residuos secos/h | 16 GJ/h=4.4 MW |
| 1 tonelada de residuos (30 % humedad) /h | 3.8 GJ/h=3.8 MW |
| 1 tonelada de residuos (50 % humedad) /h | 9 GJ/h= 2.5 MW |

Fuente:(Castells, 2012)

Como se puede observar en la Tabla 12, la tonelada de desechos secos sin contenido de humedad tiene un mejor rendimiento que la tonelada de residuos con humedad, por lo tanto mientras se incrementa la humedad consecuentemente va disminuyendo el rendimiento de la incineradora. Por lo que se debe tomar mucha consideración respecto al contenido de humedad de los desechos entrantes a la incineradora.

Según Kaza Silpa et al. (2018) el valor promedio de calor de los desechos sólidos urbanos generados en las plantas de incineración de los países desarrollados es de 8,4 a 17 MJ/kg de desechos, considerando que los beneficios energéticos recuperados del sistema de incineración pueden convertirse en un servicio ambiental del sistema de gestión integral de residuos y desechos, a ser aprovechado en forma de energía eléctrica conectado al sistema de distribución nacional o comunitario.

La Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA) afirma que por cada tonelada de desechos sólidos procesados en las instalaciones de energía se reduce las emisiones de gases de efecto invernadero aproximadamente una tonelada, ayudando a evitar la contaminación del ambiente (US EPA, 2017).

3.5. Aprovechamiento energético.

Los desechos sólidos urbanos son todos los productos que son comprados por los consumidores, mismos que son desechados después de su utilización al final de su vida. Sin embargo el aumento de consumo diario de la población, como consecuencia de mayor riqueza, implica el aumento de la cantidad de desechos generados, por lo que se debe tratar de buscar soluciones para su disposición final (Centeno, 2010).

Debido a estos incrementos de desechos generados y la falta de tratamiento adecuado para una correcta disposición final, se ha buscado un sistema de incineración que aproveche la energía contenida en los desechos, misma que busca aprovechar el poder calórico que estos presentan, para la producción de energía o electricidad, vapor o calefacción. A fin de maximizar el uso del calor para la instalación de evaporadores, super-calentadores, u otros dispositivos para tal efecto (Ryangil Choi, 2017).

Por ejemplo tenemos la incineradora de Barcelona-Sant Adrià de Besós que suministra energía térmica, vapor de agua para climatización (calor y frío) y agua caliente sanitaria para hoteles y residencias del barrio aledaño del Fórum (Arribas, 2019).

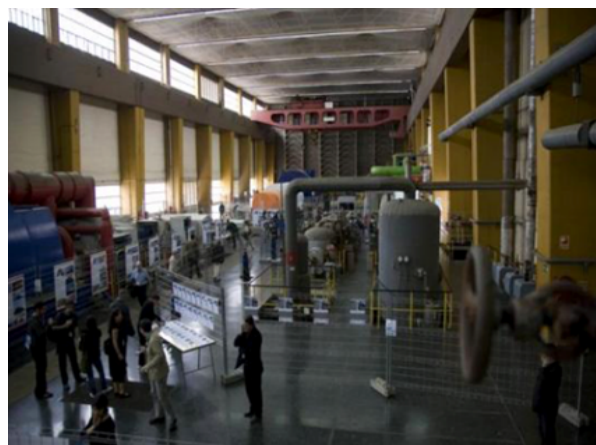


Ilustración 3. Incineradora de Barcelona-Sant Adrià de Besós

Fuente:(Arribas, 2019)

Otro caso que es necesario considerar es Suecia, donde del total de residuos que se generan, sólo un 4% llega a los rellenos sanitarios, mientras que el resto que no se recicla o reutiliza, es utilizado para generar energía mediante incineración. Con la incineración de estos residuos se puede producir energía en forma de calor para la producción de agua caliente. De esta manera se cubre la demanda de calefacción de cerca de 1.000.000 de viviendas, la quinta parte del total de hogares suecos, también se genera electricidad, cubriendo así la demanda de 250.000 hogares en Suecia (Serrano, 2014).

En vista a estos dos ejemplos, presentados anteriormente se puede decir que a nivel internacional el aprovechamiento energético producto de la incineración se ha incrementado en los países identificados como los líderes mundiales en términos de recuperación y aprovechamiento.

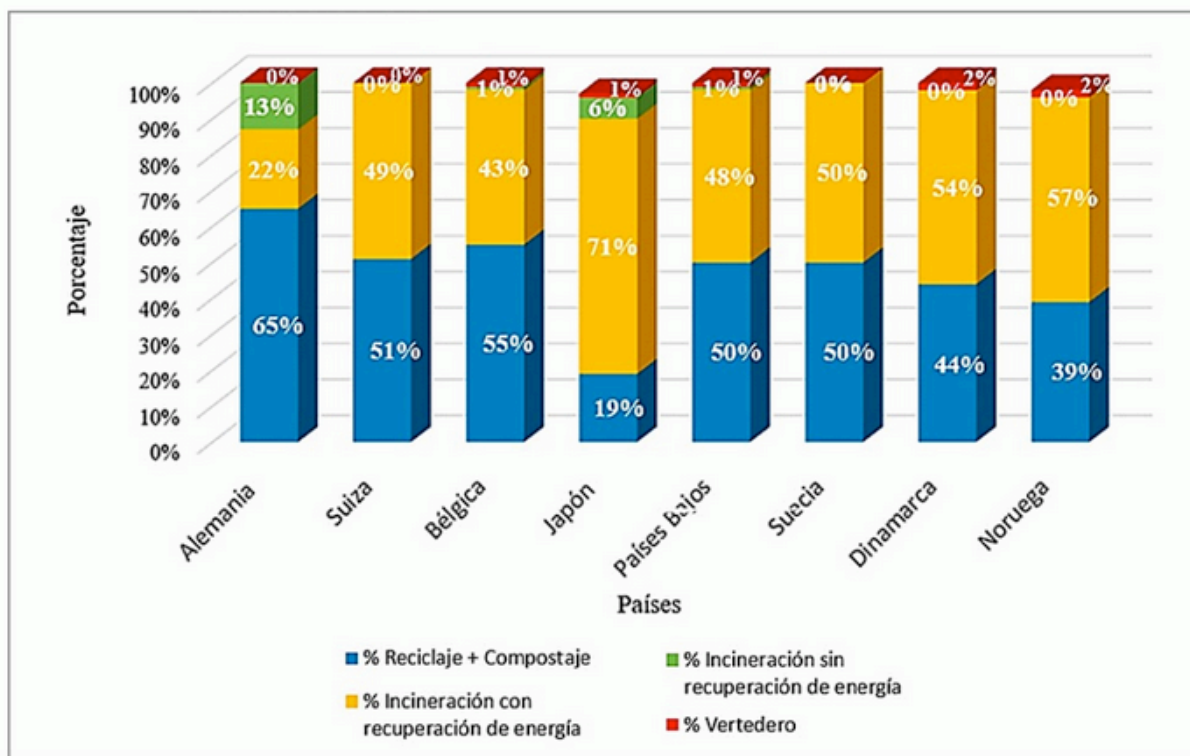


Ilustración 4. Porcentajes de disposición final de desechos a nivel Internacional

Fuente: (Segura et al., 2020)



Como se puede observar en la Ilustración 4, Alemania tiene un porcentaje de 22% en el sistema de incineración de desechos sólidos, teniendo 68 plantas de incineración de residuos en funcionamiento con una capacidad de alrededor de 20 millones de toneladas, y, 32 plantas de combustible sustituto con una capacidad de combustión de alrededor de 5 millones de toneladas (Segura et al., 2020).

En el caso de Suiza presenta un 49% de incineración con recuperación de energía. Este país cuenta con una excelente infraestructura para la eliminación y aprovechamiento de sus desechos. Cuenta con 30 plantas de incineración, 350 plantas de biogás y compostaje y alrededor de 60 plantas de energía de biomasa (Swiss Federal Council, 2018).

Por su parte Bélgica presenta un 43 % de incineración con recuperación de energía. Según Belgian Foreign Trade Agency (2014), este país tiene 310 empresas que se dedican a la recolección y clasificación de desechos sólidos, 294 compañías que se dedican al reciclaje de materiales aprovechables, y 71 empresas que se dedican a la recuperación de energía.

En su análisis Japón presenta un 71% de incineración con recuperación de energía, siendo uno de los países con mayor número de plantas de incineración, cuenta aproximadamente 1.172 plantas, con una capacidad de 182.683 ton/día, generó en el año 2013 cerca de 1'770.000 kilovatios, la mayoría de estas plantas usan la electricidad generada para su autosostenimiento, vendiendo el superávit a compañías de suministro de energía (EU-Japan Centre for Industrial Cooperation, 2015).

Los países bajos por su parte tienen un 48% de incineración con recuperación de energía, en estos países según el Ministerio de infraestructura y Medio Ambiente (2013) informa que



existen 16 plantas de incineración de desechos en este territorio. Teniendo un aprovechamiento de energía para electricidad y en su mayoría de veces para sistemas de calefacción.

En el caso de Suecia este país cuenta con un sistema de incineración con recuperación de energía del 50%, estando por encima del reciclaje y el compostaje por lo que su sistema representa uno de los principales tratamientos de disposición final de desechos.

Dinamarca por su parte presenta un 54% de incineración con recuperación de energía. Sin embargo cuenta con un plan estratégico llamado “Dinamarca sin residuos, reciclar más- Incinerar menos”, la visión general es la de duplicar el reciclaje de residuos domésticos (The Danish Government, 2013).

El último país de análisis es Noruega que presenta un 57% de recuperación de energía por incineración. Siendo la incineración y el reciclaje los métodos más utilizados para la gestión de desechos en este país, aprovechando este tratamiento para la conversión de desechos en electricidad teniendo 17 plantas dispuestas para tal beneficio (Lausselet, Cherubini, Alamo Serrano, Becidan y Strømman, 2016).

Como se pudo observar hay varios países que se benefician del aprovechamiento de energía a base de la incineración. Sin embargo muchas veces los países no cuentan con el dinero necesario para adquirir este tipo de tratamientos, por lo que buscan un sistema que les permite solucionar sus problemas en la gestión de desechos, tal es el caso de la “economía circular”; nuevo sistema económico y social que tiene como objetivo la producción de bienes y servicios al tiempo que reduce el consumo y el desperdicio de materias primas, agua y fuentes de energía (*Circular Economy Reports - Towards the Circular Economy Vol. 2, s. f.*).

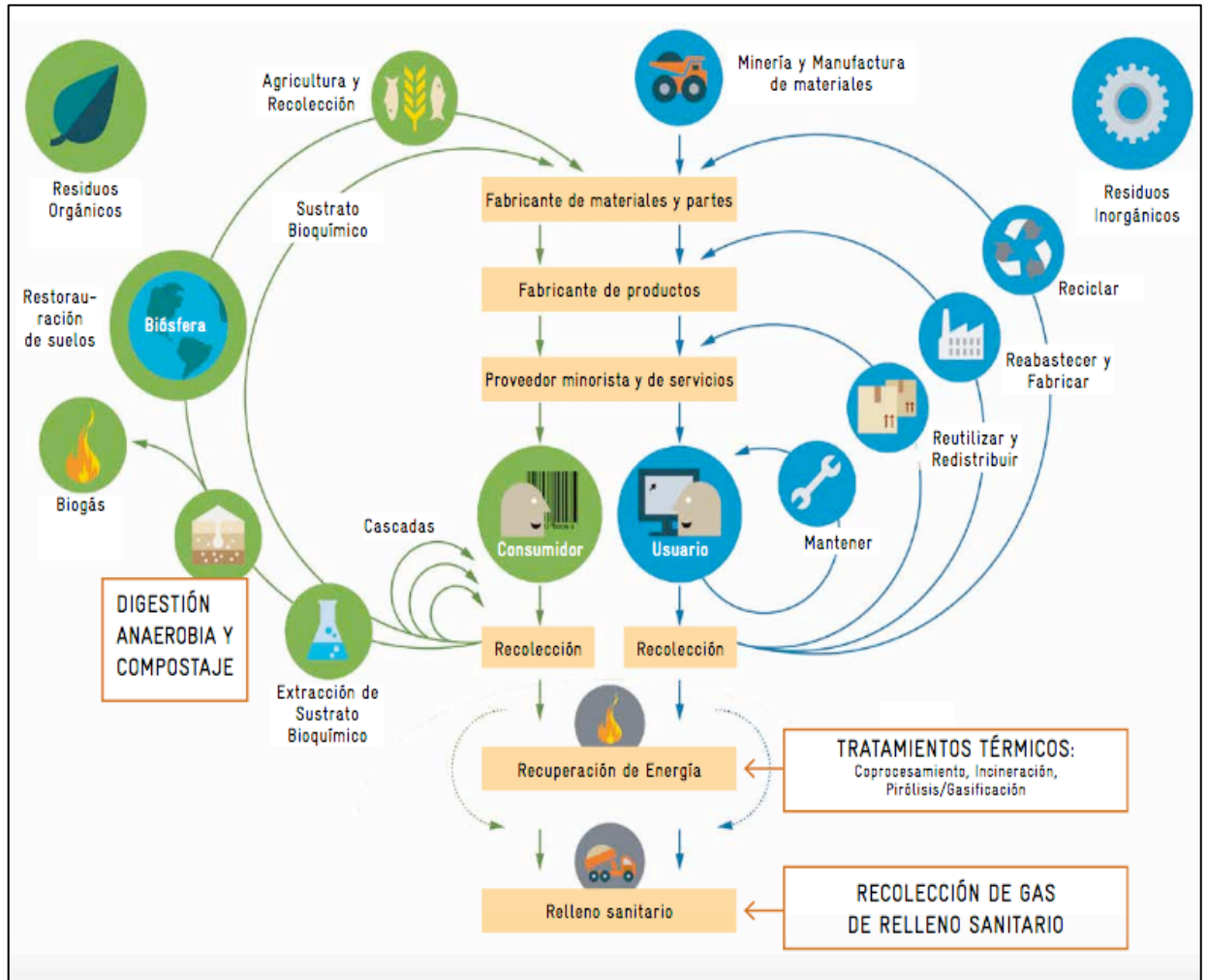


Ilustración 5: El principio de la Economía Circular.

Fuente: Fundación Ellen MacArthur

3.6. Gestión de subproductos de la incineración.

El tratamiento térmico de desechos por incineración consiste en la combustión completa de los diferentes tipos de desechos hasta su conversión en gases, escorias y cenizas; mediante un proceso de combustión controlada, los desechos se transforman en gases de combustión (73%), escorias (25%), cenizas (2%), partículas y energía térmica, que puede ser utilizada para producir energía eléctrica (Guillamon, 2016).

3.6.1. Manejo y disposición de cenizas

Generalmente, las cenizas volantes son de pequeño tamaño de partícula, es arrastrada por los gases que se generan durante la combustión y queda retenida en los sistemas de depuración de gases, estas por lo general van a los rellenos sanitarios (Goñi, 2003).

Tradicionalmente la opción de gestión más habitual para las cenizas volantes ha sido la disposición final en rellenos sanitarios, con o sin tratamiento previo. Sin embargo, muchas veces los rellenos no controlados están asociados a problemas medioambientales relacionados con la lixiviación a corto y largo plazo de los contaminantes, especialmente en lo que se refiere a las sales solubles, difíciles de estabilizar sin extracción acuosa previa por lo que se recomiendan pretratamientos o técnicas de estabilización/solidificación previamente a su disposición final (Alonso, 2015).

Sin embargo estas pueden ser utilizadas, tal es el caso de EE.UU, el uso de "bottom ashes" o cenizas que se depositan en el fondo de las calderas, es utilizado como material de relleno de terraplenes y como base y sub-base de carreteras está muy extendido (Goñi, 2003).

3.6.2. Manejo y disposición de escorias

Según (Alonso, 2015), las cenizas de fondo o escorias son los residuos generados por la combinación de material total o parcialmente quemado que se descarga en las parrillas, tienen mayor tamaño. En general las cenizas de fondo se consideran materiales no tan peligrosos, pudiendo ser empleados en cerámicos tradicionales y agregados, estas van al relleno sanitario.

Dichas escorias en la salida del horno en general se enfrían con agua y se depositan separadamente de las cenizas y desechos de depuración de gases, tienen del 85-95% en peso de los desechos totales producto de incineración, su color grisáceo, tienen una amplia distribución



granulométrica de partículas con un elevado grado de humedad, que confiere cierta adherencia entre ellas, y morfología muy dispar (Ficha Técnica 4.3, 2007).

3.6.3. Manejo y disposición de efluentes

Los efluentes procedentes del procesos de apagado en donde se baja la temperatura para la purificación de gases, debido a que el agua ayuda a capturar el CO₂ que luego se convierten en cenizas. Estos efluentes van al relleno sanitario y serían tratados como lixiviados, en el caso de la incineración de desechos orgánicos biodegradables estos efluentes o lixiviados no contienen patógenos ni metales pesados.

3.6.4. Gases

Los gases emitidos por el proceso de combustión y son purificados a través de filtros mangas, garantizando que el aire salga 100% purificado debido a que su sistema de purificación de las mangas es eficiente. Cabe recalcar, que por su parte los gases deben mantener un monitoreo constante de calidad ambiental, con la finalidad de detectar y controlar los diferentes factores de riesgo presentes en el ambiente laboral y sus influencias sobre la salud de la población trabajadora; esto con el fin de instaurar medidas de prevención, educación, evaluación y tratamiento, en procura del bienestar integral de los trabajadores.

CAPITULO IV

4. ESTUDIO DE CASO

4.1.Situación actual de la prestación de servicios en el Ecuador.

En el Ecuador la prestación del servicio público de manejo de desechos sólidos, es una competencia exclusiva de los Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales (GADM), el cual puede ser prestado de forma directa, por contrato, por gestión compartida, por delegación con otros gobiernos y empresas de economía mixta. Tal como lo establece la Constitución del Estado y el COOTAD. En donde la gestión se apoya en los lineamientos emitidos por el Ministerio del Ambiente y Agua como Autoridad Ambiental Nacional.

Según los datos emitidos por el (INEC, 2018), el Ecuador cuenta con 221 GADM de los cuales 161 GADM gestionaron sus desechos sólidos a través de unidades, 14 GADM lo realizarán como empresa municipal y 45 GADM, gestionaron sus desechos como mancomunidad y otros no lo gestionarán según lo establecido por la normativa.

En el servicio de barrido se determinó que la cobertura del sistema de barrido disminuyó del año 2015 que se tuvo 92.8% a un 78% al año 2017. Lo mismo ocurrió con la separación en la fuente de los desechos sólidos debido a que en el año 2017 existió una cobertura de 36.5% de la totalidad de los GADM a nivel nacional con una diferencia de 0.6% menos en relación al año 2016 (INEC, 2018).

Según un estudio realizado por la entidad INEC, referente a la producción per cápita de los desechos sólidos del Ecuador para el año 2017, se determina que en el sector urbano se produce en promedio (0.86 kg/hab*día). Con respecto a la disposición de los desechos sólidos se obtuvo que el 45.7% dispone en rellenos sanitarios, el 28.8% en celdas emergentes y el 25.6% en botaderos

a cielo abierto. Sin embargo hay que recalcar que con respecto a la disposición de desechos sólidos se ha evidenciado que habido una disminución de botaderos a cielo abierto y un incremento de rellenos sanitarios y celdas emergentes (INEC, 2018).

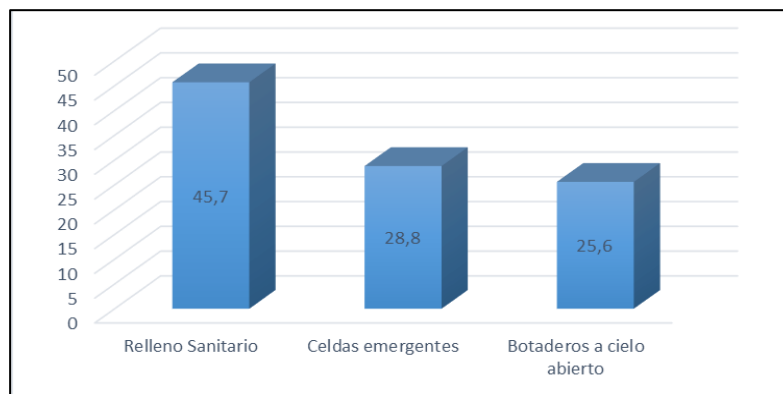


Ilustración 6. Datos de la disposición final de desechos sólidos en el Ecuador año 2017.

Fuente: INEC, 2018

Según los resultados del Sistema Nacional de Información Municipal (SNIM), se determina que, en el 2018, en el Ecuador se generaban aproximadamente 12 900 toneladas de residuos sólidos diarios, de las cuales el 35 % se entierra en rellenos sanitarios, el 23.3 % en celdas emergentes, y el 41.7 % en botaderos a cielo abierto, ríos y quebradas. De los residuos generados, el 57 % corresponde a residuos orgánicos y el porcentaje restante a residuos inorgánicos.

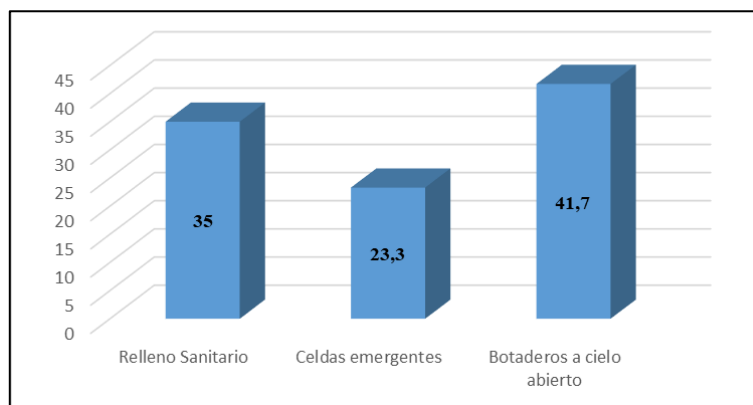


Ilustración 7. Datos de la disposición final de desechos sólidos en el Ecuador año 2018.

Fuente: INEC, 2018



Según la misma entidad, de acuerdo a los reportes emitidos por cada municipio para al año 2020, es notable un incremento de al menos un 25 % en la generación de los residuos (Solíz et al. 2020), se considera que este incremento se debe al confinamiento de la población como consecuencia de la pandemia a partir del mes de marzo por el COVID 19. Por otro lado, los resultados indican que tan solo entre el 6 y el 8 % de los residuos generados es recuperado.

Según varios análisis, se ha determinado que en el Ecuador se continúa enterrando aproximadamente el 94 % de sus residuos en los rellenos sanitarios de las diferentes ciudades. A esto se suma que el 85 % de los residuos recuperados es recolectado por recicladores de base quienes trabajan con poco o nulo apoyo estatal en diversas modalidades: reciclaje a pie de vereda, reciclaje en estaciones de transferencia o reciclaje en vertederos a cielo abierto (Solíz et al. 2019).

Según el Programa Nacional de Gestión Integral de Desechos Sólidos (PNGIDS), estableció como objetivo primordial que para el año 2014, en el Ecuador se debió disponer los desechos de forma adecuada y técnica en rellenos sanitarios, representando un porcentaje del 70% de su correcta disposición por parte de su población; cuyo objetivo se postergó primero para ser cumplido en el año 2017, sin embargo, no se ha ejecutado lo planteado, por lo que se establece un nuevo cumplimiento para el año 2021 (Solíz et al. 2019).

4.2. Ubicación y datos del estudio de caso.

El caso de estudio es el relleno sanitario Yurak Kasha, manejado por la EMMAIPC-EP, relleno que presta sus servicios a los cantones de Cañar, Biblián, El Tambo y Suscal.

El **Cantón Cañar**, se encuentra localizado al sur del país. Esta conformado por la parroquia urbana Cañar y las parroquias rurales: Chontamarca, Chorocopte, General Morales, Gualleturo, Honorato Vásquez, Ingapirca, Juncal, San Antonio, Zhud, Ventura y Ducur. Tiene una superficie



de 181.970 hectáreas. **Sus límites son:** Al norte con la Provincia de Chimborazo , al sur con la Provincia del Azuay, al este con el Cantón Azogues y al oeste con Provincia del Guayas y el Cantón La Troncal (Jaramillo & Molina, 2019).

El **Cantón Biblian**, se encuentra localizado en el centro de la Provincia del Cañar. Tiene una superficie de 23.921 hectáreas. **Sus límites son:** Al norte con el Cantón Cañar, al sur con el Cantón Deleg, al este con el Cantón Azogues y al oeste el Cantón Cuenca (Jaramillo & Molina, 2019).

El **Cantón El Tambo**, se encuentra en el Valle de Cañar, situado al centro norte de la provincia del Cañar, de costado en la Cordillera Oriental, con una altura promedio de 2.960 metros sobre el nivel del mar. **Sus límites son:** Al norte con una parte de la parroquia Juncal, al Sur con la Cabecera cantonal de Cañar, al este con la Parroquia Ingapirca y al Parroquia Juncal (Jaramillo & Molina, 2019).

El Cantón Suscal, se encuentra ubicado en la la Provincia del Cañar en la Región Centro Sur de la Sierra ecuatoriana. Tiene una superficie de 4.569 hectáreas. Ocupa la zona baja de la provincia, desde los 480 m.s.n.m., en la desembocadura de la Quebrada Nueva Delicia con el Río Cañar, hasta los 3.336 m.s.n.m., en la cordillera Huayrapalte. La cabecera cantonal está sobre los 2.650 metros sobre el nivel del mar (Jaramillo & Molina, 2019).

A continuación se presenta el mapa del área de estudio:

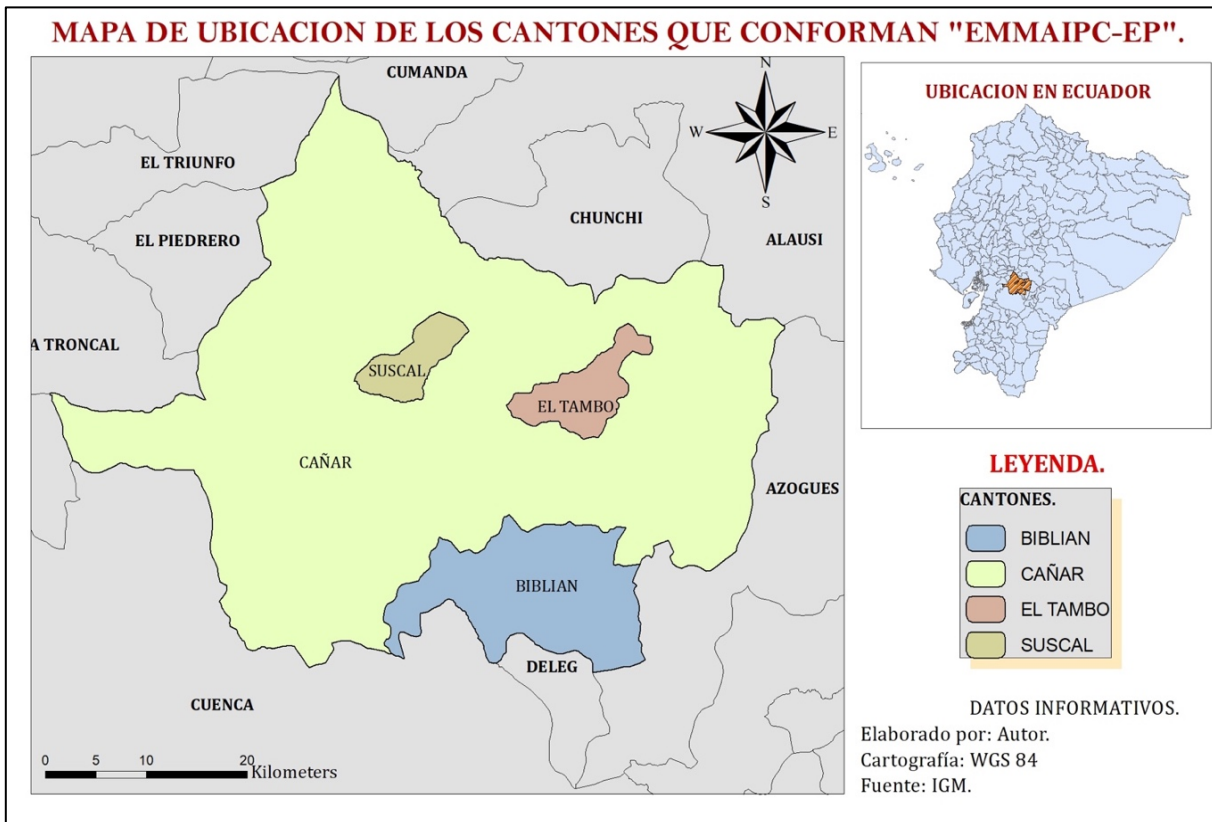


Ilustración 8. Mapa de Ubicación de la Mancomunidad Cañari

Fuente: Autor

4.3. Diagnostico o línea base.

La Empresa Pública Municipal Mancomunada de Aseo Integral del Pueblo Cañari (EMMAIPC-EP), cuenta con su oficina matriz en el cantón Cañar, la misma que está equipada con todos los recursos necesarios para su debido funcionamiento, con la finalidad de brindar un adecuado servicio a la comunidad. De igual forma dispone de una oficina equipada en cada uno de los cantones de El Tambo, Biblián y Suscal, en donde se da seguimiento y monitoreo a los servicios de barrido, recolección, transporte, tratamiento y disposición final de los desechos sólidos.

A continuación se detalla el proceso actual de la gestión de desechos sólidos del relleno Yurak Kasha.

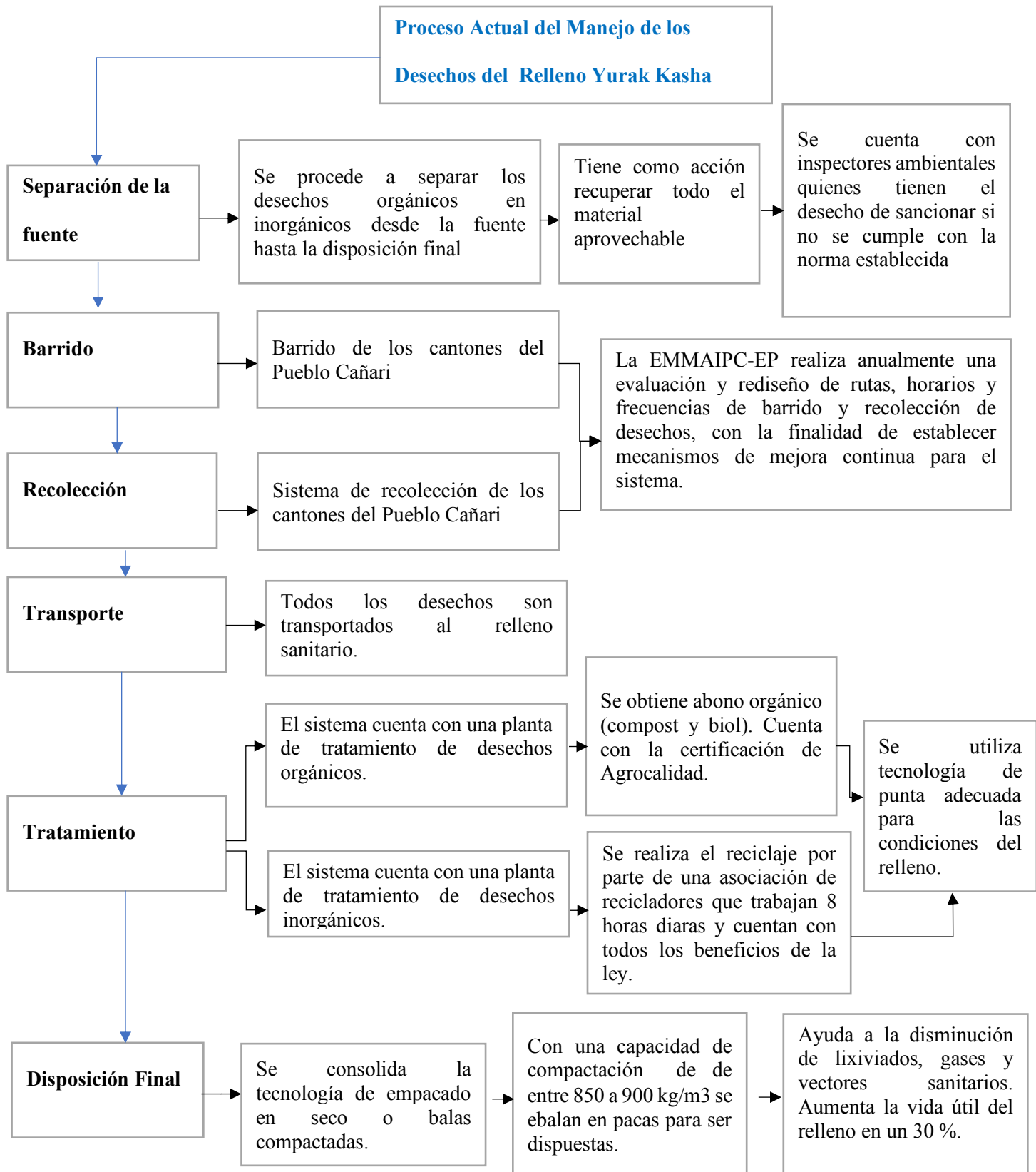


Ilustración 9. Proceso actual del manejo de desechos del relleno Yurak Kasha

Fuente: Elaboración propia

Esta empresa cuenta con dos rellenos sanitarios temporales: el uno Yurak kasha y el otro Hierba Buena que dan servicios a la mancomunidad Cañari y a su vez forman parte de EMMAIPC; dichos rellenos sanitarios cuentan con el centro de gestión de desechos sólidos, lugar donde se realiza la disposición final de los desechos sólidos y comprende los servicios de tratamiento de desechos orgánicos e inorgánicos, disposición final, manejo de lixiviados, así como procesos de compostaje y producción de biol.

El Relleno Sanitario temporal de **Yurak Kasha** con coordenadas UTM WGS84 Zona 17S (Este (X): 725556; Norte (Y): 9720119 y altitud de 3113 msnm), está ubicado en la provincia de Cañar, perteneciente al cantón Cañar; parroquia Juncal, comunidad Yurak Kasha que se ubica a una distancia de 5km de la ciudad del cantón Cañar, cuenta con un área aproximada de 1.04 hectáreas de topología montañoso, su área de implantación es de 0,34 hectáreas, cuenta con una infraestructura de Reo de basura a cielo abierto, cuentan con agua potable, luz eléctrico y alcantarillado; la vía de acceso al relleno es asfaltada (EMMAIPC,2021).

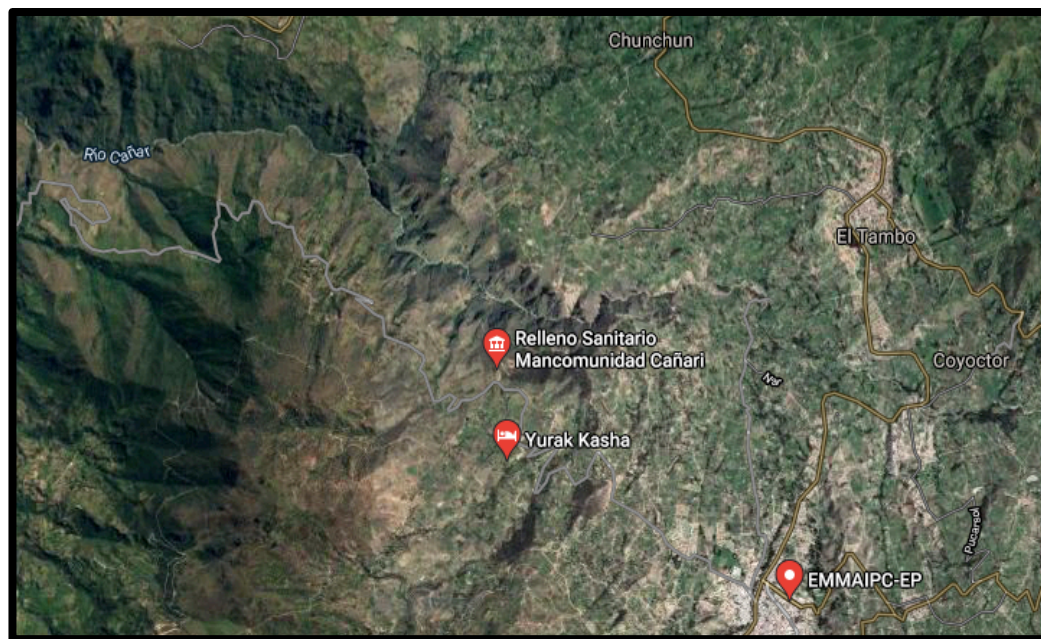


Ilustración 10. Ubicación del Relleno Sanitario Yurak Kasha

Fuente: Google Maps

El relleno sanitario se encuentran protegido del acceso de personas aledañas al proyecto, cuenta con tres tipos de cerramiento con una variación de alturas; el primero se encuentra en la parte frontal junto a la entrada, posee una altura de 2 metros y una extensión de 30m fabricado con malla de alambre galvanizado instalada en tubos galvanizados (EMMAIPC-EP,2021).



Ilustración 11. Infraestructura del Relleno Sanitario Yurak Kasha

Fuente: EMMAIPC-EP,2021

El segundo cerramiento se encuentra junto a los caminos internos del relleno y en varias áreas del mismo, es una cerca perimetral de cuatro filas de alambre de púas instalados en columnas de cemento de 1,20 m. El tercer tipo de cerramiento se encuentra junto a la celda del relleno, posee una altura de 6 metros y una extensión de 95 m aproximadamente, está elaborado con tubos galvanizados cubiertos con malla de gallinero, para detener el arrastre de residuos por acción del viento (EMMAIPC,2021).

El área de implantación del relleno sanitario, se ubican un total de 14 chimeneas, con una altura de 4 metros con un ancho de 75 cm; se han empleado diferentes materiales para su

construcción como tenemos pingos de madera, tubería PVC de 11 cm perforada, malla de alambre galvanizado, etc.

Se cuenta con vías internas lastradas, señalética y caseta de vigilancia ubicada al ingreso y en ocasiones es usada como bodega para guardar diferentes insumos que son necesario para un correcto funcionamiento del relleno sanitario.

Para el funcionamiento y operación del relleno sanitario se cuenta con diferentes equipos; como la retroexcavadoras de oruga destinadas para ejecutar las actividades de producción, cargado y esparcimiento de capa de tierra para cubrir y compactar los desechos sólidos dispuesto en cada celda de la pila de disposición final del relleno sanitario, una mini excavadora que se encarga de compactar los desechos sólidos dentro de cada celda, volquete encargada para cargar los desechos dentro de la planta (EMMAIPC-EP,2021).



Ilustración 12. Equipos del Relleno Sanitario Yurak Kasha

Fuente: EMMAIPC-EP,2021

De acuerdo a su funcionamiento, se cuenta con una planta de tratamiento de orgánicos que tienen un 60 a 70% de contenido de humedad, por lo que los líquidos que se escurren de ahí se denominan lixiviados orgánicos. Para el tratamiento de desechos orgánicos se cuenta con una planta de tratamiento de desechos orgánicos, dicha planta incluye además el procesamiento de lixiviados para la obtención de biol, producto del tratamiento de desechos orgánicos (EMMAIPC-EP, 2021).

En el caso de los desechos orgánicos inician un proceso de descomposición, para lo cual se tiene montículos de material que cada dos días es removido con el apoyo de volteadora mecánica con la finalidad de mantener condiciones óptimas de aireación, temperatura y humedad, luego de este proceso los desechos están listos para el proceso de compost final (EMMAIPC-EP,2021).



Ilustración 13. Planta de Tratamiento de Desechos Orgánicos

Fuente: EMMAIPC-EP,2021

En el caso de los lixiviados estos son recolectados en 2 piscinas y un tanque de ferrocemento, estas instalaciones son del botadero antiguo, estando presentes aún en el relleno sanitario. Estas piscinas cuentan geo membrana además de tubería PVC funcionan mediante decantación y están resguardadas por un cerramiento para evitar el paso de personas o animales, que pueden caer en las piscinas. Estos son transportados por tanquero hasta las plantas de tratamiento de Ucubamba en Cuenca para su respectivo proceso (EMMAIPC-EP,2021).



Ilustración 14. Piscina de Lixiviados del Relleno Yurak Kasha

Fuente: EMMAIPC-EP,2021

En el caso de los materiales reciclados la empresa mantiene un sistema de contratación pública con asociaciones de recicladores. Así como se mantiene el sistema de capacitación constante de el personal tanto técnico como de trabajadores que forman parte del relleno sanitario.



Ilustración 15. Sistema de Reciclaje en el Relleno Sanitario Yurak Kasha

Fuente: EMMAIPC-EP, 2021



Ilustración 16. Reciclaje de Desechos Inorgánicos

Fuente: EMMAIPC-EP, 2021

Cabe recalcar que la EMMAIEPC-EP por su labor a obtenido varios reconocimientos por ser una de las mejores empresas de gestión social ambiental de América Latina y el Caribe 2017, República Dominicana ; de ser la N.1 de las cien mejores prácticas ambientales de América Latina, Buenos Aires Argentina 2018. A su vez se considera como un sistema referente en el país por su manejo y desarrollo de un sistema integral que ayuda y beneficia al medio ambiente.

4.4. Análisis Técnico – Ambiental.

Estudio y análisis del proyecto desde el punto de vista técnico-ambiental, consiste en analizar los desechos sólidos no peligrosos urbanos del relleno sanitario Yurak Kasha, se encuentra ubicado en la Provincia del Cañar, relleno que presta sus servicios a los cantones de Cañar, Biblián, El Tambo y Suscal.

Con la finalidad de determinar la cantidad de energía que se puede recuperar de los desechos sólidos peligrosos, el contenido de humedad que estos poseen y el costo de implementar un sistema de incineración. Todos los resultados obtenidos serán analizados en el siguiente capítulo para determinar si es o no factible incinerar los desechos, del caso de estudio.

Para este análisis técnico, se considerarán 3 escenarios posibles que podrían aplicarse en el sistema de gestión de desechos, para incinerar sus desechos.

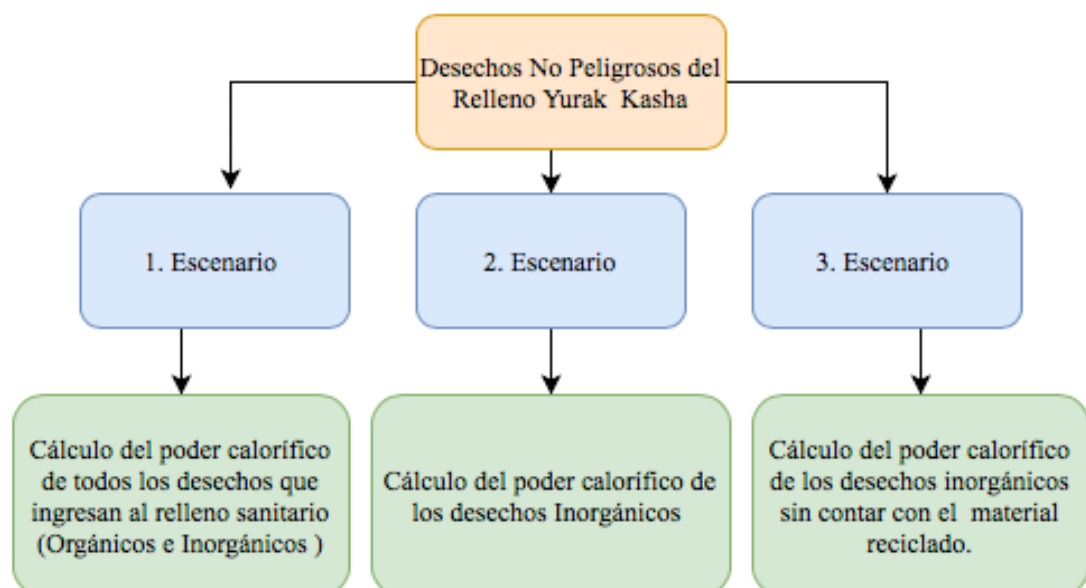


Ilustración 17. Análisis Técnico- Escenarios

Fuente: Autor

Desarrollo del análisis Técnico

- Metodología utilizada:

1. Recopilación de la información

1.1. Proyección de la población: El Relleno Yurak Kasha presta sus servicios a los cantones de Cañar, Biblián, El Tambo y Suscal, por lo tanto, según el INEC (2021), se tiene la siguiente proyección de la población.

Tabla 13

Proyección poblacional de la Mancomunidad Cañari, según sus Cantones

| | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 |
|--------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Biblián | 22.090 | 22.296 | 22.499 | 22.697 | 22.889 | 23.074 | 23.253 | 23.423 | 23.586 | 23.741 |
| Cañar | 63.012 | 63.707 | 64.394 | 65.068 | 65.729 | 66.372 | 66.996 | 67.601 | 68.185 | 68.747 |
| Tambo | 10.143 | 10.391 | 10.643 | 10.897 | 11.153 | 11.413 | 11.673 | 11.935 | 12.198 | 12.462 |
| Suscal | 5.365 | 5.490 | 5.615 | 5.742 | 5.870 | 5.998 | 6.128 | 6.257 | 6.387 | 6.516 |
| Total | 100.610 | 101.884 | 103.151 | 104.404 | 105.641 | 106.857 | 108.050 | 109.216 | 110.356 | 111.466 |

Nota. Fuente: INEC, 2021

1.2. Datos de la caracterización de desechos sólidos recolectados: Estos datos son proporcionados por la EMMAIPC (2021), son datos generados en el año 2019, año en el que se realizó la última caracterización de desechos. A continuación se presenta la generación per cápita que es la cantidad de desechos o residuos que generada por un habitante por día.

Tabla 14

Generación Pércapita Domiciliara Año 2019

| Cantón | Generación Pércapita Domiciliara (gpd) |
|--------|--|
| Cañar | 0,6568 kg/hb/día |



| Cantón | Generación Pércapita Domiciliara (gpd) | |
|---------------|---|-----------|
| Biblián | 0,7575 | kg/hb/día |
| El Tambo | 0,5392 | kg/hb/día |
| Suscal | 0,6343 | kg/hb/día |

Nota. Fuente: EMMAIPC, 2021

Esta caracterización de desechos se realizó en base a los desechos generados en los cantones: Cañar, Biblian, El Tambo y Suscal, en el año 2019.

Tabla 15

Composición Porcentual Desechos-Cañar

| Desechos | % |
|-----------------------------|----------|
| Papel | 0.72 |
| Cartón | 2.68 |
| Orgánico | 57.50 |
| Plásticos | 19.08 |
| Metales | 0.62 |
| Vidrios | 2.93 |
| Desechos comunes | 4.14 |
| Tetrapack | 0.03 |
| Madera | 0.22 |
| Focos | 0.03 |
| Pilas | 0.00 |
| Baterías | 0.00 |
| Telas y Materiales textiles | 1.87 |



| Desechos | % |
|------------------------------|---------------|
| Pañales | 5.39 |
| Toallas Sanitarias y húmedas | 0.62 |
| Lozas y cerámicas | 0.40 |
| Tierra | 3.52 |
| Caucho | 0.00 |
| Cuero | 0.22 |
| Medicamentos | 0.03 |
| Desechos Electrónicos | 0.00 |
| Lona | 0.00 |
| Envases Agroquímicos | 0.00 |
| Total | 100.00 |

Nota. Fuente: Elaboración propia a base de datos de la EMMAIPC-EP, 2021

Como se pudo observar en la Tabla 15, en la composición porcentual de los desechos sólidos del Cantón Cañar, son los desechos orgánicos son los que predominan con un 57.50%, seguido de los desechos inorgánicos plásticos con 19.08%.

Tabla 16

Composición Porcentual Desechos-Biblián

| Desechos | % |
|-----------------|----------|
| Papel | 3.71 |
| Cartón | 1.61 |
| Orgánico | 46.89 |
| Plásticos | 22.65 |



| Desechos | % |
|------------------------------|---------------|
| Metales | 0.75 |
| Vidrios | 0.57 |
| Desechos comunes | 5.06 |
| Tetrapack | 0.34 |
| Madera | 0.60 |
| Focos | 0.00 |
| Pilas | 0.08 |
| Baterías | 0.00 |
| Telas y Materiales textiles | 1.61 |
| Pañales | 6.36 |
| Toallas Sanitarias y húmedas | 0.34 |
| Lozas y cerámicas | 0.52 |
| Tierra | 6.36 |
| Caucho | 0.91 |
| Cuero | 1.30 |
| Medicamentos | 0.10 |
| Desechos Electrónicos | 0.18 |
| Lona | 0.08 |
| Envases Agroquímicos | 0.00 |
| Total | 100.00 |

Nota. Fuente: Elaboración propia a base de datos de la EMMAIPC-EP, 2021

En el caso de Biblián, según su composición porcentual Tabla 16, son los desechos orgánicos los que predominan con un 46.89 %, seguido de los desechos inorgánicos plásticos con 22.65%, teniendo un porcentaje de desechos plásticos por encima del cantón Cañar.

**Tabla 17***Composición Porcentual Desechos-El Tambo*

| Desechos | % |
|------------------------------|----------|
| Papel | 2,43 |
| Cartón | 1,80 |
| Orgánico | 61,54 |
| Plásticos | 8,59 |
| Metales | 0,69 |
| Vidrios | 0,90 |
| Desechos comunes | 5,82 |
| Tetrapack | 0,97 |
| Madera | 0,35 |
| Focos | 0,00 |
| Pilas | 0,00 |
| Baterías | 0,00 |
| Telas y Materiales textiles | 2,84 |
| Pañales | 9,42 |
| Toallas Sanitarias y húmedas | 0,90 |
| Lozas y cerámicas | 0,90 |
| Tierra | 0,97 |
| Caucho | 0,14 |
| Cuero | 1,66 |



| Desechos | % |
|-----------------------|---------------|
| Medicamentos | 0,07 |
| Desechos Electrónicos | 0,00 |
| Lona | 0,00 |
| Envases Agroquímicos | 0,00 |
| Total | 100,00 |

Nota. Fuente: Elaboración propia a base de datos de la EMMAIPC-EP, 2021

Según la composición porcentual del cantón El Tambo, son los desechos orgánicos los que predominan su composición con un 61.54 %, seguido de los desechos inorgánicos plásticos con 8.59%, teniendo un porcentaje de desechos plásticos por debajo del cantón Cañar y Biblián.

Tabla 18

Composición Porcentual Desechos-Suscal

| Desechos | % |
|------------------|----------|
| Papel | 5,48 |
| Cartón | 6,39 |
| Orgánico | 40,64 |
| Plásticos | 15,07 |
| Metales | 1,37 |
| Vidrios | 1,83 |
| Desechos comunes | 4,11 |
| Tetrapack | 1,83 |
| Madera | 0,00 |
| Focos | 0,00 |



| Desechos | % |
|------------------------------|---------------|
| Pilas | 0,00 |
| Baterías | 0,00 |
| Telas y Materiales textiles | 1,83 |
| Pañales | 5,02 |
| Toallas Sanitarias y húmedas | 0,00 |
| Lozas y cerámicas | 5,02 |
| Tierra | 7,31 |
| Caucho | 4,11 |
| Cuero | 0,00 |
| Medicamentos | 0,00 |
| Desechos Electrónicos | 0,00 |
| Lona | 0,00 |
| Envases Agroquímicos | 0,00 |
| Total | 100,00 |

Nota. Fuente: Elaboración propia a base de datos de la EMMAIPC-EP, 2021

En Suscal según su composición porcentual Tabla 18, son los desechos orgánicos los que predominan su composición con un 40.67 %, seguido de los desechos inorgánicos plásticos con 15.87 %, teniendo un porcentaje de desechos plásticos estando con una cantidad por encima del Cantón Biblián.

En base a estos datos mencionados anteriormente se tiene la composición porcentual total de la caracterización de los desechos sólidos del Relleno Sanitario Yurak Kasha.

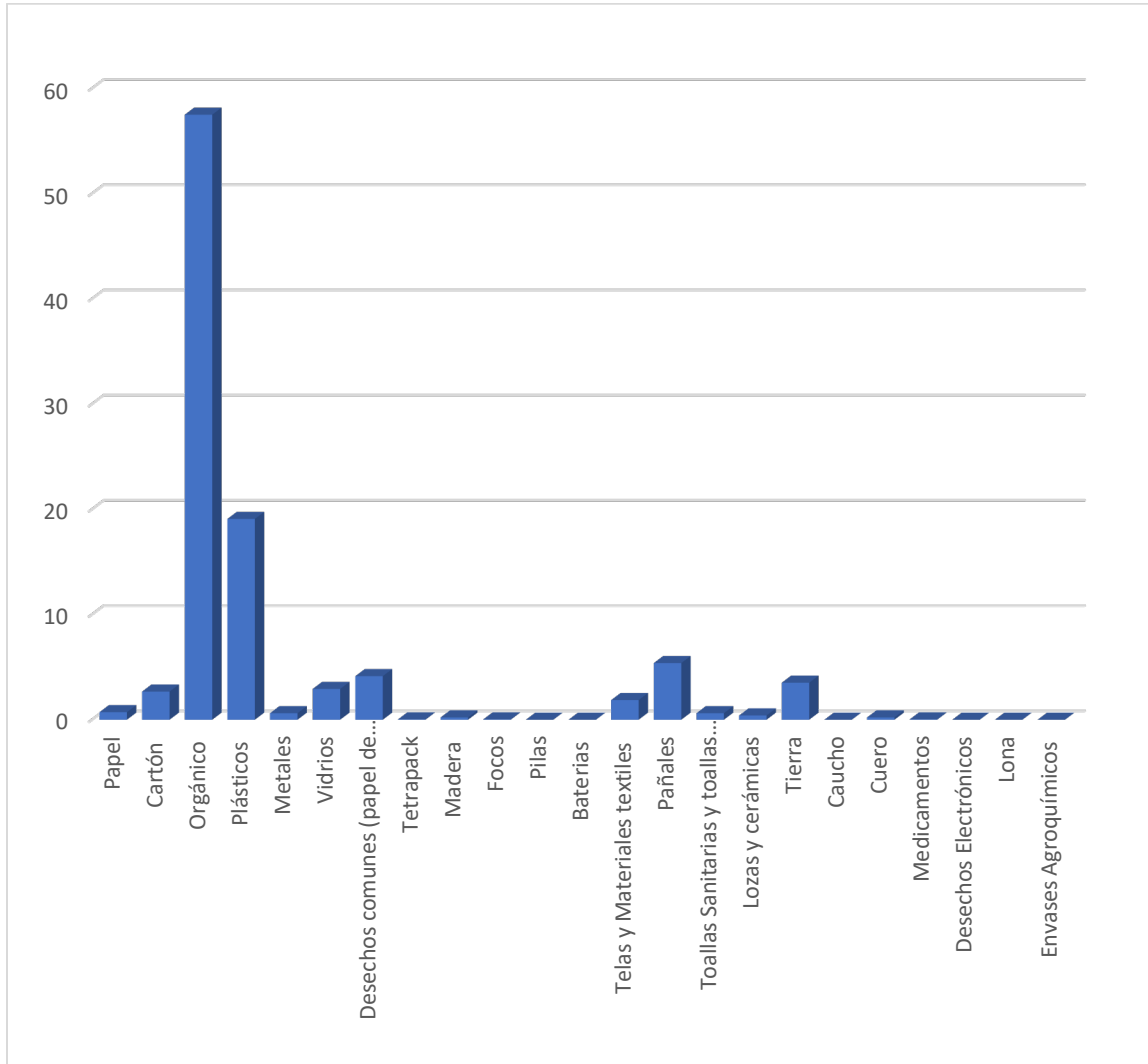


Ilustración 18. Composición Porcentual de los Desechos Sólidos del Relleno Sanitario Yurak Kasha

Fuente: Elaboración propia a base de datos de la EMMAIPC-EP, 2021



Tabla 19 Composición de los Desechos del Relleno Sanitario Yurak Kasha

| | | CAÑAR Kg | BIBLIÁN kg | TAMBO kg | SUSCAL kg | TOTAL (kg) | % |
|------------------------------|--|-------------|---------------|-------------|--------------|---------------|--------|
| Papel | Periódico | 0,07 | 0,17 | 0,08 | 0,03 | 0,35 | 0,40 |
| | Kraft | 0,07 | 0,38 | 0,07 | 0,06 | 0,58 | 0,66 |
| | Bond y blanqueado impreso | 0,07 | 0,18 | 0,10 | 0,00 | 0,35 | 0,40 |
| | Bond y blanqueado sin imprimir | 0,00 | 0,34 | 0,00 | 0,00 | 0,34 | 0,39 |
| | Papel de cuaderno | 0,01 | 0,13 | 0,09 | 0,00 | 0,23 | 0,26 |
| | Revistas | 0,01 | 0,23 | 0,01 | 0,03 | 0,28 | 0,32 |
| Cartón | Plegadizo | 0,53 | 0,45 | 0,12 | 0,06 | 1,16 | 1,33 |
| | Grueso | 0,33 | 0,17 | 0,14 | 0,08 | 0,72 | 0,82 |
| Orgánico | | 18,47 | 18,07 | 8,88 | 0,89 | 46,31 | 53,06 |
| Plásticos | PET (Polietileno) | 0,33 | 0,22 | 0,31 | 0,06 | 0,92 | 1,05 |
| | HDPE (Polietileno de alta densidad) | 0,87 | 4,05 | 0,3 | 0,04 | 5,26 | 6,03 |
| | PVC (Policloruro de vinilo) | 0,00 | 0,00 | 0,17 | 0,01 | 0,18 | 0,21 |
| | LDPE (Polietileno de baja densidad) | 4,73 | 3,27 | 0,18 | 0,10 | 8,28 | 9,49 |
| | PP (Polipropileno) | 0,13 | 0,83 | 0,06 | 0,07 | 1,09 | 1,25 |
| | PS- expandido (Poliestireno expandido) | 0,07 | 0,23 | 0,07 | 0,04 | 0,41 | 0,47 |
| | PS- (Poliestireno) | 0,00 | 0,13 | 0,15 | 0,01 | 0,29 | 0,33 |
| Metales | Hierro y acero | 0,20 | 0,07 | 0,08 | 0,03 | 0,38 | 0,44 |
| | Bronce | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,01 | 0,01 |
| | Cobre | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0 | 0,00 |
| | Aluminio | 0,00 | 0,22 | 0,01 | 0,00 | 0,23 | 0,26 |
| Vidrio | Transparente | 0,27 | 0,15 | 0,06 | 0,03 | 0,51 | 0,58 |
| | Verde | 0,07 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,07 | 0,08 |
| | Otros Colores | 0,60 | 0,07 | 0,07 | 0,01 | 0,75 | 0,86 |
| Desechos comunes | | 1,33 | 1,95 | 0,84 | 0,09 | 4,21 | 4,82 |
| Tetrapack | | 0,01 | 0,13 | 0,14 | 0,04 | 0,32 | 0,37 |
| Madera | | 0,07 | 0,23 | 0,05 | 0,00 | 0,35 | 0,40 |
| Focos comunes | | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 |
| Focos ahorradores | | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Pilas | Pilas Botón | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | Pilas Prismáticas | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | Pilas Cilíndricas | 0,00 | 0,03 | 0,00 | 0,00 | 0,03 | 0,03 |
| Baterías | Vehículo | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| | Celular | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Telas y textiles | | 0,60 | 0,62 | 0,41 | 0,04 | 1,67 | 1,91 |
| Pañales | | 1,73 | 2,45 | 1,36 | 0,11 | 5,65 | 6,47 |
| Toallas sanitarias | | 0,20 | 0,13 | 0,13 | 0,00 | 0,46 | 0,53 |
| Lozas y cerámicas | | 0,13 | 0,20 | 0,13 | 0,11 | 0,57 | 0,65 |
| Tierra | | 1,13 | 2,45 | 0,14 | 0,16 | 3,88 | 4,45 |
| Caucho | | 0,00 | 0,35 | 0,02 | 0,09 | 0,46 | 0,53 |
| Cuero | | 0,07 | 0,50 | 0,24 | 0,00 | 0,81 | 0,93 |
| Medicamentos | | 0,01 | 0,04 | 0,01 | 0,00 | 0,06 | 0,07 |
| Desechos electrónicos | | 0,00 | 0,07 | 0,00 | 0,00 | 0,07 | 0,08 |
| Lona | | 0,00 | 0,03 | 0,00 | 0,00 | 0,03 | 0,03 |
| Envases agroquímicos | | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0 | 0,00 |
| TOTAL | | | | | | 87,28 | 100,00 |

Nota. Fuente: EMMAIPC-EP, 2021

Como se puede observar en la Tabla 19, la mayor parte de los desechos que llegan al relleno sanitario son desechos orgánicos por lo que se cuenta con una planta de desechos orgánicos con la finalidad de aprovechar en un 100% estos desechos, debido a que la mayoría son restos de comida, que puedes constituir una fuente de abonos de alta calidad mediante el tratamiento del compostaje, y de los lixiviados del compostaje generan biol.

En el caso de los desechos inorgánicos son los plásticos los que tienen un mayor porcentaje de 18.82%, en este caso es necesario tratar de recuperar la mayor cantidad de residuos plásticos mediante el reciclaje, debido a su volumen de generación y difícil degradación, convirtiéndose en un serio problema al no tener una disposición final adecuada.

1.3. Datos del porcentaje de material reciclado del Relleno Yurak Kasha

La producción mensual del material reciclado en el centro de gestión Yurak Kasha.

Tabla 20

Producción Mensual (t) y Porcentual de los Desechos Ingresados al Relleno Yurak Kasha- 2019

| Meses | Tipo de desecho | | Total (t) | Porcentaje de material reciclado en relación a la materia inorgánica |
|---------|-----------------|----------|--------------|--|
| | (t) | | | |
| | Inorgánico | Orgánico | | |
| Enero | 590,03 | 232,32 | 822,35 | 5,75% |
| Febrero | 504,73 | 236,32 | 741,05 | 7,08% |
| Marzo | 539,35 | 262,76 | 802,11 | 6,33% |
| Abril | 533,28 | 283,06 | 816,34 | 4,05% |
| Mayo | 564,93 | 277,14 | 842,07 | 4,74% |
| Junio | 487,05 | 233,51 | 720,56 | 5,47% |
| Julio | 542,95 | 253,29 | 796,24 | 5,97% |



| Meses | Tipo de desecho | | Total (t) | Porcentaje de material reciclado en relación a la materia inorgánica |
|------------|-----------------|----------|--------------|--|
| | (t) | | | |
| | Inorgánico | Orgánico | | |
| Agosto | 494,15 | 228,44 | 722,59 | 5,81% |
| Septiembre | 502,99 | 242,30 | 745,29 | 5,67% |
| Octubre | 481,43 | 166,96 | 648,39 | 4,88% |
| Noviembre | 493,09 | 251,43 | 744,52 | 6,13% |
| Diciembre | 505,85 | 250,76 | 756,61 | 6,32% |
| Total 2019 | 6239,82 | 2918,29 | 9158,11 | |

Nota. Fuente: EMMAIPC-EP, 2021

Tabla 21

Porcentaje de material reciclado inorgánico recuperado en el año 2019

| Tipo de material | Porcentaje |
|-------------------|------------|
| Cartón | 11.97% |
| Dúplex | 2.63% |
| Papel blanco | 0.00% |
| Papel sucio | 0.00% |
| Cuaderno | 7.19% |
| Bot. Transparente | 10.23% |
| Bot negra | 0.00% |
| Bot. Azul | 0.00% |
| Bot.aceite | 1.81% |
| Soplado | 8.61% |



| Tipo de material | Porcentaje |
|-------------------------|-------------------|
| Fundas | 18.80% |
| Chatarra | 13.49% |
| Aluminio | 0.65% |
| Bronce | 0.00% |
| Cobre | 0.00% |
| Vidrio | 19.26% |
| Lona | 1.46% |
| Caucho | 1.04% |
| Duro | 2.86% |

Nota. Fuente: EMMAIPC-EP, 2021

Según la Tabla 20, se tiene un total de desechos ingresados al relleno sanitario en el año 2019, de un total de 9158.11 t, de los cuales se tiene 6239.82 t, son correspondientes al material inorgánico y 2918,28 t de material orgánico. Aprovechando durante todo el año de material inorgánico reciclable beneficiando a los grupos recicladores, cuyo medio de trabajo es el reciclaje, como se observa en la Tabla 21, las fundas es el material que más se recicla, seguido del vidrio, chatarra, cartón, botellas, etc.

Tabla 22

Costo del Material Reciclado del Relleno Yurak Kasha en el Año 2019

| Mes | Producción (t) | Valor |
|------------|-----------------------|--------------|
| Enero | 33900,00 | 6624,35 |



| | | |
|--------------|------------------|-----------------|
| Febrero | 35760 | 7624,4 |
| Marzo | 34130 | 5958,40 |
| Abril | 21600 | 3241,28 |
| Mayo | 26750,00 | 4029,98 |
| Junio | 26630,00 | 2785,33 |
| Julio | 32430,00 | 3065,66 |
| Agosto | 28700,00 | 3508,40 |
| Septiembre | 28500,00 | 3650,86 |
| Octubre | 23500,00 | 2716,56 |
| Noviembre | 30230,00 | 3340,51 |
| Diciembre | 0,00 | 0,00 |
| Total | 322130,00 | 46545,74 |

Nota. Fuente: EMMAIPC-EP, 2021

En relación al costo del material reciclado recuperado durante el año 2019, se tiene el valor total de USD \$46545.74. Como se observa, se puede recuperar dinero reciclando el material inorgánico, obteniendo un valor adicional que puede ayudar a contribuir con algunos gastos del relleno sanitario o beneficiando a recicladores, quienes día a día buscan este medio como sustento económico.

A su vez el reciclaje también ayuda a contribuir con el medio ambiente, evitando la contaminación y también aporta a disminuir la cantidad de desechos a disponer en la celda final.

Tabla 23

Producción Mensual (t) de Desechos Dispuestos en la Celda Final del Relleno Yurak Kasha 2019

| Mes | D. Inorgánico (t) | % Reciclado | Reciclado (t) | Dispuesto (t) |
|-------------------|------------------------------|--------------------|--------------------------|--------------------------|
| Enero | 590,03 | 5,75% | 33,9 | 556,13 |
| Febrero | 504,73 | 7,08% | 35,76 | 468,97 |
| Marzo | 539,35 | 6,33% | 34,13 | 505,22 |
| Abril | 533,28 | 4,05% | 21,6 | 511,68 |
| Mayo | 564,93 | 4,74% | 26,75 | 538,18 |
| Junio | 487,05 | 5,47% | 26,63 | 460,42 |
| Julio | 542,95 | 5,97% | 32,43 | 510,52 |
| Agosto | 494,15 | 5,81% | 28,7 | 465,45 |
| Septiembre | 502,99 | 5,67% | 28,5 | 474,49 |
| Octubre | 481,43 | 4,88% | 23,5 | 457,93 |
| Noviembre | 493,09 | 6,13% | 30,23 | 462,86 |
| Diciembre | 505,85 | 6,32% | 31,95 | 473,90 |
| Total 2019 | 6239,82 | | 354,08 | 5885,74 |

Nota. Fuente: EMMAIPC-EP, 2021

En la Tabla 23, se observa que en el año 2019 se tiene que de los desechos inorgánicos 6239.82 t, solo 354.08 t se recicla representando el 5.67%, mientras que 5885.74 t (94.33%), son dispuestos en la celda emergente del relleno sanitario



La producción mensual del material reciclado en el centro de gestión Yurak Kasha en el año 2020:

Tabla 24

Producción Mensual (t) y Porcentual de los Desechos Ingresados al Centro de Gestión Yurak Kasha- 2020

| Meses | Tipo de desecho | | Total (t) | Porcentaje de material reciclado en relación a la materia inorgánica ingresada |
|-------------------|-----------------|----------------|----------------|---|
| | Inorgánico | Orgánico | | |
| Enero | 571,05 | 246,34 | 817,39 | 5,77% |
| Febrero | 462,96 | 210,08 | 673,04 | 6,48% |
| Marzo | 477,41 | 245,46 | 722,87 | 0,92% |
| Abril | 376,67 | 200,72 | 577,39 | 0,00% |
| Mayo | 403,89 | 264,23 | 668,12 | 0,00% |
| Junio | 438,89 | 267,28 | 706,17 | 1,37% |
| Julio | 487,27 | 270,70 | 757,97 | 1,05% |
| Agosto | 427,05 | 263,18 | 690,23 | 3,86% |
| Septiembre | 514,27 | 234,83 | 749,10 | 3,44% |
| Octubre | 542,28 | 242,97 | 785,25 | 4,37% |
| Noviembre | 465,31 | 248,86 | 714,17 | 4,27% |
| Diciembre | 601,59 | 248,68 | 850,27 | 4,01% |
| Total 2020 | 5768,64 | 2943,33 | 8711,97 | |

Nota. Fuente: EMMAIPC-EP, 2021

**Tabla 25***Porcentaje de material reciclado recuperado en el año 2020*

| Tipo de material | Porcentaje |
|-------------------------|-------------------|
| Cartón | 12.52% |
| Dúplex | 1.38% |
| Papel blanco | 0.00% |
| Papel sucio | 0.00% |
| Cuaderno | 4.31% |
| Bot. Transparente | 7.08% |
| Bot negra | 0.00% |
| Bot. Azul | 0.00% |
| Bot. Aceite | 2.32% |
| Soplado | 7.51% |
| Fundas | 10.22% |
| Chatarra | 18.50% |
| Aluminio | 0.70% |
| Bronce | 0.00% |
| Cobre | 0.00% |
| Vidrio | 29.84% |
| Lona | 2.42% |
| Caucho | 0.97% |
| Duro | 2.22% |

Nota. Fuente: EMMAIPC-EP, 2021

En la Tabla 24, se presenta un total de desechos ingresados al relleno sanitario en el año 2020, se tiene un total de 8711.97 t, que ingresan al relleno sanitario, siendo un total de 5768.64 t (62.2%) de desecho inorgánico y 2943.33 t (33.78%) de desecho orgánico. Aprovechando durante todo el año de material inorgánico reciclable beneficiando a los grupos recicladores, cuyo medio de trabajo es el reciclaje. Como se puede observar en la Tabla 25, en el año 2020 el material con mayor porcentaje recuperado es el vidrio, seguido de la chatarra, cartón, etc.

Tabla 26

Producción Mensual (t) de Desechos Dispuestos en la Celda Final del Relleno Yurak Kasha 2020

| Mes | Inorgánico | % reciclado | Reciclado (t) | Dispuesto |
|-------------------|----------------|-------------|---------------|----------------|
| Enero | 571,05 | 5,77% | 32,97 | 538,08 |
| Febrero | 462,96 | 6,48% | 30,00 | 432,96 |
| Marzo | 477,41 | 0,92% | 4,39 | 473,02 |
| Abril | 376,67 | 0,00% | 0,00 | 376,67 |
| Mayo | 403,89 | 0,00% | 0,00 | 403,89 |
| Junio | 438,89 | 1,37% | 6,01 | 432,88 |
| Julio | 487,27 | 1,05% | 5,09 | 482,18 |
| Agosto | 427,05 | 3,86% | 16,48 | 410,57 |
| Septiembre | 514,27 | 3,44% | 17,69 | 496,58 |
| Octubre | 542,28 | 4,37% | 23,70 | 518,58 |
| Noviembre | 465,31 | 4,27% | 19,87 | 445,44 |
| Diciembre | 601,59 | 4,01% | 24,12 | 577,47 |
| Total 2020 | 5768,64 | | 180,33 | 5588,30 |

Nota. Fuente: EMMAIPC-EP, 2021

En el año 2020 se tiene que de los desechos inorgánicos 5768.64 t, solo 180.33 t se reciclan correspondientes al (3.13%), mientras que 5888.30 t (96.87%), son dispuestos en la celda emergente del relleno sanitario. En comparación con el año 2019, la cantidad de material reciclado disminuyó y por lo tanto se incrementó los desechos dispuestos en la celda final.

2. Determinación del poder calorífico

De la Tabla 19, composición porcentual de los desechos sólidos del relleno sanitario Yurak Kasha, se determinará el poder calorífico de los desechos sólidos urbanos: Cartón, papel, orgánicos, plásticos, metales, vidrios, tetrapack, telas y materiales textiles, lozas y cerámicas, caucho, cuero, lona.

Los desechos que no se considerarán para determinar el poder calorífico son: Desechos considerados como sanitarios: desechos comunes, pañales y las toallas (húmedas y sanitarias). Es importante destacar que los desechos como: focos, pilas, baterías, medicamentos, desechos electrónicos y envases agronómicos, estos desechos están establecidos como peligrosos en el Acuerdo Ministerial 142 publicado el Registro Oficial Suplemento N. 856, 21 de Diciembre del 2012, por lo que no se tomarán en consideración para el análisis.

En base a la metodología a aplicar, de carácter exploratoria, se basa en datos documentales recopilados. Los valores han sido seleccionados en base a un análisis de comparación de casos de estudio, establecidos en las Tablas 2, 3, 4 y 5, y expuestos en el capítulo 2. Estos valores permiten determinar la cantidad de energía de los desechos sólidos, estableciendo valores ajustables a la realidad de los sistemas de tratamientos de incineración de desechos sólidos. Es importante destacar, que para mayor precisión de los resultados, y en vinculación con futuras investigaciones,

es necesario obtener el poder calorífico real de los residuos y desechos gestionados y dispuestos en Yurak Kasha.

2.1.Primer Escenario.

Se procederá a determinar el poder calorífico de todos los desechos que ingresan al relleno sanitario de Yurak Kasha, tanto orgánicos como inorgánico con la finalidad de determinar la energía que estos pueden proporcionar al ser incinerados.

- **Solución**

En base a la Tabla 19, se procede a determinar el contenido de energía que aportan los desechos sólidos en el primer escenario.

Tabla 27

Cálculo del poder calorífico presente en la composición porcentual de los desechos sólidos no peligrosos urbanos del Rellenos Yurak Kasha

| | | Total de desechos kg | Total de desechos 1kg= 2.204 lb | PCI (BTU/ lb) | Energía Total (BTU) |
|--------------|-----------------------------------|-------------------------|------------------------------------|----------------------------------|------------------------------|
| | | | | Según las tablas 2,3,4 y 5 | PCI (BTU/ lb)* Total (lb) |
| PAPEL | Periódico | 0,35 | 0,77 | 7992 | 6165,03 |
| | Kraft | 0,58 | 1,28 | 7200 | 9203,90 |
| | Bond y blanqueado impreso | 0,35 | 0,77 | 7200 | 5554,08 |
| | Bond y blanqueado sin imprimir | 0,34 | 0,75 | 7200 | 5395,39 |
| | Papel de cuaderno | 0,23 | 0,51 | 7200 | 3649,82 |
| | | | | | |



| | | Total de desechos kg | Total de desechos 1kg= 2.204 lb | PCI (BTU/ lb) | Energía Total (BTU) |
|-----------|---|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------------|------------------------------|
| | | | | Según las tablas 2,3,4 y 5 | PCI (BTU/ lb)* Total (lb) |
| | Revistas | 0,28 | 0,62 | 5270 | 3252,22 |
| CARTÓN | Plegadizo | 1,16 | 2,56 | 7000 | 17896,48 |
| | Grueso | 0,72 | 1,59 | 7000 | 11108,16 |
| ORGÁNICO | | 46,31 | 102,07 | 2000 | 204134,48 |
| PLÁSTICOS | PET (Polietileno) | 0,92 | 2,03 | 10318 | 20921,60 |
| | HDPE (Polietileno de alta densida) | 5,26 | 11,59 | 9458 | 109646,97 |
| | PVC (Policloruro de vinilo) | 0,18 | 0,40 | 8169 | 3240,81 |
| | LDPE (Polietileno de baja densidad) | 8,28 | 18,25 | 12038 | 219682,91 |
| | PP (Polipropileno) | 1,09 | 2,40 | 18917 | 45445,44 |
| | PS- expandido Poliestireno expandido | 0,41 | 0,90 | 17627 | 15928,46 |
| | PS-(Poliestireno) | 0,29 | 0,64 | 17627 | 11266,47 |
| METALES | Hierro y acero (M. Ferroso) | 0,38 | 0,84 | 300 | 251,26 |
| | Bronce (M. No ferrosos) | 0,01 | 0,02 | Recicla | Recicla |
| | Cobre (M. No ferrosos) | 0 | 0,00 | Recicla | Recicla |



| | Total de desechos kg | Total de desechos 1kg= 2.204 lb | PCI (BTU/ lb) | Energía Total (BTU) | |
|-------------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|----------------------------|---------------------------|--------------|
| | | | Según las tablas 2,3,4 y 5 | PCI (BTU/ lb)* Total (lb) | |
| | Aluminio (M. No ferrosos) | 0,23 | 0,51 | Recicla | Recicla |
| VIDRIO | Transparente | 0,51 | 1,12 | 60 | 67,44 |
| | Verde | 0,07 | 0,15 | 60 | 9,26 |
| | Otros Colores | 0,75 | 1,65 | 60 | 99,18 |
| DESECHOS COMUNES | | 4,21 | 9,28 | D. Sanitario | D. Sanitario |
| TETRAPACK | | 0,32 | 0,71 | 7000 | 4936,96 |
| MADERA | | 0,35 | 0,77 | 6640 | 5122,10 |
| FOCOS COMUNES | | 0,01 | 0,02 | D. Peligroso | D. Peligroso |
| FOCOS AHORRADOR | | 0,00 | 0,00 | D. Peligroso | D. Peligroso |
| PILAS | Pilas Botón | 0,00 | 0,00 | D. Peligroso | D. Peligroso |
| | Pilas Prismaticas y de petaca | 0,00 | 0,00 | D. Peligroso | D. Peligroso |
| | Pilas cilindricas | 0,03 | 0,07 | D. Peligroso | D. Peligroso |
| BATERIAS | Vehiculo | 0,00 | 0,00 | D. Peligroso | D. Peligroso |
| | Celular | 0,00 | 0,00 | D. Peligroso | D. Peligroso |
| TELAS Y MATERIALES TEXTILES | | 1,67 | 3,68 | 7500 | 27605,10 |
| PAÑALES | | 5,65 | 12,45 | D. Sanitario | D. Sanitario |
| TOALLAS SANITARIAS Y HÚMEDAS | | 0,46 | 1,01 | D. Sanitario | D. Sanitario |



| | Total de desechos kg | Total de desechos 1kg= 2.204 lb | PCI (BTU/ lb) | Energía Total (BTU) |
|--------------------------|-------------------------|------------------------------------|----------------------------------|------------------------------|
| | | | Según las tablas 2,3,4 y 5 | PCI (BTU/ lb)* Total (lb) |
| LOZAS Y CERÁMICAS | 0,57 | 1,26 | ----- | ----- |
| TIERRA | 3,88 | 8,55 | 3000 | 25654,56 |
| CAUCHO | 0,46 | 1,01 | 10000 | 10138,40 |
| CUERO | 0,81 | 1,79 | 7500 | 13389,30 |
| MEDICAMENTOS | 0,06 | 0,13 | D. Peligroso | D. Peligroso |
| DESECHOS ELECTRÓNICOS | 0,07 | 0,15 | D. Peligroso | D. Peligroso |
| LONA | 0,03 | 0,07 | 18917 | 1250,79 |
| ENVASES AGROQUÍMICOS | 0 | 0,00 | D. Peligroso | D. Peligroso |
| TOTAL | 87,28 | 192,37 | 213253,00 | 781016,58 |

Nota. Fuente: Elaboración propia a base de datos proporcionados por la EMMAIPC-EP, 2021.

En base a los datos obtenidos en la Tabla 27. Se tiene:

$$\text{Contenido de energía: } \frac{\text{BTU}}{\text{lb}} = \frac{781016.58}{192.37} = 4059.97 \frac{\text{BTU}}{\text{lb}}$$

Para determinar el contenido de energía en $\frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$ se tiene que $1 \frac{\text{BTU}}{\text{lb}}$ es igual a $2.326 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$

$$\text{Contenido de energía: } \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} = 4059.97 \frac{\text{BTU}}{\text{lb}} * 2.326 = 9443.49 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

Para determinar el contenido de energía en $\frac{\text{MJ}}{\text{kg}}$ se tiene que $1 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$ es igual a $0.001 \frac{\text{MJ}}{\text{kg}}$



$$\text{Contenido de energía: } 9443.49 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} = 9.44 \frac{\text{MJ}}{\text{kg}}$$

Para determinar el contenido de energía en $\frac{\text{kcal}}{\text{kg}}$ se tiene que $1 \frac{\text{MJ}}{\text{kg}}$ es igual a $238.85 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}}$

$$\text{Contenido de energía: } = 9.44 \frac{\text{MJ}}{\text{kg}} * 238.85 = 2254.74 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}}$$

Resultado obtenido del contenido de energía del escenario 1:

Tabla 28

Resultado del Contenido de Energía de los Desechos Sólidos No peligrosos- Escenario 1

| | Contenido de energía |
|---------------------------|----------------------|
| ENERGÍA [Kcal/kg]: | 2254.74 |

Fuente: Autor

2.2.Segundo Escenario.

En el segundo escenario se procederá a determinar el poder calorífico de todos los desechos inorgánicos que ingresan al relleno sanitario, en este caso los desechos orgánicos no se tomarán en consideración porque en el caso del centro de gestión Yurak Kasha, el 100% de material orgánico es tratado mediante una planta de tratamiento de desechos orgánicos, obteniendo abono orgánico.

- **Solución**

En la Tabla 27, se obtuvo el peso total de la caracterización de **192.37 lb** de desechos, según la composición dada en la Tabla 19. A su vez también se obtuvo el contenido de energía total que proporcionan los desechos de **781016,58 Btu**. A partir de estos datos, se procede a



determinar el poder calorífico de los desechos inorgánicos tomando en cuenta la recuperación de los desechos orgánicos en un 100%.

Contenido de energía, 100%, **materia orgánica**

$$= 204134.48 \text{ Btu, vea Tabla 27}$$

Peso de 100 % de **materia orgánica**

$$= 102.07 \text{ lb} = 46.31 \text{ kg, vea Tabla 27}$$

Se procede a determinar el contenido de energía total, después de haber recuperado el materia orgánica.

Energía total después de la recuperación:

$$= (\text{Total de energía} - \text{energía de los desechos orgánicos}) = \text{Total de desechos inorgánicos}$$

$$= (781016,58 - 204134.48) \text{ Btu, vea Tabla 27}$$

$$= 576882.10 \text{ Btu}$$

$$\text{Contenido de energía: } \frac{\text{BTU}}{\text{lb}} = \frac{576882.10}{192.37} = 2998.82 \frac{\text{BTU}}{\text{lb}}$$

Para determinar el contenido de energía en $\frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$ se tiene que $1 \frac{\text{BTU}}{\text{lb}}$ es igual a $2.326 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$

$$\text{Contenido de energía: } \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} = 2998.82 \frac{\text{BTU}}{\text{lb}} * 2.326 = 6975.24 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

Para determinar el contenido de energía en $\frac{\text{MJ}}{\text{kg}}$ se tiene que $1 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$ es igual a $0.001 \frac{\text{MJ}}{\text{kg}}$

$$\text{Contenido de energía: } 6975.24 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} = 6.97 \frac{\text{MJ}}{\text{kg}}$$



Para determinar el contenido de energía en $\frac{\text{kcal}}{\text{kg}}$ se tiene que $1 \frac{\text{MJ}}{\text{kg}}$ es igual a $238.85 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}}$

$$\text{Contenido de energía: } = 6.97 \frac{\text{MJ}}{\text{kg}} * 238.85 = 1664.78 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}}$$

Resultado obtenido del contenido de energía del escenario 2:

Tabla 29

Resultado del Contenido de Energía de los Desechos Sólidos No Peligrosos- Escenario 2

| | Contenido de energía |
|---------------------------|----------------------|
| ENERGÍA [Kcal/kg]: | 1664.78 |

Nota. Fuente: Autor

2.3.Tercer Escenario.

Se procederá a determinar el poder calorífico de todos los desechos inorgánicos menos el material inorgánico reciclado recuperado, este caso es lo que sucede en la realidad en el centro de gestión Yurak Kasha, debido a que actualmente se cuenta con una planta de aprovechamiento mecánica y manual.

- **Solución**

De la Tabla 27, el contenido de energía total es igual a 781016.58 Btu, y el peso total es de 192.37 lb.

En base a la Tabla 21, porcentaje de material reciclado inorgánico recuperado en el año 2019, se procede a calcular el contenido de energía de los desechos inorgánicos recuperables son:

Contenido de energía, 11.97 % de **cartón**



$$= 0.1197(17896,48+ 11108.16)\text{Btu, vea Tabla 27}$$

$$= 0.1197(29004.64)\text{Btu}$$

$$=3471.86 \text{ Btu}$$

Peso de 11.97 % de **cartón**

$$= 0.1197(2.56+1.59)\text{lb, vea Tabla 27}$$

$$=0.50 \text{ lb} = 0.23 \text{ kg}$$

Contenido de energía, 2.63% de **dúplex**

$$= 0.0263(17896,48+ 11108.16)\text{Btu, vea Tabla 27}$$

$$= 0.0263(29004.64)\text{Btu}$$

$$=762.82 \text{ Btu}$$

Peso de 2.63 % de **dúplex**

$$= 0.0263(4.14 \text{ lb}), \text{ vea Tabla 267} = 0.108 \text{ lb} = 0.048 \text{ kg}$$

Contenido de energía, 7.19 % **papel de cuaderno**

$$= 0.0719(3649.82)\text{Btu, vea Tabla 27}$$

$$=262.42 \text{ Btu}$$

Peso de 7.19 % de **papel de cuaderno**

$$= 0.0179(0.51\text{lb}), \text{ vea Tabla 27}$$

$$=0.0092\text{lb} = 0.0041 \text{ kg}$$



Contenido de energía, 10.23% de **botellas de plástico transparente** y 1.81% de **botellas de aceite**.

Entre las botellas de plástico transparentes que se pueden encontrar son botellas de agua, refrescos, jugos, aceites, etc. Todas estas son elaboradas a base de PET, por lo que pueden ser recicladas.

$$=0.1023+0.0181 (20921.60)\text{Btu, vea Tabla 27}$$

$$=0.12(20921.60)\text{Btu}$$

$$=2510.59 \text{ Btu}$$

Peso de 10.23% de **botellas de plástico transparente** y 1.81% de **botellas de aceite**

$$= 0.1023+0.0181(2.03 \text{ lb}), \text{vea Tabla 27}$$

$$=0.244 \text{ lb} = 0.11\text{kg}$$

Contenido de energía, 8.61% **soplado (polietileno de alta densidad)**

En reciclaje de material como soplado se considera en polietileno de alta densidad soplado estos se encuentran en productos como envases de la leche, envases de detergentes, etc.

$$=0.0861 (109646.97)\text{Btu, vea Tabla 27}$$

$$=9440.60 \text{ Btu}$$

Peso de 8.61% **soplado**

$$= 0.0861(11.59 \text{ lb}), \text{vea Tabla 27}$$

$$=0.99 \text{ lb} = 2.18 \text{ kg}$$

Contenido de energía, 18.80% **fundas plásticas**



En el caso de las fundas plásticas están elaboradas por polietileno de alta densidad que son las fundas que se encuentran comunmente en el mercado o tiendas y las fundas mas duras están hechas de polietileno de baja densidad.

$$=0.1880 (109646.97+219682.91)\text{Btu, vea Tabla 27}$$

$$=61914.01 \text{ Btu}$$

Peso de 18.61% **fundas plásticas**

$$= 0.1861(11.59+18.25) \text{ lb, vea Tabla 27}$$

$$=5.61 \text{ lb} = 2.54 \text{ kg}$$

Contenido de energía, 13.49% **chatarra**

En el caso de la chatarra en su mayoría se compone por los metales.

$$=0.1349 (251.26)\text{Btu, vea Tabla 27}$$

$$=33.89 \text{ Btu}$$

Peso de 13.49 % **chatarra** y 0.65% de **aluminio**

$$= 0.1349+0.0065(0.38+0.01+0.23) \text{ lb, vea Tabla 27}$$

$$=0.14(0.62) \text{ lb}$$

$$= 0.084 \text{ lb}=0.039 \text{ kg}$$

Contenido de energía, 19.26 % **vidrio**

$$=0.1926(67.44+9.26+99.18)\text{Btu, vea Tabla 27}$$

$$=0.1926(175.88) \text{ Btu}$$

$$=33.87 \text{ Btu}$$

Peso de 19.26 % **vidrio**

$$= 0.1926(1.12+0.15+1.65) \text{ lb, vea Tabla 27}$$

$$=0.1926(2.92) \text{ lb}$$



$$= 0.56 \text{ lb} = 0.25 \text{ kg}$$

Contenido de energía, 1.46 % **lona-polipropileno**

$$= 0.0146(1922.11) \text{ Btu, vea Tabla 27}$$

$$= 28.61 \text{ Btu}$$

Peso de 1.46 % **lona-polipropileno**

$$= 0.0146(0.07) \text{ lb, vea Tabla 27}$$

$$= 0.001 \text{ lb} = 0.00045 \text{ kg}$$

Contenido de energía, 1.04 % **caucho**

$$= 0.014(10138.40) \text{ Btu, vea Tabla 27}$$

$$= 141.93 \text{ Btu}$$

Peso de 1.04% **caucho**

$$= 0.014(1.01) \text{ lb, vea Tabla 27}$$

$$= 0.014 \text{ lb} = 0.0063 \text{ kg}$$

Contenido de energía, 2.86% **duro - policloruro de vinilo**

$$= 0.0286(3240.81) \text{ Btu, vea Tabla 27}$$

$$= 92.68 \text{ Btu}$$

Peso de 2.86% **duro-- policloruro de vinilo**

$$= 0.0286(0.4) \text{ lb, vea Tabla 27}$$

$$= 0.011 \text{ lb} = 0.0049 \text{ kg}$$

Resultados obtenidos son:

**Tabla 30***Contenido de energía del Material Reciclado*

| Material Reciclado | Contenido de energía (Btu) | Peso (lb) |
|---------------------------|-----------------------------------|------------------|
| Cartón | 3471,86 | 0,5 |
| Dúplex | 762,82 | 0,108 |
| Papel de cuaderno | 262,42 | 0,0092 |
| Bot. Plástico y aceite | 2510,59 | 0,244 |
| Soplado | 9440,6 | 0,99 |
| Fundas Plásticas | 61914,01 | 5,61 |
| Chatarra | 33,89 | 0,084 |
| Vidrio | 33,87 | 0,56 |
| Lona | 28,61 | 0,001 |
| Caucho | 141,93 | 0,014 |
| Duro | 92,68 | 0,011 |
| Total | 78693,28 | 8,13 |

Nota. Fuente: Autor

Se procede a determinar el contenido de energía total, después de haber recuperado el material reciclado de los desechos inorgánicos.

Energía total después de la recuperación:

$$= (\text{Total de energía} - \text{energía de los desechos orgánicos}) = \text{Total de energía inorgánicos}$$

$$= (781016.58 - 204134.48) = 576882.1 \text{ Btu, vea en la Tabla 27}$$

$$= (576882.1 - 78693,28) \text{ Btu, vea en la Tabla 27}$$



$$= 498188.82 \text{ Btu}$$

Peso total después de la recuperación

$$= \text{Peso total} - \text{Peso del material reciclado}$$

$$= (192.37 - 8.13) \text{ lb, vea en la Tabla 27}$$

$$= 184.23 \text{ lb} = 83.56 \text{ kg}$$

$$\text{Contenido de energía: } \frac{\text{BTU}}{\text{lb}} = \frac{498188.82}{184.23} = 2704.16 \frac{\text{BTU}}{\text{lb}}$$

Para determinar el contenido de energía en $\frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$ se tiene que $1 \frac{\text{BTU}}{\text{lb}}$ es igual a $2.326 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$

$$\text{Contenido de energía: } \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} = 2704.16 \frac{\text{BTU}}{\text{lb}} * 2.326 = 6289.89 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

Para determinar el contenido de energía en $\frac{\text{MJ}}{\text{kg}}$ se tiene que $1 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$ es igual a $0.001 \frac{\text{MJ}}{\text{kg}}$

$$\text{Contenido de energía: } 6289.89 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} = 6.28 \frac{\text{MJ}}{\text{kg}}$$

Para determinar el contenido de energía en $\frac{\text{kcal}}{\text{kg}}$ se tiene que $1 \frac{\text{MJ}}{\text{kg}}$ es igual a $238.85 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}}$

$$\text{Contenido de energía: } = 6.28 \frac{\text{MJ}}{\text{kg}} * 238.85 = 1499.97 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}}$$

Resultado obtenido del contenido de energía del escenario 3:

Tabla 31

Resultado del Contenido de Energía de los Desechos Sólidos No Peligrosos- Escenario 3

| Contenido de energía | |
|---------------------------|---------|
| ENERGÍA [kcal/kg]: | 1499.97 |

Nota. Fuente: Autor



3. Determinación de la humedad de los desechos sólidos

Con uso de las Tablas 8 y 9, se procedió al cálculo de la humedad representativa de la composición porcentual de desechos Tabla 19, obteniéndose el siguiente resultado:

Tabla 32

Contenido de Humedad de los Desechos del Relleno Sanitario Yurak Kasha

| | | Composición % | Contenido de Humedad % Según las Tablas 8 y 9 | Humedad Resultante % |
|------------------|--|--------------------------|--|-------------------------------------|
| PAPEL | Periódico | 0,40 | 6,00 | 0,02 |
| | Kraft | 0,66 | 6,00 | 0,04 |
| | Bond y blanqueado impreso | 0,40 | 6,00 | 0,02 |
| | Bond y blanqueado sin imprimir | 0,39 | 6,00 | 0,02 |
| | Papel de cuaderno | 0,26 | 6,00 | 0,02 |
| | Revistas | 0,32 | 6,00 | 0,02 |
| CARTÓN | Plegadizo | 1,33 | 5,00 | 0,07 |
| | Grueso | 0,82 | 5,00 | 0,04 |
| ORGÁNICO | | 53,06 | 75,00 | 39,79 |
| PLÁSTICOS | PET (Polietileno) | 1,05 | 4,00 | 0,04 |
| | HDPE (Polietileno de alta densidad) | 6,03 | 4,00 | 0,24 |



| | | Composición % | Contenido de Humedad % Según las Tablas 8 y 9 | Humedad Resultante % |
|-------------------------|--|--------------------------|--|-------------------------------------|
| | PVC (Policloruro de vinilo) | 0,21 | 4,00 | 0,01 |
| | LDPE (Polietileno de baja densidad) | 9,49 | 4,00 | 0,38 |
| | PP (Polipropileno) | 1,25 | 4,00 | 0,05 |
| | PS- expandido (Poliestireno expandido) | 0,47 | 4,00 | 0,02 |
| | PS-(Poliestireno) | 0,33 | 4,00 | 0,01 |
| METALES | Hierro y acero (M. Ferrosos) | 0,44 | 3,00 | 0,01 |
| | Bronce (M. No ferrosos) | 0,01 | 3,00 | 0,00 |
| | Cobre (M. No ferrosos) | 0,00 | 3,00 | 0,00 |
| | Aluminio (M. No ferrosos) | 0,26 | 3,00 | 0,01 |
| VIDRIO | Transparente | 0,58 | 3,00 | 0,02 |
| | Verde | 0,08 | 3,00 | 0,00 |
| | Otros Colores | 0,86 | 3,00 | 0,03 |
| DESECHOS COMUNES | | 4,82 | 70,00 | 3,38 |
| TETRAPACK | | 0,37 | 4,70 | 0,02 |
| MADERA | | 0,40 | 24,00 | 0,10 |
| PILAS | Pilas prismáticas y de petaca | 0,00 | | |
| | Pilas cilíndricas | 0,03 | | |



| | | Composición % | Contenido de Humedad % Según las Tablas 8 y 9 | Humedad Resultante % |
|-------------------------------------|----------|---------------|---|----------------------|
| BATERIAS | Vehiculo | 0,00 | | |
| | Celular | 0,00 | | |
| TELAS Y MATERIALES TEXTILES | | 1,91 | 19,00 | 0,36 |
| PAÑALES | | 6,47 | 70,00 | 4,53 |
| TOALLAS SANITARIAS Y HÚMEDAS | | 0,53 | 70,00 | 0,37 |
| LOZAS Y CERÁMICAS | | 0,65 | | |
| TIERRA | | 4,45 | 60,00 | 2,67 |
| CAUCHO | | 0,53 | 2,00 | 0,01 |
| CUERO | | 0,93 | 10,00 | 0,09 |
| MEDICAMENTOS | | 0,07 | | |
| DESECHOS ELECTRÓNICOS | | 0,08 | | |
| LONA | | 0,03 | 2,00 | 0,00 |
| ENVASES AGROQUÍMICOS | | 0,00 | | |
| TOTAL | | 100,00 | | 52,39 |

Nota. Los valores vacios representan a los desechos considerados como peligrosos, por lo que no se considera su humedad para el cálculo. Fuente: Autor

Según la Tabla 32, el contenido de humedad de la composición porcentual de los desechos del relleno Yurak Kasha es de un 52.39%.



4. Determinación de la capacidad posible o rendimiento de una planta de incineración

De acuerdo con los datos suministrados por el Inec, el crecimiento totalizado de la población de los cantones que conforman la Mancomunidad Cañarí se observa en la Tabla 13.

El flujo de masa y la cantidad de energía que se puede generar será calcula en base a la Ecuación 1 y 2, presentadas anteriormente:

El flujo de masa

$$M = \frac{PPC * Ma}{24}$$

En donde:

Ma= número de habitantes

P.P.C=Producción per cápita de basuras

Tomando los datos del 2019

P.P.C = 0.6469 Kg/hab*día, vea Tabla 14

Ma=110356 hab, vea Tabla 13

O sea:

$$= \frac{0.6469\text{kg/hab. día} * 110356\text{hab}}{24 \text{ horas/día}} = 2974.55 \frac{\text{kg}}{\text{hora}}$$

Este flujo de masa tiene diferentes variaciones sobre todo estacionales y también debido a deficiencias de recolección, pero al establecer un sistema para quemar desechos se tiene que asegurar la completa recolección y además proveer a la planta con un almacenamiento de desechos para prever las variaciones diarias (Morales, 1981).



$$\mathbf{Erec} = \frac{M * PCI * nT}{860} \text{ KW}$$

En donde:

Ma = flujo de masa de residuos kg/hora

PCI = Poder Calorífico Inferior en Kcal/kg

nT= Eficiencia o rendimiento total de la planta

$$nT = n_c \times n_{tu} \times n_g$$

n_c = eficiencia de la caldera , n_{tu} = eficiencia de la turbina , n_g =eficiencia del generador

860 es el factor de conversión Kcal/kW-hora

Se tiene los siguientes datos:

$$Ma = 2974.55 \text{ kg/hora}$$

$$PCI \text{ primer escenario} = 9,44 \text{ MJ/kg} = 2254.71 \text{ Kcal/kg}$$

$$PCI \text{ segundo escenario} = 6.97 \text{ MJ/kg} = 1674.66 \text{ Kcal /kg}$$

$$PCI \text{ tercer escenario} = 6.28 \text{ MJ/kg} = 1495.18 \text{ Kcal /kg}$$

Para determinar el nT, se utilizó la información utilizada por Morales (1981) en donde establece que de acuerdo con datos experimentales obtenidos de instalaciones en funcionamiento, una caldera de este tipo inicia su operación con eficiencias del orden de 60 a 70% para un combustible de poder calorífico inferior, superior a 1500 Kcal/Kg, debido a la heterogeneidad del material quemado estos se aíslan parcialmente los tubos y el rendimiento baja en un 20 a 30%. Por lo que se consideró los siguientes rendimiento para la caldera de 40%, eficiencia de la turbina un 75% y para la eficiencia de la caldera un 95%, todos estos datos son impuestos.



$$nT = n_c \times n_{tu} \times n_g$$

$$nT = 0.4 \times 0.75 \times 0.95 = 0.285$$

$nT = 28.5\%$ de rendimiento de la planta

860 es el factor de conversión Kcal/kW-hora

De acuerdo con lo anterior la capacidad de la planta de incineración;

Energía recuperada o rendimiento del sistema de incineración- primer escenario:

$$E_{rec} = \frac{2974.55 \text{ kg/hora} * 2254.71 \text{ Kcal/kg} * 0.285}{860 \text{ Kcal/kW} - \text{hora}} \text{ KW} = 2222.59 \text{ KW}$$

Energía recuperada o rendimiento del sistema de incineración- segundo escenario:

$$E_{rec} = \frac{2974.55 \text{ kg/hora} * 1674.66 \text{ Kcal/kg} * 0.285}{860 \text{ Kcal/kW} - \text{hora}} = 1650.79 \text{ KW}$$

Energía recuperada o rendimiento del sistema del incineración-tercer escenario:

$$E_{rec} = \frac{2974.55 \text{ kg/hora} * 1495.18 \text{ Kcal/kg} * 0.285}{860 \text{ Kcal/kW} - \text{hora}} = 1473.87 \text{ KW}$$

Tabla 33

Resultados obtenidos del rendimiento de una planta de incineración

| | Rendimiento | |
|-------------------|-------------|---------|
| Primer Escenario | 2222.59 Kw | 2.22 Mw |
| Segundo Escenario | 1650.79 Kw | 1.65 Mw |
| Tercer Escenario | 1473.87 Kw | 1.47 Mw |

Fuente: Autor



5. Determinación aproximada del costo de incineración de los desechos del Relleno Yurak Kasha

En base a la tabla 20, se tiene que en el año 2019 de las 9158.11 t ingresadas al relleno Yurak Kasha, solo 5885.74 t han sido dispuestas en la celda emergente. Con estos datos se determinara un costo aproximado de la implementación de un sistema de incineración.

Tabla 34

Costo de Incineración de Desechos Sólidos Urbanos

| Costo (rangos típicos) | |
|--|--|
| Inicial (Instalado) =U\$S 80.000 A 130.000 por tonelada día de capacidad | |
| El costo varía según la tecnología escogida | |
| Costo por tonelada: U\$S20 a U\$S 60/t residuos o desechos no peligrosos | |
| U\$S400 a U\$S 1000/t residuos peligrosos | |

Fuente: (CEMPRE URUGUAY & Arocena, 1998)

Según la Tabla 34, se tiene que el costo por tonelada de desechos no peligrosos varia en un rango de 20 a 60\$ por tonelada incinerada, entonces se tiene;

Tabla 35

Determinación del Costo Aproximado de Incinerar los Desechos

| | |
|---|------------|
| Toneladas dispuestas en el relleno -2019 | 5885.74 t |
| Costo por tonelada (50\$ este dato es impuesto) | 50\$ |
| Costo total- año 2019 | 294.287 \$ |

Fuente: Autor

4.5. Análisis de Factibilidad

Por su parte, Ibrahim et al. (2016) y GIZ (2017), considera que el valor calorífico es un parámetro muy importante para establecer una tecnología de conversión a generación de energía.

En base de los datos obtenidos en el análisis técnico, en cuanto al contenido de energía, humedad, rendimiento de la incineradora y costo, se procede a hacer un análisis para determinar si es o no factible la incineración de desechos sólidos no peligrosos en nuestro caso de estudio

- Factibilidad con respecto al contenido de energía de los desechos

Para determinar la factibilidad se realizará una comparación de datos entre los resultados obtenidos en el análisis técnico- ambiental, con los datos establecidos en los diferentes artículos científicos y se contrastaron con las realidades presentadas por varios autores en estudios sobre el contenido de energía que deben contener los desechos sólidos urbanos para ser factibles a incinerar.

De acuerdo a los referentes bibliográficos se tiene:

Tabla 36

Rango del Poder Calorífico Inferior de Desechos Sólidos Urbanos

| Autor | Rango del PCI |
|---|---|
| (Morales, 1981) y (Tchobanoglous et al., 1982) | PCI de no menos de 1000 kcal/kg |
| (The World Bank, 1999) | PCI durante todo el año debe ser al menos de 1671.92 kcal/kg y nunca inferior a 1552.5 kcal/kg . |
| (Igoni et al., 2007) | El PCI de 1700 kcal/kg |



| Autor | Rango del PCI |
|----------------------------|--|
| (Talyan et al., 2008) | El PCI no debe ser inferior a 1200 kcal/kg, para la generación de energía. |
| (Wildmark, 2009) | El PCI de 1600 kcal/kg . |
| (Miguel de Santiago, 2010) | PCI maximo de 3819.14 kcal/kg, sin embargo este autor considera que este valor es relativamente bajo, siendo uno de estos los factores que elevan el costo de la energía producida. |
| (Manrique et al., 2010) | El PCI se encuentra en un rango de 1450 a 3314 kcal/kg. |
| (Muruais & Maíllo, 2010) | El PCI se encuentra en un rango entre 1400 a 4500 kcal/kg. |
| (Calvachi & Navarro, 2013) | El PCI se encuentra entre un rango de 1500 a 2200 Kcal/Kg . |
| (CONICET, 2018) | Según este estudio realizado en Ecuador, establece que el rango del poder calorifico de los desechos sólidos urbanos se encuentran entre desde 1200 kcal/kg, teniendo un valor promedio de 2800 kcal/kg para ciudades grandes y 1700 kcal/kg para ciudades pequeñas. |

Fuente:Autor.

En base a los datos recopilados de la Tabla 36, se establece que el rango que se considera para que un desecho sea factible se tomará el valor mínimo de 1000 a 4500 kcal/kg, para su autocombustión, este rango se ha establecido en base a la comparación de datos propuestos por los autores antes mencionados.



En el primer escenario se realizó el cálculo del poder calorífico de todos los desechos que ingresan al relleno sanitario (orgánicos e inorgánicos) obteniendo un valor de 2254.70 kcal/kg, este valor se encuentra dentro del rango establecido (1000 a 4500 kcal/kg). Sin embargo este escenario aunque cumple con PCI establecido, es el que menos favorable es debido a que al tener a los desechos orgánicos dentro de su proceso, estos presentan un alto contenido de humedad, lo que produce una disminución del contenido de energía presente, reduciendo la capacidad de rendimiento de una incineradora, por lo que este escenario será considerado como no favorable para la incineración de desechos.

En el segundo escenario se realizó el cálculo del poder calorífico de los desechos inorgánicos, obteniendo un valor de 1664.75 kcal/kg, este valor se encuentra dentro del rango establecido (1000 a 4500 kcal/kg), por lo que se puede decir que es favorable la incineración de desechos. En este caso los plásticos, papel, cartón, juegan un papel importante para aportar energía en la incineración de desechos.

En el tercer escenario se realizó el cálculo del poder calorífico de los desechos inorgánicos sin contar con el material reciclado, este caso es el que actualmente se maneja en el relleno sanitario Yurak Kasha. Debido a que este centro de gestión cuenta con una planta de aprovechamiento de desechos orgánicos rescatando el 100% de ellos, y un sistema de aprovechamiento de inorgánicos mediante recicladores que manualmente clasifican los desechos rescatables, obteniendo así un dinero extra de la venta de este material ayudando en la sustentabilidad del servicio de gestión integral del relleno.

El resultado de contenido de energía obteniendo en este escenario es de 1499.95 kcal/kg, estando dentro del rango establecido (1000 a 4500 kcal/kg), por lo que se puede decir que es factible el contenido de energía de los desechos.

- Factibilidad con respecto a la humedad

El contenido máximo de humedad que debe tener un desecho sólido urbano debe ser no mayor a 55%, para que sea considerado como materia prima para la incineración (Alonso, Martínez y Olías, 2003). Todos los desechos que forman parte de la composición porcentual presentada en la Tabla 19, presentaron contenidos de humedad necesarias para ser consideradas como materia prima para dicho proceso, sin embargo la materia orgánica y tierra presenta un valor por encima del máximo establecido (55%), por lo tanto no podrían estos desechos ser utilizado como materia prima para procesos de incineración.

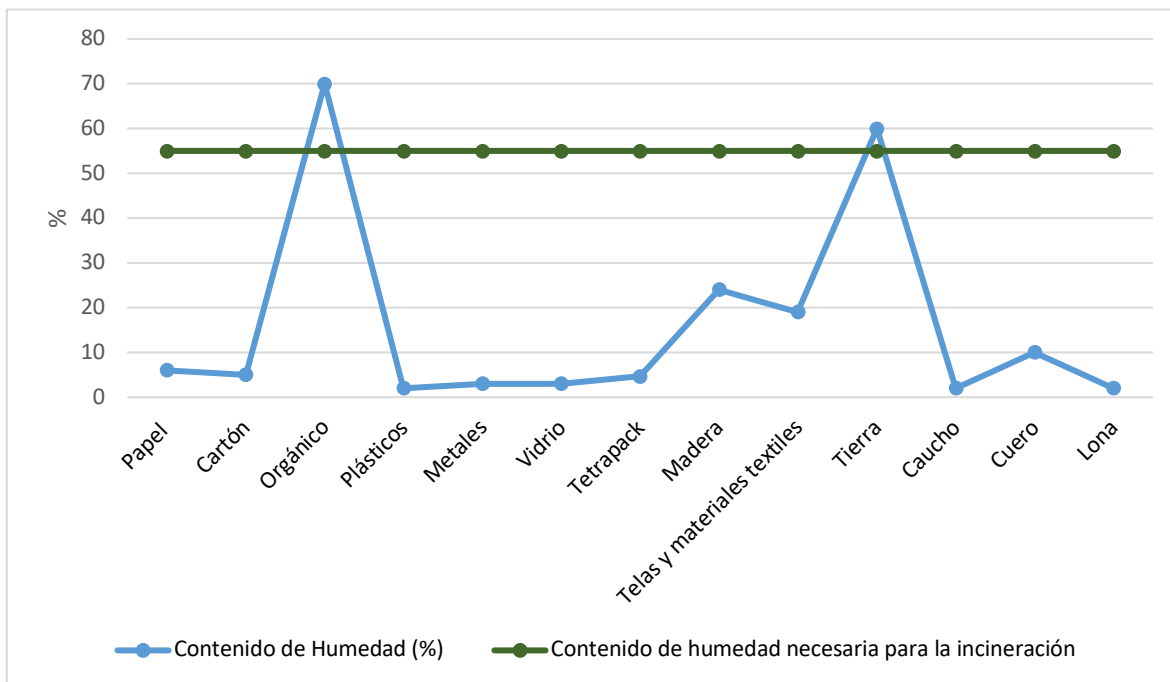


Ilustración 19. Contenido de Humedad de los desechos sólidos

Fuente: Autor

- **Factibilidad con respecto capacidad posible o rendimiento de una planta de incineración**

El rendimiento de un sistema de incineración depende del poder calorífico del desecho tratado, ya que al aumentar el PCI incrementa el rendimiento, debido a que el volumen de gases de combustión es relativamente mayor para valores mayores PCI. Cuanto menor sea, menor energía será generada en el sistema, por lo que baja el rendimiento del incinerador (Castells, 2005).

Tabla 37

Estimaciones de rendimiento de un incinerador

| Capacidad de tratamiento RSU (t/día) | de | Energía Eléctrica | | Residencias servidas a media de 140 kwh/mes | |
|--------------------------------------|----|-------------------|--------------------|---|--------|
| | | Potencia Efectiva | Energía Exportable | | |
| | | | Mwh/d | Mwh/año | |
| 150 | | | | | |
| 1 módulo | | 3.2 MW | 62.4 | 21.216 | 13.370 |
| 300 | | | | | |
| 2 módulos | | 6.4 MW | 124.8 | 42.432 | 26.740 |
| 600 | | | | | |
| 4 módulos | | 12.8 MW | 249.6 | 84.864 | 43.480 |

Fuente: (Miguel de Santiago, 2010).

En base a la Tabla 37, se realizará un análisis con relación a los resultados obtenidos de 2.22 MW para el primer escenario, 1.65 MW para el segundo escenario, 1.47 MW para el tercer escenario. Como se puede observar nuestros valores se encuentran por debajo del rango establecido, esto se debe a que el relleno sanitario Yurak Kasha en el año 2019, se tuvo un total de 5885,74 t dispuestas en la celda emergente, teniendo 16.12 t/día. Por lo que se necesitaría un



módulo para tratar 150 t/día. Por lo que en base a estos datos las toneladas dispuestas no son suficientes para obtener un rendimiento óptimo del incinerador.

Sin embargo, en la ciudad de Brasil Instituto de Posgrado en Ingeniería COPPE – UFRJ, para demostración de la tecnología del sistema de incineración, se construyó una planta piloto para 30 tn/día, que está en funcionamiento y produce energía para uso propio del Instituto (Miguel de Santiago, 2010).

- Factibilidad con respecto al costo de implementación del sistema de incineración

Según (IJgosse, 2019), las incineradoras utilizan tecnologías que requieren un gran capital y generan escasos puestos de trabajo, especialmente cuando se las compara con otras actividades de gestión de desechos, tanto en economías industrializadas como en emergentes, donde el sector informal activo desempeña un papel vital en la recuperación de materiales reciclables.

Los costos específicos de inversión y operación por tonelada de desechos disminuyen conforme la capacidad de la planta y el índice de utilización aumentan. Por lo tanto, la capacidad de la planta de preferencia debería ser mayor a 100,000 t/año, para así alcanzar una óptima economía de escala y distancias de recolección promedio. Esto debido a que los altos costos de inversión y operación no se pueden recuperar mediante las tarifas existentes y los ingresos adicionales generados de la venta de energía únicamente(GÍZ, 2017).

En nuestro caso de estudio se tiene 5885.74 t/año estando este valor por debajo del mínimo necesario (100,000 t/año), por lo que no se cumple con la cantidad necesaria de desechos para sostener el sistema.

Así como también, en base a la Tabla 34 y 35, se tiene que el costo Inicial (Instalado), varía de 80.000 a 130.000 \$ por tonelada día de capacidad, representando un valor alto con respecto



a la implementación del sistema, por lo que en costo no es factible implementar un sistema de incineración de desechos en el relleno Yurak Kasha. Debido a que solo en el año 2019, se necesitaría para incinerar las toneladas dispuestas en la celda emergente un costo de 294.287 \$.

- **Análisis del sistema de gestión actual en comparación con la alternativa de incineración.**

Se ha procedido a establecer un análisis comparativo entre el sistema de gestión que se maneja actualmente en el Relleno Yurak Kasha y el sistema investigado.

• **Ventajas**

- Los dos sistemas pueden ser utilizados para el manejo, tratamiento y disposición final de los desechos sólidos.
- Ayudan a evitar y reducir la contaminación ambiental.
- Se rigen al cumplimiento de la normativa legal nacional e internacional.
- Pueden facilitar posibles investigaciones para su mejora continua.
- Los dos sistemas pueden ser implementados según la zona de estudio, lugar donde se implementara según la necesidad del entorno.

• **Desventajas**

- El relleno sanitario necesita de espacio suficiente para sus instalaciones y para las celdas emergentes, el sistema de incineración no requiere de áreas extensas para su implementación.
- En el sistema actual se necesita un bajo consumo energético, lo que refleja una inversión baja en relación al sistema de incineración que requiere un costo de inversión alto.
- El sistema actual tiene una generación de lixiviados que si no son tratados adecuadamente pueden contaminar el recurso suelo, aire y agua. Mientras que el sistema de incineración genera una mínima cantidad de lixiviados y si se incinera en seco no genera lixiviados.
- En el sistema de incineración se tiene la reducción drástica del volumen del material, mientras que en el sistema actual necesita de un espacio suficiente para la disposición final de desechos.

CAPITULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Una vez analizada la información proporcionada por la entidad de estudio; centro de gestión de desechos de la Mancomunidad del Pueblo Cañarí, se concluye que el sistema de manejo de los desechos consta de las siguientes etapas; barrido, recolección, transporte, tratamiento y disposición final dentro del relleno sanitario. La empresa ha implementado dos sistemas de tratamiento, el primero enfocado al aprovechamiento de desechos orgánicos con la finalidad de elaborar un nuevo subproducto abono (compost y biol), el mismo que es vendido a la población aledaña con el fin de generar un ingreso económico.

El segundo tratamiento está enfocado al proceso de reciclaje: cartón, dúplex, papel (blanco y sucio), cuadernos, botellas (transparente, negra, azul y aceite), soplado (polietileno de alta densidad), fundas, chatarras, aluminio, bronce, cobre, vidrio, lona, caucho y duro (policloruro de vinilo), con la finalidad de disminuir su vida útil, evitando la disposición final de estos desechos en la celda emergente del relleno sanitario. Cabe recalcar que este proceso es de gran importancia en nuestro país, permitiendo mantener existente las empresas recicladoras, que buscan dar un nuevo uso a este desecho generado.

Los principales efectos negativos en la fase de disposición final de los desechos sólidos no peligrosos del relleno sanitario, si se altera el proceso de gestión y tratamiento de manera continua y correcta, se podría tener diferentes impactos ambientales, tal es el caso de la generación incontrolable de lixiviados, que ocasionaría consecuencias graves en los recursos agua, suelo y aire, afectando a la naturaleza y a los seres vivos.



Otro factor limitante es la disminución de la vida útil del relleno, debido a que si se reduce la fase de tratamiento (aprovechamiento de materia orgánica y reciclaje), se tendría que disponer todos estos desechos recolectados en la celda emergente aumentando su volumen de capacidad.

En base a la investigación realizada se puede proponer una nueva estrategia para la fase de tratamiento de los desechos, que consiste en el proceso de la incineración, que permite reducir su cantidad en un 70%, volumen hasta en un 90%, y la reactividad química, previa su disposición final; permitiendo mitigar impactos ambientales vinculados con la producción de gas metano, químicos nocivos, emisiones de olor y ruido. Por lo tanto se reduciría la capacidad de la celda emergente.

Cabe recalcar que una de las ventajas más aprovechadas a nivel mundial es la recuperación de energía. En base a esto se realizó el análisis cuantitativo para la determinación del contenido de energía de los desechos sólidos no peligrosos del caso de estudio, mediante tres escenarios propuestos con los siguientes resultados: primer escenario (2254.70 kcal/kg), en el segundo escenario (1664.75 kcal/kg) y en el caso del tercer escenario (1499.95 kcal/kg), mismos que fueron comparados con el rango de (1000 a 4500 kcal/kg) establecidos para el proceso de incineración, siendo los tres escenarios factibles según el rango analizado.

Con respecto a la humedad que deben contener los desechos para ser considerados como materia prima debe ser no mayor al 55%, sin embargo en nuestro caso la materia orgánica y tierra, presentan un valor por encima del máximo establecido, por lo que estos desechos no podrían ser utilizado como materia prima para procesos de incineración.

La capacidad posible o rendimiento para la planta de incineración calculada: (2.22 MW) para el primer escenario, (1.65 MW) para el segundo escenario y (1.47 MW) para el tercer escenario. Sin embargo un aspecto negativo que se tiene son que actualmente en el relleno



sanitario se procesa 23 t/día, de desechos provenientes de los 4 cantones, estando por debajo del rango mínimo necesario para incluir un sistema de incineración debe ser (150 t/día) , o mayor a (100.000 t/año), por lo que en este caso al no tener una misma cantidad de ingreso de desechos todos los se debería tener un material combustible adicional, para que el rendimiento de la incineradora sea factible .

Ante esta situación, los costos incrementarían tanto costo del material combustible adicional como en la inversión del capital, generando costos elevados para el proceso de implementación, funcionamiento y manejo de la planta.

En base a todos los análisis realizados se concluye que no es factible implementar un sistema de incineración en el caso de estudio, porque los costos serían elevados, y no se tendría beneficios con la venta de energía, por que no cubriría los costos del sistema. Cabe recalcar que esta investigación es de tipo exploratorio, por lo tanto los datos obtenidos podrían variar al realizar una modelación completa del sistema de incineración.

5.2.Recomendaciones

Se recomienda al centro de gestión Yurak Kasha, mantener su sistema de gestión actual, por lo que hasta el momento posee un sistema integral eficaz de tratamiento, aprovechamiento y disposición final, siendo un modelo a seguir para otros sistemas municipales o mancomunados de gestión del país.

Se propone proyectar a partir de esta investigación, estudios experimentales que me permita determinar en un laboratorio el poder calorífico de cada uno de los desechos según su composición, con la finalidad de establecer una comparación con el método exploratorio aplicado, a su vez realizar una modelación completa del sistema de incineración y de los procesos de recuperación de energía.



BIBLIOGRAFÍA

Acuerdo No. 031. (2012). *Reforma del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente del Libro VI, Anexo 6, Proceso de Cierre Técnico y Saneamiento de Botaderos de los Desechos Sólidos y Viabilidad Técnica*. Publicado en Registro Oficial N.705 de 17 de Mayo del 2012.

Acuerdo No.061. (2015). *Reforma del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria*. Publicado el Registro Oficial N. 316 el Lunes 4 de Mayo de 2015.

Acuerdo Ministerial 142. *Listado nacional sustancias químicas peligrosas desechos peligrosos*. Publicado el Registro Oficial Suplemento N. 856, 21 de Diciembre del 2012

Alonso Guitirrez, S. (2015). *Valorización de cenizas volantes y cenizas de fondo procedentes de la incineración de residuos sólidos urbanos: revisión bibliografica*.
<https://repositorio.unican.es/xmlui/bitstream/handle/10902/7339/378083.pdf>

Arribas, C. (2019). *Incineradora de Barcelona-Sant Adrià de Besós*.
https://zerowasteeurope.eu/wp-content/uploads/2019/10/zerowasteeurope_la-historia-de-TERSA-Sant-Adrià-del-Besòs-Barcelona_es.pdf

Barrera Ramírez, P. A., Barrantes Zapata, Y. V., & Durango Aguirre, J. R. (2017). Estudio de factibilidad de la incineración como alternativa para el tratamiento de residuos [Especialización en Proyectos, Minuto de Dios].
https://repository.uniminuto.edu/jspui/bitstream/10656/5579/1/TEGP_BarreraRam%C3%ADrezPaulaAndrea_2017.pdf

Bhatti, J. A. (2010). Current state and potential for increasing plastics recycling in the U.S. [Columbia University]. <https://www.yumpu.com/en/document/read/29125109/current-state-and->



potential-for-increasing-plastics-recycling-in-the-us

Belgian Foreign Trade Agency. (2014). Belgian Waste & Recycling Solutions. Recuperado de https://www.abh-ce.be/sites/default/files/downloads/20140822_ace_brochure_waste_BD.pdf

Bujak, J. (2009). Experimental study of the energy efficiency of an incinerator for medical waste. *Applied Energy*, 86(11), 2386-2393. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2009.03.016>

Cabrera, J. M. (2016). “Cuantificación del poder calórico superior e inferior de los residuos sólidos urbanos: papel, cartón, madera y materia orgánica de la Parroquia Limoncocha. Año 2015 – 2016” [universidad internacional sek]. https://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/2522/2/M..Cabrera_Cuantificación%20PCS%20y%20PCI%20de%20RSU%20Limoncocha%20REV%20FI.pdf

Calvachi, V., & Navarro, N. (2013). *EVALUACIÓN AMBIENTAL DE LA INCINERACIÓN DE LOS RESIDUOS ORGÁNICOS BIODEGRADABLES DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS*. Politécnica Nacional.

Camacho, A., Abellán, J., Garcia, C., & Lopez, D. (2011). *Mejores Técnicas Disponibles de referencia europea para Incineración de Residuos*.

Castells, X. E. (2012). *Tratamiento y valorización energética de residuos*. Ediciones Díaz de Santos. <https://books.google.com.ni/books?id=qYmL8Q10TYcC&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>

CEMPRE URUGUAY, & Arocena, A. L. (1998). *Residuos sólidos urbanos: Manual de gestión integral*.

Centeno, L. M. (2010). *Aprovechamiento energético de los residuos sólidos urbanos*. <https://www.oficemen.com/wp-content/uploads/2017/05/Guia-de-valorizacion-energetica-de->

residuos.-Fenercom-2010.pdf

Circular Economy Reports—Towards the Circular Economy Vol. 2. (s. f.). Recuperado 17 de febrero de 2021, de <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/publications/towards-the-circular-economy-vol-2-opportunities-for-the-consumer-goods-sector>

Colomer, F. J., & Gallardo, A. (2010). *Tratamiento y Gestión de Residuos Sólidos.*

CONICET. (2018). *Final Report Technology transfer and spread of gasifiers and bio-digesters of residual biomass to minimize greenhouse gas emissions from MSW.* https://www.ctc-n.org/system/files/dossier/3b/fb_final_report_ctcn_2015000063_spanish_ecuador.pdf

COOTAD, 2010. Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización.

EMMAIPC (2020). Empresa Pública Municipal Mancomunada de Aseo Integral de Cañar, Biblián, El Tambo y Suscal.

EMMAIPC (2021). Empresa Pública Municipal Mancomunada de Aseo Integral de Cañar, Biblián, El Tambo y Suscal.

EU-Japan Centre for Industrial Cooperation. (2015). Waste management and Recycling in Japan - Opportunities for European companies (SMEs focus). Recuperado de <https://www.eu-japan.eu/publications/waste-management-and-recycling-japan-opportunities-european-companies-smes-focus>

Ficha Técnica 4.3. (2007). *ESCORIAS Y CENIZAS DE INCINERADORA DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS (RSU).* <http://www.cedex.es/NR/rdonlyres/DDFD2BDC-ADF6-4204-A89B-A084FF2423D0/119967/CENIZASDEINCINERADORA1.pdf>

Flores, S., Encarnación, G., & Maribel Ibarra. (2007). *Determinación del Poder Calórico en Residuos Sólidos.*



GÍZ. (2017). *Opciones para el aprovechamiento energético de residuos en la gestión de residuos sólidos urbanos*-. <https://www.bivica.org/files/residuos-solidos-urbanos.pdf>

Goñi, S. (2003). *R+D CSIC - Nuevos productos de interés industrial a partir de las cenizas*. <https://rdcsic.dicat.csic.es/tecnologia-de-materiales-2/99-ofertes-tecnologiques/295-nuevos-productos-de-interes-industrial-a-partir-de-las-cenizas>

Guillamon Viamonte, J. M. (2016). *LA GESTIÓN AMBIENTAL SOSTENIBLE DE LOS RESIDUOS AEROPORTUARIOS PARA EL CONTROL DEL PELIGRO AVIARIO Y EPIDEMIOLOGICO: “ACTUACIONES PARA LA SOSTENIBILIDAD”* (p. 77). <https://www.icao.int/NACC/Documents/Meetings/2016/CARSAMPAF14/D1-P5.pdf>

Herrera, A. (2014, junio). *Revista sobre el medio ambiente*. Issuu. https://issuu.com/anheta/docs/revista_digital_mdc/32

Ijgosse, J. (2019). *Incineración y población recicladora: Una guía técnica sobre “aprovechamiento energético” (waste-to-energy) de residuos*.

INCAP. (2020). *Lombricultura*. <http://www.incap.int/index.php/es/lombricultura>

INEC. (2018). *Gestión de Residuos Sólidos* (p. 14) [Boletín Técnico].

Jaramillo, L., & Molina, D. (2019). *Auditoría de gestión al departamento de talento humano a la Empresa Pública Municipal Mancomunada de Aseo Integral de los Cantones Cañar, Biblián, El Tambo y Suscal, para el año 2016*. [Universidad de Cuenca]. <https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/31782/1/Trabajo%20de%20Titulacion.pdf>

Julio, S. el A. (2012, agosto 21). *¿Qué es el reciclaje?* *Conciencia Eco*. <https://www.concienciaeco.com/2012/08/21/que-es-el-reciclaje/>



Ley Orgánica de Salud (2006). Ley 67, Registro Oficial Suplemento 423 de 22 de Diciembre del 2006. In Congreso Nacional, Quito, Ecuador Recuperado de: [http://www. vertic.org/media/National% 20Legislation/Ecuador/EC_Ley_Organic a_de_Salud. pdf](http://www.vertic.org/media/National%20Legislation/Ecuador/EC_Ley_Organica_de_Salud.pdf).

Lausset, C., Cherubini, F., Alamo Serrano, G., Becidan, M., y Strømman, A. (2016). Life-cycle assessment of a Waste-to-Energy plant in central Norway: Current situation and effects of changes in waste fraction composition. *Waste Management*, 58, 191-201 doi: 10.1016/j.wasman.2016.09.014

MAAE. (2020). *Manual de Aprovechamiento de Residuos Orgánicos Municipales*. <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2020/07/MANUAL-DE-APROVECHAMIENTO-DE-RESIDUOS-ORGANICOS-MUNICIPAL.pdf>

Manejo de los desechos sólidos en la Mancomunidad Cañarí EMMAIEPC-EP Ordenanza que establece los criterios para la determinación y recaudación de la tasa de recolección de desechos sólidos y aseo público y ordenanza para la gestión de residuos y desechos sólidos. Enero del 2016.

Manrique, S., Franco, J., Núñez, V., & Seghezze, L. (2010). Perspectiva bioenergética de los residuos sólidos urbanos en el Valle de Lerma. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, 14.

Miguel de Santiago. (2010). *Valorización de los residuos de plásticos*. Academia de Ingeniería.

Monteiro, J. H. P., & Mansur Leite Gilson. (2006). *Manual de Gestión Integrada de Residuos Sólidos Municipales. En ciudades de America Latina y el Caribe* (1.^a ed.). http://www.ibam.org.br/media/arquivos/estudos/girs_esp.pdf

Muruais, J., & Maíllo, A. (2010). *La incineración de los residuos sólidos urbanos. Aporte*



energético y ambiental. Asociación Española de Valorización Energética de Residuos Sólidos Urbanos).

NTE INEN 2841. (2014). *NORMA TÉCNICA ECUATORIANA INEN 2841* (p. 11) [Norma Técnica]. https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_2841.pdf

Oficial, R. (2008). Constitución de la República del Ecuador 2008. Año II. Quito, Lunes, 20.

COA. (2017). Código Orgánico del Ambiente. Quito, Ecuador: Asamblea Nacional de la República de Ecuador, 92.

Olmedo, J. (2014). *“PROYECTO SOBRE MANEJO INTEGRAL DE DESECHOS DIRIGIDO A LOS NIÑOS, NIÑAS Y ADOLESCENTES DEL COMEDOR MUNICIPAL DEL CENTRO DE ATENCIÓN MÚLTIPLE DEL GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO. CANTÓN RIOBAMBA - PROVINCIA DE CHIMBORAZO. 2014.”* ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO.

Peréz, M., Valencia, J., Rubiano, J., Feo, D., & Cuellar, E. (2010). *Energía de la basura*. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-921X2010000100012

RCO.(2019). Reglamento del Código Orgánico del Ambiente. Publicado el Registro Oficial Suplemento Nro. 507 de 12 de Junio del 2019

Ryangil Choi. (2017). *Experiencia técnica de coincineración en Corea del Sur*.

Sánchez Toloza, J. L. (2012). *MODELACIÓN DE LA INCINERACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS COMO ALTERNATIVA COMPLEMENTARIA AL RELLENO SANITARIO DOÑA JUANA EN BOGOTÁ*. [Pontificia Universidad Javeriana de Bogotá]. <https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/8977>

Segura, A. M., Rojas, L. A., & Pulido, Y. A. (2020). Referentes mundiales en sistemas de



gestión de residuos sólidos. *Revista ESPACIOS*, 41(17).
<http://es.revistaespacios.com/a20v41n17/20411722.html>

Serrano, P. (2014). *Generación de energía a partir de la basura ¿Energía 100% limpia?*
<https://www.certificadosenergeticos.com/generacion-energia-basura-energia-100-limpia>

Sustitutiva al Estatuto Orgánico de Gestión Organizacional por Procesos de la Empresa Pública Municipal Mancomunada de Aseo Integral de los Cantones Cañar, Biblián, El Tambo y Suscal EMMAIPC-EP. Febrero 2018.

Swiss Federal Council. (2018). Environment Switzerland 2018. Recuperado de www.bafu.admin.ch/er2018.

Talyan, V., Dahiya, R. P., & Sreekrishnan, T. R. (2008). State of municipal solid waste management in Delhi, the capital of India. *Waste Management*, 28(7), 1276-1287.
<https://doi.org/10.1016/j.wasman.2007.05.017>

Texto unificado de la Legislación Secundaria del Medio Ambiente. Publicada por Corporación de estudios y publicaciones, Edición Especial.

Tchobanoglous, G., Theissen, H., & Eliassen, R. (1982). *Desechos Sólidos. Principios de ingeniería y administración. Serie: Ambiente y los recursos naturales renovables* (Vol. 1-2).

The World Bank. (1999). *Municipal Solid Waste Incineration. The International Bank for Reconstruction and Development*.

Themelis, N. J., Castaldi, M. J., Bhatti, J., & Arsova, L. (2011). *ENERGY AND ECONOMIC VALUE OF NON- RECYCLED PLASTICS (NRP) AND MUNICIPAL SOLID WASTES (MSW) THAT ARE CURRENTLY LANDFILLED IN THE FIFTY STATES*.
http://www.wtert.com.br/home2010/arquivo/noticias_eventos/Report_from_Columbia_Universitys_Earth_Engineering_Center.pdf



The Danish Government. (2013). Denmark without waste. Recycle more – incinerate less. Recuperado de <https://dakofa.com/element/denmark-without-waste-recycle-more-incinerate-less/>

Thi Phuong, T., Rajni Kaushik, Ganesh K., P., Russell Mahmood, & Rajasekhar Balasubramanian. (2015, abril). *Food waste-to-energy conversion technologies: Current status and future directions—ScienceDirect*.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0956053X14005819?via%3Dihub>

TULSMA. (2019). *TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACION SECUNDARIA DE MEDIO AMBIENTE* (Decreto Ejecutivo N.º 3516; p. 484).

Ulloa, J. (2006). *Los rellenos sanitarios* (p. 17) [Revista de Ciencias de la Vida]. Universidad Politécnica Salesiana. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=476047388001>

US EPA, O. (2014, noviembre 7). *El reciclaje* [Collections and Lists]. US EPA. <https://espanol.epa.gov/espanol/el-reciclaje>

Wildmark. (2009). *ANALISISYSIMULACION DEL PROCESO DE DIGESTIONANAEROBICA DE LA FRACCION ORGANICA DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS* [Marta Abreu de las Villas].
<https://dspace.uclv.edu.cu/bitstream/handle/123456789/1196/Q09029.pdf?sequence=1&isAllowed=y>



ANEXOS

Constitución de la República del Ecuador

Publicada mediante Registro Oficial Nro. 449 de 20 de Octubre 2008

Art 14.- Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *sumak kawsay*.

Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados.

Art 15.- El Estado promoverá, en el sector público y privado, el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto. La soberanía energética no se alcanzará en detrimento de la soberanía alimentaria, ni afectará el derecho al agua.

Art 264.- Los gobiernos municipales tendrán las siguientes competencias exclusivas, literal 4.: Prestar los servicios públicos de agua potable, alcantarillado, depuración de aguas residuales, manejo de desechos sólidos, actividades de saneamiento ambiental y aquellos que establezca la ley.

Art 415.- El Estado central y los gobiernos autónomos descentralizados adoptarán políticas integrales y participativas de ordenamiento territorial urbano y de uso del suelo, que permitan regular el crecimiento urbano, el manejo de la fauna urbana e incentiven el establecimiento de zonas verdes. Los gobiernos autónomos descentralizados desarrollarán programas de uso racional de agua y de reducción del reciclaje y tratamiento adecuado de desechos sólidos y líquidos. Se



incentivará y facilitará el transporte terrestre no motorizado, en especial mediante el establecimiento de ciclo vías.

Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización

Publicado Registro Oficial Suplemento Nro. 303 de 19 de Octubre del 2010

Art 55.- Competencias exclusivas del gobierno autónomo descentralizado municipal.- Los gobiernos autónomos descentralizados municipales tendrán las siguientes competencias exclusivas sin perjuicio de otras que determine la ley;

d) Prestar los servicios públicos de agua potable, alcantarillado, depuración de aguas residuales, manejo de desechos sólidos, actividades de saneamiento ambiental y aquellos que establezca la ley.

Art 136. - Los gobiernos autónomos descentralizados municipales establecerán, en forma progresiva, sistemas de gestión integral de desechos, a fin de eliminar los vertidos contaminantes en ríos, lagos, lagunas quebradas, esteros o mar, aguas residuales provenientes de redes de alcantarillado, público o privado, así como eliminar el vertido en redes de alcantarillado.

Art 137.- Las competencias de prestación de servicios públicos de alcantarillado, depuración de aguas residuales, manejo de desechos sólidos, y actividades de saneamiento ambiental, en todas sus fases, las ejecutarán los gobiernos autónomos descentralizados municipales con sus respectivas normativas. Cuando estos servicios se presten en las parroquias rurales se deberá coordinar con los gobiernos autónomos descentralizados parroquiales rurales.

Art 418.- Bienes afectados al servicio público.- Son aquellos que se han adscrito administrativamente a un servicio público de competencia del gobierno autónomo descentralizado o que se han adquirido o construido para tal efecto.



Art 431.- De la gestión integral del manejo ambiental.- Los gobiernos autónomos descentralizados de manera concurrente establecerán las normas para la gestión integral del ambiente y de los desechos contaminantes que comprende la prevención, control y sanción de actividades que afecten al mismo.

Ley Orgánica de Salud

Publicado el Registro Oficial Suplemento Nro. 423 de 22 de diciembre del 2006

Art 97.- La autoridad sanitaria nacional dictará las normas para el manejo de todo tipo de desechos y residuos que afecten la salud humana; normas que serán de cumplimiento obligatorio para las personas naturales y jurídicas.

Art 98.- La autoridad sanitaria nacional, en coordinación con las entidades públicas o privadas, promoverá programas y campañas de información y educación para el manejo de desechos y residuos.

Art 99.- La autoridad sanitaria nacional, en coordinación con los municipios del país, emitirá los reglamentos, normas y procedimientos técnicos de cumplimiento obligatorio para el manejo adecuado de los desechos infecciosos que generen los establecimientos de servicios de salud, públicos o privados, ambulatorio o de internación, veterinaria y estética.

Art 100.- La recolección, transporte, tratamiento y disposición final de desechos es responsabilidad de los municipios que la realizarán de acuerdo con las leyes, reglamentos y ordenanzas que se dicten para el efecto, con observancia de las normas de bioseguridad y control determinadas por la autoridad sanitaria nacional.

Art 103. -Los desechos infecciosos, especiales, tóxicos y peligrosos para la salud, deben ser tratados técnicamente previo a su eliminación y el depósito final se realizará en los sitios



especiales establecidos para el efecto por los municipios del país. Para la eliminación de desechos domésticos se cumplirán las disposiciones establecidas para el efecto.

Art 107.- La autoridad sanitaria nacional en coordinación con otros organismos competentes, dictará las normas para el manejo, transporte, tratamiento y disposición final de los desechos especiales. Los desechos radioactivos serán tratados de acuerdo con las normas dictadas por el organismo competente en la materia o aceptadas mediante convenios internacionales.

Código Orgánico del Ambiente

Publicado el Registro Oficial Suplemento Nro. 983 de 12 de Abril del 2017

Art. 5.- Derecho de la población a vivir en un ambiente sano. El derecho a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado comprende:

7. La obligación de toda obra, proyecto o actividad, en todas sus fases, de sujetarse al procedimiento de evaluación de impacto ambiental;

8. El desarrollo y uso de prácticas y tecnologías ambientalmente limpias y sanas, así como de energías alternativas no contaminantes, renovables, diversificadas y de bajo impacto ambiental.

Art. 9.- Principios ambientales.

2. Mejor tecnología disponible y mejores prácticas ambientales. El Estado deberá promover en los sectores público y privado, el desarrollo y uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto, que minimicen en todas las fases de una actividad productiva, los riesgos de daños sobre el ambiente, y los costos del tratamiento y disposición de sus desechos. Deberá también promover la implementación de mejores prácticas en el diseño, producción, intercambio y consumo sostenible de bienes y servicios, con el fin de evitar o reducir la contaminación y optimizar el uso del recurso natural.



Art. 27.- Facultades de los Gobiernos Autónomos Descentralizados Metropolitanos y Municipales en materia ambiental.

6. Elaborar planes, programas y proyectos para los sistemas de recolección, transporte, tratamiento y disposición final de residuos o desechos sólidos;

7. Generar normas y procedimientos para la gestión integral de los residuos y desechos para prevenirlos, aprovecharlos o eliminarlos, según corresponda.

Art. 224.- Objeto. La gestión integral de los residuos y desechos está sometida a la tutela estatal cuya finalidad es contribuir al desarrollo sostenible, a través de un conjunto de políticas intersectoriales y nacionales en todos los ámbitos de gestión, de conformidad con los principios y disposiciones del Sistema Unico de Manejo Ambiental.

Art. 225.- Políticas generales de la gestión integral de los residuos y desechos. Serán de obligatorio:

1. El manejo integral de residuos y desechos, considerando prioritariamente la eliminación o disposición final más próxima a la fuente;

5. El fomento al desarrollo del aprovechamiento y valorización de los residuos y desechos, considerándolos un bien económico con finalidad social, mediante el establecimiento de herramientas y mecanismos de aplicación;

7. El estímulo a la aplicación de buenas prácticas ambientales, de acuerdo con los avances de la ciencia y la tecnología, en todas las fases de la gestión integral de los residuos o desechos;

9. El fomento al establecimiento de estándares para el manejo de residuos y desechos en la generación, almacenamiento temporal, recolección, transporte, aprovechamiento, tratamiento y disposición final;



10. La sistematización y difusión del conocimiento e información, relacionados con los residuos y desechos entre todos los sectores;

11. La jerarquización en la gestión de residuos y desechos.

Art. 231.- Obligaciones y responsabilidades. Serán responsables de la gestión integral de residuos sólidos no peligrosos a nivel nacional, los siguientes actores públicos y privados:

2. Los Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales o Metropolitanos serán los responsables del manejo integral de residuos sólidos no peligrosos y desechos sanitarios generados en el área de su jurisdicción, por lo tanto están obligados a fomentar en los generadores alternativas de gestión, de acuerdo al principio de jerarquización, así como la investigación y desarrollo de tecnologías.

Art. 245.- Obligaciones generales para la producción más limpia y el consumo sustentable. Todas las instituciones del Estado y las personas naturales o jurídicas, están obligadas según corresponda,

9. Minimizar y aprovechar los desechos.

Reglamento del Código Orgánico del Ambiente (RCOA)

Publicado el Registro Oficial Suplemento Nro. 507 de 12 de Junio del 2019

Art. 49.- Alcance.-Se entenderá como fondo para la gestión ambiental a cualquier fondo, independiente de su figura jurídica, que se haya constituido o se constituya para el financiamiento de alguno de los siguientes fines: literal g) Gestión integral de residuos y desechos y i) Adopción de tecnologías limpias.



Art. 435.- Plan de manejo ambiental.- El plan de manejo ambiental es el documento que contiene las acciones o medidas que se requieren ejecutar para prevenir, evitar, mitigar, controlar, corregir, compensar, restaurar y reparar los posibles impactos ambientales negativos, según corresponda, al proyecto, obra o actividad.

Art 500.- No conformidades menores.- Se consideran no conformidades menores las siguientes:

g) Gestión de residuos, desechos o sustancias químicas, en cualquiera de sus fases, sin la autorización correspondiente o sin cumplir las condiciones administrativas y técnicas establecidas en la normativa ambiental aplicable.

Art. 501.- No conformidades mayores.- Se consideran no conformidades mayores, cuando se determine: j) Disposición final o temporal de escombros, residuos o desechos en lugares no autorizados.

Art. 561.- Principios.- El ejercicio de la gestión integral de residuos y desechos, además aquellos establecidos en el Código Orgánico del Ambiente, se regirá por los siguientes principios:

- a) Corrección en la fuente: Adoptar todas las medidas pertinentes para evitar, minimizar, mitigar y corregir los impactos ambientales desde el origen del proceso productivo, así como para prevenir los impactos en la salud pública.
- b) Minimización en la fuente: La generación de residuos y/o desechos debe ser prevenida prioritariamente en la fuente y en cualquier actividad. Se adoptarán las medidas e implementarán las restricciones necesarias para minimizar la cantidad de residuos y desechos que se generan en el país.



- c) Responsabilidad común pero diferenciada: Cada actor de la cadena de producción y comercialización de un bien, tendrá responsabilidad en la gestión de residuos y desechos de acuerdo a su alcance.
- d) De la cuna a la cuna: Procurar la calidad, ecodiseño y fabricación de productos con características que favorezcan el aprovechamiento y minimización de la generación de residuos y desechos, contribuyendo al desarrollo de una economía circular.
- e) Consumo de bienes y servicios con responsabilidad ambiental y social: Implementar patrones de consumo y producción sostenible para proteger al ambiente, mejorar la calidad de vida, lograr el desarrollo sostenible y el buen vivir.

Art. 578.- Plan Nacional de Gestión Integral de Residuos y Desechos Sólidos No Peligrosos. La Autoridad Ambiental Nacional elaborará el Plan Nacional de Gestión Integral de Residuos y Desechos Sólidos No Peligrosos, con la participación de los gobiernos autónomos descentralizados municipales y metropolitanos, las entidades competentes, sector privado, sociedad civil y academia. El Plan Nacional será el instrumento de política pública a través del cual se generarán las políticas, estrategias, planes, programas y proyectos para la gestión integral de residuos y desechos sólidos no peligrosos.

Art. 579.- Prestación de servicio público.- El servicio público para la gestión integral de residuos y desechos sólidos no peligrosos deberá ser prestado por los gobiernos autónomos descentralizados municipales y metropolitanos bajo el modelo de gestión adoptado de conformidad con la Ley y la norma secundaria que emita la Autoridad Ambiental Nacional para el efecto.

Art. 580.- Viabilidad técnica.- Para los proyectos de cierre técnico de botaderos y proyectos para la gestión integral de residuos y desechos sólidos no peligrosos o cualquiera de sus fases, los gobiernos autónomos descentralizados municipales y metropolitanos deberán presentar



a la Autoridad Ambiental Nacional, los estudios de diagnóstico, factibilidad y diseños definitivos. Una vez presentados los estudios, la Autoridad Ambiental Nacional determinará su viabilidad técnica, mediante informe motivado y según la normativa y lineamientos que se expida para el efecto.

Art. 582.- Etapas de proyecto de gestión integral de residuos y desechos.- Las etapas a cumplirse en la elaboración de los estudios de diagnóstico, factibilidad y diseño definitivo de un proyecto de gestión integral de residuos y desechos sólidos no peligrosos son:

a) Diagnóstico y Factibilidad.- Los estudios preliminares para la gestión integral de residuos y desechos sólidos no peligrosos en todas sus fases, necesarios para seleccionar la alternativa viable desde el punto de vista técnico, económico, ambiental y social, deberán contener como mínimo la siguiente información:

- 1) Información general del área del proyecto;
- 2) Diagnóstico técnico, ambiental, social y económico de la situación actual en referencia a todas las fases de la gestión integral de residuos y desechos sólidos no peligrosos;
- 3) Estudio de cantidad y calidad de residuos;
- 4) Análisis socioeconómico del proyecto;
- 5) Bases de diseño: análisis de demanda y oferta;
- 6) Estudios de campo preliminares en topografía, geología, geotecnia, hidrología, meteorología y otros de acuerdo al requerimiento específico;
- 7) Estudio de alternativas para cada fase;
- 8) Socialización de las alternativas analizadas;



9) Selección de alternativa óptima por parte del gobierno autónomo descentralizado municipal o metropolitano, considerando factores técnicos ambientales, sociales y económicos; y,

10) Otros que determine la Autoridad Ambiental Nacional.

2) Diseño Definitivo: El proyecto definitivo debe incluir todos los detalles de ingeniería de las diferentes fases de la gestión integral de residuos y desechos sólidos no peligrosos a implementarse, y comprender como mínimo lo siguiente:

a) Estudios de campo definitivos en topografía, geología, geotecnia, hidrología, meteorología y otros de acuerdo al requerimiento específico;

b) Diseño definitivo de la alternativa viable, en todas las fases de la gestión integral de residuos y desechos sólidos no peligrosos, tomando en cuenta opciones de reciclaje, tratamiento y aprovechamiento de los residuos;

c) Modelo de gestión;

d) Evaluación económico - financiera, que incluya costos operativos, mantenimiento, tarifas, indicadores, entre otros;

e) Memorias de cálculo;

f) Planos de construcción detallados;

g) Manual de operación y mantenimiento;

h) Especificaciones técnicas;

i) Plan de manejo ambiental preliminar;

j) Presupuesto de las obras y análisis de cada una de las fases del sistema, considerando los costos generados para la implementación de actividades del plan de manejo;



- k) Cronograma valorado; y,
- l) Otros que determine la Autoridad Ambiental Nacional.

Art. 586.- Fases de la gestión integral.- Las fases de la gestión integral de residuos y desechos sólidos no peligrosos son el conjunto de actividades técnicas y operativas de la gestión integral de residuos y desechos sólidos no peligrosos que incluye:

- a) Separación en la fuente;
- b) Almacenamiento temporal;
- c) Barrido y limpieza;
- d) Recolección;
- e) Transporte;
- f) Acopio y/o transferencia;
- g) Aprovechamiento;
- h) Tratamiento; y,
- i) Disposición final.

Las fases de gestión integral de residuos y desechos sólidos no peligrosos deberán implementarse con base en el modelo de gestión adoptado por los gobiernos autónomos descentralizados municipales y metropolitanos, el cual debe ser aprobado por la Autoridad Ambiental Nacional.

Art. 595.- Tratamiento.- El tratamiento es el conjunto de procesos, operaciones o técnicas empleadas para modificar las características de los residuos sólidos mediante transformaciones físicas, químicas o biológicas, con el fin de eliminar su peligrosidad para su disposición final o recuperar material mediante el aprovechamiento.



Toda tecnología o procedimiento de tratamiento de desechos no peligrosos, antes de su disposición final, que requieran utilizar los Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales y Metropolitanos, será analizado y aprobado de forma excepcional por la Autoridad Ambiental Nacional bajo los criterios establecidos en la norma secundaria correspondiente.

Art. 596.- Disposición final.- Es la última de las fases de la gestión integral de los desechos, en la cual son dispuestos de forma sanitaria mediante procesos de aislamiento y confinación definitiva, en espacios que cumplan con los requerimientos técnicos establecidos en las normas secundarias correspondientes, para evitar la contaminación, daños o riesgos a la salud humana y al ambiente.

Los Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales y Metropolitanos deberán disponer los desechos sólidos no peligrosos de manera obligatoria en rellenos sanitarios u otra alternativa que cumpla con los requerimientos técnicos y operativos aprobados para el efecto.

La disposición final de desechos sólidos no peligrosos se enfocará únicamente en aquellos residuos que no pudieron ser reutilizados, aprovechados o reciclados durante las etapas previas de la gestión integral de residuos o desechos.

Texto Unificado de Legislación Secundaria del Medio Ambiente

Publicado el registro oficial el 31 de Marzo del 2003 y reformado 29 de Marzo del 2017

Art. 6.- Obligaciones Generales.- Toda obra, actividad o proyecto nuevo y toda ampliación o modificación de los mismos que pueda causar impacto ambiental, deberá someterse al Sistema Unico de Manejo Ambiental, de acuerdo con lo que establece la legislación aplicable, este Libro y la normativa administrativa y técnica expedida para el efecto.



Toda acción relacionada a la gestión ambiental deberá planificarse y ejecutarse sobre la base de los principios de sustentabilidad, equidad, participación social, representatividad validada, coordinación, precaución, prevención, mitigación y remediación de impactos negativos, corresponsabilidad, solidaridad, cooperación, minimización de desechos, reutilización, reciclaje y aprovechamiento de residuos, conservación de recursos en general, uso de tecnologías limpias, tecnologías alternativas ambientalmente responsables, buenas prácticas ambientales y respeto a las culturas y prácticas tradicionales y posesiones ancestrales. Igualmente deberán considerarse los impactos ambientales de cualquier producto, industrializados o no, durante su ciclo de vida.

Art. 73.- Del aprovechamiento.- En el marco de la gestión integral de residuos sólidos no peligrosos, es obligatorio para las empresas privadas y municipalidades el impulsar y establecer programas de aprovechamiento mediante procesos en los cuales los residuos recuperados, dadas sus características, son reincorporados en el ciclo económico y productivo en forma eficiente, por medio del reciclaje, reutilización, compostaje, incineración con fines de generación de energía, o cualquier otra modalidad que conlleve beneficios sanitarios, ambientales y/o económicos.

Acuerdo Ministerial N.031

Reforma del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente del Libro VI, Anexo 6, Proceso de Cierre Técnico y Saneamiento de Botaderos de los Desechos Sólidos y Viabilidad Técnica.

Publicado en Registro Oficial N.705 de 17 de Mayo del 2012.

Artículo 3.- Agréguese a continuación del numeral 4.10.1.1, los siguientes ítem, en el que se incluya:



4.10.1.1.1 Del plan de cierre técnico y saneamiento de botaderos. - Son actividades previas que se realizan para proceder al cierre técnico y saneamiento de los botaderos, tales como: diagnóstico de la situación actual del botadero, análisis de alternativas, diseño de infraestructura sanitaria, programas de monitoreo y control, con la finalidad de prevenir, mitigar y sanear los impactos ambientales negativos ocasionados por mal manejo en la disposición final de los desechos sólidos. Actividades que deberán ser ejecutadas a corto y mediano plazo.

4.10.1.1.2 Para la aprobación del plan de cierre técnico y saneamiento de botaderos las entidades responsables, deberán cumplir con los siguientes parámetros técnicos que la Autoridad Ambiental Nacional a determinado para el efecto: 1. Certificado de intersección otorgado por la Autoridad Ambiental Nacional o las Direcciones Provinciales del Ambiente; 2. Estudio de Cierre Técnico y Saneamiento de Botaderos (Anexo 1); y, 3. Ficha Ambiental y Plan de Manejo Ambiental (Anexo 2).

4.10.1.1.3 Para proceder a la ejecución del plan de cierre técnico y saneamiento de botaderos a nivel nacional, se trabajará conjuntamente con los Gobiernos Autónomos Descentralizados, para que en el pl o máximo de 1 año, se ejecute el cierre técnico y saneamiento de estos pasivos ambientales.

4.10.1.1.4 Durante el proceso del cierre técnico y saneamiento de botaderos, se procederá a la selección y regularización ambiental, de los nuevos sitios de disposición final de los desechos sólidos técnicamente manejados, acorde a lo establecido en el Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente, Libro VI, Anexo 6. artículo 4.124.

4.10.1.1.5 Del plan emergente de cierre técnico de botaderos.- Con la finalidad de prevenir, controlar, mitigar y compensar los impactos ambientales, sociales y de salud pública, causados por



la mala disposición de desechos sólidos, la Autoridad Ambiental Nacional, solicitará a las entidades responsables un plan emergente de cierre técnico de botaderos, hasta la ejecución del cierre técnico y saneamiento de botaderos.

4.10.1.1.6 La Autoridad Ambiental Nacional realizará un monitoreo y seguimiento de la ejecución y cumplimiento de las actividades relacionadas con el cierre técnico y saneamiento de botaderos, y el nuevo sitio de disposición final de los desechos sólidos

Artículo 4.- Agréguese al final del numeral 4.123, y un estudio técnico que refleje la factibilidad y viabilidad de los diseños definitivos" .

Artículo 5.- Agréguese a continuación del numeral 4.123, los siguientes ítem, en el que se incluya:

4.12.3.1 APROBACIÓN DE VIABILIDAD TÉCNICA.- La Subsecretaría de Calidad Ambiental del Ministerio del Ambiente otorgará a los Gobiernos Autónomos Descentralizados la viabilidad técnica a los proyectos para la gestión integral de los desechos sólidos en cualquiera de sus fases, previo la entrega de la siguiente documentación:

Estudios de factibilidad el mismo que comprende: diagnóstico del sistema existente; análisis y caracterización de los desechos sólidos; análisis socio económico; análisis de alternativas para cada una de las fases del sistema; bases de diseño (oferta y demanda); y pre-diseño de las obras a implementar.

Adicionalmente se entregará a esta Subsecretaría los estudios de diseño definitivo que incluye: estudios de campo (topografía, tipo de suelos, geología); modelo de gestión; análisis económico-financiero; diseño de las obras a implementar; manual de operaciones; análisis de precios unitarios y presupuesto de obra.



4.12.3.2 La Viabilidad Técnica es un requisito, previo a la obtención de la Licencia Ambiental para aquellos proyectos que no están en operación.

4.12.3.3 Para aquellos rellenos sanitarios que se encuentran operativos y en proceso de regularización ambiental, la Autoridad Ambiental Nacional solicitará los estudios de diseño definitivo con el que se implementado el proyecto; con la finalidad de verificar que se hayan cumplido con los requisitos mínimos establecidos en el TULSMA, del Libro VI, Anexo 6.

Acuerdo Ministerial N. 061

Publicado el Registro Oficial N. 316 el Lunes 4 de Mayo de 2015.

Art. 49.- Políticas generales de la gestión integral de los residuos sólidos no peligrosos, desechos peligrosos y/o especiales.- Se establecen como políticas generales para la gestión integral de estos residuos y/o desechos y son de obligatorio cumplimiento tanto para las instituciones del Estado, en sus distintos niveles de gobierno, como para las personas naturales o jurídicas públicas o privadas, comunitarias o mixtas, nacionales o extranjeras, las siguientes:

Art. 58.- Viabilidad técnica- Además de la regularización ambiental, la Autoridad Ambiental Nacional otorgará a los Gobiernos Autónomos Descentralizados la viabilidad técnica a los estudios de factibilidad y diseños definitivos de los proyectos para la gestión integral de residuos sólidos no peligrosos, en cualquiera de sus fases.

Art.73.- Del aprovechamiento.- En el marco de la gestión integral de residuos sólidos no peligrosos, es obligatorio para las empresas privadas y municipalidades el impulsar y establecer programas de aprovechamiento mediante procesos en los cuales los residuos recuperados, dadas sus características, son reincorporados en el ciclo económico y productivo en forma eficiente, por



medio del reciclaje, reutilización, compostaje, incineración con fines de generación de energía, o cualquier otra modalidad que conlleve beneficios sanitarios, ambientales y/o económicos.

Art. 125. De los sitios para disposición final.- Los únicos sitios en los cuales está permitida la disposición final de desechos peligrosos y/o especiales, bajo condiciones técnicamente controladas, son aquellos que cuentan con el permiso ambiental emitido por la Autoridad Ambiental Competente.

Para la disposición final de desechos peligrosos o especiales dentro de las instalaciones del Sujeto de Control que genera el o los desechos; estos deberán someterse al proceso de regularización ambiental para lo cual, deberá cumplir con los procedimientos previos establecidos para el efecto, y los que la Autoridad Ambiental Nacional disponga.

Acuerdo Ministerial 142

Listado Nacional Sustancias Químicas Peligrosas Desechos Peligrosos.

Publicado el Registro Oficial Suplemento N. 856, 21 de Diciembre del 2012.

ANEXO A

Listado nacional de sustancias químicas peligrosas

Listado No. 1: Listado de sustancias químicas peligrosas prohibidas

Listado No. 2: Listado de sustancias químicas peligrosas de toxicidad aguda.

Listado No 3: Listado nacional de sustancias químicas peligrosos de toxicidad crónica.

ANEXO B

Listado nacionales de desechos peligrosos

Listado No. 1: Desechos peligrosos por fuente específica

listado No. 2: Listado de desechos peligrosos por fuente no específica



ANEXO C

Listado nacional de desechos especiales

Manejo de los desechos sólidos en la Mancomunidad Cañarí EMMAIEPC-EP

Ordenanza que establece los criterios para la determinación y recaudación de la tasa de recolección de desechos sólidos y aseo público y ordenanza para la gestión de residuos y desechos sólidos.

Enero del 2016.

Art. 12.- Gestión Integral. Dentro de la circunscripción territorial de los cantones Cañar, Biblián, El Tambo y Suscal será operada y promovida directamente por la EMMAIPC-EP, que tienen la finalidad de dar a los residuos y/o desechos sólidos no peligrosos el destino más adecuado desde el punto de vista técnico, ambiental y socio-económico, de acuerdo con sus características, volumen, procedencia, costos de tratamiento, posibilidades de recuperación y aprovechamiento, comercialización o finalmente su disposición final.

Art. 39.- De los centros de acopio. Los centros de acopio de residuos sólidos no peligrosos deberán cumplir con los requisitos que establezca la Autoridad Ambiental Competente.

Art. 41.- Del aprovechamiento. En el marco de la gestión integral de residuos sólidos no peligrosos, es obligatorio para las empresas privadas conjuntamente con la EMMAIPC-EP, el impulsar y establecer programas de aprovechamiento mediante procesos en los cuales los residuos recuperados, dadas sus características, sean reincorporados en el ciclo económico y productivo en forma eficiente, por medio del reciclaje, reutilización, compostaje, incineración con fines de generación de energía, o cualquier otra modalidad que conlleve beneficios sanitarios, ambientales y/o económicos.



Art. 42.- Valoración, reutilización y reciclaje. Todas las empresas, organizaciones o instituciones que se dediquen a la valorización, reutilización o reciclaje de los residuos sólidos no peligrosos deben realizar las acciones necesarias para que los sistemas utilizados sean técnica, financiera, social y ambientalmente sostenibles

Art. 44. Disposición final. La disposición final de los residuos y/o desechos sólidos urbanos y rurales no peligrosos, se realizará únicamente en los sitios autorizados por la EMMAIPC-EP con el aval de la Autoridad Ambiental Nacional, con respeto al medio ambiente, no permitiendo ningún tipo de botadero a cielo abierto y la persona o personas que sean sorprendidas depositando residuos y/o desechos sólidos a cielo abierto serán sancionadas conforme a lo establecido en esta ordenanza.

“Sustitutiva al Estatuto Orgánico de Gestión Organizacional por Procesos de la Empresa Pública Municipal Mancomunada de Aseo Integral de los Cantones Cañar, Biblián, El Tambo y Suscal EMMAIPC-EP”-

Febrero 2018

Esta sustitutiva es de gran importancia para la EMMAIPC-EP; por lo que es necesario considerar todos los artículos procedentes de este documento.

Art 1.-Funciones de la Empresa Pública Municipal Mancomunada de Aseo Integral de los Cantones Cañar, Biblián, El Tambo y Suscal

a. Barrido: Barrido de calles, aceras, avenidas, plazas y plazoletas.

b. Recolección: Que incluye la coordinación del almacenamiento y recolección de residuos sólidos producidos en los domicilios, comercios, mercados, industrias, centros de espectáculos, hospitales, áreas verdes y en general en toda actividad generadora de residuos.

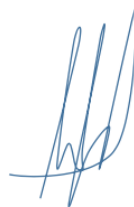


c. Transporte: Transporte de desechos sólidos desde la fuente de generación hasta el lugar determinado para el tratamiento y disposición final.

d. Tratamiento y disposición final: Corresponde a las diversas formas de tratamiento y disposición final que establezca la “EMMAIPC-EP” para los diferentes residuos sólidos, especiales y peligrosos y la regulación y control del manejo y disposición final de los escombros o residuos de materiales de construcción.

Yo, **Dolores Gabriela Llivichuzca Guapisaca** portadora de la cédula de ciudadanía N° **0107145823**. En calidad de autora y titular de los derechos patrimoniales del trabajo de titulación **“ESTUDIO DE LA FACTIBILIDAD DE LA INCINERACIÓN COMO ALTERNATIVA PARA EL TRATAMIENTO DE DESECHOS SÓLIDOS NO PELIGROSOS URBANOS”**, de conformidad a lo establecido en el artículo 114 Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, reconozco a favor de la Universidad Católica de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos y no comerciales. Autorizo además a la Universidad Católica de Cuenca, para que realice la publicación de éste trabajo de titulación en el Repositorio Institucional de conformidad a lo dispuesto en el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, **7 de Julio del 2021**



.....
Dolores Gabriela Llivichuzca Guapisaca

C.I. 0107145823