

**ESTUDIO DE PRE FACTIBILIDAD TÉCNICA PARA LA CREACIÓN DE UNA
PLANTA DE COMPOSTAJE PARA EL APROVECHAMIENTO DE LOS
RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS GENERADOS EN EL SECTOR URBANO DEL
MUNICIPIO DE CHIPAQUE CUNDINAMARCA**

YISEL ROCÍO HURTADO BAQUERO

CINDY LIZETH MAHECHA PÉREZ

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS

FACULTAD DE INGENIERÍA

INGENIERÍA AMBIENTAL

BOGOTÁ, D.C

MARZO, 2021

**ESTUDIO DE PRE-FACTIBILIDAD TÉCNICA PARA LA CREACIÓN DE UNA
PLANTA DE COMPOSTAJE PARA EL APROVECHAMIENTO DE LOS
RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS GENERADOS EN EL SECTOR URBANO DEL
MUNICIPIO DE CHIPAQUE CUNDINAMARCA**

YISEL ROCÍO HURTADO BAQUERO

CINDY LIZETH MAHECHA PÉREZ

**TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE INGENIERA
AMBIENTAL**

DOCENTE TUTOR: INGENIERO DAVID ORJUELA YEPES

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN: TECNOLOGÍAS AMBIENTALES

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS

FACULTAD DE INGENIERÍA

INGENIERÍA AMBIENTAL

BOGOTÁ, D.C

MARZO, 2021

Agradecimientos

Primeramente agradecemos a la Universidad Santo Tomás por habernos aceptado ser parte de ella y abierto las puertas de su seno Ingenieril para poder estudiar la carrera, así como también a los diferentes docentes que brindaron su valioso conocimiento y apoyo para seguir adelante día a día.

Agradecemos también a nuestro Asesor de Tesis el Ing. David Orjuela por habernos brindado la oportunidad de recurrir a su capacidad y conocimiento, así como también resaltar su paciencia para guiarnos de la mejor manera en el proceso del desarrollo del proyecto.

Y para finalizar también queremos agradecer a nuestros padres, hermanos, familiares y compañeros de clase, que durante todos los niveles de Universidad nos acompañaron brindando apoyo, motivación y amistad, aportado un alto porcentaje a las ganas de seguir avanzando en la carrera profesional.

TABLA DE CONTENIDO

TABLA DE ILUSTRACIONES	8
RESUMEN	11
ABSTRACT	12
1. INTRODUCCIÓN	13
2. OBJETIVOS	14
2.1 Objetivo General	14
2.2 Objetivos Específicos	15
3. MARCO TEÓRICO	15
3.1 Generalidades	15
3.1.1 Ubicación general del municipio	16
3.1.2 Residuos sólidos orgánicos (RSO)	16
3.1.3 Compostaje como opción de manejo de los RSO	19
3.1.3.1 Factores que afectan el proceso del compostaje	20
3.1.4 Programa municipal de compostaje	23
3.1.5 Tipos de plantas de compostaje	25
3.1.6 Sistemas de compostaje	25
3.1.6.1 Pilas estáticas aireadas	25
3.1.6.2 Sistemas cerrados	27
3.1.6.3 Sistemas abiertos	27
3.1.6.4 Compostaje en tambor	28
3.1.6.5 Compostaje en túneles	29
3.1.7 Maduración y usos del compostaje	29
3.1.8 Tratamiento para el olor	29
3.1.9 Tratamiento para los lixiviados	30
4. METODOLOGÍA	31
4.1 Recopilación de información	31
4.2 Diseño experimental	32
4.2.1 Cálculo del tamaño de la muestra	32
4.3 Trabajo de campo	34
4.4 Diagnóstico actual en el estado de manejo de los residuos sólidos orgánicos (RSO) en Chipaque Cundinamarca.	34
4.5 Estudio técnico para la implementación y funcionamiento de una planta de compostaje.	35
5. RESULTADOS	37

5.1 Diagnóstico del actual estado de manejo de los residuos sólidos orgánicos (RSO) en Chipaque Cundinamarca.	37
5.1.1 Análisis de la información del plan de gestión integral de residuos sólidos (PGIRS)	37
5.1.1.1 Sistema de recolección y transporte	37
5.1.1.2 Residuos mayormente aprovechables en el municipio de Chipaque	40
5.1.1.3 Caracterización de residuos	41
5.1.1.4 Composición física de los residuos sólidos	41
5.1.1.5 Alternativas de aprovechamiento de los residuos sólidos en Chipaque	44
5.2 Resultado de las encuestas a domiciliarios sobre residuos sólidos en el municipio de Chipaque	47
5.2.1 Caracterización social	47
5.2.3 Estratificación	48
5.2.4 Grado de educación y conciencia ambiental	49
5.2.5 Consumo	50
5.2.6 Frecuencia de entrega los residuos sólidos al sistema de recolección	53
5.2.7 Grado de información al compostaje	54
5.2.8 Compromiso para recibir capacitaciones para tratar los residuos desde casa y poder realizar el compostaje	55
5.1.8.1. Precio Abono	56
5.2.9 ¿Estaría de acuerdo que se construya una planta de tratamiento para los residuos sólidos orgánicos?	56
5.3 Resultado de las encuestas a comerciantes sobre residuos sólidos en el municipio de Chipaque	57
5.3.1 Separación en la fuente	58
5.3.2 Frecuencia de entrega los residuos sólidos al sistema de recolección	60
6. ESTUDIO TÉCNICO	61
6.1 Criterios para la localización de la planta de compostaje	61
6.2 Términos de la localización de la planta de compost.	63
6.2.1 Cálculos y proyecciones para el diseño de la planta municipal	63
6 Datos recopilados para proyectar la población	63
6.3 Proyección población de Chipaque	64
6.3.1 Datos recopilados para proyectar la población.	64
6.4 Proyección de residuos	67
6.5 Operación óptima para la planta de compostaje	70
6.6 Proyección de compost	71
6.7 Cálculo de tamaño de las pilas	72

6.8 Determinar el sistema de aprovechamiento	73
6.8.1 Recipiente de recolección	74
6.9 Condiciones del vehículo como medio de transporte para los residuos	74
6.10 Ruta selectiva	75
6.11 Diagrama de flujo del proceso de compostaje en la planta municipal	76
6.12 Plano de distribución de la planta de tratamiento de residuos sólidos orgánicos.	77
6.13 Equipos y maquinaria	80
6.14 Balance de masa de compostaje	87
7. EVALUACIÓN POR RELACIÓN COSTO / BENEFICIO	88
8. ESTUDIO FINANCIERO	97
8.1 Análisis financiero y evaluación de viabilidad	97
8.2 Tasa interna de retorno (TIR)	97
8.3 PRI periodo de recuperación de la inversión	99
8.4 Beneficios ambientales:	100
9. IMPACTO SOCIAL, HUMANÍSTICO DEL PROYECTO	102
CONCLUSIONES	103
RECOMENDACIONES	105
BIBLIOGRAFÍA	106

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación de los residuos sólidos para la separación en la fuente.....	17
Tabla 2. Clasificación de los residuos según su origen.	18
Tabla 3 Frecuencia de recolección de los residuos.	39
Tabla 4 Materiales aprovechables.....	40
Tabla 5. Porcentaje de residuos sólidos orgánicos.....	42
Tabla 6. Caracterización física de los residuos sólidos generados.	43
Tabla 7. Alternativas preseleccionadas.....	45
Tabla 8. Asignación del nivel de complejidad.....	63
Tabla 9. Proyección de la población por áreas geográficas del municipio de Chipaque.....	65
Tabla 10. Proyección de los residuos del municipio de Chipaque 2020-2034.....	68
Tabla 11. Proyección de los RSO del municipio de Chipaque 2020-2034.....	69
Tabla 12. Proyección del volumen de los RSO generado en Chipaque 2020-2034.....	71
Tabla 13. Proyección de los bultos de compost generados en los años 2020-2034.....	72
Tabla 14. Ficha técnica de Triturador de residuos orgánicos JTR 200.....	80
Tabla 15. Ficha técnica de termómetro Termocupla.	81
Tabla 16. Ficha técnica de medidor de pH.	83
Tabla 17. Ficha técnica del equipo Sonda OxyTemp.....	84
Tabla 18. Ficha técnica de la Zaranda rotativa.	86
Tabla 19. Valor de inversión de implementación y operación para una planta de compostaje en el municipio de Chipaque Cundinamarca.	89
Tabla 20 Valor del IPC de los últimos 10 años.....	90
Tabla 21 Ingresos por venta de bultos de compost.....	92
Tabla 22 Ingresos totales de ventas más tarifa.....	93
Tabla 23 Relación costo-beneficio.....	95

Tabla 24 Tasa de interna de retorno.....	97
Tabla 25 Proyección de beneficios ambientales	101

TABLA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Ubicación del sector urbano del municipio de Chipaque.	16
Ilustración 2. Generación de Residuos en Colombia	19
Ilustración 3 Orden de pilas, compostaje.....	27
Ilustración 4 Micro rutas de recolección en área urbana.	39
Ilustración 5 Mapa de Ubicación de las alternativas preseleccionadas.	46
Ilustración 6. Código de colores	74
Ilustración 7 Camión recolector de residuos orgánicos	75
Ilustración 8 Diagrama de flujo del proceso de compostaje en la planta.....	77
Ilustración 9. Plano de distribución planta de tratamiento residuos sólidos orgánicos	78
Ilustración 10. Plano de distribución planta de tratamiento residuos sólidos orgánicos.....	79
Ilustración 11 Balance de masa.....	87

TABLA DE GRÁFICAS

Gráfica 1 Gráfica porcentual de los residuos tomados en viviendas del casco urbano	42
Gráfica 2 Edad del encuestado.....	48
Gráfica 3 Encuestas aplicadas por género.	48
Gráfica 4 Estratificación	49
Gráfica 5 Nivel de estudio	49
Gráfica 6 Prioridad de consumo	50
Gráfica 7 Separación en la fuente	51
Gráfica 8 Disposición para los residuos sólidos orgánicos.....	51
Gráfica 9 Grado de conocimiento sobre el compostaje	52
Gráfica 10 Inconvenientes al separar los residuos	53
Gráfica 11 Frecuencia de entrega de los residuos sólidos	53
Gráfica 12 Grado de información frente al compostaje.....	54
Gráfica 13 Disposición para recibir capacitaciones para tratar los residuos desde casa y poder realizar el compostaje	55
Gráfica 14 Estaría de acuerdo para que se construya una planta de tratamiento para los residuos sólidos orgánicos	56
Gráfica 15 Utilizará el abono proveniente de una planta de compostaje.....	57
Gráfica 16 Clasificación en la fuente.....	58
Gráfica 17 ¿Por qué no lo hace?	58
Gráfica 18 Clasificación de los residuos sólidos en el establecimiento comercial.....	59
Gráfica 19 Clasificación de los residuos sólidos	60
Gráfica 20 Entrega de los residuos	61

TABLA DE ECUACIONES

Ecuación 1 Tamaño de muestra	32
Ecuación 2 Valor futuro.....	96
Ecuación 3 Valor actual neto	97
Ecuación 4 Periodo de recuperación de la inversión	99

RESUMEN

La generación de Residuos Sólidos Orgánicos (RSO), presenta en las últimas décadas un incremento debido a la sociedad consumista. En cifras reportadas por la superintendencia de servicios públicos en febrero de 2020, se estima que entre el 60% y 70% de los residuos sólidos del país se pueden aprovechar por medio del compostaje, (Monterrosa Blanco, 2018) urge así la necesidad de tratarlos y gestionarlos de una manera más eficiente.

La disposición de estos, en rellenos sanitarios es hasta ahora el proceso más utilizado, esta práctica trae consigo impactos sobre el entorno; como lo es, el uso de grandes superficies de terreno, la imposibilidad de aprovecharlos una vez depositados, la producción de lixiviados y la dificultad de su separación (aprovechables y no aprovechables), lo que conlleva en conjunto a la contaminación del ecosistema (Departamento Nacional de Planeación, 2017).

El presente proyecto tiene la finalidad de evaluar la pre factibilidad técnica de una planta de compostaje, aprovechando los RSO generados en el sector urbano del municipio de Chipaque-Cundinamarca, con veras a convertirse en una fuente adicional de ingresos para el municipio, produciendo y vendiendo el compost como materia prima a terceros interesados.

Se evalúa el diagnóstico actual del uso de los residuos sólidos orgánicos, con la ayuda de la última versión actualizada del Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS), año 2016, y de encuestas virtuales y presenciales a usuarios domiciliarios y comerciales del municipio, con el fin de conocer la percepción de aceptación del proyecto en el mercado por la población, seguido y para culminar se realiza una caracterización de tecnologías innovadoras para la producción de compostaje (Hernández, Tamayo & León Vélez, 2016). Haciendo elección de una ellas teniendo en cuenta las condiciones del proyecto y la comunidad, se realizan cálculos para el diseño, y un análisis de costo-beneficio.

Palabras clave: residuos sólidos orgánicos, compostaje, fertilizante orgánico, costo-beneficio, pre-factibilidad.

ABSTRACT

The generation of Solid Organic Waste (RSO) has increased in recent decades due to consumer society. In reported by the superintendency figures of public services in february 2020, it is estimated that between 60% and 70% of the country's solid waste can be used through composting, thus the need arises to treat and manage them in a more efficient way. efficient.

The disposal of these, in sanitary landfills is up to now the most used process, this practice brings with it impacts on the environment; as it is, the use of large areas of land, the impossibility of taking advantage of them once deposited, the production of leachates and the difficulty of their separation (usable and not usable), which together leads to the contamination of the ecosystem

The purpose of this project is to evaluate the technical pre-feasibility of a composting plant, taking advantage of the RSO generated in the urban sector of the municipality of Chipaque-Cundinamarca, in order to become an additional source of income for the municipality, producing and selling compost as raw material to interested third parties.

The current diagnosis of the use of organic solid waste is evaluated, with the help of the latest updated version of the Comprehensive Solid Waste Management Plan (PGIRS), year 2016, and virtual and face-to-face surveys of residential and commercial users of the municipality, In order to know the perception of acceptance of the project in the market by the population, followed and to culminate a characterization of innovative technologies for the production of composting is carried out, choosing one of them Taking into account the conditions of the project and the community, calculations will be made for the design, and a cost analysis.

Keywords: organic solid waste, composting, organic fertilizer, cost-benefit, pre-feasibility.

1. INTRODUCCIÓN

El proceso biológico en la degradación de residuos sólidos orgánicos, se documenta desde el siglo I, d.c, con el transcurrir del tiempo los campesinos y agricultores han usado esta práctica natural para obtener abono orgánico; es así como el compostaje (acción de diversos microorganismos aerobios) que actúan sobre la materia orgánica, bajo la influencia de varios factores (T°, pH, humedad, entre otros), genera abono orgánico (Marquez, Blanco, & Cabrera Capitán, 2008).

Actualmente, se observa con gran preocupación el aumento excesivo en los últimos años de la generación de residuos sólidos orgánicos (RSO) por parte de los hogares colombianos; esto debido sin duda al crecimiento poblacional, al consumismo, a los malos hábitos de la población y la falta de conciencia y educación ambiental, entre otros, afectando en gran medida al medio ambiente y la salud pública (Cabrera, 2017).

En Colombia la generación de RSO es crítica hace varios años, la creciente generación y falta de educación ambiental conlleva a reportar cifras desorbitantes, para 2014 se habían generado como promedio 22.000 toneladas diarias de residuos sólidos (Guerrero Peñarate, 2018), para 2008 el Ministerio de Medio Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, en los lineamientos de Política de Gestión de Residuos Sólidos estimó que se estaría generando aproximadamente 28.000 toneladas diarias en el país, principalmente por las grandes ciudades como: Bogotá, Medellín, Cali y Barranquilla, siendo recuperados solo un 17%, esto gracias a que el 78% de la población colombiana no posee el hábito de reciclar (EPAM S.A ESP, 2018).

En el municipio de Chipaque, el manejo de los RSO, es uno de los problemas ambientales y sanitarios más importantes, los actores involucrados (Empresas, Estado y Comunidad) no

logran articular la implementación de un relleno sanitario municipal, por factores como: la falta de recursos económicos, el consentimiento de la comunidad (generación de olores, lixiviados, plagas, gases, problemas de salud y tránsito) (Departamento Nacional de Planeación, 2017), además de la disponibilidad de un terreno.

La problemática generada de Residuos sólidos orgánicos en el municipio de Chipaque Cundinamarca, la ausencia de un relleno sanitario y la inadecuada separación de residuos, conducen a realizar el aprovechamiento de estos RSO, como disposición final; a través de una planta de compostaje municipal, capacitaciones e integración de la comunidad como solución.

Se lleva a cabo la evaluación técnica y financiera a través de la cual se encuentra viabilidad en los resultados obtenidos de la propuesta a la formulación del programa municipal de compostaje de los RSO, en el casco urbano del municipio de Chipaque Cundinamarca.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo General

Evaluar la pre factibilidad técnica para la creación de una planta de compostaje en el municipio de Chipaque Cundinamarca.

2.2 Objetivos Específicos

- Realizar un diagnóstico actual de los residuos sólidos orgánicos generados en el sector urbano del municipio.
- Determinar las condiciones técnicas que se requieran para el funcionamiento de la planta de compostaje.
- Determinar los beneficios económicos que traería la implementación de la planta de compostaje a través de un análisis costo-beneficio.

3. MARCO TEÓRICO

3.1 Generalidades

3.1.1 Ubicación general del municipio

Chipaque se encuentra ubicado en el Departamento de Cundinamarca, en la provincia del oriente, a 14 km de la Capital del país, el área urbana del municipio se encuentra sobre la vía Bogotá – Villavicencio; por el noroccidente limita con Bogotá D.C, en el oriente con Ubaque y Cáqueza y por el Sur con el municipio de Une. La altitud media de la cabecera municipal es de 2.400 msnm, la temperatura promedio es de 14,1 °C, su área total es de 139.45 km², sus coordenadas geográficas son, Latitud: 4.44294, Longitud: -74.0445 4° 26' 35" Norte, 74° 2' 40" Oeste (Alcaldía de Chipaque, 2018).

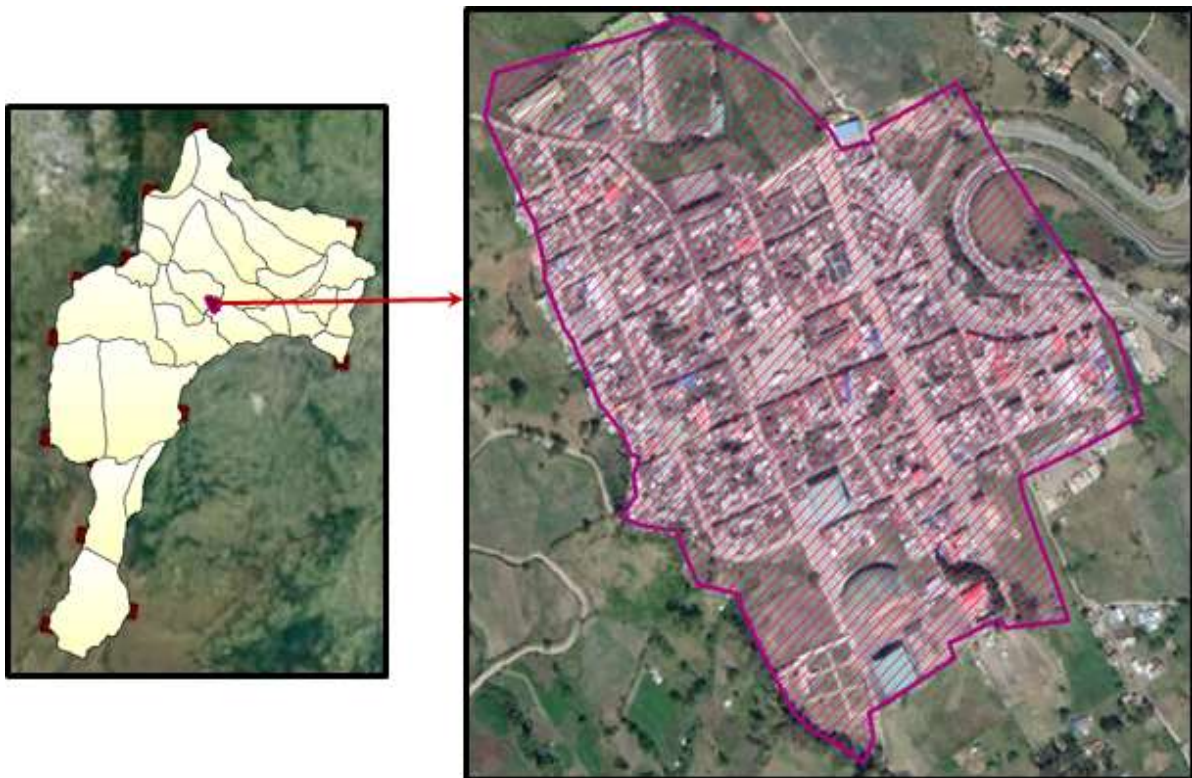


Ilustración 1 Ubicación del sector urbano del municipio de Chipaque.

Fuente. (Hurtado Baquero & Mahecha Pérez, 2021)

3.1.2 Residuos sólidos orgánicos (RSO)

Se denomina residuos sólidos orgánicos a todo aquel material que provenga de la flora o fauna como: sobras o productos de desecho de cualquier organismo orgánico apto para una descomposición por microorganismos (EarthGreen Colombia, 2014).

Los residuos orgánicos son de origen biológico, cuya composición está dada por; (con alta presencia de C, H y O y en baja proporción N, P y S) (Navarro, Moral, Gómez, & Mataix, 1995). Estos residuos se pueden clasificar en peligrosos y no peligrosos, como lo dicta la norma técnica colombiana *GTC 24 de 2009*, como se puede observar en la *tabla 1*.

La generación de residuos sólidos ha sido una problemática durante el tiempo para la sociedad, principalmente por espacio, descontrol y una mala disposición final, llevando a incrementar costos para su tratamiento y eliminación.

Tabla 1. Clasificación de los residuos sólidos para la separación en la fuente.

Tipo	Clasificación	Ejemplo	Manejo
No peligrosos	Aprovechables	Plásticos: envases, tapas, botellas, bolsas; Papel: hojas, periódico, cartón; Vidrio: botellas, recipientes	Reciclaje, reutilización.
	No aprovechables	Papel tissue: papel higiénico, servilletas, paños húmedos, toallas sanitarias, huesos, material de barrido, colillas de cigarrillo,	Disposición final
	Orgánicos Biodegradables	Residuos de comida, cortes y podas de material vegetal, hojarasca.	Compostaje, Lixiviado.
Peligrosos		RAEE, productos químicos y biológicos,	Incineración, disposición en celda de seguridad.
Especiales		Escombros, llantas, colchones, residuos de	Servicio de recolección especial.

Tipo	Clasificación	Ejemplo	Manejo
		gran volumen (muebles, estanterías, electrodomésticos)	

Fuente: Norma técnica colombiana GTC 24 de 2009.

Los residuos en general, pueden tener diferentes sectores productivos, en especial los residuos orgánicos. Estos se clasifican de acuerdo a su origen. Ver *tabla 2*

Tabla 2. Clasificación de los residuos según su origen.

Sector primario	Residuos agrícolas	-Restos de cosechas (difícil control)
	Residuos forestales	-Restos de poda (dudoso control)
	Residuos de actividades ganaderas	-Excrementos, camas y lechos. -Industrias cárnicas (mataderos): huesos, sangre, piel, etc. (fácil control)
	Residuos de actividades mineras	-Escombros de minas, residuos urbanos y asimilados.
Sector secundario y terciario	Residuos industriales	-Restos de industrias no peligrosas como; chatarra, cenizas, vidrios, arenas, polvos de metales, abrasivos, etc. -Residuos tóxicos y peligrosos; ácidos, reactivos, etc. contienen un riesgo para la salud humana. -Residuos de obras
	Residuos urbanos	-Residuos domésticos; plástico, vidrio, cartón, etc.

Fuente: Norma técnica colombiana GTC 24 de 2009.

3.1.2.1. Generación de residuos en Colombia



Ilustración 2. Generación de Residuos en Colombia

Fuente: (Monterrosa Blanco, 2018)

La ilustración 2. Permite observar el estudio realizado por (Monterrosa Blanco, 2018) denominado “Crece la tendencia del compostaje” donde la Superintendencia de Servicios Públicos y Domiciliarios (Superservicios), realiza el comparativo entre 2015 y 2016 de los Residuos sólidos por tipo de residuo, el cual estima que entre 60% y 70% de los residuos sólidos del país se pueden aprovechar, asegurando que el 40% de la basura diaria que genera en los hogares es materia orgánica.

3.1.3 Compostaje como opción de manejo de los RSO

El compostaje es un proceso en el cual la materia orgánica contenida en los residuos generados se transforma en materia estable y aprovechable, reduciendo su volumen y aportando beneficios para los cultivos y ayudando a la recuperación de suelos (Andrade Cuevo, 2014).

En este propósito de tratar los RSO, se han diseñado modelos de plantas de compostaje que permiten tener un mayor control de los parámetros biológicos ambientales para lograr obtener un compost de calidad, lo cual contribuye a mejorar la agro productividad de los suelos (Carrión, 2015).

Para lo mencionado anteriormente es necesario que se enmarquen una serie de acciones específicas dentro de un programa municipal de compostaje y no solo con la limitación de la construcción de la planta de compost.

3.1.3.1 Factores que afectan el proceso del compostaje

Existen variables que afectan el proceso del compostaje y se divide en dos categorías:

1. Parámetros de seguimiento, son aquellos que son medibles y se tienen en cuenta para un proceso adecuado; temperatura, humedad, pH, aireación y espacio de aire libre.

- **Temperatura (T°):** Es uno de los parámetros más importantes en el proceso de compostaje, a medida que crecen los microorganismos en las pilas, se produce calor que aumenta dicha temperatura, lo cual genera una relación directa entre la temperatura y la magnitud de la degradación de la materia. Cada microorganismo cuenta con un intervalo de T° optima, se evidencia 3 fases: fase mesófila inicial (T45°C), (T° optima 15-40 °C), al final de la cual se producen ácidos orgánicos; fase termófila (T>45°C), (T° optima 40-70 °C) y fase mesófila final, cuando se alcanza de nuevo la temperatura inicial:

(Marquez, Blanco, & Cabrera Capitán, 2008).

- **Humedad:**

La humedad óptima para el crecimiento de los microorganismos debe estar entre el 50-70%, decrece mucho cuando la humedad está por debajo del 30%; por encima del 70% el agua desplaza al aire en los espacios libres existentes entre las partículas, reduciendo la transferencia de oxígeno y produciéndose una anaerobiosis, el exceso de humedad se disminuye con aireación constante, buscando prevenir la generación de malos olores, residuos de lixiviados, presencia de plagas y diversos vectores (Márquez, Blanco, & Cabrera Capitán, 2008).

- **pH:** Permite una medida de control de la aireación de la mezcla, en la producción del compostaje se presentan 3 fases: En la fase mesófila inicial existe una disminución del pH, en la segunda se produce una progresiva alcalinización del medio, con presencia de amonio (descomposición de proteínas) (Sanchez Monedero & Bernal Paredes , 2001), en la tercera fase el pH se neutraliza debido a la formación de compuestos húmicos.

- **Aireación:** La presencia de oxígeno en el proceso de compostaje es importante, la falta de esta produce aparición de sulfato de hidrogeno y malos olores , por otro lado el exceso de este, produce enfriamiento de la masa y desecación (Zhu, 2006).

- **Espacio de aire libre:** Relaciona la humedad (H), la densidad aparente (Da), la densidad real (Dr) y la porosidad (P), en esta se debe tener en cuenta la estructura física de los residuos, para que no se presente exceso de humedad en el área.

2. Parámetros relativos a la naturaleza del sustrato han de ser medidos y adecuados a sus valores correctos fundamentalmente al inicio del proceso (Solano y Col, 2001); tamaño

de partícula, relaciones C/N y C/P, nutrientes, materia orgánica y conductividad eléctrica.

- **Tamaño de partícula:** El desmenuzamiento del material permite el ataque de los microorganismos y aumenta la velocidad del proceso. Las dimensiones consideradas óptimas son distintas según los criterios de distintos autores, variando entre 1 y 5 cm (Haug, 1993), entre 2 y 5 cm (Kiehl, 1985) o entre 2,5 y 2,7 cm (Tchobanogolus y col., 1994) (Marquez, Blanco, & Cabrera Capitán, 2008).
- **Relaciones C/N y C/P:** Estas relaciones de Carbono (C) y Nitrógeno (N), son fundamentales para obtener una muy buena calidad de compostaje, los microorganismos utilizan generalmente 30 partes de C por cada una de N, el intervalo de C/N teóricamente óptimo para el compostaje de un producto es de 25-35, la relación C/N ideal para un compost totalmente maduro es cercana a 10.

El fósforo es el nutriente más importante, después del C y el N, por lo que también debe estar presente en unas cantidades mínimas para que el proceso se lleve a cabo correctamente. La relación C/P para el compostaje es óptima entre 75 y 150, mientras que la relación N/P debe estar entre 5 y 20 (Marquez, Blanco, & Cabrera Capitán, 2008).

- **Nutrientes:** “Entre los elementos que componen el sustrato destacan el C, N, y P, que son macronutrientes fundamentales para el desarrollo microbiano. El carbono es necesario en la síntesis celular para la formación del protoplasma, así como la de los lípidos, grasas y carbohidratos; durante el metabolismo se oxida para producir energía y anhídrido carbónico; es el elemento que debe estar presente en mayor cantidad puesto que constituye el 50% de las células de los

microorganismos y el 25% del anhídrido carbónico que se desprende en la respiración” (Marquez, Blanco, & Cabrera Capitán, 2008).

- **Materia orgánica:** Durante el proceso del compostaje, la materia orgánica pierde tamaño, esto debido a su mineralización y a la pérdida de C (anhídrido carbónico), esta pérdida se considera como el 20% del total.
- **Conductividad eléctrica (CE):** Está determinada por la naturaleza y composición del material de partida, esencialmente por su concentración de sales y en mínimo grado por la presencia de iones amonio o nitrato formados durante el proceso (Sanchez Monedero & Bernal Paredes , 2001). La Conductividad eléctrica, generalmente tiende a aumentar en el proceso, esto debido a la mineralización de la materia orgánica, lo que produce un aumento de la concentración de nutrientes, ya que si disminuye provocaría una excesiva humectación afectando en gran medida la descomposición.

3.1.4 Programa municipal de compostaje

Para la realización del programa de desarrollo municipal de compost, se llevan a cabo en cinco etapas:

1. **Separación:** proceso por el cual los residuos orgánicos (los restos de alimentos, de jardín y papel) se separan. Estos residuos no deben tener contacto con ningún otro tipo de residuos ya que afecta la calidad del producto final, en este caso el abono orgánico (Barrena Torres, 2006).
2. **Recolección:** traslado de los desechos separados en las diferentes fuentes de generación como pilas y/o canecas. Las recolecciones domésticas básicamente cuentan con 2 formas de generación como lo son: cocina y jardín, requiriendo un traslado a menor

escala, si se trata de establecimientos, los residuos al ser de mayor tamaño, requieren de un vehículo para su desplazamiento (Barrena Torres, 2006).

- 3. Tratamiento:** es el proceso más importante, ya que define el compostaje en sí. Los componentes primordiales son los siguientes: nitrógeno, carbono, oxígeno y agua. Son factores indispensables para la actividad microbiana de descomposición de los RSO, con un buen manejo de los factores se logra una aceleración en el proceso de la degradación. El tratamiento se clasifica en diferentes escalas, desde la domiciliaria que recoge en cantidades bajas usando canecas, bolsas y demás, hasta establecimientos que recolectan residuos en mayor proporción, adjuntando en pilas o canecas de capacidad superior (Barrena Torres, 2006).

La manera que más se usa es mediante pilas, ya que su principal acondicionamiento es el del terreno. Esta estructura es muy cambiante y accede adecuar el proceso según las necesidades de la materia prima, el clima, y/o los recursos económicos disponibles.

En cuanto a los microorganismos, es importante tener la relación de “carbono: nitrógeno” (C: N) en condiciones óptimas para que estos no mueran o así cumplan con su función, que es la de descomponer el material. El valor ideal se encuentra entre 25:1 y 35:1, lo que significa (25 de C por 1 de N y 35 de C por uno de N) (Barrena Torres, 2006).

Infraestructura: Tener en cuenta los factores que impulsa el buen funcionamiento, como lo son: volumen a tratar, tipo de residuos, terreno, clima, cantidad de carbono, nitrógeno, humedad, temperatura, microorganismos, metabolismo de los microorganismos, carbón, energía, nutrientes, oxígeno, pH, sistema de aireación (manual y/o artificial), control de plagas y por último la rapidez de la descomposición a la que se quiere llegar (Román , Martínez, & Pantoja , 2015).

4. Distribución y utilización: la distribución consiste en el traslado que se le da al producto final, los sitios donde será usada, considerando los tipos de vehículos, rutas, contenedores, empaque y frecuencia de cada cliente (Román , Martínez, & Pantoja , 2015).

3.1.5 Tipos de plantas de compostaje

Existen 3 tipos para el proceso de compostaje:

1. Compostaje manual.
2. Compostaje semi-mecanizado.
3. Compostaje mecanizado.

Los sistemas de compost, optimizan los factores del proceso, cada instalación debe evaluarse individualmente, para que a su vez se desarrolle un programa eficaz.

3.1.6 Sistemas de compostaje

3.1.6.1 Pilas estáticas aireadas

Consiste en la disposición de los RSO en pilas, y/o montañas alargadas. El aire que se le inyecta es proporcionado por ventiladores que pueden trabajar a succión y descarga, en la parte inferior de la pila o montaña se instala tuberías con agujeros con el fin de liberar o recoger oxígeno (ER Group, 2017).

Se determina proceso estático ya una vez realizado el montaje no tiene alteraciones en comparación con el sistema de aireación por volteo (windrow), la aireación se hace por volteo mecánico, sin necesidad de ventiladores (ER Group, 2017).

Las pilas que obtienen material biodegradable, tendrán que ser recubiertas con pasto, aserrín o un material que evite la proliferación de olores y así evitar la llegada de plagas. Si el sistema

es manual, el material se debe mezclar una vez por semana para airear y homogeneizar (Ibañez A. , 2015). Es importante que la construcción del techo no impida que el viento ingrese, la recomendación es que sea descubierta por los 4 lados.

Se recomienda colocar tuberías para que conduzca el agua de lluvia a canecas. De esta forma se aprovecha para regar las pilas, haciendo ahorro de la misma, el riego se puede realizar manualmente o con regadoras.

La biodegradación se da en los 3 meses iniciales del proceso. Es de suma importancia tener total control, realizar las mezclas regularmente del material. La medición de la humedad se puede realizar sin necesidad de instrumentos. Se toma una puñada del material y se aprieta. Si sale 2 - 5 gotas de líquido, la humedad es aceptable. Si gotea menos, se procede a regar las pilas; si sale más de 5 gotas, el riego se debe detener o si es por causa de lluvia, se debe construir un techo que proteja las pilas (Restrepo, 2016).

El material biodegradable debe ser regado los 3 primeros meses. El proceso total es de 6 meses. Durante este tiempo el compost ya no tendrá fototóxicos, bacterias patógenas y otros ingredientes nocivos para la salud del humano (Restrepo, 2016).

El volumen del material biodegradado tiende a disminuir, se puede combinar dos o más pilas para formar una, teniendo en cuenta que deben de ser de la misma edad, para no revolver compost inmaduro con maduro (Restrepo, 2016).

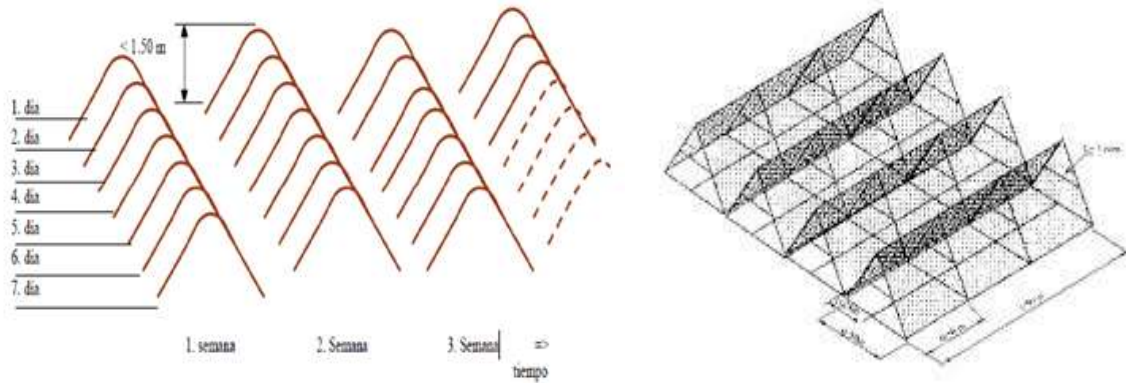


Ilustración 3 Orden de pilas, compostaje
Fuente: (Solano y Col, 2001) (U.N.D Altiplano, 2018)

3.1.6.2 Sistemas cerrados

Este sistema permite un control de los parámetros para los procesos en túneles, tambores o contenedores, permitiendo ampliar la capacidad de tratamiento, como es un sistema cerrado, es posible tratar los olores producidos por el material a descomponer por tratamiento anaerobio (Marmolejo, 2010).

La ventaja de estos sistemas es que poseen una técnica de aireación para controlar olores desagradables, manteniendo la supervivencia de los microorganismos, con un bajo consumo energético.

La humedad, composición de nutrientes, pH, temperatura, cantidad de gas entre muchas otras variables; pueden ser controladas y optimizadas para llevar la biodegradación eficaz con la reducción máxima de contaminación. En los últimos años el desarrollo de este sistema cerrado ha tenido resultados favorables (Marmolejo, 2010).

3.1.6.3 Sistemas abiertos

1. Pilas estáticas: Esta tecnología es la más utilizada, simple y económica.

2. Pilas estáticas con aireación pasiva: emplea estructuras simples, con escasas complicaciones, se logran buenos resultados gracias a que se aspira el máximo aire posible debido a que las estructuras permiten que el flujo de aire suba desde la parte de abajo hasta el centro. La forma depende del tamaño de la pila, de la humedad, porosidad y el nivel de descomposición. Este proceso para la realización del compostaje ha sido muy eficaz, se ha usado para composta, restos de poda, estiércol y RSO (Buenrostro, Marquez, & Ojeda, 2018).
3. Pilas estáticas con aireación forzada: Este sistema permite un mayor control del oxígeno, manteniéndolo en el intervalo apropiado, acelerando el proceso de descomposición por microorganismos.
4. El oxígeno se inyecta por diferentes vías, por succión o por insuflado, dependiendo la necesidad del material (Vargas, Antolínez, Bohórquez, & Corredor, 2015).
5. Pilas con volteo: Este método es económico y muy sencillo, puesto que la técnica que se maneja para la producción del compostaje se lleva a cabo en una pila, mezclando la materia prima homogéneamente dando total control a la temperatura, humedad y el aumento de la porosidad con fines de dar mejor ventilación, siendo medidas en cada volteo. Los volteos se realizan con una máquina que contiene una pala cargadora, llevando el material de una pila a otra, recogiendo y soltando (Andrade Cuevo, 2014).

3.1.6.4 Compostaje en tambor

Este sistema es diseñado con un tambor giratorio en tamaños diferentes, con material en acero, lo que permite el control térmico y manejo de olores mediante conexiones a biofiltros (Lampurlanés, 2010).

El líquido que se da producto de la descomposición de los RSO, es retroalimentado por la rotación discontinua y se mantiene dentro del mismo. La descomposición se da dentro del

mismo, se realiza una rotación intermitente con el fin de que el material sea homogenizado de forma segura para obtener un producto de calidad. Al final del proceso, el material óptimo está homogeneizado completamente, no contiene olores desagradables ni patógenos que afecten la salud humana (Lampurlanés, 2010).

3.1.6.5 Compostaje en túneles

Consiste en construir un túnel cerrado, elaborado con material en hormigón, aireación controlada por aspiración o por impulsión, ya que es indispensable para los microorganismos tener O₂ onstantemente para su supervivencia, la diferencia con el compostaje en tambor es que este se encuentra en un solo punto y su desarrollo es completo (Lampurlanés, 2010).

3.1.7 Maduración y usos del compostaje

La maduración es la fase final del periodo de la fermentación, la parte menos biodegradable disminuye la actividad metabólica, lo cual requiere de mucho más oxígeno. Una vez se haya completado el proceso de maduración, el compost puede ser almacenado en un lugar fresco, retirado de la humedad, hasta su venta o uso del mismo (Andrade Cuevo, 2014).

3.1.8 Tratamiento para el olor

El tratamiento de olores es una parte de interés principal en el proceso del compostaje, en especial si la planta se encuentra ubicada cerca a zonas residenciales, debe contar con una buena gestión que evite o reduzca al máximo los olores, existen varios métodos, como lo son: la biofiltración, la destrucción térmica y el proceso químico. (Fernandez, 2017).

En las plantas manuales no se necesita de un tratamiento de control de olores, ya que en las primeras fases de la descomposición se retira el material con el propósito de disminuir impactos negativos, se propone manejar estos impactos con metodologías sencillas y económicas, como cubrir las pilas con pasto con una capa de (5-10cm) y/o abono y listo de la capa gruesa, esto

sirve como filtro biológico y se puede mezclar al material a comportar ya finalizado su proceso (Fernandez, 2017).

3.1.9 Tratamiento para los lixiviados

La producción de los líquidos contaminantes en el proceso de compostaje es generada por el agua que contiene los RSO y se denominan lixiviados. Para la eliminación se sugiere contar con un sistema de aireación forzada y recolección de estos, reincorporándolos al proceso de compostaje, sirviendo como compost líquido o esperando su evaporación de manera natural dentro de las pilas (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2017).

4. METODOLOGÍA

A continuación, se presenta la metodología que se desarrolló en este proyecto para dar respuesta de manera detallada a los objetivos específicos.

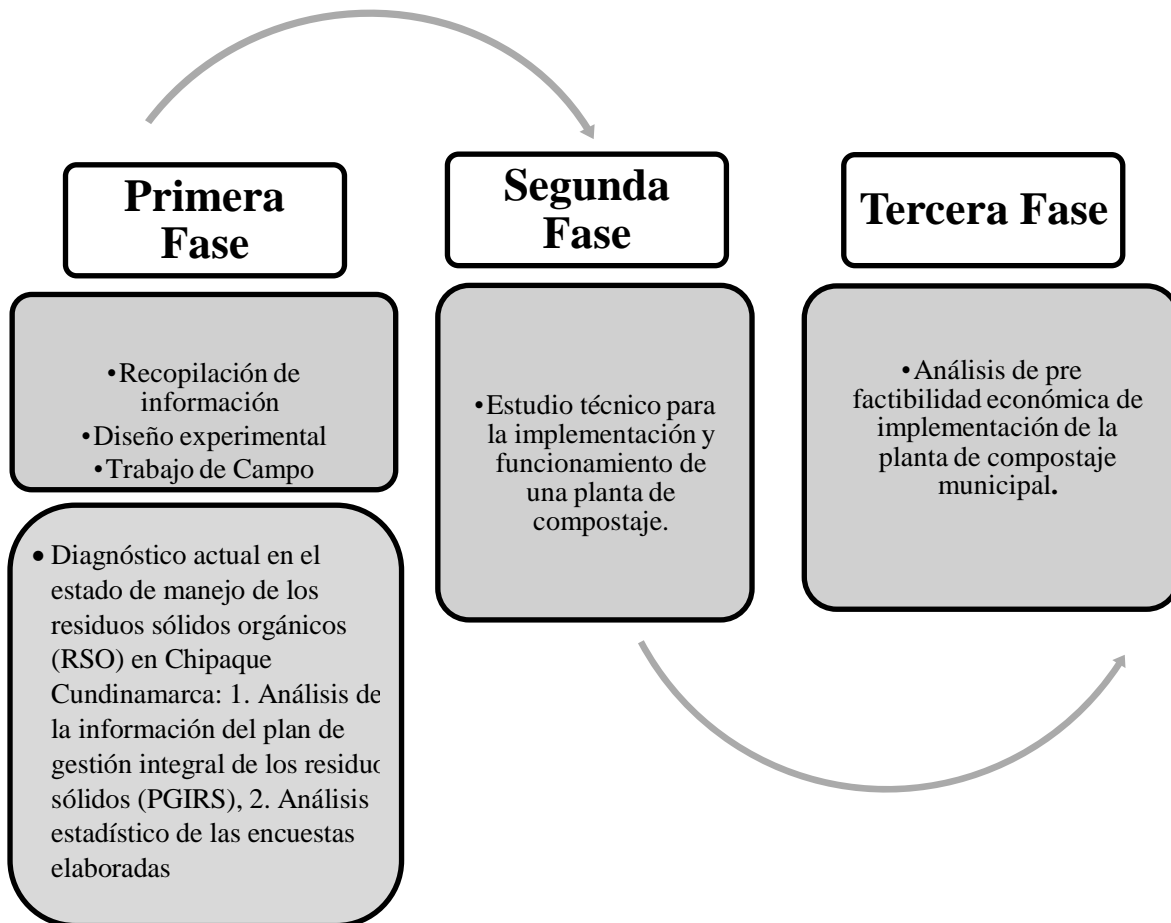


Figura 1. Metodología de Investigación

Fuente: (Hurtado Baquero & Mahecha Pérez, 2021).

A. Primera fase:

4.1 Recopilación de información

Se recolectó información pertinente sobre los estudios de implementación de plantas de compostaje en municipios, en diferentes libros, revistas y artículos científicos, mediante la base de datos que brinda la Universidad Santo Tomás como lo son; Scopus, Redalyc, E-libro, entre

otras, también se procedió con la revisión del Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS) del Municipio de Chipaque Cundinamarca, actualización 2016. Y por último se recolectaron datos estadísticos por medio de encuestas aleatorias simples virtuales y presenciales a los domiciliarios y comerciantes del sector urbano del municipio.

4.2 Diseño experimental

Según la información suministrada por el Sistema Único de Información SUI a diciembre del año 2015, el municipio de Chipaque cuenta con 715 usuarios inscritos de los cuales el 82,95% son pertenecientes a domiciliarios y un 17,06% de tipo oficial y comercial.

Se realizó dos encuestas de manera virtual y presencial, una dirigida al sector domiciliario y la otra al sector comercial del casco urbano del Municipio de Chipaque, con el fin de diagnosticar la situación actual de los residuos y saber con exactitud el manejo y/o disposición que se le está dando a los RSO, la opinión de cada encuestado, la pre-factibilidad de aceptación en el mercado, grado de educación ambiental, y por último determinar una posible existencia de la creación de una planta de compost. *Ver anexo 1 y anexo 2.*

4.2.1 Cálculo del tamaño de la muestra

Para determinar el tamaño muestra, se tuvo en cuenta la ecuación:

Ecuación 1 Tamaño de muestra

$$n = \frac{N * Z_a^2 * p * q}{d^2(N - 1) + Z_a^2 * p * q}$$

Fuente: (Torres, Paz , & Salazar, 2007).

Dónde:

N: población total

$Z\alpha$: nivel de confianza

p: proporción de aceptación

q: proporción de rechazo

d: precisión (error máximo admisible en términos de proporción) entre (3% y 7%)

n: número de encuestas a realizar.

Cabe resaltar que por la situación actual que se está viviendo a nivel mundial a causa del nuevo virus Coronavirus SARS-CoV-2, se llevó a cabo un porcentaje de confiabilidad del 90%, ya que emplear un valor mayor, significaría la realización de un mayor número de encuestas, lo cual se omitió por razones de seguridad en salud, económica y de recursos. Es así como se decidió realizar una muestra, con un número menor de encuestas, avalando resultados confiables y garantizados.

Para los valores de “p y q” se asumió un criterio conservador ($p = q = 0.5$), ya que se desconoce la proporción deseada, dicho valor maximiza el tamaño de la muestra, “la probabilidad de éxito o fracaso, debe ser igual, garantizando así un estudio bueno”.

Coefficiente de $Z\alpha$:

1. Si la seguridad $Z\alpha$ fuese del 90% el coeficiente sería 1.645
2. Si la seguridad $Z\alpha$ fuese del 95% el coeficiente sería 1.96
3. Si la seguridad $Z\alpha$ fuese del 97.5% el coeficiente sería 2.24
4. Si la seguridad $Z\alpha$ fuese del 99% el coeficiente sería 2.576

Número de encuestas para aplicar al sector domiciliario:

A continuación, se asumieron los siguientes valores; $N = 715$; un valor de $Z\alpha = 1.645$; valor de aceptación y rechazo $p*q = 0,5$, precisión $d = 7\%$. Como resultado se obtuvo que sería necesario entrevistar a $116,67 \approx 117$ domiciliarios.

Número de encuestas aplicar en el sector comercial:

Para saber el número de encuestas aplicar en el sector comercial se asumieron los siguientes valores; $N = 121$; un valor de $Z\alpha = 1.645$; valor de aceptación y rechazo $p*q = 0,5$, precisión $d = 7\%$. Como resultado se obtuvo que sería necesario entrevistar $65,34 \approx 65$ establecimientos.

4.3 Trabajo de campo

Las encuestas realizadas a los sectores domiciliario y comercial, se llevaron a cabo de manera aleatoria simple, virtual y presencial, usando los medios de comunicación a través de redes sociales, como; WhatsApp, Messenger, Instagram, y correos electrónicos, allegando la encuesta por medio de un link, allí la persona contestaba y nos hacía llegar el soporte de validez. Para la realización de la encuesta presencial se visitó puerta a puerta a los habitantes del municipio.

La encuesta fue dirigida a los habitantes del sector urbano del municipio de estrato 1, 2, 3 y 4 no se tuvo en cuenta este factor como un patrón para la realización de la encuesta, ya que Chipaque no tiene sectores demarcados por los estratos económicos.

B. Segunda Fase:**4.4 Diagnóstico actual en el estado de manejo de los residuos sólidos orgánicos (RSO) en Chipaque Cundinamarca.**

Se divide en dos:

1. Análisis de la información del plan de gestión integral de los residuos sólidos (PGIRS): se evaluó en detalle el diagnóstico del manejo de las basuras en el municipio, con fines de verificar su cumplimiento en la comunidad.
2. Análisis estadístico de las encuestas elaboradas: se llevó a cabo un análisis de cada pregunta realizada en la encuesta que se le aplicó a la comunidad del sector urbano del municipio, para así poder observar detalladamente los distintos escenarios de comportamientos y conocimientos que tienen los habitantes con respecto al manejo de los RSO, apoyándose en herramientas estadísticas a través de Microsoft Excel, haciendo uso del diagrama de barras y torta, como se puede observar en el ítem 5.2 del presente proyecto, que conllevó a estructurar medidas de mejora.

C. Tercera Fase:

4.5 Estudio técnico para la implementación y funcionamiento de una planta de compostaje.

Se desarrollan los siguientes pasos con el fin de elegir la planta de compostaje más adecuada para el municipio de Chipaque.

El primer paso se desarrolló con la ejecución de una proyección de la población, y una proyección de la generación de los residuos sólidos orgánicos (RSO), para poder estimar el volumen que ocuparía dichos residuos en la planta de compostaje, y así saber el tamaño de las pilas y/o contenedores que ocupan los residuos.

Segundo paso, se calculó el número de pilas que se necesitan para dar respuesta al volumen de residuos generados, proyectados dentro de 15 años, y así mismo definir el área de compost máximo teniendo en cuenta una disposición de tiempo de 4 meses en total.

Tercer paso, se realizó un análisis para llevar a cabo el cuarto de almacenamiento para el compost ya finalizado y listo para su entrega; según lo estipulado por el Reglamento del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS), es pertinente tener el abono en bodega solo por una duración de máximo tres (3) meses.

Cuarto y último paso, se establecieron unas recomendaciones para la infraestructura y funcionamiento óptimo de la planta.

4.6 Análisis de pre factibilidad económica de implementación de la planta de compostaje municipal.

Para el análisis de costo-beneficio de la planta, se estableció una cotización donde se mencionan los materiales para la construcción de la obra civil, como lo es; la parte administrativa, baño, oficina, bodega de almacenamiento y área de compostaje. Para realizar este trabajo se tuvo en cuenta las indicaciones de un Ingeniero Civil y con información de cotizaciones de depósitos de cadena.

Una vez que se tuvo la lista de materiales directos con sus respectivos costos, se procedió con un segundo inventario, pertinente a los gastos operacionales y materias como, energía, agua, microorganismos eficientes EMs (bacterias ácido lácticas, bacterias fototróficas, hongos, etc.), papel especial para pH, termómetro, medidor de oxígeno, entre otros.

Como tercer pasó, se estableció un precio asequible para el bulto de compost fabricado en la planta de tratamiento de RSO, basados en los precios actuales que maneja el mercado del municipio de Chipaque.

Por último, se realizó un análisis del valor presente neto (VPN) de los ingresos y costos, para poder hallar la factibilidad financiera del proyecto.

5. RESULTADOS

5.1 Diagnóstico del actual estado de manejo de los residuos sólidos orgánicos (RSO) en Chipaque Cundinamarca.

5.1.1 Análisis de la información del plan de gestión integral de residuos sólidos (PGIRS)

5.1.1.1 Sistema de recolección y transporte

El servicio de recolección de aseo lo presta directamente el Municipio por medio de la oficina de servicios públicos, cuenta con un camión especial que se dedica exclusivamente a la recolección de los residuos sólidos generados.

Cabe resaltar que el servicio de recolección se presta en el casco urbano del municipio, y en los centros poblados de las veredas de Llano de Chipaque y Abásticos; en total son cuatro (4) operarios distintos para llevar a cabo esta tarea, en las demás veredas no se hace prestación del sistema de recolección, por lo general los habitantes de la zona rural disponen los residuos a quema a cielo abierto o entierro.

La recolección en la zona urbana es del 100% y comienza a partir de las 8:00 a.m. hasta máximo las 5:00 p.m., los residuos son retirados de las aceras y andenes y colocados de manera manual en el vehículo compactador.

El vehículo de recolección cumple con todas las especificaciones técnicas establecidas en el artículo 37 del decreto 2891 de 2013, a continuación, se mencionan:

1. Los vehículos recolectores deberán ser motorizados, y estar claramente identificados (color, logotipo, placa de identificación, entre otras).

2. El vehículo debe contar con equipo de comunicaciones y con equipos de compactación de residuos.
3. El vehículo debe contar con un tubo de escape hacia arriba y por encima de su altura máxima, cumpliendo con las normas vigentes para emisiones atmosféricas (Ley 1972 del 2019).
4. Debe contar con un sistema de compactación que pueda ser detenido en caso de emergencia, también debe ser de tipo de compactación cerrada, de manera que impida la pérdida de lixiviados, y por último debe tener un mecanismo automático que permita una rápida acción de descarga.
5. El camión de recolección deberá tener estribos con superficies antideslizantes, y manijas adecuadas para que el personal pueda sujetarse de manera segura.
6. Deberá posibilitar el cargue y descargue de los residuos sólidos almacenados de forma tal que evite la dispersión de estos, la emisión de partículas y asegurar que no hará esparcimiento de los residuos sólidos durante el recorrido.
7. El carro recolector deberá cumplir con las especificaciones técnicas existentes para no afectar la salud ocupacional de los conductores y operarios.
8. Deberá cumplir con la capacidad y dimensión de las vías públicas.
9. También deberá estar dotado de dispositivos que minimicen el ruido.
10. Deben contener elementos como cepillos, escobas y palas, en caso de dispersión de los residuos en la vía pública.

Terminada la ruta de recolección los residuos son transportados el mismo día para disposición final, para un total al mes de aproximadamente 24 viajes hasta el Relleno Sanitario Doña Juana.

A continuación, se presenta una tabla donde se señala la frecuencia de recolección:

Tabla 3 Frecuencia de recolección de los residuos.

Zona	Frecuencia	Día	Hora
Urbana	Tres días a la semana	Martes	8:00 a.m. - 5:00 p.m.
		Jueves	8:00 a.m. - 5:00 p.m.
		Sábado	8:00 a.m. - 5:00 p.m.

Fuente: PGIRS de Chipaque, 2016.

A continuación, se presenta la macro ruta de la zona urbana de recolección de residuos, la cual cuenta con un recorrido total de 6,5 km en total, cabe aclarar que cada color que se presenta en la *Ilustración 4*, simboliza el micro ruteo, para un total de 5.



Ilustración 4 Micro rutas de recolección en área urbana.

Fuente: (Empresas Públicas de Cundinamarca S.A. E.S.P, 2016).

Gracias a las encuestas realizadas se pudo evidenciar que varios de los habitantes no cuentan con el hábito de separar sus residuos, sus observaciones se dirigen a que el sistema de recolección al momento de hacer la recogida este las reúne lo (inorgánico con lo orgánico) y no ven que sean útil sus esfuerzos al separarlas.

5.1.1.2 Residuos mayormente aprovechables en el municipio de Chipaque

Según el Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos del municipio, actualización 2016, asegura que el 30% de los habitantes del casco urbano fue sensibilizado en temas de separación y reutilización de materiales posiblemente reciclables, estas capacitaciones se llevaron a cabo en instituciones educativas y dirigidas a los mismos estudiantes en el año 2014.

Como se puede evidenciar en la tabla 4, extraída del actual PGIRS, el registro de los residuos sólidos aprovechables no cuenta con un espacio para los Residuos Sólidos Orgánicos (RSO), sin embargo, en las encuestas realizadas se notó que algunos domicilios y empresas si hacen separación de los residuos.

Tabla 4 Materiales aprovechables.

Material	Ton/ año	Tipo de actividad	Tipo de Uso
Papel y cartón	22,8	Separación y acopio	Acopio y comercialización
Chatarra	24	Separación y acopio	Acopio y comercialización
Vidrio	6	Separación y acopio	Acopio y comercialización
Cobre	0,6	Separación y acopio	Acopio y comercialización
Plásticos	6	Separación y acopio	Acopio y comercialización

Fuente: PGIRS de Chipaque, 2016.

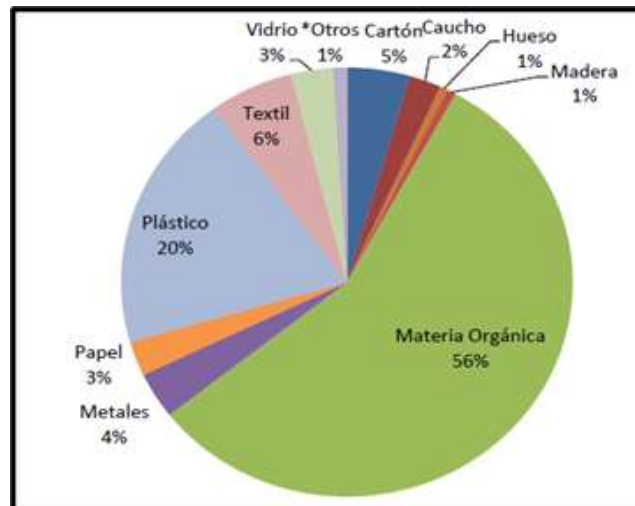
5.1.1.3 Caracterización de residuos

Como se mencionó en el ítem de aprovechamiento, los residentes del casco urbano del municipio, aunque no cuenten con un servicio especial para la recolección de los residuos orgánicos e inorgánicos por separado, gracias al trabajo en campo que se realizó, se evidenció que algunos de los domiciliarios y empresarios encuestados si llevan a cabo actividades que les permite aprovechar los residuos ordinarios, reciclables y orgánicos

Según la información establecida por parte de la Oficina de Servicios públicos de Acueducto, Alcantarillado y Aseo del Municipio de Chipaque, notificó que existe una bodega para la comercialización del material inorgánico reciclable, como plástico, cartón, chatarra, entre otros, cabe aclarar que este es un servicio informal.

5.1.1.4 Composición física de los residuos sólidos

Según un estudio que se llevó a cabo en el año 2016 por parte de la Administración municipal de Chipaque, se procesaron muestras obtenidas por parte de los residentes del casco urbano del municipio, su objetivo principal era recolectar los desechos que produce cada usuario y con ayuda del laboratorio ANALQUIM LTDA, se realizaría el cuarteo y análisis de las muestras. En la gráfica 1 se pueden presenciar los resultados obtenidos:



Gráfica 1 Gráfica porcentual de los residuos tomados en viviendas del casco urbano

Fuente: (Empresas Públicas de Cundinamarca S.A. E.S.P, 2016)

La grafica 1. Muestra la distribución porcentual, de los residuos sólidos en el municipio de Chipaque, permitiendo hacer una comparación de los datos. En ella se indica que el 56% de los residuos totales, corresponden a materia orgánica, resultante de cada vivienda del sector urbano de Chipaque, por consiguiente, el objeto de este trabajo y que nos permite vislumbrar un panorama, hacia donde enfocar las técnicas de aprovechamiento.

A continuación, se presenta una tabla donde se muestra en detalle qué porcentaje podría crecer durante los años siguientes de los residuos sólidos orgánicos generados en el sector urbano del municipio.

Tabla 5. *Porcentaje de residuos sólidos orgánicos.*

Año	% de RSO
2016	56
2017	56.03
2018	56.09
2019	56.12
2020	56.15
2021	56.18
2022	56.21

2023	56.24
2024	56.27
2025	56.30
2026	56.33
2027	56.36
2028	56.39
2029	56.42
2030	56.45

Fuente. : (Hurtado Baquero & Mahecha Pérez, 2021)

Se puede evidenciar que en la tabla 5, que el porcentaje de generación de residuos sólidos orgánicos no crece de una forma acelerada, un dato muy importante según el (PGRIS, 2016) se calculó una producción per cápita (PPC) promedio para el área urbana arrojando como resultado, 0.435 kg/hab día.

El peso total de los residuos sólidos fue obtenido por parte de la Oficina de Servicios Públicos, de un reporte de la estación de pesaje y control de Coviandina del Alto de la Cruz en la vía Bogotá – Villavicencio.

Tabla 6. Caracterización física de los residuos sólidos generados.

Tipo de Residuo	% en peso	Residuos solidos Producido por componente (Ton/mes)
Residuos sólidos orgánicos (RSO)	56	36.12
SUBTOTAL ORGÁNICOS	–	36.12
Vidrio	3	2.63
Papel	3	2.28
Cartón	5	1.66
Plástico (PEAD)	5,4	4.47
Plástico (PEBD)	6,6	6.12
Madera	1	0.11
Metales	4	2.50
Cuero	0.05	0.03

Textiles	6	5.01
Caucho	2	1.02
SUBTOTAL INORGÁNICOS		25.83
No aprovechables	8	5.8
TOTAL	100	67.73

Fuente: PGIRS de Chipaque, 2016.

5.1.1.5 Alternativas de aprovechamiento de los residuos sólidos en Chipaque

Se logró establecer que el municipio cuenta con programas de aprovechamiento gestionados desde la administración local, pero que en la actualidad no cuentan con ningún tipo de ruta selectiva, no existe ejercicio alguno de selección en la fuente y recientemente no se han gestionado campañas educativas tendientes al tema de manejo y disposición debida de los residuos sólidos.

En la actualización del (PGIRS) del 2016, no se registró para ese entonces ningún reciclador de oficio operando en el municipio, sin embargo bajo la información obtenida por parte de “la Oficina de Servicios Públicos de Acueducto Alcantarillado y Aseo del Municipio de Chipaque” se obtuvo que existe una bodega para la comercialización del material del municipio, perteneciente a una persona no legalmente constituida, pero que fue igualmente reconocido como el único reciclador del municipio, realizando la recolección, clasificación y transporte 3 veces por semana. Para hacer su trabajo, el operario a cargo, cuenta con un vehículo motorizado propio con el cual realiza la ruta en el casco urbano.

El objetivo de este proyecto se ajusta completamente con los objetivos planteados en el PGIRS de Chipaque ya que se busca de manera específica con el proyecto evaluar la pre-factibilidad

técnica para la creación de una planta integral de aprovechamiento de los residuos sólidos, permitiendo la comercialización y uso organizado de los productos obtenidos en dicha planta.

Las recomendaciones que se plantean es la de iniciar el funcionamiento de la planta con los residuos recolectados en la Plaza de Mercado de Chipaque, ya que se recogen grandes volúmenes de residuos orgánicos, objeto de interés para este trabajo. Actualmente la administración municipal cuenta con dos posibles terrenos para la construcción de una planta de tratamientos de residuos sólidos orgánicos, para la elección del mejor posible lote, se tuvo en cuenta los parámetros que se estipulan en el RAS 2017, como lo son: la calidad del suelo, accesibilidad, disponibilidad de uso de forma que no afecten los planes de expansión urbana, ni incomode a los residentes cercanos al sitio preseleccionado, de esta manera se señalan 2 alternativas

Tabla 7. Alternativas preseleccionadas.

N°	Alternativa	Nombre
1	Alternativa 1	Sector vereda Querente
2	Alternativa 2	Sector vereda cerezos chiquitos

Fuente. : (Hurtado Baquero & Mahecha Pérez, 2021)

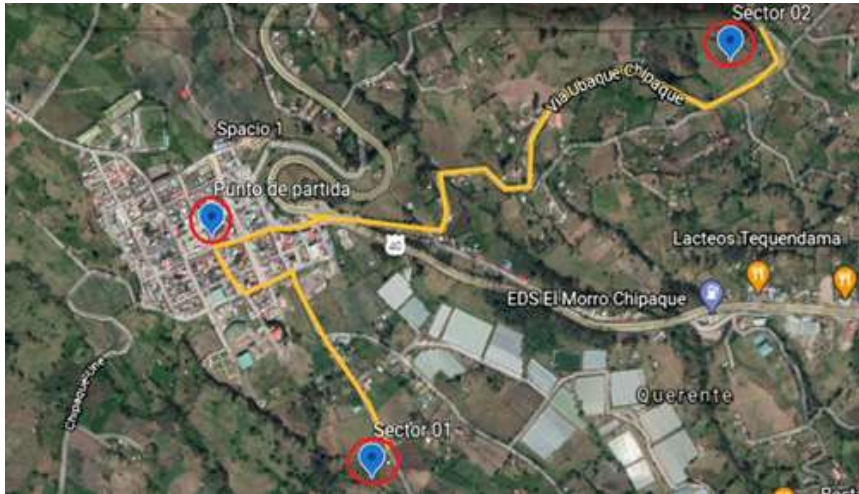


Ilustración 5 Mapa de Ubicación de las alternativas preseleccionadas.

Fuente. Google Earth, 2021

Alternativa 01. Sector Querente

El predio denominado “Sector Querente”, se encuentra ubicado al Este del municipio de Chipaque, el terreno titulado La Lorena queda a 0.85 km del parque principal del casco urbano, el área de dicha alternativa se encuentra delimitada por un rectángulo que alcanza un promedio de 0,2 hectáreas de superficie calculado a distancia, colinda con el parqueadero principal del casco Urbano unas casas de los habitantes de la vereda Querente.

Alternativa 02. Sector cerezos chiquitos

El sector denominado “cerezos chiquitos” se encuentra ubicado por la vía principal Ubaque - Chipaque a 2.6 km desde el parque principal del municipio, el terreno nombrado Aguada, alcanza un promedio de 9 hectáreas, cuenta con una cobertura vegetal amplía, altas planicies, no tiene cultivos amplios y en sus alrededores no se encuentra alta concentración de habitantes rurales.

Para llevar a cabo una adecuada selección y teniendo en cuenta las restricciones, área y vida útil de la planta de tratamiento de residuos sólidos orgánicos, se muestran los resultados obtenidos más adelante, con el fin de establecer el mejor predio.

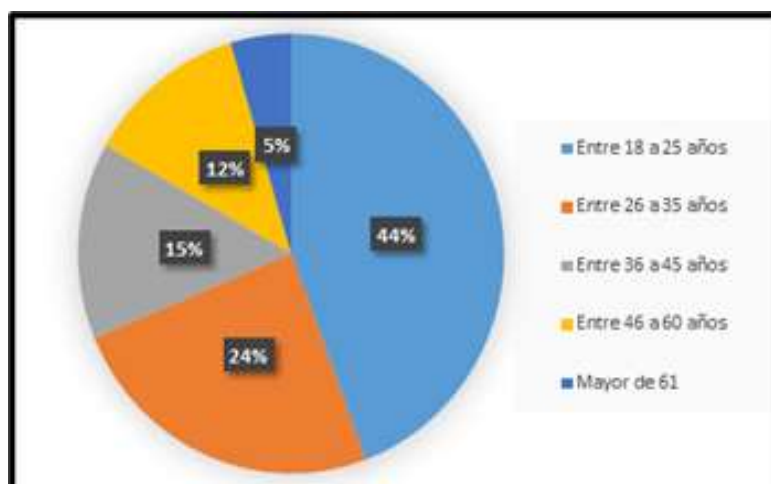
Para el financiamiento del proyecto, y según el “plan financiero” del PGIRS, se sugiere que sean recursos propios del municipio, sin necesidad de acudir a deudas externas, para lo cual se propone que se gestionan recursos ante entidades gubernamentales, a la Nación o a la Corporación Regional Ambiental (CAR) de Cundinamarca.

5.2 Resultado de las encuestas a domiciliarios sobre residuos sólidos en el municipio de Chipaque

Se aplicó las encuestas a 130 usuarios residentes del casco urbano del municipio, los cuales obtienen los servicios de aseo y recolección de basuras. De las cuales el 77% de los habitantes encuestados hacen uso de los residuos orgánicos generados en sus viviendas.

5.2.1 Caracterización social

Las encuestas realizadas permiten observar que el mayor número de población encuestada, comprende las edades entre 18 a 25 años, por la modalidad virtual de la realización de la encuesta, se tuvo más cercanía con los habitantes de estas edades, no logrando el acercamiento con los habitantes más adultos; es por esto que se decidió solicitar un permiso a la alcaldía municipal de Chipaque para poder llegar de manera directa a las personas encargas de sus hogares del manejo de los residuos sólidos.



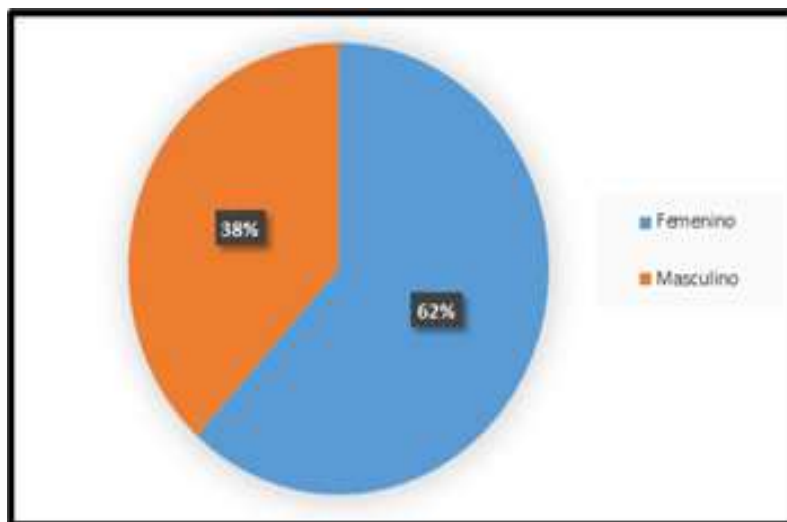
Gráfica 2 Edad del encuestado

Fuente: (Hurtado Baquero & Mahecha Pérez, 2021)

5.2.2 Edad de la población

La grafica 2. Muestra la distribución porcentual de la edad de la población encuestada (virtual y presencial), permitiendo hacer una comparación de los datos. En ella se indica que el 44% del total, corresponde a edades comprendidas entre 18 a 25 años, lo cual permite entender que debido a la forma de realizarla (redes sociales) esta edad maneja mejor dicha herramienta

La grafica 3, Muestra la distribución porcentual por género, esto permite observar que las encuestas en mayor medida fueron realizadas a mujeres, quienes se encontraban en casa.



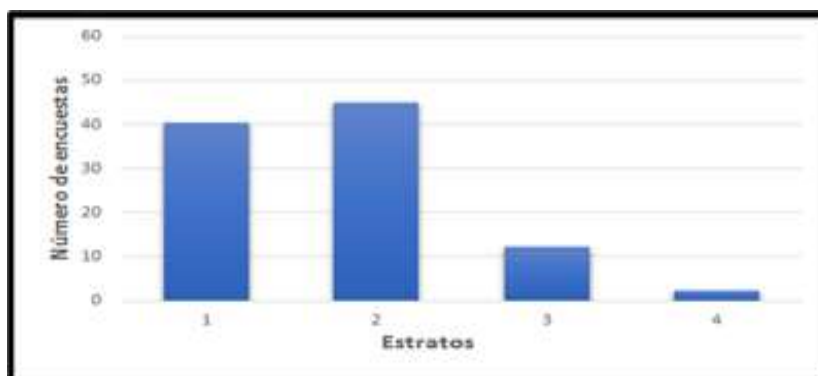
Gráfica 3 Encuestas aplicadas por género.

Fuente: (Hurtado Baquero & Mahecha Pérez, 2021)

5.2.3 Estratificación

La estratificación en el municipio de Chipaque no se encuentra geográficamente delimitada, por ello no se realiza un mapa donde se ubican los estratos por separado, ni se diseña una muestra con igualdad de encuestas para cada estrato; aunque el municipio cuenta con registros

del número de residencias de cada estrato (1, 2, 3 y 4), estas no se encuentran agrupadas en el mapa del municipio.

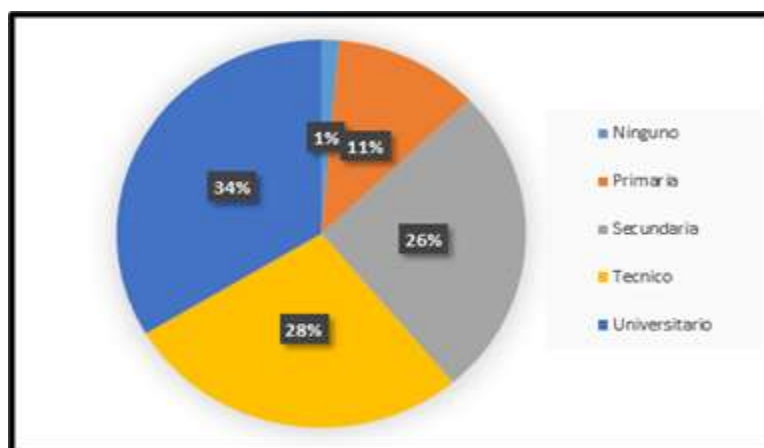


Gráfica 4 Estratificación

Fuente: (Hurtado Baquero & Mahecha Pérez, 2021)

La grafica 4. Muestra información al usar las barras que permite la observación de las cantidades de individuos que pertenecen a diferentes estratos socioeconómicos. La siguiente gráfica de barras muestra que para el estrato socioeconómico 1 se realizaron 45 encuestas es decir el 42,2% del total de los encuestados, para el estrato 2, se realizaron 57 encuestas, representando el 58,8% y por último los estratos 3 y 4, se hicieron 15 encuestas, pertenecientes al 16%.

5.2.4 Grado de educación y conciencia ambiental

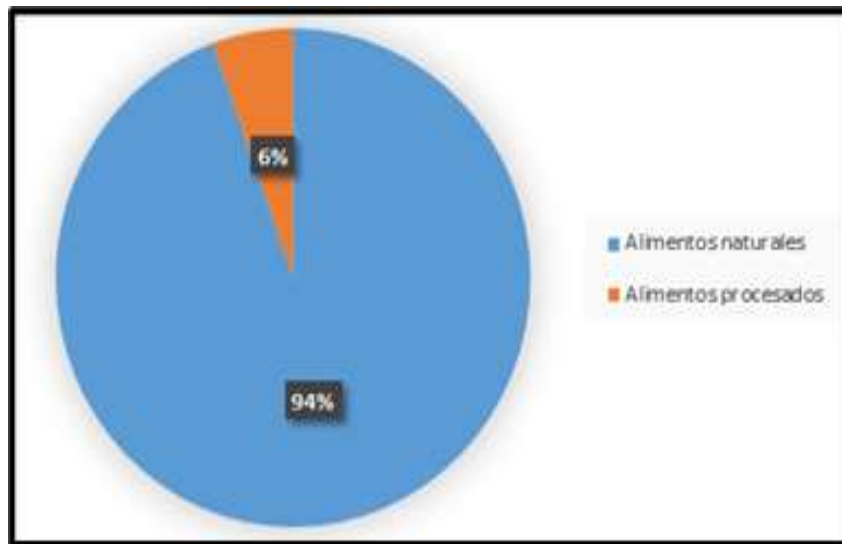


Gráfica 5 Nivel de estudio

Fuente. (Hurtado Baquero & Mahecha Pérez, 2021)

El gráfico 5. Muestra la distribución porcentual del nivel educativo de la población encuestada del municipio de Chipaque, se observa una distribución heterogénea, donde predominante con un 34% los estudios universitarios y posteriores a la universidad, el 28% técnicos, el 26% secundaria, el 11% primaria y un 1% no tienen ninguna clase de estudio.

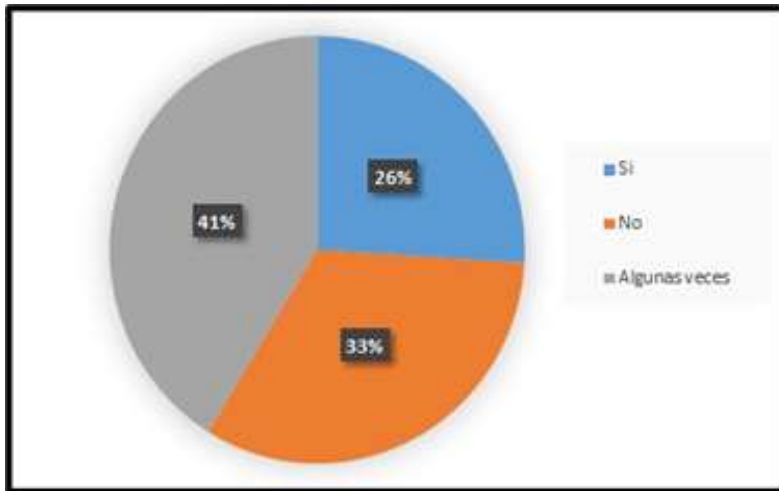
5.2.5 Consumo



Gráfica 6 Prioridad de consumo

Fuente: (Hurtado Baquero & Mahecha Pérez, 2021)

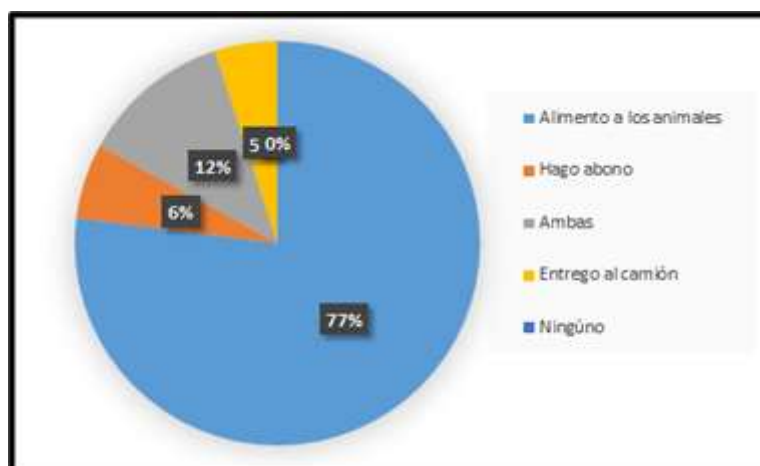
La grafica 6. Muestra una distribución porcentual de la prioridad de consumo a nivel de alimentación de los habitantes encuestados de Chipaque. En esta se observa que el 94% de los habitantes del casco urbano del municipio cuentan con el hábito de compra de alimentos naturales como, frutas y verduras, carnes, y demás alimentos sin uso de empaques; es decir directamente de la plaza de mercado, o surti-fruver. El consumo del 6% de los encuestados respondieron que por su diario vivir prefieren los alimentos procesados como, enlatados, paquetes y gaseosas, ya que no les queda tiempo para mercar ni cocinar.



Gráfica 7 Separación en la fuente

Fuente: (Hurtado Baquero & Mahecha Pérez, 2021)

En la gráfica 7, Muestra la distribución porcentual de la separación en la fuente que realizan la población encuestada, se observa que la mayoría de los habitantes no cuentan con el hábito de realizar separación en la fuente de sus residuos con un 33%, sin embargo, el 41% de los encuestados dicen que separan los residuos algunas veces para entregarlo a 2 personas del municipio que hacen la recolección con fines de alimentar cerdos, vacas y/o pollos, haciendo esta recolección 2 o 3 veces por semana y un 26% realiza separación en sus hogares.

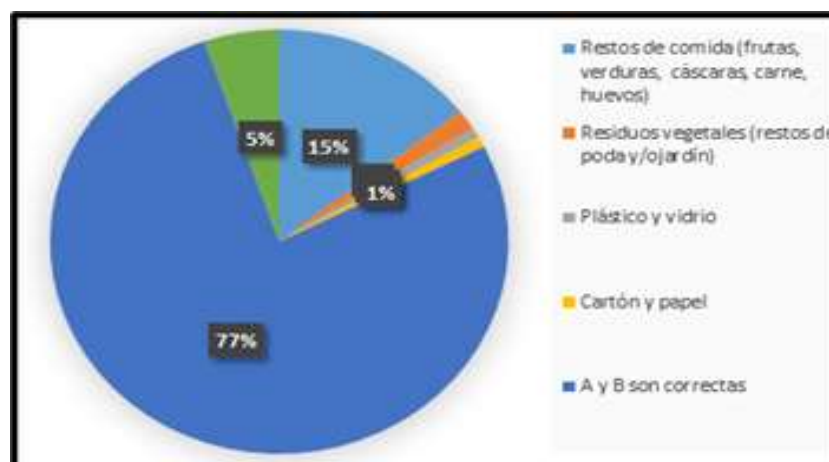


Gráfica 8 Disposición para los residuos sólidos orgánicos.

Fuente: (Hurtado Baquero & Mahecha Pérez, 2021)

En la gráfica 8. Muestra una distribución porcentual de la disposición que se realiza a los RSO de la población encuestada. Se observa que el 77% lo ofrece como alimento a los animales, el 12% lo usan como abono y alimento a los animales, el 6% lo entregan a los camiones de disposición de RS y el 5%, solo lo entregan al camión recolector.

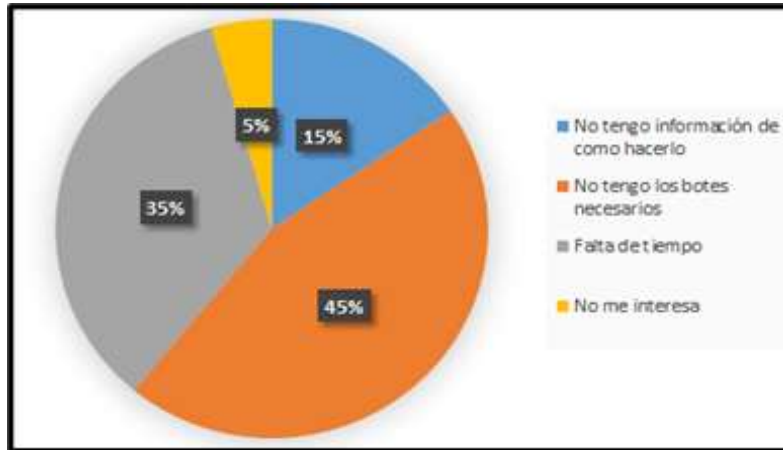
Dentro de la realización de las encuestas, se logra tener cercanía con 2 profesoras de la Institución Educativa Municipal, afirmando que el colegio y la escuela pertenecientes al casco urbano, realizan actividades de separación en la fuente, ya que los alumnos de grado décimo y once, reciben clases por parte del SENA en temas de Gestión Ambiental, resaltando la importancia de llevar a cabo proyectos de reutilización y reciclaje de los residuos en la institución, posteriormente son entregados al servicio de recolección informal.



Gráfica 9 Grado de conocimiento sobre el compostaje

Fuente: (Hurtado Baquero & Mahecha Pérez, 2021)

La gráfica 9, Muestra la distribución porcentual del grado de conocimiento que tiene la población encuestada, sobre el compostaje. Se observa que el 77% de la población los conocen como restos de comida, El 15% como residuos de comida y residuos vegetales, el 5% dicen que es plástico y vidrio y el 1% cartón. Permitiendo evidencias que en su mayoría conocen la definición.

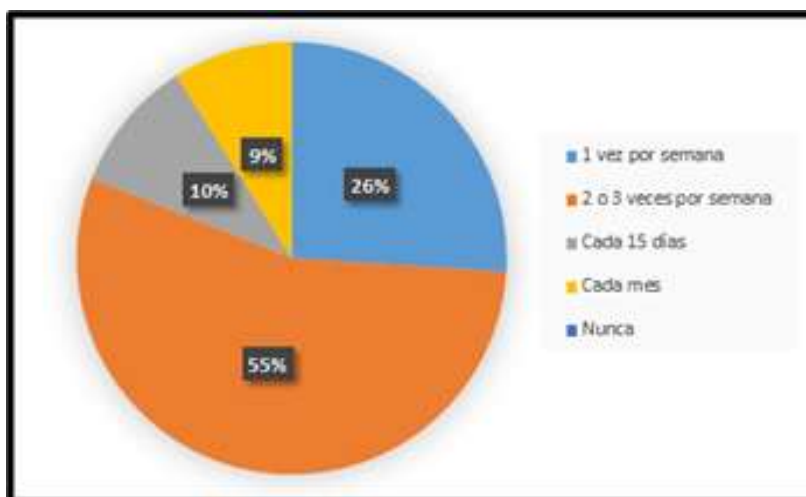


Gráfica 10 Inconvenientes al separar los residuos

Fuente: (Hurtado Baquero & Mahecha Pérez, 2021)

La gráfica 10. Muestra la distribución porcentual de los inconvenientes que tiene la población encuestada para realizar la correcta separación de los RS, se observa que el 45% de los encuestados afirman que no realizan una debida separación de los residuos porque no cuentan con los botes necesarios, el 35% de la población no lleva a cabo la actividad por falta de tiempo, el 15% es por falta de información y un 5% no le interesa realizar una debida separación de sus desechos.

5.2.6 Frecuencia de entrega los residuos sólidos al sistema de recolección

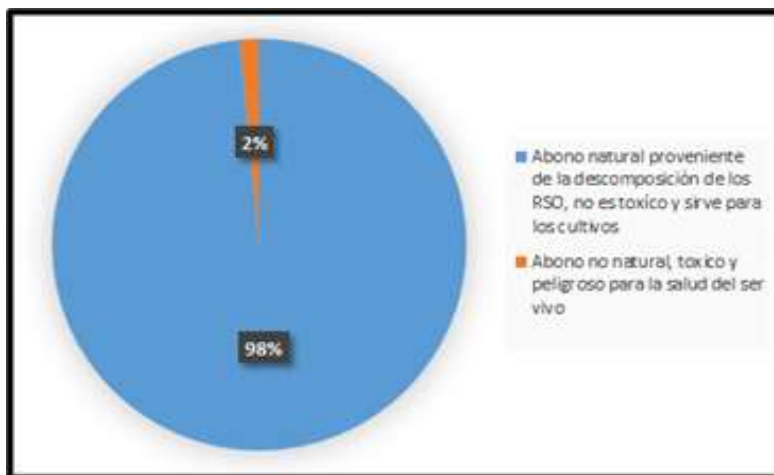


Gráfica 11 Frecuencia de entrega de los residuos sólidos

Fuente: (Hurtado Baquero & Mahecha Pérez, 2021)

La gráfica 11. Muestra la distribución porcentual de la frecuencia con la que la población encuestada, entrega los residuos al sistema de recolección, mostrando con mayor predominación un 55% que la realiza de 2 o 3 veces por semana, los desechos son retirados de las aceras y andenes y colocados de manera manual en el vehículo compactador, del mismo modo son entregados los residuos aprovechables, para que el operario a cargo los recoja.

5.2.7 Grado de información al compostaje



Gráfica 12 Grado de información frente al compostaje

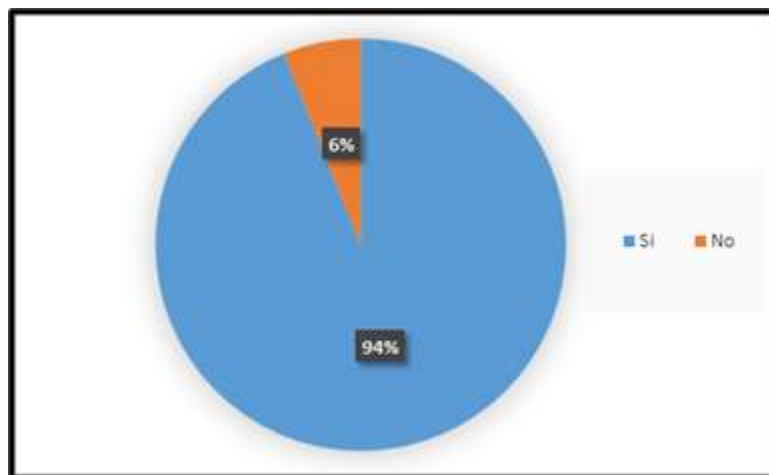
Fuente: (Hurtado Baquero & Mahecha Pérez, 2021)

La gráfica 12. Muestra la distribución porcentual del grado de información frente al compostaje. Se observa que en su mayoría, los habitantes sí saben que es el compostaje con un 98%, por otro lado, el 2% no tienen claro el concepto, sin embargo, el 6% manifestó que realizan compostaje en fincas, trabajo o en su propia casa.

Según la información recopilada, se pudo evidenciar que el municipio de Chipaque cuenta con dos floriculturas que están orientadas al cultivo de flores y plantas ornamentales en forma industrializada, una llamada Finca San Sebastián y la otra Finca la Marsella, cada una cuenta con más de 200 empleados, estas floriculturas a diario sacan más de media Tonelada de desechos orgánicos provenientes de la actividad de producción de plantas, estos residuos son

dirigidos a un cuarto especial donde allí se practica el compostaje, usando este mismo para abonar las plantas una vez esté listo. Por otro lado, ellos cuentan con la ayuda del servicio de aseo y recolección de basuras, el camión va hasta las floras cada 15 días para recoger los residuos inorgánicos que allí se producen.

5.2.8 Compromiso para recibir capacitaciones para tratar los residuos desde casa y poder realizar el compostaje



Gráfica 13 Disposición para recibir capacitaciones para tratar los residuos desde casa y poder realizar el compostaje

Fuente: (Hurtado Baquero & Mahecha Pérez, 2021)

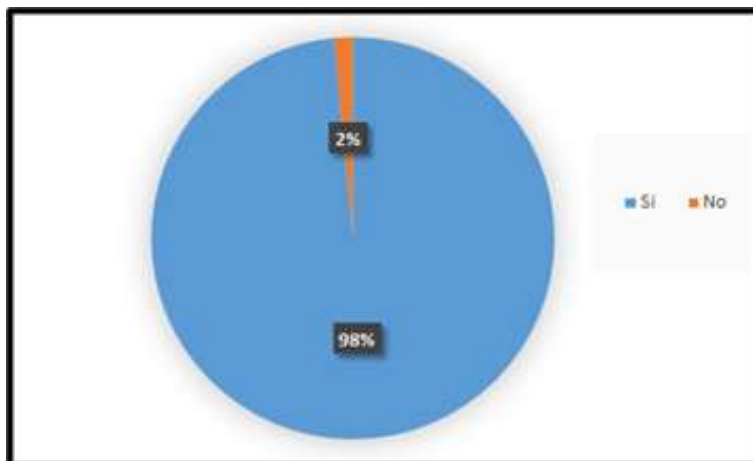
La gráfica 13. Muestra la distribución porcentual de la disposición que tiene la población encuestada a recibir capacitación en aprovechamiento de RSO. Se observa que el 93,9% de la comunidad está dispuesta a recibir capacitaciones para poder realizar abonos naturales, desde su casa a partir de los residuos orgánicos que generan en la misma y un 6% manifiesta que no.

5.1.8.1. Precio Abono

Se toma como ejemplo el costo que paga por el abono un agricultor del Municipio de Chipaque, este paga en promedio por un bulto de 50 kg de abono orgánico, \$16.000 y por un bulto de abono fertilizante con químicos de 50 kg alrededor de \$84.000 a \$96.000, se evidencia que aunque más económico el bulto de abono orgánico, es más comercial el químico.

El acercamiento con la comunidad permitió que se pudiera interrogar a un comerciante directamente y preguntar ¿por qué los agricultores optan por la compra de un bulto de abono químico y no orgánico? Su respuesta se dirigió a que el cultivo tiene mayor eficiencia y rentabilidad usando fertilizantes, también nos aclaró que los interesados en usar el abono orgánico son personas que tienen huertos, cultivos pequeños y/o jardines.

5.2.9 ¿Estaría de acuerdo que se construya una planta de tratamiento para los residuos sólidos orgánicos?

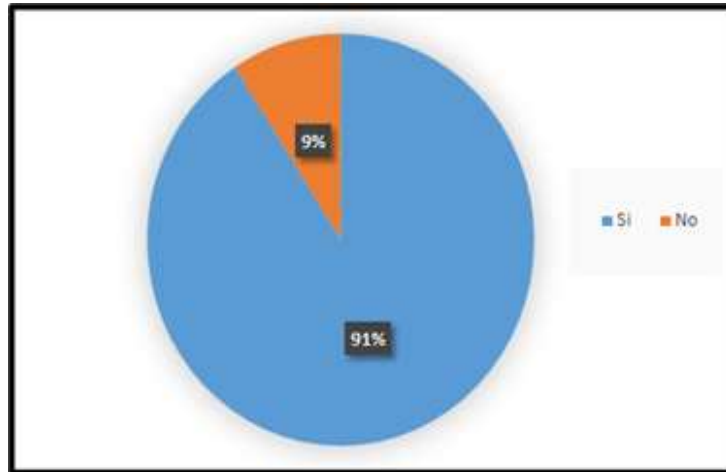


Gráfica 14 Estaría de acuerdo para que se construya una planta de tratamiento para los residuos sólidos orgánicos

Fuente: (Hurtado Baquero & Mahecha Pérez, 2021)

La grafica 14. Muestra la distribución porcentual de la percepción que tiene la población encuestada frente a si está o no de acuerdo con la construcción de la planta de tratamiento de los RSO. Se observa que los encuestados con un 98%, están completamente de acuerdo con

que se construya una planta de tratamiento para los residuos orgánicos, siendo conscientes de los impactos positivos que esta traería consigo, no solo en lo ambiental, sino en lo económico y social.



Gráfica 15 Utilizará el abono proveniente de una planta de compostaje

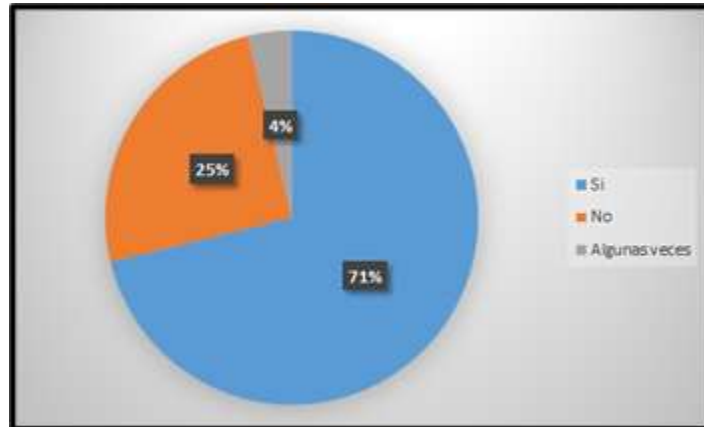
Fuente: (Hurtado Baquero & Mahecha Pérez, 2021)

La grafica 15. Muestra la distribución porcentual de la población encuestada frente a la utilización que darían al abono proveniente de la planta de compostaje. Se observa que el 91% se enfocó en el uso de este en casa, finca y/o trabajos, y un 6% dice que no le daría uso.

5.3 Resultado de las encuestas a comerciantes sobre residuos sólidos en el municipio de Chipaque

Se decidió aplicar una encuesta sobre residuos sólidos exclusivamente a los comerciantes del casco urbano del municipio, teniendo en cuenta que es donde mayormente se producen desechos, es de suma importancia para este trabajo tener en claro la disposición que les da a dichos residuos.

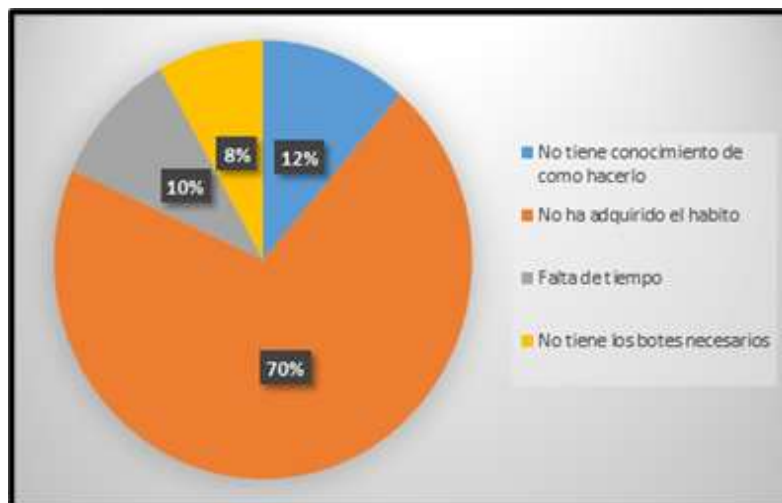
5.3.1 Separación en la fuente



Gráfica 16 Clasificación en la fuente

Fuente: (Hurtado Baquero & Mahecha Pérez, 2021).

La gráfica 16. Muestra una distribución porcentual de la población encuestada como respuesta a la pregunta de si realizaría o no la clasificación en la fuente de los RS. Se puede observar que el 71% de los comerciantes encuestados manifiesta que si la realizaría, el 25% que no y el 4% que lo haría algunas veces.



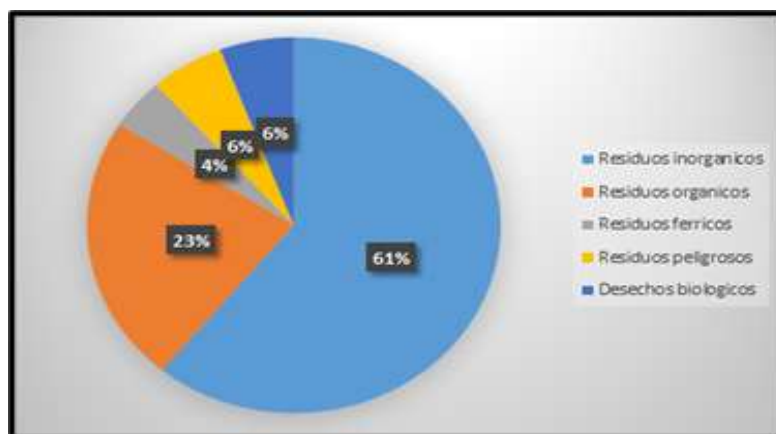
Gráfica 17 ¿Por qué no lo hace?

Fuente: (Hurtado Baquero & Mahecha Pérez, 2021)

La gráfica 17. Muestra la distribución porcentual de la población encuesta frente a la pregunta del porque no hace separación de los RS. Se observa que el 70% de los comerciantes manifiesta

que no ha adquirido el hábito, el 12% no tiene el conocimiento suficiente de cómo hacerlo, el 10% se enfocó en la falta de tiempo y el 8% no tienen botes suficientes para llevar a cabo dicha actividad

Para concluir se observa que la población encuestada residencial clasifica los residuos inorgánicos, haciendo separación y entregando a un servicio informal, por otro lado la población comercial encuestada siendo en este caso al centro comercial del municipio, deposita los residuos en una pequeña bodega para llevarlo personalmente a la ciudad de Bogotá.



Gráfica 18 Clasificación de los residuos sólidos en el establecimiento comercial

Fuente: (Hurtado Baquero & Mahecha Pérez, 2021).

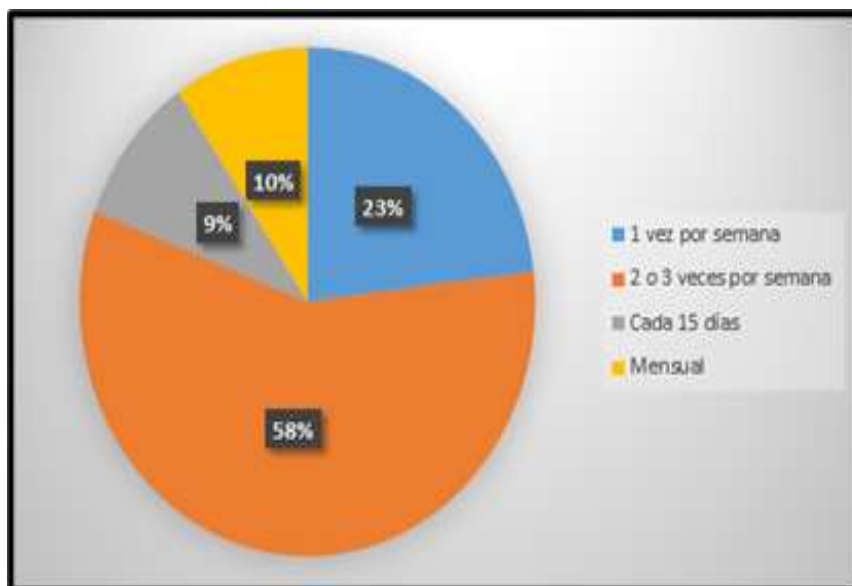
La grafica 18. Muestra la distribución porcentual de la clasificación que realiza la población comercial encuestada. Mostrando que el 61% son establecimientos que separan los residuos orgánicos son; restaurantes, cafeterías, panaderías, centros de comidas rápidas, entre otras, haciendo aprovechamiento de estos desechos, realizando actividades como, alimentando a los animales como cerdos, vacas y/o pollos, o haciendo compost en fincas, abonando plantas y/o cultivos, como también lo entregan a las 2 personas que se encargan de realizar esta recogida para beneficio propio.

Los desechos peligrosos 6%, se efectúan mayormente en droguerías y centros de belleza, estos establecimientos deben cancelar una cuota mensual dependiendo del peso total de los residuos

generados, teniendo en cuenta que el kilo está a \$2.600 pesos M/CTE, dicho servicio va hasta su puerta realizando la recogida.

Los locales que realizan el aprovechamiento de residuos férricos 6% son las ferreterías, montañas y centros tecnológicos, pero en su mayoría no los entregan a ningún servicio de recolección, sino que los guardan para reutilizarlos en otra actividad, como reparar una pieza de un carro o celular.

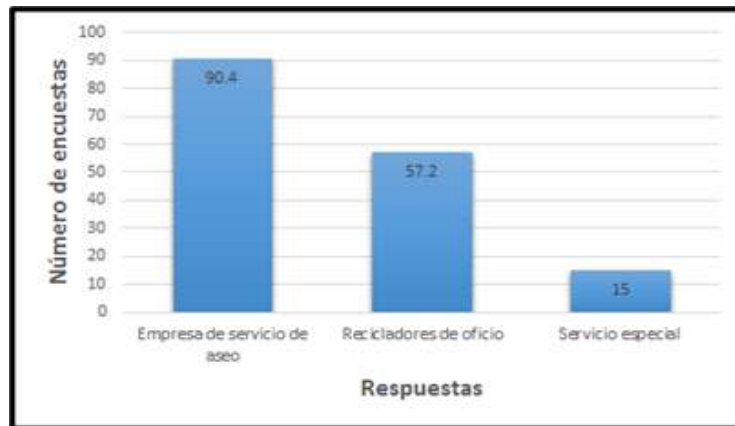
5.3.2 Frecuencia de entrega los residuos sólidos al sistema de recolección



Gráfica 19 Clasificación de los residuos sólidos

Fuente: (Hurtado Baquero & Mahecha Pérez, 2021).

A diferencia de los encuestados domiciliarios, el 10% de los establecimientos entrega sus residuos mensualmente al servicio informal que presta un reciclador de oficio del municipio, el 90% restante los entrega al servicio de recolección municipal, y al dicho reciclador y/o las personas encargadas de los desechos orgánicos.



Gráfica 20 Entrega de los residuos

Fuente. (Hurtado Baquero & Mahecha Pérez, 2021)

La grafica 20. Muestra el número de encuestas vs las alterativas que se dieron en la pregunta de entrega de los RS que se realizó a la población encuestada. Se observa detalladamente que el 90,4% los entrega a la empresa de aseo, el 57,2% a los recicladores de oficio y el 15% al servicio especial.

6. ESTUDIO TÉCNICO

Un estudio técnico permite proponer y analizar opciones distintas, de los bienes y servicios que se necesiten para un proyecto, además ayuda a verificar la factibilidad técnica de cada tecnología escogida. Permite identificar equipos, maquinaria, localización del proyecto, materias primas, descripción de las instalaciones, descripción del proceso productivo, distribución física, requerimiento de personal y capital de trabajo.

A continuación, se describe la posible ubicación de la planta de aprovechamiento de RSO del municipio, de acuerdo a los componentes del estudio técnico de (Beca, 2010).

6.1 Criterios para la localización de la planta de compostaje

Según el (Ministerio de Desarrollo Económico, 2017) la infraestructura de la planta de compostaje debe tener en cuenta lo siguiente:

El área de la planta debe ser construida con el fin de abastecer como mínimo 3 meses de almacenamiento y 3 días de abastecimiento de material, también es importante que los paneles contruidos tengan una altura del piso para el volteo y acomodamientos de los residuos sólidos, la construcción debe contar con puertas suficientemente grandes que permitan el ingreso y salida de los vehículos, otro punto fundamental es el de la ventilación, la infraestructura debe tener un sistema de aire permanente, para evitar malos olores, atracción de plagas o enfermedades a los trabajadores, la planta debe contar con un diseño del sistema contra incendios, con un sistema de diseño y tratamiento para el drenaje de las aguas lluvia, infiltración, lixiviados aguas grises y negras.

La ubicación geográfica de la planta de acuerdo al tamaño previamente calculado, obliga por su extensión y por las características propias del proceso a que su ubicación sea fuera del área urbana del pueblo. Teniendo en cuenta que se tomaron únicamente datos del casco urbano del municipio de Chipaque, por lo cual queda descartada la ubicación de planta muy lejos del área urbana, puesto que se encarecería los costos de producción por motivo del transporte de la materia prima desde la fuente hasta la ubicación de la planta.

Por tal motivo se ha decidido escoger en la vereda Cerezos Chiquitos, el terreno nombrado La Esperanza que cuenta con una extensión de 0,3 hectáreas y posee facilidades de servicios públicos y su consecución, pues se cuenta con los servicios básicos de agua, energía, teléfono y alcantarillado, como también el terreno no se encuentra bajo ninguna protección de reserva forestal, a continuación se presenta el plano de la planta de tratamiento de residuos sólidos orgánicos recolectados en la zona urbana de Chipaque.

6.2 Términos de la localización de la planta de compost.

- Distancia del municipio de Chipaque al relleno sanitario Doña Juana: el recorrido para la disposición de los residuos sólidos recolectados en el casco urbano hasta el relleno sanitario es de 18,5 km. El terreno óptimo para la creación de la planta está ubicado a 2,6 km desde el centro de Chipaque.
- Transporte: Teniendo en cuenta que las vías del municipio de Chipaque por donde transita el vehículo están en un buen estado, no se evidencia pendientes, ni cuenta con andenes que imposibilite la recolección, la carretera que conecta el relleno sanitario Doña Juana al municipio, es una vía principal de Colombia, ya que es la que conduce a la ciudad de Villavicencio, así que está en perfectas condiciones, así como la carretera que conecta al posible lote donde se ubicaría la planta de aprovechamiento de RSO, es una vía en buen estado, es plana y pavimentada.

6.2.1 Cálculos y proyecciones para el diseño de la planta municipal

6 Datos recopilados para proyectar la población

Según lo estipulado por el RAS 2000 numeral B2.2, para el territorio nacional se consideran niveles de complejidad (alto, medio alto, medio y bajo), para determinar en qué nivel de complejidad se encuentra el municipio de Chipaque nos debemos basar en el número de habitantes del casco urbano y capacidad económica.

Tabla 8. Asignación del nivel de complejidad

Población	Capacidad económica
------------------	----------------------------

Bajo	menor a 2.500	Baja
Medio	2.501 a 12.500	Baja
Medio alto	12.501 a 60.000	Media
Alto	60.001 en adelante	Alta

Autores. RAS, 2017

(1) *Proyectado al periodo de diseño, incluida la población flotante*

(2) *Incluye la capacidad económica.*

La población actual de la zona urbana del municipio de Chipaque es de 2.966, el nivel de complejidad es bajo, sin embargo, a continuación, se presenta la proyección calculada. Para la proyección de la población se tomaron los datos suministrados por el DANE basados en el último Censo Nacional de Población y Vivienda 2018, en el año 2020 hay un total de 10.058 habitantes y en el 2035 aumenta a 12.579 habitantes, indicando que se tendrá un crecimiento poblacional 2521 habitantes a lo largo de 15 años.

6.3 Proyección población de Chipaque

6.3.1 Datos recopilados para proyectar la población.

Según lo estipulado por el RAS 2017, para el territorio nacional se consideran niveles de complejidad (alto, medio alto, medio y bajo), para determinar en qué nivel de complejidad se encuentra el municipio de Chipaque nos debemos basar en el número de habitantes del casco urbano y capacidad económica.

Los datos arrojados por parte del DANE, se puede predecir que para el año 2034, en la parte urbana habrá una población total de 5.5051, en los centro poblados y rurales, 7.415 para un total de 12.466.

Siguiendo las recomendaciones del RAS, para las poblaciones con un desarrollo bajo y poco crecimiento, como lo es Chipaque, tiene un balance entre la mortalidad, natalidad y emigración, esta última se debe a la cercanía que está Bogotá, en su mayoría jóvenes, que se van en busca de oportunidades y de una mejor calidad de vida, el sistema económico del municipio es bajo ya que en su mayoría pertenecen a los estratos 1 y 2.

Tabla 9. Proyección de la población por áreas geográficas del municipio de Chipaque

Año	Área Geográfica	Total
2020	Cabecera Municipal	2.966
	Centros poblados y rural disperso	7.092
	Total	10.058
2021	Cabecera Municipal	3.342
	Centros poblados y rural disperso	7.115
	Total	10.457
2022	Cabecera Municipal	3.655
	Centros poblados y rural disperso	7.131
	Total	10.786
2023	Cabecera Municipal	3.949
	Centros poblados y rural disperso	7.144
	Total	11.093
2024	Cabecera Municipal	4.109
	Centros poblados y rural disperso	7.170
	Total	11.279
2025	Cabecera Municipal	4.239



Año	Área Geográfica	Total
	Centros poblados y rural disperso	7.183
	Total	11.422
2026	Cabecera Municipal	4.365
	Centros poblados y rural disperso	7.192
	Total	11.557
2027	Cabecera Municipal	4.476
	Centros poblados y rural disperso	7.215
	Total	11.691
2028	Cabecera Municipal	4.577
	Centros poblados y rural disperso	7.236
	Total	11.813
2029	Cabecera Municipal	4.673
	Centros poblados y rural disperso	7.264
	Total	11.937
2030	Cabecera Municipal	4.745
	Centros poblados y rural disperso	7.306
	Total	12.051
2031	Cabecera Municipal	4.840
	Centros poblados y rural disperso	7.329
	Total	12.169
2032	Cabecera Municipal	4.906
	Centros poblados y rural disperso	7.359
	Total	12.265
2033	Cabecera Municipal	4.983
	Centros poblados y rural disperso	7.389
	Total	12.372
2034	Cabecera Municipal	5.051
	Centros poblados y rural disperso	7.415

Año	Área Geográfica	Total
	Total	12.466

Fuente. DANE

6.4 Proyección de residuos

Para determinar la proyección de los residuos generados se realiza a partir de la proyección de población y la PPC calculada para el municipio, considerando que los residuos sólidos orgánicos generados son del 56% como los de plaza de mercado, césped, poda de árboles, barrido y los de la zona industrial, y una pequeña parte de la zona rural, donde es atendida por parte del servicio recolector y la generación de grandes productores y población flotante, con los datos que se presentan en el (PGIRS) del Municipio de Chipaque Cundinamarca. Actualización 2016. Se calcula lo siguiente:

PPC Urbana: 0,435

PPC Urbana: 1,2:

PPC Rural: 0,311

Tabla 10. Proyección de los residuos del municipio de Chipaque 2020-2034

Año	Población urbana (hab)	Población rural (hab)	Población flotante (hab)	Producción residuos urbana (Ton/año)	Producción residuos rural (Ton/año)	Producción población flotante (Ton/año)	Producción Grandes generados (Ton/año)	Producción de residuos (Ton/año)
2020	2.966	179	320	546,6	20,3	61,0	650,0	1.277,9
2021	3.342	181	220	555,8	20,6	41,9	657,4	1.275,7
2022	3.655	183	50	564,9	20,8	9,5	664,9	1.260,1
2023	3.949	185	51	574,1	21,0	9,6	672,5	1.277,2
2024	4.109	187	51	583,2	21,3	9,7	680,2	1.294,4
2025	4.239	189	52	592,4	21,5	9,9	687,9	1.311,6
2026	4.365	192	52	601,5	21,7	10,0	695,7	1.329,0
2027	4.476	194	53	610,6	22,0	10,1	703,7	1.346,4
2028	4.577	196	54	619,8	22,2	10,2	711,7	1.363,9
2029	4.673	198	54	628,9	22,5	10,3	719,8	1.381,6
2030	4.745	200	55	638,1	22,8	10,4	728,0	1.399,3
2031	4.840	203	55	647,2	23,0	10,5	736,3	1.417,1
2032	4.906	205	56	656,4	23,3	10,7	744,7	1.435,0
2033	4.983	207	57	665,4	23,6	10,8	753,1	1.453,0
2034	5.551	209	57	674,4	23,8	10,9	761,2	1.470,3

Fuente. (Hurtado Baquero & Mahecha Pérez, 2021)

Frente a la población flotante, en el municipio se desarrolla la actividad productiva de cultivo de flores, es así como se asentaron alrededor de 300 personas en el sector urbano, para el año 2021, se considera la permanencia de la misma cantidad de individuos y a partir del año 2022 se estiman unas 50 personas más como población flotante. A esta población se le aplica el mismo valor de PPC de los habitantes urbanos.

El prestador del servicio realiza la recogida de residuos a grandes generadores ubicados en la zona rural, entre ellos se encuentra el cultivo de flores y el concesionario de la vía Bogotá-Villavicencio Covi-andina. En la proyección se les aplica una tasa de crecimiento anual del 1,14%.

La tabla 11. Muestra la proyección de residuos sólidos orgánicos, asumiendo que del 100% del total de los residuos sólidos generados, el 56% son RSO como lo estipula el PGIRS.

Tabla 11. Proyección de los RSO del municipio de Chipaque 2020-2034

AÑO	RSO (Ton/año)	RSO (Ton/mes)	RSO (Ton/día)
2020	306.1	25.5	0.85
2021	311.2	25.9	0.86
2022	316.3	26.4	0.88
2023	321.5	26.8	0.89
2024	326.5	27.2	0.91
2025	331.7	27.6	0.92
2026	336.8	28.1	0.94
2027	341.9	28.5	0.95
2028	347.1	28.9	0.96
2029	352.2	29.3	0.98
2030	357.3	29.8	0.99
2031	362.4	30.2	1.01
2032	367.6	30.6	1.02
2033	372.6	31.1	1.04
2034	377.7	31.5	1.05

Fuente. (Hurtado Baquero & Mahecha Pérez, 2021)

El municipio de Chipaque, generará alrededor de 1,05 ton/día de RSO para el año 2034, lo cual significa que la planta de aprovechamiento deberá tener este máximo valor.

A continuación, se presenta el cálculo del área y volumen del compost.

6.5 Operación óptima para la planta de compostaje

Teniendo en cuenta los valores obtenidos de la *tabla 11*, se calcula el volumen que ocuparían los RSO en su máxima capacidad, de tal manera se visualiza el tamaño de los contenedores y pilas para almacenar y tratar los residuos en la planta de aprovechamiento municipal.

Datos asumidos:

Densidad = masa / volumen

Donde:

Densidad: 900 kg/m^3 asumiendo este valor como lo han hecho proyectos similares (Ing. Daniel Sztern, 2017).

Masa: $4,902 \text{ kg/3.5 días}$

Despejando la ecuación, para determinar el volumen, se obtiene el siguiente valor:

$$v = (4,902 \text{ kg/3,5 días}) / (900 \text{ kg/m}^3)$$

$$v = (5,45 \text{ m}^3) \text{ los 3 días de recolección}$$

Tabla 12. Proyección del volumen de los RSO generado en Chipaque 2020-2034

Año	Volumen de RSO (m³ / 3 días)
2020	5,45
2021	5,69
2022	5,93
2023	6,17
2024	6,41
2025	6,65
2026	6,89
2027	7,13
2028	7,37
2029	7,61
2030	7,85
2031	8,09
2032	8,33
2033	8,57
2034	8,81

Fuente. (Hurtado Baquero & Mahecha Pérez, 2021)

Se determina a partir de las proyecciones obtenidas de los RSO, que para el año 2034 el volumen de los residuos por los 3 días de recolección será de 8,81 m³. Es de suma validez establecer que la función donde se realizará la planta de compostaje, los contenedores tengan la capacidad de servir durante los 5 años siguientes para así evitar conglomeraciones.

6.6 Proyección de compost

Para determinar la proyección de compost, se tuvo en cuenta el peso de cada bulto, que es de 50 kg, los resultados fueron los siguientes:

Tabla 13. Proyección de los bultos de compost generados en los años 2020-2034

Año	Bultos mensuales
2020	714
2021	726
2022	738
2023	750
2024	762
2025	774
2026	786
2027	798
2028	810
2029	822
2030	834
2031	846
2032	858
2033	869
2034	881

Fuente. (Hurtado Baquero & Mahecha Pérez, 2021)

Se realiza la proyección de bultos mensuales por el valor a cancelar por cada uno de ellos, con el valor actual de \$16.000, es decir qué; si la planta estuviera en funcionamiento al día de hoy, los ingresos serían aproximadamente de \$6'512.000 mensuales.

6.7 Cálculo de tamaño de las pilas

El tamaño de las pilas en el caso del compostaje se define por el área disponible y la cantidad de residuos a composta. Generalmente se organizan pilas en forma de pirámide entre 1,5 a 2 metros de altura y entre 1,5 a 3 metros de ancho con el fin de facilitar el trabajo de volteo. La longitud de la pila depende del área de la planta.

Las medidas cada una de las pilas en la planta son:

Altura=1,5 m

Ancho=2.5 m

Largo =3 m

Con el transcurso completo del compost, del 100% de los RSO, solo un 40 a un 60% se puede procesar adecuadamente, es decir que tan solo el 40% se convierte en compostaje.

La cavidad máxima de recolección en el área de compostaje, debe ser de 2 meses, el proceso total tiene una duración de 16 semanas, lo que significa que la infraestructura debe tener esta capacidad; es decir que el volumen que ocuparían los RSO en 2 meses es de 130,8 m³, teniendo en cuenta el cálculo de las pilas de compost, se necesitan 15 pilas, ya que cada pila ocupa un área de 5,5 m³, el área total de las pilas sería de 82,5 m³ se debe tener en cuenta el espacio entre una pila y otra, será de 0,5 m, también se estima que se debe de dejar un paso libre para el personal de trabajo, se asume que el área total requerida para la fase de compostaje es de 900 m².

6.8 Determinar el sistema de aprovechamiento

Los sistemas abiertos o en pilas son tecnologías de bajo costo y muy sencillas de manejar, ya que su principal función es formar pilas con el material a composta al aire libre.

Estos sistemas se clasifican en volteo mecanizado que se realiza con una máquina volteadora o una pala y en apilamiento estático con aireación activa o pasiva que consiste en homogenizar el material para composta sin necesitar volteo (Jarre Castro, 2015). La aireación pasiva se realiza de forma natural mediante el flujo del aire suministrado por el viento en cambio la aireación activa depende de una plataforma con agujeros para inyectar aire al interior de la pila (Jarre Castro, 2015).

Según el estudio realizado para estimar la producción de compostaje en la planta indica que mensualmente el material a compostar es más de 25 toneladas por lo cual es la tecnología más apropiada debido a su bajo costo, fácil empleo y que se pueden realizar diferentes variedades en forma y volumen de apilamientos ya que se genera una cantidad abundante de residuos orgánicos en la zona urbana del municipio de Chipaque.

6.8.1 Recipiente de recolección

Según (Norma Técnica Colombiana GTC 24, 2009), se establece el código de colores de los recipientes o contenedores de residuos sólidos.

Sector	Tipo de residuo	Color
Doméstico	Aprovechables	Blanco
	No aprovechables	Negro
	Orgánicos biodegradables	Verde
Industrial, comercial institucional y de servicios	Cartón y papel	Gris
	Plásticos	Azul
	Vidrio	Blanco
	Orgánicos	Crema
	Residuos Metálicos	Café oscuro
	Madera	Naranja
	Ordinarios	Verde
NOTA 1 Se recomienda que cada generador establezca un código de colores particular para aquellos residuos no incluidos en la tabla. NOTA 2 Se recomienda consultar la legislación local vigente para verificar si existe algún código de colores establecido por la autoridad competente. NOTA 3 Para residuos peligrosos se establecerá el código de colores e iconos en la guía para residuos peligrosos. NOTA 4 Los colores establecidos en la tabla obedecen a la normativa aplicable		

Ilustración 6. Código de colores
 Fuente: (Norma Técnica Colombiana GTC 24, 2009).

6.9 Condiciones del vehículo como medio de transporte para los residuos

La recolección de los residuos tanto en la parte urbana como en los puntos específicos rurales, se lleva a cabo a través de un vehículo compactador que cumple con todas las especificaciones

técnicas establecidas en el art 37 del decreto 2891 de 2013. La recogida se realiza de manera mixta, las 3 veces por semana estipuladas.

Para la elección del vehículo se debe tener en cuenta lo siguiente: tipo de separación de los materiales recolectados, capacidad de inversión del municipio, estudio económico y financiero.

Para llevar a cabo el proyecto, de acuerdo con la cantidad de residuos sólidos orgánicos previamente recolectados durante la semana en el casco urbano del municipio de Chipaque, se sugiere que se adquiriera un camión de volcó abierto (volquetas), tienen una capacidad de 8 m³ sería apto para la recolección exclusivo de los residuos orgánicos, ya que el volumen total de la semana de los RSO para el año presente es de 5,69 m³, a continuación, se presenta una imagen del posible camión recolector.



Ilustración 7 Camión recolector de residuos orgánicos

Fuente: (Empresas Públicas de Cundinamarca S.A. E.S.P, 2016)

6.10 Ruta selectiva

La recolección actual de todos los residuos sólidos mezclados en el Municipio se realiza 3 veces por semana, sin embargo, la recomendación que se efectúa en este proyecto es usar las

mismas rutas ya pautadas para llevar a cabo la recolección de los residuos orgánicos. Estipulando así un día más para la recolección exclusivamente de los residuos orgánicos.

Para la separación de los residuos aprovechables de los no aprovechables, se recomienda usar 2 tipos de bolsas y/o canecas, preferible que sean de color reconocible, para que al momento de hacer la recolección no haya confusiones por parte de los operarios; una de color verde o blanca para los residuos orgánicos, como lo son las cascaras de alimentos, restos de jardín, sobras de comida, etc. y la segunda bolsa de color negro para los residuos inorgánicos, como el plástico, cartón, vidrio, metales, etc.

6.11 Diagrama de flujo del proceso de compostaje en la planta municipal

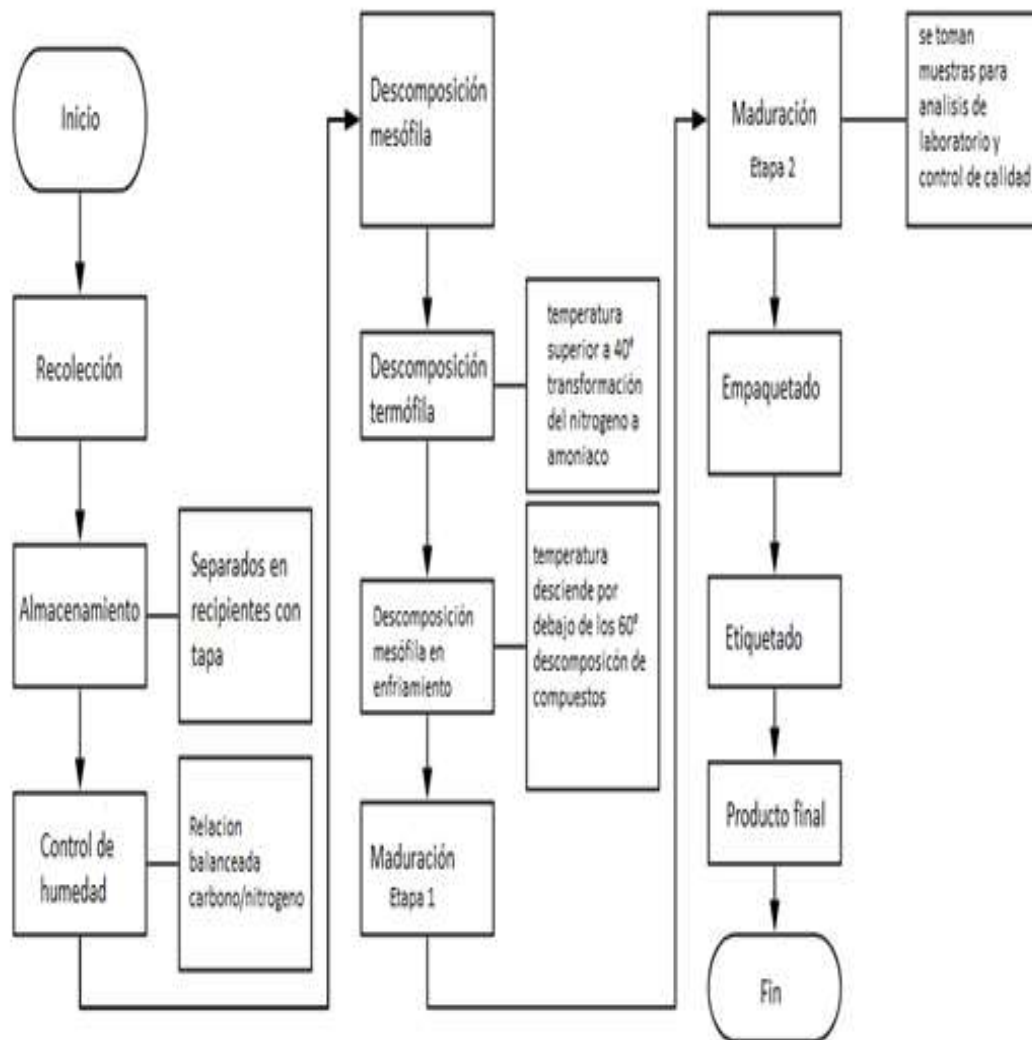


Ilustración 8 Diagrama de flujo del proceso de compostaje en la planta

Fuentes. (Hurtado Baquero & Mahecha Pérez, 2021).

6.12 Plano de distribución de la planta de tratamiento de residuos sólidos orgánicos.

De acuerdo a los cálculos realizados anteriormente, de pilas, oficina y bodega, se procedió con la realización del plano, donde se especifica más detalladamente como quedaría la distribución de la construcción de la planta de tratamiento de residuos sólidos orgánicos.

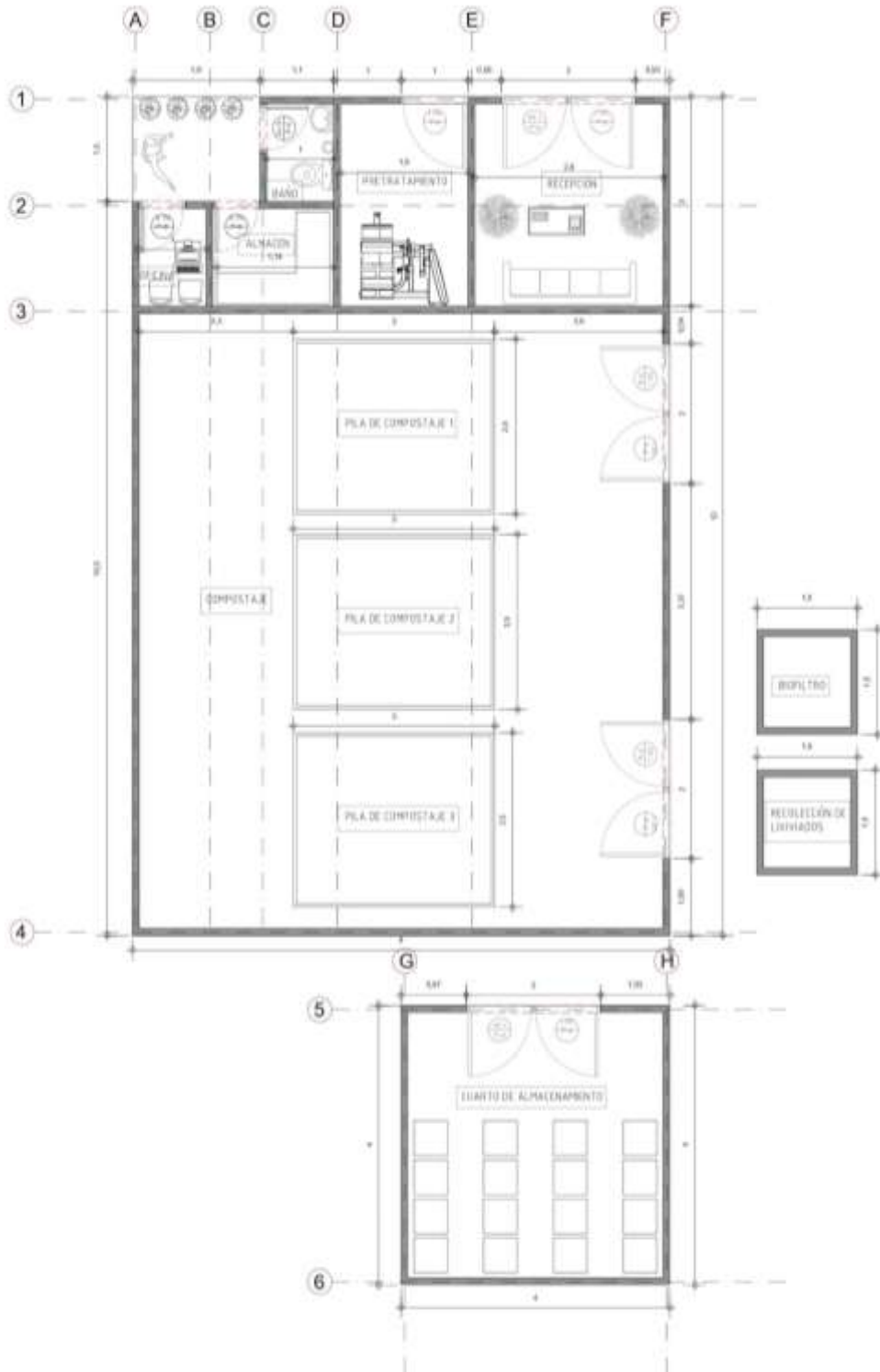


Ilustración 9. Plano de distribución planta de tratamiento residuos sólidos orgánicos

Fuente. (Hurtado Baquero & Mahecha Pérez, 2021)



Ilustración 10. Plano de distribución planta de tratamiento residuos sólidos orgánicos.

Fuente. (Hurtado Baquero & Mahecha Pérez, 2021).

6.13 Equipos y maquinaria

La maquinaria y equipos necesarios para la obtención del producto final se nombran a continuación:

Tabla 14. Ficha técnica de Triturador de residuos orgánicos JTR 200

FICHA TECNICA DE MAQUINARIA Y EQUIPO																			
Nombre del equipo	Triturador de residuos orgánicos JTR 200																		
Descripción general del equipo	La máquina profesional para compostaje es una trituradora indicada para setos, restos de poda, ramas y residuos orgánicos. La alimentación del material a triturar se realiza desde arriba a través de una ranura de hasta 40 mm de anchura o desde el tubo para la entrada de ramas de hasta 50 mm.																		
Características técnicas	<table border="1"> <tbody> <tr> <td>Altura salida</td> <td>460 mm</td> </tr> <tr> <td>Material</td> <td>Lámina de acero y pintura electrostática</td> </tr> <tr> <td>Peso</td> <td>65 kg</td> </tr> <tr> <td>Alto</td> <td>1 500 mm</td> </tr> <tr> <td>Ancho</td> <td>880 mm</td> </tr> <tr> <td>Largo</td> <td>735 mm</td> </tr> <tr> <td>Protección eléctrica</td> <td>16 A</td> </tr> <tr> <td>Conexión eléctrica</td> <td>400V 50Hz (trifásico)</td> </tr> <tr> <td>Potencia del motor</td> <td>4,0 (5,45) Kw (PS)</td> </tr> </tbody> </table>	Altura salida	460 mm	Material	Lámina de acero y pintura electrostática	Peso	65 kg	Alto	1 500 mm	Ancho	880 mm	Largo	735 mm	Protección eléctrica	16 A	Conexión eléctrica	400V 50Hz (trifásico)	Potencia del motor	4,0 (5,45) Kw (PS)
Altura salida	460 mm																		
Material	Lámina de acero y pintura electrostática																		
Peso	65 kg																		
Alto	1 500 mm																		
Ancho	880 mm																		
Largo	735 mm																		
Protección eléctrica	16 A																		
Conexión eléctrica	400V 50Hz (trifásico)																		
Potencia del motor	4,0 (5,45) Kw (PS)																		

FICHA TECNICA DE MAQUINARIA Y EQUIPO

Función o uso Semi profesional. Ideal para condominios cerrados, fincas, huertas, agricultura orgánica. Equipo para producir abono orgánico, excelente solución para triturar residuos orgánicos, cortar y moler forrajes, semillas, cáscaras de huevo, cereales, césped, enredaderas, ramas, hojas, flores secas, residuos domésticos, restos de frutas y verduras, café, pequeños huesos, sobras de comida, maderas mohosas, canastas de paja. Después de triturados, los residuos pueden ser utilizados en la preparación de compuestos orgánicos para la fertilización del suelo.

Vida útil 5 años

Foto



Fuente. (Hurtado Baquero & Mahecha Pérez, 2021).

Tabla 15. Ficha técnica de termómetro Termocupla.

FICHA TECNICA DE MAQUINARIA Y EQUIPO

Nombre del equipo Termómetro Termocupla Tipo K HI 935003

Descripción general del equipo El HI935003 está diseñado tanto para aplicaciones industriales y domésticas, como para granjas y compost. Este termómetro es compatible con las sondas Termocupla tipo-K que ofrecen una gran precisión y un amplio rango de medición; desde -50 a 300°C (-58.0 a 572°F). Algunas características del medidor son su certificación contra el agua y polvo (IP65), CAL Check, detección de batería baja, apagado automático y larga vida útil de la batería.



FICHA TECNICA DE MAQUINARIA Y EQUIPO

Características técnicas

Rango*	50.0 a 199.9°C / 200 a 300°C;
Resolución	-0.1°C (-50.0 a 199.9°C) / 1°C (200 a 300°C); 0.1°F (-58.0 a 399.9°F) / 1°F (400 a 572°F)
Precisión (@23.0 ±5°C)	±0.4 °C (-50.0 a 300 °C) ±0.7 °F (-58.0 a 572 °F)
Tiempo de respuesta (90% del valor final)	20 segundos
Ambiente	Condición de operación (medidor): -20 a 50°C (-4 a 122°F) Condición límite (medidor): -30 a 50°C (-22 a 122°F)
Almacenamiento y transporte	-40 to 70°C (-40 to 158°F)
Dimensiones	140 x 57 x 28 mm (5.5 x 2.2 x 1.1'')
Peso	178 g (6.27 oz.)

Función o uso Medición de temperaturas mediante un control o indicador, el cual traducirá a voltaje y posteriormente las mostrará en un display ya en grados centígrados o Fahrenheit. Asimismo, se concibe con un sensor para el sector de la instrumentación.

vida útil -1.5V AAA (3) / aproximadamente 3500 horas de uso continuo; seleccionable por el usuario después de 8 o 60 minutos sin uso (se puede deshabilitar)

FICHA TECNICA DE MAQUINARIA Y EQUIPO

Foto

Fuente. (Hurtado Baquero & Mahecha Pérez, 2021).

Tabla 166 Ficha técnica de medidor de pH.

FICHA TECNICA DE MAQUINARIA Y EQUIPO

Nombre del equipo

Higrómetro portátil y pH-metro para suelos

Descripción general del equipo

El pH del suelo es de suma importancia en agricultura y jardinería ya que de él depende la cantidad de nutrientes disueltos y por tanto disponibles en la tierra, y el crecimiento de algunas bacterias beneficiosas para los cultivos que no pueden desarrollarse a pH demasiado ácido o alcalino.

Características técnicas

Rango (pH)	3 - 8
Rango (HR) %	10 - 80
Resolución (pH)	0,2
Resolución (HR) %	10
Dimensiones (mm)	160/50

FICHA TECNICA DE MAQUINARIA Y EQUIPO

Función o uso El medidor de pH y humedad para suelos es un instrumento portátil, robusto y muy fácil de usar que le permitirá realizar determinaciones rápidas in situ sin necesidad de tomar muestras ni utilizar soluciones, pilas o fuentes de energía externas. El sensor se halla alojado en una punta cónica para ser fácilmente introducida en el suelo y una vez en contacto con la tierra, la aguja indicará el pH en la escala superior del visor; pulsando el botón lateral, la aguja mostrará en la escala inferior la humedad relativa del suelo.

vida útil -1.5V AAA (3) / aproximadamente 5500 horas de uso continuo; seleccionable por el usuario después de 8 o 60 minutos sin uso (se puede deshabilitar)

Foto



Fuente. (Hurtado Baquero & Mahecha Pérez, 2021).

Tabla 17. Ficha técnica del equipo Sonda OxyTemp

FICHA TECNICA DE MAQUINARIA Y EQUIPO

Nombre del equipo Sonda OxyTemp

Descripción general del equipo Se utiliza para medir el oxígeno de las pilas de compostaje

FICHA TECNICA DE MAQUINARIA Y EQUIPO

Características técnicas

Rango medida de oxígeno: 0-200% saturación de aire

Exactitud: <1% +/-1 dígito

Rango de temperatura: 0-100°C

<0.5K +/- dígitos

Fabricada en acero inoxidable

Pantalla: LCD 128X64 Pixeles

Protección: IP65

Interface: USB

Longitud de onda de 24'', 36'', 48'', 60'' y 72''

Controla y supervisa los factores del oxígeno y la temperatura

El sensor de temperatura está integrado al sensor de oxígeno recolectando las mediciones de temperatura

Resistente al agua el cual garantiza una seguridad máxima incluso en condiciones extremas.

Función o uso

La Sonda OxyTemp es un equipo digital que mide el porcentaje de oxígeno al interior de las pilas de compostaje por una y así mismo hace una toma de muestras de gases. Por otra sonda mide la temperatura entre grados Celsius y Fahrenheit.


vida útil

5 años

Foto



Tabla 18. Ficha técnica de la Zaranda rotativa.

FICHA TECNICA DE MAQUINARIA Y EQUIPO	
Nombre del equipo	Zaranda rotativa
Descripción general del equipo	Ésta es requerida para clasificar el material por tamaño de partícula, con el objetivo de mejorar su presentación.
Características técnicas	<p>Capacidad: hasta 30 TPH.</p> <p>Carcasa y soportes fabricados en lámina y perfil de acero carbón.</p> <p>La parte móvil se encuentra anclada a los soportes mediante cadenas de acero de alta durabilidad, fácilmente reemplazables.</p> <p>Caja motriz mecanizada con precisión son chumaceras tipo pesado de gran capacidad de carga para prolongada vida útil.</p>
Función o uso	La Zaranda Rotativa se utiliza en la separación o cernido de materiales. El movimiento giratorio asegura la distribución y separación correcta de los materiales, lo que garantiza menor porcentaje de retorno de finos y una mayor utilidad económica.
vida útil	5 años
Foto	

Fuente. (Hurtado Baquero & Mahecha Pérez, 2021)

6.14 Balance de masa de compostaje

A continuación, se presenta el balance de masas de compostaje en la planta considerando la cantidad de residuos sólidos orgánicos del año 2020 de 25,5 ton/mes dando como resultado 35,7 ton/mes de compostaje con el agregado de 10% de aserrín y 30% de estiércol de gallina con el fin de obtener un compost de mejor calidad.

El peso promedio de los bultos de compostaje es de 50 kg dando como resultado que 25,5 toneladas producen 714 bultos de compostaje.

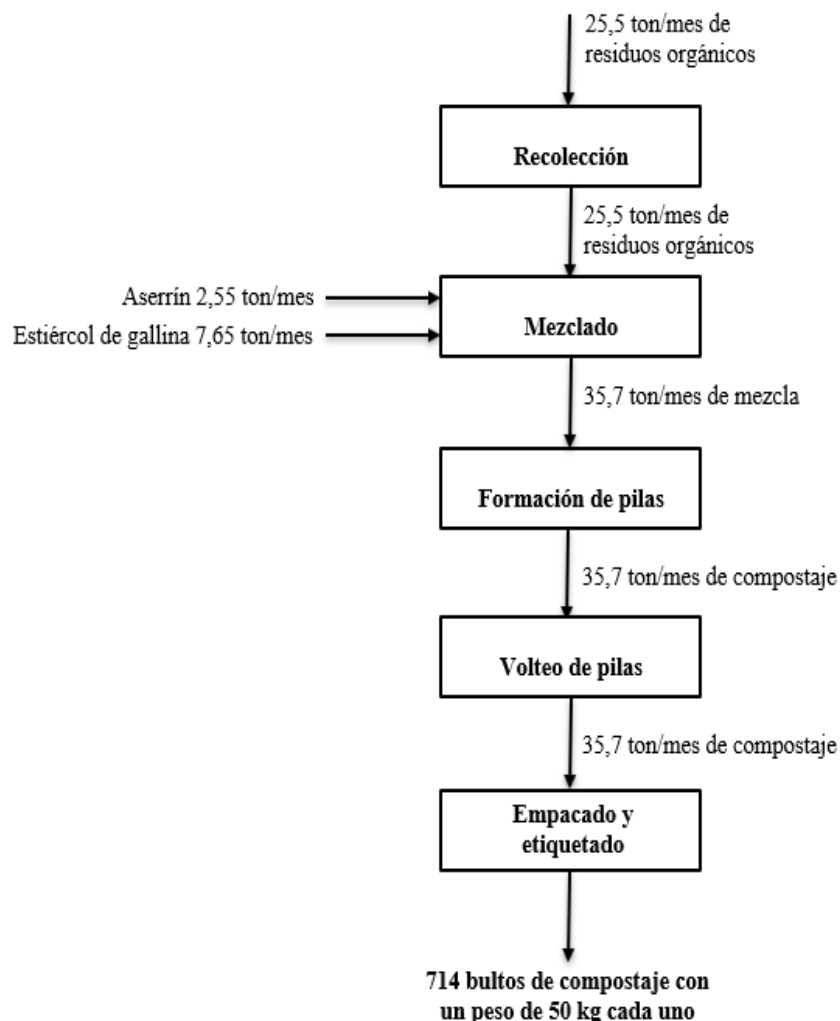


Ilustración 11 Balance de masa

Fuente. (Hurtado Baquero & Mahecha Pérez, 2021).

7. EVALUACIÓN POR RELACIÓN COSTO / BENEFICIO

La relación costo / beneficio (C/B) como su nombre lo dice, es un indicador que mide el grado de desarrollo y bienestar que un proyecto puede generar a una comunidad. Un proyecto se estima positivo cuando los beneficios que proceden desde su funcionamiento sobrepasan el valor implementado. Es por esto que previamente se debe hallar los elementos que componen los costos y beneficios. Teniendo en cuenta que los beneficios son ventajas económicas, que van directamente al propietario. Por otra parte, cuando el proyecto a diferencia conoce las desventajas para el propietario, estas se consideran como des beneficios (D). Para concluir, los costos son gastos anticipados posteriores para la construcción, operación y mantenimiento. Este análisis de C/B, se utiliza para estudios económicos ejercidos por agencias federales, estatales o municipales, es favorable considerar que el propietario es la comunidad y el que lleva los gastos es el gobierno. Cada cláusula considerada será evaluada como beneficio o como costo, analizando, a quien impacta sus resultados. Se realiza el cálculo de todos los posibles costos e ingresos para llevar a cabo el funcionamiento de la planta de compostaje. Presentados en una tabla con los valores aproximados de costos de inversión, operación y mantenimiento.

Se realizó un inventario de ingresos, gastos y costos, ya que es de suma importancia visualizar un panorama de rentabilidad financiera del proyecto, *revisar anexo 3*.

Tabla 19. Valor de inversión de implementación y operación para una planta de compostaje en el municipio de Chipaque Cundinamarca.

Valor de inversión	
Descripción	Precio
Valor de obra civil instalaciones de administración (oficina, bodega y baño)	\$11.769.662
Valor pilas, cubierta (zona de compostaje)	\$6.720.000
Valor de maquinaria y equipos	\$5.177.100
Valor de mano de obra	\$7.000.000
Valor total de inversión	\$34.666.762
Valor de operación	
Valor fijo por concepto de servicios públicos, salarios, transporte de los RSO, entre otros.	\$6.440.245
Valor de operación al año	\$77.282.940
Total valor de operación	\$111.949.702

Fuente. (Hurtado Baquero & Mahecha Pérez, 2021).

El valor se modificará a través del tiempo, teniendo en cuenta la tasa de interés que se le aplicará al periodo al que queremos llegar.

Para hallar el valor futuro de ingresos, gastos y costos de este proyecto se procedió hallar el cálculo del VF con la siguiente ecuación, cabe mencionar que se realizó con los datos del índice de precios al consumidor (IPC):

$$VF: VP (1 + I)^n$$

Dónde:

VF: valor futuro

VP: valor presente (el monto que invertimos hoy para ganar intereses)

I: tasa de interés

n: número de periodos entre el valor presente y el valor futuro

Tabla 20 Valor del IPC de los últimos 10 años

2010	593,25
2011	612,17
2012	634,92
2013	650,42
2014	663
2015	687,25
2016	733,75
2017	775,92
2018	807,58
2019	833,33
2020	865

Fuente. DANE, 2020.

Promedio: 714.23%

Tener en cuenta el valor del índice de precios del consumidor, se hallan las proyecciones de cada año, considerado como valor presente, esto permite evaluar de manera eficaz las políticas ambientales y el aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos.

Para el costo de venta del compost, se tuvo en cuenta el promedio del IPC de los últimos años con un valor de 714,23%, como también los resultados obtenidos de la encuesta.

Los comerciantes plasmados en el municipio de Chipaque adquieren este producto venidero de otros pueblos como lo son principalmente de Fómeque y Ubaque, el costo del producto a la venta es de \$16.000, sin embargo nos dirigimos a unos campesinos de las veredas (Siecha, La Caldera y Potrero Grande) cultivadores de aromáticas los cuales adquieren este producto seguido, preguntando si el precio que cancelan está acorde a sus finanzas, o cuánto estarían dispuestos a pagar, sus respuestas se enmarcaron a los \$15.000, finalmente se investigó los precios nacionales del bulto de compost de 50 kg, el costo oscila entre los \$14.000 y \$18.000, para determinar las ventas al año del compost se plasmó de la siguiente manera:

Tabla 21 Ingresos por venta de bultos de compost

Año	Bultos (mes)	Venta 100% de los bultos	Ventas al año
2020	407	\$ 6,105,000	\$ 73,260,000
2021	412	\$ 6,470,872	\$ 77,650,464
2022	417	\$ 6,844,221	\$ 82,130,652
2023	422	\$ 7,224,218	\$ 86,690,616
2024	427	\$ 7,611,702	\$ 91,340,424
2025	432	\$ 8,005,824	\$ 96,069,888
2026	437	\$ 8,407,443	\$ 100,889,316
2027	442	\$ 8,815,690	\$ 105,788,280
2028	447	\$ 9,231,444	\$ 110,777,328
2029	452	\$ 9,653,816	\$ 115,845,792
2030	457	\$ 10,083,705	\$ 121,004,460
2031	462	\$ 10,520,202	\$ 126,242,424
2032	467	\$ 10,964,226	\$ 131,570,712
2033	472	\$ 11,414,848	\$ 136,978,176
2034	478	\$ 11,897,898	\$ 142,774,776

Fuente. (Hurtado Baquero & Mahecha Pérez, 2021).

Teniendo en cuenta el porcentaje de generación de residuos sólidos orgánicos en el sector urbano del municipio de Chipaque y la tarifa que cancela cada usuario se obtendrán el 56% que es correspondiente a los RSO, se destinarán al tratamiento de la planta de compostaje.

El valor por usuario es de \$7.847,21, esto se multiplica por el 56% el resultado es de \$4.394,32 y multiplicado por los 715 usuarios activos del municipio da unos ingresos de \$3.141.710 mensualmente.

Para hallar la proyección de los ingresos totales por año. Se presenta la siguiente tabla:

Tabla 22 Ingresos totales de ventas más tarifa.

Año	Tarifa Anual	Tarifa Anual + Venta De Compost Anual
2020	\$ 27,954,935	\$ 101,214,935.00
2021	\$ 31,498,784	\$ 109,149,248.00
2022	\$ 34,448,850	\$ 116,579,502.00
2023	\$ 37,219,838	\$ 123,910,454.00
2024	\$ 38,727,859	\$ 130,068,283.00
2025	\$ 39,953,126	\$ 136,023,014.00
2026	\$ 41,140,692	\$ 142,030,008.00
2027	\$ 42,186,881	\$ 147,975,161.00
2028	\$ 43,138,820	\$ 153,916,148.00
2029	\$ 44,043,632	\$ 159,889,424.00
2030	\$ 44,722,241	\$ 165,726,701.00
2031	\$ 45,617,629	\$ 171,860,053.00
2032	\$ 46,239,687	\$ 177,810,399.00
2033	\$ 46,965,422	\$ 183,943,598.00



Año	Tarifa Anual	Tarifa Anual + Venta De Compost Anual
2034	\$ 47,606,331	\$ 190,381,107.00

Fuente. (Hurtado Baquero & Mahecha Pérez, 2021).

A continuación, se expone la tabla de relación costo-beneficio, para evidenciar el comportamiento de las ganancias dentro del flujo de caja, se resta los costos a los ingresos con una proyección de tiempo de 15 años.

Tabla 23 Relación costo-beneficio.

Año	Ingresos Anuales	Costos Anuales	Relación Ingresos - Costos
2020	\$ 101,214,935.00	\$ 111.949.702	\$ - 10.734.767
2021	\$ 109,149,248.00	\$ 83,964,791	\$ 25.184.457
2022	\$ 116,579,502.00	\$ 87,743,207	\$ 28.836.295
2023	\$ 123,910,454.00	\$ 96.078.811	\$ 27.831.643
2024	\$ 130,068,283.00	\$ 100.882.752	\$ 29,185,531
2025	\$ 136,023,014.00	\$ 104.413.648	\$ 31,609,366
2026	\$ 142,030,008.00	\$ 110.156.399	\$ 31,873,609
2027	\$ 147,975,161.00	\$ 104,413,648	\$ 43,561,513
2028	\$ 153,916,148.00	\$ 110,156,399	\$ 43,759,749
2029	\$ 159,889,424.00	\$ 114,562,655	\$ 45,326,769
2030	\$ 165,726,701.00	\$ 120,863,601	\$ 44,863,100
2031	\$ 171,860,053.00	\$ 126,302,463	\$ 45,557,590
2032	\$ 177,810,399.00	\$ 132,617,586	\$ 45,192,813
2033	\$ 183,943,598.00	\$ 138,585,377	\$ 45,358,221
2034	\$ 190,381,107.00	\$ 144,821,719	\$ 45,559,388

Fuente. (Hurtado Baquero & Mahecha Pérez, 2021)

Se puede concluir que a partir del segundo año arroja valores positivos, lo que indica que es posiblemente viable, el primer valor es negativo, por la inversión inicial.

A continuación, se calculó el Valor Presente Neto (VPN), con el fin de evaluar si es financieramente viable o no la realización del proyecto.

Ecuación 2 Valor futuro

$$VPN = \sum_{t=0}^n \frac{Ft}{(1+i)^t}$$

Fuente: (Roldan , 2015)

Donde:

VPN: Valor Presente Neto

Ft = Flujo de caja neto durante un periodo "t"

i = Tasa de descuento o retorno que puede ser ganado en otra alternativa, 14%

t = Número de periodos de tiempo, 15 años

- Si el $VPN > 1$ es viable
- Si el $VPN < 1$ no es factible
- Si el $VPN = 0$ no se gana ni se pierde dinero

El VPN arrojó un resultado de \$195, 032,897.57 lo que indica que si es viable la realización de la planta de aprovechamiento de RSO.

8. ESTUDIO FINANCIERO

8.1 Análisis financiero y evaluación de viabilidad

Partiendo del flujo establecido para los 15 primeros años de funcionamiento de la planta se determina:

8.2 Tasa interna de retorno (TIR)

Con la tasa interna de retorno se determinará la rentabilidad que ofrece la inversión inicial del proyecto con respecto a los primeros 15 años de puesta en marcha.

Para determinar la TIR de este proyecto, se debe probar con distintos tipos de interés hasta que la suma financiera de todos los capitales sea cero, es decir, igualar el VAN (valor actual neto) a cero.

Ecuación 3 Valor actual neto

$$-D_o + \frac{CFN_t}{(1+k)^t} + \dots + \frac{CFN_n}{(1+k)^n} = 0$$

Fuente: (Morales, 2017)

De este modo se estructura la ecuación de la siguiente manera:

$$\begin{aligned}
 &-\$ 10.734.767 + \frac{25.184.457}{(1+k)^2} + \frac{28.836.295}{(1+k)^3} + \frac{27.831.643}{(1+k)^4} + \frac{29.185.531}{(1+k)^5} + \frac{31.609.366}{(1+k)^6} \\
 &+ \frac{31.873.609}{(1+k)^7} + \frac{43.561.513}{(1+k)^8} + \frac{43.759.749}{(1+k)^9} + \frac{45.326.769}{(1+k)^{10}} + \frac{44.863.100}{(1+k)^{11}} \\
 &+ \frac{45.557.590}{(1+k)^{12}} + \frac{45.192.813}{(1+k)^{13}} + \frac{45.358.221}{(1+k)^{14}} + \frac{45.559.388}{(1+k)^{15}} = 0
 \end{aligned}$$

Tabla 24 Tasa de interna de retorno

Año	Ingreso	Gasto	Valor neto	Valor en 0 del valor neto con el tipo de interés:		
				5%	10%	26,38%
1	\$ 101,214,935	\$111.949.702	- \$10.734.767			111949702
2	\$ 109,149,248	\$ 83,964,791	\$25.184.457	22843044,9	20813600,8	15767499,69
3	\$ 116,579,502	\$ 87,743,207	\$28.836.295	24909875,82	21665135,2	14285150,47
4	\$ 123,910,454	\$96.078.811	\$27.831.643	22897161,57	19009386,7	10909361,28
5	\$ 130,068,283	\$100.882.752	\$29.185.531	22867627,22	18121918,5	9051971,927
6	\$ 136,023,014	\$104.413.648	\$31.609.366	23587395,59	17842663,1	7757227,066
7	\$ 142,030,008	\$110.156.399	\$31.873.609	22651978,84	1,78637052	6189236,521
8	\$ 147,975,161	\$ 104,413,648	\$43.561.513	29484146,67	15633783,4	6693047,607
9	\$ 153,916,148	\$ 110,156,399	\$43.759.749	28207924,38	2,79905031	5319991,038
10	\$ 159,889,424	\$ 114,562,655	\$45.326.769	27826704,23	11931078,9	4360195,485
11	\$ 165,726,701	\$ 120,863,601	\$44.863.100	26230525,41	3,76018771	3414723,928
12	\$ 171,860,053	\$ 126,302,463	\$45.557.590	25368170,79	9570544,85	2743735,104
13	\$ 177,810,399	\$ 132,617,586	\$45.192.813	23966713,63	4,72207267	22387970,92
14	\$ 183,943,598	\$ 138,585,377	\$45.358.221	22908983,83	7926886,57	1710281,863
15	\$ 190,381,107	\$ 144,821,719	\$45.559.388	21914844,61	5,74744975	1359266,705
SUMA TOTAL				345665097,5	142515017	0,00

Fuente. (Hurtado Baquero & Mahecha Pérez, 2021)

De acuerdo a los análisis y cálculos realizados la TIR (tasa interna de retorno) es del 26,38% para un periodo de 15 años, por tanto y teniendo en cuenta el resultado obtenido se puede determinar que un proyecto es rentable si $kTIR \geq k$, no es rentable si $kTIR < k$ y en el caso de $kTIR = k$ se aceptaría el proyecto. Por ello el proyecto es rentable ya que el porcentaje obtenido es superior a la tasa de descuento la cual se consideraba en 14%, este porcentaje de 26,38% se explica como la máxima tasa de interés a la que es posible endeudarse para financiar el proyecto, sin que genere pérdidas.

8.3 PRI periodo de recuperación de la inversión

El periodo de recuperación de la inversión es un indicador que mide el tiempo en el cual se recupera la inversión realizada para el proyecto partiendo de la siguiente fórmula:

Ecuación 4 Periodo de recuperación de la inversión

$$PRI = a + (b + c)/d$$

Fuente: (Actualidad Económica , 2020)

En donde:

a = Año inmediato anterior en que se recupera la inversión.

b = Inversión Inicial.

c = Flujo de Efectivo Acumulado del año inmediato anterior en el que se recupera la inversión.

d = Flujo de efectivo del año en el que se recupera la inversión.

Reemplazando los datos de la siguiente forma:

$$PRI = 1 + \frac{\$111.929.702 + \$25.184.457}{\$28.836.295} = 5.7556 \text{ años}$$

Para calcular los meses:

$$0.7556 * 12 = 9.06 \text{ días}$$

Para calcular los días

$$0.6 * 30 = 18 \text{ días}$$

Por tanto, el tiempo de retorno de la inversión se espera en 5 años, 9 meses y 18 días.

8.4 Beneficios ambientales:

De acuerdo a la investigación realizada se estima que un 56% del 100% de residuos generados en el municipio de Chipaque Cundinamarca equivalen a residuos orgánicos los cuales serán utilizados para el proceso de compost de la planta, por tal razón se realiza una proyección de beneficios ambientales demostrando la disminución en cuanto a residuos orgánicos los cuales ya no serán destinados al relleno sanitario.

Tabla 25 Proyección de beneficios ambientales

AÑO	RS Enviados al relleno sanitario casco urbano(Ton/año)	RSO estimados de utilización de la planta (Ton/año)	RSO enviados al relleno sanitario de después de la actividad de la planta(Ton/año)
2020	546,6	306	240,50
2021	555,8	311	244,55
2022	564,9	316	248,56
2023	574,1	322	252,60
2024	583,2	327	256,61
2025	592,4	332	260,66
2026	601,5	336,84	264,66
2027	610,6	342	268,66
2028	619,8	347	272,71
2029	628,9	352	276,72
2030	638,1	357	280,76
2031	647,2	362	284,77
2032	656,4	367,58	288,82
2033	665,4	372,62	292,78
2034	674,4	378	296,74
Total	9159,3	5.129	4.030,10

Fuente: (Hurtado Baquero & Mahecha Pérez, 2021).

Basándose en los resultados obtenidos en la anterior tabla se prevé que, gracias a la actividad y funcionamiento de la planta de compost, se logrará una disminución en los primeros 15 años de funcionamiento de 5.129 toneladas de residuos en este caso orgánicos que ya no serán dispuestos en el relleno sanitario. Demostrando así la importancia y aporte ambiental de la planta.

9. IMPACTO SOCIAL, HUMANÍSTICO DEL PROYECTO

La planta de tratamiento de residuos orgánicos impactaría de manera positiva al municipio de Chipaque Cundinamarca, generando empleo a los habitantes del municipio, así mismo será fuente de productividad ambiental, contribuyendo a la disminución de residuos orgánicos que en la actualidad no cuentan con una disposición de manejo salubre y ambientalmente efectiva.

La población del casco urbano que fue encuestada, presenta un buen criterio frente a la posible implementación del programa municipal de compostaje, muestran disposición a educarse, otorgando su apoyo.

Por otro lado, las administraciones pasadas intentaron realizar un proyecto de aprovechamiento de los residuos sólidos, con un resultado negativo, sin embargo en la encuesta se observa que muchos de ellos han adquirido el hábito de realizar separación en la fuente, lo que es de gran aporte a este trabajo.

La implementación de una planta de compostaje beneficiaria a los habitantes con la recolección en su domicilio o empresa de los residuos orgánicos que decidan desechar; evitando el esparcimiento de residuos indebidamente dispuestos en calles o lugares públicos, contribuyendo de manera óptima no solo al medio ambiente sino a la salud de los habitantes, además de evitar la proliferación de vectores y roedores, aportaría de manera eficiente en la minimización de la cantidad de residuos sólidos que se disponen directamente al relleno

sanitario Doña Juana, teniendo en cuenta que la vida útil del relleno para operaciones de disposición final de residuos sólidos de acuerdo con la licencia ambiental resolución Car 1351 de 2014 es de 16'072,533 m³ - 17'197,610 Ton, en tiempo se estima que va de 6 a 7 años.

CONCLUSIONES

- La recopilación de la información en la primera etapa del estudio, muestra que el Municipio de Chipaque cuenta con las condiciones ambientales, geográficas y climáticas, que permiten desarrollar la instalación de una planta de compostaje, fue así como a través de una encuesta se evidencio que una gran parte de los habitantes disponen de los RSO para actividades económicas rurales, como la alimentación de animales y/o emplean abonos, pero sin ningún tratamiento previo.
- El 94% de la población encuestada mostró interés y disposición a capacitarse en temas concernientes a RSO, además de querer contribuir con la ejecución del programa de compostaje municipal.
- En cuanto a residuos sólidos la recolección de estos en el sector urbano se trata de manera convencional, a través de un vehículo recolector 3 días de la semana con una recogida mixta; sin embargo, los habitantes que realizan la separación en la fuente, disponen los RSO a las actividades rurales, como: la alimentación de animales y/o a la realización de abonos, pero sin ningún tratamiento preliminar. Evidenciando en este trabajo, que el estudio técnico de pre-factibilidad en el Municipio de Chipaque tiene un terreno óptimo para la implementación de la planta de aprovechamiento de RSO, cumpliendo con los requisitos dispuestos por el RAS, el distanciamiento mínimo de una zona poblada, vías asequibles para el transporte de los RSO, condición del suelo y los requisitos legales.

- A través del estudio financiero se determinó que el proyecto es viable, resultados que se observan en los cálculos de la TIR (26,38) y el VPN o VAN (valor presente neto o valor actual neto) (\$195, 032,897.57), arrojando valores positivos con un periodo de recuperación de inversión de 5 años, 9 meses y 18 días teniendo en cuenta que la inversión total del proyecto es de \$111.949.702.
- El estudio costo-beneficio, muestra que la implementación de la planta de compostaje es positiva para el municipio, ya que evitará costos por disposición final en el relleno sanitario Doña Juana y traería márgenes de ganancia que haría sostenible su funcionamiento, logrando la disminución total de 5.129 toneladas de residuos sólidos en un periodo de 15 años, los cuales serán utilizados para la realización del compostaje y el funcionamiento activo de la planta.
- Los impactos ambientales sobre el ecosistema de la solución presentada en este trabajo, muestra que la realización del proyecto generará un bajo impacto a excepción de la instalación de infraestructura, lo cual implica una alteración del suelo y demás factores relacionados como la flora y fauna, a nivel económico se estima un aumento de ingresos totales anuales por la venta de 478 bultos, y para el año 2034 un valor de \$ 142.774.776, para las personas vinculadas al proyecto a corto plazo y aumento económico para el municipio y la región a largo plazo, el proyecto contribuye socialmente a la generación de empleo, y al mismo tiempo se centra en resaltar el valor del campo y las zonas rurales.
- El diagnóstico de los RSO, el estudio técnico y financiero permite concluir la viabilidad de la implementación de la planta de compostaje en el sector urbano del municipio de Chipaque, atendiendo a las recomendaciones en cuanto a los aspectos, técnicos, económicos y social, establecidos en el presente trabajo.

RECOMENDACIONES

- Implementar un plan de manejo ambiental, traería beneficios al municipio con el fin de establecer acciones frente a los posibles impactos negativos producidos por el desarrollo del proyecto, para prevenir, mitigar, controlar, compensar y/o corregir.
- Realizar un plan de gestión social, permitiría determinar las actividades con posibles cambios y/o transformaciones en el entorno social, económico y ambiental de la población, generados a través del desarrollo de la construcción del proyecto.
- Llevar a cabo actividades municipales que incentiven a los habitantes a realizar separación de residuos en la fuente, mejorará las condiciones del ecosistema y educara a sus habitantes

- Carrión, W. (2015). *Elaboración de abonos orgánicos a partir del compostaje de residuos agrícolas en el municipio de Fusagasugá*. Obtenido de <http://repositorio.ucundinamarca.edu.co/bitstream/handle/20.500.12558/1234/ELABORACION%20DE%20ABONOS%20ORGANICOS%20A%20PARTIR%20DEL%20COMPOSTAJE%20DE%20RESIDUOS%20AGRICOLAS%20EN%20EL%20MUNICIPIO%20DE%20FUSAGASUGA>
- Castro Garcia, G., Daza Torres, M. C., & Marmolejo Rebellon, L. F. (2016). Evaluación de la adecuación de humedad en el compostaje de biorresiduos de origen municipal en la Planta de Manejo de Residuos Sólidos (PMRS) . *Gestión y ambiente*, 179-191.
- DANE. (2020). *Proyeccion de la poblacion*. Obtenido de <https://www.dane.gov.co/>
- Departamento Nacional de Planeación. (2017). *Disposición Final de Residuos Sólidos*. Obtenido de <https://www.superservicios.gov.co/sites/default/archivos/SSPD%20Publicaciones/Publicaciones/2018/Oct/informedisposicionfinalano2015-sspd1.pdf>
- EarthGreen Colombia. (2014). *Soluciones Earth Green para residuos orgánicos en municipios*. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=oHbX4CqVZuo>.
- Echeverri, S. M. P. (2004). Los residuos sólidos municipales como acondicionadores de suelos. *Revista lasallista de investigación*, 56-65.
- El Nuevo Siglo. (2020). *Gestión de residuos orgánicos, un desafío para Colombia*. Obtenido de Ambiente y Ciencia: <https://www.elnuevosiglo.com.co/articulos/02-2020-gestion-de-residuos-organicos-un-desafio-para-colombia#:~:text=En%20la%20actualidad%2C%20el%20pa%C3%ADs,revolucionario%20para%20el%20sector%20de>
- Empresas Públicas de Cundinamarca S.A. E.S.P. (2016). *Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos PGIRS - Chipaque - 2016*. Obtenido de <https://www.orarbo.gov.co/es/documentacion-y-enlaces/listado/plan-de-gestion-integral-de-residuos-solidos-pgirs-chipaque-2016>

EPAM S.A ESP. (2018). *Alternativas para la disposición de SAO Contecto Internacional*.

Bogotá: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Territorial.

ER Group. (2017). *Caracterización y gestión de los residuos orgánicos en América del Norte*.

52.

Fernandez, A. (2017). *Contaminacion por lixiviados*. Obtenido de

<https://www.consumer.es/medio-ambiente/contaminacion-por-lixiviados.html>

Gordillo, F., Peralta, E., Chávez, E., Contreras, V., Campuzano, A., & Ruiz, O. (2011).

Producción y evaluación del proceso de compostaje a partir de desechos

agroindustriales de Saccharum officinarum (caña de azúcar). DNA SICC, INTA.

Guerrero Peñarate, B. (2018). *Gestión Integral de Residuos Sólidos en pequeñas*

comunidades - propuesta para el sector la esperanza, municipio Cajicá,

Cundinamarca. Obtenido de

<https://repository.udca.edu.co/bitstream/11158/790/1/tesis%20girsp.pdf>

Hurtado Baquero, Y., & Mahecha Pérez, C. (2021). *Estudio De Pre Factibilidad Técnica*

Para La Creación De Una Planta De Compostaje Para El Aprovechamiento De Los

Residuos Sólidos Orgánicos Generados En El Sector Urbano Del Municipio De

Chipaque Cundinamarca. Bogotá: Universidad Santo Tomas.

Ibañez, A. (2015). *Ingeniería básica de una planta de compostaje en túneles*. Obtenido de

<http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/90483/fichero/tfgaidagarrido.pdf>.

Ibañez, A. M. (2015). *Ingeniería básica de una planta de compostaje en túneles*. Obtenido de

<http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/90483/fichero/tfgaidagarrido.pdf>.

Jarre Castro, E. (2015). *Planta de compostaje de RSU y residuos cítricos industriales*.

Universidad de Sevilla.

K.P.F.S.M. Torres. (2007). *Tamaño de una muestra para una investigación de mercado*.

Boletín electrónico número 2, pág. 27.

- Lampurlanés, X. (2010). *Plantas de compostaje para el tratamiento de residuos: riesgos higiénicos*. Obtenido de https://www.insst.es/documents/94886/327064/ntp_597.pdf/d6fea380-8eee-4ca5-9079-e5765b6350fd.
- López Rivera, N. C. (2009). Propuesta de un programa para el manejo de los residuos sólidos en la plaza de mercado de Cereté-Córdoba.
- Marmolejo, L. F. (2010). Influencia de la separación en la fuente sobre el compostaje de residuos sólidos municipales. 319-327.
- Marquez, P., Blanco, M., & Cabrera Capitán, F. (2008). *Factores que afectan al proceso de Compostaje*. Obtenido de Universidad de Huelva. .
- Ministerio de Desarrollo Económico. (2017). Reglamento Técnico de Agua Potable y Saneamiento Basico (RAS) Título F.
- Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2017). *Resolucion 0330 de 2017*. Obtenido de <http://www.minvivienda.gov.co/ResolucionesAgua/0330%20-%202017.pdf>.
- Monterrosa Blanco, H. (2018). Hasta 70% de los residuos sólidos del país se pueden transformar en compostaje. *La República*.
- Morales, V. (2017). *Valor actual neto (VAN)*. Obtenido de <https://economipedia.com/definiciones/valor-actual-neto.html>
- Navarro, P., Moral, H., Gómez, L., & Mataix, B. (1995). *Residuos Orgánicos y Agricultura*. Obtenido de <http://www.ingenieroambiental.com/2040/Residuos%20organicos%20y%20agricultura.pdf>
- Norma Técnica Colombiana GTC 24, Gestión Ambiental. Residuos sólidos. Guía para la separación en la fuente (20 de 05 de 2009).
- RAS. (2000). Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento basico .

- Reciclaje y disposición final segura "Residuos Sólidos".* (2017). Obtenido de <file:///C:/Users/User/Downloads/154.pdf>
- Restrepo, M. (2016). "Lo que para otros es basura, para nosotros es riqueza". *Asociación Regional de Recicladores*, 5.
- Rodriguez, S. (2011). *Residuos Sólidos en Colombia: Su manejo es un compromiso de todos.* L'esprit Ingénieux.
- Roldan , P. (2015). *Valor Futuro.* Obtenido de <https://economipedia.com/definiciones/valor-futuro.html>
- Román , P., Martínez, M., & Pantoja , A. (2015). *MANUAL DE COMPOSTAJE DEL AGRICULTOR, Experiencias en America Latina.* Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
- Romero Rojas, S. C. (2012). *Estudio de factibilidad de implementación de una planta municipal de compostaje para el aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos en Une Cundinamarca.*
- Sanchez Monedero , M., & Bernal Paredes , M. (2001). Nitrogen transformation during organic waste composting by the Rutgers system and its effects on pH, EC and maturity of the composting mixtures. *Biores. Technol*, 301-308.
- Solano y Col. (2001). *SISTEMAS Y TÉCNICAS PARA EL COMPOSTAJE.* Obtenido de https://www.juntadeandalucia.es/export/drupaljda/sistemas_y_tecnicas_para_el_compostaje.pdf
- Torres, M., Paz , K., & Salazar, F. (2007). *Tamaño de una muestra para una investigación de mercado.* Obtenido de http://moodlelandivar.url.edu.gt/url/oa/fi/ProbabilidadEstadistica/URL_02_BAS02%20DETERMINACION%20TAMAÑO%20MUESTRA.pdf

- U.N.D Altiplano. (2018). *Evaluación de temperatura, pH, humedad, residuos sólidos orgánicos (frutas y verduras) y digesta de animales de camal en el proceso de compostaje*. Obtenido de http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/8753/Lidia_Ensue%C3%B1o_Romero_Iruri_de_Soto.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Vargas, D., Antolinez, M., Bohórquez, J., & Corredor, A. (2015). Bacterias anaerobias: procesos que realizan y contribuyen a la sostenibilidad de la vida en el planeta.
- Zhu, N. (2006). Composting of high moisture content swine manure with corncob in a pilot-scale aerated static bin system. . *Biores. Technol.*, 1870-1875.