ANÁLISIS DE ESCENARIOS DE APROVECHAMIENTO POTENCIAL SOBRE FLUJOS DE RESIDUOS GENERADOS EN LA SEDE CHÍA - CUNDINAMARCA, UNIVERSIDAD EL BOSQUE

Presentado por:

Lina Mercedes Almanza Guzmán

Universidad El Bosque

Facultad de Ingeniería

Programa de Ingeniería Ambiental

Bogotá, Colombia

Mayo de 2019

ANÁLISIS DE ESCENARIOS DE APROVECHAMIENTO POTENCIAL SOBRE FLUJOS DE RESIDUOS GENERADOS EN LA SEDE CHÍA - CUNDINAMARCA, UNIVERSIDAD EL BOSQUE

Lina Mercedes Almanza Guzmán

Trabajo de investigación presentado como requisito parcial para optar al título de:

Ingeniera Ambiental

Director (a):

Juan Manuel Díaz Hernández

Línea de Investigación:

Salud Ambiental – Gestión Integral Sustentable

Universidad El Bosque

Facultad de Ingeniería

Programa Ingeniería Ambiental

Bogotá, Colombia

2019

Nota de Salvedad de Responsabilidad Institucional

La Universidad El Bosque, no se hace responsable de los conceptos emitidos por los investigadores en su trabajo, solo velará por el rigor científico, metodológico y ético de este en aras de la búsqueda de la verdad y la justicia.

Agradecimientos

Quiero agradecer en primer lugar a Dios, a mis padres por permitirme culminar la carrera, mi director por la orientación y disposición, el personal de la Sede de Chía de la Universidad, como a todos aquellos que hicieron posible el desarrollo de esta investigación, gracias a sus conocimientos e información brindada.

Tabla de contenido

1 Resumen 13

2 Abstract 13

3 Introducción 14

4 Planteamiento del problema 15

4.1 *Definición del problema:* 15

4.2 *Formulación del problema:* 15

5 Pregunta de investigación 16

6 Justificación 16

7 Relación con las ciencias ambientales y en el área investigada 16

7.1 *Línea* 16

7.2 *Área* 16

8 Objetivos 17

8.1 *Objetivo General* 17

8.2 *Objetivos específicos* 17

9 Marcos de referencia 17

9.1 *Antecedentes* 17

9.2 *Estado del arte* 18

9.2.1 Enfoque convencional para la gestión de los flujos de residuos 19

9.2.2 Enfoque no convencional para la sostenibilidad en el saneamiento por aprovechamiento de flujos de residuos 20

9.3 *Marco Teórico* 22

9.4 *Marco conceptual* 22

9.4.1 Gestión integral de flujo de residuos 23

9.4.2 Vertimientos 23

9.4.3 Infraestructura sustentable 24

9.4.4 Fracción orgánica de residuos 24

9.4.5 Producción más limpia 25

9.4.6 Análisis de escenarios 25

9.4.7 Modelación de flujo de energía y residuos 26

9.4.8 Tecnologías de aprovechamiento de flujos de residuos 26

9.4.9 Análisis de viabilidad financiera de alternativas 26

9.4.10 Análisis de Costo – beneficio para la toma de decisiones 27

9.5 *Marco normativo* ... 27
9.6 *Marco geográfico* ... 29
9.7 *Marco institucional* ... 32
10 Metodología ... 33
10.1 *Aspectos Metodológicos:* ... 33
10.2 *Enfoque:* ... 34
10.3 *Alcance:* ... 34
10.4 *Método:* ... 35
10.5 *Técnicas e instrumentos* ... 40
11 Aspectos éticos ... 41
12 Resultados ... 41
12.1 **Variables de análisis** ... 41
12.1.1 Flujos de residuos identificados, consumo energético y agua en la Sede de Chía ... 41
12.1.2 Aprovechamiento ... 42
12.1.3 Impactos ... 43
12.1.4 Caracterización de flujos de residuos ... 44
12.1.5 Variables que influyen en los flujos de residuos y proyecciones de variables ... 50
12.1.6 Estimación del contenido de nutrientes y energía en los flujos de residuos ... 60
12.2 **Modelación y posibles alternativas técnicas de aprovechamiento** ... 61
12.2.1 Diagramas sankey ... 61
12.2.2 Análisis de escenarios y posibles alternativas de aprovechamiento no convencionales ... 63
12.3 **Criterios técnicos y viabilidad financiera de alternativas más adecuadas** ... 72
12.3.1 Selección de alternativas técnicas más adecuadas en el marco del escenario más probable ... 72
12.3.2 Aspectos técnicos de las alternativas seleccionadas y potencial de aprovechamiento ... 72
12.3.3 Análisis de viabilidad financiera sobre las alternativas seleccionadas y los escenarios más probables ... 75
13 Análisis y discusión ... 79
14 Conclusiones ... 86
15 Recomendaciones ... 87
16 Bibliografía ... 90
17 Anexos ... 95
17.1 **Anexo A.** Tipos, descripción y características físicas, químicas y biológicas de los residuos. ... 95
17.2 **Anexo B.** Magnitudes de consumo energético y de agua para los años 2015 – 2018. ... 99

17.3 **Anexo C.** Cálculos y densidades del flujo de residuos. 101
17.4 **Anexo D.** Infraestructura de la Sede de Chía – Cundinamarca. 109
17.5 **Anexo E.** Encuesta y entrevista. 112
17.6 **Anexo F.** Cronograma y presupuesto 113
17.7 **Anexo G.** Evidencias Fotográficas. 115
17.8 **Anexo H.** Informe de Caracterización de Vertimientos de la Universidad El Bosque. 121
18 Glosario 122

Listado de Tablas

Tabla 1. Normatividades aptas para el proyecto. 27
Tabla 2. Veredas del municipio de Chía. 30
Tabla 3. Tabla climática, datos históricos del tiempo en Chía. 32
Tabla 4. Técnicas e instrumentos del proyecto. 40
Tabla 5. Caracterización obtenida cuadrante l y lll 44
Tabla 6. Producción semanal de residuos sólidos. 47
Tabla 7. Producción semanal y mensual de residuos sólidos por componente en la sede. 47
Tabla 8. Cantidad de residuos de lodos y jardines. 48
Tabla 9. Consumo energético, agua y generación de residuos en diferentes períodos. 48
Tabla 10. Cantidad de estudiantes por semestre en la Sede. 50
Tabla 11. Proyección de estudiantes al 2030. 51
Tabla 12. Estadísticas de la regresión. 52
Tabla 13. Capacidad de estudiantes por salón de la Sede de Chía. 53
Tabla 14. Población estimada para el año 2018 externo a los estudiantes. 54
Tabla 15. Población total en la sede por diferentes años. 55
Tabla 16. Consumo per cápita de energía. 55
Tabla 17. Consumos diarios por población anual. 56
Tabla 18. Producción per cápita de los residuos sólidos. 58
Tabla 19. Rangos de Nutrientes de N, P, K. 59
Tabla 20. Contenidos teóricos de nutrientes por residuo. 59
Tabla 21. Magnitudes de los flujos de residuos identificados. 60
Tabla 22. Contenido de nutrientes por residuos en la sede. 60
Tabla 23. Contenido energético de los diferentes residuos. 61
Tabla 24. Impactos potenciales generados por las distintas prácticas de gestión de residuos. 68
Tabla 25. Documentos requeridos para la instauración de tecnologías en la Universidad. 73
Tabla 26. Costo mensual del manejo de los diferentes residuos, consumo de agua y energía. 75
Tabla 27. Costo mensual por año del 2019 -2024 del manejo de los residuos sólidos, consumo de agua y energía. 76
Tabla 28. Costo mensual por año del 2025 -2030 del manejo de los residuos sólidos, consumo de agua y energía. 76
Tabla 29. Costo mensual del manejo posterior al aprovechamiento de los diferentes residuos, consumo de agua y energía. 77
Tabla 30. Costo mensual por año del 2019 -2024 con la recuperación de los residuos sólidos, recirculación de agua y producción de energía. 78
Tabla 31. Costo mensual por año del 2025 -2030 con la recuperación de los residuos sólidos, recirculación de agua y producción de energía 78
Tabla 32. Inversiones realizadas para el desarrollo del proyecto. 78
Tabla 33. Indicadores económicos. 79
Tabla 34. Tipo de residuos que se generan en la Sede de Chía de la Universidad El Bosque. 95
Tabla 35. Descripción de los residuos que se generan en la Sede de Chía de la Universidad El Bosque. 95
Tabla 36. Propiedades físicas de los diferentes residuos. 96
Tabla 37. Propiedades químicas de los diferentes residuos. 97

Tabla 38. Datos típicos sobre el análisis elemental del material combustible de los diferentes residuos. 97
Tabla 39. Valores típicos de rechazos inertes y contenido energético de los diferentes residuos. 98
Tabla 40. Análisis elemental de los materiales orgánicos utilizados como alimentación en procesos de conversión biológica. 98
Tabla 41. Datos sobre la fracción biodegradable de residuos orgánicos basados en el contenido de lignina. 99
Tabla 42. Información correspondiente a los residuos, consumo de agua y energía del año 2015. 100
Tabla 43. Información correspondiente a los residuos, consumo de agua y energía del año 2016. 100
Tabla 44. Información correspondiente a los residuos, consumo de agua y energía del año 2017. 100
Tabla 45. Información correspondiente a los residuos, consumo de agua y energía del año 2018. 101
Tabla 46. Promedio del consumo de agua, energía y el manejo de residuos. 101
Tabla 47. Densidad de los residuos de jardín y lodos residuales. 103
Tabla 48. Valor calorífico de los lodos residuales. 104
Tabla 49. Nuevos consumos de agua, energía y disposición de residuos. 108
Tabla 50. Ahorros por los diferentes tipos de residuos y consumos en la sede. 109
Tabla 51. Cronograma de actividades. 114
Tabla 52. Presupuesto del proyecto. 114

Tabla de Figuras

Figura 1. Formulación de la problemática del proyecto. 15
Figura 2. Mapa del municipio de Chía del departamento de Cundinamarca y las instalaciones de la sede Chía de la Universidad El Bosque. 29
Figura 3. Instalaciones de la Sede de Chía de la Universidad El Bosque. 30
Figura 4. Agentes que conforman el marco institucional del proyecto. 33
Figura 5. Metodología correspondiente para la solución de los diferentes objetivos. 36
Figura 6. Metodología para la caracterización de los residuos. 37
Figura 7. Metodología definida para el Objetivo 1. 38
Figura 8. Metodología definida para el Objetivo 2. 39
Figura 9. Metodología definida para el Objetivo 3. 39
Figura 10. Porcentaje de residuos sólidos obtenidos en el cuadrante l. 45
Figura 11. Porcentaje de residuos sólidos obtenidos en el cuadrante lll. 45
Figura 12. Porcentaje promedio de residuos sólidos en la sede. 46
Figura 13. Porcentaje de residuos orgánicos e inorgánicos en la sede. 46
Figura 14. Producción por semana de residuos sólidos. 47
Figura 15. Porcentaje de Residuos de jardín y lodos residuales. 48
Figura 16. Disposición de residuos sólidos por año en el mes de agosto. 49
Figura 17. Consumo de agua por año en el mes de agosto. 49
Figura 18. Consumo energético por año en el mes de agosto. 50
Figura 19. Regresión lineal de la proyección de estudiantes. 52
Figura 20. Consumo per cápita de energía. 56
Figura 21. Consumo de agua diario por población anual. 57
Figura 22. Producción per cápita de residuos sólidos. 58
Figura 23. Flujo de residuos en la Sede. 62
Figura 24. Contenido de nutrientes y energía por flujo de residuo. 63
Figura 25. Escenarios propuestos a partir de la metodología de Schwartz. 64
Figura 26. Estado previo a la implementación de tecnologías para el tratamiento de los diferentes residuos. 65
Figura 27. Estado actual de las tecnologías implementadas en la sede. 66
Figura 28. Tecnologías de aprovechamiento. 66
Figura 29. Otros tratamientos de residuos. 68
Figura 30. Material recuperado por el tratamiento de los diferentes residuos. 71
Figura 31. Estado futuro de la Sede de Chía. 71
Figura 32. Esquema estrategia de pedagogía y comunicación. 88
Figura 33. Infraestructura general de las instalaciones de la Sede de Chía de la Universidad El Bosque. 110
Figura 34. Infraestructura de los bloques de la Sede de Chía de la Universidad El Bosque. 110
Figura 35. Infraestructura de los puestos de comida de la Sede de Chía de la Universidad El Bosque. 111
Figura 36. Formatos primera encuesta. 112
Figura 37. Formatos segunda encuesta. 113
Figura 38. Unidades Sanitarias y cafeterías de la Sede. 115
Figura 39. Puntos ecológicos y canecas convencionales de la Sede. 116
Figura 40. Cuarto de almacenamiento de residuos externo e interno. 116
Figura 41. Residuos totales en el cuarto de almacenamiento. 117

Figura 42. Proceso de caracterización de residuos, metodología Edith Alayón. 118
Figura 43. Residuos de Jardín recolectados y dispuestos. 119
Figura 44. Lodos Residuales de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas. 119
Figura 45. Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas de la Sede de Chía. 120
Figura 46. Personal de mantenimiento de la Sede de Chía de la Universidad El Bosque. 120
Figura 47. Informe de Caracterización de Vertimientos. 121

1 Resumen

El 75,26% de los residuos dispuestos en la Sede de Chía – Cundinamarca de la Universidad El Bosque, corresponden a residuos de origen orgánico resultantes del consumo de alimentos, siendo el mayor valor en porcentaje de la totalidad de los residuos sólidos generados en la sede dispuestos al relleno sanitario, de igual forma, se establece un alto contenido de lodos residuales procedentes de la PTAR (969 kg/mes), residuos de jardín (32,81 kg/mes) y aguas residuales (120,65 m^3). En la actualidad el manejo de estos residuos es deficiente, principalmente de aquellos que son llevados al relleno sanitario, considerando que los únicos con algún tipo de aprovechamiento son lodos y aguas residuales para uso en jardines, para esto se establecieron métodos de análisis como los flujos, variables y los escenarios que influyen en la sede, técnicas de aprovechamiento de los diferentes residuos y los criterios técnicos y de viabilidad financiera estimados para implantar una alternativa de mejora para la institución, para el desarrollo de este trabajo se basó principalmente en el análisis de escenarios a partir de modelos, que permiten visualizar cuantitativamente flujos de residuos generados en la sede, así como evaluar posibles alternativas para su aprovechamiento. Se obtuvo como resultado el potencial energético de los flujos con un total de 2482,68 KWh/mes y un contenido total de nutrientes de Nitrógeno (45,301 kg/mes), Fósforo (17,033 kg/mes) y Potasio (7,657 kg/mes), finalmente se establece que la potencialidad de los residuos y la recirculación del agua permiten la disminución de costos asociados al manejo de estos.

Palabras clave: Análisis de escenarios, potencial del flujo de residuos, tecnologías de aprovechamiento, saneamiento, sostenibilidad.

2 Abstract

75, 26 per cent of the waste disposed by Chía Campus of El Bosque University, are organic waste resulting from food services, being the highest percentage value of all solid waste generated at campus disposed for landfill. In addition, a high content of waste sludge from PTAR is generated at a rate of (969 kg/month), garden waste (32, 81 kg/month) and wastewater (120, 65 m^3). The management of this waste is conventional, mainly of those that are taken to the landfill, considering that he only sludge and sewage have a further use in gardening. To analyze this, the author used methods as flows diagrams, variable and scenarios modeling aiming to influence the campus waste management practices trough techniques and technologies for waste exploiting. Finally, the author and analyzes financial feasibility criteria estimated to implement an improvement alternative for the institution, for the development of this work was mainly based on the analysis of scenarios from models, which allow to visualize quantitatively flows of waste generated at campus, and to evaluate possible alternatives for their use. The energy potential of the flows was obtained with a total of 2482,68 KWh/month and a total nutrient content of Nitrogen (45,301 kg/month), Phosphorus (17,033 kg/month) and Potassium (7,657 kg/month), finally it is established that the potentiality of the residues and the recirculation of the water allow the reduction of the costs associated with the management of these.

Key words: Scenario analysis, waste flow potential, exploitation technologies, sanitation, sustainability.

3 Introducción

Este proyecto es definido para el municipio de Chía – Cundinamarca en la Institución de la Universidad El Bosque, el cual permite dar un estado actual que se lleva a cabo con el manejo de los diferentes residuos generados en la sede, permitiendo definir los porcentajes calculados de acuerdo con la caracterización de residuos sólidos generados semanalmente, de igual manera permite definir los lineamientos a mejorar y a tener en cuenta para poder aprovechar en su totalidad aquellos residuos generados provenientes del consumo de alimentos, también dar un aprovechamiento a los residuos de jardín dispuestos de forma natural para su degradación, los residuos de lodos y aguas residuales resultantes de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales usados actualmente en los jardines de la sede.

El inadecuado manejo de los residuos que son generados en el ahora, es la principal causa de que no se promueva un aprovechamiento de estos, desconociendo principalmente el potencial que pueden tener para la recuperación de nutrientes tales como el N (Nitrógeno), P (Fósforo) y K (Potasio), como el potencial energético que cada uno de estos representa, así mismo, con este proyecto, se pretende dar un ideal de la capacidad que tienen para convertirse en recursos, de igual modo el ahorro que representaría el manejo adecuado y aprovechamiento de los diferentes residuos.

Para esto, se presenta un conjunto de aspectos relativos a variables de análisis definidas, donde se establecen los flujos de residuos identificados, las variables que influyen en la producción de estas, la estimación del contenido de nutrientes y energía, los escenarios propuestos que permitirán el desarrollo de la institución a futuro, como los aspectos técnicos y de viabilidad financiera definidos por el desarrollo de alternativas técnicas de aprovechamiento, basados en la implementación del biodigestor anaeróbico y el ahorro del consumo energético, agua, la disposición de los residuos y el transporte y recolección de los mismos.

Finalmente establecidos los flujos de residuos representados por medio del diagrama Sankey, se estima el contenido energético y de nutrientes obtenidos por el aprovechamiento de los residuos, con esto, se pretende analizar los escenarios propuestos a partir de modelos, que permitan visualizar cuantitativamente los flujos que son generados en la Sede de Chía, como la evaluación de posibles técnicas de aprovechamiento. Por medio de esto, se procede a realizar dos estados, uno actual y otra apuesta, con los que se quiere definir la viabilidad de aprovechar e implementar tecnologías para el contenido de nutrientes y energía, estableciendo como resultado un ahorro proyectado de costos obtenidos en el estado apuesta, teniendo como base la disposición convencional actual de los desechos presentes en la sede y el consumo de agua y energía.

4 Planteamiento del problema

4.1 *Definición del problema:*

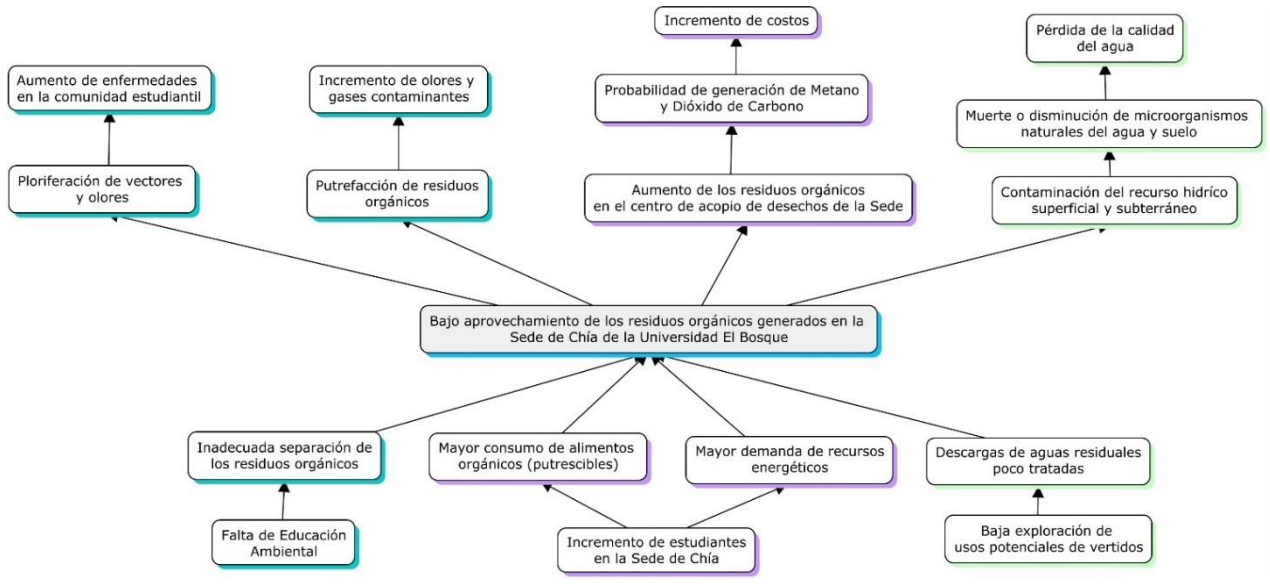
Actualmente la ocupación humana en el territorio se concentra en áreas urbanas y rurales con zonas de transición denominadas periurbanas. En zona rural del municipio de Chía en Cundinamarca, la sede la Universidad El Bosque genera residuos en consecuencia de las actividades educativas y académicas que lleva a cabo. Estos son manejados como flujos de desecho y aprovechados parcialmente.

Este trabajo de grado parte de la tesis, de que los flujos de residuos pueden ser gestionados como flujos de materiales y energía, cambiando los paradigmas en torno a su gestión integral. Para esto, es necesario conocer las propiedades del residuo y la forma en que estos pueden ser transformados para aprovechar los materiales y energía allí contenidos, con el propósito de que no terminen en un proceso de disposición final convencional y se desaprovechen sus contenidos de nutrientes y energía. Actualmente en la Sede de Chía se encuentran establecidos diferentes flujos de residuos orgánicos provenientes de actividades de jardinería, servicios de comidas, entre otras, así como aguas residuales, siendo estas enviadas a disposición final y vertidas en sistemas convencionales que, a pesar de los controles ambientales aplicados por la Universidad, podrían afectar la calidad de los recursos naturales.

La inadecuada gestión de los residuos sólidos y los vertimientos en general, causan afectaciones sobre el ambiente y representan riesgo para la salud humana y, para esto se debe investigar sobre alternativas de manejo integral basadas en la prevención del impacto ambiental negativo y el aprovechamiento de los recursos y energía contenidos en los residuos que a su vez, tengan en cuenta principios de economía circular y contribuyan a la mitigación del cambio climático por posibles reducciones de emisiones de efecto invernadero.

4.2 *Formulación del problema:*

Figura 1. *Formulación de la problemática del proyecto.*



Fuente: Autor (2018).

5 Pregunta de investigación

¿Qué escenarios en la gestión integral de flujos de residuo, podrían cambiar los paradigmas y considerar el aprovechamiento de los flujos de nutrientes y energía contenidos en los residuos?

6 Justificación

La generación de residuos en diferentes escenarios propuestos en la Sede de Chía de la Universidad El Bosque, actualmente ha aumentado a causa de la capacidad que mantiene la sede de ser receptora de estudiantes y diferentes campos de producción de residuos, como lo son la planta de tratamiento, el consumo y almacenamiento de materiales orgánicos, la jardinería, entre otras. Teniendo en cuenta lo anterior, la generación y falta de aprovechamiento de los residuos en la sede, han generado algunos costos de disposición y transporte de estos al sitio de disposición final, el cual corresponde para el municipio de Chía al Relleno Sanitario Nuevo Mondoñedo ubicado en el municipio de Bojacá Cundinamarca (Empresa de Servicios Públicos de Chía, 2018), por otro lado, los residuos que son depositados sin aprovechamiento, pueden ser reusados o reutilizados por medio de la determinación del flujo de estos a partir del modelamiento de planificación, manejo y recuperación de residuos. Mediante esta herramienta es posible determinar la cantidad y los posibles métodos de aprovechamiento de los diferentes desechos que son producidos en la sede, con el fin de recircularlos en la misma institución y así mismo promover un uso eficiente del cual se puedan ser beneficiados varios actores, esto igualmente permite mejorar las condiciones del ambiente, como agua, suelo, estado social, entre otros, como también los riesgos a la salud por exposición a vectores y olores, reduciendo las cargas y materiales contaminantes asociados a los sectores de intervención de fuentes de captación de agua, almacenamiento y depósito de desechos orgánicos. Así mismo imponer el cumplimiento de algunos los Objetivos de Desarrollo Sostenible que son adjudicados para Colombia, a fines de tener la garantía de vivir en un territorio ambientalmente sostenible, que pueden ser tratados desde la problemática que le compete a la Institución Educativa (Sede de Chía).

La producción más limpia está reglamentada en Colombia desde el año 2010 a través de la Política Nacional de Producción y Consumo Sostenible, por lo que el objetivo de este trabajo está orientado hacia la búsqueda de estrategias donde se apliquen sistemas de consumo con prácticas más limpias; que puedan subsanar los impactos en el ambiente, dando certeza de la disminución de los impactos e incrementando la capacidad de aprovechamiento de los residuos orgánicos con el fin de promulgar la posibilidad de mejora y disposición de estos en la sede de Chía. Dichas estrategias serán aplicadas con el fin de velar por la protección y preservación del ambiente.

7 Relación con las ciencias ambientales y en el área investigada

7.1 *Línea*

Salud ambiental - Gestión Integral Sustentable.

7.2 *Área*

Salud Ambiental - Gestión y productividad sustentable: Abarca proyectos para mejorar, desde el enfoque sistémico, situaciones problemáticas de los sistemas organizacionales y procesos del sistema de operaciones donde se analizan y diseñan propuestas holísticas con fundamento biopsicosocial y cultural, que mejoran la capacidad de respuesta de los sectores ambientales.

El proyecto está enfocado en realizar un análisis de posibles escenarios en la sede de Chía – Cundinamarca de la Universidad El Bosque, relacionados con alternativas de aprovechamiento de flujos de residuos generados en la Sede. Para lo cual, se tienen en cuenta diferentes áreas del conocimiento en ingeniería ambiental, como producción más limpia, gestión integral de residuos sólidos, entre otras.

8 Objetivos

8.1 *Objetivo General*

Analizar escenarios a partir de modelos que permitan visualizar cuantitativamente flujos de residuos generados en la sede de Chía - Cundinamarca de la Universidad El Bosque, así como evaluar posibles alternativas para su aprovechamiento.

8.2 *Objetivos específicos*

1. Determinar las variables de análisis que den alcance a los escenarios y a modelos, que permitan visualizar las magnitudes de flujos de residuos generados en el campus de la Universidad El Bosque en Chía.

2. Relacionar los modelos de flujos de residuos con posibles alternativas técnicas para su aprovechamiento, y formular los escenarios que permitan a la Universidad El Bosque considerar oportunidades de mejora en el campus de Chía frente a la gestión integral de sus residuos.

3. Evaluar criterios técnicos y de viabilidad financiera (relación costo - beneficio), de las alternativas más relevantes en términos de aprovechamiento potencial de flujos de residuos actuales y futuros, en el marco de los escenarios formulados para la sede de Chía de la Universidad el Bosque.

9 Marcos de referencia

A continuación, se presentan los diferentes marcos de referencia establecidos para el proyecto, los cuales están basados principalmente en: Antecedentes, estado del arte, marco conceptual, marco teórico, marco normativo, marco geográfico y marco institucional.

9.1 *Antecedentes*

A partir de la Información recuperada por medio de una entrevista efectuada al Coordinador de la Sede, John Alexander Millán (2019, marzo 26), antes de ser usada como sede de la Universidad, era un parque recreativo en los años 80 y 90 y otra parte era establecido como una fábrica de vidrio con dos bodegas. La sede de Chía de la Universidad El Bosque fue inaugurada en el año 2013; posteriormente el 18 de Julio del 2013 entró en operación con servicios de admisión a estudiantes; en marzo del mismo año, se realizaron las adecuaciones correspondientes en infraestructura las cuales fueron modificadas y arregladas con aulas, las nuevas construcciones que se han realizado en esta sede han sido únicamente la cancha de fútbol y la pista atlética como escenarios deportivos para los estudiantes.

En cuanto a la cantidad de estudiantes que ingresaron a la sede, se estima que son 150 estudiantes a la semana, iniciando con la disposición de 4 salones (101, 102 103 y el salón múltiple), cuatro baterías de baños (cerca de los salones, camerinos, sala de profesores y zonas de descanso) y un punto de cafetería, esto correspondiente al segundo semestre de 2013. Para el año 2014 se aprovecharon y adecuaron las bodegas de la fábrica para la realización de nuevos salones y dos baterías de baños. En el 2016 a finales, se adecuó la segunda bodega, donde se construyeron más salones, laboratorios y una batería de baños. Finalmente, para el año de 2017, se empezaron a programar en noviembre más clases para la sede.

Como sistemas de saneamiento se estableció un pozo séptico con capacidad de $75m^3$ aproximadamente en la apertura de la sede; sin embargo, al no contar con conexión a alcantarillado para la disposición de vertimientos, se optó en 2016 por la construcción de una nueva Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) a fines de realizar un tratamiento de aguas residuales. En cuanto a los servicios públicos, se contaba con el servicio de energía por parte de Codensa, agua potable por parte de EMSERCHIA S.A., y 2 tanques subterráneos de agua que permitían y permiten la repartición del agua a la instalación.

Los días de recolección de basuras prestada por esta misma empresa corresponden a los lunes y jueves semanalmente, hasta la actualidad no se ha contado con planes o programas para el manejo y cuantificación de los residuos, por lo cual el sistema de aprovechamiento de estos es casi nula y la mayoría de residuos, tanto aprovechables como no aprovechables, son dispuestos finalmente en el relleno sanitario Nuevo Mondoñedo. En la sede se ha realizado separación de cartones y envases plásticos únicamente para entregarlos a recicladores de oficio, sin tener una cuantificación del material reciclable y no reciclable que es dispuesto en el sistema de disposición final y aprovechamiento de estos, en cuanto al sitio de la sede, el paso de los recicladores es muy poco probable, por lo cual, en ocasiones al tener grandes volúmenes de estos residuos, se llama a un encargado para la recolección de los mismos.

Por otra parte, la Secretaría de Salud estableció puntos claves para el almacenamiento de los diferentes residuos con el fin de que en la sede se adecuará un sitio específico y con las condiciones necesarias para el almacenamiento, este se efectuó en un cuarto eléctrico en desuso. El cuarto se adecuo para el almacenamiento de los residuos, para el cumplimiento del requerimiento definido por la entidad. Con relación al Sistema de Gestión Ambiental que es establecido en la Universidad El Bosque, en la Sede de Usaquén, no tiene un alcance directo con la Sede de Chía, por lo cual los planes, programas u otros no tienen un cambio directo en el manejo de los recursos de la sede.

9.2 *Estado del arte*

Con el fin de establecer la gestión de los flujos de residuos, generados en un ámbito nacional e internacional, se establecen dos tipos de enfoques, convencional y no convencional. Para esto se realizó una revisión bibliográfica en las diferentes bases de datos internacionales y nacionales tales como Science Direct, Research Gate, Google Académico, trabajos de grado, informes, artículos, entre otros, que se encuentran como información digital en una base masiva informática, así como investigaciones en las diferentes bibliotecas de universidades del país y otros proyectos relacionados al tema, los cuales se muestran a continuación:

9.2.1 Enfoque convencional para la gestión de los flujos de residuos

Este enfoque se relaciona con la disposición, manejo, recolección y aprovechamiento que es dado a los diferentes residuos producidos de forma convencional, tanto en el ámbito nacional como en el internacional, dando así una metodología y relación de los flujos con la recuperación de estos que se hace de forma consecuente y es común de realizar en los diferentes sistemas como academias, municipios y organizaciones.

A nivel internacional:

Según un artículo llamado "Manejo de los residuos sólidos municipales: un enfoque antropológico. El caso de San Luis Potosí, México" establecido por Guzmán & Macías (2012), indican la gestión de residuos sólidos municipales y una reflexión sobre los aspectos políticos vinculados a dicha gestión. Donde la disposición final de los mismos se encuentra establecida en el tiradero Peñasco situado en la periferia de la zona metropolitana de San Luis Potosí, en donde no se toman en cuenta dos fenómenos que se encuentran en constante cambio, tales como la expansión urbana y la generación de mayores volúmenes de basura, por lo cual, se aumentaron las rutas de recolección prestadas por la Empresa Red Ambiental y se retiraron los contenedores en vía pública. Igualmente, no se encontraron estudios relacionados con la composición y la generación de los residuos sólidos municipales. Sin embargo, las personas empezaron a intervenir en la extracción de materiales reciclables que vendían para la obtención de recursos económicos y por otra parte se optó por la construcción de una red de pozos de captación y conducción de biogás y un sistema de captación y conducción de lixiviados para su recuperación y uso, en cuanto a los resultados obtenidos se ofrecen diferentes enfoques para generar cambios en la gestión de residuos sólidos y determina el papel decisivo de las percepciones e intereses de los distintos actores en la definición del control territorial y la solución de la disposición final de residuos como problemática social. En cuanto a la gestión referente a lodos y aguas residuales en México, se cuenta con los sistemas convencionales de tratamiento para la remoción de contaminantes en las aguas residuales, sin embargo, no se contempla el manejo adecuado de los lodos residuales y el aprovechamiento de estos, únicamente se realiza el adecuado tratamiento de las aguas residuales para que se haga su posterior disposición en los cuerpos de agua receptores.

A nivel nacional:

De acuerdo con lo que indica el Conpes 3874 (2016), "La gestión de residuos sólidos en Colombia ha presentado importantes avances en el control de la contaminación causada por estos residuos y en la sostenibilidad del servicio público de aseo en gran parte del país. Actualmente, la gran mayoría de residuos sólidos no peligrosos son dispuestos adecuadamente y un porcentaje muy bajo de municipios del país cuenta con sitios de disposición final no adecuados. Sin embargo, estos avances se han dado mediante el desarrollo paralelo de visiones que no siempre están articuladas en cuanto a su dimensión ambiental y al enfoque de servicio público. El desarrollo de la gestión de los residuos sólidos, que articula la visión ambiental con el componente de servicio público, es prioritario en la política pública nacional. Para su logro, desde el sector de residuos sólidos, se propone avanzar hacia una economía circular, la cual busca que el valor de los productos y materiales se mantengan durante el mayor tiempo posible en el ciclo productivo". Se propone igualmente el desarrollo de instrumentos que promuevan la prevención, minimización, reutilización, aprovechamiento y tratamiento de residuos sólidos con fines de valorización

(generación de combustible o de energía eléctrica). Por otro lado, para minimizar la generación y disposición final de los residuos, se requiere la implementación de programas de responsabilidad extendida del productor para los residuos de envases y empaques, a fines de aumentar la reutilización y aprovechamiento de estos materiales.

9.2.2 Enfoque no convencional para la sostenibilidad en el saneamiento por aprovechamiento de flujos de residuos

Este enfoque se relaciona con la disposición, manejo, recolección y aprovechamiento que se efectúa para los diferentes residuos producidos de forma convencional en el ámbito internacional, dando así varias alternativas de aprovechamiento potencial que pueden ser estimadas para el saneamiento y oportunidad de las organizaciones o personas civiles de encontrar nuevos beneficios, mejorando la calidad de vida y la reducción de riesgos ambientales.

Andersson, K. Otoo, M, & Nolasco, M. (2018), determina por medio de su documento titulado 'Enfoques de saneamiento innovadores para abordar múltiples desafíos de desarrollo', que la mayoría de agua que se vierte en fuentes hídricas no tienen un tratamiento previo adecuado, por lo cual se toman medidas para evitar los impactos relacionados a la salud pública y el ambiente, así como las pérdidas económicas. Como soluciones a estos propuestos, se estiman soluciones innovadoras que permitan un uso productivo y seguro del agua, la recuperación de nutrientes y materia orgánica de los recursos de desecho.

Un informe basado en el aprovechamiento de los residuos es el titulado 'UrbanCircle: los residuos urbanos en beneficios de la economía circular', realizado por Andersson, Karlberg, Dickin, Bessonova, & Ddiba, (2018), este proyecto desarrolla una forma de integrar la gestión de residuos y la recuperación de recursos en la economía circular. Para lograr este objetivo, UrbanCircle visualizará y resaltará las sinergias entre los diferentes flujos de desechos y recursos, centrándose especialmente en el agua, los desechos, los alimentos y la energía. Los científicos detrás de UrbanCircle se esfuerzan por equipar a las ciudades con herramientas para aumentar la eficiencia de sus recursos, capitalizar los residuos y crear nuevas estructuras de gobierno, basadas en la planificación participativa y la participación de múltiples partes interesadas.

De acuerdo con Dagerskog, y Dickin (2017). Se presentan los elementos esenciales del marco Limpio y Verde que se está desarrollando en el Instituto Ambiental de Estocolmo, en el informe titulado 'Limpio y Verde: un nuevo marco de implementación para el saneamiento rural sostenible', en el cual se presenta un reconocimiento de las cosas que generalmente se descartan, son de vital importancia para las aldeas rurales pobres que enfrentan la escasez de agua y baja productividad de las cosechas y acceso a la energía, donde también estas corrientes de desechos en realidad representan un riesgo a la salud y los servicios ecosistémicos.

Otro informe emitido se titula 'Saneamiento, gestión de aguas residuales y sostenibilidad: de la eliminación de residuos a la recuperación de recursos', realizado por: Andersson, K., Rosemarin, A., Lamizana, Kvarnström, McConville, Seidu, Dickin, and Trimmer, (2016). En el cual se exponen las formas de evitar las enfermedades por medio de la administración de los recursos de manera eficiente. La protección de ambientes marinos y de agua dulce, así como el acceso a la energía. Con motivos de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y satisfacer las necesidades de nutrición de agua

potable de una población en constante crecimiento. Este informe ofrece un nuevo marco conceptual para planificar e invertir en sistemas sostenibles, centrado en la recuperación y reutilización de recursos. Examina las dimensiones sociales, de gobierno, económicas, sanitarias, ecológicas y tecnológicas del saneamiento sostenible y la gestión de aguas residuales y la recuperación de recursos.

El artículo nombrado ‘Hacia un saneamiento "sostenible": desafíos y oportunidades en áreas urbanas’ Andersson, et al. (2016). Las ciudades de todo el mundo presentan crecientes desafíos para proporcionar sistemas de saneamiento seguros, asequibles y funcionales que también sean sostenibles. Algunos factores tales como la voluntad política limitada, las capacidades técnicas, financieras e institucionales inadecuadas y la falta de integración de sistemas de saneamiento seguro en un desarrollo urbano amplio han llevado a la persistencia de sistemas insostenibles y oportunidades perdidas para abordar la superposición e interacción de los desafíos urbanos. En este artículo se presentan formas de explorar y promover el saneamiento sostenible en las ciudades. Se centra en las oportunidades para estimular enfoques de saneamiento sostenibles desde una perspectiva de recuperación de recursos, generando valor agregado a la sociedad mientras se protege la salud humana y del ecosistema.

De acuerdo con el artículo titulado ‘Una propuesta de valor: Recuperación de recursos del lodo fecal: ¿puede ser el impulsor de un saneamiento mejorado?’, realizado por Diener, Semiyaga, Charles, Murray, Birane, Mbéguéré, Effah, Zurbrugg & Strande, (2014), no existe acceso a servicios de saneamiento en zonas urbanas del África subsahariana. Este estudio evaluó el potencial de recuperación de recursos de los procesos innovadores de tratamiento de lodos fecales para generar un beneficio que podría ayudar a mantener la cadena de servicios de saneamiento. Los productos identificados con potencial valor de mercado incluyen lodo seco como combustible para combustión, biogás de digestión anaeróbica, proteína derivada del procesamiento de lodo como alimento para animales, lodo como componente en materiales de construcción y lodo como acondicionador del suelo. Como resultados se obtuvo que el uso como acondicionador del suelo, que ha sido el uso final más común del lodo tratado, no fue tan rentable como otros usos finales. Estos hallazgos deberían ayudar a los responsables de las políticas y las decisiones de la prestación de servicios de saneamiento a diseñar sistemas de gestión financieramente viables basados en opciones de recuperación de recursos.

Por último, un artículo titulado ‘El elemento faltante en la prestación de servicios de saneamiento, un análisis de la gestión de lodos fecales en 12 ciudades’, desarrollado por el Banco Internacional de Reconstrucción y Desarrollo - Banco Mundial (2014), en el cual se dice que a nivel mundial, la gran mayoría de habitantes urbanos, especialmente las personas en situación de pobreza, dependen de sistemas de saneamiento sin alcantarillado que generan una mezcla de desechos sólidos y líquidos comúnmente conocidos como “lodos fecales”. En ciudades pobres y en rápida expansión, la gestión de lodos fecales (GLF) representa un desafío creciente, lo que genera riesgos negativos en la salud pública y el ambiente. Sin una gestión adecuada, los lodos fecales suelen acumularse en pozos mal diseñados, son descargados en alcantarillas pluviales y en mar abierto, o son vertidos en canales, descampados y en vertederos insalubres. Este estudio busca evaluar la magnitud de esta problemática y las principales limitaciones que deben ser superadas para mejorar la gestión de lodos fecales.

9.3 *Marco Teórico*

Ddiba, Andersson & Rosemarin, (2016), emiten un informe con título 'Resource Value Mapping (REVAMP): una herramienta para evaluar el potencial de recuperación de recursos de las corrientes de desechos urbanos', en este se presentan alternativas para realizar un Saneamiento Sostenible, el cual parte de mejorar y reducir el daño que se está generando tanto de tipo social como ecológico, por medio de la eliminación de desechos denominado 'cerrar el círculo', el cual consiste en aplicar REVAMP como herramienta para estimar, visualizar y valorar los recursos que podrían recuperarse de los flujos de desechos orgánicos de un sector específico, como por ejemplo: lodo de aguas residuales, lodo fecal y alimentos, entre otros desechos orgánicos. Esta herramienta permite estimar los recursos que podrían ser recuperados de diversas formas tales como: nutrientes vegetales, biogás, grasa y proteína de insectos, estima las cantidades totales de productos de reutilización que podrían producirse como los ingresos potenciales de estos, igualmente permite comparar las opciones de reutilización sobre la base del contenido de energía, el contenido de nutrientes y los ingresos potenciales, para apoyar la toma de decisiones sobre los planes de saneamiento de la ciudad y de gestión de residuos.

Con relación a lo que se establece en el informe titulado 'REVAMP: asignación de valor de recursos', realizado por Andersson, Rosemarin & Ddiba, (2017). Permite estimar los recursos totales y el potencial de reutilización disponible en aguas residuales de una ciudad y otras corrientes de desechos orgánicos, así como sus valores financieros. Esta herramienta de modelamiento permite servir como ayuda a los planificadores urbanos y a los legisladores en los puntos de decisión con respecto a la gestión de residuos, por ejemplo: la aplicación de nuevas infraestructuras de saneamiento, plantas de tratamiento de aguas residuales o medidas de mitigación del cambio climático. REVAMP, permite calcular el volumen de las corrientes de desechos, así como los beneficios de los escenarios de reutilización, como el compostaje para fertilizantes agrícolas, briquetas de biogás o residuos sólidos, en términos de energía y contenido de nutrientes, entre otros. De esta forma, REVAMP puede ser útil como paso para construir un caso de negocios para diferentes opciones de gestión / reutilización de residuos, así como para informar ejercicios de planificación basados en escenarios.

Teniendo en cuenta la aplicabilidad del modelamiento, en Colombia, aunque la cobertura de acceso a saneamiento básico en zonas urbanas colombianas es relativamente alta (91%), solamente entre 10 y 20% de aguas residuales se somete a tratamiento en el país. En la zona rural el déficit de cobertura es aún mayor (68%), y los sistemas implementados no son sostenibles, ya que no protegen ni conservan los recursos naturales (Instituto Ambiental de Estocolmo, 2018).

9.4 *Marco conceptual*

Teniendo en cuenta los aspectos que se presentan durante el desarrollo del proyecto de análisis de escenarios de aprovechamiento potencial sobre flujo de residuos generados en la Sede de Chía Cundinamarca de la Universidad El Bosque, se tienen las siguientes definiciones que se integran en el proceso de construcción del documento para el entendimiento y conocimiento de la base conceptual del mismo.

9.4.1 Gestión integral de flujo de residuos

Conforme a lo que indica el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial en el documento Conpes 3530 (2008), "La gestión integral de residuos sólidos corresponde al conjunto de operaciones y disposiciones encaminadas a dar a los residuos producidos el destino más adecuado desde el punto de vista ambiental, de acuerdo con sus características, volumen, procedencia, costos, tratamiento, posibilidades de recuperación, aprovechamiento, comercialización y disposición final".

- ✓ *Saneamiento:* se denomina saneamiento a los sistemas de recolección y tratamiento de aguas residuales implementados en el sitio de origen (Decreto 3930, 2010).

- ✓ *Residuo sólido:* se define como cualquier objeto, material, sustancia o elemento sólido resultante del consumo o uso de un bien en actividades domésticas, industriales, comerciales, institucionales y de servicios, que el generador abandona, rechaza o entrega y que es susceptible de aprovechamiento o transformación en un nuevo bien, con valor económico o de disposición final. Los residuos sólidos se dividen en aprovechables y no aprovechables. Igualmente, se consideran como residuos sólidos aquellos provenientes del barrido de áreas públicas (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2008).

- ✓ *Separación en la fuente:* De acuerdo con la Norma Técnica Colombiana GTC- 24 (2009) "Es la clasificación de los residuos en el sitio de generación para su posterior manejo".

9.4.2 Vertimientos

De acuerdo con el Decreto 3930 del 2010, expedido por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, define los vertimientos como "la descarga final a un cuerpo de agua, a un alcantarillado o al suelo, de elementos, sustancias o compuestos contenidos en un medio líquido". Las aguas residuales originadas por residuos domésticos conocen como aguas cloacales, servidas o fecales. Teniendo en cuenta lo establecido por la Organización Mundial de la Salud - OMS (2017), se definen:

- ✓ *Aguas negras o aguas servidas:* como aquellas que resultan del uso doméstico o industrial del agua. Se les llama también aguas residuales, aguas negras o aguas cloacales (heces fecales). Son residuales pues, habiendo sido usada el agua, constituyen un residuo, algo que no sirve para el usuario directo; son negras por el color que habitualmente tienen y cloacales porque son transportadas mediante cloacas o alcantarilla, nombre que se le da habitualmente al colector, e incluyen, a veces, las aguas de lluvia y las infiltraciones de agua del terreno.

- ✓ *Aguas Grises:* aguas provenientes de las faenas o labores domésticas, las cuales se realizan en el hogar ya sea por el lavado de manos, ropa, baño diario de las personas por regaderas o con bandeja, tinas y lavabos del baño o la cocina. Son aguas residuales que tuvieron un uso ligero, que pueden contener jabón, cabello, suciedad o bacterias, pero que están suficientemente limpias para regar las plantas caseras, lavar los patios, entre otras. Las aguas grises se diferencian de las aguas negras porque no contienen bacterias fecales, como *Escherichia coli* (*E-Coli*). El agua proveniente del inodoro, así como el agua del lavado de pañales, no debe ser considerada aguas grises, estas son aguas negras porque contiene heces fecales que son nocivas para los seres

humanos y producen enfermedades e infectan los cultivos de verduras y frutas. Tampoco se deben reutilizar agua que contengan productos químicos.

9.4.3 Infraestructura sustentable

La infraestructura es uno de los pilares fundamentales en el desarrollo de las naciones, facilitando el desarrollo de la mayor parte de las actividades económicas, sociales, civiles y culturales de una sociedad. Este tipo de infraestructura es entendida como aquella que soporta la estructura social, económica y ecológica de un modo integrador y de forma que no quede ninguna de ellas favorecida en detrimento de las demás (Zeppelin, 2017). Este tipo de infraestructura es enfatizada en el proyecto como toma de referencia para lo que se quiere llegar a hacer con la implementación del proyecto que se está llevando a cabo, el cual corresponde a estructurar la sustentabilidad de la Sede de Chía de la Universidad El Bosque, por métodos que permitan la reducción de impactos ambientales y de salud humana.

9.4.4 Fracción orgánica de residuos

Cuando se habla de la fracción orgánica de residuos, se enfatiza principalmente en aquellas provenientes de los residuos orgánicos tales como los restos de fruta y verdura, de carne y pescado, papel de cocina y servilletas, cáscaras de huevo, restos de infusiones y de jardinería de pequeño tamaño. El manejo adecuado de este tipo de fracciones puede contribuir a la solución de problemas, al disminuir la cantidad de residuos que se disponen y lograr obtener subproductos útiles a partir de ellos, tales como compost, vermicompost, biogás y biosólido, lo cual tiene impactos positivos tanto en el ambiente como en la economía (Espinosa, López, Mayarí, & Fernández, 2007). Teniendo en cuenta lo anterior según Recytrans (2013), algunos de los residuos correspondientes a la fracción orgánica, vegetal y la poda tiene como definición lo siguiente:

- ✓ *"Fracción orgánica (FO): formada por restos de la preparación de la comida o manipulación y elaboración de los productos alimentarios.*
- ✓ *Fracción vegetal (FV): formada por restos vegetales de pequeño tamaño y de tipo no leñoso procedentes de jardinería y poda.*
- ✓ *Poda: formada por restos vegetales de jardinería y poda de mayor tamaño y de tipo leñoso".*

De acuerdo con el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (2016), "La *Fracción Orgánica (FO),* cuando se recoge de forma separada se utiliza el término FORS (fracción orgánica de recogida separada)". Está constituida por:

- ✓ Restos de la preparación de la comida o manipulación y elaboración de los productos alimentarios, restos sobrantes de comida, alimentos en mal estado y excedentes alimentarios que no se han comercializado o consumido (separados de su envase o embalaje),
- ✓ Fracción Vegetal en forma de restos vegetales de pequeño tamaño y de tipo no leñoso procedentes de jardinería y poda (ramos de flores mustios, malas hierbas, césped, pequeñas ramas de poda, hojarasca, etc.). Esta fracción vegetal, puede gestionarse también "in situ" o de forma independiente a los restos de comida, según la configuración de los servicios de recogida y los niveles de generación.
- ✓ Poda: constituida por la Fracción Vegetal en forma de restos vegetales de jardinería y poda de mayor tamaño y de tipo leñoso. Por sus características requiere una gestión específica por

cuestiones relacionadas con logística de recogida, el tratamiento y la temporalidad de generación (frecuencia y periodo).

9.4.5 Producción más limpia

Conforme a lo que indica la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial – ONIDI (2008) "La Producción Más Limpia se define como la aplicación continua de una estrategia ambiental preventiva integrada a los procesos, productos y servicios para aumentar la eficiencia global y reducir los riesgos para los seres humanos y el ambiente".

• En los procesos de producción, la Producción Más Limpia aborda el ahorro de materias primas y energía, la eliminación de materias primas tóxicas y la reducción en cantidades y toxicidad de desechos y emisiones.
• En el desarrollo y diseño del producto, la Producción Más Limpia aborda la reducción de impactos negativos a lo largo del ciclo de vida del producto: desde la extracción de la materia prima hasta la disposición final.
• En los servicios, la Producción Más Limpia aborda la incorporación de consideraciones ambientales en el diseño y entrega de los servicios.

Como se mencionó anteriormente, la Producción Más Limpia es la aplicación continua de una estrategia y metodología preventivas.

9.4.6 Análisis de escenarios

Según lo que indica Martín, S (2003) "Se trata de la técnica que permite llevar a cabo la valoración que una o más de las variables que se utilizan para la determinación de los flujos netos, tomando varios valores, lo que dará lugar a la consideración de diversos escenarios. Por tanto, la utilización de esta técnica permite introducir el riesgo en la valoración de los proyectos de inversión.

El análisis de escenarios es un proceso que intenta predecir y analizar posibles acontecimientos futuros considerando diferentes escenarios, por medio de factores disruptivos que transcienden en diversos resultados, teniendo como objetivo diseñar diferentes estrategias para cada posible escenario que se considere. De esta forma, este análisis, que es un método principal de proyecciones, no tiene como propósito el mostrar una imagen exacta del futuro, por el contrario, presenta deliberadamente varios futuros alternativos".

Para realizar el análisis de escenarios se toma como referencia la metodología establecida por Peter Schwartz en 1996, la cual define que son herramientas para ordenar percepciones sobre el futuro alternativo, por medio de entornos en los que las decisiones pueden ser un juego. En la práctica, estos se asemejan a un conjunto de historias, escritas o habladas; por lo tanto pueden expresar múltiples perspectivas de eventos complejos que dan un significado a estos eventos, así mismo, este constituye el foco central de los enfoques tradicionales para la planificación. Las incertidumbres identificadas en el paso precedente son convertidas en distintos escenarios que describen diferentes estados futuros del mundo. Otras fuerzas motrices son creadas para establecer conciencia, historias plausibles sobre el futuro (Schwenker & Wulf, 2013).

Igualmente se consideran los desarrollos potenciales, vinculando el presente a una imagen específica en el futuro. Para el desarrollo de esta metodología, se contemplan ocho pasos, los cuales corresponden a: identificación del problema central o decisión, identificación de fuerzas claves en el ambiente local, lista de las fuerzas motrices (social, económico, político, fuerzas ambientales, tecnologías), clasificación de factores clave y fuerzas impulsoras por importancia e incertidumbre, selección de lógicas de escenario, los ejes que a lo largo eventualmente serán diferentes, resaltar el escenario más relevante de acuerdo a las fuerzas motrices y el problema central, la exploración de las implicaciones que tendrá y por último, la selección de indicadores y señales (Mietzner & Reger, 2004).

9.4.7 Modelación de flujo de energía y residuos

La modelación del flujo de residuos y energía es una herramienta que nos permite determinar visualmente la cantidad de estos que pasan y se encuentran en diferentes escenarios. En este caso, el uso de modelos como el Sankey, nos permite visualizar cuantitativamente este flujo por medio del grosor de sus fechas, ya que este se presenta principalmente de esta forma. Estos modelos prometen realizar escenarios en los cuales el interesado debe realizar la priorización del manejo de los residuos en cualquier campo, lo que hace que sea un modo más fácil para implementar medidas de mejora.

Según la Asociación Colombiana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental (2017) "*En el sector hídrico el uso de modelos permite realizar una simulación para la evaluación ambiental de cualquier proyecto para una predicción y valoración de impactos de los vertimientos generados sobre los cuerpos de aguas y sus usos*".

9.4.8 Tecnologías de aprovechamiento de flujos de residuos

Comprende el tratamiento de los residuos como los procesos de separación y procesado, estos se realizan en instalaciones de recuperación de materiales, donde los residuos llegan en masa o separados en el origen, pasan por un proceso donde finalmente son convertidos en subproductos destinados al vertido o tratamiento técnico, y la transformación de residuos, se emplean para reducir el volumen y peso de estos, para obtener productos de energía. Los más extendidos son el compostaje, la incineración, la pirolisis o la gasificación (Universidad Politécnica de Valencia, 2013). La gestión adecuada y eficiente de los residuos los convertiría en recursos, ya sea contribuyendo al ahorro de materia prima o siendo utilizados como fuente de energía alternativa a las convencionales.

9.4.9 Análisis de viabilidad financiera de alternativas

De acuerdo con lo que se requiere hacer en el proyecto, se debe determinar la viabilidad financiera de las alternativas que se dan como parte del aprovechamiento de los residuos, para esto se definen los aspectos a tener en cuenta para realizar un uso adecuado. Según Peláez (2017), se puede definir el análisis de viabilidad financiera como:

La capacidad para obtener los fondos necesarios para satisfacer sus requisitos funcionales a corto, mediano y largo plazo en relación con la sostenibilidad de las fuentes y tipos de ingresos sobre los cuales se basan los costos. Una herramienta comúnmente utilizada para determinar la viabilidad financiera de un proyecto o inversión en términos de rentabilidad y ganancia esperada es el valor presente neto, el cual sirve como marco de referencia para la toma de decisiones de inversión. Usando este indicador se puede

determinar si una inversión es viable o no, es decir, si realmente conviene llevar a cabo dicha inversión. Cuando el resultado de este indicador es mayor que cero, se puede afirmar que la inversión está generando valor y por ende supera la rentabilidad mínima esperada, pero si es negativo se puede afirmar que la inversión destruye valor y no debería realizarse.

9.4.10 Análisis de Costo – beneficio para la toma de decisiones

Conforme a lo que se quiere desarrollar en cuanto al análisis costo – beneficio, Iturrioz (2018), define que "el análisis costo-beneficio es una herramienta financiera que mide la relación entre los costos y beneficios asociados a un proyecto de inversión con el fin de evaluar su rentabilidad, entendiéndose por proyecto de inversión no solo como la creación de un nuevo negocio, sino también, como inversiones que se pueden hacer en un negocio en marcha tales como el desarrollo de nuevo producto o la adquisición de nueva maquinaria".

Según Arturo (2018) "El análisis coste beneficio es una técnica que permite valorar inversiones teniendo en cuenta aspectos, de tipo social y medioambiental, que no son considerados en las valoraciones puramente financieras".

9.5 *Marco normativo*

A continuación, se muestra en la tabla 1 referente a los tipos de normas aplicables en el proyecto con relación a la producción más limpia, gestión integral de residuos, protección de los recursos naturales, entre otras establecidas en Colombia.

Tabla 1. *Normatividades aptas para el proyecto.*

Tipo	Número	Año	Concepto
Decreto Ley	2811	1974	El Código Nacional de Recursos Naturales Renovables en los artículos 34 – 38, se consagran obligaciones a cargo de los municipios y productores de residuos para el manejo de estos. Establece que para el manejo de residuos se deben utilizar los mejores métodos de acuerdo con el avance de la ciencia y tecnología, entendiendo por manejo la recolección, tratamiento, procesamiento y disposición final.
Ley	9	1979	El Código Sanitario Nacional fomenta la protección de la calidad del agua, y hace un énfasis en la recolección, transporte y disposición final de las basuras, se entenderá por condiciones sanitarias del ambiente las necesarias para asegurar el bienestar y la salud humana.
Constitución Política		1991	Art 80. Se establece como deber del Estado la planificación del manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación restauración o sustitución

Ley General Ambiental de Colombia	99	1993	Creó el Sistema Nacional Ambiental (SINA) y el Ministerio del Medio Ambiente. Establece los lineamientos para prevenir el deterioro grave a los recursos naturales renovables.
Política Nacional de Producción Más Limpia		1997 Ministerio del Medio Ambiente	Surge como una propuesta para dar respuesta con el fin de solucionar la problemática ambiental de los diferentes sectores. Busca principalmente "prevenir minimizar" la contaminación desde su origen.
Política para la Gestión Integral de los Residuos.		1998 Ministerio del Medio Ambiente	Esta política define los principios de la Gestión Integral para todos los tipos de residuos. Define las categorías de Residuo Aprovechable y No Aprovechable, para impedir o minimizar los riesgos para los seres humanos y el medio ambiente, que ocasionan los residuos de todo orden, y minimizar la generación y la disposición final como alternativa ambiental deseable.
Decreto	838	2005	"Por medio del cual se reglamentan las disposiciones finales de residuos sólidos y se dictan otras disposiciones."
Decreto	2436	2008 Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Sostenible	"Por medio del cual se reglamenta el acceso a rellenos sanitarios e incentivo Municipal por disposición final de residuos."
Política Nacional de Producción y Consumo Sostenible		2011 Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Surge como medida de cambio por parte de los diferentes actores de la sociedad, contribuyendo a reducir la contaminación, conservar los recursos, favorecer la integridad ambiental de los bienes y servicios y estimular el uso sostenible de la biodiversidad, como fuentes de la competitividad empresarial y de la calidad de vida
Decreto	2981	2013	'Por el cual se reglamenta la prestación del servicio público de aseo', de acuerdo a actividades del servicio, almacenamiento, recolección y transporte, barrido y limpieza de áreas públicas, lavado de áreas públicas, corta de césped y poda de árboles, transferencia, recolección y transporte selectivo de residuos para aprovechamiento, entre otros lineamientos.
Decreto	0631	2015 Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público, y se dictan otras disposiciones.
Decreto	1076	2015	"Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible". Políticas y regulaciones a las que se sujetarán la recuperación, conservación, protección, ordenamiento, manejo, uso y aprovechamiento sostenible de los recursos naturales renovables

	y del ambiente de la Nación, a fin de asegurar el desarrollo sostenible, sin perjuicio de las funciones asignadas a otros sectores.

Fuente: Justicia Ambiental (2018), Obtenido y modificado de https://justiciaambientalcolombia.org/herramientas-juridicas/legislacion-ambiental/

9.6 *Marco geográfico*

El municipio de Chía tiene una extensión aproximada de 76 km^2, hace parte de la provincia Sabana Centro y se encuentra en el Departamento de Cundinamarca, su ubicación se muestra en la imagen 2, a nivel nacional y departamental respectivamente, es uno de los principales nodos de desarrollo que concentra el 1,2% de la producción del país y el 0,97% de la población nacional, la población que se encuentra residente en el municipio de Chía es aproximadamente de 97.444 habitantes. Por su ubicación geográfica, Chía se encuentra en el borde urbano de Bogotá, territorio desde el cual se han establecido relaciones sociales, culturales, políticas, económicas y ecológicas que se evidencian en el intercambio de materias primas, alimentos, bienes y servicios, así como el movimiento de población a diario (Contreras, 2017).

Figura 2. *Mapa del municipio de Chía del departamento de Cundinamarca y las instalaciones de la sede Chía de la Universidad El Bosque.*

Fuente: Adaptado de (Elperiodicodechia, 2016) & Google Maps (2018).

Figura 3. *Instalaciones de la Sede de Chía de la Universidad El Bosque.*

Fuente: Universidad El Bosque (2016)
Obtenido de http://eicc.unbosque.edu.co/

La Sede de Chía de la Universidad El Bosque, se encuentra ubicada en la vereda Fusca del municipio de Chía, Cundinamarca en el km 20 de la Autopista Norte en el costado occidental de la Vía Chía – Bogotá y tiene un área aproximadamente de 47.331 m^2 (Universidad El Bosque, 2017).

Inicialmente, dicha Provincia estuvo conformada por nueve (9) municipios: Cajicá, Chía, Cogua, Gachancipá, Nemocón, Sopó, Tabio, Tocancipá y Zipaquirá. En el año 2001 se incorporaron los municipios de Cota y Tenjo. El municipio de Chía limita al norte con el municipio de Cajicá; al sur, con el Distrito Capital de Bogotá (localidades de Usaquén y Suba) y con el municipio de Cota; al oriente, con el municipio de Sopó y al occidente, con los municipios de Tabio y Tenjo. Se encuentra ubicado entre los cerros Orientales y los cerros de Majuy y La Valvanera por donde cruzan los ríos Bogotá y Frío, entre los más importantes. Chía está dividida en ocho (8) veredas y un área urbana (zona Centro y Calahorra), (Contreras, 2017).

Tabla 2. *Veredas del municipio de Chía.*

Código de la Vereda	Nombre	Área (Has)
0002	Vereda Fonquetá	382,83
0003	Vereda Fagua	639,38
0004	Vereda Bojacá	840,78
0005	Vereda Yerbabuena	2410,98
0006	Vereda Fusca	1453,56
0007	Vereda La Balsa	852,68
0008	Vereda cerca de Piedra	336,14
0009	Vereda Tiquiza	483,82

Fuente: Contreras (2017).

Servicios públicos:

Teniendo en cuenta los sistemas de prestación de servicios públicos los cuales corresponden a acueducto, alcantarillado, energía eléctrica, gas natural, conectividad y aseo para el municipio de Chía cada uno de estos representan la cobertura de servicio con la que se cuenta para el manejo de los vertimientos, agua potable para consumo humano y el servicio de recolección de basuras en la fuente de generación. En cuanto al sistema de acueducto con base en información suministrada por Superservicios indica que en promedio para el 2017 el municipio de Chía contaba con un 100% de acueducto, lo cual actualmente es identificado por su totalidad del servicio, por otro lado, el sistema de alcantarillado muestra falencias con un 86,4%, de la cual el sector referido por la Sede de Chía no cuenta con esta para la disposición final de aguas residuales, el servicio de aseo para este municipio es del 92,6% para la recolección de residuos, barrido, limpieza, poda y corte, el servicio de energía eléctrica y gas natural son unos de los servicios con mayor cubierta en el municipio y en cuanto a la conectividad de internet el municipio de Chía, corresponde al 24,5 % del total (Sabana Centro, 2018).

Hábitat:

Se entiende que los requisitos mínimos del hábitat son las condiciones ambientales con las que cuenta el municipio, es decir los índices de calidad del aire, agua y residuos para un estilo de vida pleno, de acuerdo con lo anterior, se prevé describir cada uno de estos requisitos correspondientes para el Municipio de Chía. En cuanto a la generación de residuos sólidos en el municipio de Chía corresponde para el año 2016 de 34.255 toneladas anual, la cual tuvo un incremento del año 2015 de 3.396 ton/año, esto relacionado al crecimiento demográfico de la zona con una producción per cápita para el 2016 del 0,26 Kg/hab- día. Así mismo, los tipos de residuos que son separados en la fuente para este municipio son correspondientes a los residuos inorgánicos, sin embargo, no se realiza actualmente algún tipo de reciclaje para estos.

En cuanto a los residuos orgánicos aprovechados, se tiene un total de 4.060 toneladas; con relación a los índices de calidad del agua de la cuenca del río Bogotá, dentro del perímetro municipal en cuanto a la posibilidad de consumo por el ser humano, los rangos correspondientes son de (0,26 – 0,50) que corresponde a la clasificación según el IDEAM de mala calidad del agua, el cual indica ciertos problemas de contaminación en el recurso, por otro lado, el municipio de Chía no cuenta con sistemas de medición de calidad de aire, por lo cual se desprecia los índices de PM10 que puedan ser generados, los cuales entran en el tracto respiratorio y causan efectos negativos en la salud pública (Sabana Centro, 2018).

Aparentemente Chía tiene un suelo destinado para la producción agrícola y pecuaria cercano a las 2200 hectáreas, pero la realidad del territorio se ha destinado para otros usos más rentables, los residenciales, comerciales e institucionales, sin embargo, el uso de algunos suelos actualmente se está aprovechando con el fin de uso agrícola y pecuario (Contreras, 2017). Este municipio tiene una temperatura de 14ºC aproximadamente, sin embargo, esta oscila de acuerdo con la época del año como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 3. *Tabla climática, datos históricos del tiempo en Chía.*

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Temperatura media (°C)	24.8	24.8	24.7	24	22.3	20.4	20.2	21.3	23.7	26.4	27	25.8
Temperatura min. (°C)	21.1	21.1	20.8	19.8	17.3	15.1	14.9	15.7	17.9	20.8	22.2	21.7
Temperatura máx. (°C)	28.6	28.6	28.7	28.3	27.3	25.8	25.6	26.9	29.6	32	31.9	29.9
Precipitación (mm)	292	276	284	124	16	6	2	1	1	4	59	228

Fuente: Climatedata.org (2018).

9.7 *Marco institucional*

Estableciendo los organismos e instituciones que se encuentran involucradas en el desarrollo del proyecto de análisis de escenarios de aprovechamiento potencial sobre flujos de residuos generados en la sede de Chía, Cundinamarca de la Universidad El Bosque, se encuentran los siguientes:

La **Universidad El Bosque** de la sede Chía, ubicada en la vereda Fusca del municipio de Chía, Cundinamarca en el km 20 de la Autopista Norte en el costado occidental de la Vía Chía - Bogotá, tiene un área aproximadamente de 47331 m^2 y la terminación de la construcción de la sede se realizó en el año 2015 del total de sus bloques y laboratorios, sin embargo, las instalaciones de Chía estuvieron a disposición de los estudiantes para años anteriores de su terminación, la fundación de la Universidad El Bosque en un ámbito general fue fundada en el 1977 y tiene un aproximado de más de 20000 estudiantes (Universidad El Bosque, 2017).

La Corporación Autónoma Regional (CAR) en el departamento de Cundinamarca, Colombia es la principal autoridad ambiental de una jurisdicción que comprende siete cuencas hidrográficas. La agencia desarrolla políticas, programas y proyectos sociales y ambientales. CAR también promueve el desarrollo sostenible y gestión de los recursos naturales renovables y no renovables de su jurisdicción, así como el cumplimiento de las políticas del Ministerio de Medio Ambiente sobre el uso de los recursos naturales (Corporación Autónoma Regional, 2018).

El **Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible**, promueve las temáticas relacionadas a la conservación del ambiente, la gestión del ambiente y de los recursos naturales renovables, por medio de diferentes sectores como La Gestión Integral de la Biodiversidad comprende procesos a través de los cuales se planifican, ejecutan y monitorean las acciones para la conservación (preservación, uso y restauración) de la biodiversidad y de los servicios ecosistémicos, en un escenario social y territorial definido con el fin de maximizar el bienestar social. La Gestión Integral del Recurso Hídrico (GIRH) busca orientar el desarrollo de políticas públicas en materia de recurso hídrico, a través de una combinación de desarrollo económico, social y la protección de los ecosistemas. La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, define el Cambio Climático como un "cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera

mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables", entre otras (Minambiente, 2019).

Secretaría de Medio Ambiente de Chía: es la autoridad encargada de promover, orientar y regular las políticas nacionales, regionales y sectoriales en relación con el medio ambiente, el manejo y gestión de los recursos naturales renovables encaminada en el sector del municipio de Chía, Cundinamarca, además, esta entidad tiene otras funciones que le competen como elaborar los planes, proyectos y programas en materia ambiental en el marco del sistema de gestión ambiental municipal y el plan de acción ambiental local, entre otras (Acuerdo N° 139, 2018).

Emserchía E.S.P (Empresa de servicios públicos de Chía): es el ente encargado del manejo y recolección de los residuos sólidos en el municipio de Chía, Cundinamarca, tiene como fin prestar los servicios públicos domiciliarios de acueducto, alcantarillado y aseo, implementando planes y programas acordes al crecimiento y desarrollo municipal y regional. Generando sentido de pertenencia en sus trabajadores y usuarios hacia la empresa, conciencia en el cuidado, aprovechamiento y conservación de los recursos, propendiendo el mejoramiento del entorno, la sostenibilidad ambiental, el bienestar de sus trabajadores y los habitantes del municipio (Emserchía E.S.P., 2016).

Figura 4. *Agentes que conforman el marco institucional del proyecto.*

Fuente: Autor (2018).

10 Metodología

10.1 *Aspectos Metodológicos:*

Al ser un proyecto investigativo, parte del levantamiento de información primaria para estimar los flujos de residuos actuales, en la cual se presentan datos como las ocupaciones en la cocina y cafetería, unidades sanitarias, vertimientos y lodos de la Planta de Tratamiento de Agua Residual, posible crecimiento demográfico en la población estudiantil y proyectos de expansión de infraestructura, flujo de residuos que se estén tratando, entre otros. Posterior a esto se debe realizar una aproximación a los diferentes

escenarios que se presentan en la sede de Chía de la Universidad El Bosque, por medio de un modelo de diagrama Sankey con el fin de visualizar los flujos de residuos y así, a partir de variables de análisis, poder establecer los posibles escenarios.

Para la definición de los escenarios se tiene previsto contemplar tendencias de aprovechamiento, esto aplicando las tendencias de cambio en la dimensión demográfica, las prácticas de gestión ambiental, las regulaciones que se presentan en el manejo integral de residuos sólidos, normativas referentes, si son aplicadas en la sede y si no cómo podrían cambiar, el tipo de tecnologías que podrían ser aplicables para su debido aprovechamiento, entre otros aspectos (incertidumbres). Por último, de acuerdo con lo establecido en el diagrama y los escenarios con los diferentes flujos, se proyectan los flujos de residuos de mayor prioridad en la sede a nivel de riesgos ambientales, con el fin de dar e implementar una solución pronta por medio de posibles tecnologías para su aprovechamiento o transformaciones según su contenido de energía y nutrientes. Así mismo, se dará un aporte para el cumplimiento de algunos de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (Salud y bienestar, agua limpia y saneamiento, energía asequible y no contaminante, ciudades y comunidades sostenibles, producción y consumo responsables) que requiere Colombia en su meta al 2030.

Es importante mencionar que, debido a tiempos y recursos, este proyecto de grado no contempla muestras, pruebas o análisis de laboratorio para determinar contenidos de energía, potencial metanogénico, tasa de biodegradabilidad o concentraciones de nutrientes en los flujos de residuos, sino que se modelará, en el marco de los escenarios definidos, con base en literatura académica de publicaciones que indiquen estos contenidos en residuos de otras zonas que comparten alguna similitud o tengan proximidad a la situación de Chía y de la sede de la Universidad El Bosque. En este sentido la metodología se basa en la revisión de información de bases secundarias.

10.2 *Enfoque:*

El tipo de enfoque apropiado para el proyecto es de tipo mixto, ya que integra procesos cuantitativos en la medición de flujos de residuos por medio de modelos, los cuales funcionan como una herramienta que permite hacer una planificación, gestión y recuperación de los residuos orgánicos, como también la viabilidad financiera que incluye un análisis costo – beneficio el cual da a conocer qué tan factible es la aplicación del proyecto, así mismo cualitativo debido a que brinda características de los residuos que pueden ser de vital aprovechamiento, como también las posibles medidas que son tomadas para transformar aquellos residuos orgánicos que se determinaron para el aprovechamiento potencial y volver a recircularlos para generar una disminución de estos y mejorar las condiciones ambientales.

10.3 *Alcance:*

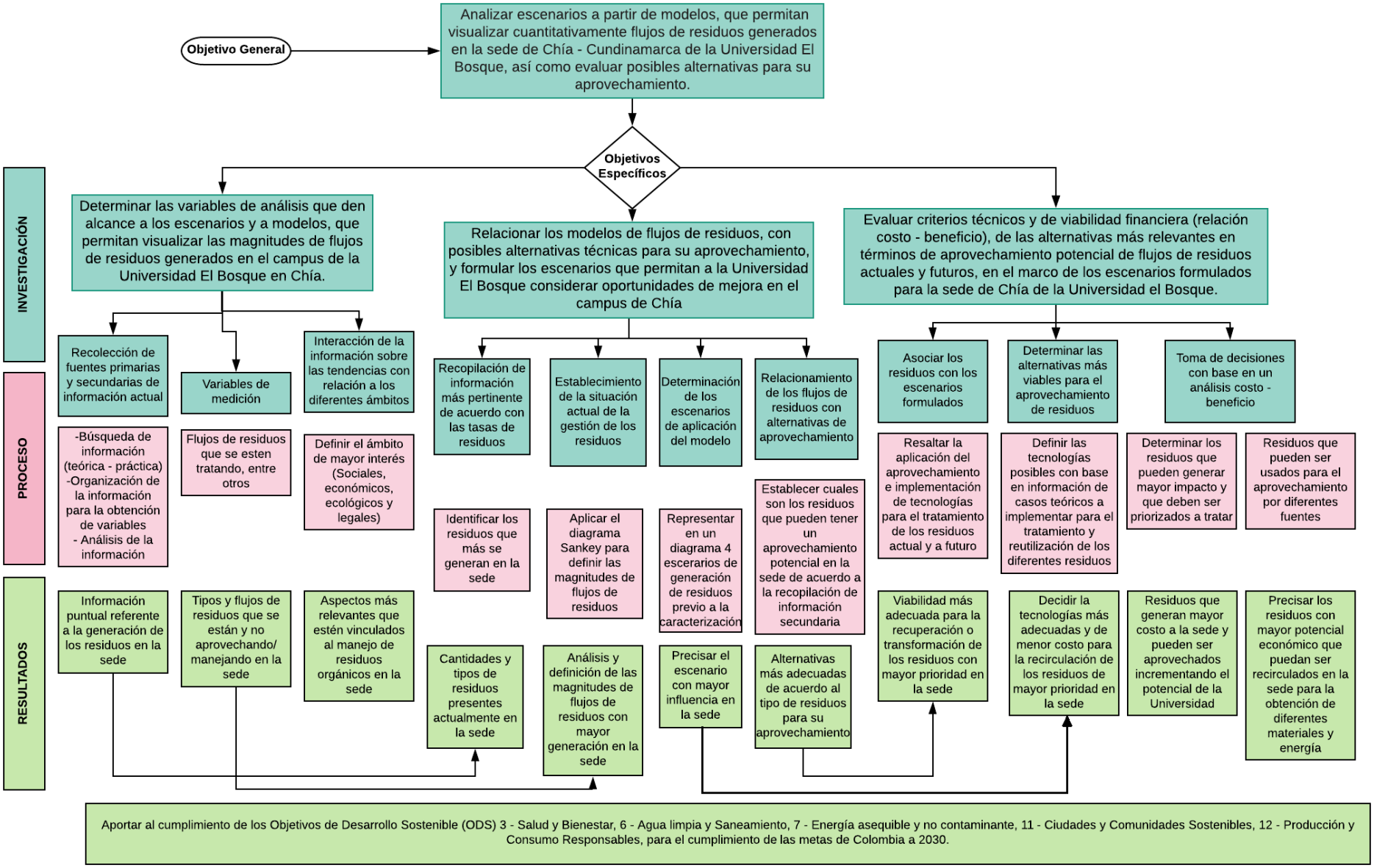
El alcance que se dará al proyecto puede ser de tres (3) tipos, exploratorio: indaga información general sobre un tema o problema que ha sido poco estudiado o conocido como el aprovechamiento potencial de los residuos orgánicos generados en la sede, dependiendo de la cantidad de estos, igualmente la cantidad de estudiantes que son ingresados a la misma, correlacional: permite conocer la información establecida actualmente para predecir su comportamiento en un futuro y por último el explicativo, del cual se establecen las causas, sucesos y fenómenos estudiados, dando explicación a las condiciones en las que estos pueden ser presentados, como está establecido en el presente trabajo.

10.4 *Método:*

El tipo de método aplicable al proyecto de acuerdo con su estructura es el método de análisis, ya que es un proceso de identificación de las partes que componen el problema con la cual se establecen relaciones de causa – efecto entre los elementos que componen el objeto de investigación, es decir, se estudian los problemas que son consecuentes de la gestión convencional de los flujos de residuos de la sede de Chía de la Universidad El Bosque, sin que se realice un adecuado aprovechamiento que favorezca el saneamiento básico sostenible y que tenga en cuenta la corriente de nutrientes y energía contenidos en ellos. Así mismo, aborda los problemas sociales, ecológicos y económicos, que pueden ser solucionadas a partir de las tecnologías y técnicas adecuadas para su aprovechamiento y el cumplimiento en pequeña escala de los Objetivos de Desarrollo Sostenible propuestos.

A continuación, se muestran los pasos y procesos que se llevarán a cabo para solucionar y dar cumplimiento a cada uno de los objetivos que se establecieron para el proyecto:

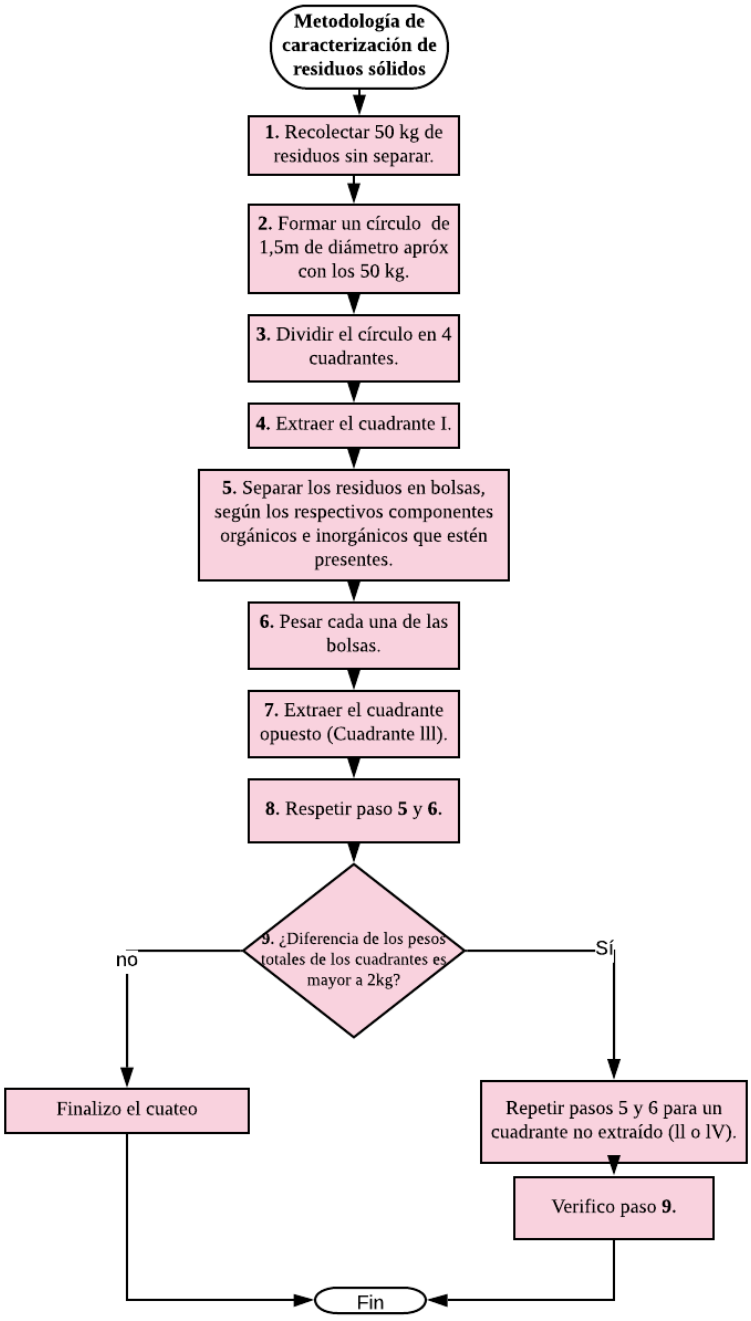
Figura 5. *Metodología correspondiente para la solución de los diferentes objetivos.*



Fuente: Autor (2019).

Teniendo en cuenta los procesos e investigación plasmados en la metodología anterior, se establece una base para la recuperación de información referente a la composición de los residuos sólidos generados en la Sede de Chía de la Universidad El Bosque, esta metodología, está definida con el fin de evaluar características y cantidad de los residuos sólidos generados en la sede. A partir de esto, se establece el siguiente diagrama de flujo con base en la metodología de cuarteo o caracterización de residuos sólidos establecido por la profesora Edith Alayón Castro (2018), docente de la Universidad El Bosque de la materia de Gestión Integral de Residuos Sólidos.

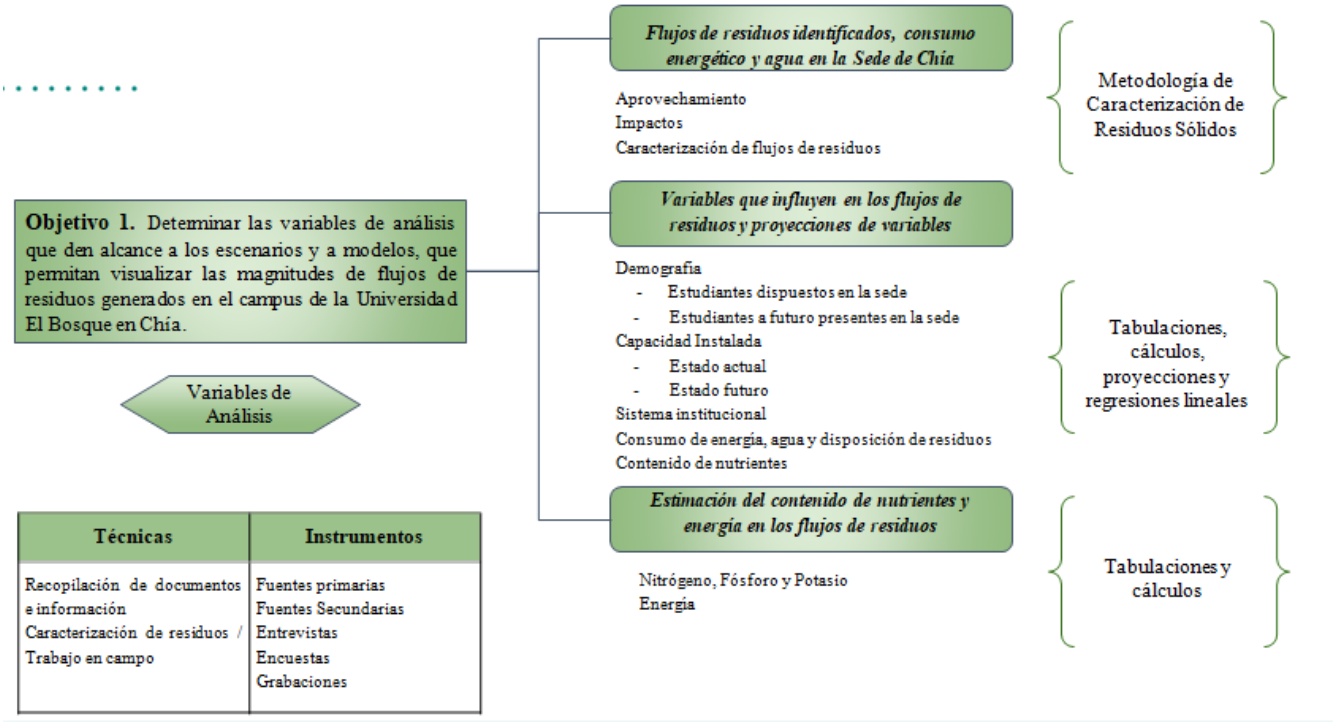
Figura 6. *Metodología para la caracterización de los residuos.*



Fuente: Autor (2019).

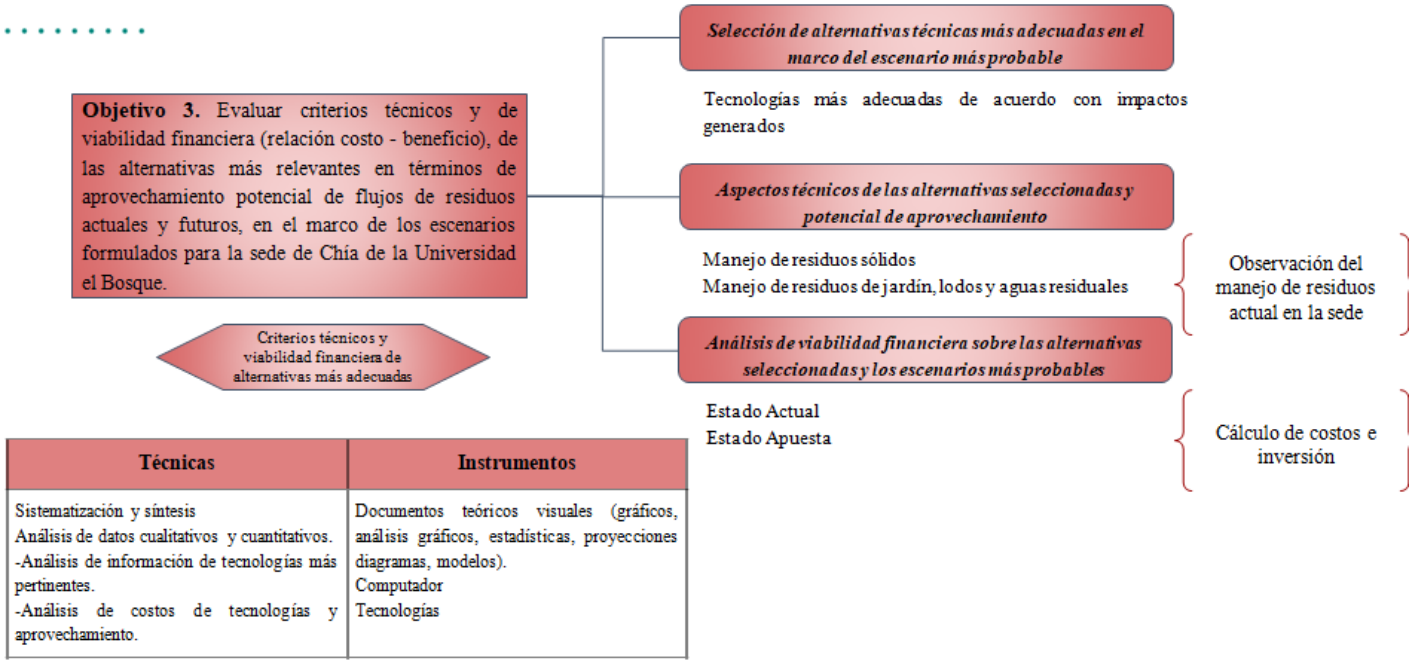
De acuerdo al esquema definido para la solución de cada uno de los objetivos, se establece la metodología desarrollada para estos con los respectivos instrumentos y técnicas, las cuales se muestran a continuación:

Figura 7. *Metodología definida para el Objetivo 1.*



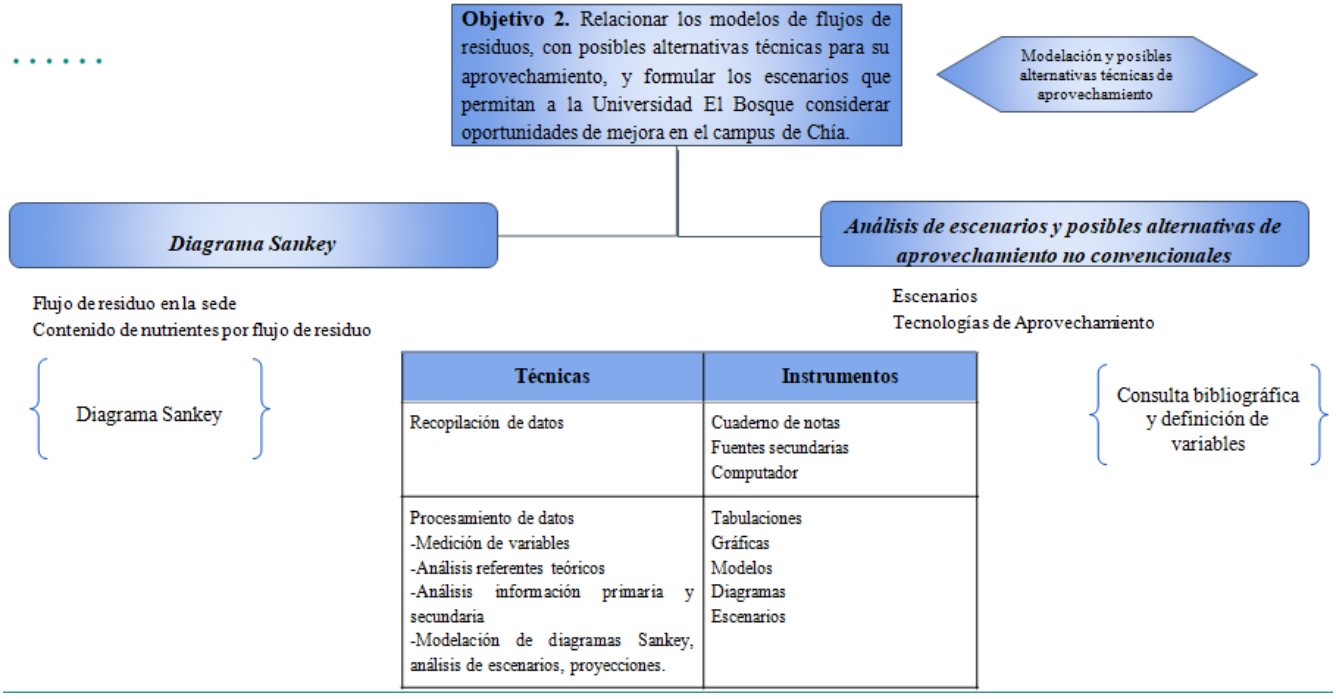
Fuente: Autor (2019).

Figura 8. *Metodología definida para el Objetivo 2.*



Fuente: Autor (2019).

Figura 9. *Metodología definida para el Objetivo 3.*



Fuente: Autor (2019).

10.5 *Técnicas e instrumentos*

Las técnicas e instrumentos que se muestran en la siguiente tabla, hacen referencia a lo que será necesario para el levantamiento de información en campo y para el desarrollo del proyecto escrito.

Tabla 4. *Técnicas e instrumentos del proyecto.*

Objetivos	Técnicas	Instrumentos	Resultados esperados
Objetivo 1. Determinar las variables de análisis que den alcance a los escenarios y a modelos, que permitan visualizar las magnitudes de flujos de residuos generados en el campus de la Universidad El Bosque en Chía.	Recopilación de documentos Caracterización de residuos, Trabajo en campo	Fuentes primarias Fuentes Secundarias Entrevistas Encuestas Grabaciones Libreta de campo	-Tipos y flujos de residuos. -Manejo de los residuos, impactos y aprovechamiento actual. -Variables de tendencia al cambio en la producción de energía y nutrientes.
Objetivo 2. Relacionar los modelos de flujos de residuos, con posibles alternativas técnicas para su aprovechamiento, y formular los escenarios que permitan a la Universidad El Bosque considerar oportunidades de mejora en el campus de Chía.	Recopilación de datos Procesamiento de datos -Medición de variables -Análisis referentes teóricos -Análisis información primaria y secundaria -Modelación de diagramas Sankey, análisis de escenarios, proyecciones.	Cuaderno de notas Fuentes secundarias Computador Tabulaciones Gráficas Modelos Diagramas Escenarios	-Visualización de los flujos por medio de la diagramación Sankey. -Escenarios propuestos para la sede para determinar los estados a futuro. -Proyección de los consumos de energía, demanda de agua y disposición de residuos en la sede.
Objetivo 3. Evaluar criterios técnicos y de viabilidad financiera (relación costo - beneficio), de las alternativas más relevantes en términos de aprovechamiento potencial de flujos de residuos actuales y futuros, en el marco de los escenarios formulados para la sede de Chía de la Universidad el Bosque.	Sistematización y síntesis Análisis de datos cualitativos y cuantitativos. -Análisis de información de tecnologías más pertinentes. -Análisis de costos de tecnólogas y aprovechamiento.	Documentos teóricos visuales (gráficos, análisis gráficos, estadísticas, proyecciones diagramas, modelos). Computador Tecnologías	-Costos asociados al tratamiento y disposición de los residuos en el estado actual y futuro. -Proyecciones de los costos generados por el aprovechamiento de los residuos generados. -Tecnologías mas significativas que permitan la transformación de los residuos en energía y nutrientes.

Fuente: Adaptado y obtenido de Guerrero, (2014).

11 Aspectos éticos

Como aspectos éticos para este proyecto, se debe tener en cuenta que no se trabaja con seres humanos o se hacen prácticas con grupos sociales. En este sentido los aspectos éticos más relevantes para el proyecto son la responsabilidad en el uso de la información, la confidencialidad de la información privilegiada que se pudo haber recibido por parte de la universidad teniendo en cuenta el consentimiento para su uso y publicación y el respeto de los derechos de autor sobre literatura, métodos y software para elaborar el trabajo de grado. También se debe tener en cuenta, si la obtención de información por parte de la Institución fue suficiente para el desarrollo del proyecto, para que con esta se haga una evaluación de riesgos previsibles y los beneficios relacionados, como el conocimiento resultado de la investigación y soluciones a las problemáticas definidas para la Institución.

12 Resultados

A continuación, se realiza la descripción de cada uno de los resultados propuestos para el cumplimiento de los objetivos planteados inicialmente, con el fin de dar un conocimiento detallado de la aplicación y beneficios del aprovechamiento de residuos en la Sede de Chía, Cundinamarca de la Universidad El Bosque.

12.1 **Variables de análisis**

12.1.1 Flujos de residuos identificados, consumo energético y agua en la Sede de Chía

La Sede de Chía de la Universidad El Bosque, dio comienzo a la prestación de servicios para los estudiantes durante el segundo periodo del 2013. Se contaba inicialmente con un sistema séptico, el cual fue establecido por la ausencia de cobertura en el servicio de alcantarillado; el sistema séptico recibía la carga de cuatro unidades sanitarias, cuatro salones y una cafetería; así mismo, los alrededores de la Universidad corresponden en su mayoría a áreas de jardín, parqueadero e infraestructura adecuada para actividades deportivas de los estudiantes. Actualmente dadas las condiciones y entrada de nuevos estudiantes, se fijaron siete baterías de baños, 5 puestos de comida (tres de ellos móviles y los otros dos fijos construidos en material); así mismo, se han realizado cambios en la infraestructura donde se han establecido finalmente 26 salones con capacidad de 1595 estudiantes.

Para el manejo de los residuos, se han implementado nuevos sistemas como los puntos ecológicos, Planta de Tratamiento de Agua Residual y el cuarto de almacenamiento (Anexo G); sin embargo, el cuarto de almacenamiento no es adecuado en su distribución para la separación de los diferentes tipos (peligrosos, ordinarios y aprovechables) de desechos, esto debido a la inadecuada disposición por los estudiantes en los 4 puntos ecológicos establecidos en la sede, la disposición de sitios de almacenamiento y al sistema de canecas convencionales de los salones, lo cual permite que la separación de estos sea aún menos probable.

Los residuos originados en la Sede de Chía, son principalmente procedentes de la disposición convencional de desechos sólidos, por el consumo de alimentos de estudiantes, trabajadores y los académicos especialmente de los diferentes puntos de comida que se encuentran dentro de la institución, igualmente se presentan por jardines de la Universidad en actividades como la poda y corte de las plantas;

Por otro lado, los otros tipos que pueden tener un origen aprovechable se establecen en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), de las cuales se desechan las aguas y lodos residuales provenientes principalmente de las unidades sanitarias y los puestos de comida, estos son recolectados aproximadamente de forma mensual, ya que cada una de las actividades vinculadas en este proceso se realizan constantemente durante este periodo de tiempo. En cuanto a las grasas y aceites generados en las cocinas, estos llegan a una trampa de grasas la cual no permite el paso a la PTAR, ya que no cuenta con un tratamiento específico para estos, lo que define la disposición final de la trampa de grasas por la empresa de servicios públicos.

Por otro lado, la demanda y el consumo de agua y energía para funcionamiento y prestación de servicios en la sede, vienen siendo cubiertos por la conexión a redes de distribución de agua y energía, que son administradas por empresas de servicios públicos (Codensa y Emserchía E.S.P) que facturan en el marco de la regulación aplicable según la Comisión de Regulación de Energía y Gas y la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios.

Actualmente se cuenta con un reservorio de aguas lluvias, el cual permite la captación de agua para posibles aprovechamientos en riego, sin embargo, se trata de un sistema de captación natural, así mismo, no existe ninguna alternativa que aproveche flujos de energía de fuentes no convencionales u otros orígenes.

12.1.2 Aprovechamiento

En cuanto al estado de disposición y entrega de los residuos provenientes de la planta de tratamiento, las aguas residuales contaban con un tratamiento para su posterior uso en el riego del jardín, sin embargo, teniendo en cuenta la información respectiva brindada por el coordinador de la sede Alexander Millán (2019), se han tenido que tomar medidas relacionadas al manejo de esta, ya que se hizo un llamado por parte de la CAR (Corporación Autónoma Regional) de Cundinamarca para que esta agua no fuera usada para este tipo de actividades, lo cual obliga a la Universidad a determinar un agente externo para la recolección y manejo de la misma que cuente con la autorización de este organismo, por lo cual según Guillermo Pinzón (2019) encargado del mantenimiento de la sede, indica que el agua que es tratada por la planta, finalmente es depositada en el río Bogotá, cercano a los alrededores de las instalaciones bajo las condiciones de tratamiento.

Por otra parte, los lodos residuales posterior a que estos sean secados son depositados en las plantas de jardín que se encuentran al interior de las instalaciones para su aprovechamiento como abono, los residuos de jardín resultantes de la poda y corte, no cuentan con algún tipo de uso posterior a esto, lo que se hace para el manejo de estos residuos, consta básicamente en depositarlos en el costado occidental de la sede (Anexo G) para que de forma natural estos sean degradados para la formación de compost, aunque se están tomando acciones para que la empresa Jardines Urbanos sea la encargada del manejo de estos.

Los residuos sólidos procedentes del consumo de estudiantes, cafeterías y puntos de comida se disponen normalmente para la recolección de los mismos por el servicio de aseo prestado por la empresa EMSERCHIA E.S.P. establece una recolección de 2 días a la semana, para la entrega de estos residuos, en su mayoría se trata de realizar una separación de los elementos que pueden ser aprovechados como cartón y plástico de grandes volúmenes, finalmente estos residuos son depositados en el Relleno Sanitario correspondiente para el municipio de Chía, llamado Nuevo Mondoñedo ubicado en jurisdicción del

municipio de Bojacá, Cundinamarca. Por otra parte, considerando que los residuos orgánicos pueden ser aprovechados por medio de su transformación en materia orgánica, energía, nutrientes, entre otros, presentando un alto potencial para la institución, este tipo de materiales a causa del desconocimiento no son usados y manejados adecuadamente.

Los servicios que son prestados por la empresa EMSERCHIA E.S.P. de acueducto, alcantarillado y aseo en la Sede de Chía de la Universidad El Bosque, en cuanto al sistema de recolección y transporte de los flujos de residuos se realiza los lunes y jueves, una vez completada la fase de recolección, los residuos son llevados al sitio de disposición final, que se encuentra a una distancia de 39 km desde el centroide de producción por la ruta más corta hacia este lugar. El manejo realizado por la empresa se efectúa mediante la disposición final en el relleno sanitario mencionado. Este relleno recibe los residuos de aproximadamente 78 municipios y se estima que dispone en promedio de 1100 ton / día, es decir, 35000 ton / mes, de los cuales, su mayoría de residuos son provenientes del municipio de Chía (Emserchía, 2019).

12.1.3 Impactos

Respecto a los impactos que pueden ser generados por el desaprovechamiento de los residuos, se presentan los riesgos a la salud humana por la proliferación de vectores que son causantes de diferentes enfermedades propagadas principalmente por moscos, moscas, entre otras, igualmente por los gases que son emitidos por la degradación de los residuos que pueden generar afectaciones en las vías respiratorias, por otro lado, los impactos ocasionados en el ambiente por la inadecuada gestión de los residuos, causando daños en los recursos naturales tales como el agua, suelo y el aire, generando emisiones de gases de efecto invernadero promotores del cambio climático como el CO_2 y el CH_4, el vertimiento de contaminantes por aguas residuales domésticas que sedimentan y reducen las capacidades de recuperación natural del agua, el uso de químicos para proporcionar nutrientes al suelo artificialmente pueden ser perjudiciales en la calidad del mismo cuando se realiza una inadecuada aplicación, por último, el uso de los recursos naturales que conlleva la generación de energía eléctrica convencional, hacen que estos al no tener una adecuada gestión de consumo, cause un desequilibrio en los gastos generados por la Universidad y así, se presente un deterioro en los recursos, esto como consecuencia de la inexistente aplicación de medidas para el uso racional y eficiente de la energía como del agua, los cuales no son aplicados por acciones de los entes encargados como el Sistema de Gestión Ambiental.

Teniendo en cuenta lo anterior, además de minimizar aquellos impactos negativos, se promoverían los impactos positivos referentes a las potencialidades de los residuos que se pueden aprovechar, cambiando el arquetipo de disponer únicamente los residuos en el sistema convencional de recolección y transporte por una empresa de servicios sin ser aprovechados, promoviendo los principios de economía circular y así mismo, recircular los residuos para que puedan ser transformados en materia orgánica que podría aportar los nutrientes necesarios al suelo y sustituir aquellos químicos usados para proporcionar estos elementos al suelo, igualmente la transformación de estos residuos pueden aportar a la obtención de energía y reducir las emisiones que se generan por la putrefacción y degradación de estos, con lo cual se disminuirían los riesgos asociados a la salud humana y al ambiente. Por medio de esto, se prestaría una metodología más limpia para la obtención de energía y nutrientes de forma sostenible, evitando los daños al ambiente y generando la recirculación y aprovechamiento de los residuos, para así, reducir los costos de disposición y gestión de residuos, como aportar al cumplimiento de algunos de los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

12.1.4 Caracterización de flujos de residuos

En relación con los tipos de residuos que son generados en la sede de Chía de la Universidad El Bosque, teniendo en cuenta que se trata de instituciones académicas, según Castillo & Luzardo (2013), con su informe titulado "Evaluación del manejo de residuos sólidos en la Universidad Pontifica Bolivariana seccional Bucaramanga", se toma en cuenta que la mayoría de los residuos generados en una institución universitaria corresponde a vidrio, plásticos, papel, cartón, residuos de comida y jardinería, por otro lado, teniendo en cuenta que el enfoque Colombiano no incluye como tipos de residuos convencionales para instituciones los lodos y aguas residuales, en la Sede son contemplados estos residuos que son generados y tratados por la PTAR (Planta de Tratamiento de Aguas Residuales) con el fin de dar un posterior aprovechamiento a estos. La información referente a los tipos, descripción características físicas, químicas y biológicas de los residuos que son presentados en la Sede de Chía de la Universidad El Bosque, se muestran en el (Anexo A).

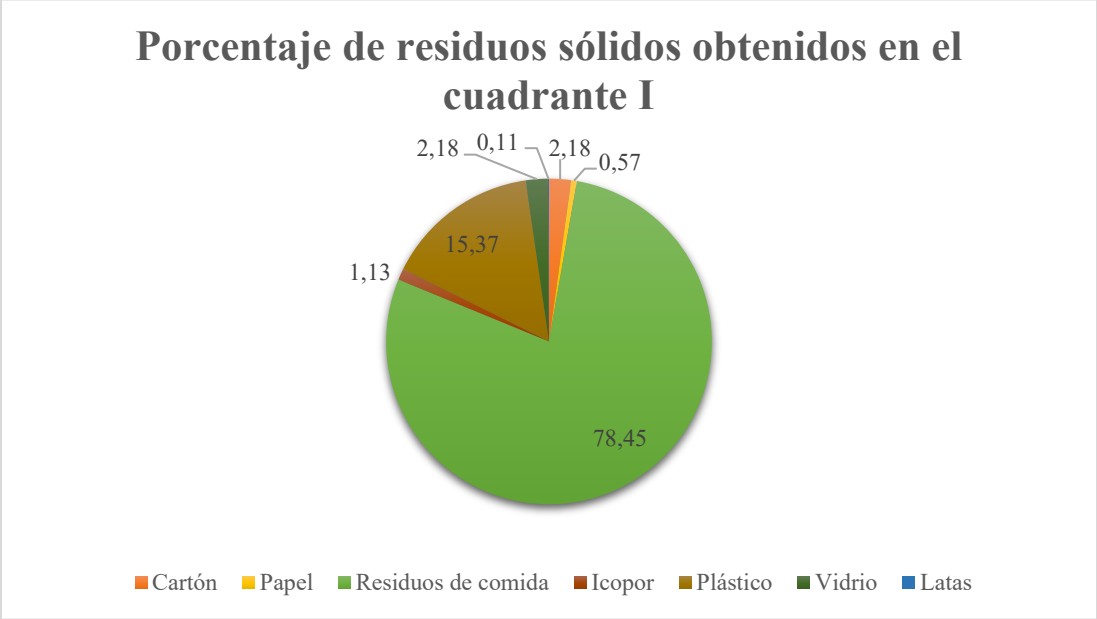
Para corroborar la información y ofrecer un porcentaje aproximado de la cantidad y tipo de residuos que son generados en la sede de Chía de la Universidad El Bosque, se realiza la aplicación de la metodología establecida por la profesora Edith Alayón Castro (2018), con la cual se obtiene la siguiente información recuperada a partir de la caracterización de los residuos contenidos en la Sede.

Tabla 5. *Caracterización obtenida cuadrante l y lll*

Componente		**Cuadrante l (Kg)**	**Cuadrante lll (Kg)**	**Promedio (Kg)**	**Cuadrante l (%)**	**Cuadrante lll (%)**	**Promedio (%)**
Orgánico	Cartón	0,27	0,23	0,25	2,18	1,76	1,97
	Papel	0,07	0,03	0,05	0,57	0,23	0,40
	Residuos de comida	9.7	9.4	9,55	78,45	72,07	75,26
	Icopor	0,14	0,07	0,11	1,13	0,54	0,84
	Plástico	1,9	2	1,95	15,37	15,34	15,36
Inorgánico	Vidrio	0,27	1,3	0,79	2,18	9,97	6,08
	Latas	0,014	0,012	0,013	0,11	0,092	0,101
Total		12,364	13, 042	12,713	100,00	100,00	100,01

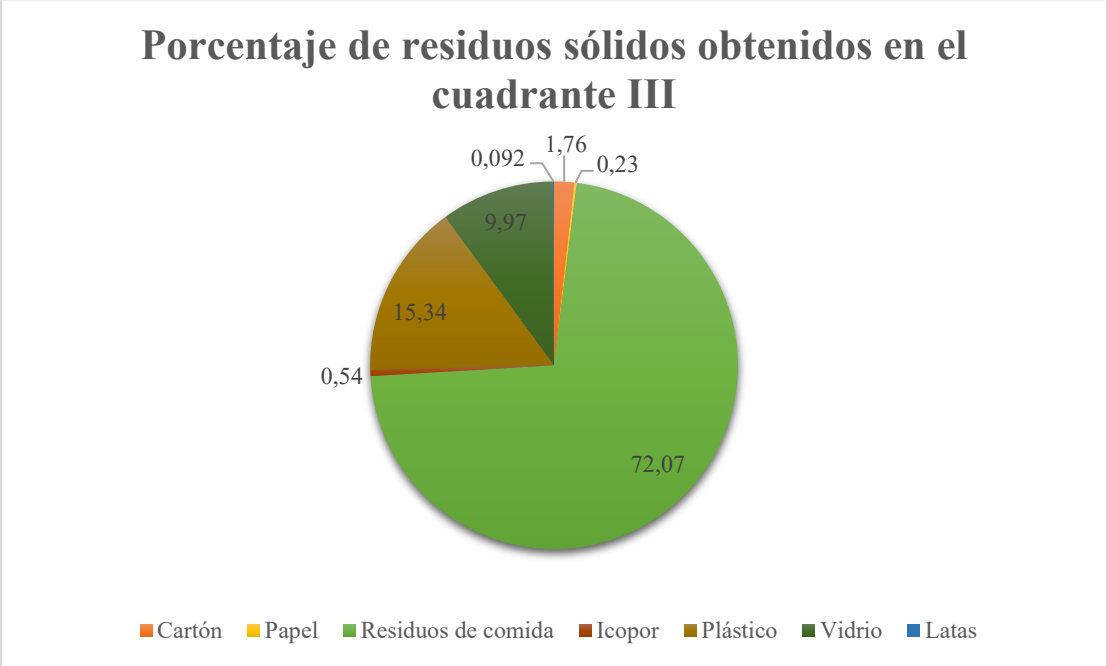
Fuente: Autor (2019).

Figura 10. *Porcentaje de residuos sólidos obtenidos en el cuadrante l.*



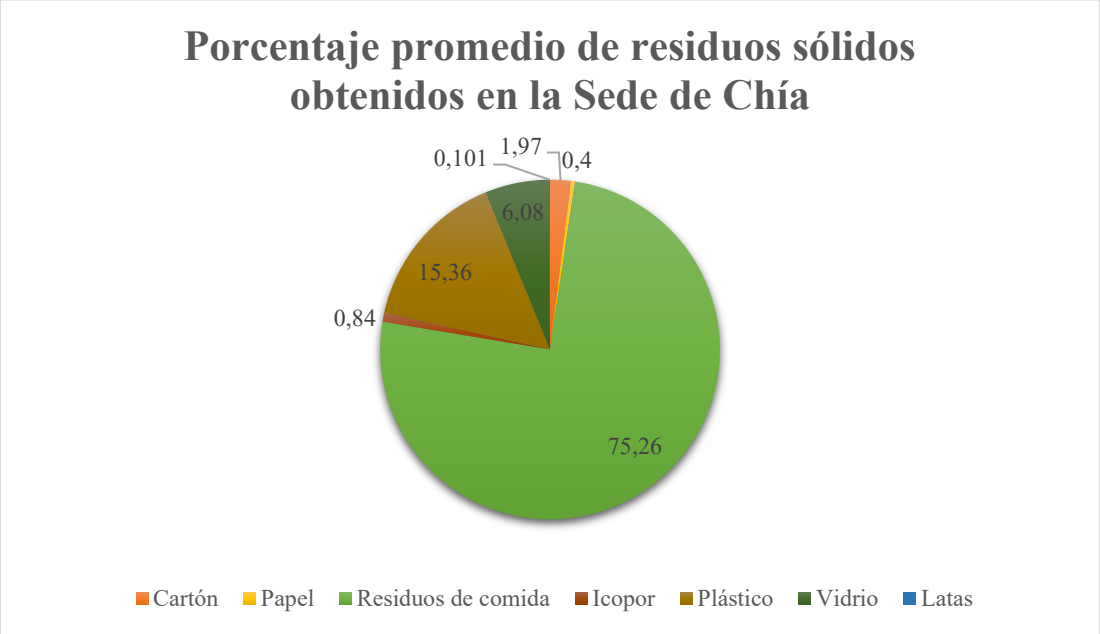
Fuente: Autor (2019).

Figura 11. *Porcentaje de residuos sólidos obtenidos en el cuadrante lll.*



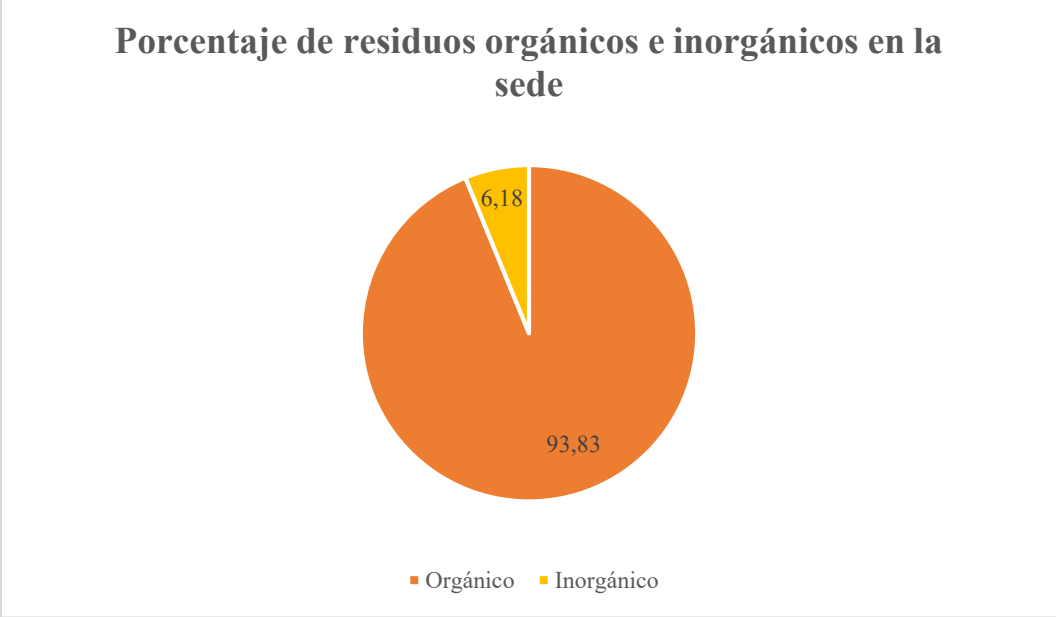
Fuente: Autor (2019).

Figura 12. *Porcentaje promedio de residuos sólidos en la sede.*



Fuente: Autor (2019).

Figura 13. *Porcentaje de residuos orgánicos e inorgánicos en la sede.*



Fuente: Autor (2019).

En cuanto a la producción semanal de los residuos sólidos en la Sede de Chía de la Universidad El Bosque, se determinan los días de recolección correspondientes a los lunes y jueves en horas de la madrugada por la empresa EMSERCHIA E.S.P, en la siguiente tabla, se representan las toneladas aproximadas recogidas por día de recolección.

Tabla 6. *Producción semanal de residuos sólidos.*

Frecuencia de recolección	Lunes	Jueves	Producción Semanal (Ton/Semana)
Total (Ton/día)	0,075	0,075	0,15

Fuente: Autor (2019).

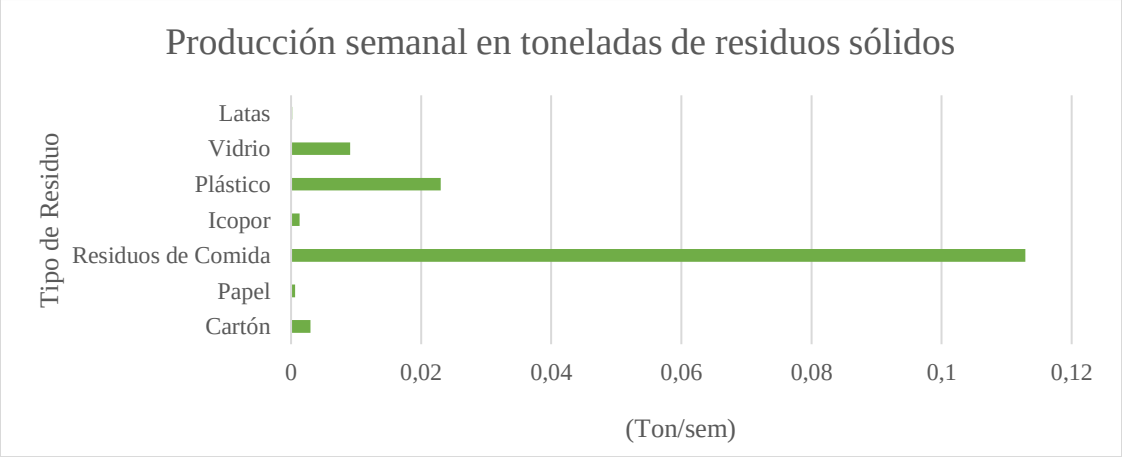
A partir de lo anterior, se realizan los cálculos correspondientes (Anexo C) con el fin de determinar la cantidad total de residuos por componente al mes, los resultados efectuados por los cálculos identificados en el anexo se representan en la siguiente tabla.

Tabla 7. *Producción semanal y mensual de residuos sólidos por componente en la sede.*

Componente	Kg/Semana	Ton/Semana	Kg/mes	Ton/mes
Cartón	2,96	0,003	11,82	0,012
Papel	0,6	0,0006	2,40	0,002
Residuos de Comida	112,89	0,1129	451,56	0,452
Icopor	1,26	0,0013	5,04	0,005
Plástico	23,04	0,0230	92,16	0,092
Vidrio	9,12	0,0091	36,48	0,036
Latas	0,15	0,0002	0,606	0,001
Total	150,02	0,15	600,06	0,60

Fuente: Autor (2019).

Figura 14. *Producción por semana de residuos sólidos.*



Fuente: Autor (2019).

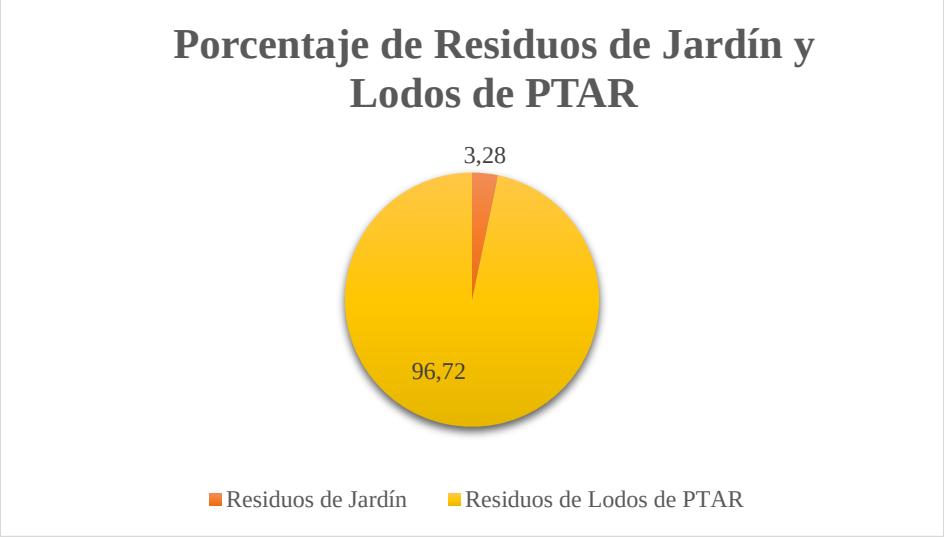
Así mismo, teniendo las cantidades en porcentaje de los tipos de residuos, se estima que los orígenes de los residuos que son producidos son básicamente correspondientes a las cafeterías, zonas de alimentación, salones, unidades sanitarias, administración y salas de profesores para los residuos sólidos, por otra parte, se estima la cantidad aproximada de los residuos generados por la Planta de Tratamiento de Agua Residual y los residuos de jardín, con los cuales se obtiene la siguiente información:

Tabla 8. *Cantidad de residuos de lodos y jardines.*

Componente	Cantidad Kg/mes	Cantidad (Ton/mes)	Porcentaje (%)
Residuos de Jardín	32,81	0,0328	3,28
Residuos de Lodos de PTAR	969	0,969	96,72
Total	1001,81	1,0018	100,00

Fuente: Autor (2019).

Figura 15. *Porcentaje de Residuos de jardín y lodos residuales.*



Fuente: Autor (2019).

Para estimar la cantidad de kilogramos de residuos de jardín y lodos de PTAR que se generan mensualmente, se tomaron en cuenta las densidades que se muestran en (Anexo C), con base en la información suministrada por el señor Guillermo Pinzón (2019) con relación a las medidas tomadas para el lecho de secado, carretilla y la cantidad de recolección de veces mensual de los residuos mencionados anteriormente.

Por otra parte, considerando la información presente en el (Anexo B), se realiza una ponderación del consumo energético y de agua, como la generación de los residuos sólidos orgánicos procedentes de puntos de comida, disposición de residuos en salones, entre otros, identificados en la siguiente tabla:

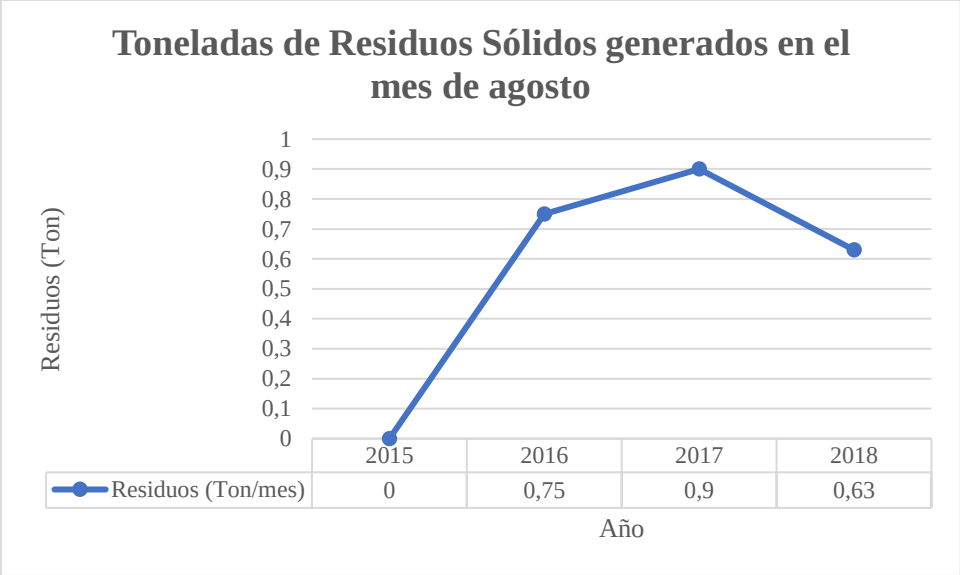
Tabla 9. *Consumo energético, agua y generación de residuos en diferentes períodos.*

Periodo	Componente			
	Energía (KWh/mes)	Agua (m^3/mes)	Residuos (Kg/mes)	Residuos (Ton/mes)
2015	5580	166,3	0	0
2016	6720	106,3	750	0,75
2017	8220	116,3	900	0,90

2018	8160	93,7	630	0,63
Total	28680	482,6	2280	2,28
Promedio consumo	7170	120,65	570	0,57 ~ 0,6

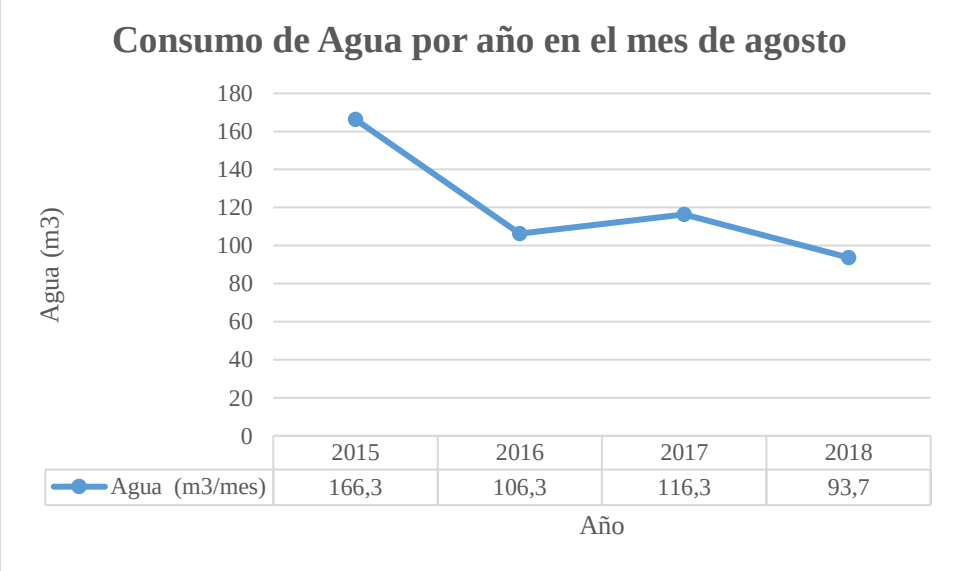
En otro aspecto, se determinan las magnitudes en forma gráfica para definir las tendencias de cambio, de los diferentes residuos, consumo energético y de agua establecido para el mes de agosto de los años correspondientes del 2015 – 2018.

Figura 16. *Disposición de residuos sólidos por año en el mes de agosto.*



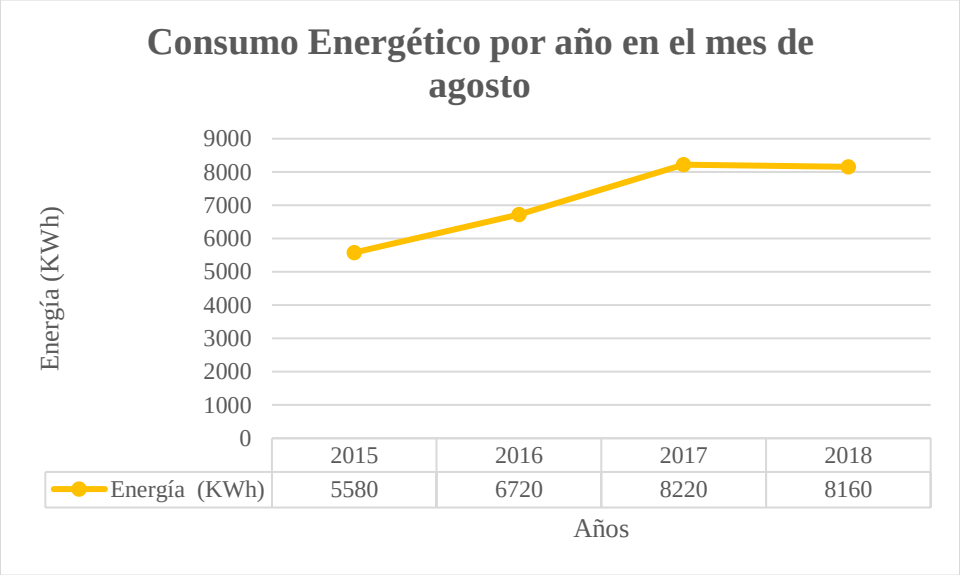
Fuente: Autor (2019).

Figura 17. *Consumo de agua por año en el mes de agosto.*



Fuente: Autor (2019).

Figura 18. *Consumo energético por año en el mes de agosto.*



Fuente: Autor (2019).

12.1.5 Variables que influyen en los flujos de residuos y proyecciones de variables

A partir de los residuos y las condiciones actuales de la sede, se procede a definir las variables más influyentes en los cambios de generación de flujos de residuos, consumo energético y agua. Las cuales son descritas a continuación:

1. Según Valero (2013) **la demografía:** es la ciencia que estudia estadísticamente la estructura y dinámica de las poblaciones, así como las leyes que rigen estos fenómenos. Su objetivo son las poblaciones humanas, que podemos definir como el conjunto de personas que habitualmente residen en una zona geográfica, en un momento determinado.

Para establecer los cambios demográficos para la sede de Chía de la Universidad El Bosque, se toma como referencia lo siguiente:

Estudiantes dispuestos en la Sede

Teniendo en cuenta la información suministrada por el Coordinador Administrativo de las instalaciones de la Sede de Chía, correspondiente a la cantidad de estudiantes que han ingresado en un tiempo inferior al año 2019, se establece la tabla mostrada a continuación:

Tabla 10. *Cantidad de estudiantes por semestre en la Sede.*

Periodo	Estudiantes	Periodo	Estudiantes
2013-II	372	2016-II	2234
2014-I	1494	2017-I	3219

2014-II	2784	2017-II	4304
2015-I	2946	2018-I	5037
2015-II	2391	2018-II	3768
2016-I	2847		

Fuente: Millán, J, (2018).

A partir de la información referente sobre los estudiantes que ingresan a tomar sus clases en la Sede de Chía, se tiene en cuenta que la cantidad de estos periódicamente han incrementado debido a la ampliación de las aulas que se establecieron en años pasados al 2018, ya que cuando se inauguró la sede contaba con menor capacidad de estudiantes, en los cuales se han incluido estudiantes de diferentes carreras, tales como: Administración, Enfermería, Negocios Internacionales, Odontología, Medicina, Instrumentación Quirúrgica, Optometría, Ingeniería Ambiental, Ingeniería Industrial, Ingeniería Electrónica, Ingeniería de Sistemas, Bioingeniería, Psicología, Derecho, Ciencias Políticas y Artes Plásticas.

Estudiantes a futuro presentes en la sede

A partir de la información presentada anteriormente de los estudiantes dispuestos por semestre, se realiza una estimación de la cantidad de estos presentes hasta el año 2030, con la relación de estudiantes anuales que corresponderían a un total de 24 semestres posterior al año 2018. Para la realización de la proyección se utilizó, la función (Pronóstico) de Excel, la cual permite realizar el cálculo de proyecciones con base de información presente anteriormente, siendo estos valores de alta confiabilidad, así se obtuvieron los siguientes valores con relación a los estudiantes.

Tabla 11. *Proyección de estudiantes al 2030.*

Año	Estudiantes	Año	Estudiantes
2013	372	2022	14824
2014	4278	2023	16299
2015	5337	2024	17775
2016	5081	2025	19250
2017	7523	2026	20726
2018	8805	2027	22201
2019	10397	2028	23677
2020	11873	2029	25152
2021	13348	2030	26628

Fuente: Autor (2019).

A partir de la información obtenida aplicando la proyección para la cantidad de estudiantes anual, se establece una regresión lineal la cual se muestra a continuación:

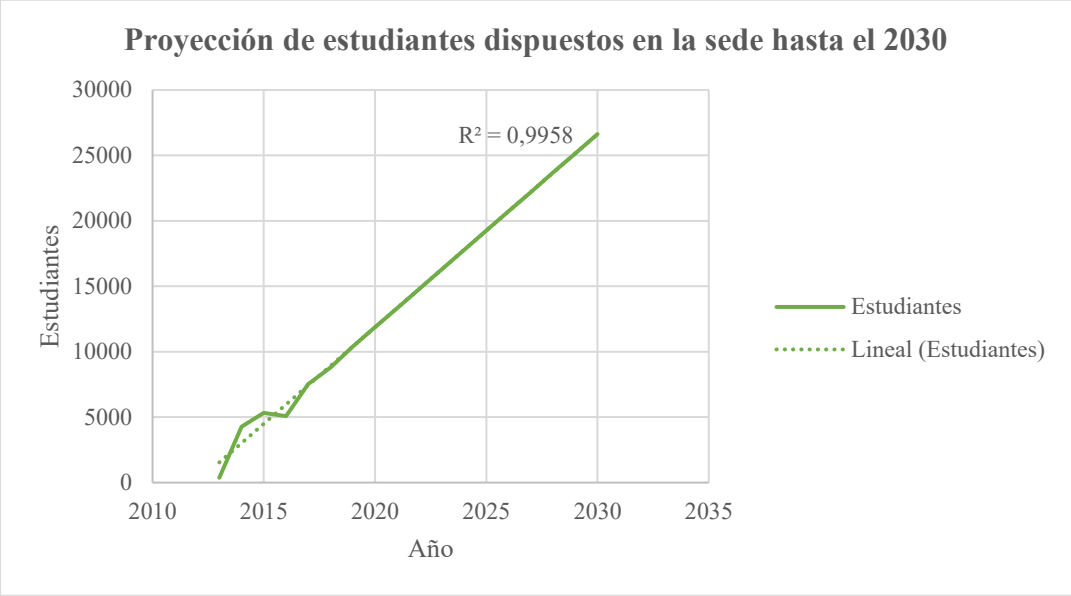
Tabla 12. *Estadísticas de la regresión.*

Estadísticas de la regresión	
Coeficiente de correlación múltiple	0,99788462
Coeficiente de determinación R^2	0,99577372
R^2 ajustado	0,99550958
Error típico	0,35773878
Estadístico t	11412,6935
Observaciones	18

Fuente: Autor (2019).

Con base en la información referente a la tabla de estadísticas de regresión, se determina la incertidumbre que los valores de pueden llegar a tener, si el coeficiente de de determinación tiene menos proximidad al valor de 1, quiere decir que la incertidumbre de los datos es alta de lo contrario, la información presentada tiene mayor viabilidad y exactitud.

Figura 19. *Regresión lineal de la proyección de estudiantes.*



Fuente: Autor (2019).

2. Teniendo en cuenta lo indicado por Vásquez, Sánchez & Henao (2014), el término **capacidad** instalada es un referente común en los lenguajes de la administración, la ingeniería industrial y la economía. En el ámbito educativo el concepto debe ser reinterpretado bajo la óptica de su utilidad para la toma de decisiones respecto al nivel y uso de los recursos, incremento y proyección de los programas académicos ofrecidos y la ampliación de cobertura, entre otros asuntos.

Para determinar la capacidad actual y a futuro de la Sede de Chía de la Universidad El Bosque, se toma como base la información suministrada por el coordinador, la cual se representa a continuación:

Estado actual

En cuanto al estado actual de las instalaciones de la sede de Chía de la Universidad El Bosque, se cuenta con la siguiente información referente a las aulas y las diferentes capacidades con respecto a los estudiantes:

Tabla 13. *Capacidad de estudiantes por salón de la Sede de Chía.*

Salón	Capacidad	Salón	Capacidad
Múltiple	200	115	60
101	60	116	60
104	63	117	60
105	58	118	100
106	42	119	60
107	100	120	60
108	35	121	32
109	44	122	32
110	50	123	32
111	81	124	32
112	98	125	32
113	71	126	32
114	69	127	32
13	971	13	624
Total		**26**	**1595**

Fuente: Millán, J, (2018).

Teniendo en cuenta la información suministrada por el Coordinador Administrativo de las instalaciones de la Sede de Chía de la Universidad El Bosque, John Alexander Millán Paredes se determina que la cantidad de salones presentes es de una totalidad de 26 con capacidades para 1595 estudiantes.

Estado a futuro

A partir de la información proporcionada por el señor Mauricio Sánchez Castañeda (2018), Jefe del Departamento de Desarrollo Físico y Mantenimiento de la Universidad El Bosque, menciona que no se tienen hasta el momento planes de desarrollo en cuanto a infraestructura de la Sede de Chía, ya que ésta actualmente no mantiene en uso las aulas en su totalidad, por otro lado se está evaluando la posibilidad de contar con una licencia de parcelación la cual es una norma urbana y es requerida para establecer las capacidades que se tendrán en cuanto a construcción de pisos para las edificaciones.

3. El **Sistema Institucional**, es un factor dependiente del Sistema de Gestión Ambiental, por ende se toma como referencia el objetivo de la Universidad El Bosque, el cual reconoce que la comunidad universitaria hace parte de los problemas ambientales y por ello en compromiso con sus grupos de interés fórmula la política de Bienestar Universitario, *"el bienestar de la comunidad académica, docentes e investigadores se convierte en elemento fundamental para*

propiciar un buen entorno en la enseñanza, aprendizaje, la investigación y la transferencia del conocimiento y el servicio". como herramienta para planear, organizar, asignar, direccionar y controlar todas las actividades relacionadas con la gestión ambiental de la Institución. Alineada con la misión institucional su fin es establecer los lineamientos para apoyar la construcción de la salud y la calidad de vida de toda la comunidad universitaria (Opazo, Romero, Cortés & Bohórquez, 2015).

De acuerdo con la información anterior, se debe tener en cuenta que el Sistema de Gestión Ambiental de la Universidad El Bosque, no presenta un apoyo significativo a las instalaciones de Chía de la Universidad, considerando esta, no tiene encargados referentes a la Unidad de Gestión Ambiental, lo que hace que programas, planes o proyectos implementados en la sede principal de Usaquén, sean poco planeados para la Sede de Chía y así mismo, se realicen menos proyectos en temas referentes al manejo y aspectos ambientales.

4. El **consumo de energía, agua y disposición de residuos sólidos,** son totalmente dependientes de la disposición de alumnos que se encuentren en un sector en específico y los agentes externos como restaurantes y servicios en general, como es de referirse en esta situación a la Universidad, para tal caso, se establecen los consumos per cápita de energía, disposición de residuos y la demanda de agua referentes para el periodo de 2015 al 2018 con relación al segundo semestre por año, esta información se encuentra refleja a continuación y tomando como base los datos establecidos en el Anexo B y los datos de la proyección de los estudiantes en la tabla 11.

Para realizar el cálculo del consumo de agua y energía en la sede por persona, se definen los otros actores involucrados en el consumo de estos servicios externos, los cuales se estiman a continuación:

Tabla 14. *Población estimada para el año 2018 externo a los estudiantes.*

Población	Cantidad
Estudiantes	8805
Docentes	581
Administrativos	3
Servicios (Restaurantes, servicios generales)	17
Total	9406

Fuente: Autor (2019).

En la siguiente tabla, se define la población final total incluyendo los actores mencionados anteriormente, los cuales también realizan el consumo de energía y agua en la sede, con el fin de calcular el consumo per cápita de estos recursos.

Tabla 15. *Población total en la sede por diferentes años.*

Año	Población	Año	Población
2013	408	2022	15822
2014	4575	2023	17395
2015	5704	2024	18968
2016	5431	2025	20541
2017	8037	2026	22114
2018	9406	2027	23686
2019	11103	2028	25260
2020	12677	2029	26832
2021	14249	2030	28405

Fuente: Autor (2019).

De igual forma, teniendo la población total residente por los diferentes años en la sede, se procede a realizar el consumo per cápita de energía, tal como se muestra a continuación:

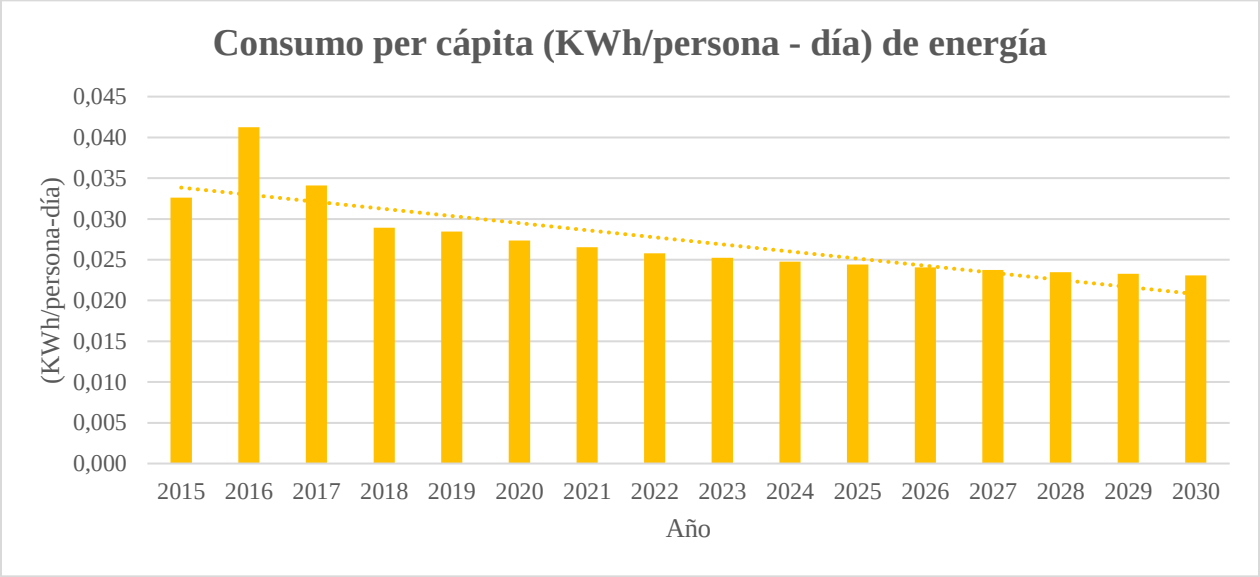
Tabla 16. *Consumo per cápita de energía.*

Año	Población	Consumo energético anual (KWh/ Año)	Consumo energético mensual (KWh/mes)	Consumo energético (KWh/día)	Consumo per cápita (KWh/persona - día)
2015	5704	66960	5580	186	0,033
2016	5431	80640	6720	224	0,041
2017	8037	98640	8220	274	0,034
2018	9406	97920	8160	272	0,029
2019	11103	113760	9480	316	0,028
2020	12677	124848	10404	347	0,027
2021	14249	135936	11328	378	0,027
2022	15822	147024	12252	408	0,026
2023	17395	158112	13176	439	0,025
2024	18968	169200	14100	470	0,025
2025	20541	180288	15024	501	0,024
2026	22114	191376	15948	532	0,024
2027	23686	202464	16872	562	0,024
2028	25260	213552	17796	593	0,023
2029	26832	224640	18720	624	0,023
2030	28405	235728	19644	655	0,023

Fuente: Autor (2019).

Por medio del consumo energético diario definido en la tabla anterior y a partir de los años y la población definida para cada uno de estos, se procede a realizar el cálculo del consumo per cápita, que consta de dividir el consumo energético diario por la cantidad de la población anual, esto se ve reflejado en la siguiente gráfica.

Figura 20. *Consumo per cápita de energía.*



Fuente: Autor (2019).

Considerando el consumo per cápita de energía, se estima que para los años siguientes al 2019 el consumo por persona variará de 0,023 a 0,028 KWh/persona – día. Así mismo, se procede a calcular el consumo de agua para la institución en los siguientes años hasta el 2030, por medio de la dotación bruta definida de acuerdo con el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS (2010), el cual indica un consumo en instituciones de educación media y superior de 25 L/alumno-jornada, se determina la demanda por la población definida como se muestra en el anexo C y los datos obtenidos se identifican a continuación:

Tabla 17. *Consumos diarios por población anual.*

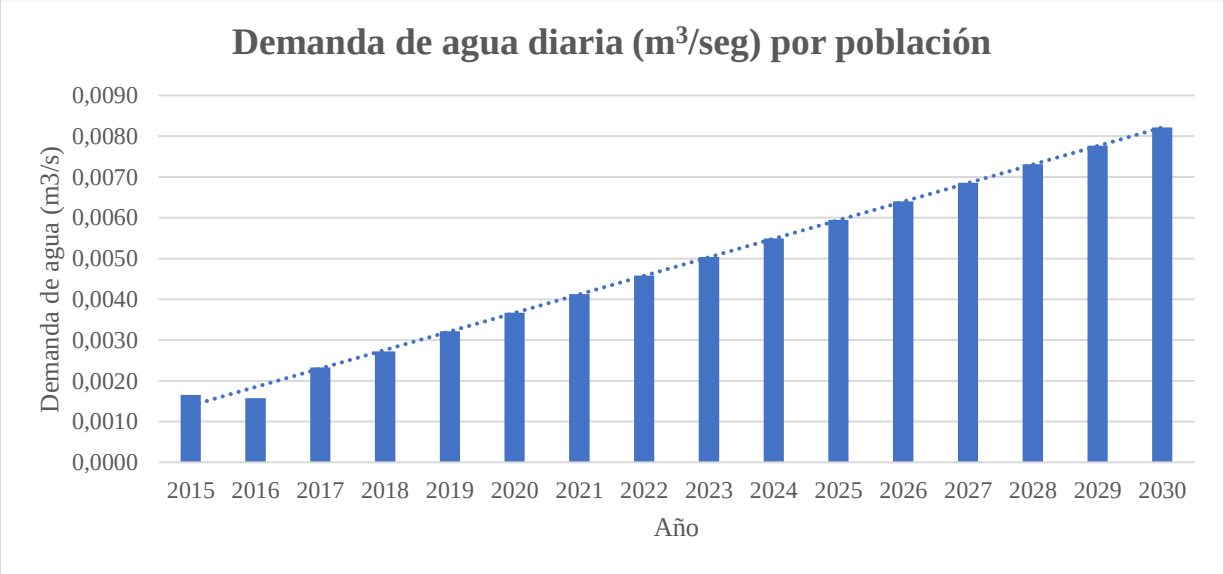
Año	Población	Demanda de agua diaria (m^3/seg)	Demanda de agua (m^3/día)
2015	5704	0,0017	142,6
2016	5431	0,0016	135,8
2017	8037	0,0023	200,9
2018	9406	0,0027	235,2
2019	11103	0,0032	277,6
2020	12677	0,0037	316,9
2021	14249	0,0041	356,2

2022	15822	0,0046	395,6
2023	17395	0,0050	434,9
2024	18968	0,0055	474,2
2025	20541	0,0059	513,5
2026	22114	0,0064	552,9
2027	23686	0,0069	592,2
2028	25260	0,0073	631,5
2029	26832	0,0078	670,8
2030	28405	0,0082	710,1

Fuente: Autor (2019).

A partir de los valores establecidos, se procede a realizar la gráfica del consumo de agua que será efectuado para los años posteriores hasta el 2030.

Figura 21. *Consumo de agua diario por población anual.*



Fuente: Autor (2019).

Teniendo en cuenta el consumo de agua diaria establecida en caudal medio diario (m^3/s), se fija que tiene una tendencia al incremento del consumo, esto debido a los valores que se definen durante los periodos a proyectar, los cuales se realizan a partir del consumo para instituciones de 0,025 m^3/persona/día, y la demanda de agua diaria es estimada para los diferentes años por medio de la población, generando incertidumbre en la proyección de la base de información definida en el consumo actual de la institución.

De igual modo, se estima la cantidad de residuos sólidos por persona generados para los diferentes años, tal como se muestra en la siguiente tabla:

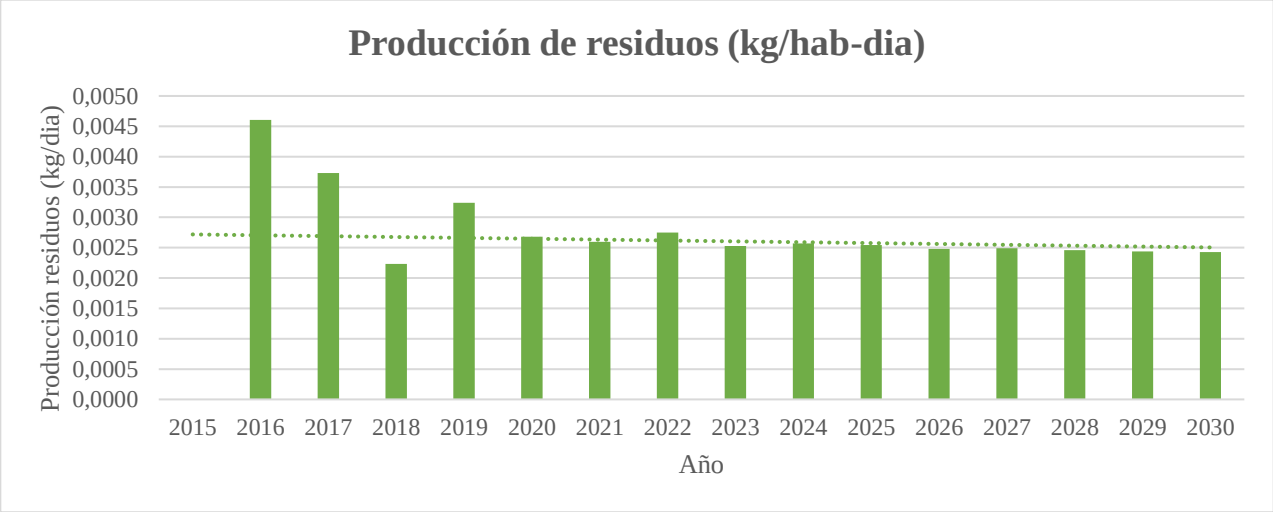
Tabla 18. *Producción per cápita de los residuos sólidos.*

Año	Población	Residuos (Kg/mes)	Residuos (Kg/día)	PPC (kg/hab-dia)
2015	5704	0	0	0,0000
2016	5431	750	25	0,0046
2017	8037	900	30	0,0037
2018	9406	630	21	0,0022
2019	11103	1080	36	0,0032
2020	12677	1020	34	0,0027
2021	14249	1110	37	0,0026
2022	15822	1305	44	0,0027
2023	17395	1320	44	0,0025
2024	18968	1463	49	0,0026
2025	20541	1568	52	0,0025
2026	22114	1646	55	0,0025
2027	23686	1770	59	0,0025
2028	25260	1862	62	0,0025
2029	26832	1963	65	0,0024
2030	28405	2071	69	0,0024

Fuente: Autor (2019).

A partir de la información establecida para los residuos sólidos producidos por persona, se procede a realizar el gráfico en el cual se demuestre la tendencia de producción de estos residuos.

Figura 22. *Producción per cápita de residuos sólidos.*



Fuente: Autor (2019).

Relacionando la producción de residuos, se define que la variación en la producción por persona es dependiente netamente de la población, ya que esta es la principal incidente en la cantidad de residuos sólidos generados, de igual forma, se estima que la producción per cápita se encuentra entre rangos de 0,0022 a 0,0046 kg/persona – día.

5. El **contenido de Nutrientes** presente en los diferentes residuos, son principalmente para los residuos sólidos orgánicos convencionales contenidos de Potasio, Sodio, Fósforo, Magnesio, Hierro, Zinc, Manganeso, entre otros, en cuanto a los residuos de excreta humana (encontrados en lodos residuales), de acuerdo con Cofie, Veenhuizen, Vreede & Maessen (2010), son un gran potencial para la recuperación de materia orgánica, ya que estos generan alrededor de 30g de Carbono, entre 10-12 g de Nitrógeno, 2g de Fósforo y 3g de Potasio. La mayor parte de la materia orgánica está contenida en las heces, mientras que la mayoría de nitrógeno (70 -80%) y potasio está en la orina. La distribución de Fósforo entre la orina y las heces varía entre un 30 – 70 y un 20 -80%. La mayoría de los nutrientes de las corrientes de agua residual con relación a los residuos de orina contiene alrededor de 11g de Nitrógeno, 1g de Fósforo, 2,5g de Potasio por persona/día dependiendo de su dieta. Estos residuos tienen y permiten la recuperación de una gran variedad de nutrientes que son benéficos para el ambiente y reducción de impactos por la disposición de residuos sin tratar.

Teniendo en cuenta la consulta de los contenidos de nutrientes de los diferentes residuos, se toma en cuenta la siguiente tabla referente a los rangos establecidos de los nutrientes aproximados para Colombia:

Tabla 19. *Rangos de Nutrientes de N, P, K.*

Residuo	Nutriente	Rango	Referencias
Lodos Residuales	Nitrógeno	1.6-3,3 %	(Ruiz & Quevedo, 2017)
	Fósforo	0,04-3,3 %	
	Potasio	0,007-0,4%	
Residuos de Jardín	Nitrógeno	0,4-3,5%	(Muñoz, 2005)
	Fósforo	0,1-1,6%	
	Potasio	0,4-1,6%	
Aguas Residuales	Nitrógeno	20-50mg/L	(Universidad de Salamanca, 2003)
	Fósforo	4-15mg/L	

Fuente: Autor (2019).

Así mismo, se procede a estimar de acuerdo con una búsqueda teórica los contenidos de nutrientes para cada uno de los residuos, los cuales se determinan en la siguiente tabla:

Tabla 20. *Contenidos teóricos de nutrientes por residuo.*

Residuo	Unidad	Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Referencia
Residuos de Comida	%	2,61	0,58	1,14	(Casco, García, & Valero, 2014)

Residuos de Jardín	%	1,22	0,6	0,56	(Muñoz, 2005)
Lodos Residuales	%	2,16	1,43	0,24	(Vásquez & Vargas, 2018), (Waldemar, et al, 2013), (Torres, et al, 2005), (Bedoya, et al, 2013), (Ruiz & Quevedo, 2017)
Aguas Residuales	mg/L	31.1	6.62	-	(Ruiz & Quevedo, 2017)
	mg/L	101,0	2,99	-	Informe de Caracterización de vertimientos – Universidad El Bosque. (Anexo H).

Fuente: Autor (2019).

12.1.6 Estimación del contenido de nutrientes y energía en los flujos de residuos

Considerando los tipos de residuos identificados para determinar la cantidad de nutrientes y energía que son dispuestos en la Sede de Chía de la Universidad El Bosque, como residuos de disposición final y sin aprovechamiento alguno, se toman en cuenta las magnitudes de los residuos para estimar las capacidades de proporción de materiales mencionados anteriormente.

Tabla 21. *Magnitudes de los flujos de residuos identificados.*

Residuo	Cantidad (Kg/mes)
Residuos orgánicos de comida	451,56
Residuos de jardín	32,81
Lodos Residuales	969
Total	1453,37
Aguas residuales	120,65 m^3

Fuente: Autor (2019).

Relacionando las cantidades expuestas en la tabla anterior y las cantidades de nutrientes teóricos y prácticos en cuanto a las aguas residuales, se procede a realizar el cálculo de los posibles contenidos de nutrientes para cada uno de los residuos, con los cuales se obtienen los siguientes valores:

Tabla 22. *Contenido de nutrientes por residuos en la sede.*

Residuos	Nitrógeno (Kg/mes)	Fósforo (Kg/mes)	Potasio (Kg/mes)
Residuos de comida	11,7857	2,6190	5,1478
Residuos de Jardín	0,4003	0,1969	0,1837
Lodos Residuales	20,9304	13,8567	2,3256
Aguas Residuales (Informe práctico)	12,185	0,3607	-
Promedio	11,325	4,258	2,5524
Total	45,301	17,033	7,657

Aguas Residuales (Teórico)	3,752	0,798	-

Fuente: Autor (2019).

Así mismo, se estima el contenido de nutrientes establecidos en la tabla 20 para definir el valor teórico aproximado del Nitrógeno y Fósforo contenido en las aguas residuales, sin embargo, para estimar este valor se toma como base la información práctica real de nutrientes recuperados, la cual permite estimar cifras más asertivas.

Teniendo en cuenta los valores referidos en la tabla de valores típicos de rechazos inertes y contenido energético de los diferentes residuos, que se ubican en el Anexo A, se establece el potencial de energía de cada uno de los residuos de comida y los residuos de jardín, en cuanto a los residuos de lodos se toma como base el valor calorífico que se expone en el Anexo C, como los cálculos respectivos para este, obteniendo la siguiente información:

Tabla 23. *Contenido energético de los diferentes residuos.*

Residuo	Cantidad (Kg/mes)	Energía (KWh/mes)
Residuos de comida	451,56	803,78
Residuos de Jardín	32,81	81,70
Lodos Residuales	332,37	1597,22
Total		**2482,68**

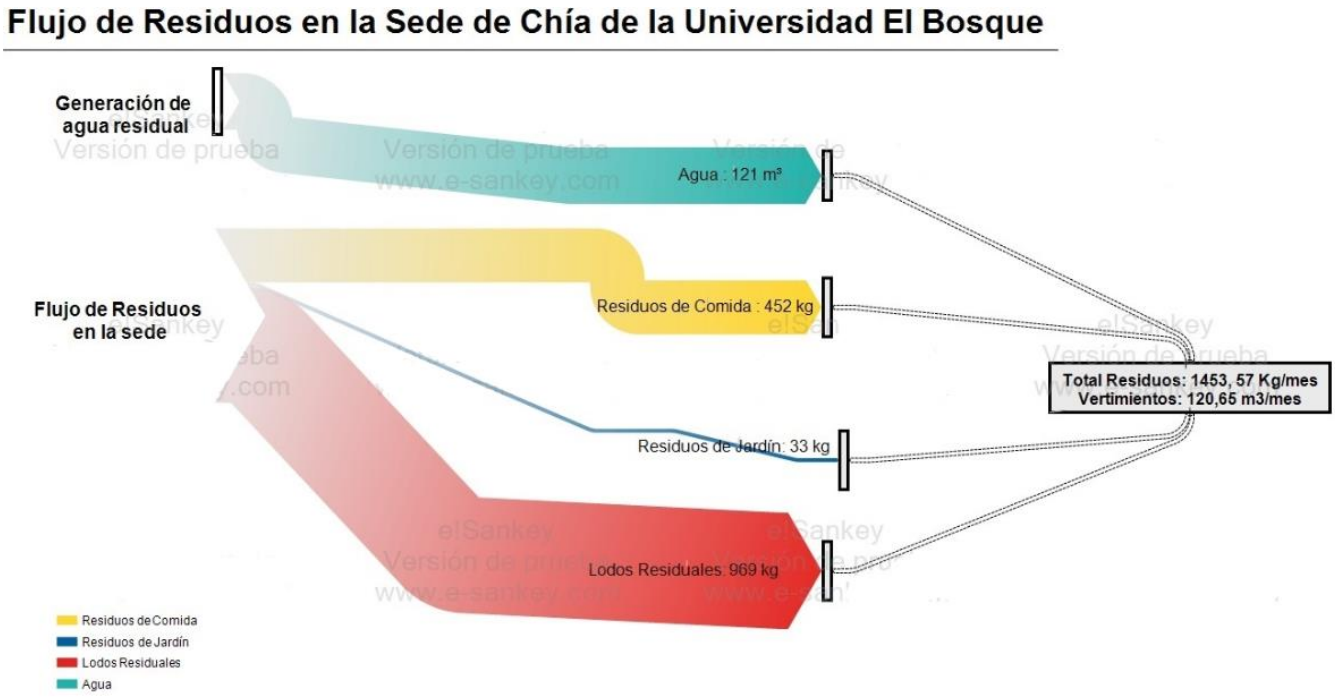
Fuente: Autor (2019).

12.2 **Modelación y posibles alternativas técnicas de aprovechamiento**

12.2.1 Diagramas sankey

Considerando los flujos de residuos establecidos anteriormente para los lodos residuales, aguas residuales, residuos orgánicos (comida y jardín), se definen aquellos de mayor magnitud, a partir de la diagramación Sankey para estimar el residuo que tiene mayor volumen de generación mensual, tal como se muestra a continuación:

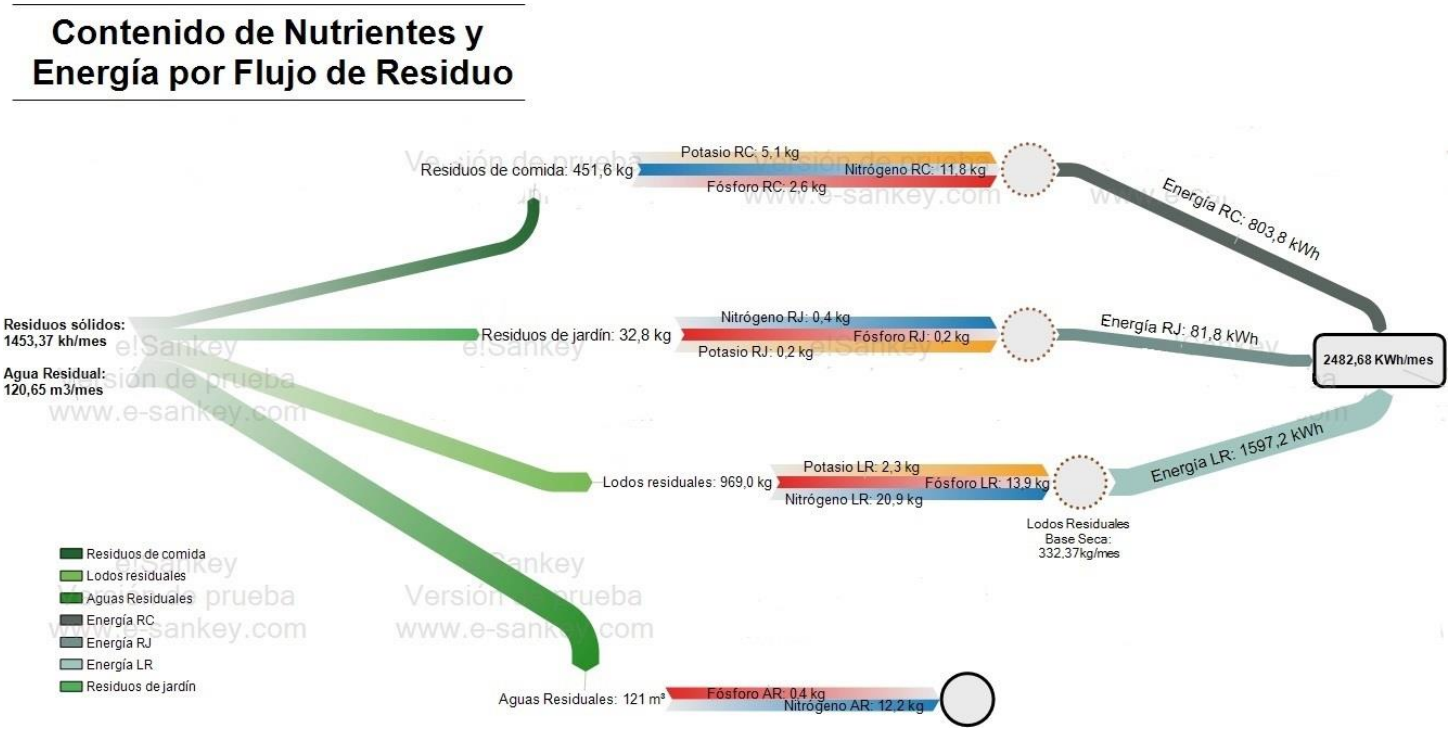
Figura 23. *Flujo de residuos en la Sede.*



Fuente: Autor (2019).

Teniendo en cuenta las magnitudes se estima igualmente el contenido de nutrientes y energía definido para cada uno de los flujos de residuos, como se muestra en el siguiente diagrama:

Figura 24. *Contenido de nutrientes y energía por flujo de residuo.*



Fuente: Autor (2019).

Considerando los diagramas anteriores, se establecen los flujos de los valores de nutrientes definidos para cada uno de los residuos, como el potencial energético de los mismos, los valores son determinados en las tablas anteriores referidas al contenido de nutrientes, los cuales se muestran valores de 12,185 kg/mes de Nitrógeno y 0,3607 kg/mes de Fósforo para aguas residuales, incluyendo para este los valores definidos por el informe de caracterización de vertimientos establecido por la Universidad El Bosque, de igual modo, se estima el contenido de cada uno de los residuos de N, P y K como el total del contenido energético por cada uno de los residuos y el total correspondiente a 2482,68 KWh/mes.

12.2.2 Análisis de escenarios y posibles alternativas de aprovechamiento no convencionales

Teniendo en cuenta las situaciones actuales y futuras de la Universidad El Bosque, en cuanto a las instalaciones de la Sede de Chía, se encaminan cuatro escenarios que son de pertinencia en el soporte del cambio, representada en la búsqueda de estrategias para establecer una mejora continua en los procesos de servicios institucionales, para esto se definen escenarios y las alternativas que puedan ser estimadas para llegar al objetivo de cambios positivos.

Análisis de escenarios

Comenzando con la descripción de los escenarios propuestos para la sede de Chía de la Universidad El Bosque, con base en la metodología de Schwartz, se enfatizan en las consideraciones que son estimadas en cada uno de los escenarios como se presenta a continuación:

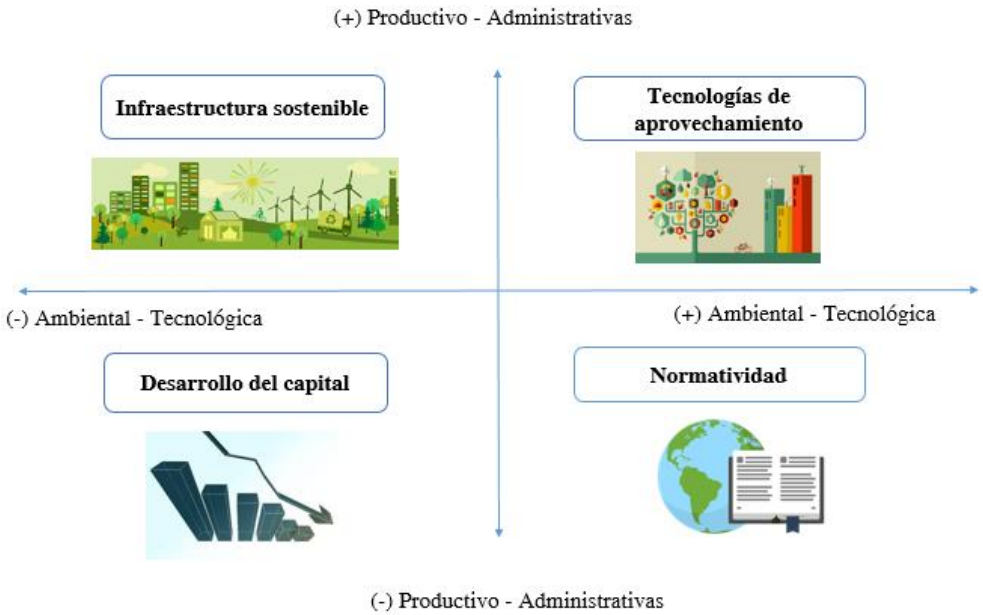
Infraestructura sostenible: relacionando los sistemas tecnológicos presentes actualmente en la sede para el tratamiento de los diferentes residuos producidos por actividades como la poda y el corte de plantas de jardín, disposición de residuos sólidos, generación de vertimientos y lodos residuales, como el consumo energético y de agua que se lleva a cabo, se requiere establecer alternativas que pueden promocionar a la Universidad con métodos sostenibles y ambientalmente aceptables, a fines de reducir la generación de residuos y los impactos que estos generan, permitiendo la preservación de los sistemas naturales actualmente existentes.

Tecnologías de aprovechamiento: como tecnologías de aprovechamiento, se establecen aquellas que tengan un menor impacto en el sistema ambiental, que permitan así mismo proporcionar a la Universidad una situación de mejora y de reducción de costos de manejo de residuos, promocionando los criterios de economía circular a fines de aprovechar los residuos y convertirlos en materiales, nutrientes y energía para la Sede.

Desarrollo del capital: este aspecto permite establecer dos tipos de desarrollo, el primero de ellos el capital humano el cual hace referencia a la capacidad de la producción del trabajo, estimada por las capacidades de los trabajadores, por medio de conocimientos que adquieren a partir del entrenamiento, la educación y la experiencia, a fines de incrementar la productividad, dependiendo principalmente de la capacidad de innovación de los participantes; por otra parte se encuentra el capital social, es el valor dado a los elementos (personas, recursos económicos, materiales y maquinaria) que conforman una empresa, para ser más eficientes y fomentar las actividades que generan bienes y servicios.

Normatividad: los aspectos normativos tienen un significado que se destaca a nivel mundial, el cumplimiento de esta debe ser una obligación para cualquier entidad, esto a fines de reducir y mejorar los límites estipulados por la reglamentación para mantener, enmendar y favorecer aquellos aspectos que pueden o han sido causantes del deterioro ambiental.

Figura 25. *Escenarios propuestos a partir de la metodología de Schwartz.*



Fuente: Autor (2019).

Considerando los escenarios propuestos, se establecen aquellos que presentan una mayor influencia de cambio definidos para la Universidad con relación a aquellos escenarios que pueden considerarse con mayores señales de mejora para la institución, como también aquellos escenarios que tengan una mayor deficiencia en el campo de la situación en la sede.

Tecnologías de aprovechamiento

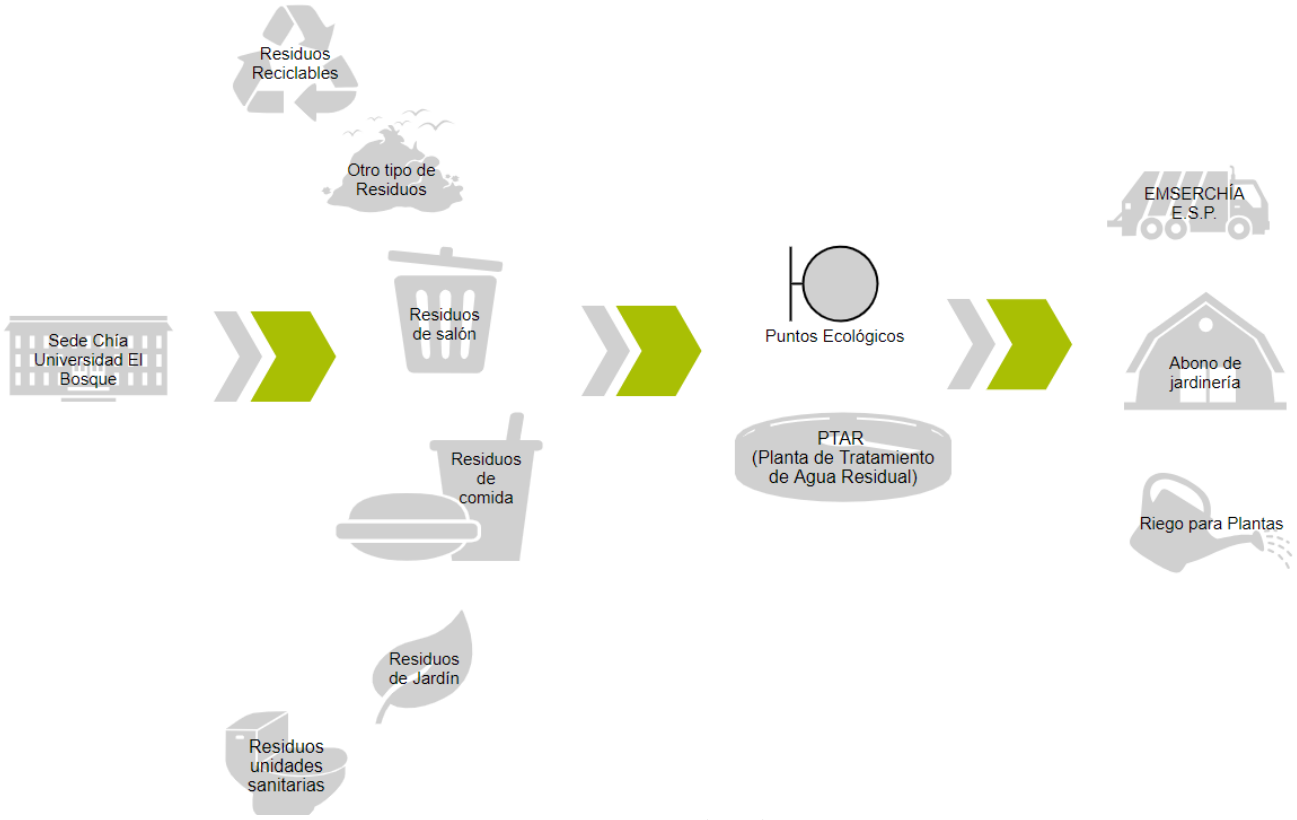
A partir de la información consultada de las instalaciones iniciales y actuales de la sede, se determina que posterior a su apertura y definiendo la capacidad de instalación anterior se han generado variaciones en la capacidad de estudiantes y la producción de residuos diarios, esto da paso a la implementación de diferentes técnicas encaminadas a la mejora de las condiciones ambientales, para dar respuesta al manejo y tratamiento de los diferentes residuos de aguas y lodos residuales como los residuos orgánicos de comida y jardín. Por medio de la identificación de las tecnologías que han sido aplicadas para el manejo de los residuos, se presenta un diagrama donde se demuestra el estado inicial hacia esta actividad.

Figura 26. *Estado previo a la implementación de tecnologías para el tratamiento de los diferentes residuos.*

Fuente: Autor (2019).

A partir del crecimiento de los estudiantes que ingresaron semestralmente en los diferentes años, se vio la necesidad de implementar nuevas tecnologías como la PTAR para el tratamiento de los vertimientos, lodos generados por las unidades sanitarias y los residuos de cocina, igualmente por la sección geográfica donde se encuentra instalada la sede no se cuenta con un alcantarillado directo para la agregación de vertimientos, esto dio indicios a la construcción de la planta, con el fin de evitar la disposición de vertidos en el Río Bogotá que es perteneciente al sector.

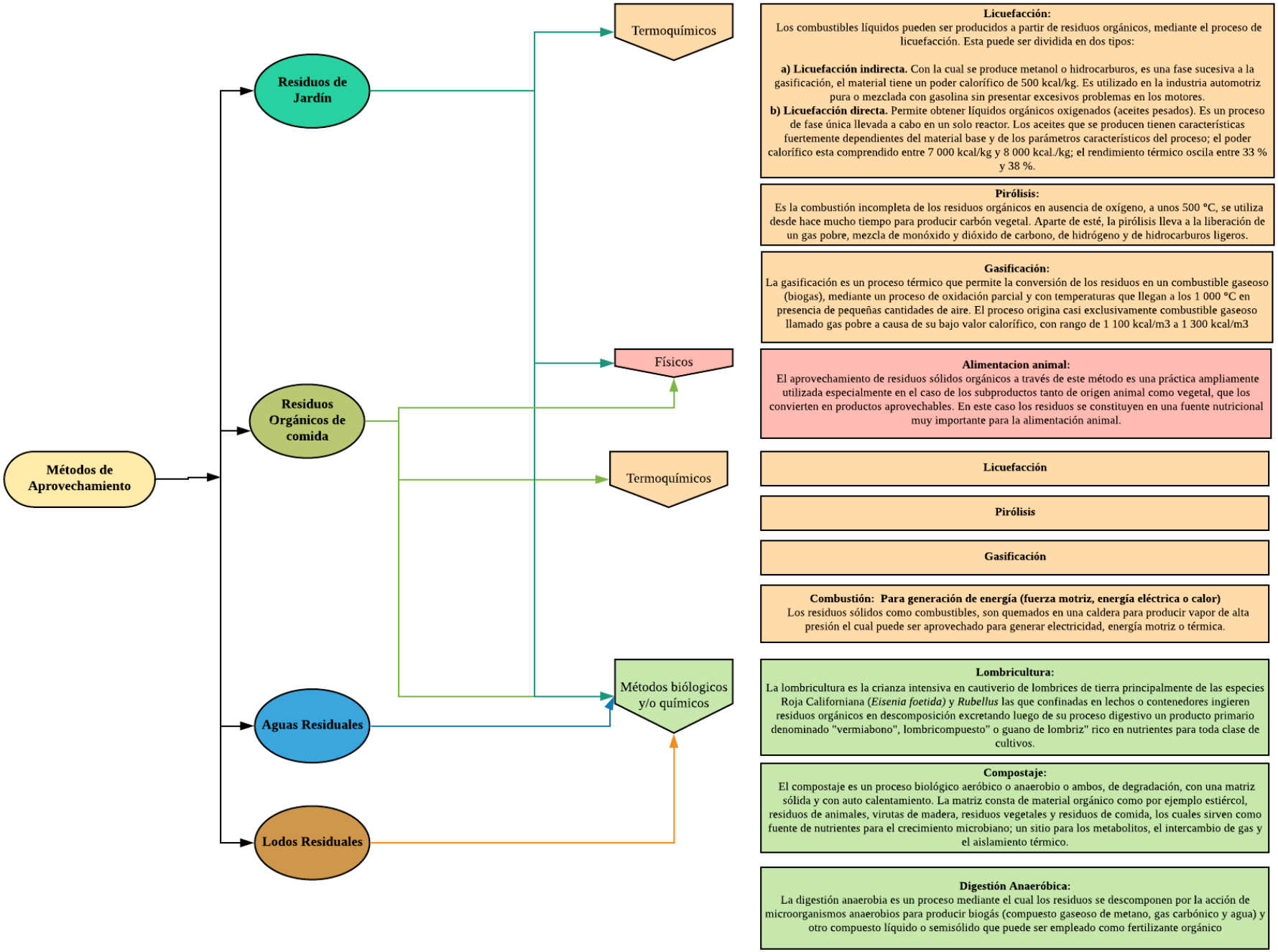
Figura 27. *Estado actual de las tecnologías implementadas en la sede.*



Fuente: Autor (2019).

Por otro lado, considerando que la instalación únicamente cuenta con la PTAR para el tratamiento de vertimientos y lodos y con sistemas de separación en la fuente a partir de los puntos ecológicos, para el debido aprovechamiento de los residuos reciclables como el plástico y el cartón de grandes volúmenes, se realiza una consulta basada en los métodos de aprovechamiento de residuos orgánicos que actualmente son dispuestos en el Relleno Sanitario por medio de la empresa EMSERCHIA E.S.P. con el fin de dar un aprovechamiento a estos y potenciar su uso generando a la Universidad mayores oportunidades de mejora y sostenibilidad. Por medio de esto, se identificaron las tecnologías de aprovechamiento, las cuales se muestran a continuación:

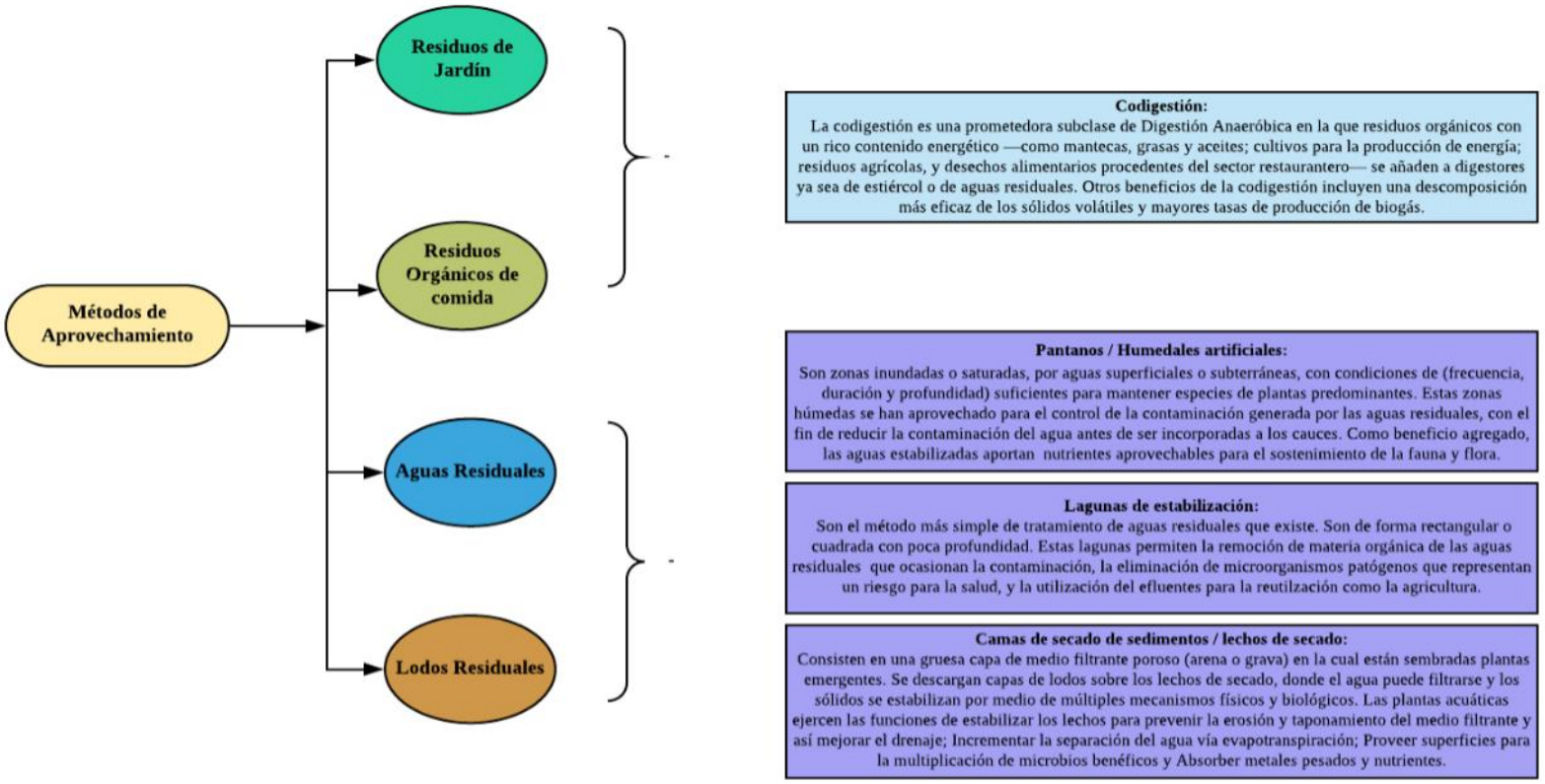
Figura 28. *Tecnologías de aprovechamiento.*



Fuente: Tomado y Adaptado de la Norma Técnica colombiana GTC 53 – 7 (2006).

Desde otra perspectiva, se tienen en cuenta otras tecnologías que pueden ser implementadas para el manejo y tratamiento de residuos, como la recuperación de nutrientes, materiales y energía de forma no convencional las cuales se muestran a continuación:

Figura 29. *Otros tratamientos de residuos.*



Fuente: Tomado y Adaptado de Cofie, O, Veenhuizen, R, Vreede, V & Maessen, A (2010).

Considerando las tecnologías descritas anteriormente, se toman como referencia 5 de ellas, las cuales serán las más aptas para la recuperación de energía y nutrientes, identificando algunos impactos que estas pueden llegar a tener en el ambiente y los recursos a obtener, estimando las más apropiadas para ser implementadas en la sede de Chía – Cundinamarca. Estos impactos son identificados en la siguiente tabla:

Tabla 24. *Impactos potenciales generados por las distintas prácticas de gestión de residuos.*

Efecto /Tratamiento	Tipo de Tratamiento				
Efecto	***Pirólisis***	***Lagunas de estabilización***	***Digestión Anaeróbica***	***Codigestión***	***Combustión***
Suelo	Nuevos productos de valor agregado.	En el caso de una ruptura o escape, podría causar contaminación.	Apropiada para la disminución de residuos orgánicos dispersos y adecuación de	Reducción de residuos desaprovechados, mayores potenciales de	Por retención, extracción y tratamiento de Residuos sólidos y líquidos.

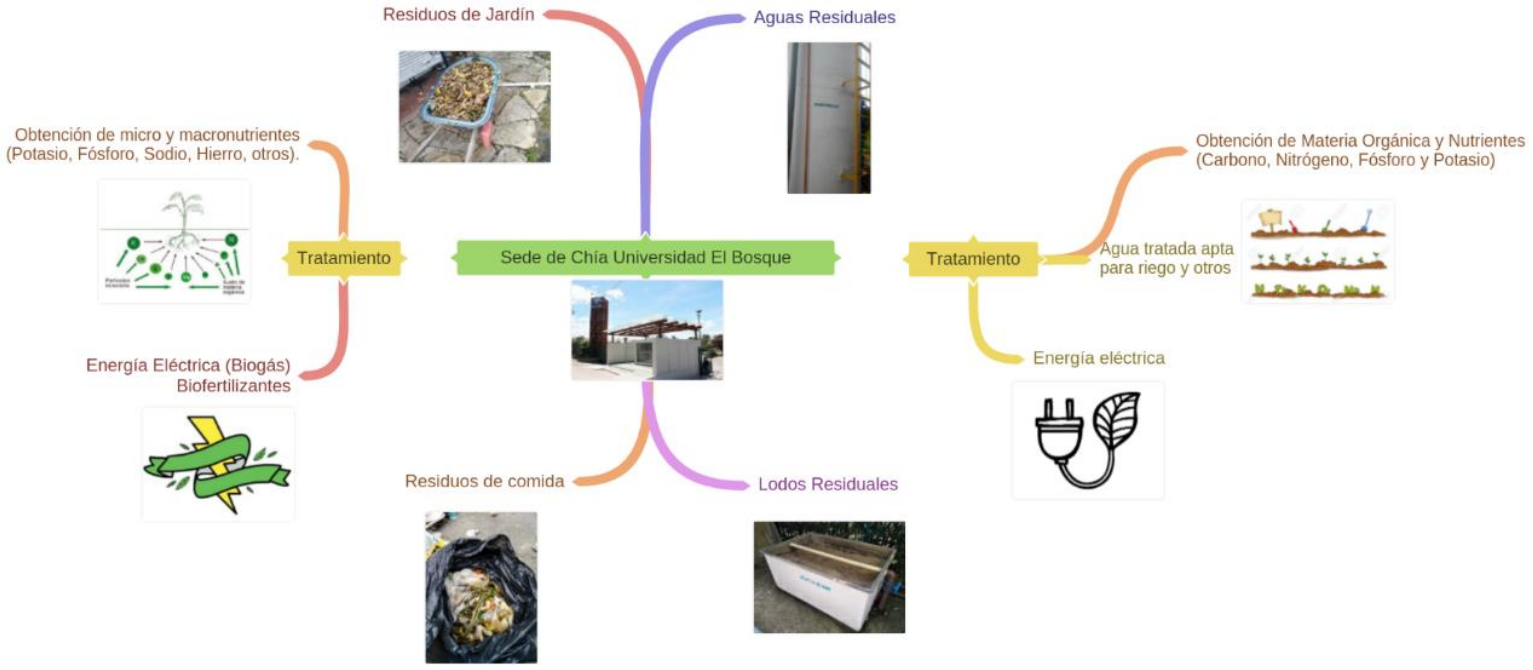
			las propiedades del suelo.	proporción de nutrientes.	
Hidrología	Puede causar ciertos líquidos, deben ser manejados para evitar contaminar las fuentes, pueden ser usados como riego de invernaderos.	En el caso de escape, afectaría los cuerpos de agua superficiales.	Efectos considerables, benéficos si se hace un buen mantenimiento, de lo contrario podría causar contaminación a fuentes hídricas por lixiviados.	Benéficos si se hace un buen mantenimiento, de lo contrario podría causar contaminación a fuentes hídricas por lixiviados.	Por retención, extracción y tratamiento de Residuos sólidos y líquidos.
Atmósfera	Intermedio, genera gases que pueden ser nocivos dependiendo del material que se ingrese para el proceso.	No genera emisiones desfavorables para el ambiente.	Generación de gases (CH_4 y CO_2), pocas posibilidades de causar un impacto severo.	Generación de gases (CH_4 y CO_2), pocas posibilidades de causar un impacto severo y más eficiente en el proceso.	Partículas, Dióxido y Monóxido de Carbono, compuestos de Azufre, Óxidos de Nitrógeno.
Efecto Invernadero	Puede contribuir dependiendo del material.	No causa efectos relevantes.	Si son mal manejados los gases o se presentan fugas, estos procedentes de la conversión pueden contribuir.	Si son mal manejados o se presentan fugas, estos gases procedentes de la conversión pueden contribuir.	No contribuye con un adecuado manejo.
Ruido	Depende del tipo de maquinaria.	Favorable, no afecta.	Favorable, no causa molestias en la generación de ruido.	Favorable, no causa molestias en la generación de ruido.	Depende del tipo de tecnología (máquina).
Superficie ocupada	Dependiente de la capacidad de la planta.	Dependiente de la capacidad de la laguna empleada.	De acuerdo con la capacidad del biodigestor dependerá la superficie.	De acuerdo con la capacidad dependerá la superficie.	Existen pequeños equipos de combustión.
Estética	Favorable – Intermedia.	Si se hace mantenimiento no genera impactos visuales negativos.	Contando con el tipo de biodigestor, podría ser visualmente incómodo e inadecuado.	Depende del tipo, podría ser visualmente incómodo e inadecuado.	Depende del tamaño y el funcionamiento.
Aves y Roedores	Favorable.	Si se hace un adecuado	Poco probable, sin embargo, se	Poca presencia, relacionado con el	No hay presencia.

		mantenimiento no se hace presencia.	pueden presentar en el caso de que se haga un inadecuado manejo.	manejo de residuos y materiales.	
Olores	Relacionados con la quema de los tipos de materiales.	Si no se hace mantenimiento puede generar varios olores molestos por la descomposición microbiana.	Desfavorables en la descomposición de los residuos.	Desfavorables, de acuerdo con el manejo del sistema.	Relacionados a la quema de la biomasa.
Salud humana	Intermedio, algunos compuestos tienen repercusiones en la salud humana, dependiendo del material.	Poco posible.	Poco posible.	Poco posible.	Intermedia.
Material recuperado	Gases para la producción de electricidad (Monóxido y Dióxido de Carbono, de Hidrógeno e Hidrocarburos Ligeros), gasificación casi total de los residuos orgánicos.	Biogás, depende de la producción puede proporcionar energía eléctrica, permite reducir y tratar las aguas residuales.	Biogás (Energía, Biofertilizantes (líquido [celulosa, lignina, células microbianas carbonatos, sulfatos, fosfatos y amonio] – sólido [Fósforo, Potasio y Azufre]), Gas [Metano, Dióxido de Carbono, Agua, Hidrógeno de Sulfuro])	Producción de biogás, equilibra los nutrientes C/N, líquido (rico en Nitrógeno amoniacal), sólido (rico en micro y macro nutrientes).	Vapor de alta presión para generar electricidad

Fuente: Autor (2019).

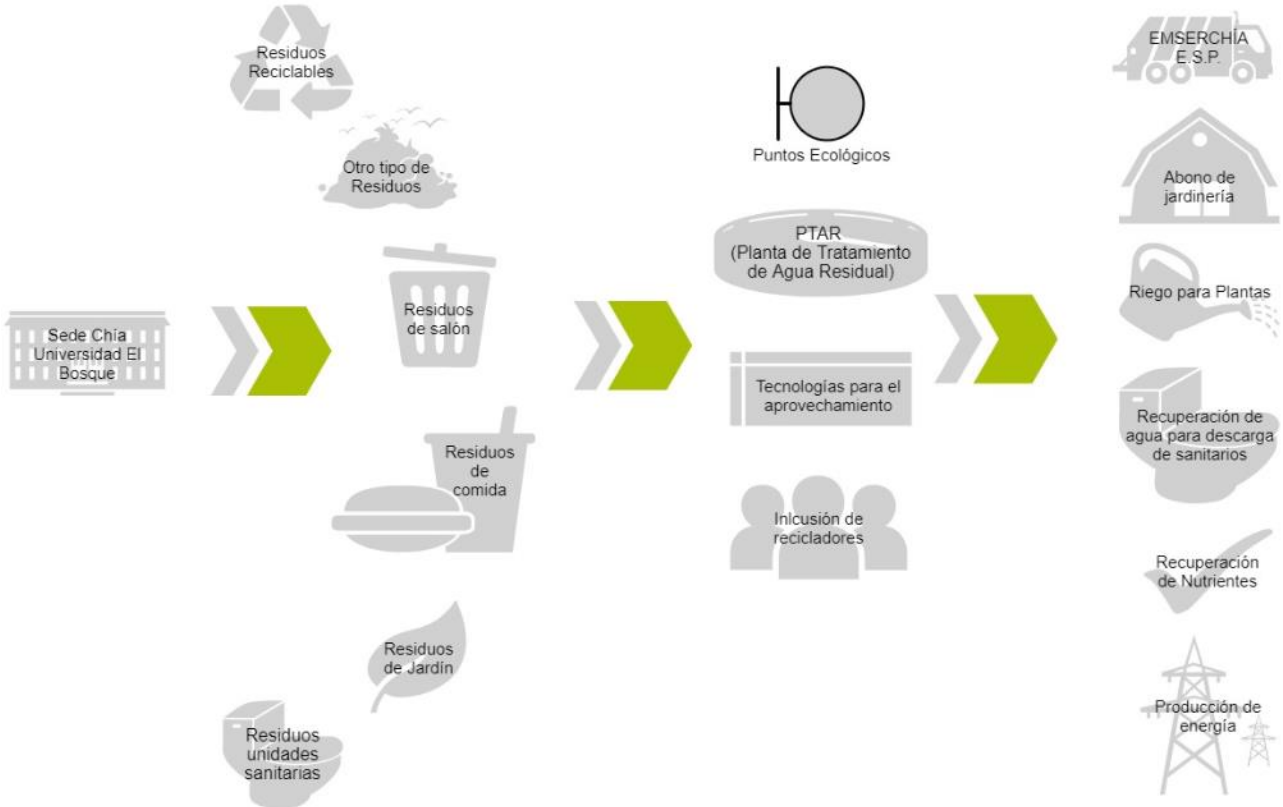
Por medio de las diferentes tecnologías que podrían ser implementadas en la Sede, se procede a realizar un propuesto del estado futuro, considerando la siguiente figura que establece un ideal de la recuperacion de materiales y energía de cada uno de los residuos definidos.

Figura 30. *Material recuperado por el tratamiento de los diferentes residuos.*



Fuente: Autor (2019).

Figura 31. *Estado futuro de la Sede de Chía.*



Fuente: Autor (2019).

Así mismo, teniendo en cuenta la implementación de nuevas tecnologías en la Sede, se definen las principales (digestión anaeróbica y la codigestión) que permiten la recuperación de los residuos en su mayoría, para establecer un estado futuro que incluya los lineamientos de la economía circular, donde sean generados nuevos materiales como la recuperación de agua en la descarga de inodoros, la transformación de los residuos orgánicos, para la obtención de nutrientes esenciales para el suelo y otras alternativas de aprovechamiento como el N (Nitrógeno), P (Fósforo) y K (Potasio), la transformación de los materiales generados en biogás y energía, entre otros mecanismos para la recuperación.

12.3 **Criterios técnicos y viabilidad financiera de alternativas más adecuadas**

12.3.1 Selección de alternativas técnicas más adecuadas en el marco del escenario más probable

Mediante las técnicas presentadas anteriormente para el aprovechamiento de los residuos y los elementos que se pueden obtener a partir de estas, se determinan aquellas que puedan ser las más adecuadas con relación a los escenarios propuestos para el cumplimiento y desarrollo de los mismos, actualmente determinando la gestión de los diferentes residuos de la sede, se establecen ciertas estrategias para llevar a cabo una planeación a futuro de los residuos y los beneficios que estos podrían acoger a la universidad, para esto, se puntualizan los aspectos de mayor variabilidad e impacto en la sede que es la demografía que conlleva al consumo energético y de agua, como también la disposición de residuos sólidos, generación de lodos y aguas residuales.

Por medio de lo anterior se determina que si se lleva a cabo una administración que integre diferentes actores como los estudiantes, recicladores, trabajadores, entre otros, el escenario con mayor índole de significancia y cambio en la obtención de los diferentes materiales y energía, puede ser las tecnologías de aprovechamiento que tengan en cuenta estos beneficios ya que se trata del escenario apuesta, es decir, al escenario que se quiere llegar para definir una universidad sostenible y dar cumplimiento a la normatividad, en el peor de los casos, sin tener en cuenta esta implementación se puede llegar a un desarrollo del capital lamentable.

Considerando las alternativas en este caso especificadas por los diferentes impactos definidos ambiental y al ser humano, se establecen dos principales tecnologías (digestión anaeróbica y codigestión), las cuales son las que presentan una menor afectación descritas anteriormente, con las cuales se pueden establecer ciertos parámetros que se desarrollan en el manejo y adecuación de estas para la obtención de los diferentes beneficios.

12.3.2 Aspectos técnicos de las alternativas seleccionadas y potencial de aprovechamiento

A través de la identificación de las alternativas seleccionadas, se procede a determinar la incidencia de estos en los escenarios propuestos, esto definido en la capacidad de la producción que puede llegar a presentar las dos tecnologías establecidas, las acciones que transformarán los insumos en los productos respectivos y la implementación de estas en la Sede de Chía de la Universidad El Bosque. Así mismo, teniendo en cuenta los escenarios se establecen los diferentes requisitos que requiere la institución para

el manejo de los residuos sólidos, residuos de jardín, generación de energía y consumo de agua, como también el tratamiento y disposición del lodo y aguas residuales, igualmente los riesgos que estos implican en el ambiente y las posibles alteraciones a los humanos.

En primer lugar, se determina la inclusión de los procesos de aprovechamiento en la sede los cuales requieren la aprobación del sistema de reglamentación de la Universidad para modificar o instaurar nuevas tecnologías en la sede que propongan o generen un cambio físico en la infraestructura natural. Esto definido a partir de la documentación pedida por la Universidad la cual corresponde en un considerado de:

Tabla 25. *Documentos requeridos para la instauración de tecnologías en la Universidad.*

Documentos	Descripción
Propuesta de implementación de tecnologías en la sede - Aspectos sociales (beneficiarios, empleo, calidad de vida, conocimientos). - Análisis ecológicos (impactos). - Análisis financiero (ingresos, gastos) – costos asociados.	Dada la investigación respectiva para cada uno de los lineamientos, en cuanto a beneficios o pérdidas ecológicas, sociales y económicas por la implementación de nuevas tecnologías en la sede, se consideran los más radicales con el fin de dar un diagnóstico de dicha propuesta.
Procesos administrativos (planeación, organización, dirección, control, coordinación, evaluación).	Una vez realizado el diagnóstico referente a la propuesta, se procede a evaluar los lineamientos estructurados por la parte administrativa.
Aprobación (documentación legal por parte de la Universidad)	Por último, definidos los puntos anteriores se realiza la aprobación de los aspectos referentes a la implementación de tecnologías para el aprovechamiento de los residuos y se define legalmente la documentación.

Fuente: Autor (2019).

Los métodos para la recuperación de materiales y energía definirán los cambios o puntos críticos que pueden llegar a tener en la sede en su proceso de manejo de residuos, consumo energético y de agua, como el manejo y aprovechamiento de los lodos y aguas residuales. Esto también dará un indicio de las condiciones en las que se presentan cada uno de los residuos y las afectaciones que pueden llegar a surgir al sistema, al personal, estudiantes o administrativos de la Universidad, lo cual se ve especificado a continuación:

Manejo de los residuos sólidos: *relacionando los residuos sólidos que se generan la Universidad, se determinan los aspectos que intervienen en el adecuado manejo. Entre los cuales se establecen:*

- **Disposición:** inadecuada disposición en los puntos ecológicos para la separación de los residuos por parte de los administrativos, estudiantes y otros, déficit de puntos ecológicos, falta de educación, alternativas y oportunidades de aprovechamiento de los residuos.

- **Manejo:** implementación de sistemas únicos de bolsas, combinación de materiales aprovechables y no aprovechables, personal no capacitado y sin actividades de manejo adecuado, falta de conocimiento de los beneficios atribuidos por el aprovechamiento de residuos.
- **Recolección por el personal:** personal no capacitado y contratado para la separación de los residuos, incremento de residuos a disponer finalmente, falta de elementos de protección personal para el manejo de los residuos finales.
- **Almacenamiento:** las instalaciones no cuentan con un sitio de almacenamiento adecuado para la disposición temporal de residuos, incluyen todos los tipos de residuos generados en la sede, aprovechables, no aprovechables, peligrosos y otros. Presencia de vectores y otro tipo de animales que interfieren en la descomposición de los residuos y aumentan las potencialidades de generar enfermedades.
- **Recolección servicio público:** se hace una disposición final del productor en los servicios de aseo, el cual recolecta casi el 100% de los residuos generados en la sede, a excepción de los lodos, residuos de jardín, cartones y plásticos de grandes volúmenes.

Manejo de residuos de lodos, jardín y aguas residuales: *relacionando los residuos de jardín, lodos y aguas residuales, se establecen los siguientes aspectos en cuanto a su manejo.*

- **Aguas Residuales:** el aprovechamiento efectuado para las aguas residuales parte del tratamiento que es dado por la PTAR, no se tiene un estudio de las condiciones con las que son recuperadas y pueden presentar microorganismos patógenos.
- **Lodos residuales:** son usados para los jardines, no cuentan con un manejo desfavorable que afecten los sistemas.
- **Residuos de Jardín:** no son aprovechados, son depositados a la intemperie para su degradación natural.

Alternativas y potencial

Para efectuar un adecuado manejo y generar un aprovechamiento significativo, se debe tener en cuenta la gestión descrita anteriormente de los residuos para establecer y obtener aquellos que sean de interés, con el fin de definir los criterios establecidos de cada una de las tecnologías (digestión anaeróbica y codigestión) para la generación de energía y la proporción de nutrientes, así mismo, el manejo de las aguas residuales y el uso que será dado para cada uno. Estos potenciales son definidos con relación a las tecnologías más adecuadas y las capacidades de los diferentes residuos con relación a las alternativas definidas, para la búsqueda del cumplimiento y desarrollo de los escenarios.

De este modo, relacionando las tecnologías que fueron establecidas, ya que su funcionamiento es relativamente el mismo, proporcionando los mismos beneficios se define como principal el uso de la digestión anaeróbica la cual es una de las tecnologías con mayor accesibilidad para aproximar un valor del potencial de nutrientes Nitrógeno, Fósforo y Potasio, como la recuperación de energía o biogás que son estimados para cada uno de los residuos los cuales son identificados en el numeral correspondiente a variables de análisis, en el que se representan las potencialidades independientes del aprovechamiento de los residuos.

12.3.3 Análisis de viabilidad financiera sobre las alternativas seleccionadas y los escenarios más probables

Por medio de la capacidad de recuperación de nutrientes y energía, los cuales son participes con las alternativas de aprovechamiento definidas anteriormente, se establecen dos tipos de estados, el actual siendo este en el que se manejan algunos de los residuos y se genera un costo de consumo de agua y energía, como el costo que tiene la recolección y manejo de los diferentes residuos, y el otro que es el apuesta, es decir, el estado al que se quiere llegar, en este caso la Universidad pretender aprovechar los diferentes residuos estimados para el proyecto donde obtenga como beneficio nutrientes y posibilidades de generar energía por medio de los mismos, esto incluirá nuevas variables para el proceso teniendo como referencia los aspectos técnicos que se deben considerar para la recepción y adecuación de los residuos a fin de aprovechar la totalidad de los mismos. De igual forma, de acuerdo con lo establecido, se pretende estimar el valor económico que representaría el aprovechamiento de los residuos generados en la sede a partir de lo que se define en cuanto a la viabilidad, para esto se estima si las necesidades identificadas se pueden satisfacer utilizando las tecnologías actuales. Permitiendo establecer si el sistema propuesto es rentable y si se pueden desarrollar dadas las limitaciones presupuestarias existentes, igualmente permite tomar decisiones con relación a los costos de transporte y manejo de los residuos, como si las tecnologías se ajustan adecuadamente al proceso y el potencial de los recursos recuperados por estas.

Estado Actual

En este estado, se identifican los aspectos referentes a los gastos que implica el manejo y recolección de los diferentes residuos, teniendo en cuenta que la universidad no tiene ingresos referentes en ningún aspecto establecido por el manejo y aprovechamiento de los mismos, como también, considerando que la venta de cartón y plástico de grandes volúmenes son escasamente realizados y los ingresos por esto son muy poco probables, por lo cual el mayor aspecto a evaluar son los costos generados por el manejo, disposición y consumo de los residuos, agua y energía en la sede de Chía de la Universidad El Bosque. Contando con la información referente a los costos por consumo, representados en el Anexo B, se definen los costos mensuales como se muestra a continuación:

Tabla 26. *Costo mensual del manejo de los diferentes residuos, consumo de agua y energía.*

Aspecto	Precio	Cantidad	Costo ($/mes)
Recolección – Transporte	567,29 $/kg	600 kg/mes	340.371
Disposición final	151,72 $/kg	600 kg/mes	91.032
Consumo de Agua	10584,46 $/$m^3$	120,65 m^3/mes	1.277.015
Consumo de Energía	61,84 $/KWh	7170 KWh/mes	443.404
Costo del Manejo de Residuos y consumo			2’151.821

Fuente: Autor (2019).

Teniendo en cuenta la información calculada en la tabla anterior, se tiene en cuenta el costo mensual del manejo de los residuos por parte de la empresa, el consumo de agua y el consumo de energía el cual corresponde a $ 2’151.821 mensual aproximadamente, anual corresponderá al valor multiplicado por 9 meses que son los meses en los que los estudiantes, personal, directivos y académicos, se encuentran en

la sede en las actividades cotidianas, contando los otros meses de receso sin actividad alguna en la sede. Por lo cual el valor anual del costo será de $19’366.389 anual.

Contextualizando el costo que se genera anual en promedio dada la información anterior, se procede de acuerdo con las proyecciones ya establecidas de residuos, agua y energía a realizar el costo de lo que generaría el manejo actual de los residuos, el consumo de energía y agua por los siguientes años en la sede.

Tabla 27. *Costo mensual por año del 2019 -2024 del manejo de los residuos sólidos, consumo de agua y energía.*

Aspecto	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Recolección – Transporte	612673,2	578635,8	629691,9	740313,45	748822,8	829945,27
Disposición final	163857,6	154754,4	168409,2	197994,6	200270,4	221966,36
Consumo de Agua	2938246,1	3354215,374	3770184,65	4187212,38	4603181,65	5019150,93
Consumo de Energía	586243,2	643383,36	700523,52	757663,68	814803,84	871944
Total ($/mes)	4’301.020,10	4’730.988,93	5’268.809,27	5’883.184,11	6’367.078,69	6’943.006,56
Total ($/año)	38’709.180,86	42’578.900,41	47’419.283,45	52’948.656,95	57’303.708,25	62’487.059,06

Fuente: Autor (2019).

Tabla 28. *Costo mensual por año del 2025 -2030 del manejo de los residuos sólidos, consumo de agua y energía.*

Aspecto	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Recolección – Transporte	889510,72	933759,34	1004103,3	1056294	1113590,27	1174857,59
Disposición final	237896,96	249731,12	268544,4	282502,64	297826,36	314212,12
Consumo de Agua	5435120,2	5852147,93	6268117,21	6684086,5	7100055,77	7516025,05
Consumo de Energía	929084,16	986224,32	1043364,48	1100504,6	1157644,8	1214784,96
Total ($/mes)	7’491.612,05	8’021.862,71	8’584.129,39	9’123.387,75	9’669.117,20	10’219.879,72
Total ($/año)	67’424.508,45	72’196.764,43	77’257.164,53	82’110.489,75	87’022.054,78	91’978.917,44

Fuente: Autor (2019).

Relacionando la información para los años posteriores al 2019 se determina que el costo del manejo actual de los residuos y el consumo de energía y agua proyectados para los años en mención, generaría un costo elevado para la institución llegando aproximadamente al 2030 con un costo de $ 91’978.917,44 anual.

Estado Apuesta

En cuanto al estado apuesta, se tienen en cuenta los valores referentes al precio definidos anteriormente para estimar el costo posterior al aprovechamiento de los residuos y la implementación de tecnologías (digestión anaeróbica) para la obtención de energía y nutrientes, para esto se estima el costo que incluye las capacitaciones al personal para la gestión y otros procesos para el manejo de estos, como los ingresos que se podrían establecer para la Sede de Chía de la Universidad El Bosque dados por el aprovechamiento.

Tabla 29. *Costo mensual del manejo posterior al aprovechamiento de los diferentes residuos, consumo de agua y energía.*

Aspecto	Precio	Cantidad	Costo ($/mes)
Recolección – Transporte	567,29 $/kg	148,26 kg/mes	84.106,42
Disposición final	151,72 $/kg	148,26 kg/mes	22.494,01
Consumo de Agua	10584,46 $/$m^3$	30,16 m^3/mes	319.227,31
Consumo de Energía	61,84 $/KWh	4687,32 KWh/mes	289.863,87
Implementación del biodigestor anaeróbico + capacitación	(Torres, Diaz, & Ramos, 2008)		856.600 total
Costo del Manejo de Residuos y Consumo			**1’572.291,61**

Fuente: Autor (2019).

Por medio de la información suministrada por un informe establecido por el Portal Profesional Medioambiental, titulado Green Line Smart City (2013), se estima que el porcentaje del uso de las unidades sanitarias, corresponde al 75% del total del agua, así mismo de acuerdo con un informe definido por el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (2017), estima que el 10% del total del agua tratada se usa para el consumo humano y cocinas, el demás porcentaje es usado en diferentes actividades, para esto, teniendo en cuenta la recirculación del agua, se toma como referencia el valor del porcentaje estimado en el uso de unidades sanitarias para definir en el estado apuesta la recirculación de estas aguas residuales tratadas en este sistema. Para el cual se saca el 75% del valor definido para el agua residual de 120,65 m^3/mes, dando un valor de 90,49 m^3/mes, teniendo en cuenta esto, el valor por el cual se cobrará de consumo de agua será del valor restante de 30,16 m^3/mes.

Considerando la recuperación de energía por medio de los residuos y la recirculación del agua tratada en las unidades sanitarias, se estima que el costo tomando como base la implementación de la tecnología escogida, correspondiente al biodigestor anaeróbico, el costo que se establece para la sede en el estado apuesta, está definido por un valor de $ 1’572.291,61 mensual y un costo de $14’150.624,49 anual.

Así mismo, se establece el costo con la recuperación de los diferentes residuos para la generación de energía, como el manejo ideal de los residuos y la recirculación del agua en las unidades sanitarias, para esto, se estiman los siguientes valores mensuales:

Tabla 30. *Costo mensual por año del 2019 -2024 con la recuperación de los residuos sólidos, recirculación de agua y producción de energía.*

Aspecto	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Recolección – Transporte	151575,3	143154,5	155785,8	183153,5	185258,8	205328,5
Disposición final	40538,4	38286,2	41664,4	48983,9	49546,9	54914,5
Consumo de Agua	734561,5	838553,8	942546,2	1046803,1	1150795,4	1254787,7
Consumo de Energía	392948,8	455059,5	504743,8	545729,7	601627,2	646920,9
Total ($/mes)	1319624,0	1475054,1	1644740,2	1824670,2	1987228,3	2161951,5
Total ($/año)	11’876.616,25	13’275.486,71	14’802.661,81	16’422.031,67	17’885.054,45	19’457.563,86

Fuente: Autor (2019).

Tabla 31. *Costo mensual por año del 2025 -2030 con la recuperación de los residuos sólidos, recirculación de agua y producción de energía*

Aspecto	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Recolección – Transporte	220065,0	231012,1	248415,2	261327,1	275502,2	290659,8
Disposición final	58855,7	61783,5	66437,9	69891,2	73682,2	77736,1
Consumo de Agua	1358780,1	1463037,0	1567029,3	1671021,6	1775013,9	1879006,3
Consumo de Energía	695362,6	746041,0	792908,7	842427,3	891200,4	939393,5
Total ($/mes)	2333063,3	2501873,5	2674791,0	2844667,2	3015398,8	3186795,6
Total ($/año)	20’997.569,43	22’516.861,66	24’073.119,15	25’602.004,99	27’138.589,1	28’681.160,76

Fuente: Autor (2019).

Por medio de los datos calculados, se estima que para el 2030, el costo por manejo de los diferentes residuos y el aprovechamiento de estos proporciona como la totalidad al año mencionado la cantidad de $ 28’681.160,76 anual para el estado apuesta. Por último, se establecen los valores referentes a la inversión realizada en cuanto a la implementación del biodigestor anaeróbico como se muestra a continuación:

Tabla 32. *Inversiones realizadas para el desarrollo del proyecto.*

Inversión	2019		2020	2021	2022	2023	2024
	-$ 856.600	$ 193.294	$ 188.324	$195.780	$211.934	$ 213.177	$ 225.023

2025	2026	2027	2028	2029	2030
$ 233.722	$240.183	$250.456	$258.077	$ 266.444	$ 275.391

Fuente: Autor (2019).

Cabe resaltar que, para la inversión de las tecnologías expuestas, se estima el año 2019 como el año inicial donde en este, se supone iniciar la recuperación de los diferentes residuos definidos generados en la sede. Por último, de acuerdo con la tabla anterior y por medio de las funciones establecidas en Excel se determina el tiempo de retorno de inversión la cual se identifica en la siguiente tabla:

Tabla 33. *Indicadores económicos.*

TIR	23%
VPN	$1.501.429,78
Tiempo de retorno de inversión	4,4 años

Fuente: Autor (2019).

Por medio de la información referida anteriormente, se define que el tiempo de recuperación de inversión es de 4,4 años partiendo del año 2019 que es el año donde se instauraría el biodigestor para la obtención de nutrientes y energía, por último, se estima el ahorro que representará hasta el 2030 la aplicación de esta tecnología, definiendo como un total de $59’634.218,72 para la sede.

13 Análisis y discusión

Realizando la caracterización de los diferentes residuos sólidos presentes en la sede de Chía de la Universidad El Bosque, por medio de la metodología de cuarteo planteada por la docente Edith Alayón, se determina en primera instancia que en la institución no se hace un aprovechamiento de algún tipo de residuo sólido originado, esto debido a la falta de educación ambiental de los estudiantes, el personal no está en capacidad para realizar la separación y el sistema de disposición de residuos (canecas) no resulta ser el adecuado. En otro caso, se obtienen valores considerables de la cantidad de residuos orgánicos de comida generados, ya que el porcentaje expuesto como promedio en los dos cuadrantes analizados, corresponde a un 75,26 % del total de los residuos siendo estos la mayor parte que se disponen en las canecas y puntos ecológicos, tanto por estudiantes como por restaurantes, igualmente el contenido de envases de icopor y de vasos desechables es representativo, sin embargo, debido a su material estos no simbolizan un contenido característico en peso, pero sí en volumen, por otro lado, los plásticos son otro porcentaje influyente de la cantidad total de los residuos sólidos generados, además de botellas plásticas se producen bolsas, empaques de alimentos, entre otros.

Tomando como referencia el valor del consumo energético, agua y la disposición de residuos generados al mes en diferentes años, los cuales se encuentran en la tabla 9, establecidos por la empresa de servicios públicos EMSERCHIA E.S.P., se estima un promedio de cada uno de los componentes con el fin de definir un consumo aproximado de energía (7170 KWh/mes), agua (120,65m^3/mes) en la sede, y la cantidad de residuos dispuestos en promedio (0,6 Ton/mes), ya que la población varía cada mes de acuerdo con el semestre y los estudiantes que ingresan mensualmente como los que asisten a las clases en la sede. Así mismo, este valor es el que define la cantidad de nutrientes y energía por cantidad de residuos establecidos en la sede. Aproximando el valor de toneladas recolectadas por la empresa, se estima que el valor recogido semanal corresponde a un total de 0,6 Ton/sem (600 Kg/sem), los cuales se distribuyen con un estimado de 75 Kg/día para los tres días previo a la recolección, que es realizada los días lunes y jueves identificado en la tabla 6, igualmente se define que esta actividad no se lleva a cabo domingos, ya que estos son los únicos días que no se presta servicio en la sede.

Considerando por otra parte la producción semanal y mensual de residuos sólidos por componente, se define que del total de 600 Kg/sem, 112,89 Kg/sem corresponden a los residuos orgánicos de comida del total recolectado por semana y mensual de 451,56 Kg/mes. De la misma manera, se estima la cantidad de residuos orgánicos de jardín que corresponde a 32,81 Kg/mes, como los residuos de lodos provenientes de la planta de tratamiento de agua residual que es de 969 Kg/mes de lodos con contenido de humedad y 332, 37 Kg/mes de residuos en masa seca, del mismo modo, se tiene como base que estos residuos no son dispuestos externo a la sede, ya que los residuos de jardín son arrojados a un costado de la sede para su descomposición natural y los lodos residuales son aprovechados como abono para los jardines, representando una gran cantidad de la totalidad de los residuos generados en la sede, así mismo, el agua residual posterior a su tratamiento actualmente debido a la exigencia por parte de la CAR, no es usada en ningún proceso, por lo cual su disposición final se basa en arrojarlas al Río Bogotá posterior a su tratamiento y está en búsqueda de nuevas alternativas.

En cuanto a las alternativas, teniendo en cuenta el tratamiento que estas aguas reciben para su posterior disposición, dando cumplimiento a los criterios de calidad exigidos por la norma (Resolución 1207 del 2014, adopta las disposiciones para el reúso del agua), se consideran para recircularse nuevamente en descarga de las unidades sanitarias, lavado de materiales, uso agrícola, para riego de pastos de consumo animal, cultivos no alimenticios para humanos o animales, cultivos para la obtención de biocombustibles, cultivos forestales de madera, áreas verdes en parques y campos deportivos, jardines en áreas no domiciliarias, uso industrial en actividades de enfriamiento de calderas, limpieza mecánica de vías, sistema de redes contra incendios, entre los cuales los más aptos para la sede son principalmente en descargas de sanitarios y riego de áreas verdes siempre y cuando se tenga como base los parámetros establecidos por la norma.

Por otra parte, por medio de las variables de cambio que fueron definidas para la sede, las cuales corresponden a la demografía, la capacidad instalada, el sistema institucional, el consumo de energía, disposición de residuos y la demanda de agua, como el contenido de nutrientes y energía. Se contempla la variable con mayor influencia en la sede que es la demografía, siendo esta la que presenta mayor incidencia en las demás variables, ya que se considera que todos los días o semanas la cantidad de estudiantes dispuestos en la sede no son semejantes, lo cual conlleva a una variación igualmente de la cantidad de residuos sólidos generados como de lodos residuales, aguas residuales y el consumo de agua y energía, para esto, se proyecta el total de estudiantes que serían dispuestos al 2030 con el fin de determinar si la sede soportaría esta cantidad, teniendo como resultado un total de 26.628 estudiantes para el año en mención, esto realizado a partir de una regresión lineal la cual permite definir qué tan exacta es la proyección, dando como resultado un valor de margen de error con un mínimo de (R^2=0,00433), considerando que el valor más cercano a 1 es el valor ideal.

Teniendo como base otra de las variables, -la capacidad instalada actual- y determinando que no se proyectan cambios en la infraestructura de la sede, se determina que el total de estudiantes que serían dispuestos al 2030 podrían disponerse normalmente en la sede sin generar algún tipo de cambio, ya que la capacidad diaria se establece en 1.595 estudiantes, y los estudiantes definidos anteriormente son estimados por año que serían dispuestos en la sede, lo cual varía de acuerdo a las clases que se toman en la misma y los estudiantes que asisten a estas. Así mismo, el consumo de energía y agua se determina de acuerdo con la cantidad de estudiantes que toman sus clases y que van a la sede, como la población

externa a la toma de clases en la sede, ya que estos otros actores definidos en la tabla 14, realizan igualmente el consumo de agua, energía y la disposición de residuos sólidos, con esto se calcula el consumo de energía per cápita, teniendo en cuenta la población anual y la proyección de energía por año, se fija que el consumo de energía se encuentra en un rango de 0,023 a 0,028 KWh/persona – día durante los años posteriores al 2019, el cual es un valor dependiente de las aproximaciones establecidas en cuanto a la población y la energía consumida. En cuanto al consumo de agua, estimando que este se realizó por medio de la dotación bruta para instituciones de media y educación superior, se estableció que la demanda de agua diaria definida por medio del caudal medio diario se proyecta como incremento anual relacionado con la población presente y proyectada para los diferentes años, por último, en cuanto a la generación de los residuos sólidos, se estableció que la producción per cápita de estos variará en un rango de 0,0022 a 0,0046 Kg/persona – día para los años proyectados.

De otro modo, se estableció el contenido de nutrientes presentes en los residuos generados en la Sede, donde se estimaron los rangos aplicables mayormente para Colombia definidos en la tabla 20 de acuerdo con los contenidos de N (Nitrógeno), P (Fósforo) y K (Potasio), con los cuales se realizó una búsqueda teórica del contenido aproximado de cada uno de estos para los residuos de comida, jardín, lodos y agua residuales los cuales se identifican en la tabla 22 con el fin de estimar los contenidos de nutrientes por medio de la cantidad de residuos identificados en kg/mes como también el contenido de energía presentes en cada uno de ellos, dando como resultado por la suma independiente del contenido de nutrientes de cada uno de los residuos, un total de 45,301 Kg/mes de Nitrógeno, 17,033 Kg/mes de Fósforo y un total de 7,657 Kg/mes de Potasio, contando que el agua residual no ofrece este nutriente como potencial de la misma.

Teniendo en cuenta la modelación por parte del diagrama Sankey, se establecen los residuos de mayor magnitud generados mensualmente en la sede, entre los cuales inicialmente se definen los lodos residuales (969 Kg) - (332,37 Kg base seca) y los residuos de comida (452 Kg) en mayor flujo que los lodos en base seca y los residuos de jardín (33 Kg), obteniendo como una totalidad de producción de residuos de 1453,57 Kg/mes, independiente de estos residuos se establece la generación de vertimientos los cuales corresponden a (121 m^3), para los cuales se estimaron por medio de la diagramación los contenidos y flujos de nutrientes y energía para cada uno de los residuos, siendo los residuos que mayor contenido de nutrientes presenta en cuanto a Potasio son los residuos de comida con 5,1 Kg/mes, Nitrógeno 20,9 Kg/mes y Fósforo 13,9 Kg en los lodos residuales. Como resultado del contenido energético definido por el total de los residuos se estima que para los residuos de comida la energía que pueden contener estos residuos es de 803,78 KWh/mes, residuos de jardín 81,70 Kg/mes y los lodos residuales en base seca 1597,22 KWh/mes siendo este el mayor residuo con potencial energético, dando un total de 2482,68 KWh/mes.

A partir del método de Schwartz el cual está establecido con el fin de determinar un conjunto de escenarios futuros que son proyectados a partir de diferentes alternativas propuestas de acuerdo con la situación actual de la sede de la Universidad, se estiman 4 escenarios, definidos como infraestructura sostenible, tecnologías de aprovechamiento, desarrollo del capital y normatividad, este método, permite estimar el escenario con mayor incidencia en la sede, de acuerdo con las variables que en este caso, se establecieron (Productivo – Administrativas, Ambiental – Tecnológicas), así mismo, en esta metodología

existe un escenario apuesta (+,+), dos escenarios alternativos (-,+) y un escenario catastrófico (-,-), en donde se establece que el escenario apuesta corresponde a las tecnologías de aprovechamiento, siendo este el escenario más próximo proyectado a un futuro referido y desarrollado a partir de las variables que se fijan para que esto suceda, se establecen variables de índole administrativas y tecnológicas, las cuales permitirán una mejora productiva y ambiental, esto por medio de la estimación del contenido de nutrientes y energía de los diferentes residuos generados en la sede, los cuales permitirán cambios benéficos para esta, en cuanto a los aspectos ambientales que le corresponden como la disminución de los impactos generados en suelo, agua y aire, aumento de trabajo inclusivo, reducción de consumo eléctrico prestado por la empresa de servicios públicos, entre otros, siendo este el escenario con más miras al futuro y al que se quiere llegar aplicando las tecnologías definidas (digestión anaeróbica).

En cuanto a los escenarios alternativos correspondientes a la infraestructura sostenible y la normatividad, estos escenarios son establecidos a partir de lo que aún no se desarrolla y aplica, pero que puede ser ajustado de acuerdo con el escenario apuesta, por lo cual, para llegar a una infraestructura sostenible, se deben establecer medidas que permitan la mejora en este caso de la gestión de los residuos y el consumo de agua y energía, a fines de implementar diferentes tecnologías que permitan el aprovechamiento de estos residuos generando energía y nutrientes, como la recirculación del agua y minimización del consumo, así mismo, dando cumplimiento a la normatividad estipulada para el uso, disposición, manejo de los residuos y vertimientos como los aspectos definidos por estas, con relación a los procesos tecnológicos que permitan la recolección, tratamiento, procesamiento, aprovechamiento y la disposición final. Por último, está el escenario catastrófico el cual es definido por el desarrollo del capital deficiente, siendo este el escenario al que no se quisiera llegar en un futuro próximo y es estimado por las variables de la inadecuada administración que conlleva a un no desarrollo tecnológico, es decir a un capital productivo deficiente causando daños ambientales al capital natural y un sistema de capital humano pobre, lo que surgiría la pérdida de trabajo laboral, niveles de conocimiento y educación escasa, como el capital social sobrepasando las normas y reglas definidas para llegar a la meta de cumplimiento propuesta.

Así mismo, teniendo en cuenta lo anterior, por medio de la digestión anaeróbica la cual puede ser aplicada para la recuperación de nutrientes, energía, gas y otros, las cuales permitirán el cumplimiento normativo definido que le compete a la Universidad establecidos en la tabla de normatividades aptas para el proyecto, como los criterios para formar una universidad con infraestructura sostenibles y así mismo, generar oportunidades de desarrollo del capital dando como finalidad el cumplimiento y mejora de los diferentes escenarios propuestos a futuro, esto por medio de las tecnologías que se han definido actual y a futuro, las cuales se establecen en el marco de los estados de la sede, previo, actual y a futuro establecidas en las figuras 26, 27 y 31 respectivamente, permitiendo dar un ideal de lo que se tenía previo a la implementación de tecnologías, con las cuales el manejo de los residuos sin excepción de los residuos de las unidades sanitarias se llevaban finalmente a un relleno sanitario.

Con la adecuación de la infraestructura para la toma de clases se dio por necesaria la implementación de la PTARD para el manejo de los residuos de las unidades sanitarias y las cocinas, ya que la institución no ha contado con un sistema de alcantarillado para manejar estos residuos, igualmente, los demás residuos a excepción de los residuos de jardín que son arrojados para su descomposición natural, los

cartones y plásticos de envases de grandes volúmenes son actualmente dispuestos en el relleno sanitario. Esta nueva tecnología (PTARD), ha permitido el tratamiento del agua residual y los lodos provenientes de los residuos de los baños y las cocinas, adecuándolos para ser aprovechados de una forma convencional en el uso de lodos para abono y aguas residuales para jardines, lo cual por medio de lo establecido por la CAR de no usar las aguas residuales para riego, se está en proceso de búsqueda de alternativas para no disponerlas directamente al río, de este modo se definen las tecnologías futuras que servirán de sustento para seguir en proceso de mejora en cuanto al aprovechamiento de los residuos orgánicos, lodos y aguas residuales para evitar las implicaciones ambientales que el manejo inadecuado de los residuos ocasiona, brindando así los nutrientes necesarios para ser manejados como suplente de fertilizantes químicos acondicionando las propiedades del suelo naturalmente, la recuperación de energía que se estipula por la recuperación de cada uno de los residuos y el uso de agua residual tratada en otras alternativas como las ya mencionadas.

Las tecnologías definidas en la sección de tecnologías de aprovechamiento, descritas en las figuras 28 y 29, las cuales permiten la recuperación de gases para la producción de electricidad por medio de la gasificación casi total de los residuos orgánicos que se definen por medio de la pirólisis. Otra de las tecnologías establecidas para la recuperación de biogás para la generación de energía eléctrica y el tratamiento de aguas residuales son las lagunas de estabilización, las cuales tienen un proceso más prolongado para la obtención de los materiales, entre otras de estas tecnologías se define la digestión anaerobia y la codigestión, estas permiten la recuperación de biogás, energía y biofertilizantes que se exponen en la tabla específica para los impactos potenciales generados por las distintas prácticas de gestión de residuos, donde se identifican igualmente los tipos de materiales recuperados, siendo la función de estas dos tecnologías similar, diferenciándose únicamente en que la codigestión tiene la posibilidad de mezclar diferentes tipos de residuos, aceites y grasas definiendo un límite en su uso, siendo estas las tecnologías con mayor viabilidad para el aprovechamiento en la sede, establecida la digestión anaeróbica como la más apta para la sede, la última de las tecnologías definidas, corresponde a la combustión la cual permite la recuperación de vapor para la generación de electricidad, estas tecnologías descritas anteriormente pueden generar impactos negativos de acuerdo con el manejo y mantenimiento que sean realizados en cada una de estas, ya que un inadecuado manejo independientemente del tipo de tecnología podría ocasionar riesgos de fugas tanto líquidas, sólidas y gaseosas, que puedan perturbar las condiciones naturales del medio y a su vez riesgos a la salud humana.

La recuperación de lodos residuales por medio del tratamiento de los mismos originados de las cocinas y las unidades sanitarias, permiten la obtención de diferentes tipos de nutrientes que de acuerdo con Cofie, et al (2010), se encuentra el nitrógeno, que es usado sistemáticamente para ser proporcionado al suelo y el Fósforo, donde estos al tener contacto con los cuerpos de agua, tienen un impacto negativo debido al alto contenido ocasionando la sobreproducción de algas y la eutrofización del agua, estos contenidos de materia orgánica y nutrientes contenidos en los lodos residuales, pueden ser fácilmente reusados y reciclados como fertilizante natural y acondicionador del suelo para fertilizar cultivos, mejorar la estructura del suelo, incrementar la retención del agua, reducir plagas y enfermedades asociadas como ser usados en estanques piscícolas, sin embargo, las personas en su mayoría hacen caso omiso al potencial que tiene estos residuos debido al desconocimiento, percepciones negativas y posibles riesgos para la salud asociados. Así mismo, la orina humana es también fuente de nutrientes de fácil acceso para las

plantas, para esto el contenido exacto de nutrientes depende del consumo de alimentos por persona, ésta orina que podría ser recolectada, tendría que ser procesada y usada como un fertilizante local en la producción agrícola, de este modo cerrando el ciclo de los nutrientes. Estos nutrientes que son proporcionados por la orina permiten un crecimiento más saludable y de mayor rendimiento en cualquier plantación o cultivos establecidos.

En cuanto a los residuos orgánicos, por medio de la implementación de tecnologías además de permitir la obtención de altos contenidos de nutrientes como el Fosforo, Potasio y Nitrógeno, permiten mejorar las condiciones del suelo y siendo estos los residuos con mayor capacidad de degradabilidad en un menor tiempo, como se muestra en el Anexo A pueden ocasionar diferentes tipos de residuos contaminantes como los lixiviados, generando perturbaciones en las fuentes de aguas superficiales, la fauna y flora contenida y el suelo, esto principalmente generado por la disposición final en el Relleno Sanitario sin considerar el potencial, generado emisiones de gases de efecto invernadero como el metano.

La selección de alternativas técnicas ya mencionadas, permiten aprovechar aquellos residuos que actualmente la sede no considera en su mayoría como potencial para la obtención de nutrientes, energía y reducción de costos vinculados en los procesos de manejo y recolección de estos, para lo cual, estableciendo la participación de los estudiantes, personal encargado del manejo de residuos, personas de las cocinas o restaurantes, pueden mejorar el sistema de clasificación y aprovechamiento de los diferentes residuos sólidos generados, ya que como se ha visto desarrollado durante el trabajo, no se ha una clasificación y aprovechamiento de estos, considerando que los residuos sean manejados adecuadamente, se pueden implementar las tecnologías establecidas de acuerdo con los criterios de funcionamiento y la evaluación de perjuicios y los posibles impactos a generar en el medio y la salud humana, promoviendo el uso eficiente del agua, reducción de residuos dispuestos finalmente, costos de recolección, obtención de nuevos procesos como energía, biogás y nutrientes, entre otros beneficios relacionados a esto, sin embargo, para llegar al aprovechamiento óptimo de los residuos ya mencionados se deben tener en cuenta ciertos aspectos técnicos definidos en la sección 1.1.2 para mejorar la gestión que se lleva a cabo actualmente en la sede de los residuos sólidos, los residuos de jardín y los residuos resultantes de la Planta de Tratamiento.

Por otro lado, definiendo las capacidades y potencialidades de los diferentes residuos, se realiza la viabilidad financiera que acarrea la recuperación de estos residuos, con los cuales se precisan dos estados, el primero considerando el estado actual relacionado al manejo de los diferentes residuos de la sede, en los cuales se incluye la recolección y transporte, la disposición final, el consumo de agua y el consumo de energía, a partir de esto, se especificó un costo correspondiente a $ 2’151.821 al mes, y proyectando el valor a 9 meses que son los meses estipulados para la prestación del servicio en la sede, se establece un costo de $ 19’366.389 que tienen como referencia la gestión de residuos y el consumo de servicios. De otro modo, se estableció el estado apuesta, siendo este el estado ideal de aprovechamiento de residuos por medio de la recuperación de nutrientes y energía, en los cuales se obtiene el valor correspondiente al año de implementación del biodigestor y el uso de esta para la obtención de energía, estimando un costo de $1’572.291,61, de igual modo, teniendo como base el costo de ambos estados, se procede a realizar una proyección al 2030, siendo este el año ideal para que la sede sea autosuficiente y genere el menor flujo de residuos sin aprovechamiento, minimizando los impactos asociados, así mismo, se obtiene que los ahorros respectivos al 2030 del estado actual y el estado ideal se encuentra en un total aproximado de $59’634.218,72, teniendo en cuenta esto, se estima el tiempo de recuperación de inversión que se

establece de 4,4 años partiendo del año en curso de la implementación del biodigestor, este tiempo se relaciona respecto a los ahorros anuales que se presentan por la obtención de nueva energía, considerando que la sede no obtendría ingresos económicos sino un ahorro anual del consumo energético de $2.751.805,65, de la recolección y transporte de residuos correspondiente a un valor de $7.760.959,93, la disposición final de estos $2.075.645,33 y un ahorro del agua de $47.045.807,81 al 2030.

Igualmente, se determina la TIR (Tasa Interna de Retorno), con la cual dada la inversión definida en la tabla 32, se calcula un 23% siendo este el valor dado en porcentaje de beneficio que tendrá esta inversión, es decir que tan rentable es esta inversión y si el proyecto es viable para su recuperación, de igual modo, se define el Valor Presente Neto de $1.501.429,78 estimado del 2019 al 2030, indicando que la viabilidad del proyecto es aceptable y al final indicará un mayor beneficio que el costo que representa.

En lo que respecta al factor social, los aspectos a manejar para una gestión adecuada y la recuperación de materiales que pueden ser transformados y recuperados como potencial, ya sea económico o de materiales y energía, se deben establecer principalmente actores que permitan la separación de estos residuos, como la inclusión de recicladores de oficio los cuales dispongan adecuadamente de los residuos aprovechables como cartón, vidrio, papel y plástico, con el fin de reducir la cantidad de estos dispuestos finalmente en el relleno sin aprovechamiento alguno, y que por medio de otros actores (transformadores) los residuos con mayor tiempo de degradabilidad puedan ser transformados en otro tipo de materiales a fin de cerrar el ciclo y aprovechar el potencial de aquellos que tienen una degradabilidad en un tiempo menor para la recuperación de nutrientes y reemplazar un cierto porcentaje del consumo energético y de agua a partir del adecuado manejo de estos. Sin embargo, el nuevo paradigma del ciclo cerrado del saneamiento no ha sido del todo incorporado para el uso de los residuos y de aguas residuales, ya que en muchos países no se considera el reúso de estos, por ser provenientes de los desechos humanos, esto principalmente por los impactos que estos residuos pueden provocar sobre la salud, las barreras culturales y el mayor enfoque sobre el suministro del agua en lugar de sus flujos de retorno, podrían ser las principales causas de que este paradigma no sea aplicado eventualmente en instituciones, municipios o países.

Finalmente, el proyecto desarrollado pretende definir los aspectos que se requieren para mejorar los sistemas de gestión integral de residuos, como el manejo de lodos y aguas residuales procedentes de la PTARD para el aprovechamiento y beneficio de la Sede de Chía - Cundinamarca de la Universidad El Bosque, en cuanto a la recuperación de nutrientes, energía, minimización en el consumo energético como el reemplazo de cierta cantidad de la misma y la recirculación del agua residual tratada, esto para dar cumplimiento a los criterios definidos para ejercer una economía circular donde los residuos sean nuevamente ingresados para ser aprovechados o se busquen externos para la transformación de estos, así mismo, aportar como institución al cumplimiento de algunos de los objetivos de desarrollo sostenible definidos como (Salud y bienestar, agua limpia y saneamiento, energía asequible y no contaminante, ciudades y comunidades sostenibles, producción y consumo responsables) que requiere Colombia como meta al 2030.

14 Conclusiones

De acuerdo con la proyección realizada al 2030, se concluye que el cambio demográfico, presenta gran variabilidad en la capacidad instalada, contenido de nutrientes, consumo energético, demanda de agua y disposición de residuos, representando un total de consumo en términos de energía para el 2019 de 9.489 KWh/mes y al 2030 de 19.644 KWh/mes, con una diferencia de 10.155 KWh/mes, así como para la demanda de agua en el 2019 de 277,6 m^3/mes al 2030 de 710,1 m^3/mes, con una diferencia de 432,5 m^3/mes, en cuanto al transporte, recolección y disposición de residuos para el 2019 es de 1080 Kg/mes y al 2030 de 2071 Kg/mes, con una diferencia de 991 Kg/mes. Nuevas tecnologías como el biodigestor podrían representar a futuro el cumplimiento normativo, promocionar el desarrollo de una infraestructura sostenible y la minimización de un desarrollo de los capitales deficiente, además al implementar estas tecnologías se impulsa a una disminución del costo por medio del uso de ahorro energético equivalente en pesos aproximadamente a un valor de $2’751.805, agua $47’045.807, transporte de residuos $7’760.959 y disposición final de $2’075.645, aprovechando los residuos propuestos para el proyecto.

Los residuos producidos por la comunidad estudiantil, administrativa y de servicios, en la sede Chía de la Universidad El Bosque, corresponden a residuos ordinarios, provenientes de restos de comida, plásticos, cartón, entre otros. Así como también, residuos de jardín, lodos y aguas residuales; teniendo en cuenta lo anterior se hizo un análisis de los contenidos de nutrientes, estimando la cantidad de estos en el total de los residuos, tales como: Nitrógeno 45,301kg/mes, Fósforo 17,033 kg/mes y en menor proporción Potasio 7,657 kg/mes, con los cuales se indican que los flujos de residuos disponibles en la sede promocionan un alto contenido de nutrientes para ser aprovechados en los diferentes jardines u otros factores definidos en la sede, a fines de evitar los impactos generados por el manejo inadecuado de estos.

El contenido energético de los residuos orgánicos de comida y poda de jardín, como lodos residuales, pueden suplir un aproximado en energía de 2482,68 KWh/mes, sin embargo, esto varía de acuerdo con la población flotante de la sede, los cuales según las proyecciones establecidas pueden tener un aumento, lo que generaría mayor cantidad de energía en el 2019 de 3125,72 KWh/mes y en el 2030 de 4453,29 KWh/mes a partir de los diferentes residuos.

Efectuando un análisis de viabilidad financiera, con respecto al aprovechamiento de los residuos orgánicos y los provenientes de la PTAR e implementando el biodigestor anaeróbico, como alternativa técnica de potencial energético y de nutrientes actuales y a futuro, se estableció que estos pueden proporcionar un ahorro significativo en costos proyectado al 2030 de $59’634.218,72, la cual establece el cumplimiento y desarrollo del escenario apuesta precisado para la sede. Dicha inversión se recuperaría en un tiempo aproximado de 4,4 años y de acuerdo con los indicadores económicos VPN de $1’501.429 y TIR de 23% se determina como un proyecto viable financieramente para la institución.

15 Recomendaciones

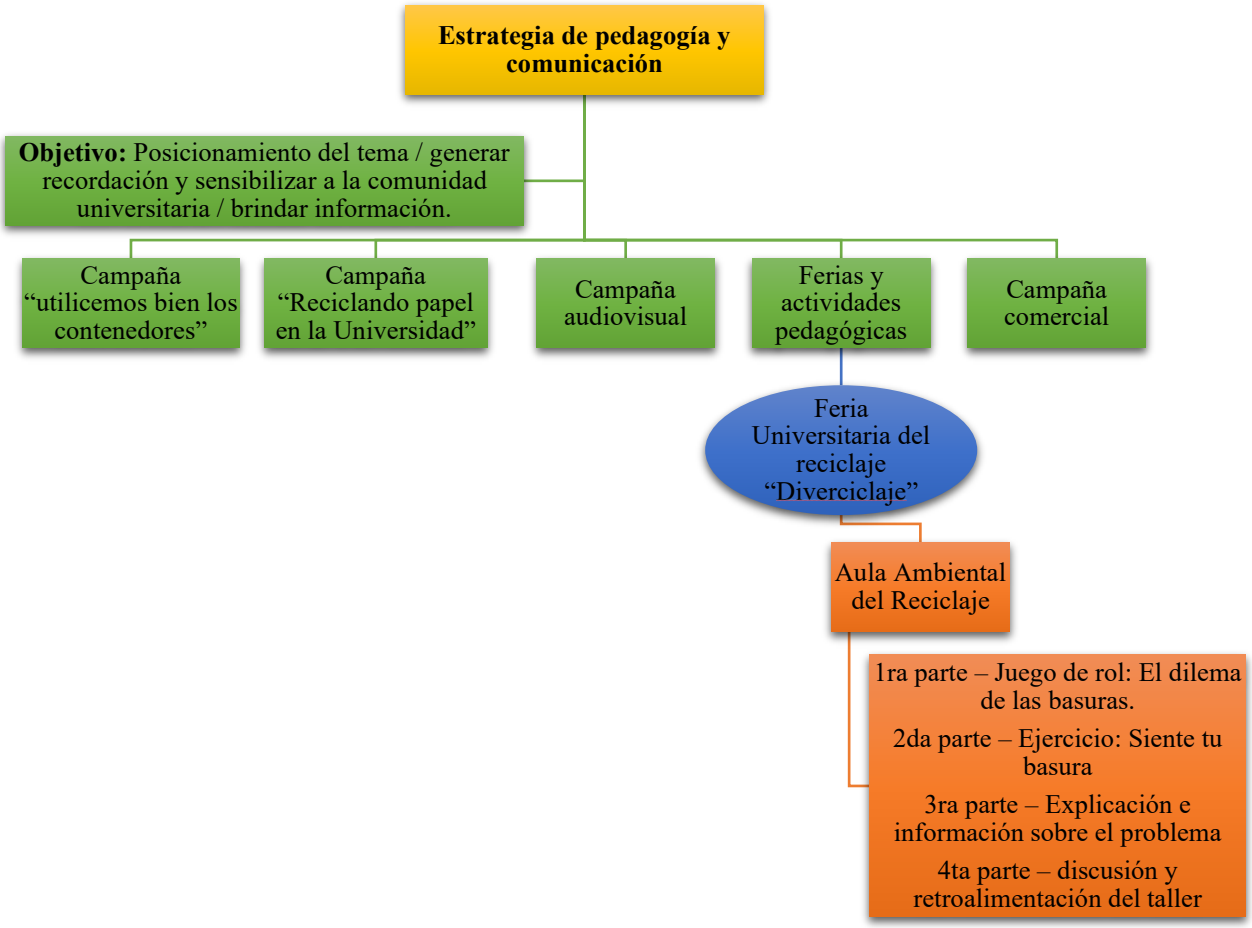
Contemplando la situación actual de la Sede de Chía de la Universidad El Bosque, se tiene como principal recomendación el alcance de la Unidad de Gestión Ambiental para la sede, ya que aunque se hagan ciertos avisos de visitas que son escasamente programadas y cumplidas, los mecanismos implementados en la sede de Usaquén, como programas, proyectos y actividades para el manejo de residuos y otros aspectos son poco propuestos en la Sede de Chía, esto porque los responsables y administradores son independientes de cada una de las sedes, estableciendo personal y encargados diferentes, por lo cual, la Unidad de Gestión Ambiental es netamente para la sede principal.

Para esto, se recomienda realizar o delegar actores encargados de la Sede de Chía, para el manejo de los diferentes residuos allí propuestos, como programas y proyectos que permitan una mejora en los temas ambientales que le competen y así mismo, tener participación conjunta y se genere información mutua que permitan conocer el estado de cada una de las sedes.

En cuanto al manejo de los diferentes residuos, identificando que no se tienen sistemas de separación en la fuente efectivos, esto tanto por el sistema de bolsas, puntos ecológicos y canecas de la basura, como por el desconocimiento de las personas que son generadoras de los diferentes residuos, para esto, se recomienda mejorar el sistema de puntos ecológicos y el aprovechamiento de los residuos, por medio del fomento de buenas prácticas ambientales dentro de la institución, la implementación de estas prácticas, podrían ser incentivadas a partir de la adquisición de productos ambientalmente sostenibles generados por el reciclaje, el cual permita igualmente la disminución de los residuos per cápita, la disminución del pago de tarifas por recolección (por reducción de volúmenes en ser transportados y dispuestos en los sitios de disposición final).

Por otro lado, teniendo en cuenta lo descrito por Ochoa (2010), se requiere contar administrativamente con comités, consejos o grupos ambientales o ecológicos para la socialización de los temas de esta índole que le corresponden a la Universidad, así mismo, brindar opciones de información referente al tema que es de carácter educativo, por medio de sistemas informáticos como correos, infografías, videos, publicaciones, entre otros, como también carteles en pasillos y cafeterías estratégicas, igualmente se puede fortalecer la cultura de reciclaje por medio de documentales, arte, concursos de fotografía o arte del reciclaje. Para esto, se podría tomar en cuenta el siguiente esquema que permitirá la comunicación a los estudiantes en cuanto al manejo de los residuos:

Figura 32. *Esquema estrategia de pedagogía y comunicación.*



Fuente: Tomado y adaptado de Hernández & Guacaneme (2010).

Igualmente se requiere encargados que establezcan dentro de la sede centros de acopio de materiales reciclables, sistemas de recolección internos con rutas definidas, caracterización de residuos permanentemente, contenedores, manejo de los residuos por su composición y naturaleza (orgánicos putrescibles – constituido por residuos de comida-), residuos aprovechables y no aprovechables, desechos sanitarios y especiales.

Así mismo, se recomienda involucrar a recicladores de oficio en la zona donde se encuentra la sede, la cual considerando que estos actores no tienen una mayor presencia en esos sectores por el desconocimiento cuantitativo en disposición de material reutilizable, se define que las empresas o sectores de comercio cercanos a la sede, pueden convocar por zona estos actores, para la recolección y manejo final de estos residuos que pueden ser aprovechados. Por otro lado, teniendo en cuenta el sitio de almacenamiento de los residuos, no comparten una técnica de señalización y los diferentes residuos son depositados en el mismo cuarto, lo cual genera contaminación de aquellos que pueden ser aprovechados por la disposición de los residuos de manejo especial y los residuos convencionales, esto igualmente genera la aparición de nuevos vectores e insectos que se presentan en la basura cuando no se encuentra en un estado de manejo adecuado.

Considerando los problemas más comunes identificados en la sede los cuales son relacionados con el manejo de los residuos sólidos, se establece que debe mejorarse los sistemas de almacenamiento las cuales están definidas por canecas sin separación depositadas en los salones y alrededores de ellos, ya que se cuenta escasamente con puntos ecológicos para dicho proceso, se evidencia igualmente una mala gestión de las bolsas internas, ya que muchas de estas eran incluidas en la basura con pocos residuos, déficit en la señalización de los puntos estratégicos para el almacenamiento de los mismos y los rótulos que son el problema más común no se encuentran bien diseñados y están actualmente desgastados.

Relacionando las problemáticas presentadas en la gestión de los residuos, se proponen las siguientes estrategias definidas por Guevara (2010):

- Adecuación de puntos de separación den la fuente (puntos ecológicos): Estos puntos tienen como fin la clasificación de los residuos de acuerdo con material, que posteriormente puede ser donado o comercializado, presentando una menor cantidad de residuos a disponer en el relleno sanitario, es una estrategia clave en la reincorporación del material en ciclos productivos.
- Diseño e implementación de piezas gráficas y realización de eventos asociados a la sensibilización y capacitación frente a los residuos sólidos: las piezas gráficas y la realización de eventos relacionados con la promoción y fortalecimiento de acciones que lleven reducir, reutilizar y reciclar los residuos es pertinente para una adecuada gestión de estos. Para esto se pueden introducir afiches, pendones, videos y salvapantallas con el fin de informar a la comunidad universitaria a participar en los programas desarrollados para su gestión.
- Reemplazo de vasos desechables por otros reutilizables como los de vidrio y cerámica: para reducir la generación de vasos plásticos, icopor y cartón, se puede adoptar el reemplazo de estos vasos por vasos de materiales que puedan volverse a usar, así mismo, se podrían implementar vasos biodegradables que puedan ser usados como compostaje.

Así mismo, de acuerdo con Montes (2010), se tiene como objetivo impedir o minimizar de la manera más eficiente, los riesgos para los seres humanos y el medio ambiente que ocasionan los diferentes residuos, para esto se definen las políticas ambientales para la gestión integral de los residuos, las cuales se basan en:

1. Minimización de la cantidad de residuos que se generan: la reducción en el origen es la forma más eficaz de reducir la cantidad y toxicidad de residuos, el costo asociado a su manipulación y los impactos ambientales que pueden generarse.
2. Aumentar el aprovechamiento racional de residuos generados: una forma efectiva de reducir la cantidad de residuos que van a los sitios de disposición final, la constituye el aprovechamiento racional de los residuos generados.
3. Mejorar los sistemas de eliminación, tratamiento y disposición final de los residuos: la gestión de los residuos sólidos no debe orientarse únicamente a establecer rellenos sanitarios, debe estudiarse la viabilidad de otros sistemas alternos de tratamiento o eliminación de residuos, que reduzca efectivamente su cantidad y peligrosidad, evitando de esta forma el uso del espacio disponible en los rellenos sanitarios. En todo caso, la gestión de los residuos debe orientarse a tener una disposición final controlada.

Por medio de la información suministrada y de los procesos que se deben llevar a cabo para un buen manejo de los residuos, se define como punto clave la adecuada separación de los mismo de acuerdo con sus características, ya que a partir de esto, la recuperación de los mismos puede llegar a ser exitosa y

obtener grandes proporciones de nutrientes, energía e implementar los lineamientos definidos para ejercer la economía circular y dar un aprovechamiento adecuado a los residuos generados en la sede, disminuyendo los impactos y los aspectos asociados a la gestión integral de los residuos que son aquellos que tienen un mayor problema en cuanto a su manejo.

16 Bibliografía

Acuerdo N° 139 de 2018. Concejo Municipal de Chía, Chía, Cundinamarca, 31 de julio 2018.

Andersson, K.; Dickin, S.; Rosemarin, A. *Hacia el saneamiento "sostenible": desafíos y oportunidades en áreas urbanas*. Sostenibilidad 2016, 8, 1289.

Andersson, K., Otoo, M. y Nolasco, M. (2018). *Los enfoques innovadores de saneamiento podrían abordar múltiples desafíos de desarrollo*. Ciencia y Tecnología del Agua, 77 (4). 855-58.

Andersson, K., Karlberg, L., Dickin, S., Bessonova, E., & Ddiba, D., (2018*). UrbanCircle: urban waste into circular economy benefits.* Stockholm Environment Institute.

Andersson, K., Rosemarin, A., Ddiba, D. I. W., (2017). *REVAMP: Resource Value Mapping.* UN Environment Programme and Stockholm Environment Institute.

Andersson, K., Rosemarin, A., Lamizana, B., Kvarnström, E., McConville, J., Seidu, R., Dickin, S. and Trimmer, C. (2016). *Sanitation, Wastewater Management and Sustainability: from Waste Disposal to Resource Recovery.* Nairobi and Stockholm: United Nations Environment Programme and Stockholm Environment Institute.

Arturo. (18 de septiembre de 2018). *El análisis costo-beneficio.* Obtenido de https://www.crecenegocios.com/el-analisis-costo-beneficio/

Asociación Colombiana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. (2017). *Modelación de flujos y contaminantes en ecosistemas acuáticos superficiales y subterráneos.* Barranquilla: Acodal.

Asociación Nacional de Empresarios de Colombia - ANDI (2018). *Consolidados datos ambientales Cámara de la Industria, Papel y Cartón.* Colombia, Bogotá. D.C.

Banco Mundial (2014). El elemento faltante en la prestación de servicios de saneamiento, un análisis de la gestión de lodos fecales en 12 ciudades. Programa de agua y saneamiento. Recuperado de: http://documents.worldbank.org/curated/en/695481468152376165/pdf/882580PRIORITY0search0Brief0SPANISH.pdf

Bedoya, K., Acevedo, J., Peláez, C., & Agudelo, S. (2013). *Caracterización de biosólidos generados en la planta de tratamiento de agua residual San Fernando, Itagüí (Antioquia, Colombia).* Salud pública, 783.

Casco, M., García, H., & Valero, J. (2014). *De residuo a recurso. El camino hacia la sostenibilidad*. Madrid: Mundi-prensa S.A.

Castañeda, M. S. (14 de noviembre de 2018). Proyectos de Expansión en la Sede de Chía. (L. Almanza, Entrevistador).

Castillo, L & Luzardo, M (2013). *Evaluación del manejo de residuos sólidos en la Universidad Pontifica Bolivariana seccional Bucaramanga.* Revista Facultad de Ingeniería, UPTC Vol 22 No. 34 pp. 71-84.

Climatedata.org. (2018). *Clima: chía*. Obtenido de https://es.climate-data.org/location/488128/

Cofie, O, Veenhuizen, R, Vreede, V &Maessen, A (2010). *Gestión de Residuos para la Recuperación de Nutrientes: Opciones y desafíos para la agricultura urbana*. Revista agricultura urbana, numero 23. Ruaf Foundation.

Conpes 3530. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Departamento Nacional de Planeación, Colombia, Bogotá. D.C. 21 de noviembre de 2016.

Conpes 3874. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Departamento Nacional de Planeación, Colombia, Bogotá. D.C. 23 de junio de 2008.

Contreras, Y. (2017). *Estado de la Vivienda y del Espacio Público en el Municipio de Chía.* Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.

Corporación Autónoma Regional – CAR (2018). *Objetivos y Funciones*. Ley 99 de 1993 (Articulo 31). Recuperado de: https://www.car.gov.co/vercontenido/5.

Dagerskog, L. and S. Dickin (2017). *Clean and Green: a new implementation framework for rural sustainable sanitation*. Stockholm Environment Institute.

Decreto 3930. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Constitución Política de Colombia, Colombia. 25 de octubre de 2010.

Ddiba, D. I. W., Andersson, K. and Rosemarin, A. (2016). *Resource Value Mapping (REVAMP): A tool for evaluating the resource recovery potential of urban waste streams.* Discussion Brief. Stockholm Environment Institute: Stockholm.

Diener, S., Semiyaga, S., Charles B., Murray, A., Birane, J., Mbéguéré, M., Effah, J., Zurbrugg, C., Strande, L. A value proposition: Resource recovery from faecal sludge—Can it be the driver for improved sanitation? Resources, Conservation and Recycling, Volume 88, 2014, Pages 32-38, ISSN 0921-3449, https://doi.org/10.1016/j.resconrec. 2014.04.005.

Elperiodicodechia. (2016). *Rechazo ciudadano al POT de chía.* Chía: Periódico de Chía.

Empresa de Servicios Públicos de Chía. (13 de septiembre de 2018). Servicios de Acueducto, Alcantarillado y Aseo. Obtenido de http://emserchia.gov.co/servicios.html

Emserchía E.S.P. (01 de diciembre de 2016). Plan anual de adquisiciones 2018. Obtenido de http://www.emserchia.gov.co/PDF/compras2018.pdf

Emserchía. (19 de febrero de 2019). Servicios. Obtenido de http://emserchia.gov.co/servicios.html

Espinosa Lloréns, M., López Torres, M., Mayarí Navarro, R., & Fernández Colomina, A. (2007). *La fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos como fuente potencial de producción de biogás.* CENIC Ciencias Biológicas, 33.

Green Line Smart City. (2013). Guía de buenas prácticas ambientales del agua. Obtenido de http://www.lineaverdeceutatrace.com/lv/guias-buenas-practicas-ambientales/buenas-practicas-sobre-agua/agua-ahorro-ciclo.pdf

Guerrero, Y. (15 de mayo de 2014). Técnicas e Instrumentos de investigación. Obtenido de http://claseseminarioinvestiga.blogspot.com/2014/05/tecnicas-e-instrumetos-de-investigacion.html

Guevara, A (2010). *Gestión Integral de Residuos Sólidos en Instituciones de Educación Superior.* Pontifica Universidad Javeriana. Fundación Cultural Javeriana de Artes Gráficas – JAVEGRAF- Bogotá, Colombia.

Guzmán Chávez, M., & Macías Manzanares, C. H. (2012). El manejo de los residuos sólidos municipales: un enfoque antropológico. El caso de San Luis Potosí, México. Scielo, 3,4.

Henao, G. J. (2008). *Aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos en Colombia.* Antioquia: Universidad de Antioquia.

Hernández, R & Guacamene S. (2010). *Gestión Integral de Residuos Sólidos en Instituciones de Educación Superior.* Pontifica Universidad Javeriana. Fundación Cultural Javeriana de Artes Gráficas – JAVEGRAF- Bogotá, Colombia.

Instituto Ambiental de Estocolmo (2018). Experiencia de SEI en Colombia. SEI Latinoamérica. Bogotá, Colombia.

Iturrioz, J. (2017). Análisis coste/beneficio. Obtenido de http://www.expansion.com/diccionario-economico/analisis-costebeneficio.html.

Justicia Ambiental. (2018). Red por la Justicia Ambiental en Colombia. Obtenido de https://justiciaambientalcolombia.org/herramientas-juridicas/legislacion-ambiental/

López, S, Ramírez, E, Cardoso, L, Mijaylova, N & Moeller, G (2000). *Tratamiento de lodos residuales municipales con un proceso aerobio – termofilico.* Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Morelos, México.

Martín, S. (2003). Análisis de escenarios en valoración de inversiones. Obtenido de https://es.scribd.com/document/237774678/Analisis-de-Escenarios

Mietzner, D & Reger, G. (2004). *Aprovechamiento de escenarios – Historia, diferencias, ventajas y desventajas*. Eu-us seminar: new technology foresight, forecasting & assessment methods-Seville 13-14 May 2004

Millán, J. A. (26 de marzo de 2019). Manejo de la Sede de Chía. (L. Almanza, Entrevistador).

Minambiente (2019). *Objetivos y Funciones.* Articulo 1 y 2 (Decreto 3570). Recuperado de: www.minambiente.gov.co/index.php/ministerio/objetivos-y-funciones.

Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. (2017). *Agua reciclada – un 10% del agua tratada se usa para beber o cocinar*. Madrid: Fundación Aquae.

Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. (2016). Biorresiduos. Obtenido de https://www.mapama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/prevencion-y-gestion-residuos/flujos/biorresiduos/

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2008). *Lineamientos y estrategias para fortalecer el servicio público de aseo en el marco de la gestión integral de residuos sólidos*. Bogotá, D.C. Departamento Nacional de Planeación.

Montes, C (2010). *Gestión Integral de Residuos Sólidos en Instituciones de Educación Superior*. Pontifica Universidad Javeriana. Fundación Cultural Javeriana de Artes Gráficas – JAVEGRAF-Bogotá, Colombia.

Muñoz, J. (2005). *Compostaje en pescador, cauca: Tecnología apropiada para el manejo de residuos orgánicos y su contribución a la solución de problemas ambientales*. Palmira: Universidad Nacional de Colombia.

Murray, Niwagaba, Kang, Regulinski, & Strande. (2014). *Fuel potential of feacal sludge: calorific value results from Uganda, Ghana and Senegal. Journal of Water, Sanitation and Hygiene for Development*, 226.

Norma Técnica Colombiana GTC – 24. (2009). *Gestión Ambiental. Residuos Sólidos. Guía para la separación en la fuente.* ICONTEC. Bogotá.

Norma Técnica Colombiana GTC – 53 – 7. (2006). *Guía para el aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos no peligrosos*. ICONTEC. Bogotá.

Ochoa, M, (2010). *Gestión Integral de Residuos Sólidos en Instituciones de Educación Superior*. Pontifica Universidad Javeriana. Fundación Cultural Javeriana de Artes Gráficas – JAVEGRAF-Bogotá, Colombia.

Opazo, M, Romero, J, Cortés, E & Bohórquez, M (2015). *El Sistema de Gestión Ambiental de la Universidad El Bosque, es el instrumento para propender por un servicio limpio de la educación.* Investigación científica y tecnológica terminada. Bogotá, Colombia.

Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI). (2008). Introducción a la Producción más limpia. Obtenido de https://www.unido.org/sites/default/files/2008-06/1-Textbook_0.pdf

Organización Mundial de la Salud – OMS (2017). *Guía de entornos y estilos de vida saludable.* Comunidades Afro hondureñas, del Municipio de La Ceiba, Departamento de Atlántida, Honduras.

Peláez, S (2017). *Viabilidad financiera de una propuesta estratégica de ventas no convencional para cultivos de crisantemos del oriente antioqueño.* Universidad EIA. Antioquia, Colombia.

Pinzón, G. (26 de marzo de 2019). Manejo de los Residuos y Planta de Tratamiento de Aguas Residuales. (L. Almanza & N. Almanza, Entrevistador)

Recytrans. (08 de septiembre de 2013). Reciclaje de residuos orgánicos. Obtenido de https://www.recytrans.com/blog/reciclaje-de-residuos-organicos/

Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS (2010) Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio Viceministerio de Agua y Saneamiento Básico. Colombia.

Resolución 1207 del 2014. *Por la cual se adoptan disposiciones relacionadas con el uso de aguas residuales tratadas.* Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Bogotá, miércoles 13 de agosto de 2014.

Ruiz, A., & Quevedo, L. (2017). Análisis de Lodos provenientes del proceso de tratamiento de aguas residuales en el municipio de Guatavita. Bogotá D.C.: Universidad Católica de Colombia.

Sabana Centro (2018). *Informe de Calidad de Vida 2017.* Sabana, Colombia. Javegraf.

Salazar, M (2012). *Diagnóstico de la composición y caracterización de los residuos sólidos en la vereda San Juan de Carolina municipio de Salento, Quindío.* Manizales, Caldas.

Schwenker, B & Wulf, T. (2013). *Escenarios basados en planificación estratégica*. Springer Gabler. Springer Fachmedien Wiesbaden.

Serrato, C., & Lesmes, V. (2016). Metodología para el cálculo de energía extraída a partir de la biomasa en el departamento de Cundinamarca. Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

Tchobanoglous, G, Theissen, H & Eliassen, R (1990). *Desechos sólidos – principios de ingeniería y administración.* Mérida, Venezuela.

Torres, J., Diaz, S., & Ramos, O. (2008). *Montaje y puesta en marcha de dos biodigestores anaerobios con residuos orgánicos generados en la central de mercado "Plaza Kennedy" en Bogotá*. Bogotá D.C.: Universidad Manuela Beltrán.

Torres, P., Pérez, A., Escobar, J., Uribe, I., & Imery, R. (2005). Compostaje de biosólidos de plantas de tratamiento de aguas residuales. Valle, Cauca: Escuela EIDENAR.

Universidad de Salamanca. (2003). Estrategia y Planificación- Caracterización del Agua. Obtenido de http://aulavirtual.usal.es/aulavirtual/demos/simulacion/modulos/curso/uni_03/U3c1s1.htm

Universidad El Bosque. (2016). *Instalaciones Chía*. Obtenido de http://eicc.unbosque.edu.co/

Universidad El Bosque. (2017). *Instalaciones Chía*. Obtenido de http://www.uelbosque.edu.co/sites/default/files/bienestar/induccion/recomendaciones_chia.pdf

Universidad Politécnica de Valencia, (2013), *Tratamiento y Gestión de Residuos Sólidos.* México D.F., Editorial Limusa S.A. de C.V. Grupo Noriega Editores.

Universidad Tecnológica Nacional de Mendoza (S.f). *Gestión Integral de Residuos Sólidos.* Mendoza, Argentina. Obtenido de: http://web.frm.utn.edu.ar/webutn/archivos/civil/Sanitaria/Capitulo4.pdf

Valero, L. (2013). *Fundamentos de demografía.* Epidemiologia general y demografía sanitaria. Universidad de Salamanca. España.

Vásquez Alemán, J. P., & Vargas, Martínez, G. (2018). Aprovechamiento de lodos planta de tratamiento de aguas residuales municipio de Funza, como insumo de cultivo y mejoramiento del suelo. Bogotá D.C.: Universidad Católica de Colombia.

Vásquez, N, Sánchez, M & Henao, E, (2014). Estudio de capacidad instalada. Dirección de desarrollo institucional. Universidad de Antioquia.

Waldemar, M., Silva, J., Urrutia, N., Daza, M., & Torres, P. (2013). *Efecto de aplicación de biosólidos sobre las propiedades físicas de un suelo cultivado con caña de azúcar*. Valle, Cauca: Universidad del Valle.

Zeppelin, C. (Julio de 2017). La importancia de una estructura sustentable. Obtenido de http://www.iconstruccion.cl/contenidos/opinion/la-importancia-de-una-infraestructura-sustentable