

**DISEÑO DE UN PLAN DE GESTION Y VALORACION DEL RESIDUO
PREDOMINANTE EN EL MUNICIPIO DE PAEZ (BOYACA)**

**GIOVANNI ALBERTO ROA CAMACHO
JEISON NICOLÁS FIGUEREDO CORREDOR**



**UNIVERSIDAD LA GRAN COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
BOGOTÁ D.C.
2015**

**DISEÑO DE UN PLAN DE GESTION Y VALORACION DEL RESIDUO
PREDOMINANTE EN EL MUNICIPIO DE PAEZ (BOYACA)**

**GIOVANNI ALBERTO ROA CAMACHO
JEISON NICOLÁS FIGUEREDO CORREDOR**

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de:
INGENIERO(S) CIVIL(ES)**

**Asesor Disciplinar: ING. LUIS EFRÉN AYALA ROJAS
Asesor Metodológico: OLGA LUCÍA VANEGAS ALFONSO**



**UNIVERSIDAD LA GRAN COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
BOGOTÁ D.C.
2015**

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	11
GENERALIDADES.....	13
1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	14
2 JUSTIFICACIÓN	17
3 OBJETIVOS	18
3.1.1 Objetivo general.....	18
3.1.2 Objetivos específicos.....	18
4 MARCOS DE REFERENCIA	19
4.1 ANTECEDENTES	19
4.1.1 Técnicos	23
4.2 MARCO TEÓRICO.....	24
4.2.1 ¿Qué es un residuo sólido?	24
4.2.1.1 Clasificación de los residuos sólidos.....	25
4.2.1.2 Separación de residuos sólidos	29
4.2.2 Gestión Integral de Residuos Sólidos (GIRS).....	30
4.2.2.1 Jerarquía de la GIRS	31
4.2.2.2 Responsabilidades.....	32
4.2.2.3 Descripción de los procesos	33
4.2.3 Rellenos sanitarios	35
4.2.3.1 Diferencia entre disposición final y relleno sanitario.....	35
4.2.3.2 Tipos de relleno sanitario	37
4.2.3.3 Ventajas y desventajas de un relleno sanitario	39

4.2.4	Diseño de un relleno sanitario	41
4.2.4.1	Población	41
4.2.4.2	Generación de RSM en pequeñas poblaciones	42
4.2.4.3	Peso específico.....	43
4.2.4.4	Localización general del sitio	44
4.2.4.5	Características del terreno	45
4.2.4.6	Clima e hidrología	47
4.2.4.7	Volúmenes	47
4.2.4.8	Área requerida	48
4.2.4.9	Taludes	49
4.2.4.10	Composición básica de un relleno sanitario	50
4.2.4.11	Selección del método de diseño.....	52
4.2.4.12	Vida útil del relleno sanitario.....	54
4.2.4.13	Canal interceptor de aguas de escorrentía.....	54
4.2.4.14	Generación de lixiviado	56
4.2.4.15	Celda diaria	58
4.2.4.16	Mano de obra	60
4.3	MARCO GEOGRÁFICO.....	61
4.3.1	Datos generales.....	61
4.3.2	Localización	62
4.3.3	División política del municipio de Páez.....	64
4.3.4	Existencia de áreas protegidas.....	65
4.3.5	Economía	65
4.3.5.1	Sector primario.....	65

4.3.5.2	Sector terciario	66
4.3.6	Infraestructura vial	67
4.3.7	Hidrografía	69
4.3.8	Clima	70
4.3.9	Temperatura	70
4.3.10	Humedad relativa	71
4.3.11	Evaporación	71
4.3.12	Fisiografía.....	72
4.3.13	Vientos	72
4.3.14	Población.....	73
4.3.15	Educación.....	74
4.3.16	Salud	75
4.3.17	Uso del suelo y comercio	75
4.3.18	Matriz DOFA para con el proyecto	77
4.4	MARCO LEGAL	78
4.4.1	Introducción a las normas reguladoras de disposición de residuos sólidos	78
4.4.2	Decreto 2981 de 2013	79
4.4.3	Reglamento de Agua Potable y Saneamiento Básico (R.A.S. 2000)	80
5	DISEÑO METODOLÓGICO.....	87
5.1	Enfoque.....	87
5.2	Tipo de investigación.....	87
5.3	Operacionalización de variables	88
5.4	Técnicas e instrumentos	90

5.5	Fases de la investigación	90
5.6	Descripción de las fases de investigación	91
5.7	Recursos	92
5.8	Cronograma	93
5.9	Presupuesto	97
6	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	98
6.1	Fase I. Punto de partida	98
6.1.1	Observación simple	98
6.1.2	Modelo de entrevista	106
6.1.3	Modelo de encuesta y resultados	107
6.1.4	Análisis de los resultados	114
6.1.5	Obtención del residuo sólido predominante.....	115
6.1.6	Aportes	117
6.1.6.1	De la entrevista	117
6.1.6.2	De las encuestas y la observación del municipio	118
6.2	Fase II. Diseño	120
7	CONCLUSIONES PRELIMINARES	122
8	RECOMENDACIONES	124
	BIBLIOGRAFÍA	125

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación de residuos sólidos contemplada en el Decreto 2981 de 2013.	25
Tabla 2. Clasificación adicional de residuos sólidos.....	26
Tabla 3. Tipos de residuos para separación en la fuente.....	27
Tabla 4. Características de los residuos sólidos según su origen.....	28
Tabla 5. Código de colores para separación de residuos.	29
Tabla 6. Descripción de procesos de separación, aprovechamiento y reciclado. .	33
Tabla 7. Tipos de relleno sanitario.	37
Tabla 8. Ventajas y limitaciones de los rellenos sanitarios.....	40
Tabla 9. Parámetros generación de RSM en pequeñas poblaciones.....	42
Tabla 10. Pesos específicos de la basura en diferentes situaciones.	44
Tabla 11. Parámetros geológico-geotécnicos para la construcción de un relleno sanitario.....	45
Tabla 12. Permeabilidad k (cm/s) según el tipo de material.....	46
Tabla 13. Volúmenes que deben calcularse para el diseño del relleno sanitario. .	48
Tabla 14. Elementos a tener en cuenta en el diseño de un relleno sanitario.	50
Tabla 15. Parámetros de diseño del canal de escorrentía.	55
Tabla 16. Parámetros de diseño del drenaje de lixiviados.	57
Tabla 17. Parámetros de diseño de la celda diaria.	59
Tabla 18. Guía de cálculo para estimar el número de trabajadores.	60
Tabla 19. Datos generales municipio de Páez.	61
Tabla 20. Organización territorial del municipio de Páez (Boyacá).	64
Tabla 21. Características de los subsectores del sector primario de la economía en Páez.	66
Tabla 22. Vías de comunicación del municipio de Páez (Boyacá).	67
Tabla 23. Características demográficas municipio de Páez.	73
Tabla 24. Normatividad sobre residuos sólidos.....	78

Tabla 25. Disposiciones del RAS 2000 (Título F) en referencia a la investigación.	81
Tabla 26. Operacionalización de variables independientes y dependientes.	88
Tabla 27. Fases de investigación del proyecto de investigación en desarrollo.	90
Tabla 28. Recursos estipulados para la investigación.....	93
Tabla 29. Actividades contempladas en Microsoft Project, junto con fechas.	93
Tabla 30. Presupuesto preliminar del proyecto.	97
Tabla 31. Relación de inquietudes y respuestas de la entrevista programada....	106
Tabla 32. Relación de preguntas y opciones de respuesta para encuesta cerrada.	107
Tabla 33. Reporte de resultados tabulados y graficados para cada pregunta de la encuesta.....	109
Tabla 34. Análisis de los resultados por categorías de preguntas.	114
Tabla 35. Relación de masas de cada componente separado para cada muestra de basura.	115
Tabla 36. Obtención de masas en Kg y Ton dependiente de los porcentajes en peso.	116
Tabla 37. Ideas fundamentales de la entrevista con Autoridad municipal.	117
Tabla 38. Ideas fundamentales de las encuestas realizadas y observación simple en el municipio de Páez.	118
Tabla 39. Categorías de datos iniciales para el diseño de relleno sanitario.....	120

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Canecas de diferentes colores para separación de residuos sólidos.....	30
Figura 2. Jerarquía de la Gestión Integral de Residuos Sólidos.....	31
Figura 3. Responsabilidad de los usuarios y de las empresas prestadoras del servicio de aseo.	32
Figura 4. Punto ecológico.....	33
Figura 5. Instalación de compostaje.....	33
Figura 6. Operarios en una planta de reciclaje.....	34
Figura 7. Esquema general de operación de un relleno sanitario..	36
Figura 8. Vista de perfil de un relleno sanitario en operación.....	36
Figura 9. Relleno sanitario tipo área.....	38
Figura 10. Relleno sanitario tipo rampa.....	38
Figura 11. Relleno sanitario tipo trinchera.....	39
Figura 12. Relleno sanitario tipo combinado área y rampa.	39
Figura 13. Condiciones climatológicas e hidrológicas favorables.....	47
Figura 14. Esquema de un relleno sanitario.....	51
Figura 15. Vista en planta y sección de un terreno para relleno tipo área.....	53
Figura 16. Detalles de la sección transversal del canal trapezoidal.	55
Figura 17. Ubicación del departamento de Boyacá en Colombia.....	62
Figura 18. Ubicación del municipio de Páez en la provincia de Lengupá y en el departamento de Boyacá.	63
Figura 19. Población total Páez Boyacá 2005-2011.....	74

LISTA DE ANEXOS

1. Plano Topografico y de referenciacion, Departamento de Boyacá – Municipio de Paez.
2. Folleto informativo para difusion del proyecto en la comunidad.

INTRODUCCIÓN

Si nos preguntaran por los términos “basura”, “residuos” o “desechos”, pensamos mal y generamos un sentimiento de rechazo; sin embargo, convivimos con ellos y los tenemos más cerca de lo que se piensa: en las calles, en los parques, en la central de abastos, e incluso, se depositan en las alcantarillas. Encontrarlos tan cerca de nosotros y exponernos a un problema sanitario es el resultado de la cantidad de desechos generados por nosotros mismos producto de las actividades cotidianas, sean domésticas o industriales. En estos tiempos deberíamos tener conciencia de la cantidad de basura que producimos y preocuparnos por manejarla adecuadamente, aprovecharla y empezar a verlas como residuos que se pueden transformar en bienes económicos (por el manejo de residuos sólidos) o bienes materiales (transformación en material de abono).

Entre los problemas que presenta Colombia, hay falta de interés sobre el tema de manejo de residuos sólidos y utilización de energías limpias (las energías limpias son aquellas libres de contaminación o que no generan residuos), ya que no tiene prioridad dentro de los planes gubernamentales. Y debería ser todo lo contrario, ya que al implementar medidas concretas en el tema y dar tanta importancia a otros, se podrían reducir los impactos ambientales tales como la contaminación de fuentes hídricas, el aire y la fertilidad de la tierra además de todo lo que esté contribuyendo al calentamiento global, ahora que se sienten sus efectos y que se agudizarán años después, con el caso hipotético de una “crisis hídrica”. ¿Cómo lograrlo? Empezar por un manejo ordenado de los recursos públicos por parte de las administraciones, no seguir agudizando el problema ambiental más de lo que está, contar con cobertura de servicios públicos para satisfacer en mayor medida las necesidades de la población de todos los estratos, e incluso un cuarto requisito: la concienciación de los habitantes, quienes pueden hacer la diferencia. Como se podrá apreciar, el departamento de Boyacá no es ajeno al problema de

manejo de residuos sólidos, por lo que se lleva a cabo este trabajo con el fin de diseñar un plan de manejo de residuos sólidos enfocado al municipio de Páez.

Este será de elaboración propia, susceptible a mejoras, cuyos alcances son: analizar las formas de control de residuos sólidos tanto reutilizables como no reutilizables, y diseñar un relleno sanitario que a largo plazo reste carga a los actuales rellenos de Tunja y Sogamoso. Las medidas que contenga el plan deben responder a que el hecho de hacer una planificación adecuada, significa aprovechar mejor los residuos generados por la población del municipio y por consiguiente, prolongar la vida útil del relleno sanitario.

El documento se encuentra estructurado en de la siguiente forma: los primeros 4 capítulos corresponden a: planteamiento del problema (descripción de la situación que se presenta en el municipio de Páez), acompañado de la justificación y los objetivos general y específicos. El quinto capítulo corresponde a los marcos de referencia, subdivididos en antecedentes (referente a otros proyectos que hayan desarrollado algún plan de manejo de residuos sólidos), marco geográfico (descripción del entorno del municipio), marco teórico (apoyo teórico para la investigación), y por último, marco legal (normatividad de residuos sólidos que rige en Colombia). El sexto capítulo contiene las pautas para la realización del diseño metodológico: línea y sublínea de investigación, población, muestra, variables y su operacionalización, descripción de fases de la investigación, entre otras.

El séptimo capítulo corresponde a los resultados de la investigación, para evaluar el Plan de manejo de residuos sólidos que se desarrolla, en el proceso de generación-separación-almacenamiento-recolección-transporte de ellos. Por último, se presentan conclusiones y recomendaciones para otros estudios.

GENERALIDADES

TÍTULO

Diseño de un plan de gestión y valoración del residuo predominante en el municipio de Páez (Boyacá)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Hidrotecnia Grancolombiana

SUBLÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Gestión ambiental aplicada a ámbitos urbanos

SEMILLERO DE INVESTIGACIÓN

Por definir

NOMBRE DEL INVESTIGADOR O INVESTIGADORES

- Giovanni Alberto Roa Camacho
- Jeison Nicolás Figueredo Corredor

NOMBRE DE ASESORES

- Ing. Luis Efrén Ayala Rojas (asesor disciplinar)
- Olga Lucía Vanegas Alfonso (asesora metodológica)

LUGAR DONDE SE REALIZARÁ EL PROYECTO

Municipio: Páez

Departamento: Boyacá

Año de realización: 2015-2016.

1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En los municipios de nuestro país por lo general, producto de la mala gestión en el manejo de los residuos sólidos por parte de la ciudadanía, se generan problemas de acumulación de residuos sólidos en determinadas zonas públicas, donde la inadecuada disposición es fuente de proliferación de vectores de enfermedades infecciosas.

Además, los residuos sólidos dispuestos inadecuadamente, pueden generar gases, humos y polvos que contribuyen a la contaminación atmosférica, o que pueden originar contaminación de zonas acuíferas, debido a la filtración de lixiviados (fluidos producto de las basuras), saturación de los rellenos sanitarios, y reducción de los recursos del suelo.

En una publicación del diario El Tiempo en el 2014¹, se describe una situación difícil por la que atraviesa el departamento de Boyacá y que no tiene solución pronta, el mal manejo de residuos sólidos. En ella, se relata que de los 121 municipios que conforman el departamento, sólo Tunja y Sogamoso cuentan con relleno sanitario legalizado, y éstos ahora presentan problemas para disponer las basuras. Lo anterior es muestra de que en los 119 municipios restantes no hay como tal un plan de recolección y manejo de residuos sólidos, y mientras siga la dependencia a las ciudades de Tunja y Sogamoso, se puede presentar una emergencia cuando se sobrepase la capacidad de esos rellenos. Incluso, en otra publicación del periódico Entérese², se anuncia que por los problemas del relleno

¹ REDACCIÓN BOYACÁ SIETE DÍAS: Boyacá no sabe qué hacer con su basura: En: El Tiempo [en línea]. (10 de enero de 2014). Disponible en: < <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-13348959>>. [citado en 13 de septiembre de 2015].

² REDACCIÓN: “Relleno de Pírgua sólo recibirá basuras de Tunja y municipios de la Provincia Centro”: En: Diario Entérese [en línea]. (2014). Disponible en: <<http://www.periodicoenterese.com/ciudad-tunja/2798-relleno-de-pirgua-s%C3%B3lo-recibir%C3%A1-basuras-de-tunja-y-municipios-de-la-provincia-centro>>. [citado en 13 de septiembre de 2015].

sanitario de Pírgua (Tunja), a partir de 2016 éste sólo recibirá los residuos de la capital y de los municipios de la provincia Centro. Páez al igual que muchos municipios no tendría dónde depositar sus residuos, por lo que se requiere una solución de manera urgente para evitar otra emergencia sanitaria como la que se vivió meses atrás, cuando hubo una proliferación de moscas en el casco urbano por la manera como se almacenaban y trataban los residuos.

Para fines de este estudio, el enfoque corresponde al municipio de Páez, ubicado aproximadamente a 163 Km al sureste de Tunja en la provincia de Lengupá, en estribaciones de la Cordillera Oriental y el piedemonte llanero. En jurisdicción del municipio, los habitantes sobreviven gracias a la agricultura (característica de la provincia) y al comercio ubicado en la cabecera municipal; por otro lado, comienza a funcionar un pozo petrolero con personal capacitado, que por estar ubicado en el municipio de manera temporal será otro generador de residuos sólidos.

Las unidades residenciales, la actividad económica, y la labor propia del pozo petrolero (junto con la población flotante), han contribuido a que se aumente la producción de residuos sin un adecuado manejo, con alta incidencia a mitad y fin de año; eso sumado a que el departamento de Boyacá se ha reconocido por la infracción de normas ambientales. Este municipio, al igual que otros 60, se ve obligado a transportar los residuos sólidos generados a Tunja, no cuenta con Gestión Integral de Residuos Sólidos y de acuerdo a la publicación mencionada al principio, al día se depositan cerca de 200 toneladas de desechos y mensualmente la cantidad es mayor a 6000 toneladas en el Relleno de Pírgua.

Es por esta razón que se propone un Plan de Manejo de Residuos Sólidos para el municipio de Páez, que pueda controlar la situación aplicándolo de manera independiente, y así aliviar un poco la carga para la ciudad de Tunja a largo plazo, y evitar una nueva emergencia. El Plan generado debe responder a dos inquietudes originadas por la problemática: por un lado, bosquejar el

dimensionamiento de un relleno sanitario de determinada capacidad sólo para el municipio, para así dejar de transportar los residuos sólidos a la capital de departamento, y procurando que conserve su vida útil; y por otro, emprender una labor de concientización ya que se aprecia que los habitantes de este municipio (al igual que muchos otros) no separan correctamente los residuos sólidos generados, no ven el reciclaje como una alternativa y no valoran técnicas como el compostaje para transformar los residuos orgánicos en material de abono. Todo lo que contenga el Plan es un mejor aprovechamiento de los residuos sólidos, y por qué no, una valoración económica de los mismos.

Desde el punto de vista anterior, la formulación del problema de investigación es el siguiente:

¿Cuáles son las estrategias que deberá contemplar el Plan de manejo de residuos sólidos en el municipio de Páez (Boyacá), que puedan garantizar un impacto ambiental mínimo y que además responda a las necesidades de las poblaciones cercanas?

2 JUSTIFICACIÓN

El desarrollo y ejecución de la investigación permitirá apreciar beneficios a nivel municipal y regional, ya que un Plan de Manejo de Residuos Sólidos creado y organizado, ayudará a que Páez pueda administrar de forma independiente la cantidad de residuos sólidos que se generan. Para lograrlo, se debe trabajar en dos frentes: concienciación para con el uso de sólidos reutilizables, y adecuación de espacio para depositar los sólidos no reutilizables (relleno sanitario); con la ejecución del Plan la finalidad es preservar la riqueza ecológica e hídrica del municipio.

Al efectuar un diagnóstico de la situación y los estudios necesarios, se tendrán mejores herramientas para abordar la problemática y lograr los fines del proyecto. Lo anterior puede cubrirse con disponibilidad de información de entidades oficiales, y por medio de visitas de campo al sector para la realización de entrevistas y encuestas tanto a las autoridades gubernamentales como a una muestra representativa de la cantidad de habitantes del municipio, cuyo análisis indicará qué tipo o tipos de residuos predominan en el sector.

Se espera que los resultados de la investigación tengan un impacto positivo, ya que la generación de este Plan de manejo de residuos sólidos se puede aplicar en otros municipios, reconociendo los problemas con mayor claridad y para este caso restar carga a los rellenos sanitarios de Tunja y Sogamoso en un largo plazo. Es importante trabajar en este ámbito, no solo por preservar la riqueza ecológica e hídrica del municipio de Páez como se mencionaba al principio, también para concienciarnos de un mejor manejo de los residuos sólidos que generamos.

3 OBJETIVOS

3.1.1 Objetivo general

Diseñar un Plan de manejo de residuos sólidos para el municipio de Páez (Boyacá) que dé respuesta a las necesidades de la comunidad.

3.1.2 Objetivos específicos

- Evaluar el sistema de recolección existente cuyo resultado sea la determinación del residuo sólido predominante.
- Diseñar un modelo de gestión municipal de residuos sólidos.
- Elaborar un plegable para fines de difusión del proyecto con la comunidad (escuelas, entidades y residencias), y que a su vez sea complementario de la labor de concientización.

4 MARCOS DE REFERENCIA

4.1 ANTECEDENTES

En 2013, Ana Milena Castelblanco Estrada y Lady Carolina Peñuela Gaitán³, de la Universidad de la Salle, proponen el trabajo titulado “Plan de Manejo de residuos sólidos en el municipio de Cogua, departamento de Cundinamarca”. Este informe tiene razón de ser por la problemática que se ha presentado en muchos lugares (la disposición inadecuada de residuos sólidos), por lo que el trabajo tuvo como fin diseñar un plan de manejo de residuos sólidos. El proyecto fue llevado a cabo en tres etapas: Teórica, efectuando una investigación de los aspectos relevantes del municipio y contando con el apoyo de la Alcaldía municipal para conocer el proceso de disposición de los residuos; De campo, donde se realizaron visitas al municipio detectando deficiencias en la disposición de residuos sólidos; Ingenieril, donde se diseña el Plan contemplando dentro del mismo: diseño de un relleno sanitario, diseño de rutas de recolección, caracterización de residuos y valoración del residuo predominante. Cabe destacar que el proyecto fue de ejecución más no de diseño. Luego de ejecutado el plan, se estimó que se pueden reducir los residuos orgánicos en un 47% aplicando técnicas de lombricultivo y compostaje, que el micro ruteo diseñado puede optimizar la ruta de recolección y los costos de operación de los vehículos, y se genera un ingreso adicional que se puede utilizar para ampliar la cobertura del Plan a la zona rural del municipio.

En 2013, Ana Lucía Daza Ferrer⁴, de la Pontificia Universidad Javeriana, propone el trabajo titulado “Problemática y diagnóstico de residuos sólidos en el

³ CASTELBLANCO, Ana Milena (et. Al). Plan de Manejo de residuos sólidos en el municipio de Cogua, departamento de Cundinamarca. En: Universidad de la Salle [en línea]. [citado en 14 de septiembre de 2015].

⁴ DAZA, Ana Lucía. Problemática y diagnóstico de residuos sólidos en el corregimiento de Cañaverales (La Guajira). En: Universidad Javeriana [en línea]. Disponible en: <<http://repository.javeriana.edu.co/bitstream/10554/12494/1/DazaFerrerAnaLucia2013.pdf>>. [citado en 14 de septiembre de 2015].

corregimiento de Cañaverales (La Guajira)”. En este corregimiento se detectó un problema de manejo inadecuado de residuos sólidos, y adicionalmente la falta del servicio de aseo, por lo que se planteó un estudio. El objeto de él era caracterizar los residuos domiciliarios en términos de cantidades diarias y tipo de residuos generados, así como el manejo que la comunidad de la a los mismos. Los resultados evidenciaron que en Cañaverales se generan aproximadamente 1.621 Kg de residuos diarios, de los cuales el 89% corresponde a residuos aprovechables y el 11% a no aprovechables; del porcentaje de residuos aprovechables, el 74.4% corresponde a residuos orgánicos y 14.6% a residuos reciclables. Del análisis de las prácticas actuales de manejo, se evidenció que no hay ningún tipo de sistema formal para recolección, transporte y disposición de residuos, ya que las prácticas comunes son las quemadas y depositar los residuos en zonas montañosas. Con los resultados obtenidos, se formuló un Plan de Acción para el manejo de residuos domiciliarios, el cual se basa en el aprovechamiento de residuos orgánicos y reciclables; por otro lado, cuenta con un componente de educación ambiental y relacionamiento con los habitantes del corregimiento.

En 2010, María Margarita Salazar⁵, de la Pontificia Universidad Javeriana, propone el trabajo titulado “Formulación del Plan de Manejo Integral de Residuos Sólidos del Centro Comercial San Pedro Plaza de la ciudad de Neiva (Huila). Al principio, se pone de manifiesto que la cantidad excesiva de residuos generados sin un tratamiento adecuado, puede comprometer al planeta, al ser humano y a otras especies que lo habitan. En este trabajo el enfoque recae en los centros comerciales, ya que son un foco de producción de residuos de todo tipo debido a la agrupación y variedad de actividades comerciales, y la afluencia de público; es todo un reto lograr un plan de manejo integral, pero al mismo tiempo se aborda en toda su extensión el problema del manejo de las basuras. Como resultado, se

⁵ SALAZAR, Margarita. Formulación del Plan de Manejo Integral de Residuos Sólidos del Centro Comercial San Pedro Plaza de la ciudad de Neiva (Huila). En: Universidad Javeriana [en línea]. Disponible en: <http://repository.javeriana.edu.co/bitstream/10554/9863/1/tesis78.pdf>. [citado en 14 de septiembre de 2015].

diseña un Plan de Manejo Integral de Residuos Sólidos para el centro comercial San Pedro Plaza, basándose en un diagnóstico inicial e identificación de todos los actores involucrados en el proceso, con el fin de concienciar a todas las partes involucradas. Además, se denomina integral porque recurre al proceso de manejo de residuos: separación – recolección – diseño de unidades de almacenamiento – talleres de capacitación – campaña de divulgación. Los resultados indicaron que los residuos que más generan son los orgánicos con un 70%, mientras que la proporción más baja corresponde al aluminio y tetrapak con un 1%, y que el lugar que menos genera residuos sólidos son las oficinas. Además, la cuantificación de residuos sólidos permite determinar que el 27% de estos son aprovechables y el 73% no lo son. Aunque el escenario es diferente a la evaluación de un municipio o corregimiento, en el lugar no hay aprovechamiento de residuos sólidos, sólo existe el reciclaje.

En 2009, Natalia López Rivera⁶, de la Pontificia Universidad Javeriana, propone el trabajo titulado “Propuesta de programa para el manejo de los residuos sólidos en la Plaza de mercado de Cerete, Cereabastos – Córdoba”. Inicialmente, pone de manifiesto que en las plazas de mercado se generan volúmenes considerables de residuos, siendo la única central de abastos del municipio. En ese lugar (como en muchos otros), no se ha realizado de forma correcta el manejo integral de los residuos y el impacto ambiental asociado ha sido significativo. Como parte del estudio, se comprobó que los residuos orgánicos son los que más se producen, que toda esa cantidad de ellos se ha acumulado en lugares inapropiados e incluso, se han arrojado al agua y al sistema de alcantarillado. Los actores principales (vendedores) y los habitantes ahora son parte del problema. Para “frenar” de alguna forma el impacto causado por la problemática, se ha propuesto un Plan de Manejo de Residuos Sólidos, que contiene acciones puntuales con

⁶ LOPEZ, Natalia. Propuesta de programa para el manejo de los residuos sólidos en la Plaza de mercado de Cerete, Cereabastos – Córdoba. En: Universidad Javeriana [en línea]. Disponible en: <http://javeriana.edu.co/biblos/tesis/eambientales/tesis64.pdf>. [citado en 28 de septiembre de 2015].

proyectos dirigidos a: educación ambiental para todos, diseño de rutas de evacuación, instalación de un centro de acopio y coordinación, y el fomento de una organización comunitaria (sin fines de lucro) que tiene la misión de rescatar y aprovechar los residuos sólidos. Todo con el objeto de aportar a la gestión ambiental municipal. De ese estudio se abstrajo que: los habitantes de ese lugar no tienen una cultura ambiental que es lo que más ha contribuido al impacto negativo, en la plaza de mercado existe una gran producción de residuos reciclables que están siendo desaprovechados y tarde nos damos cuenta que el reciclaje incluso puede generar empleo, la Administración Municipal no ha promulgado una iniciativa de manejo integral de residuos sólidos. Durante la tesis se buscó que la investigación involucrar a todos los actores responsables (Administración, Plaza de Mercado, Servicio de Aseo, vendedores y habitantes), pero es una tarea continua.

En 2011, Viviana Andrea Reinoso Jaramillo⁷, de la Universidad Tecnológica de Pereira, propone el trabajo titulado “Evaluación de alternativas para el manejo de los residuos sólidos en el municipio de Balboa, Risaralda”. En este escrito se pone de manifiesto que el manejo de residuos sólidos está tomando importancia en los últimos tiempos por la producción desmesurada de comunidades e industrias. Así mismo, se referencia que el municipio de Balboa es un generador potencial de residuos dentro del departamento, y así mismo debe poseer alternativas para el manejo de sus residuos que respondan a las políticas nacionales y así supere sus deficiencias en el tema.

¿Qué se abordó? Se debió realizar un diagnóstico de la situación actual de la empresa de servicios públicos del municipio (Emilio Garnert E.S.P.) para ver cómo se administraba y se justificaban los costos de manejo. Por otro lado, se realizó un análisis DOFA (Debilidades, Oportunidades, Fortalezas, Amenazas) del manejo de

⁷ REINOSA, Viviana. Evaluación de alternativas para el manejo de los residuos sólidos en el municipio de Balboa, Risaralda. En: Universidad Tecnológica de Pereira [en línea]. Disponible en: <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/11059/2283/1/3637282R373.pdf>. [citado en 28 de septiembre de 2015].

gestión de residuos sólidos en el municipio y evaluar qué se tiene a favor y en contra.

Luego de ese análisis, se encontró que la ejecución del reciclaje y el reúso como mejor alternativa de manejo y disposición en relleno sanitario son las posibilidades más viables para disponer los residuos generados en el municipio.

Como algo innovador, el producto de la tesis también involucró un programa de manejo diferenciado por etapas del manejo integral de residuos sólidos con tres líneas estratégicas con sus propios proyectos, objetivos y actividades, cuyos objetos eran: la disminución de residuos y el alivio del déficit financiero de la entidad prestadora del servicio de aseo.

Luego de efectuado del estudio, además de la importancia del reciclaje, de la separación en la fuente y de mantener la vida útil del relleno sanitario, se abstrae que actualmente no se tiene cultura de aprovechamiento de residuos en el municipio; el porcentaje de residuos mensuales es bajo en comparación con los residuos producidos. Además, se trata de hacer ver que si se atendiera el problema de los residuos sólidos desde la comunidad, se estarían generando empleos directos e indirectos para varios pobladores.

4.1.1 Técnicos

Corresponde a lo que se ha trabajado desde planes de gobierno, es decir, fuera de lo estipulado en la normatividad colombiana.

En la página web del municipio, en el tema “Planeación y ejecución” no se ha abordado como tal el manejo de residuos sólidos, lo que confirma que no ha sido prioridad gubernamental, como se expuso en la problemática. Por un lado, en la página no se consolidan planes de educación y menos con un componente ambiental; y por otro, el último plan ambiental para el municipio data de 2009.

4.2 MARCO TEÓRICO

Para valorar adecuadamente los resultados esperados con el desarrollo e implementación del Plan de Manejo de Residuos Sólidos, el bagaje teórico se desarrolla con base a lo siguiente:

- Residuos sólidos (definición, clasificación, separación, tratamientos)
- Características de los rellenos sanitarios.
- Criterios de diseño de un relleno sanitario.

4.2.1 ¿Qué es un residuo sólido?

De acuerdo al Decreto 2981 de 2013 en Art. 2^o⁸, un residuo sólido es cualquier objeto, material, sustancia o elemento principalmente sólido resultante del consumo o uso de un bien en actividades domésticas, industriales, comerciales, institucionales o de servicios, que el generador presenta para su recolección por parte de la persona prestadora del servicio público de aseo. Igualmente, se considera como residuo sólido, aquel proveniente del barrido y limpieza de áreas y vías públicas, corte de césped y poda de árboles. Los residuos sólidos que no tienen características de peligrosidad se dividen en aprovechables y no aprovechables.

Como lo afirma la guía de manejo de Residuos⁹: Ahora bien, la mayoría de residuos que generamos en casa se pueden aprovechar nuevamente; por eso es

⁸ ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. Decreto 2981 de 2013 [en línea]. Tomado de: <<http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=56035#120>> [citado en 3 de octubre de 2015].

⁹ ALCALDÍA DE ENVIGADO. Guía para el adecuado manejo de los residuos sólidos y peligrosos [en línea]. Tomado de:

importante que como ciudadanos aprendamos a manejarlos de tal forma que propiciemos su disminución o aprovechamiento. Existen algunos residuos que aunque son aprovechables, no existen formar para lograr su aprovechamiento y debemos enviarlos al relleno sanitario, que es el lugar adecuado de disposición final. La mejor práctica ambiental para el adecuado manejo es las “3R”: Reducir, Reusar, Reciclar.

4.2.1.1 Clasificación de los residuos sólidos

El mismo Decreto en su Art. 2° define una clasificación de los residuos sólidos en: aprovechables, especiales u ordinarios, como se aprecia en la Tabla 1.

Tabla 1. Clasificación de residuos sólidos contemplada en el Decreto 2981 de 2013.

TIPO	CARACTERÍSTICAS
Aprovechable	Material, objeto, sustancia o elemento sólido que no tiene valor de uso para quien lo genera, pero que se puede aprovechar nuevamente para que se reincorpore a un proceso productivo.
Especial	Son residuos que por su naturaleza, composición, tamaño, volumen, peso, necesidades de transporte, almacenamiento y compactación, no pueden ser recolectados, manejados, tratados o dispuestos normalmente por la entidad que presta el servicio de aseo.
Ordinario	Son residuos no peligrosos que por su naturaleza, composición, tamaño, volumen, peso, necesidades de transporte, almacenamiento y compactación, pueden ser recolectados, manejados, tratados o dispuestos normalmente por la entidad que presta el servicio de aseo.

Fuente: Adaptado de: Decreto 2981 de 2013 (Art. 2°).

<http://www.envigado.gov.co/Secretarias/SecretariadeMedioAmbienteyDesarrolloRural/documentos/publicaciones/Guia_residuos.pdf> [citado en 3 de octubre de 2015], p. 4.

Los residuos sólidos también se clasifican como: no aprovechables, orgánicos biodegradables y peligrosos, como se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2. Clasificación adicional de residuos sólidos.

TIPO	CARACTERÍSTICAS
NO aprovechable	Material o sustancia que no ofrece ninguna posibilidad de aprovechamiento, reutilización o reincorporación a un proceso productivo. Además, no tienen valor comercial.
Orgánico biodegradable	Aquellos que tienen la característica de poder desintegrarse o degradarse rápidamente, transformándose en otro tipo de materia orgánica. Son ejemplos: Los restos de comidas, cáscaras, carnes, huevos.
Peligroso	Residuos que por sus características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables, infecciosas o radiactivas causan riesgo a la salud humana y al ambiente. También son peligrosos los envases, empaques o embalajes que hayan estado en contacto con ellos.

Fuente: Adaptado de: Guía para el adecuado manejo de los residuos sólidos y peligrosos, 2015.

La GTC 24 de 2009 (Guía Técnica Colombiana)¹⁰ establece la clasificación de Residuos sólidos en la siguiente tabla (Tabla 3).

¹⁰ GUÍA TÉCNICA COLOMBIANA GTC 24. Criterios para separación en la fuente [en línea]. Tomado de: < <http://www.estra.com/eco/pdf/norma.pdf>> [citado en 3 de octubre de 2015], p. 6-7.

Tabla 3. Tipos de residuos para separación en la fuente.

Tipo de residuo	Clasificación	Ejemplos
Residuos no peligrosos	Aprovechable	<ul style="list-style-type: none"> • Cartón y papel (hojas, plegadiza, periódico, carpetas). • Vidrio (Botellas, recipientes)^A. • Plásticos (bolsas, garrafas, envases, tapas)^A • Residuos metálicos (chatarra, tapas, envases)^A • Textiles (ropa, limpiones, trapos) • Madera (aserrín, palos, cajas, guacales, estibas) • Cuero (Ropa, accesorios) • Empaques compuestos (cajas de leche, cajas jugo, cajas de licores, vasos y contenedores desechables)^A
	No aprovechable	<ul style="list-style-type: none"> • Papel tissue (papel higiénico, paños húmedos, pañales, toallas de mano, toallas sanitarias, protectora diaria) • Papeles encerados, plastificados, metalizados • Cerámicas • Vidrio Plano • Huesos • Material de barrido • Colillas de cigarrillo • Materiales de empaque y embalaje sucios
	Orgánicos Biodegradables	<p>Residuos de comida</p> <p>Cortes y podas de materiales vegetales</p> <p>hojarasca</p>
Residuos peligrosos		<p>A nivel doméstico se generan algunos de los siguientes residuos peligrosos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pilas, lámparas fluorescentes, aparatos eléctricos y electrónicos • Productos químicos varios como aerosoles inflamables, solventes, pinturas, plaguicidas, fertilizantes, aceites y lubricantes usados, baterías de automotores y sus respectivos envases o empaques. • Medicamentos vencidos • Residuos con riesgo Biológico tales como: cadáveres de Animales y elementos que ha entrado en contacto con bacterias, virus o microorganismos patógenos, como agujas, residuos humanos, limas, cuchillas, entre otros. <p>Para el manejo de estos residuos se recomienda no mezclarlos e informarse acerca de diferentes entidades que se encargan de su gestión.</p> <p>A nivel industrial, institucional y comercial esta reglamentado con base en la legislación vigente (véase anexo A)</p>
Residuos especiales		<ul style="list-style-type: none"> • Escombros • Llantas usadas • Colchones • Residuos de gran volumen como por ejemplo: muebles, estanterías, electrodomésticos. <p>Para el manejo de estos residuos se recomienda informarse acerca de servicios especiales de recolección establecidos.</p>
<p>^A Se recomienda que los envases estén enjuagados y secos para garantizar su valorización</p> <p>NOTA 1 Para que los residuos no sean clasificados como peligrosos no pueden estar impregnados o haber estado en contacto con sustancias clasificadas como peligrosas.</p>		

Fuente: Adaptado de: Guía Técnica Colombiana de Residuos Sólidos GTC-24, p. 7.

Según el lugar de procedencia, también se clasifican de la siguiente manera:

Según OPS¹¹, En las áreas urbanas de pequeñas poblaciones, los RSM se pueden clasificar según su procedencia como se muestra en la Tabla 4

Tabla 4. Características de los residuos sólidos según su origen.

ORIGEN	CARÁCTERÍSTICAS
Residencial	Compuestos principalmente por: papel, cartón, latas, plásticos, vidrios, trapos y materia orgánica.
Comercial¹²	La composición de los desechos de la actividad comercial en estas comunidades es similar a la del tipo residencial, si bien predominan los materiales de empaque (papel, cartón, vidrio, plástico, textil y madera).
Industrial	Suele ser baja y de tipo artesanal, compatible con el uso residencial. Es de esperar que sus residuos no presenten características especiales. Puede no ser significativa en pequeñas poblaciones.
Plaza de mercado	Allí se concentran los expendios de carne, pescado, vegetales, frutas, abarrotos y otros, lo que indica que gran parte de los residuos es materia orgánica y solo una muy pequeña es material de empaque; para estos desechos puede ser recomendable la producción de compostaje con métodos manuales.
Barrido de vías y áreas públicas	El barrido de vías y limpieza de áreas públicas (parque, alrededores de la plaza, ferias y playas) generan desechos compuestos de: hojas, cáscaras, papeles, plásticos, latas, vidrios, palos y alto contenido de tierra.
Institucional¹³	En cuanto a escuelas y colegios, la composición de residuos sólidos es similar a las anteriores. En cuanto al centro de salud, se deben clasificar los desechos. Unos son clasificados de origen residencial (limpieza, cocina, basura), y

¹¹ ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD. Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales [en línea]. Tomado de: <<http://www.redrrss.pe/material/20090128200240.pdf>> [citado en 3 de octubre de 2015], p. 84.

¹² *Ibíd.*, p. 86.

¹³ *Ibíd.*, p. 87.

	<p>otros los potencialmente infecciosos (materiales punzocortantes y de curación, vísceras provenientes del quirófano, todos estos llamados residuos biológico-infecciosos).</p> <p>Estos últimos deben estar separados y presentados en bolsas cerradas de polietileno de color rojo, para luego ser incinerados o enterrados en fosas especiales</p>
--	--

Fuente: Adaptado de: Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales, 2002.

4.2.1.2 Separación de residuos sólidos

La selección en la fuente es una actividad que debe realizar el generador de residuos, con el fin de seleccionarlos y almacenarlos en recipientes o contenedores para facilitar su posterior transporte, aprovechamiento, tratamiento o disposición. Esto garantiza la calidad de los residuos aprovechables y facilita su clasificación, por lo que los recipientes o contenedores empleados deberían ser claramente diferenciables (por color, identificación o localización).

Pese a que no hay un código internacional de colores para clasificación de residuos, la Guía Técnica¹⁴ sugiere un código propio para facilitar la labor de identificación de los materiales residuales, como se muestra en la Tabla 5.

Tabla 5. Código de colores para separación de residuos.

SECTOR	TIPO DE RESIDUO	COLOR SUGERIDO
Doméstico	Aprovechables	Blanco
	No aprovechables	Negro
	Orgánicos biodegradables	Verde
Industrial, comercial,	Cartón y papel	Gris
	Plásticos	Azul

¹⁴ GUÍA TÉCNICA COLOMBIANA GTC 24, Óp. Cit., p. 5.

institucional, servicios	Vidrio	Blanco
	Orgánicos	Crema
	Metálicos	Café oscuro
	Madera	Naranja
	Ordinarios	Verde

Fuente: Adaptado de: Guía Técnica Colombiana de Residuos Sólidos GTC-24, p. 5.

En la Figura 1 se presenta un esquema gráfico de canecas para separación de residuos sólidos, y la clasificación de cada color.



Figura 1. Canecas de diferentes colores para separación de residuos sólidos. Fuente: Guía MIRS AMVA.

4.2.2 Gestión Integral de Residuos Sólidos (GIRS)

La Gestión Integral de Residuos Sólidos (GIRS)¹⁵ conlleva a la selección y aplicación de técnicas, tecnologías y programas idóneos para lograr metas y objetivos propuestos en cuanto a la gestión de residuos. Se trata de una

¹⁵ UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA. Lección 3. El Relleno Sanitario y la Gestión Integral de Residuos. En: Unidad 1. Planificación de proyectos de rellenos sanitarios. Tomado de: <http://datateca.unad.edu.co/contenidos/358045/ContenidoLinea/leccin_3_el_relleno_sanitario_y_la_gestin_integral_de_residuos.html> [citado en 3 de octubre de 2015].

perspectiva de prevención en la cual la disposición final sea la última alternativa, desde luego promoviendo la reducción y minimización como el primer rango de la gestión integral.

4.2.2.1 Jerarquía de la GIRS

En la Figura 2 se muestra la jerarquía de la GIRS. Realizadas las actividades de separación, reducción y minimización, se inicia el servicio de aseo o limpieza urbana cuyos objetivos son la protección de la salud de la población y la procura de un ambiente sano y agradable. En el servicio se prestan las actividades de recolección selectiva de residuos potenciales a reciclaje, recolección de desechos, transporte, tratamiento y disposición sanitaria final para ser compactados y confinados en celdas,



Figura 2. Jerarquía de la Gestión Integral de Residuos Sólidos. Fuente: UNAD.

Las etapas anteriores están enmarcadas a nivel nacional, especialmente en el Decreto 838 de 2005 expedido por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Allí se establece que la disposición final debe funcionar como última alternativa para los desechos sólidos que no tienen posibilidad de ser

reutilizados o aprovechados, por lo que el confinamiento en rellenos sanitarios vendría a ser el último eslabón en la prestación del servicio de aseo.

4.2.2.2 Responsabilidades

La Figura 3 contiene las responsabilidades del usuario y de la empresa prestadora del servicio de aseo, así como alternativas de aprovechamiento.

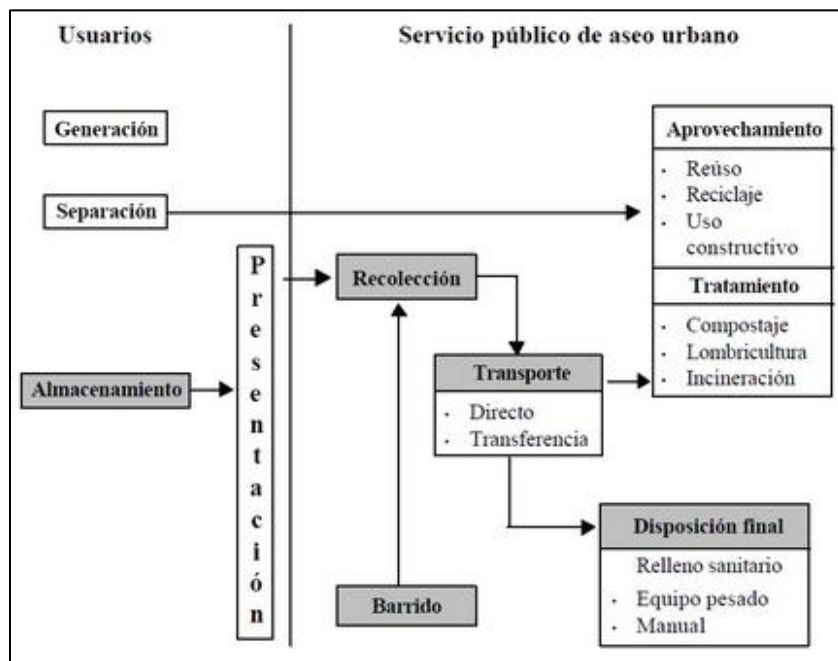


Figura 3. Responsabilidad de los usuarios y de las empresas prestadoras del servicio de aseo. Fuente: UNAD (a su vez de la Guía para la Formulación de PGIRS, Ministerio de Ambiente.

Como usuarios generamos, separamos y aprovechamos los residuos, ya sean para reciclado o para tratamiento por compostaje, dependiendo de su presentación. La empresa prestadora del servicio de aseo recolecta todos los residuos en su ruta y aquellos del barrido de las calles, los transporta al relleno sanitario y allí realiza dos tareas: filtra los residuos que se pueden aprovechar para

reciclado y compostaje (de los usuarios que no hicieron separación), y los residuos no aprovechables son finalmente depositados, compactados y confinados.

4.2.2.3 Descripción de los procesos

De acuerdo a OPS, en la Tabla 6 se muestran los procesos por los que atraviesan los residuos:

Tabla 6. Descripción de procesos de separación, aprovechamiento y reciclado.

CARACTERÍSTICA	GRÁFICO
<p>Para los efectos de <u>separación</u>, se está estimulando el uso de canecas o contenedores fabricados en PEAD, como mínimo trípticos (3 recipientes de colores), que se han denominado “Puntos Ecológicos” (ver Figura 4).</p> <p>Si todos tuviésemos la conciencia de usarlos, sería una situación que minimiza ostensiblemente la cantidad a presentar a la empresa de servicio de aseo.</p>	 <p>Figura 4. Punto ecológico. Fuente: UNAD.</p>
<p>El proceso mediante el cual los materiales reciclados se reincorporan al ciclo económico y productivo, ya sea como reutilización, reciclaje, incineración con fines de generación de energía, o la técnica de tratamiento conocida como “compostaje” (ver Figura 5), u otras actividades que conlleven beneficios sanitarios, ambientales o económicos, se conoce como <u>aprovechamiento</u>.</p>	 <p>Figura 5. Instalación de compostaje. Fuente: UNAD</p>

Como parte del aprovechamiento, otros materiales se aprovechan y transforman para que sean nuevamente materia prima para la fabricación de nuevos productos, mediante el proceso de reciclaje.

Generalmente consta de: separación, acopio, reutilización, transformación y comercialización.

Incluso, existen plantas de reciclaje o “puntos verdes” en los que sus operarios realizan la selección de los materiales que tienen potencial de reciclaje, como se muestra en la Figura 6.



Figura 6. Operarios en una planta de reciclaje. Fuente: UNAD

Fuente: Adaptado de: UNAD.

Luego de efectuar y agotar los procesos descritos anteriormente, la GIRS indica que los demás desechos deben ser objeto de presentación ante la empresa de servicio público de aseo para la disposición final. Este es el último eslabón en la cadena de las fases del sistema de aseo.

4.2.3 Rellenos sanitarios

Este apartado tratará sobre definición, tipos, funcionamiento y diseño de un relleno sanitario.

4.2.3.1 Diferencia entre disposición final y relleno sanitario

De acuerdo a UNAD¹⁶: La disposición final corresponde al proceso de aislar y confinar los residuos sólidos no aprovechables, en lugares técnicamente seleccionados y diseñados para evitar daños a la salud humana y al ambiente.

Por otro lado, Collazos¹⁷ adopta la definición del Decreto 1713 del 6 de agosto de 2002, expedido por el Ministerio de Desarrollo Económico de Colombia: “Relleno Sanitario es el lugar técnicamente seleccionado, diseñado y operado para la disposición final controlada de los residuos sólidos, sin causar peligro, daño o riesgo a la salud pública, minimizando y controlando los impactos ambientales y utilizando principios de ingeniería para la confinación y aislamiento de los residuos sólidos en un área mínima, con compactación de los residuos, cobertura diaria de los mismos, control de gases y lixiviados, y cobertura final”.

En la Figura 7 se muestra un esquema de operación de un relleno sanitario.

¹⁶ UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA. Lección 2. Definición de relleno sanitario, propósito, ventajas y desventajas. En: Unidad 1. Planificación de proyectos de rellenos sanitarios. Tomado de: <http://datateca.unad.edu.co/contenidos/358045/ContenidoLinea/leccin_2_definicion_de_relleno_sanitario_proposito_ventajas_y_desventajas.html> [citado en 3 de octubre de 2015].

¹⁷ COLLAZOS, Héctor. Diseño y operación de rellenos sanitarios. 3 ed. Bogotá: Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería, 2008; p. 67-68.

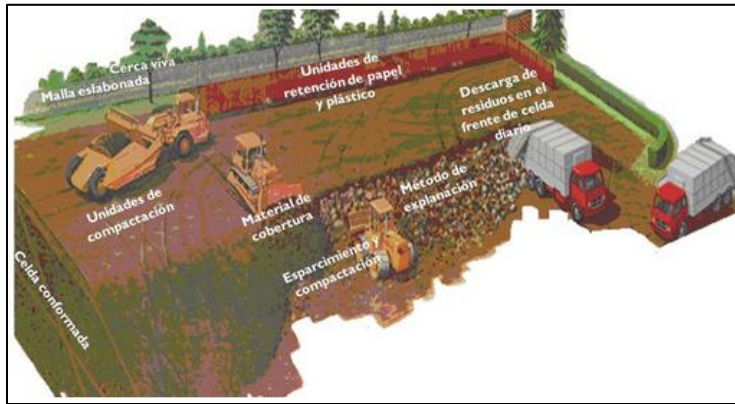


Figura 7. Esquema general de operación de un relleno sanitario. Fuente: UNAD.

Los criterios definidos anteriormente se consolidan en la siguiente figura (Figura 8), donde en un ejemplo de relleno sanitario para pendiente considerable se muestran diferentes hitos o procesos, elementos de infraestructura sanitaria y ambiental, equipos, celdas, mecanismos operativos y de culminación que hacen parte integral de un relleno sanitario.

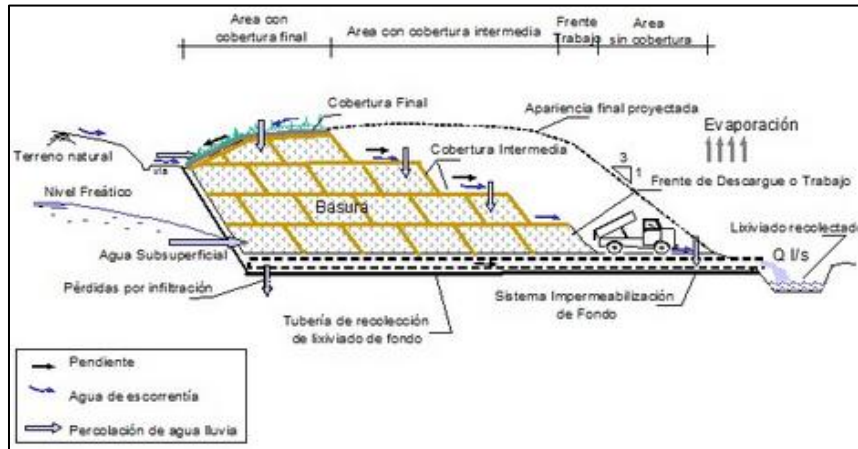


Figura 8. Vista de perfil de un relleno sanitario en operación. Fuente: UNAD.

4.2.3.2 Tipos de relleno sanitario

Según Collazos¹⁸, existen 4 tipos generales de relleno sanitario: tipo área, tipo rampa, tipo trinchera y combinación área-rampa. Todos tienen características similares, y la topografía es la que obliga a utilizar uno u otro. Veamos en la Tabla 7 la descripción de cada uno y su esquema:

Tabla 7. Tipos de relleno sanitario.

TIPO	CARACTERÍSTICAS
Área	Se emplea por lo general en terrenos relativamente planos, con depresiones y hondonadas naturales o artificiales, tales como canteras abiertas producidas por extracción de materiales como arcilla, arena y grava. (Ver Figura 9).
Rampa	Se utiliza en terrenos con declives moderados, aun cuando puede diseñarse para ir formando escalones en terrenos de pendientes más o menos pronunciadas, haciendo excavaciones para lograr el material de recubrimiento. (Ver Figura 10).
Trinchera	Es una zanja o trinchera que se prepara antes del vaciamiento de la basura. En este sistema, utilizado en terrenos planos, se puede hacer toda la zanja antes de construir todo el relleno sanitario, o diariamente, dependiendo del avance que se tenga. Las zanjas se hacen de 1,80 a 2,50 m de altura y de un ancho de por lo menos el doble de la cuchilla del equipo, para facilitar el trabajo del tractor. La tierra sacada al construir la trinchera, sirve como material de cobertura. (Ver Figura 11)
Combinado área y rampa	Cuando los rellenos sanitarios son muy grandes, se construyen generalmente sobre grandes extensiones donde se encuentran muchas formas de terreno y no se puede asegurar que es tipo área o rampa, sino una combinación de estas (Ver Figura 12)

Fuente: Adaptado de: Diseño y operación de rellenos sanitarios, 2008.

¹⁸ *Ibíd.*, p. 68-71.

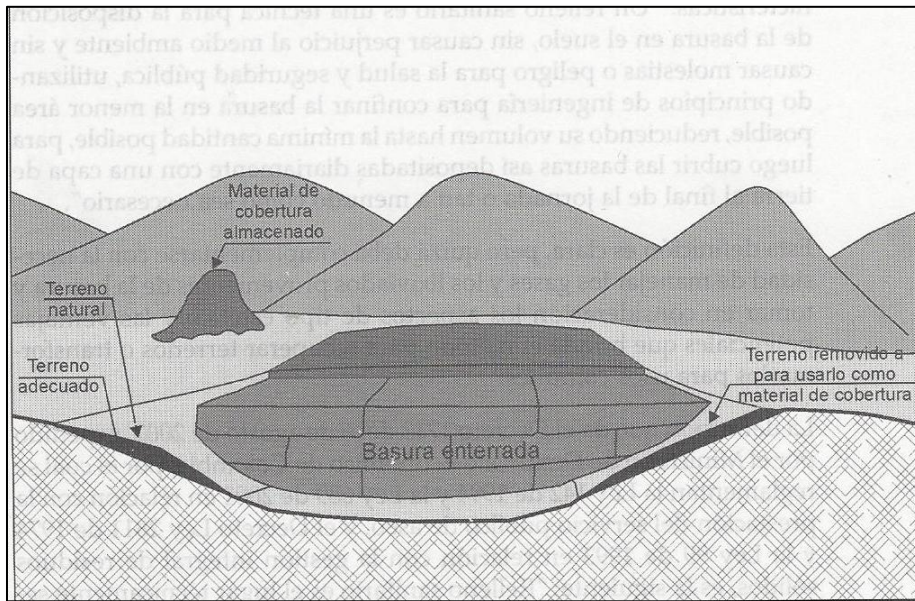


Figura 9. Relleno sanitario tipo área. Fuente: Diseño y operación de rellenos sanitarios, 2008; p. 68.

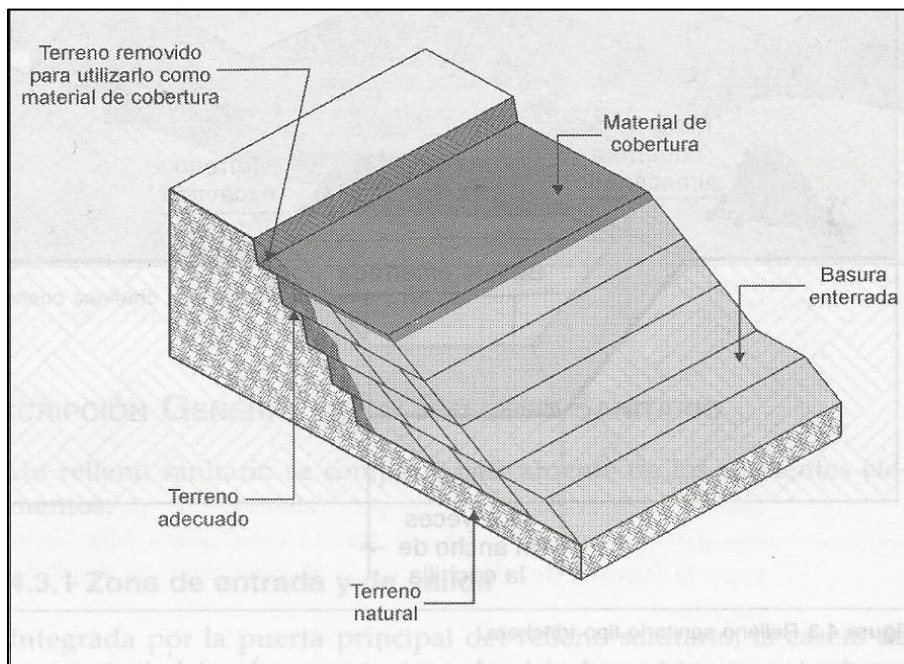


Figura 10. Relleno sanitario tipo rampa. Fuente: Diseño y operación de rellenos sanitarios, 2008; p. 69.

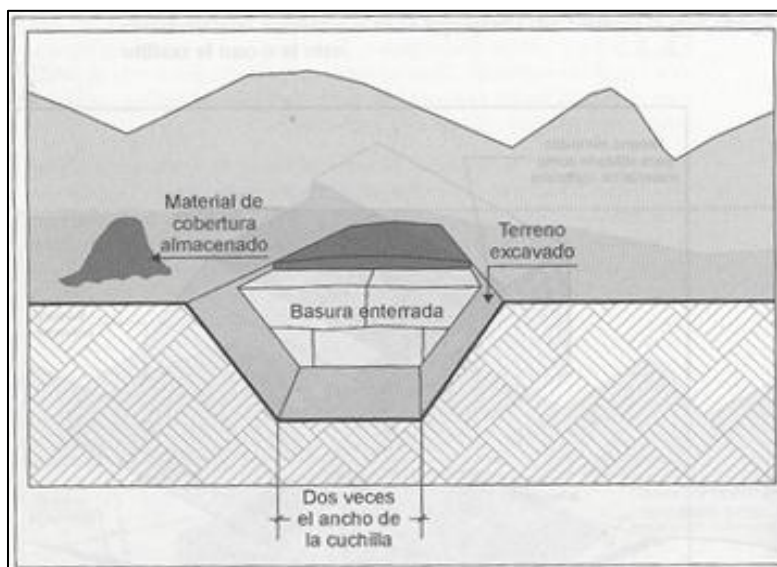


Figura 11. Relleno sanitario tipo trinchera. Fuente: Diseño y operación de rellenos sanitarios, 2008; p. 70.

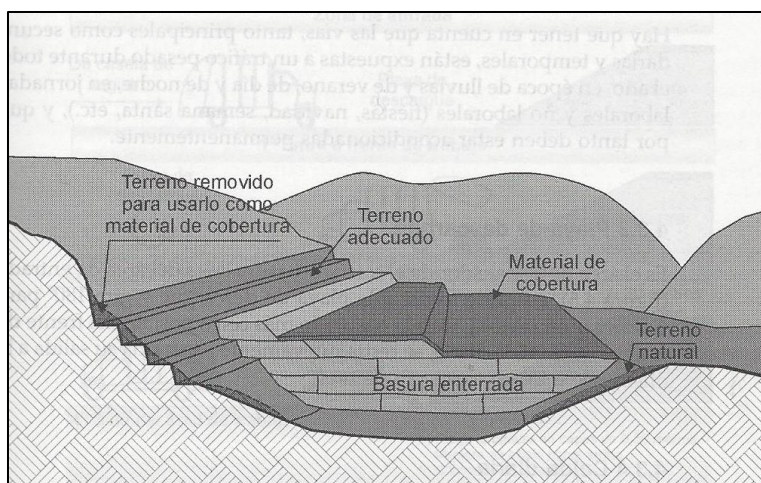


Figura 12. Relleno sanitario tipo combinado área y rampa. Fuente: Diseño y operación de rellenos sanitarios, 2008; p. 71.

4.2.3.3 Ventajas y desventajas de un relleno sanitario

La Tabla 8 resume las principales ventajas y limitaciones por la construcción y la operación de un relleno sanitario, según OPS¹⁹:

¹⁹ ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD. Óp. Cit., p. 48-49.

Tabla 8. Ventajas y limitaciones de los rellenos sanitarios.

No.	VENTAJAS	LIMITACIONES
1	Inversión inicial menor a la necesaria para instaurar una planta de manejo de residuos sólidos.	Oposición de la comunidad: por falta de información, confusión con “botadero”, desconfianza hacia la Administración Municipal y la falta de saneamiento.
2	Menores costos de operación y mantenimiento que los métodos de tratamiento.	Los sitios que se urbanizan rápidamente obligan a ubicar el relleno en zonas alejadas de la población.
3	Método completo y definitivo por su capacidad de recibir todo tipo de Residuos Sólidos Municipales.	Convertirse en un botadero a cielo abierto, por falta de voluntad política de las administraciones para invertir los fondos necesarios para su operación y mantenimiento.
4	Genera empleo de mano de obra poco calificada.	No se recomienda el uso del relleno clausurado para construcción.
5	Recupera gas metano en rellenos sanitarios que reciben más de 500 t/día, que puede ser fuente alternativa de energía.	No se puede construir infraestructura pesada por los asentamientos y hundimientos de un relleno clausurado.
6	Puede estar ubicado cerca del área urbana, lo que reduce costos de transporte y facilita la supervisión por parte de la comunidad.	Un relleno clausurado es propenso a causar impacto ambiental negativo, y al uso indebido por la población.
7	Permite recuperar terrenos que se consideran improductivos o marginales.	Puede ocasionar impacto ambiental a largo plazo si no se toman previsiones en la escogencia del sitio o los controles para mitigarlos. En vecindarios el impacto es generado por líquidos, gases y malos olores provenientes del relleno.
8	Puede comenzar a funcionar en poco tiempo como método de eliminación de residuos.	Los predios o terrenos situados alrededor del relleno sanitario se pueden devaluar.
9	Flexible, porque puede recibir mayores cantidades adicionales de residuos con poco incremento de personal.	No puede recibir residuos peligrosos.

Fuente: Adaptado de: Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales, 2002.

4.2.4 Diseño de un relleno sanitario

De acuerdo a OPS²⁰: El ingeniero proyectista o contratista deberá recopilar la información básica y realizar necesariamente una o varias visitas de campo a fin de reconocer el terreno. Es importante para identificar la zona de llenado y sus alrededores, así como para localizar las obras de infraestructura y construcciones auxiliares, tales como el trazo de la vía de acceso, los drenajes, el patio de maniobras, la caseta de vigilancia. En esta etapa, además, se evalúa el método de relleno, la fuente de material de cobertura, la distribución y el diseño de los terraplenes de residuos para, finalmente, empezar a definir la secuencia de construcción.

Se debe recopilar la siguiente información:

4.2.4.1 Población

De acuerdo a Collazos²¹: La población que se atenderá es la que enviará la basura al relleno sanitario, lo que implica conocer cuántas personas lo hacen. Para el manejo técnico de la basura, es necesario conocer variables como: tamaño de la población, velocidad de crecimiento de la población, distribución geográfica y densidad de población.

El RAS 2000, en el capítulo F2, presenta las consideraciones oficiales para tener en cuenta respecto a censos de población, censos de vivienda, densidades actuales y futuras, métodos de cálculo, ajuste por población flotante y migratoria, y etnias minoritarias. Después de conocer el número de habitantes por algún

²⁰ *Ibíd.*, p. 81.

²¹ COLLAZOS, Héctor, *Óp. Cit.*, p. 26.

método, se puede calcular la basura que produjeron en el pasado, la que se produce actualmente y la que se producirá en el futuro.

4.2.4.2 Generación de RSM en pequeñas poblaciones

Cuando se requiera llevar a cabo un sistema de recolección, tratamiento y disposición final, convendría estimar las cantidades de residuos que la población genera. Con el objetivo de ahorrar recursos, se sugiere utilizar para estos análisis métodos indirectos, como los que se presentan en la Tabla 9.

Tabla 9. Parámetros generación de RSM en pequeñas poblaciones.

ÍTEM	CARÁCTERÍSTICAS
Producción per cápita	<p>Se puede calcular así:</p> $ppc = \frac{DSr \text{ en una semana}}{Pob * 7 * Cob}$ <p>Donde: <i>ppc</i> = producción por habitante por día (Kg/hab/día) <i>DSr</i> = cantidad de RSM recolectados en una semana (Kg/sem) <i>Pob</i> = población total (hab) 7 = Días de la semana <i>Cob</i> = Cobertura en % del servicio de aseo urbano, que se calcula como:</p> $Cob = \frac{Población \text{ atendida}}{Población \text{ total}} * 100$
Producción total	<p>Se puede calcular así:</p> $DS_d = Pob * ppc$ <p>Donde: <i>DS_d</i> = cantidad de RSM producidos al día (Kg/día) <i>Pob</i> = población total (hab)</p>

	<i>ppc</i> = producción per-cápita (Kg/hab/día)
Proyección de la producción total	<p>Se puede calcular la proyección de la población mediante métodos matemáticos, pero en lo que se refiere al crecimiento de la <i>ppc</i> difícilmente se encuentran cifras que den idea de cómo puede variar anualmente.</p> <p>En un futuro, con las series históricas, se podrá calcular el crecimiento de la <i>ppc</i>. El autor²² recomienda utilizar entre 0.5% y 1% anual, de tal manera que las poblaciones pequeñas tengan un bajo crecimiento y las grandes tiendan al 1% anual.</p>

Fuente: Adaptado de: Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales, 2002.

4.2.4.3 Peso específico

El peso específico de los residuos sólidos es de primordial importancia, ya que esta medida define las relaciones entre la masa y el volumen que se han de manejar, y por tanto se utiliza para definir necesidades de equipos en el sitio de disposición final, cantidad de basura en el botadero y capacidad para almacenar.

La Resolución RAS 2000²³, recomienda obtener este parámetro in situ, pero ante la dificultad de hacer huecos con medidas exactas (para medir primero el volumen y luego el peso específico), nos regimos por pesos aproximados, como los indicados en la Tabla 10.

²² *Ibíd.*, p. 32.

²³ *Ibíd.*, p. 41-42.

Tabla 10. Pesos específicos de la basura en diferentes situaciones.

SITUACIÓN DE LA BASURA	PESO ESPECÍFICO (Ton/m ²)
Almacenada dentro de la residencia	0,35
Entregada a la empresa recolectora	0,40
Dentro del vehículo compactador	0,60
Dentro del vehículo sin compactador	0,40
Al descargarla en un botadero de basura	0,40
Luego de estar dos meses en un botadero	0,70
Un año después de estar en un botadero	1,00

Fuente: Adaptado de: Diseño y operación de rellenos sanitarios, 2008.

Según la OPS, para el cálculo de las dimensiones de la celda diaria y el volumen del relleno, se pueden estimar las siguientes densidades²⁴: Para celda diaria, es decir, basura recién compactada manualmente, la densidad se puede estimar en 0,4-0,5 Ton/m³. Para volumen del relleno, considerando basura estabilizada en el relleno manual, la densidad se puede estimar en 0,5 – 1 Ton/m³.

4.2.4.4 Localización general del sitio

De acuerdo a Collazos²⁵, la localización del sitio para el relleno sanitario se debe hacer, preferiblemente, en un plano a escala 1:25.000 del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), en el que se puedan ubicar la zona urbana de la población, las vías de acceso, sus características, las condiciones ambientales (corrientes de agua, viviendas cercanas), la dirección de los vientos, la topografía en general y otros aspectos de importancia.

²⁴ ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD, Óp. Cit., p. 88.

²⁵ COLLAZOS, Héctor, Óp. Cit., p. 43.

Los sistemas de Información Geográfica (SIG) también pueden brindar datos relevantes para tomar decisiones sobre la localización final.

4.2.4.5 Características del terreno

Según OPS²⁶: La geología y características específicas del suelo del terreno son algunos de los factores más importantes que hay que tener en cuenta a la hora de seleccionar el sitio. Gracias a estos se puede obtener información acerca de posibles desplazamientos de las infiltraciones de agua y de una eventual contaminación de las aguas superficiales y subterráneas.

Los estudios de campo para poblaciones con menos de 500 habitantes pueden consistir en pruebas de percolación y análisis del suelo. En la Tabla 11 se muestran los principales parámetros a tener en cuenta:

Tabla 11. Parámetros geológico-geotécnicos para la construcción de un relleno sanitario.

ORIGEN	CARÁCTERÍSTICAS
Espesor del suelo²⁷	Indica cuánto se puede profundizar buscando material de cobertura, antes de llegar a la roca madre u otros estratos no aptos para esta acción.
Pendiente	Es clave conocer el paisaje edáfico del sitio y de sus alrededores para el diseño de las vías internas, de la operación del relleno sanitario y del uso futuro. Va de la mano con el conocimiento de la topografía del sitio, obtenida mediante planos o por influencia de los SIG.
Textura del suelo	Es importante porque es un indicador de permeabilidad y porque facilita el manejo de material.

²⁶ ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD, Óp. Cit., p. 89.

²⁷ COLLAZOS, Héctor, Óp. Cit., p. 43-44.

Tipo de suelo	Preferiblemente sobre suelos areno-limo-arcillosos, limo-arcillosos y arcillo-limosos. Evitar los terrenos areno-limosos por su alta permeabilidad.																																																																	
Permeabilidad²⁸	<p>Es la velocidad con la que el agua atraviesa los diferentes tipos de suelo. En la Tabla 12 se aprecia el tipo de suelo y su relación con el coeficiente “k” de permeabilidad</p> <p>Tabla 12. Permeabilidad k (cm/s) según el tipo de material.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>k (cm/s)</th> <th>10²</th> <th>10¹</th> <th>10</th> <th>10⁻¹</th> <th>10⁻²</th> <th>10⁻³</th> <th>10⁻⁴</th> <th>10⁻⁵</th> <th>10⁻⁶</th> <th>10⁻⁷</th> <th>10⁻⁸</th> <th>10⁻⁹</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Drenaje</td> <td colspan="6">Bueno</td> <td>Malo</td> <td colspan="5">Prácticamente impermeable</td> </tr> <tr> <td>Relleno sanitario</td> <td colspan="9">Pésimo</td> <td colspan="3">Bueno</td> </tr> <tr> <td>Tipo de suelo</td> <td>Grava gruesa (cascajo)</td> <td colspan="3">Arena limpia, arena mezclada con grava</td> <td colspan="4">Arena muy fina, suelos orgánicos e inorgánicos, mezcla de limo-arenoso y arcilla</td> <td colspan="4">Suelo impermeable modificado por efecto de la vegetación y la intemperización</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td colspan="3">Suelo impermeable; por ejemplo: arcilla homogénea debajo de la zona de intemperización</td> <td colspan="8"></td> </tr> </tbody> </table> <p>Para relleno sanitario se opta por suelos prácticamente impermeables, modificados por la vegetación e intemperización.</p>	k (cm/s)	10 ²	10 ¹	10	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸	10 ⁻⁹	Drenaje	Bueno						Malo	Prácticamente impermeable					Relleno sanitario	Pésimo									Bueno			Tipo de suelo	Grava gruesa (cascajo)	Arena limpia, arena mezclada con grava			Arena muy fina, suelos orgánicos e inorgánicos, mezcla de limo-arenoso y arcilla				Suelo impermeable modificado por efecto de la vegetación y la intemperización						Suelo impermeable; por ejemplo: arcilla homogénea debajo de la zona de intemperización										
k (cm/s)	10 ²	10 ¹	10	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸	10 ⁻⁹																																																						
Drenaje	Bueno						Malo	Prácticamente impermeable																																																										
Relleno sanitario	Pésimo									Bueno																																																								
Tipo de suelo	Grava gruesa (cascajo)	Arena limpia, arena mezclada con grava			Arena muy fina, suelos orgánicos e inorgánicos, mezcla de limo-arenoso y arcilla				Suelo impermeable modificado por efecto de la vegetación y la intemperización																																																									
		Suelo impermeable; por ejemplo: arcilla homogénea debajo de la zona de intemperización																																																																
Nivel freático	Tiene que ver con la altura de la tabla de aguas o la altura dominante del nivel freático. Se deberán preferir los terrenos bien drenados y con nivel a más de 1 m de profundidad durante todo el año. En caso contrario, se deberán descartar ya que a mayor humedad habrá mayor producción de gases y lixiviados.																																																																	
pH	Mide la capacidad de intercambio catiónico entre la basura y el suelo. Los suelos arcillosos tienen alta capacidad de intercambio catiónico y amortiguación; en contraste, los arenosos poseen baja capacidad.																																																																	
Tipo de terreno	Las hondonadas o los terrenos ondulados pueden brindar buenas posibilidades de material de cobertura, al nivelar el terreno y hacer los cortes en las laderas de las depresiones.																																																																	

Fuente: Adaptado de: Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales, 2002.

²⁸ ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD, Óp. Cit., p. 90-91.

4.2.4.6 Clima e hidrología

La precipitación pluvial, la evaporación, la temperatura y la dirección del viento son los principales datos climatológicos que se deben recopilar para establecer las especificaciones de diseño de la infraestructura del relleno sanitario y tener un mejor conocimiento de las condiciones a las que estará sometida la obra en general, como se aprecia en la Figura 13.

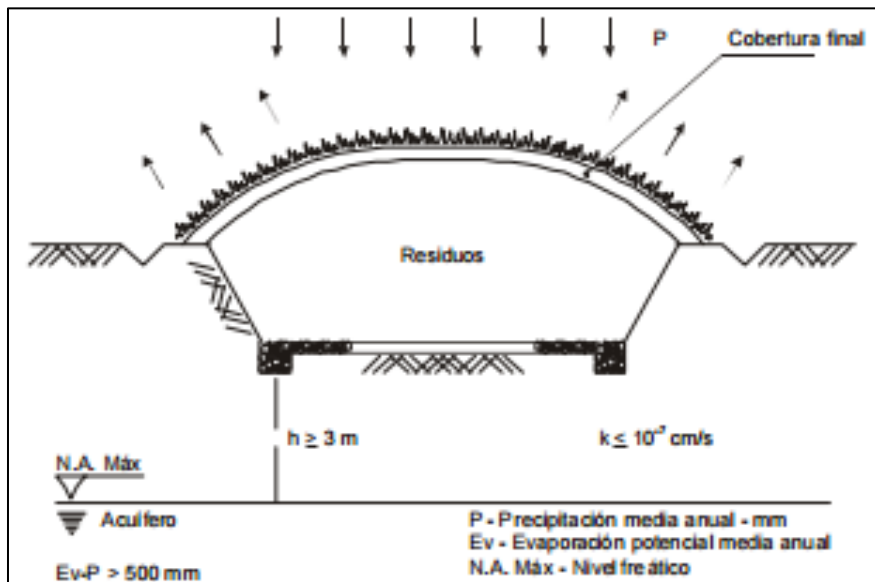


Figura 13. Condiciones climatológicas e hidrológicas favorables. Fuente: Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales, 2002, p. 91.

4.2.4.7 Volúmenes

En la Tabla 13 se muestran los volúmenes que deben calcularse:

Tabla 13. Volúmenes que deben calcularse para el diseño del relleno sanitario.

ÍTEM	CARÁCTERÍSTICAS
<p>De residuos sólidos</p>	<p>Volumen diario y anual compactado:</p> $V_{diario} = \frac{DS_d}{D_{RSM}}$ $V_{anual\ compactado} = V_{diario} * 365$ <p>Donde: V_{diario} = Volumen de RSM a disponer en un día (m³/día) $V_{anual\ compactado}$ = Volumen de RSM a compactar en 1 año (m³/año) DS_d = Cantidad de RSM producidos al día (Kg/día) 365 = Cantidad de días de un año D_{RSM} = Densidad de los RSM recién compactados (400-500 kg/m³) y del relleno estabilizado (500-600 kg/m³)</p>
<p>Del material de cobertura</p>	$V_{m.c.} = V_{anual\ compactado} * (0,20\ o\ 0,25)$ <p>Donde: $V_{m.c.}$ = Equivale del 20% al 25% del volumen de desechos recién compactados m²/año)</p>
<p>Del relleno sanitario</p>	$V_{RS} = V_{anual\ compactado} + V_{m.c.}$ <p>Donde: V_{RS} = Volumen del relleno sanitario (m²/año)</p>

Fuente: Adaptado de: Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales, 2002.

4.2.4.8 Área requerida

Con el volumen se puede estimar el área requerida para la construcción del relleno sanitario, con la profundidad o altura que tendría el relleno. Esta solo se conocerá si se tiene una idea general de la topografía.

No obstante, el área requerida para la construcción de un relleno sanitario manual se puede estimar de la siguiente forma²⁹:

$$A_{RS} = \frac{V_{RS}}{h_{RS}}$$

Donde:

A_{RS} = área por rellenar sucesivamente (m²)

V_{RS} = Volumen del relleno sanitario (m³/año)

h_{RS} = Altura o profundidad media del relleno sanitario (m)

El área total es afectada por un factor de corrección F:

$$A_T = F * A_{RS}$$

Donde:

A_T = área total requerida (m²)

F = Factor de aumento del área adicional requerida para las vías de penetración, áreas de retiro a linderos, caseta para portería e instalaciones sanitarias, patio de maniobras, etc. Este es entre 20-40% del área que se deberá rellenar.

4.2.4.9 Taludes

De acuerdo a la topografía y a las propiedades del suelo, se puede optar por taludes en corte o terraplén³⁰. Por la topografía escarpada del municipio de Páez, al estar ubicado en estribaciones de la cordillera Oriental, se diseñarán taludes en corte, con la finalidad de que el material sustraído sea evaluado como material de cobertura, y así no recurrir a material de préstamo para tal fin.

²⁹ Ibíd., p. 95.

³⁰ Ibíd., p. 96.

4.2.4.10 Composición básica de un relleno sanitario

De acuerdo a Collazos, un relleno sanitario se compone básicamente de los siguientes elementos, como se muestra en la Tabla 14

Tabla 14. Elementos a tener en cuenta en el diseño de un relleno sanitario.

ELEMENTO	CARACTERÍSTICAS
Zona de entrada y salida	<p>Integrada por la puerta principal del relleno sanitario, la caseta de registro y la báscula.</p> <p>Se hace el registro de entrada, se autoriza para que continúe a la zona de descargue y se autoriza su salida.</p>
Sistema vial	<p>Está compuesto por vías principales, secundarias y temporales. Las primeras son vías permanentes durante la vida útil del relleno sanitario, las secundarias funcionan en períodos determinados y las temporales se utilizan para llegar al frente de trabajo.</p> <p>Estas vías están expuestas a tráfico pesado durante todo el año, en época de lluvias y verano, de día y de noche, en jornadas laborales y no laborales, por lo que deben estar acondicionadas permanentemente.</p>
Playa de descargue	<p>Es el área de trabajo donde el vehículo recolector llega del área de entrada, entra de frente a la playa de descargue y gira 180° para descargar en reversa. Deja la basura lo más cerca posible del frente de trabajo de la celda diaria, y se retira nuevamente.</p>
Celda diaria	<p>Es el espacio donde se coloca la basura del día. Tiene un frente, una altura y un fondo, con una inclinación aproximada de 30°.</p> <p>Luego, un buldócer riega la basura sobre el frente de la celda en capas de 30 cm, la compacta las veces que sea necesario para alcanzar un peso específico mínimo de 0.7 Ton/m² y al final del día la tapa.</p>

Basura	Queda dentro de la celda diaria. Empiezan los procesos de descomposición, que duran aproximadamente 15 años.
Otras obras	Se refiere a otras obras complementarias, tales como los canales para el control de aguas de escorrentía, el cubrimiento diario de la basura, las mallas de protección para evitar que plásticos y papeles salgan del área de trabajo, cerramiento, siembra de vegetación y manejo del paisaje edáfico.

Fuente: Adaptado de: Diseño y operación de rellenos sanitarios, 2008.

En la Figura 14 se muestra un esquema gráfico de los elementos descritos en la tabla anterior:

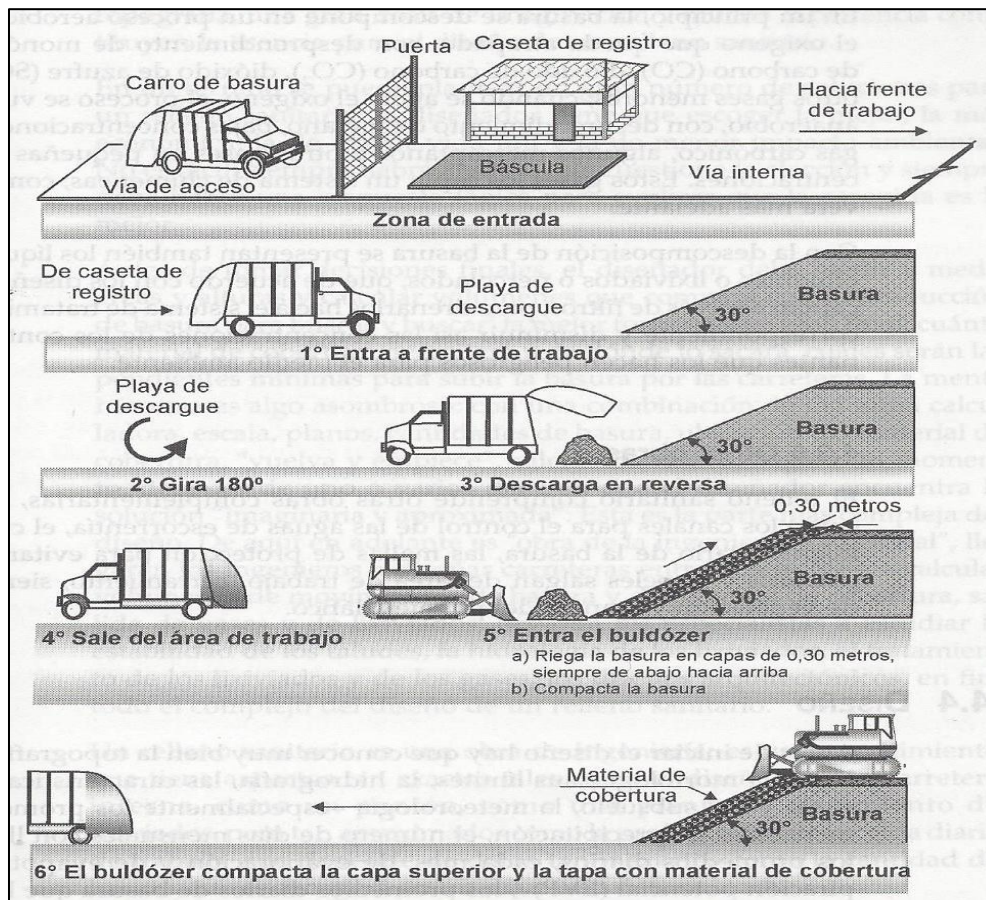


Figura 14. Esquema de un relleno sanitario. Fuente: Diseño y operación de rellenos sanitarios, 2008, p. 73.

4.2.4.11 Selección del método de diseño

Dado que la topografía del municipio de Páez impide el diseño de un relleno sanitario por el método de las zanjas (para terrenos planos), se incluirán las consideraciones de diseño por el método de área, que sirve en terrenos con pendiente moderada y donde se ubicará el relleno sanitario directamente.

En primer lugar se debe establecer la capacidad volumétrica del sitio. Según OPS³¹, es el volumen total disponible del terreno para recibir y almacenar la basura y el material de cobertura que conforman el relleno sanitario. En otras palabras, es el volumen comprendido entre la superficie de desplante y la superficie final del relleno, para lo cual es indispensable determinar la capacidad volumétrica del terreno.

Lo ideal que el sitio dispuesto para el relleno sea extenso, para así facilitar la labor de los vehículos de recolección al entrar, descargar y salir.

A partir de las curvas del nivel, consiste en determinar el volumen existente entre los planos horizontales del terreno, para lo cual es necesario calcular las áreas, luego promediarlas y multiplicarlas por la diferencia de altura que las separa, partiendo de la siguiente ecuación:

$$V = \frac{A_1 + A_2}{2} \Delta h$$

Donde:

V = Volumen entre dos curvas de nivel (m^3)

A_1, A_2 = Áreas de los planos horizontales (m^2)

Δh = Diferencia de altura entre los planos (m)

³¹ *Ibíd.*, p. 111.

Mientras más pequeño es el incremento Δh , mayor será la precisión del método. Además, será más fácil de usar si se tiene el levantamiento topográfico con curvas de nivel cada metro y si se utiliza un planímetro para el cálculo de las áreas. Este es el método más común en el caso de grandes rellenos sanitarios. Por tanto, la capacidad volumétrica del sitio está dada por la siguiente ecuación:

$$V = \frac{A_1 + A_2}{2} \Delta h_1 + \frac{A_2 + A_3}{2} \Delta h_2 + \frac{A_3 + A_4}{2} \Delta h_3 + \dots$$

Cuando las áreas son equidistantes entre sí:

$$V = \frac{\Delta h}{2} * \left[\frac{A_1 + A_2}{2} + \frac{A_2 + A_3}{2} + \frac{A_3 + A_4}{2} + \dots \right]$$

$$V = \frac{\Delta h}{2} * \left[\frac{A_1 + 2A_2 + 2A_3 + A_4 + \dots}{2} \right]$$

Gráficamente, los parámetros calculados se pueden apreciar en la Figura 15.

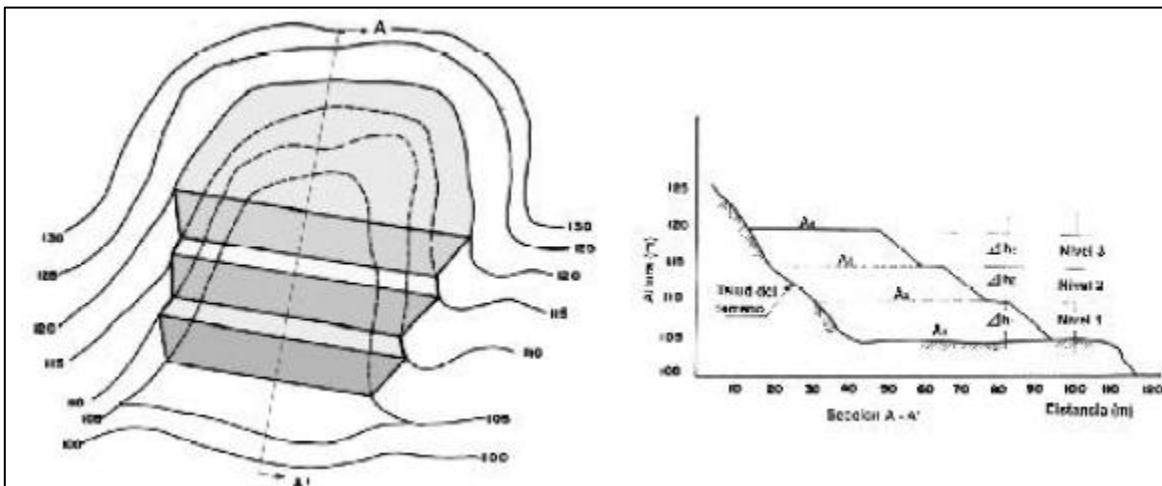


Figura 15. Vista en planta y sección de un terreno para relleno tipo área. Fuente: Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales, 2002.

4.2.4.12 Vida útil del relleno sanitario

El volumen total disponible del terreno se compara con los valores de un ábaco (donde aparecen los volúmenes acumulados del relleno) hasta encontrar un valor similar o ligeramente mayor. En la columna 0 de la misma línea se verá el número de años que equivalen a la vida útil del relleno³².

4.2.4.13 Canal interceptor de aguas de escorrentía

Según OPS: Es importante estudiar la precipitación pluvial del lugar, con el fin de establecer las características de los drenajes perimetrales y las obras necesarias. Así se minimizará la producción del líquido lixiviado o percolado y se evitará la contaminación de las aguas.

¿Por qué se debe diseñar? Porque las aguas de lluvia que caen sobre áreas vecinas al relleno sanitario pueden escurrirse hacia él y dificultar su operación. Por ello es necesario construir un canal en tierra o suelo-cemento de forma trapezoidal y dimensionarlo teniendo en cuenta la precipitación local, el área tributaria, las características del suelo, la vegetación y la pendiente del terreno.

Las secciones del canal interceptor pueden ser, además de trapezoidal: circular, triangular, cuadrada o parabólica. En la Figura 16 se puede apreciar el detalle de la sección transversal considerando un canal trapezoidal.

³² *Ibíd.*, p. 111.

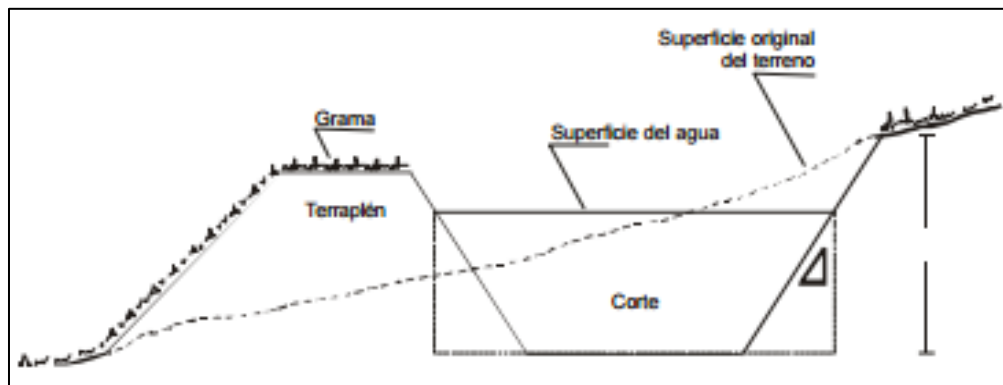


Figura 16. Detalles de la sección transversal del canal trapezoidal. Fuente: Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales, 2002, p. 113.

En la Tabla 15 se muestran los parámetros que se calculan:

Tabla 15. Parámetros de diseño del canal de escorrentía.

ÍTEM	CARÁCTERÍSTICAS
<p>Caudal de escorrentía:</p>	<p>Se calcula como:</p> $Q_p = \frac{C * i * A_d}{3,6 * 10^6}$ <p>Donde: Q_p = Caudal que ingresa (m³/s) C = Coeficiente de escorrentía. i = Intensidad de la lluvia para una duración igual (mm/hora) A_d = Área de la cuenca hidrográfica (m²)</p>
<p>Velocidad del flujo³³</p>	<p>El canal debe ser trazado por la curva de nivel más alta a la que llegará el borde del relleno sanitario y deberá garantizar una velocidad máxima promedio de 0,5 m/s, que no provoque erosión excesiva.</p>
<p>Área de la sección</p>	<p>Se calcula como:</p> $A = \frac{Q_p}{v} = \frac{Q_p}{0,5 \text{ m/s}}$

³³ Ibid., p. 114.

	<p>Donde:</p> <p>V_{RS} = Volumen del relleno sanitario ($m^2/año$)</p> <p>Una vez hallada el área, se deciden a criterio propio las dimensiones.</p>
--	---

Fuente: Adaptado de: Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales, 2002.

4.2.4.14 Generación de lixiviado

El volumen de lixiviado está fundamentalmente en función de la precipitación pluvial. No solo la escorrentía puede generarlo, también las lluvias que caen en el área del relleno hacen que su cantidad aumente, ya sea por la precipitación directa sobre los residuos depositados o por el aumento de infiltración a través de las grietas en el terreno. Dado que resulta difícil obtener información local sobre los datos climatológicos, se suelen utilizar coeficientes que correlacionan los factores antes mencionados con el fin de precisar el volumen de lixiviado producido³⁴.

En la Tabla 16 se pueden calcular parámetros para diseñar el sistema de drenaje de lixiviados:

³⁴ *Ibíd.*, p. 115.

Tabla 16. Parámetros de diseño del drenaje de lixiviados.

ÍTEM	CARÁCTERÍSTICAS
<p>Caudal de lixiviado</p>	<p>El método suizo, por ejemplo, permite estimar de manera rápida y sencilla el caudal de lixiviado o líquido percolado mediante la ecuación:</p> $Q = \frac{1}{t} * P * A * K$ <p>Donde: Q= Caudal medio de lixiviado o líquido percolado (L/s) P= Precipitación media anual (mm/año) A = Área superficial del relleno (m²) t = Número de segundos en un año (31.536.000 seg/año) K = Coeficiente que depende del grado de compactación de la basura, cuyos valores recomendados son los siguientes:</p> <p>Para rellenos débilmente compactados con peso específico de 0,4 a 0,7 t/m³, se estima una producción de lixiviado entre 25 y 50% (k = 0,25 a 0,50) de precipitación media anual correspondiente al área del relleno.</p> <p>Para rellenos fuertemente compactados con peso específico > 0,7 t/m³, se estima una generación de lixiviado entre 15 y 25% (k = 0,15 a 0,25) de la precipitación media anual correspondiente al área del relleno.</p>
<p>Volumen de lixiviados³⁵</p>	<p>El volumen de lixiviado se estima con la siguiente ecuación:</p> $V = Q * t$ <p>Donde: V= Volumen de lixiviado que será almacenado (m³) Q= Caudal medio de lixiviado o líquido percolado (m³/mes) t = número máximo de meses con lluvias consecutivas (mes)</p>
<p>Longitud del sistema de zanjas para el</p>	<p>Con el caudal obtenido se pueden calcular las dimensiones del sistema de zanjas para el almacenamiento de lixiviado, tal como se indica en la siguiente ecuación. Las zanjas deberán tener por</p>

³⁵ Ibid., p. 117.

<p>lixiviado</p>	<p>lo menos un ancho de 0,6 m por 1 m de profundidad, siempre que el nivel freático esté un metro más abajo y el suelo tenga las condiciones de impermeabilidad recomendadas anteriormente.</p> $L = \frac{V}{a}$ <p>Donde: <i>L</i> = Longitud de las zanjas de almacenamiento (m) <i>V</i> = Volumen de lixiviado que será almacenado durante los periodos de lluvia (m³) <i>a</i> = Área superficial de la zanja (m²)</p> <p>Una vez hallada el área, se deciden a criterio propio las dimensiones.</p>
-------------------------	---

Fuente: Adaptado de: Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales, 2002.

4.2.4.15 Celda diaria

Según OPS³⁶: La celda diaria está conformada básicamente por los RSM y el material de cobertura y será dimensionada con el objeto de economizar tierra, sin perjuicio del recubrimiento y con el fin de que proporcione un frente de trabajo suficiente para la descarga y maniobra de los vehículos recolectores.

Para la celda diaria se recomienda una altura que fluctúe entre 1 y 1,5 metros, esto debido a la baja compactación alcanzada por la operación manual y a fin de brindar una mayor estabilidad mecánica a la construcción de los terraplenes del relleno sanitario.

En la Tabla 17 se muestran los parámetros a calcular para la celda diaria:

³⁶ *Ibíd.*, p. 119.

Tabla 17. Parámetros de diseño de la celda diaria.

ÍTEM	CARÁCTERÍSTICAS
<p>Cantidad de basura en la celda diaria</p>	<p>A partir de la cantidad de basura producida diariamente, es decir:</p> $DS_{rs} = DS_p * \frac{7}{d_{hab}}$ <p>Donde: DS_{rs} = Cantidad media diaria de RSM en el relleno sanitario (kg/día) DS_p = Cantidad de RSM producidos por día (kg/día) d_{hab} = Días hábiles o laborables en una semana (normalmente $d_{hab} = 5$ o 6 días, y aún menos en los municipios más pequeños)</p>
<p>Volumen de la celda diaria</p>	<p>El volumen de celda diaria se calcula con la siguiente ecuación:</p> $V_c = \frac{DS_{rs}}{D_{rsm}} * V_{m.c.}$ <p>Donde: V_c = Volumen de la celda diaria (m³) D_{rsm} = Densidad de los RSM recién compactados en el relleno sanitario manual, 400-500 kg/m³ $V_{m.c.}$ = Material de cobertura (20-25%)</p>
<p>Área de la celda³⁷</p>	<p>Se calcula así:</p> $A_c = \frac{V_c}{h_c}$ <p>Donde: A_c = Área de la celda (m²/día) h_c = Altura de la celda (m) - límite 1,0 m a 1,5 m. Flintoff reporta alturas entre 1,5 y 2,0 m para rellenos sanitarios con operación manual, con lo que disminuye el material de cobertura.</p>
<p>Longitud de la celda</p>	<p>Se calcula así:</p> $l = \frac{A_c}{a}$

³⁷ Ibid., p. 122.

	<p>Donde:</p> <p>a = Ancho que se fija de acuerdo con el frente de trabajo necesario para la descarga de la basura por los vehículos recolectores (m). Debe tenerse en cuenta que en pequeñas comunidades serán uno o dos vehículos como máximo los que descarguen a la vez, lo que determina el ancho entre 3 y 6 m.</p>
--	--

Fuente: Adaptado de: Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales, 2002.

4.2.4.16 Mano de obra

De acuerdo a OPS³⁸: La siguiente es una guía para calcular el número de trabajadores necesarios en el relleno sanitario manual. En ella se considera una jornada de ocho horas diarias, con un tiempo efectivo de seis horas. Estos rendimientos son bajo condiciones normales de trabajo y pueden variar en cada lugar. Ver la Tabla 18.

Tabla 18. Guía de cálculo para estimar el número de trabajadores.

OPERACIÓN	RENDIMIENTOS		hombre/día
Movimiento de desechos	$\frac{\text{Desechos sólidos (t/día)}}{(0,95)^a \text{t/hora} - \text{hombre}}$	$\times \frac{1}{6 \text{ horas}}$	
Compactación de desechos	$\frac{\text{Área superficial (m}^2\text{)}}{(20)^a \text{m}^2/\text{hora} - \text{hombre}}$	$\times \frac{1}{6 \text{ horas}}$	
Movimiento de tierra	$\frac{\text{Tierra m}^3}{(0,35 \text{ a } 0,70)^a \text{m}^3/\text{hora} - \text{hom.}}$	$\times \frac{1}{6 \text{ horas}}$	
Compactación de la celda	$\frac{\text{Área superficial (m}^2\text{)}}{(20)^a \text{m}^2/\text{hora} - \text{hombre}}$	$\times \frac{1}{6 \text{ horas}}$	
	(Total hombres)		
<p>^a Adaptar a cada región. Apéndice D, ejemplo 11. Modelo de cálculo de obtención de rendimientos.</p>			

Fuente: Adaptado de: Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales, 2002.

³⁸ *Ibíd.*, p. 123.

4.3 MARCO GEOGRÁFICO

De acuerdo al sitio web del departamento³⁹, a continuación en la Tabla 19 se presentan algunos datos generales del municipio de Páez (Boyacá):

4.3.1 Datos generales

Tabla 19. Datos generales municipio de Páez.

ÍTEM	DATOS
Coordenadas	73°03'00" de longitud occidental. 5° 06'00" de latitud norte.
Límites del municipio	Al norte, con Berbeo, San Eduardo y Aquitania (Boyacá) Al sur, con San Luis de Gaceno (Boyacá) y Sabanalarga (Casanare) Al suroriente con Páez. Al occidente, con Campohermoso y Miraflores (Boyacá). Al oriente, con Chámeza, Tauramena y Monterrey (Casanare).
Extensión	443 Km ² totales, de los cuales: 1,2 Km ² corresponden al área urbana y 441,8 Km ² corresponden al área rural.
Altitud de la cabecera municipal	1300 msnm
Temperatura media	23°C
Distancia de referencia	170 Km a la ciudad de Tunja
Provincia	Lengupá
Fundación	26 de noviembre de 1962 por Dr. Guillermo Peña Pérez

Fuente: Elaboración propia. Obtenido de: Sitio web de Páez, 2015.

³⁹ ALCALDÍA DE PAEZ (BOYACÁ). Límites del municipio [en línea]. Tomado de: <http://www.paez-boyaca.gov.co/informacion_general.shtml> [citado en 2 de octubre de 2015].

4.3.2 Localización

El proyecto a desarrollar se ubica en el territorio colombiano, más específicamente en el departamento de Boyacá (en el centro del país), como se aprecia en la Figura 17.



Figura 17. Ubicación del departamento de Boyacá en Colombia.

Según Boyacá Cultural⁴⁰: El departamento de Boyacá se subdivide en provincias y éstas a su vez en municipios. El municipio de Páez se ubica en la provincia de Lengupá (ver Figura 18) al sureste del departamento.

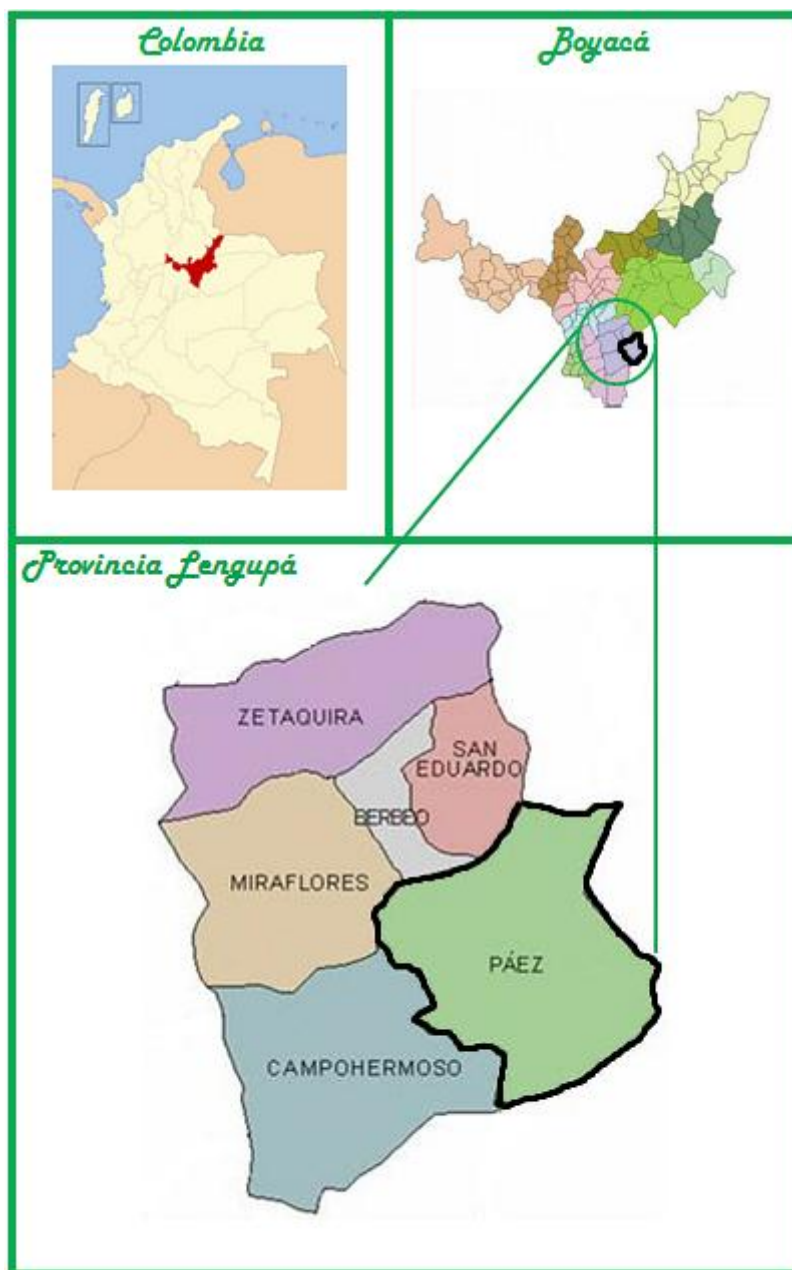


Figura 18. Ubicación del municipio de Páez en la provincia de Lengupá y en el departamento de Boyacá.

⁴⁰ BOYACÁ CULTURAL. Provincia de Lengupá, Departamento de Boyacá [en línea]. Tomado de: <http://www.boyacacultural.com/index.php?option=com_content&view=article&id=100&Itemid=97>, [citado en 2 de octubre de 2015].

4.3.3 División política del municipio de Páez

De acuerdo a la información del municipio⁴¹: Debido a la extensión pequeña del casco urbano, el municipio de Páez se organiza en dos comunas (Cápaga y Caracoles Bajo) en su cabecera municipal, mientras que en la zona rural se encuentran un corregimiento y 27 veredas, como se muestra en la Tabla 20.

Tabla 20. Organización territorial del municipio de Páez (Boyacá).

AGRUPACIÓN	NOMBRE(S)	
Corregimientos: 1	SIRASI-CENTRO RURAL	
Veredas: 27	AGUA BLANCA ALGARROBO CALIFORNIA CANALES- PRECIPICIOS CARACOLES ALTO CEIBAL Centro CENTRO RURAL CHIRIRE COLOMBIA CHIQUITA Cortaderal EL OSO GUADUAL GUAMAL-MARAVILLA LA CHULA LOMA ALTA MOCHILERO PAN DE AZUCAR PARAISO- GUARUMAL	Pozuelos SALITRE SANTA RITA TUNJO YÁGÜEME YAMUNTA YAMUNTICA YAPOMPO

Fuente: Adaptado de: Sitio web de Páez (Boyacá), 2015.

⁴¹ ALCALDÍA DE PÁEZ (BOYACÁ). Territorios [en línea]. Tomado de: <<http://www.paez-boyaca.gov.co/territorios.shtml>> [citado en 2 de octubre de 2015].

4.3.4 Existencia de áreas protegidas

De acuerdo a la información del municipio⁴²: La naturaleza de alguna manera ha sido muy generosa con el municipio de Páez, ya que este cuenta con atractivos naturales por su variedad geográfica, su flora, su fauna e hidrografía, aunque no se conoce que exista alguna área protegida legalizada.

4.3.5 Economía

De acuerdo a la información del municipio⁴³: Páez, como la mayoría de municipios de la provincia de Lengupá y el departamento de Boyacá, basa su economía en la actividad agropecuaria, y la ganadería. Es por esto que en el territorio está más arraigado el sector primario y, en menor medida, el sector terciario o de servicios.

4.3.5.1 Sector primario

De acuerdo al Plan de Desarrollo 2012-2015⁴⁴: El Municipio de Páez actualmente gira su economía en el rubro ganadero y en menor medida en agricultura, ya que éste no tiene un desarrollo notable y es una economía que no deja remanentes para inversión. Este sector se agrupa en varios subsectores como lo muestra la Tabla 21.

⁴² ALCALDÍA DE PÁEZ (BOYACÁ). Información general (ecología) [en línea]. Tomado de: <http://www.paez-boyaca.gov.co/informacion_general.shtml> [citado en 2 de octubre de 2015].

⁴³ ALCALDÍA DE PÁEZ (BOYACÁ). Información general (economía) [en línea]. Tomado de: <http://www.paez-boyaca.gov.co/informacion_general.shtml> [citado en 27 de septiembre de 2015].

⁴⁴ PLAN DE DESARROLLO MUNICIPIO DE PÁEZ 2012-2015. Actividades económicas. En: Dimensión Económica [en línea]. Tomado de: <http://paez-boyaca.gov.co/apc-aa-files/61613732343964623535383534356162/plan-de-desarrollo-2012-2015-todos-unidos-trabajando-por-el-bien-de-nuestro-pueblo_1_1.pdf> [citado en 2 de octubre de 2015], p. 88.

Tabla 21. Características de los subsectores del sector primario de la economía en Páez.

SUBSECTOR	CARACTERÍSTICAS
Agrícola	<p>Las tierras del municipio producen yuca, café, caña de azúcar, plátano, cacao, cítricos (naranja, mandarina, limón) y zapote.</p> <p>Cabe destacar que todos los cultivos son tradicionales debido a los altos costos que requiere la instalación de cultivos tecnificados en el municipio.</p>
Pecuario⁴⁵	<p>Tiene una alta incidencia en el desarrollo económico de la región, ya que la mayor parte de hectáreas productivas están para cría y levante de ganado bovino; la explotación ganadera se divide en producción de carne y leche. Comparten similitudes con el departamento fronterizo de Casanare.</p> <p>Así mismo, existen dos sectores de producción: por un lado el minifundio, el cual por familia se pueden tener 2 a 3 cabezas de ganado para necesidades y para la venta de leche; por otro lado, los propietarios con grandes extensiones de pastos para cuido de hatos, venta de ganado y producción de leche.</p> <p>Como proyectos agropecuarios en desarrollo se consideran: Fomento piscícola, control hormiga arriera, control vampiro, control mosca de la fruta, control salivita, tres especies nuevas de plátano, fomento gallinas ponedoras, fomento cultivo de papaya y asistencia técnica agropecuaria.</p>

Fuente: Adaptado de: Desarrollo de Páez (Boyacá), 2015).

4.3.5.2 Sector terciario

El comercio ubicado en la cabecera municipal atiende básicamente a los pobladores del sector urbano y rural.

⁴⁵ *Ibíd.*, p. 89-90.

4.3.6 Infraestructura vial

De acuerdo al Plan de Desarrollo 2012-2015⁴⁶: El municipio de Páez, pese a contar con numerosas vías que comunican a las veredas con el área urbana, enfrentan procesos de deterioro por las condiciones topográficas e hidráulicas, y por la inexistencia de un programa de rehabilitación y mantenimiento de vías. La Tabla 22 indica los tramos viales y longitud.

Tabla 22. Vías de comunicación del municipio de Páez (Boyacá).

TRAMO	LONGITUD (Km)
Miraflores-Páez (vía principal)	14
Cruce Puente Guamal – Sirasí	9.35
Páez - Vía Vista hermosa - Santa Teresa - El Secreto	10
Páez - Puente Guamal - La Ururía	32
Cruce veredas Canales y Paraíso - Puente Ratón	9.5
Sirasí - Puente Viejo (Río Upía)	6.25
Central Miraflores - Yamuntica - El Oso - Sirasí	11.8
Páez - Cortaderal - Vía Campohermoso	8
La Punta - El Mincho - Río Lengupá	5.85
Buena Vista - Yamunta Vía Campohermoso	8.15
Puerto Nuevo - Canales - Paraíso	6
Ururía - Santa Rita	12.5
Yagüeme - Chirire - Cuchilla	5
Páez - Caracoles Alto	5.9
Sirasí - Sector Cajones	3.03

⁴⁶ PLAN DE DESARROLLO MUNICIPIO DE PÁEZ 2012-2015. Sector vías. En: Dimensión Ambiente Construido [en línea]. Tomado de: <http://paez-boyaca.gov.co/apc-aa-files/61613732343964623535383534356162/plan-de-desarrollo-2012-2015-todos-unidos-trabajando-por-el-bien-de-nuestro-pueblo_1_1.pdf> [citado en 2 de octubre de 2015], p. 29-30.

Sirasí - Teguita Baja	3.1
Mincho - La Moya - Central Miraflores	7.3
Guamal – Maravilla	5.2
Central Miraflores - Cápage	4
Central Ururía - California	0.25
Central Ururía - Ceibal	2
Central Páez - Ururía - Escuela Caracoles Bajo	0.15
Central Páez - Ururía - La Yesera	1.45
Vía El Oso Alto - Finca Boca Toma	0.5
Vía El Oso - Oso Alto	4.1
Vía El Oso Medio - Caracoles	2.1
Central Vista Hermosa - Yesera	3.6
Central Vista Hermosa - Escuela Yapompo	0.15
Central Vista Hermosa - Escuela Colombia Chiquita	1.3
Central Vista Hermosa - Vereda El Tunjo	4
Tunjo - Guadual - Salitre	3
Mincho - Mincho Centro	3.1
La Colorada - Escuela Pan de azúcar	3.5
Otros ramales	4.85

Fuente: Adaptado de: Plan de Desarrollo Páez (Boyacá) 2012-2015.

4.3.7 Hidrografía

De acuerdo al Plan de Desarrollo 2012-2015⁴⁷: muestra que el municipio durante la mayor parte del año siempre cuenta con reserva de agua, exceptuando los meses de diciembre a febrero; en los meses de mayo a septiembre las precipitaciones incluso pueden ser 4 veces mayores que la evaporación.

El área municipal de Páez cuenta con dos importantes cuencas hidrográficas que pertenecen a la gran cuenca del Río Meta, las del río Upía y Río Lengupá. La cuenca del río Upía es principal ya que el río Lengupá es depositario de éste, desembocando en el piedemonte llanero. En la media montaña, ambos ríos recaudan aguas de la vertiente por separado y generan grandes divisorias de agua.

El río Upía nace en las partes más altas de la vertiente oriental de la Cordillera Oriental, sirviendo como descarga de las aguas acumuladas de la laguna de Tota (Aquitania). Mientras desciende por la media y baja montaña, capta diferentes afluentes en especial los del municipio de Páez por tener gran cobertura en su recorrido. Por otro lado, el río Lengupá recorre diferentes municipios, y desde su nacimiento genera una divisoria de aguas en el municipio, alternando su paso con el río Upía y captando menor cantidad de drenajes en comparación con el otro río.

En conclusión, la divisoria de aguas generada por las dos cuencas hidrográficas en Páez corresponde al paso por las cuchillas de Buenavista, Picadera y de Hambre, correspondientes a la Cordillera Oriental.

⁴⁷ PLAN DE DESARROLLO MUNICIPIO DE PÁEZ 2012-2015. Balance hídrico. En: Dimensión Ambiente Natural [en línea]. Tomado de: < http://paez-boyaca.gov.co/apc-aa-files/61613732343964623535383534356162/plan-de-desarrollo-2012-2015-todos-unidos-trabajando-por-el-bien-de-nuestro-pueblo_1_1.pdf > [citado en 2 de octubre de 2015], p. 26.

4.3.8 Clima

De acuerdo al Plan de Desarrollo 2012-2015⁴⁸: El municipio de Páez no posee ninguna estación de índole climática. En campo, se pueden observar dos áreas bioclimáticas que se diferencian por su leve desnivel en la precipitación; estas áreas son la cuenca del río Lengupá (con precipitación mayor) y la cuenca del río Upía.

Páez pertenece al bosque al bosque muy húmedo pre-montano, una condición en la cual la lluvia excede a la evapotranspiración y que indica que el agua del suelo está en una proporción mayor y garantizando el abastecimiento de agua en toda la región. Está en un rango de temperaturas entre 18°C y 24°C, y un promedio anual de lluvias de 2000 a 4000 mm. En el municipio existe entre los 900 y 2000 m de altitud.

4.3.9 Temperatura

De acuerdo al Plan de Desarrollo 2012-2015⁴⁹: Las máximas temperaturas presentan una variación media durante el año y por lo general se mantienen entre 26,4°C y 30,1°C. La mayor temperatura se registra en febrero por ser mes del fin del período seco.

⁴⁸ PLAN DE DESARROLLO MUNICIPIO DE PÁEZ 2012-2015. Clima. En: Dimensión Ambiente Natural [en línea]. Tomado de: < http://paez-boyaca.gov.co/apc-aa-files/61613732343964623535383534356162/plan-de-desarrollo-2012-2015-todos-unidos-trabajando-por-el-bien-de-nuestro-pueblo_1_1.pdf > [citado en 2 de octubre de 2015], p. 24.

⁴⁹ PLAN DE DESARROLLO MUNICIPIO DE PÁEZ 2012-2015. Temperatura. En: Dimensión Ambiente Natural [en línea]. Tomado de: < http://paez-boyaca.gov.co/apc-aa-files/61613732343964623535383534356162/plan-de-desarrollo-2012-2015-todos-unidos-trabajando-por-el-bien-de-nuestro-pueblo_1_1.pdf > [citado en 2 de octubre de 2015], p. 24.

Los valores de temperatura mínima varían muy poco durante el año, y por lo general oscila entre 14,1°C y 16°C, siendo el mes de enero el de menor temperatura.

4.3.10 Humedad relativa

Es el contenido de vapor de agua en la atmósfera, el cual controla la evapotranspiración del suelo y la cobertura vegetal. Los valores de humedad relativa son altos y esto condiciona en la mayoría del territorio un ambiente húmedo y una baja evapotranspiración.

A partir del análisis realizado sobre la región que representa la estación Campohermoso, la humedad relativa media se mantiene en general por encima del 70% llegando hasta el 97%, siendo la media de 85%.

4.3.11 Evaporación

La evaporación es un elemento del clima el cual permite determinar la cantidad de agua que se va para la atmósfera en forma de vapor, calculada a partir de los parámetros que inciden directamente sobre el agua. En términos generales el comportamiento de la evaporación durante el año depende en gran medida de otros elementos del clima como la precipitación y temperatura. Para el municipio se encontró que los períodos húmedos coinciden con los valores más bajos de precipitación, mientras que el período seco con el más alto.

4.3.12 Fisiografía

De acuerdo al Plan de Desarrollo 2012-2015⁵⁰: Su territorio es montañoso y entre los accidentes geográficos se destacan las cuchillas de Gurupera, La Viola, Cantor y El Palmichal.

Páez, entonces, se encuentra ubicado en la estribación oriental de la Cordillera Oriental, sobre una superficie de ladera muy próxima a las márgenes orientales del río Lengupá, que por el occidente lo separan de Miraflores y a pocos kilómetros del río Upía, que circunda su vecindario por el costado oriental, edificado sobre la serranía que separa las dos vertientes.

Páez está rodeado por formaciones montañosas características de la cordillera Oriental y más específicamente, el piedemonte llanero ya que es fronterizo con el departamento de Casanare. Estos factores han condicionado la vegetación, suelos erosión, regímenes hidrológicos y las actividades económicas del municipio.

4.3.13 Vientos

De acuerdo al Atlas de Viento y Energía Eólica de Colombia⁵¹, en la zona correspondiente al municipio de Páez la velocidad oscila entre 1,5 y 3,5 m/s. Existe una influencia directa de los vientos principalmente del Este y Sureste, y en contraste con la orografía del municipio, la dirección y la velocidad del viento varían de un lugar a otro y de una época del año a otra.

⁵⁰ PLAN DE DESARROLLO MUNICIPIO DE PÁEZ 2012-2015. Geografía. En: Aspectos generales [en línea]. Tomado de: < http://paez-boyaca.gov.co/apc-aa-files/61613732343964623535383534356162/plan-de-desarrollo-2012-2015-todos-unidos-trabajando-por-el-bien-de-nuestro-pueblo_1_1.pdf> [citado en 2 de octubre de 2015], p. 14.

⁵¹ INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES DE COLOMBIA (IDEAM). Atlas de Viento y Energía Eólica de Colombia. En: Cap. 1 (Velocidad del viento en superficie). Tomado de: < <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/019813/Capitulo1.pdf>> [citado en 21 de octubre de 2015], p. 20, 33.

4.3.14 Población

A continuación, en la Tabla 23 se presenta la cantidad de habitantes en censos y proyecciones de población, de acuerdo al Plan de Desarrollo 2012-2015⁵²:

Tabla 23. Características demográficas municipio de Páez.

AÑO	CARACTERÍSTICA	CANTIDAD
1993	Total por censo	4.381 habitantes
2005	Total por censo	3.369 habitantes
2011	Total proyectada	3.096 habitantes
	Población cabecera municipal	1.167 habitantes
	Población rural	1.929 habitantes
	% Hombres	52,2%
	% Mujeres	47,8%
	Densidad de población	9 hab/Km ²

Fuente: Adaptado de: Plan de Desarrollo Páez (Boyacá) 2012-2015.

La población que conforma el municipio de Páez está experimentando un comportamiento decreciente, con una tasa de decrecimiento del 1,67% anual, como lo muestra la Figura 19.

⁵² PLAN DE DESARROLLO MUNICIPIO DE PÁEZ 2012-2015. Población. En: Aspectos generales [en línea]. Tomado de: < http://paez-boyaca.gov.co/apc-aa-files/61613732343964623535383534356162/plan-de-desarrollo-2012-2015-todos-unidos-trabajando-por-el-bien-de-nuestro-pueblo_1_1.pdf > [citado en 2 de octubre de 2015], p. 16-17.

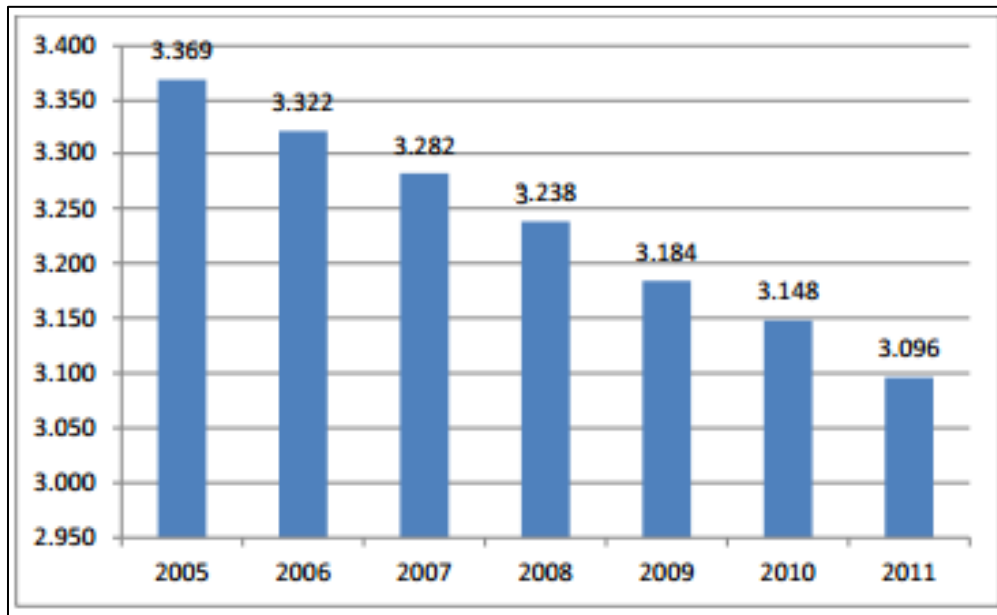


Figura 19. Población total Páez Boyacá 2005-2011. Tomado de: Proyecciones de Población DANE y Plan de Desarrollo 2012-2015 municipio de Páez.

4.3.15 Educación

De acuerdo a la Información General del Municipio,⁵³ en el casco urbano se encuentra la Institución Educativa José Antonio Páez, de carácter pública. Cuenta con jornada única y funciona para los niveles Preescolar, Básica primaria y secundaria y Media técnica. Incluso, tiene articulación con el SENA y capacitaciones en análisis contable y financiero.

⁵³ ALCALDÍA DE PAEZ (BOYACÁ). Educación [en línea]. Tomado de: < http://www.paez-boyaca.gov.co/Instituciones_Educativas.shtml?apc=lcxx-1-&x=1908193 > [citado en 2 de octubre de 2015].

4.3.16 Salud

De acuerdo a la información general del Municipio⁵⁴: El acceso a los servicios de salud para los habitantes del municipio de Páez, principalmente se da en la E.S.E. (Empresa Social del Estado) Jorge González Olmos, quien presta los siguientes servicios:

- Consulta Externa
- Consulta Prioritaria
- Paquete (P y P) - Prenatal - Planificación Familiar - Control Crecimiento y Desarrollo, Alteraciones Adulto - Alteraciones Jóvenes
- Servicio de Odontología General (PyP) - Sellantes - Detartraje – Flúor
- Servicio de ambulancia

Así mismo, en la zona centro funciona el Centro de Atención al Adulto Mayor, cuyo servicio es ofrecer exámenes rutinarios a los adultos mayores.

4.3.17 Uso del suelo y comercio

El suelo fértil permite el cultivo de productos como yuca, café, caña de azúcar, plátano, cacao, cítricos (naranja, mandarina, limón) y zapote. Así mismo, en la zona rural se permite el desarrollo pecuario, a través del ganado bovino para producción de carne y leche.

⁵⁴ ALCALDÍA DE PAEZ (BOYACÁ). Salud [en línea]. Tomado de: <http://www.paez-boyaca.gov.co/Instituciones_Salud.shtml?apc=ldxx-1-&x=1908120> [citado en 2 de octubre de 2015].

Según el acuerdo 020 de 2000 reglamentado para la provincia de Lengupá⁵⁵, en la parte urbana, los usos del suelo se reglamentan por:

- Uso residencial (viviendas)
- Uso comercial con presencia de misceláneas, restaurantes, cafeterías, y servicios financieros.
- Uso institucional. Corresponde a: Centros de gobierno y toma de decisiones: Alcaldía, Juzgados, Personería, Fiscalía, Procuraduría, Notaría, Módulo de Atención Provincial (MAP), Registraduría, Oficina de Registro e Instrumentos Públicos, Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), Comité de Cafeteros y demás instituciones del orden nacional, departamental y municipal. Así mismo, a este grupo pertenece: la Parroquia, la escuela y la Plaza de mercado.
- Uso recreacional
- Uso industrial para aquellas que se encuentran en el casco urbano.

⁵⁵ ALCALDÍA DE MIRAFLORES (BOYACÁ). Acuerdo 020 de 2000. En: Plan Básico de Ordenamiento Territorial [en línea]. Tomado de: <http://www.miraflores-boyaca.gov.co/apc-aa-files/376538303363663661653961346363/ACUERDO_020_PLAN_DE_ORDENAMIENTO_MIRAFLORES.pdf> [citado en 27 de septiembre de 2015], p. 14.

4.3.18 Matriz DOFA para con el proyecto

FORTALEZAS	DEBILIDADES
<p>Apoyo técnico de Ingenieros en formación, así como de recursos manuales y tecnológicos.</p> <p>Disposición de la comunidad; Calidez humana para con los foráneos.</p> <p>Existencia de residuos sólidos aprovechables.</p> <p>Acceso a fuentes primarias y secundarias de información y recolección de datos.</p> <p>Riqueza ecológica e hídrica del municipio.</p>	<p>No hay comisión ni una junta administradora que haga las veces de evaluadora de un Plan de Manejo de Residuos Sólidos.</p> <p>No hay como tal un proceso de seguimiento a las inquietudes y quejas de los habitantes del casco urbano.</p> <p>No hay evidencia de un proceso licitatorio en curso para la construcción de un relleno sanitario o la adopción de un PGIRS.</p> <p>La comunidad es parte del problema.</p>
OPORTUNIDADES	AMENAZAS
<p>Fomentar en la comunidad la importancia del reciclado y el tratamiento de residuos con materia orgánica.</p> <p>Alto potencial de aprovechamiento del lugar y sus alrededores.</p> <p>Lograr un diseño cuya finalidad es que no cause un impacto ambiental significativo.</p> <p>Orientar una comisión que esté pendiente del relleno sanitario y de las políticas implementadas, y no se desvirtúe ninguno.</p> <p>Proyectar al municipio de Páez como modelo de reducción de residuos sólidos.</p>	<p>Parálisis en la implementación de políticas y diseños ante usuarios del servicio de aseo reacios.</p> <p>Insostenibilidad del servicio de aseo ante la falta de alternativas.</p> <p>Daños irreversibles al ambiente por inadecuada disposición de los residuos sólidos especiales.</p>

Fuente: Elaboración propia.

4.4 MARCO LEGAL

4.4.1 Introducción a las normas reguladoras de disposición de residuos sólidos

De acuerdo a la Unidad de Planeación Minero Energética⁵⁶, en la Tabla 24 se indican las normas que aplican sobre residuos sólidos:

Tabla 24. Normatividad sobre residuos sólidos.

NORMA	REFERENTE A
Ley 09 de 1979	Medidas sanitarias sobre el manejo de residuos sólidos
Res. 2309 de 1986	Define los residuos especiales, los criterios de identificación, tratamiento y registro. Establece planes de cumplimiento vigilancia y seguridad.
Res. 541 de 1994	Reglamenta el cargue, descargue, transporte, almacenamiento y disposición final de escombros, materiales concreto y agregados sueltos de construcción.
Ley 142 de 1994	Dicta el régimen de servicios públicos domiciliarios
CONPES 2750 de 1994	Políticas sobre manejo de residuos sólidos
Res. 0189 de 1994	Regulación para impedir la introducción al territorio nacional de residuos peligrosos.
Decreto 605 de 1996	Reglamenta la ley 142 de 1994. En cuanto al manejo, transporte y disposición final de residuos sólidos
Ley 430 de 1998	Por la cual se dictan normas prohibitivas en materia ambiental referentes a los desechos peligrosos y se dictan otras disposiciones.
Decreto reglamentario 2462 de 1989	Reglamenta los procedimientos sobre explotación de materiales de construcción.
Resolución 0189 de 1994	Regulación para impedir la entrada de residuos peligrosos al territorio nacional.

Fuente: Adaptado de: UPME (Unidad de Planeación Minero Energética).

⁵⁶ UNIDAD DE PLANEACIÓN MINERO ENERGÉTICA. Normatividad ambiental y sanitaria [en línea]. Tomado de: http://www.upme.gov.co/guia_ambiental/carbon/gestion/politica/normativ/normativ.htm#BM2_9_Normatividad_sobre_residuos_sólido, [citado en 28 de septiembre de 2015].

4.4.2 Decreto 2981 de 2013

Por el cual se reglamenta la prestación del servicio público de aseo en Colombia. Como el objetivo general es realizar un Plan de Manejo de Residuos Sólidos para el municipio de Páez, se podrán verificar las disposiciones de este decreto⁵⁷, haciendo énfasis en el Art. 88.

“Art. 88. **Plan para la gestión integral de residuos sólidos, PGIRS.** Los municipios y distritos, deberán elaborar, implementar y mantener actualizado un plan municipal o distrital para la gestión integral de residuos o desechos sólidos en el ámbito local y/o regional según el caso, en el marco de la gestión integral de los residuos, el presente decreto y la metodología para la elaboración de los PGIRS.

El PGIRS deberá incorporar y fortalecer de manera permanente y progresiva las acciones afirmativas a favor de la población recicladora.

Así mismo, el PGIRS tendrá en cuenta entre otros, los siguientes lineamientos estratégicos:

1. Reducción en el origen: Implica acciones orientadas a promover cambios en el consumo de bienes y servicios para reducir la cantidad de residuos generados por parte de los usuarios. Incluye el desarrollo de acciones que fomenten el eco-diseño de productos y empaques que faciliten su reutilización o aprovechamiento, la optimización de los procesos productivos, el desarrollo de programas y proyectos de sensibilización, educación y capacitación.

⁵⁷ ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. Decreto 2981 de 2013 [en línea]. Tomado de: <<http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=56035#120>> [citado en 27 de septiembre de 2015].

2. Aprovechamiento: Implica el desarrollo de proyectos de aprovechamiento de residuos para su incorporación en el ciclo productivo con viabilidad social, económica y financiera que garanticen su sostenibilidad en el tiempo y evaluables a través del establecimiento de metas por parte del municipio o distrito.

3. Disposición final de los residuos generados que no puedan ser aprovechados.

La implementación de los programas y proyectos establecidos en el PGIRS deberá incorporarse en los planes de desarrollo del nivel municipal y/o distrital y con la asignación de los recursos correspondientes”.

4.4.3 Reglamento de Agua Potable y Saneamiento Básico (R.A.S. 2000)

Este contiene los criterios básicos y requerimientos mínimos para poner en marcha, operar y mantener los sistemas de aseo urbano. De esta norma se abstraerán los aportes correspondientes a manejo de residuos sólidos, como se aprecia en la Tabla 25.

Tabla 25. Disposiciones del RAS 2000 (Título F) en referencia a la investigación.

ÍTEM	CARACTERÍSTICAS	
Clasificación de residuos sólidos	<p>Los residuos sólidos deben clasificarse, al menos, de acuerdo con el siguiente esquema⁵⁸:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Residuos de comida y jardín 2. Productos de papel 3. Productos de cartón 4. Plástico. 5. Caucho y cuero 	<ol style="list-style-type: none"> 6. Textiles 7. Madera 8. Productos metálicos 9. Vidrio 10. Productos cerámicos, ceniza, rocas y escombros 11. Huesos 12. Otros
Ensayos de caracterización	<p>Según R.A.S. 2000⁵⁹, se debe realizar caracterización de los residuos sólidos:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. En la etapa de pre diseño de un sistema de manejo de residuos sólidos 2. En la etapa de diseño de un sistema de manejo de residuos sólidos. 3. Cuando se requiera optimizar un sistema de residuos sólidos. 4. Al menos una vez cada dos años. 5. Siempre que las condiciones de la generación cambien. 	
Unidades de la cantidad de residuos	<p>Para la expresar las cantidades generadas, se recomiendan las unidades de expresión que aparecen en la tabla F.1.4⁶⁰.</p>	

⁵⁸ MINISTERIO DE VIVIENDA, CIUDAD Y TERRITORIO. Reglamento de Agua Potable y Saneamiento Básico: Título F (Sistemas de Aseo Urbano) [en línea]. Tomado de: <http://www.ceo.org.co/images/stories/CEO/ambiental/documentos/Normas%20ambientales/1990-2000/2000/Resolucion%201096%20de%202000%20-%20Titulo%20F.pdf> [citado en 3 de octubre de 2015], p. 19.

⁵⁹ *Ibíd.*, p. 20.

⁶⁰ *Ibíd.*, p. 21.

TABLA F.1.4 Unidades de expresión recomendadas para las cantidades de residuos sólidos	
Tipo de residuos	Unidad de expresión recomendada
Doméstico	kg/(hab.día)
Comercial	kg/(hab.día)
Industrial	Se recomienda expresarla con base en una unidad repetitiva, por ejemplo [kg/paquete]
Agrícola	Se recomienda expresarla con base en una unidad repetitiva, por ejemplo [kg/t de producto]

Peso volumétrico de residuos	Sea cual fuere el método seleccionado el peso volumétrico es el cociente entre el peso en kg de la muestra de residuos sólidos sobre el volumen del recipiente utilizado en el muestreo expresado en m ³ , aunque pueden usarse unidades análogas. ⁶¹	
Residuos aprovechables	Son residuos aprovechables según el R.A.S. ⁶² <ul style="list-style-type: none"> - Aluminio libre de humedad. - Papel y cartón sin contaminantes ni humedad. - Plásticos clasificados. - Vidrios de color excepto los de automóviles. 	<ul style="list-style-type: none"> - Materiales férricos y no férricos limpios. - Residuos de jardín - Residuos de construcción y demolición. - Madera. - Neumáticos. - Pilas (excepto las alcalinas y las de zinc)

⁶¹ Ibid., p. 23.

⁶² Ibid., p. 45.

<p>Objetivos a perseguir con un relleno sanitario</p>	<p>El objetivo principal para la selección del sitio de ubicación del relleno sanitario, es que éste permita realizar la disposición final en forma técnica y económica, siempre que cumpla con estos objetivos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Minimizar los efectos del impacto ambiental. - Minimizar la distancia de transporte para no afectar el diseño y operación. - Cumplir con la capacidad requerida para la vida útil del relleno sanitario, y que ésta sea compatible con la gestión, los costos y la infraestructura. 	<ul style="list-style-type: none"> - Ubicar el relleno sanitario cerca de una vía principal para su fácil acceso. - Obtener datos sobre las cantidades y las características de los suelos que se van a utilizar como material de cubierta. - Facilitar la operación del relleno, directamente vinculado a las características topográficas. - Analizar el desarrollo del municipio en función de los requerimientos definidos en el POT (Plan de Desarrollo Territorial)⁶³.
<p>Restricciones de un relleno sanitario</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Distancia mínima al casco urbano: 1 Km, y más si el impacto ambiental es alto. - No debe ser vecino de aeropuertos. El municipio de Páez no cuenta con él. - La distancia de ubicación del sitio para la disposición final, con respecto a cuerpos de aguas superficiales, deberá ser mínimo de 500 m a partir de la orilla del 	<ul style="list-style-type: none"> - La distancia mínima del sitio a los pozos de agua potable, tanto en operación como en abandono, a los manantiales y a cualquier fuente superficial o subterránea, debe ser mayor de 500 m. - No puede haber ninguna disminución en la calidad del agua superficial y/o subterránea de los acuíferos localizados bajo el relleno y de las aguas

⁶³ Ibíd., p. 77.

	<p>cuerpo de agua.</p> <ul style="list-style-type: none"> - El sitio de localización está prohibido dentro de los 60 m de zonas de fallas geológicas que hayan experimentado desplazamiento del sitio desde los últimos 10.000 años. 	<p>superficiales adyacentes a la unidad. Para tal fin, la distancia entre el fondo del relleno y la máxima altura freática, debe ser mínimo de 5 m.</p> <ul style="list-style-type: none"> - No debe haber afectación de obras civiles como acueductos, vías, alcantarillados, transmisión eléctrica, etc., y de comunicación⁶⁴.
<p>Aspectos hidrológicos</p>	<p>Un relleno sanitario no deberá ubicarse en zonas de pantanos, humedales y áreas similares a menos que durante el diseño y la construcción se demuestre que:</p> <ul style="list-style-type: none"> - No existen otras alternativas de localización disponibles. - No se contaminará el área. 	<ul style="list-style-type: none"> - No se violarán las reglamentaciones de calidad del agua. - No se arriesgarán especies amenazadas y hábitats críticos. - No se degradarán humedales u otros cuerpos de agua. - El suelo donde se construirá el relleno sanitario es estable⁶⁵.
<p>Aspectos geológicos y geotécnicos</p>	<ul style="list-style-type: none"> - No construir rellenos sanitarios en zonas propensas a fallas geológicas. Mínimo a 60 m de ellas. - No construir rellenos sanitarios en sitios que puedan generar asentamientos (estratos de suelos altamente compresibles), sitios propensos a deslizamientos y/o aquellos de ambientes kársticos. - El valor máximo permitido de la permeabilidad del depósito superficial será 10^{-7} cm/s y 	

⁶⁴ Ibid., p. 78.

⁶⁵ Ibid., p. 78.

	debe tener un espesor mínimo de 1 m.										
Estudios básicos	Topográfico, geotécnico, geológico, climatológico, modelo de generación de lixiviados.										
Método de diseño	Depende de las condiciones topográficas, geotécnicas e hidrológicas del sitio seleccionado para la disposición final de los residuos. Debe establecerse el perfil estratigráfico del suelo y el nivel de acuíferos freáticos permanentes y transitorios ⁶⁶ .										
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>MÉTODO</th> <th>CARACTERÍSTICAS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Zanja</td> <td>Debe utilizarse en regiones planas. La tierra que se extrae debe colocarse a un lado de la zanja para utilizarla como material de cobertura.</td> </tr> <tr> <td>Área</td> <td>Este método debe utilizarse en áreas relativamente planas, donde no es factible excavar trincheras para enterrar los residuos sólidos. Estas pueden depositarse directamente sobre el suelo original, en cuyo caso el material de cobertura deberá ser importado de otros sitios o, si es posible, puede ser extraído de la capa superficial.</td> </tr> <tr> <td>Rampa</td> <td>El método debe utilizarse en terrenos de pendiente moderada. Puede planearse de manera que se formen escalones, haciendo pequeñas excavaciones para obtener el material de cubierta.</td> </tr> <tr> <td>Combinado de área y trinchera</td> <td>Los métodos de área y trinchera, por poseer técnicas similares de operación, pueden combinarse para obtener un mejor aprovechamiento del terreno del material de cobertura y rendimientos en la operación.</td> </tr> </tbody> </table>	MÉTODO	CARACTERÍSTICAS	Zanja	Debe utilizarse en regiones planas. La tierra que se extrae debe colocarse a un lado de la zanja para utilizarla como material de cobertura.	Área	Este método debe utilizarse en áreas relativamente planas, donde no es factible excavar trincheras para enterrar los residuos sólidos. Estas pueden depositarse directamente sobre el suelo original, en cuyo caso el material de cobertura deberá ser importado de otros sitios o, si es posible, puede ser extraído de la capa superficial.	Rampa	El método debe utilizarse en terrenos de pendiente moderada. Puede planearse de manera que se formen escalones, haciendo pequeñas excavaciones para obtener el material de cubierta.	Combinado de área y trinchera	Los métodos de área y trinchera, por poseer técnicas similares de operación, pueden combinarse para obtener un mejor aprovechamiento del terreno del material de cobertura y rendimientos en la operación.
	MÉTODO	CARACTERÍSTICAS									
	Zanja	Debe utilizarse en regiones planas. La tierra que se extrae debe colocarse a un lado de la zanja para utilizarla como material de cobertura.									
	Área	Este método debe utilizarse en áreas relativamente planas, donde no es factible excavar trincheras para enterrar los residuos sólidos. Estas pueden depositarse directamente sobre el suelo original, en cuyo caso el material de cobertura deberá ser importado de otros sitios o, si es posible, puede ser extraído de la capa superficial.									
	Rampa	El método debe utilizarse en terrenos de pendiente moderada. Puede planearse de manera que se formen escalones, haciendo pequeñas excavaciones para obtener el material de cubierta.									
Combinado de área y trinchera	Los métodos de área y trinchera, por poseer técnicas similares de operación, pueden combinarse para obtener un mejor aprovechamiento del terreno del material de cobertura y rendimientos en la operación.										

⁶⁶ *Ibíd.*, p. 83.

Sustancias tóxicas	<p>Es importante emprender una labor de separación y aprovechamiento de residuos sólidos. Pero por su volatilidad, inflamabilidad o efectos adversos, las siguientes sustancias se consideran tóxicas y no podrán ser transportadas al relleno sanitario, sino aisladas⁶⁷.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Antimonio y sus compuestos - Asbesto en todas sus formas, incluyendo el amianto - Berilio y sus compuestos - Carbonilos metálicos - Cianógenos y sus compuestos - Compuestos de cobre - Compuestos aromáticos halogenados y no halogenados - Compuestos inorgánicos de flúor - Compuestos orgánicos halogenados - Dibenzofuranos policlorados - Éteres - Fenoles - Fósforo y sus compuestos - Fluoroacetatos - Níquel y sus compuestos - Peróxidos, cloratos, percloratos y nitratos orgánicos - Plutonio y sus compuestos - Solventes orgánicos halogenados y no halogenados - Compuestos de: talio, telurio, titanio, vanadio, zinc - Medicamentos vencidos - Residuos de plaguicidas
---------------------------	---

Fuente: Elaboración propia.

⁶⁷ *Ibíd.*, p. 108.

5 DISEÑO METODOLÓGICO

El proyecto a desarrollar titula “Propuesta de un Plan de Manejo de Residuos Sólidos para el municipio de Páez (Boyacá)”. Está bajo la línea de investigación de Hidrotecnia, y su correspondiente sublínea es Gestión ambiental aplicada a ámbitos urbanos.

5.1 Enfoque

Su enfoque es cualitativo, ya que se parte de la caracterización de la situación problema en el municipio de Páez, es decir, se parte de su entorno físico, del análisis de las características demográficas, de la conducta y actitudes de los habitantes, y las relaciones que existen entre las variables de investigación. La información a recolectar se obtiene a través de observación simple y obtención de información de fuentes secundarias, para finalmente proponer un Plan de Manejo de Residuos Sólidos que se adapte a las necesidades del municipio y al contexto actual. No es un proyecto que implique ensayos de materiales actuales o nuevos para evaluar su comportamiento, ni de simulación de fenómenos.

5.2 Tipo de investigación

El tipo de investigación es descriptiva-explicativa mediante la observación directa: del comportamiento de los habitantes frente a la generación de residuos, y de la identificación de la frecuencia y predominancia de residuos. En la observación se detecta la falta de conciencia de los habitantes y que además no cuentan con relleno sanitario que funcione de manera aceptable, lo que ocasiona que los residuos sean trasladados a otro lugar y no exista como tal la cultura del reciclaje. Con el Plan de Manejo de Residuos Sólidos se pretende minimizar el impacto ambiental así como propender por la disminución de los residuos generados.

Dado el enfoque cualitativo, la población a la que va dirigida es al municipio de Páez (Boyacá), y la muestra corresponde a habitantes de la zona urbana, aún sin definir si se encuestará a todos los habitantes del municipio o se delimitará el número; precisamente la información se concentrará en el núcleo urbano, ya que son quienes más generan residuos sólidos.

5.3 Operacionalización de variables

La correspondiente operacionalización de variables, de forma inicial, se presenta en la Tabla 26:

Tabla 26. Operacionalización de variables independientes y dependientes.

VARIABLE	DESCRIPCIÓN	MEDIDA(S)
Independiente	Población del municipio	hab
	Población con servicio de aseo	hab
	Cantidad de residuos depositados en una semana	kg/sem
	Densidad de residuos sólidos	kg/m ³
	Tipo de suelo (si se tienen estudios previos)	es cualitativa
	Permeabilidad “k”	m/s, cm/s
	Nivel freático	m de profundidad
	Precipitación anual	mm
	Temperatura	°C
	Dirección del viento	N, S, E, W, NE, SE, NW, SW
	Área de la cuenca hidrográfica	m ²

	Coeficiente de escorrentía (C)	Adimensional, entre 0 y 1
	Topografía del sector	Es cualitativa
Dependientes	Tipo de suelo (con ensayo granulométrico)	Es cualitativo, con cartas de clasificación
	Población proyectada	hab
	Cobertura del servicio de aseo	%
	Producción per-cápita de residuos	Kg/hab/día
	Volumen de residuos sólidos	m ³
	Volumen del material de cobertura	m ³
	Volumen del relleno sanitario	m ³
	Altura media de relleno sanitario	m
	Área del relleno sanitario	m ²
	Vida útil del relleno sanitario	años
	Intensidad de lluvia	mm/hora
	Caudal de escorrentía	m ³ /s
	Área del canal interceptor	m ²
	Caudal de lixiviados	l/s, pero se puede expresar en m ³ /s
	Volumen de lixiviados	m ³
	Longitud de zanjas para lixiviados	m
	Dimensiones de la celda diaria	m
	Mano de obra	hombre/día, persona/día

Fuente: Elaboración propia.

5.4 Técnicas e instrumentos

Las técnicas utilizadas para recolectar la información necesaria para la investigación son la observación directa para dimensionar el problema a través de los hechos; y la utilización de cuestionarios, porque en principio arrojarán datos veraces.

Los instrumentos de recolección de información corresponden a: formatos de encuestas y entrevistas, notas de campo y toma de datos en hoja de cálculo.

5.5 Fases de la investigación

Dado que se asumen 3 objetivos específicos, igualmente se asumen 3 fases: “punto de partida”, “diseño”, “concienciación”. La primera, referida a datos iniciales por fuentes secundarias de información. La segunda, referente a los parámetros de diseño de un relleno sanitario. La tercera, referida a labor de concienciación y difusión con la comunidad. La Tabla 27 indica los objetivos específicos y las fases asociadas a los mismos

Tabla 27. Fases de investigación del proyecto de investigación en desarrollo.

OBJETIVO ESPECÍFICO	FASE
Evaluar el sistema de recolección existente cuyo resultado sea la determinación del residuo sólido predominante.	“Punto de partida”
Diseñar un modelo de gestión municipal de residuos sólidos.	“Diseño”
Elaborar un plegable para fines de difusión del proyecto con la comunidad (escuelas, entidades y residencias), y que a su vez sea complementado de la labor de concientización.	“Concienciación”

Fuente: Elaboración propia.

5.6 Descripción de las fases de investigación

A continuación se describen las fases de investigación, en detalle:

Punto de partida:

En esta fase a través de investigación por fuentes secundarias se debe precisar todo lo relacionado con la recolección, transporte y disposición de residuos provenientes del municipio de Páez (Boyacá), En forma paralela se utilizará la técnica de la observación simple, ya que las encuestas a los habitantes y las entrevistas a las autoridades permitirán abarcar la problemática con mayor claridad.

Además, se deben detallar datos iniciales o de entrada, como: días y horas en que se recogen los residuos, la ruta de recolección, el personal con que cuenta la empresa prestadora del servicio de aseo, si el lugar tiene al menos un relleno sanitario o en su defecto a dónde son llevados los residuos, qué tipo de residuos predominan, y evaluar qué tanto reciclan los habitantes de Páez.

“Diseño”

Al llegar esta fase se debe tener abordada la problemática en su totalidad y haber precisado los interrogantes anteriores. Esta fase se desarrollará en varias etapas:

Etapa 1: Recolección de datos por fuentes secundarias. Antes del diseño del relleno sanitario, se deben precisar datos como: población proyectada, producción per-cápita de residuos, estimación de la densidad de residuos, obtener los parámetros del suelo y topografía del sector, obtener características climáticas e hidrológicas, entre otros que se vayan solicitando a medida que se haga el diseño.

Dependiendo de las características del suelo y de la topografía, se debe decidir el lugar donde se ubicará, si el relleno funcionará sobre terraplén o se hará corte, y por otro lado, cuál es el tipo de relleno (si el método de la trinchera, el método de las áreas o combinados), cuyos objetivos serán determinar volúmenes, alturas medias del relleno y la superficie que ocupan.

Etapa 2: Bosquejo inicial del Plan de Gestión Municipal de Residuos Sólidos, con los resultados del diseño del relleno sanitario y toda la información recolectada en la fase 1.

“Concienciación”

Finalizado el estudio sobre el relleno sanitario, continúa la labor de concienciación, que tendrá dos etapas:

Etapa 1, con la continuación y posterior finalización del Plan de Manejo de Residuos Sólidos que contendrá información general del municipio, información sobre Gestión Integral de Residuos Sólidos y los diseños del relleno sanitario que se propone como alternativa, ya con retroalimentación y correcciones posteriores.

Etapa 2, con fines de difusión de la investigación y del Plan realizado, para conocimiento de entidades, escuelas y residencias de la cabecera municipal, y por qué no, poder aplicarlo y evaluar sus implicaciones luego de concluida la investigación.

5.7 Recursos

Para el desarrollo de la investigación intervienen una serie de recursos los cuales facilitan la realización de las fases de la investigación, clasificados como se aprecia en la Tabla 28.

Tabla 28. Recursos estipulados para la investigación.

RECURSO	CARACTERÍSTICAS
Humano	Asesorías auxiliares de docentes y de otras personas que han trabajado proyectos de residuos sólidos, aunque los hayan orientado de otra forma. (Ej.: Una planta de manejo de residuos sólidos)
Materiales	Computadora para redacción y hojas de cálculo Cámara fotográfica o de celular Memorias USB Impresora Escáner Inversión inicial de canecas Papel disponible para impresión Papel para planos

Fuente: Elaboración propia.

5.8 Cronograma

A continuación se presenta un cronograma preliminar del proyecto (Tabla 29), adaptado con ayuda de Microsoft Project.

Tabla 29. Actividades contempladas en Microsoft Project, junto con fechas.

No.	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predecesoras
0	DISEÑO PLAN DE MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS	216 días	jue 03/09/15	sáb 04/06/16	
1	Iniciales y Fase 1	34 días	jue 03/09/15	mie 14/10/15	
2	Información bibliográfica	24 días	jue 03/09/15	jue 01/10/15	

3	Primera visita al sector	0 días	jue 01/10/15	jue 01/10/15	2
4	Labores de corrección información bibliográfica	10 días	jue 01/10/15	mie 14/10/15	3
5	Información base para la investigación	10 días	jue 01/10/15	mie 14/10/15	4CC
6	Fin Marco referencial	0 días	mie 14/10/15	mie 14/10/15	5
7	Fase 2	105 días	mie 14/10/15	jue 03/03/16	
8	Parámetros poblacionales	25 días	mie 14/10/15	jue 12/11/15	6
9	Parámetros sobre RSM (cantidad y frecuencia)	25 días	mie 14/10/15	jue 12/11/15	8CC
10	Optimización mediciones sobre planos topográficos	25 días	mie 14/10/15	jue 12/11/15	9CC
11	Densidad de residuos sólidos	25 días	mie 14/10/15	jue 12/11/15	10CC
12	Esquema topográfico del sector	25 días	mie 14/10/15	jue 12/11/15	11CC
13	Parámetros del suelo	25 días	mie 14/10/15	jue 12/11/15	12CC
14	Parámetros hidrológicos	25 días	mie 14/10/15	jue 12/11/15	13CC
15	Parámetros climáticos	25 días	mie 14/10/15	jue 12/11/15	14CC
16	Parámetros faltantes	25 días	mie 14/10/15	jue 12/11/15	15CC
17	Población proyectada	15 días	jue 12/11/15	lun 30/11/15	16
18	Cobertura del servicio de aseo	15 días	jue 12/11/15	lun 30/11/15	17CC

19	Producción per-cápita	15 días	jue 12/11/15	lun 30/11/15	18CC
20	Volúmenes de residuos sólidos	15 días	jue 12/11/15	lun 30/11/15	19CC
21	Altura media del relleno sanitario	15 días	jue 12/11/15	lun 30/11/15	20CC
22	Área tentativa del relleno sanitario	15 días	jue 12/11/15	lun 30/11/15	21CC
23	Vida útil del relleno sanitario	15 días	jue 12/11/15	lun 30/11/15	22CC
24	Diseño de taludes dependiendo de la topografía	30 días	lun 30/11/15	vie 22/01/16	23
25	Diseño por método de zanjas o trinchera	30 días	lun 30/11/15	vie 22/01/16	24CC
26	Correcciones o replanteos del diseño	30 días	vie 22/01/16	vie 26/02/16	25
27	Ruteo de recolección	5 días	vie 26/02/16	jue 03/03/16	26
28	Fin Fase 2	0 días	jue 03/03/16	jue 03/03/16	27
29	Fase 3	44 días	jue 03/03/16	mar 26/04/16	
30	Elaboración Plan de Manejo de Residuos Sólidos para el municipio	30 días	jue 03/03/16	sáb 09/04/16	28
31	Correcciones o replanteos del Plan	5 días	sáb 09/04/16	vie 15/04/16	30
32	Elaboración de plegable representativo	2 días	vie 15/04/16	lun 18/04/16	31
33	Difusión de la investigación y encuestas finales	5 días	lun 18/04/16	sáb 23/04/16	32
34	Actualización del proyecto de grado	2 días	sáb 23/04/16	mar 26/04/16	33

35	Consecución	33 días	mar 26/04/16	sáb 04/06/16	
36	Terminación preliminar de la tesis de grado	0 días	mar 26/04/16	mar 26/04/16	34
37	Segunda actualización del proyecto de grado	5 días	mar 26/04/16	lun 02/05/16	36
38	Radicación de la tesis	0 días	lun 02/05/16	lun 02/05/16	37
39	Tiempo de espera	12 días	lun 02/05/16	lun 16/05/16	38
40	Correcciones finales del proyecto y los diseños	12 días	lun 16/05/16	mar 31/05/16	39
41	Finalización	0 días	mar 31/05/16	mar 31/05/16	40
42	Sustentación	4 días	mar 31/05/16	sáb 04/06/16	41
43	Fin Consecución	0 días	sáb 04/06/16	sáb 04/06/16	42
44	Fin del proyecto	0 días	sáb 04/06/16	sáb 04/06/16	43

Fuente: Elaboración propia.

5.9 Presupuesto

Los costos generados por el proyecto de forma preliminar, se establecen en la Tabla 30.

Tabla 30. Presupuesto preliminar del proyecto.

ÍTEM	PRECIO
Transporte hacia el municipio ida y regreso para varias visitas	
Fotocopias de encuestas, entrevistas, formatos-	50.000
Impresión de varios ejemplares para asesorías	100.000
Impresión de planos	
Impresión proyecto final de 120 pág. + argollado	20.000
Elaboración 2 C.D.	8.000
Impresión Plan de Manejo de Residuos Sólidos	10.000
Imprevistos	
TOTAL	

Fuente: Autores.

6 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este apartado, se hace un recuento de los resultados, según las fases consideradas en la investigación.

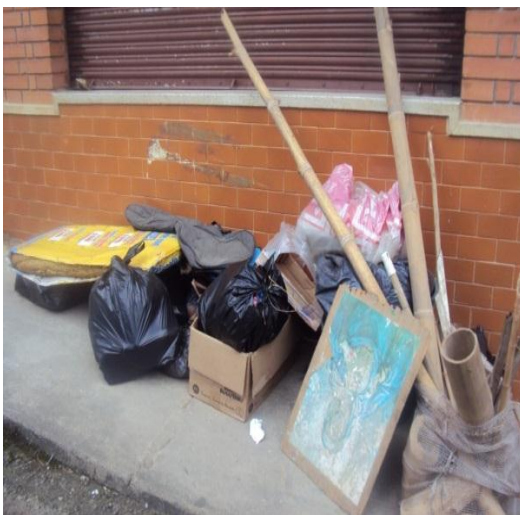
6.1 Fase I. Punto de partida

En esta fase se debía abarcar la recolección, transporte y disposición de residuos sólidos que fuera un punto de partida para el desarrollo posterior. Para tal fin, la agenda cubrió una inspección al municipio, y la aplicación de entrevistas y encuestas.

6.1.1 Observación simple

La observación tiene como evidencia las siguientes figuras:

No hay o es muy poca la cultura de reciclaje



Fuente: Autores.



Fuente: Autores.

Acumulación de residuos en bolsas por la baja frecuencia de recolección



Fuente: Autores.



Fuente: Autores.



Fuente: Autores.



Fuente: Autores.



Fuente: Autores.



Fuente: Autores.

Aparente orden en los días que se saca la bolsa de basura, con obstrucción del espacio público.



Fuente: Autores.



Fuente: Autores.



Fuente: Autores.



Fuente: Autores.



Relieve montañoso del municipio de Páez; este es un factor determinante para el relleno sanitario que se piensa desarrollar:

Entrevista con el Sr. Alcalde, Juan Diego Morales



Fuente: Autores.



Fuente: Autores.

Sitio de separación a 80 m de Páez. Allí se separan los residuos aprovechables de los orgánicos.



Fuente: Autores.



Fuente: Autores.

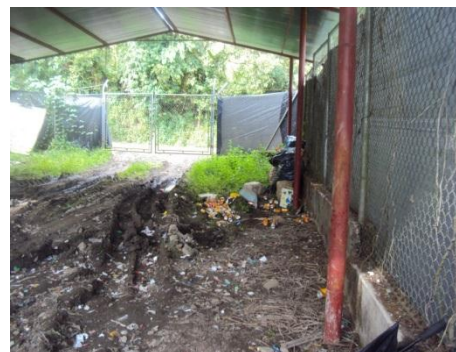
La clasificación de residuos sólidos, entre orgánicos y aprovechables, se hace de forma rudimentaria. No hay normas de manipulación y el personal es menor de edad.

Fuente: Autores.

Fuente: Autores.



01



Incluso, se puede apreciar en este sitio y en la zona rural se tiene más arraigada la idea del compostaje, y se puede apreciar un compost artificial.



Fuente: Autores.

Unidades e instituciones: parroquia, inspección de policía, centro de salud, estación de servicio. Se aprecia que el municipio se extiende sobre pendientes considerables.

Fuente: Autores.



Fuente: Autores.





Fuente: Autores.



Fuente: Autores.

Nuevo pozo petrolero en el municipio de Páez; genera más residuos por parte de la población flotante y su propio funcionamiento.



Fuente: Autores.



Fuente: Autores.



Fuente: Autores.

Vehículo de recolección. No se encuentra en estado óptimo. El transporte de estos residuos hacia Tunja tiene una duración de 6 a 7 horas, y se hace de forma semanal por la cantidad de habitantes del municipio.



Fuente: Autores.



Fuente: Autores.

Vías de acceso: Problemática adicional al del manejo de residuos sólidos



Fuente: Autores.



Fuente: Autores.

Encuestas.



Fuente: Autores.



Fuente: Autores.



Fuente: Autores.



Fuente: Autores.

6.1.2 Modelo de entrevista

Se programó inicialmente una entrevista el 2 de octubre de 2015 con el Alcalde Juan Diego Morales, quien respondió las preguntas de la Tabla 31.

Tabla 31. Relación de inquietudes y respuestas de la entrevista programada.

INQUIETUD	RESPUESTA
¿En qué franja del día se hace la recolección de basuras?	Una vez por semana por ser el municipio pequeño, y en horas de la mañana.
¿Todos los residuos generados son depositados cerca al municipio, o son llevados a algún lugar? Si es así, ¿a dónde?	No se llevan los residuos a un relleno sanitario como tal, sino a un lote dispuesto a 80 m del municipio donde se separan los residuos reciclables de los orgánicos.
¿Qué tan arduo ha sido el transporte y manejo de los residuos sólidos del municipio ante el mal estado de las vías de comunicación?	Ha sido una problemática muy difícil porque los residuos son llevados al relleno de Pirgua en Tunja, a través de vías en malas condiciones y con duraciones de hasta 6 horas de recorrido
¿Tiene algún estimativo de qué cantidad de residuos en toneladas/día se producen en total?	Aproximadamente 3-4 Ton/sem
¿Con cuánto personal del servicio de aseo cuenta el municipio? ¿Ellos clasifican la basura en el momento de la recolección?	3 personas trabajan en un vehículo de recolección y 2 personas separan los residuos.
¿El municipio cuenta con algún punto ecológico? Es decir, un punto con varias canecas y en cada una informar qué se debe depositar.	No existen puntos ecológicos en el municipio.

<p>¿Han promovido en los habitantes la separación adecuada de residuos en varias canecas como lo ordena la normatividad?</p>	<p>En estos momentos el municipio implementa un programa de socialización, donde dos personas recorren casa a casa y socializan todo lo correspondiente a separación y aprovechamiento de residuos sólidos.</p>
--	---

Fuente: Elaboración propia.

6.1.3 Modelo de encuesta y resultados

Se seleccionó una muestra representativa de 120 habitantes y se aplicó una encuesta cerrada. En la Tabla 32 se aprecian 16 preguntas realizadas junto con sus opciones de respuesta, agrupadas en 4 categorías:

Tabla 32. Relación de preguntas y opciones de respuesta para encuesta cerrada.

Cat.	INQUIETUD	OPCIONES DE RTA.	
Servicio de recolección	1. ¿En qué franja del día el vehículo recoge la basura?	A. Madrugada B. Mañana	C. Tarde D. Noche
	2. ¿Le gustaría que se hiciera la recolección de basuras en otro horario?	A. Sí B. No	
	3. Considera que la cantidad de recolectores en el vehículo de recolección es...	A. Poca B. Normal	C. Mucha
	4. ¿Cuál es la frecuencia de recolección para el barrio?	A. Lun-Mie-Vie B. Mar-Jue-Sáb	C. Otro
	5. ¿Cómo considera en general el servicio de recolección de basuras en el municipio?	A. Excelente B. Bueno	C. Regular D. Malo
	6. ¿Cuál es su percepción sobre el cobro del servicio de recolección?	A. Económico B. Normal	C. Costoso

Conducta en casa	7. ¿Qué tanto se lee, se escucha o se debate sobre cuestiones ambientales?	A. Mucho B. Poco	C. Nada
	8. Señale lo que se recicla, o si no recicla	A. Papel B. Periódicos C. Cartón D. Vidrio E. Latas	F. Metal G. Plástico H. Otros I. No reciclo.
	9. ¿Se han realizado técnicas como el compostaje para tratar residuos con materia orgánica?	A. Siempre B. Algunas veces	C. Nunca
	10. ¿Se tiene el hábito de depositar los residuos en diferentes canecas (verde, azul gris, roja)?	A. Sí B. No	
	11. De forma subjetiva, en un día la cantidad de residuos sólidos depositados en su hogar es	A. Pequeña B. Grande	
Conducta en otros lugares	12. Si su hijo o hijos estudian, ¿en la institución se promueve la cátedra de educación ambiental, así como campañas de sensibilización?	A. Siempre B. Algunas veces	C. Nunca D. No tiene hijos o no estudian
	13. ¿En su lugar de trabajo se brindan capacitaciones sobre educación ambiental, campañas de reciclaje o separación de residuos?	A. Siempre B. Algunas veces	C. Nunca D. No labora actualmente
	14. Según su apreciación, ¿Qué tanta prioridad le da la administración municipal a este tema?	A. Alta B. Igual a otros temas C. Baja o inexistente	
Finalización	15. El tema abordado según su apreciación le parece...	A. Importante B. Poco importante C. Insignificante	
	16. ¿Estaría dispuesto a recibir charlas sobre reciclaje y compostaje, independiente de que sepa o no sepa hacerlos?	A. Sí B. No	

Fuente: Elaboración propia.


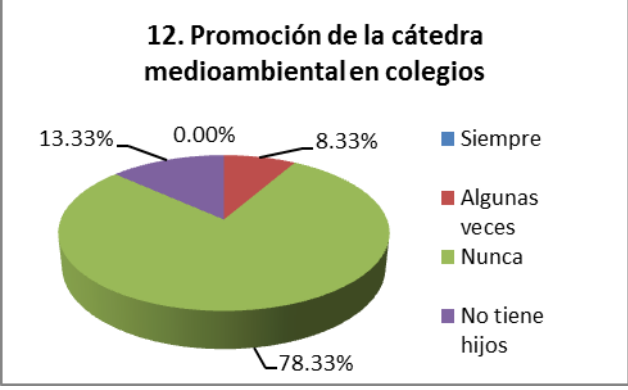
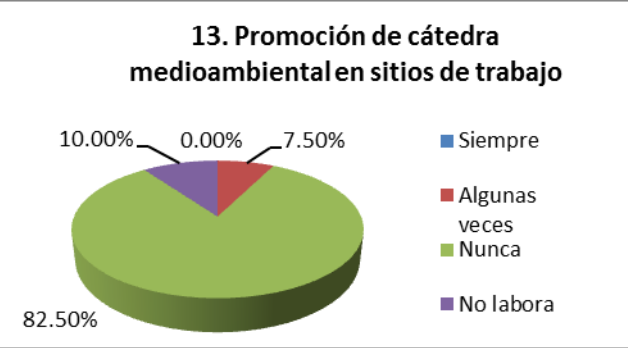
Los resultados y observaciones se consolidan en la Tabla 33:

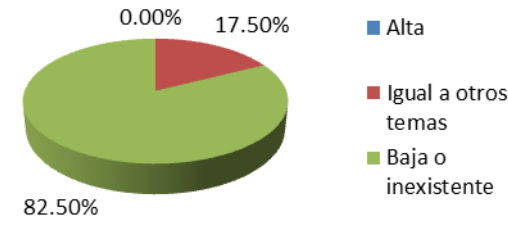
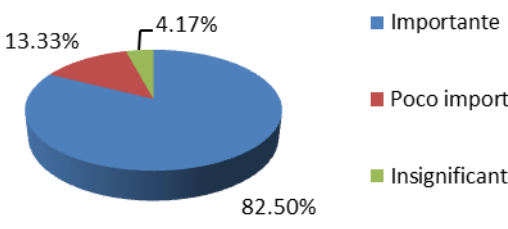
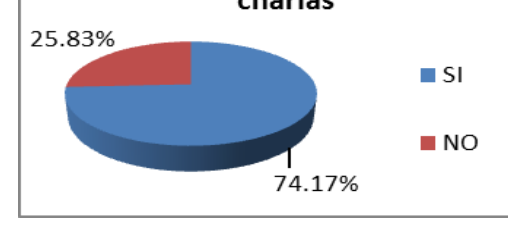
Tabla 33. Reporte de resultados tabulados y graficados para cada pregunta de la encuesta.

Cat.	INQUIETUD	TABULACIÓN	RESULTADOS GRÁFICOS																																	
Servicio de recolección	1. ¿En qué franja del día el vehículo recoge la basura?	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Respuestas</th> <th>%</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Madrugada</td> <td>7</td> <td>5.83%</td> </tr> <tr> <td>Mañana</td> <td>108</td> <td>90.00%</td> </tr> <tr> <td>Tarde</td> <td>5</td> <td>4.17%</td> </tr> <tr> <td>Noche</td> <td>0</td> <td>0.00%</td> </tr> <tr> <td>TOTAL</td> <td>120</td> <td>100.00%</td> </tr> </tbody> </table>		Respuestas	%	Madrugada	7	5.83%	Mañana	108	90.00%	Tarde	5	4.17%	Noche	0	0.00%	TOTAL	120	100.00%	<p>1. Franja de recolección</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Franja</th> <th>Respuestas</th> <th>%</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Madrugada</td> <td>7</td> <td>5.83%</td> </tr> <tr> <td>Mañana</td> <td>108</td> <td>90.00%</td> </tr> <tr> <td>Tarde</td> <td>5</td> <td>4.17%</td> </tr> <tr> <td>Noche</td> <td>0</td> <td>0.00%</td> </tr> </tbody> </table>	Franja	Respuestas	%	Madrugada	7	5.83%	Mañana	108	90.00%	Tarde	5	4.17%	Noche	0	0.00%
		Respuestas	%																																	
	Madrugada	7	5.83%																																	
Mañana	108	90.00%																																		
Tarde	5	4.17%																																		
Noche	0	0.00%																																		
TOTAL	120	100.00%																																		
Franja	Respuestas	%																																		
Madrugada	7	5.83%																																		
Mañana	108	90.00%																																		
Tarde	5	4.17%																																		
Noche	0	0.00%																																		
2. ¿Le gustaría que se hiciera la recolección de basuras en otro horario?	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Respuestas</th> <th>%</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>SI</td> <td>85</td> <td>70.83%</td> </tr> <tr> <td>NO</td> <td>35</td> <td>29.17%</td> </tr> <tr> <td>TOTAL</td> <td>120</td> <td>100.00%</td> </tr> </tbody> </table>		Respuestas	%	SI	85	70.83%	NO	35	29.17%	TOTAL	120	100.00%	<p>2. ¿Otro horario de recolección?</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Respuesta</th> <th>Respuestas</th> <th>%</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>SI</td> <td>85</td> <td>70.83%</td> </tr> <tr> <td>NO</td> <td>35</td> <td>29.17%</td> </tr> </tbody> </table>	Respuesta	Respuestas	%	SI	85	70.83%	NO	35	29.17%													
	Respuestas	%																																		
SI	85	70.83%																																		
NO	35	29.17%																																		
TOTAL	120	100.00%																																		
Respuesta	Respuestas	%																																		
SI	85	70.83%																																		
NO	35	29.17%																																		
3. Considera que la cantidad de recolectores en el vehículo de recolección es...	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Respuestas</th> <th>%</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Pocos</td> <td>63</td> <td>52.50%</td> </tr> <tr> <td>Normal</td> <td>24</td> <td>20.00%</td> </tr> <tr> <td>Muchos</td> <td>33</td> <td>27.50%</td> </tr> <tr> <td>TOTAL</td> <td>120</td> <td>100.00%</td> </tr> </tbody> </table>		Respuestas	%	Pocos	63	52.50%	Normal	24	20.00%	Muchos	33	27.50%	TOTAL	120	100.00%	<p>3. Cantidad de recolectores</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Cantidad</th> <th>Respuestas</th> <th>%</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Pocos</td> <td>63</td> <td>52.50%</td> </tr> <tr> <td>Normal</td> <td>24</td> <td>20.00%</td> </tr> <tr> <td>Muchos</td> <td>33</td> <td>27.50%</td> </tr> </tbody> </table>	Cantidad	Respuestas	%	Pocos	63	52.50%	Normal	24	20.00%	Muchos	33	27.50%							
	Respuestas	%																																		
Pocos	63	52.50%																																		
Normal	24	20.00%																																		
Muchos	33	27.50%																																		
TOTAL	120	100.00%																																		
Cantidad	Respuestas	%																																		
Pocos	63	52.50%																																		
Normal	24	20.00%																																		
Muchos	33	27.50%																																		

Conducta en casa	4. ¿Cuál es la frecuencia de recolección para el barrio?	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Respuestas</th> <th>%</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>L-M-V</td> <td>108</td> <td>90.00%</td> </tr> <tr> <td>M-J-S</td> <td>0</td> <td>0.00%</td> </tr> <tr> <td>Otro</td> <td>12</td> <td>10.00%</td> </tr> <tr> <td>TOTAL</td> <td>120</td> <td>100.00%</td> </tr> </tbody> </table>		Respuestas	%	L-M-V	108	90.00%	M-J-S	0	0.00%	Otro	12	10.00%	TOTAL	120	100.00%	<p>4. Frecuencia de recolección</p> <p>0.00% 10.00% 90.00%</p> <ul style="list-style-type: none"> L-M-V M-J-S Otro 		
		Respuestas	%																	
	L-M-V	108	90.00%																	
	M-J-S	0	0.00%																	
Otro	12	10.00%																		
TOTAL	120	100.00%																		
5. ¿Cómo considera en general el servicio de recolección de basuras en el municipio?	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Respuestas</th> <th>%</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Excelente</td> <td>0</td> <td>0.00%</td> </tr> <tr> <td>Bueno</td> <td>15</td> <td>12.50%</td> </tr> <tr> <td>Regular</td> <td>24</td> <td>20.00%</td> </tr> <tr> <td>Malo</td> <td>81</td> <td>67.50%</td> </tr> <tr> <td>TOTAL</td> <td>120</td> <td>100.00%</td> </tr> </tbody> </table>		Respuestas	%	Excelente	0	0.00%	Bueno	15	12.50%	Regular	24	20.00%	Malo	81	67.50%	TOTAL	120	100.00%	<p>5. Opinión sobre el servicio</p> <p>0.00% 12.50% 20.00% 67.50%</p> <ul style="list-style-type: none"> Excelente Bueno Regular Malo
	Respuestas	%																		
Excelente	0	0.00%																		
Bueno	15	12.50%																		
Regular	24	20.00%																		
Malo	81	67.50%																		
TOTAL	120	100.00%																		
6. ¿Cuál es su percepción sobre el cobro del servicio de recolección?	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Respuestas</th> <th>%</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Económico</td> <td>22</td> <td>18.33%</td> </tr> <tr> <td>Normal</td> <td>61</td> <td>50.83%</td> </tr> <tr> <td>Costoso</td> <td>37</td> <td>30.83%</td> </tr> <tr> <td>TOTAL</td> <td>120</td> <td>100.00%</td> </tr> </tbody> </table>		Respuestas	%	Económico	22	18.33%	Normal	61	50.83%	Costoso	37	30.83%	TOTAL	120	100.00%	<p>6. Percepción del cobro</p> <p>30.83% 18.33% 50.83%</p> <ul style="list-style-type: none"> Económico Normal Costoso 			
	Respuestas	%																		
Económico	22	18.33%																		
Normal	61	50.83%																		
Costoso	37	30.83%																		
TOTAL	120	100.00%																		
7. ¿Qué tanto se lee, se escucha o se debate sobre cuestiones ambientales?	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Respuestas</th> <th>%</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Mucho</td> <td>0</td> <td>0.00%</td> </tr> <tr> <td>Poco</td> <td>22</td> <td>18.33%</td> </tr> <tr> <td>Nada</td> <td>98</td> <td>81.67%</td> </tr> <tr> <td>TOTAL</td> <td>120</td> <td>100.00%</td> </tr> </tbody> </table>		Respuestas	%	Mucho	0	0.00%	Poco	22	18.33%	Nada	98	81.67%	TOTAL	120	100.00%	<p>7. Interés sobre impactos ambientales</p> <p>0.00% 18.33% 81.67%</p> <ul style="list-style-type: none"> Mucho Poco Nada 			
	Respuestas	%																		
Mucho	0	0.00%																		
Poco	22	18.33%																		
Nada	98	81.67%																		
TOTAL	120	100.00%																		

<p>8. Señale lo que se recicla, o si no recicla</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Respuestas</th> <th>%</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Papel</td> <td>12</td> <td>10.00%</td> </tr> <tr> <td>Periódico</td> <td>8</td> <td>6.67%</td> </tr> <tr> <td>Cartones</td> <td>8</td> <td>6.67%</td> </tr> <tr> <td>Vidrio</td> <td>10</td> <td>8.33%</td> </tr> <tr> <td>Latas</td> <td>0</td> <td>0.00%</td> </tr> <tr> <td>Metal</td> <td>8</td> <td>6.67%</td> </tr> <tr> <td>Plástico</td> <td>9</td> <td>7.50%</td> </tr> <tr> <td>Otros</td> <td>7</td> <td>5.83%</td> </tr> <tr> <td>Nada</td> <td>58</td> <td>48.33%</td> </tr> <tr> <td>TOTAL</td> <td>120</td> <td>100.00%</td> </tr> </tbody> </table>		Respuestas	%	Papel	12	10.00%	Periódico	8	6.67%	Cartones	8	6.67%	Vidrio	10	8.33%	Latas	0	0.00%	Metal	8	6.67%	Plástico	9	7.50%	Otros	7	5.83%	Nada	58	48.33%	TOTAL	120	100.00%	<p>8. ¿Qué se recicla?</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Material</th> <th>Respuestas</th> <th>%</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Papel</td> <td>12</td> <td>10.00%</td> </tr> <tr> <td>Periódico</td> <td>8</td> <td>6.67%</td> </tr> <tr> <td>Cartones</td> <td>8</td> <td>6.67%</td> </tr> <tr> <td>Vidrio</td> <td>10</td> <td>8.33%</td> </tr> <tr> <td>Latas</td> <td>0</td> <td>0.00%</td> </tr> <tr> <td>Metal</td> <td>8</td> <td>6.67%</td> </tr> <tr> <td>Plástico</td> <td>9</td> <td>7.50%</td> </tr> <tr> <td>Otros</td> <td>7</td> <td>5.83%</td> </tr> <tr> <td>Nada</td> <td>58</td> <td>48.33%</td> </tr> </tbody> </table>	Material	Respuestas	%	Papel	12	10.00%	Periódico	8	6.67%	Cartones	8	6.67%	Vidrio	10	8.33%	Latas	0	0.00%	Metal	8	6.67%	Plástico	9	7.50%	Otros	7	5.83%	Nada	58	48.33%
	Respuestas	%																																																															
Papel	12	10.00%																																																															
Periódico	8	6.67%																																																															
Cartones	8	6.67%																																																															
Vidrio	10	8.33%																																																															
Latas	0	0.00%																																																															
Metal	8	6.67%																																																															
Plástico	9	7.50%																																																															
Otros	7	5.83%																																																															
Nada	58	48.33%																																																															
TOTAL	120	100.00%																																																															
Material	Respuestas	%																																																															
Papel	12	10.00%																																																															
Periódico	8	6.67%																																																															
Cartones	8	6.67%																																																															
Vidrio	10	8.33%																																																															
Latas	0	0.00%																																																															
Metal	8	6.67%																																																															
Plástico	9	7.50%																																																															
Otros	7	5.83%																																																															
Nada	58	48.33%																																																															
<p>9. ¿Se han realizado técnicas como el compostaje para tratar residuos con materia orgánica?</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Respuestas</th> <th>%</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Siempre</td> <td>0</td> <td>0.00%</td> </tr> <tr> <td>Algunas veces</td> <td>15</td> <td>12.50%</td> </tr> <tr> <td>Nunca</td> <td>105</td> <td>87.50%</td> </tr> <tr> <td>TOTAL</td> <td>120</td> <td>100.00%</td> </tr> </tbody> </table>		Respuestas	%	Siempre	0	0.00%	Algunas veces	15	12.50%	Nunca	105	87.50%	TOTAL	120	100.00%	<p>9. ¿Realiza compostaje?</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Frecuencia</th> <th>Respuestas</th> <th>%</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Siempre</td> <td>0</td> <td>0.00%</td> </tr> <tr> <td>Algunas veces</td> <td>15</td> <td>12.50%</td> </tr> <tr> <td>Nunca</td> <td>105</td> <td>87.50%</td> </tr> </tbody> </table>	Frecuencia	Respuestas	%	Siempre	0	0.00%	Algunas veces	15	12.50%	Nunca	105	87.50%																																				
	Respuestas	%																																																															
Siempre	0	0.00%																																																															
Algunas veces	15	12.50%																																																															
Nunca	105	87.50%																																																															
TOTAL	120	100.00%																																																															
Frecuencia	Respuestas	%																																																															
Siempre	0	0.00%																																																															
Algunas veces	15	12.50%																																																															
Nunca	105	87.50%																																																															
<p>10. ¿Se tiene el hábito de depositar los residuos en diferentes canecas (verde, azul gris, roja)?</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Respuestas</th> <th>%</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>SI</td> <td>16</td> <td>13.33%</td> </tr> <tr> <td>NO</td> <td>104</td> <td>86.67%</td> </tr> <tr> <td>TOTAL</td> <td>120</td> <td>100.00%</td> </tr> </tbody> </table>		Respuestas	%	SI	16	13.33%	NO	104	86.67%	TOTAL	120	100.00%	<p>10. ¿Usa o ha usado las canecas de colores para depositar residuos?</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Respuesta</th> <th>Respuestas</th> <th>%</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>SI</td> <td>16</td> <td>13.33%</td> </tr> <tr> <td>NO</td> <td>104</td> <td>86.67%</td> </tr> </tbody> </table>	Respuesta	Respuestas	%	SI	16	13.33%	NO	104	86.67%																																										
	Respuestas	%																																																															
SI	16	13.33%																																																															
NO	104	86.67%																																																															
TOTAL	120	100.00%																																																															
Respuesta	Respuestas	%																																																															
SI	16	13.33%																																																															
NO	104	86.67%																																																															

	<p>11. De forma subjetiva, en un día la cantidad de residuos sólidos depositados en su hogar es</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Respuestas</th> <th>%</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Baja</td> <td>29</td> <td>24.17%</td> </tr> <tr> <td>Alta</td> <td>91</td> <td>75.83%</td> </tr> <tr> <td>TOTAL</td> <td>120</td> <td>100.00%</td> </tr> </tbody> </table>		Respuestas	%	Baja	29	24.17%	Alta	91	75.83%	TOTAL	120	100.00%	<p>11. En su hogar la cantidad de residuos depositados es:</p>  <table border="1"> <thead> <tr> <th>Categoría</th> <th>Porcentaje</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Baja</td> <td>24.17%</td> </tr> <tr> <td>Alta</td> <td>75.83%</td> </tr> </tbody> </table>	Categoría	Porcentaje	Baja	24.17%	Alta	75.83%										
	Respuestas	%																													
Baja	29	24.17%																													
Alta	91	75.83%																													
TOTAL	120	100.00%																													
Categoría	Porcentaje																														
Baja	24.17%																														
Alta	75.83%																														
<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Conducta en otros lugares</p>	<p>12. Si su hijo o hijos estudian, ¿en la institución se promueve la cátedra de educación ambiental, así como campañas de sensibilización?</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Respuestas</th> <th>%</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Siempre</td> <td>0</td> <td>0.00%</td> </tr> <tr> <td>Algunas veces</td> <td>10</td> <td>8.33%</td> </tr> <tr> <td>Nunca</td> <td>94</td> <td>78.33%</td> </tr> <tr> <td>No tiene hijos</td> <td>16</td> <td>13.33%</td> </tr> <tr> <td>TOTAL</td> <td>120</td> <td>100.00%</td> </tr> </tbody> </table>		Respuestas	%	Siempre	0	0.00%	Algunas veces	10	8.33%	Nunca	94	78.33%	No tiene hijos	16	13.33%	TOTAL	120	100.00%	<p>12. Promoción de la cátedra medioambiental en colegios</p>  <table border="1"> <thead> <tr> <th>Categoría</th> <th>Porcentaje</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Siempre</td> <td>0.00%</td> </tr> <tr> <td>Algunas veces</td> <td>8.33%</td> </tr> <tr> <td>Nunca</td> <td>78.33%</td> </tr> <tr> <td>No tiene hijos</td> <td>13.33%</td> </tr> </tbody> </table>	Categoría	Porcentaje	Siempre	0.00%	Algunas veces	8.33%	Nunca	78.33%	No tiene hijos	13.33%
		Respuestas	%																												
Siempre	0	0.00%																													
Algunas veces	10	8.33%																													
Nunca	94	78.33%																													
No tiene hijos	16	13.33%																													
TOTAL	120	100.00%																													
Categoría	Porcentaje																														
Siempre	0.00%																														
Algunas veces	8.33%																														
Nunca	78.33%																														
No tiene hijos	13.33%																														
<p>13. ¿En su lugar de trabajo se brindan capacitaciones sobre educación ambiental, campañas de reciclaje o separación de residuos?</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Respuestas</th> <th>%</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Siempre</td> <td>0</td> <td>0.00%</td> </tr> <tr> <td>Algunas veces</td> <td>9</td> <td>7.50%</td> </tr> <tr> <td>Nunca</td> <td>99</td> <td>82.50%</td> </tr> <tr> <td>No labora</td> <td>12</td> <td>10.00%</td> </tr> <tr> <td>TOTAL</td> <td>120</td> <td>100.00%</td> </tr> </tbody> </table>		Respuestas	%	Siempre	0	0.00%	Algunas veces	9	7.50%	Nunca	99	82.50%	No labora	12	10.00%	TOTAL	120	100.00%	<p>13. Promoción de cátedra medioambiental en sitios de trabajo</p>  <table border="1"> <thead> <tr> <th>Categoría</th> <th>Porcentaje</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Siempre</td> <td>0.00%</td> </tr> <tr> <td>Algunas veces</td> <td>7.50%</td> </tr> <tr> <td>Nunca</td> <td>82.50%</td> </tr> <tr> <td>No labora</td> <td>10.00%</td> </tr> </tbody> </table>	Categoría	Porcentaje	Siempre	0.00%	Algunas veces	7.50%	Nunca	82.50%	No labora	10.00%	
	Respuestas	%																													
Siempre	0	0.00%																													
Algunas veces	9	7.50%																													
Nunca	99	82.50%																													
No labora	12	10.00%																													
TOTAL	120	100.00%																													
Categoría	Porcentaje																														
Siempre	0.00%																														
Algunas veces	7.50%																														
Nunca	82.50%																														
No labora	10.00%																														

	<p>14. Según su apreciación, ¿Qué tanta prioridad le da la administración municipal a este tema?</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Respuestas</th> <th>%</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Alta</td> <td>0</td> <td>0.00%</td> </tr> <tr> <td>Igual a otros temas</td> <td>21</td> <td>17.50%</td> </tr> <tr> <td>Baja o inexistente</td> <td>99</td> <td>82.50%</td> </tr> <tr> <td>TOTAL</td> <td>120</td> <td>100.00%</td> </tr> </tbody> </table>		Respuestas	%	Alta	0	0.00%	Igual a otros temas	21	17.50%	Baja o inexistente	99	82.50%	TOTAL	120	100.00%	<p>14. Percepción de la labor de la administración municipal</p>  <table border="1"> <thead> <tr> <th>Categoría</th> <th>Porcentaje</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Alta</td> <td>0.00%</td> </tr> <tr> <td>Igual a otros temas</td> <td>17.50%</td> </tr> <tr> <td>Baja o inexistente</td> <td>82.50%</td> </tr> </tbody> </table>	Categoría	Porcentaje	Alta	0.00%	Igual a otros temas	17.50%	Baja o inexistente	82.50%
	Respuestas	%																								
Alta	0	0.00%																								
Igual a otros temas	21	17.50%																								
Baja o inexistente	99	82.50%																								
TOTAL	120	100.00%																								
Categoría	Porcentaje																									
Alta	0.00%																									
Igual a otros temas	17.50%																									
Baja o inexistente	82.50%																									
Finalización	<p>15. El tema abordado según su apreciación le parece...</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Respuestas</th> <th>%</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Importante</td> <td>99</td> <td>82.50%</td> </tr> <tr> <td>Poco importante</td> <td>16</td> <td>13.33%</td> </tr> <tr> <td>Insignificante</td> <td>5</td> <td>4.17%</td> </tr> <tr> <td>TOTAL</td> <td>120</td> <td>100.00%</td> </tr> </tbody> </table>		Respuestas	%	Importante	99	82.50%	Poco importante	16	13.33%	Insignificante	5	4.17%	TOTAL	120	100.00%	<p>15. El tema le pareció:</p>  <table border="1"> <thead> <tr> <th>Categoría</th> <th>Porcentaje</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Importante</td> <td>82.50%</td> </tr> <tr> <td>Poco importante</td> <td>13.33%</td> </tr> <tr> <td>Insignificante</td> <td>4.17%</td> </tr> </tbody> </table>	Categoría	Porcentaje	Importante	82.50%	Poco importante	13.33%	Insignificante	4.17%
		Respuestas	%																							
Importante	99	82.50%																								
Poco importante	16	13.33%																								
Insignificante	5	4.17%																								
TOTAL	120	100.00%																								
Categoría	Porcentaje																									
Importante	82.50%																									
Poco importante	13.33%																									
Insignificante	4.17%																									
<p>16. ¿Estaría dispuesto a recibir charlas sobre reciclaje y compostaje, independiente de que sepa o no sepa hacerlos?</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Respuestas</th> <th>%</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>SI</td> <td>89</td> <td>74.17%</td> </tr> <tr> <td>NO</td> <td>31</td> <td>25.83%</td> </tr> <tr> <td>TOTAL</td> <td>120</td> <td>100.00%</td> </tr> </tbody> </table>		Respuestas	%	SI	89	74.17%	NO	31	25.83%	TOTAL	120	100.00%	<p>16. Disposición a nuevas charlas</p>  <table border="1"> <thead> <tr> <th>Categoría</th> <th>Porcentaje</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>SI</td> <td>74.17%</td> </tr> <tr> <td>NO</td> <td>25.83%</td> </tr> </tbody> </table>	Categoría	Porcentaje	SI	74.17%	NO	25.83%						
	Respuestas	%																								
SI	89	74.17%																								
NO	31	25.83%																								
TOTAL	120	100.00%																								
Categoría	Porcentaje																									
SI	74.17%																									
NO	25.83%																									

Fuente: Elaboración propia.

6.1.4 Análisis de los resultados

De los resultados tabulados y graficados, se puede abstraer el siguiente análisis para cada categoría, presentado en la Tabla 34:

Tabla 34. Análisis de los resultados por categorías de preguntas.

CATEGORÍA	OBSERVACIONES
<p>SERVICIO PRESTADO</p> <p>(Preg. 1-6)</p>	<p>Es un servicio prestado en horas de la mañana, con preferencia de los habitantes a evaluar otros horarios para no interferir con las actividades cotidianas.</p> <p>Según los encuestados se confirma un mal panorama: escaso personal de recolección (52.5%) y escasa frecuencia del servicio que refleja una mala opinión (67.5%).</p> <p>Destaca el hecho de que no es costoso (50.83%).</p>
<p>CONDUCTA EN CASA</p> <p>(Preg. 7-11)</p>	<p>Poco o nulo interés por lo ambiental (81.67%). Poca disposición de reciclaje (muy pocos reciclan y casi la mitad de encuestados no recicla nada), el 87.5% de encuestados no sabe hacer compostaje o no lo realiza, el 86.67% no utiliza canecas de diferente color. Las campañas de sensibilización actuales no tienen los resultados esperados.</p> <p>Mientras tanto, en casa la gente genera gran cantidad de residuos en contraste con la escasa frecuencia de recolección.</p>
<p>CONDUCTA EN OTROS LUGARES</p> <p>(Preg. 12-14)</p>	<p>La mayoría considera que en lugares de trabajo y de estudio no se promueven temas ambientales (78.33% y 82.5% respectivamente).</p> <p>El 82.5% considera que la Administración deja a un lado este tema.</p>
<p>FINALIZACIÓN</p> <p>(Preg. 15-16)</p>	<p>El 82.5% de encuestados considera importante el tema abordado. Es más cuestión de hábitos.</p> <p>El 74.17% considera estar dispuesto a nuevas charlas. El resto se excusa por trabajo o por apatía.</p>

Fuente: Elaboración propia.

6.1.5 Obtención del residuo sólido predominante

Aún sin emprender la labor de concienciación, se puede obtener el residuo sólido predominante con los datos que se tienen en el momento. El día 2 de octubre de 2015, aprovechando que era día de recolección, se encontraban en el sitio varias bolsas de basura.

Aprovechando la visita de los investigadores al sitio, se analizaron 10 bolsas que se encontraban allí desde el día anterior, todas sin capacidad completa y de tamaño mediano. Se procedió para cada bolsa de basura a separar sus componentes según fueran papeles, cartones, vidrio, latas, metal, plástico y orgánicos inicialmente, ya que aún no se tiene cultura de tratamiento.

Los componentes de cada bolsa se almacenaron en otras bolsas de menor tamaño, se marcaron y se procedió a tomar su masa neta en una báscula dispuesta allí. Los resultados de esas mediciones se muestran en la Tabla 35, asumiendo que el peso total de cada bolsa redondea los 3 Kg.

Tabla 35. Relación de masas de cada componente separado para cada muestra de basura.

PESAJE DE RESIDUOS EN KG EFECTUADO EL DÍA 9/OCT/2015								
Bolsa	Papel	Cartones	Vidrio	Latas	Plástico	Metal	Orgánicos	TOTAL (Kg)
1	2.90	0.30	0.78	0.13	0.33	0.58	3.13	8.15
2	2.55	0.48	0.70	0.25	0.50	0.35	3.20	8.03
3	2.73	0.18	0.58	0.23	0.45	0.38	2.95	7.50
4	2.58	0.23	0.53	0.18	0.40	0.33	2.88	7.13
5	3.00	0.23	0.60	0.20	0.45	0.38	3.08	7.94
6	2.73	0.20	0.63	0.18	0.35	0.25	3.00	7.34
7	2.90	0.50	0.55	0.23	0.40	0.40	2.95	7.93
8	3.08	0.28	0.60	0.13	0.40	0.35	3.03	7.87
9	2.78	0.40	0.68	0.18	0.43	0.35	2.90	7.72
10	2.78	0.43	0.63	0.18	0.50	0.28	3.25	8.05
TOTAL	28.03	3.23	6.28	1.89	4.21	3.65	30.37	77.66
%	36.09%	4.16%	8.09%	2.43%	5.42%	4.70%	39.11%	100.00%

Fuente: Elaboración propia.

Se debe tener en cuenta que los componentes separados no están en estado puro, sino mezclados con otros y estas mediciones son aproximadas. Se trató de hacer una medición en relación al grado de conocimiento y de la labor de los operarios.

Como el administrador confirmó verbalmente que la cantidad de residuos bordea últimamente de 1,5 a 1,7 Ton/sem, los porcentajes de la parte inferior son porcentajes en peso. Simulando un total de residuos de 1700 Kg/sem, se multiplica ese valor por cada porcentaje en peso, como se muestra en la Tabla 36:

Tabla 36. Obtención de masas en Kg y Ton dependiente de los porcentajes en peso.

Material	% en peso calculado	Masa aproximada (Kg)	Masa aproximada (Ton)
Orgánicos	39.11%	664.81	0.6648
Papel	36.09%	613.58	0.6136
Vidrio	8.09%	137.47	0.1375
Plástico	5.42%	92.16	0.0922
Metal	4.70%	79.9	0.0799
Cartones	4.16%	70.71	0.0707
Latas	2.43%	41.37	0.0414
TOTALES	100.00%	1700	1.7

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, la masa aproximada en Ton es dividir la masa en Kg entre 1000, ya que son las unidades que se solicitan.

En la tabla anterior se ordenaron los porcentajes en peso, encontrando con este ensayo que los residuos predominantes (para las muestras ensayadas) son orgánicos y de papel. Se define una muestra representativa aunque lo ideal es ensayar todas las muestras que ingresan al lote.

6.1.6 Aportes

Las observaciones y aportes que definirán las fases subsiguientes del proyecto, saldrán: por un lado, de la información de la entrevista con la autoridad municipal; y por otro, de la observación simple y el acercamiento con la comunidad.

6.1.6.1 De la entrevista

En la Tabla 37 se muestran los aportes o ideas fundamentales abstraídas de la entrevista.

Tabla 37. Ideas fundamentales de la entrevista con Autoridad municipal.

ÍTEM	CARACTERÍSTICAS
Esquema general de recolección	<p>La recolección se hace una vez por semana en horas de la mañana, con preferencia sobre los viernes.</p> <p>Se recogen aproximadamente de 3 a 4 Toneladas semanales de residuos.</p> <p>Los residuos tienen dos destinos: por un lado, la mayoría son llevados hacia Tunja por una carretera en condiciones no óptimas y con una duración estimada de 7 horas de viaje; otros son llevados a un lote cercano ubicado a 80 m del casco urbano, donde se separan residuos aprovechables de orgánicos.</p>
Falta de puntos ecológicos	<p>El municipio de Páez no tiene puntos ecológicos para depositar adecuadamente los residuos sólidos.</p> <p>Si los habitantes en su entorno no los ven o no los saben usar, mucho menos van a aplicar medidas de concienciación en casa o lugares de trabajo y estudio, porque considerarán que no son necesarios.</p>

<p>Restricción desde Tunja</p>	<p>El relleno sanitario de Tunja comienza a restringir a este municipio, ya que sólo recibirán 2 Ton de residuos.</p> <p>Sin un Plan de Manejo, los habitantes optarán por depositar los residuos en el lote cercano, simulando un botadero a cielo abierto, con una probabilidad alta de desencadenar una emergencia sanitaria por proliferación de vectores de infección.</p>
<p>Alternativas de disposición de residuos sólidos</p>	<p>El lote dispuesto para disposición de residuos cuenta con un personal que tiene conocimientos empíricos de separación de residuos sólidos.</p> <p>Esto NO es lo ideal porque el lote dispuesto se encuentra <u>muy cerca al municipio, la infraestructura del lugar no es adecuada y además no se cumplen las normas sanitarias para ejercer esa labor</u> que hoy por hoy es rudimentaria. Todos esos factores aumentan la probabilidad de enfrentar una nueva emergencia sanitaria.</p>

Fuente: Elaboración propia.

6.1.6.2 De las encuestas y la observación del municipio

De la realización de las encuestas y la observación en general del entorno del municipio de Páez, se pueden abstraer las siguientes ideas, presentadas en la Tabla 38.

Tabla 38. Ideas fundamentales de las encuestas realizadas y observación simple en el municipio de Páez.

<p>ÍTEM</p>	<p>CARACTERÍSTICAS</p>
<p>Falta de cultura</p>	<p>No hay cultura de separación ni de tratamiento de residuos sólidos, causada porque la Administración Municipal en sus estrategias de gobierno no ha concebido un Plan de Manejo que sea sostenible y responda a las necesidades de la comunidad.</p> <p>Supuestamente está vigente un programa con fines de concienciación para separar adecuadamente residuos sólidos, pero a la luz de la situación actual no ha tenido los resultados esperados.</p>

<p>Apreciaciones del servicio de recolección</p>	<p>Los habitantes están en desacuerdo con el servicio semanal de recolección, debido a que se genera gran acumulación de residuos en domicilios y negocios (sobre todo instituciones y los relacionados con alimentos como restaurantes y cafeterías), con picos en épocas de fiestas y de vacaciones.</p> <p>El problema se agrava por la exposición y contaminación de los alimentos, y además los niños y personas mayores son propensos a sufrir de alguna enfermedad infecciosa por convivir por tanto tiempo con los residuos sólidos sin traslado ni tratamiento.</p> <p>Los habitantes sugieren que el servicio de recolección se preste dos veces por semana (lunes o viernes), o incluso tres veces a la semana (lunes, miércoles y viernes), aunque este modelo se aplica solamente a ciudades por ser las mayores generadoras de residuos.</p>
<p>Planta de Ecopetrol cerca al municipio</p>	<p>En jurisdicción del municipio de Páez funciona una planta de Ecopetrol. Las implicaciones que tiene para con el proyecto, son:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Población flotante adicional generadora de residuos sólidos. - La generación de mayores residuos industriales por parte de la Planta con picos en épocas de mitad y fin de año, por su propio funcionamiento. - El municipio no se ha anticipado o no ha tenido control del funcionamiento de esta Planta, lo que generará más problemas de manejo de residuos a no contar con un Plan adecuado y son soluciones de mitigación temporal.
<p>Adicionales</p>	<p>Se percibe una actitud de apatía para con la problemática ambiental, cuando debería ser lo contrario (empatía).</p> <p>En la muestra de habitantes encuestados se detectó que no tienen muy arraigada la idea del compostaje para tratar residuos con material orgánico, porque esto lo enseña el programa de socialización y concienciación actual.</p>

Fuente: Elaboración propia.

6.2 Fase II. Diseño

Como el Plan de Manejo de Residuos Sólidos contempla una propuesta de diseño de relleno sanitario, se deben buscar y precisar datos de entrada, tal como lo muestra la Tabla 39:

Tabla 39. Categorías de datos iniciales para el diseño de relleno sanitario.

CATEGORÍA	DATOS / CARACTERÍSTICAS
Localización	Por normatividad, el relleno sanitario debe ubicarse no menor a 1 Km de la cabecera municipal y estar cercano a una vía principal. Se decide si se construye cerca a la vía Páez-Miraflores o a la vía Páez-Sabanalarga.
Población y generación de residuos	Población actual (obtenida del Plan de Desarrollo) Proyección de población a 10 años Cobertura del servicio de recolección Producción per-cápita de residuos Peso específico de residuos sólidos
Topografía	Pendientes
Suelo	Perfil estratigráfico Tipo de suelo y clasificación Permeabilidad (conductividad hidráulica) del mismo Nivel freático
Clima e hidrología	La precipitación pluvial Evaporación Temperatura Dirección y velocidad del viento
Taludes	De acuerdo a la topografía y las propiedades del suelo, se decide si el relleno se construye sobre terraplén o en corte.

Inicialmente se conoce que la topografía del municipio de Páez es escarpada (con pendientes considerables), por lo que la construcción del relleno implicará realizar cortes cuyo material sirva de cobertura para las celdas diarias del relleno sanitario.

Posterior a la recolección de información, se utilizarán las ecuaciones (véase 4.2.4.7 en adelante en el Marco Teórico) para el proceso de diseño. Recuerde que se debe tener a la mano la normativa del R.A.S. por si se deben tomar ciertos valores de alguna tabla o criterio. Los pasos de cálculo mediante las ecuaciones especificadas se agrupan en:

- Cálculo del volumen acumulado (de residuos sólidos, del material de cobertura y del relleno sanitario) de acuerdo a la vida útil especificada.
- Estimación de la altura media y cálculo del área requerida de relleno, de acuerdo a la cantidad de residuos existente y proyectada.
- Selección del método de diseño. Por la topografía escarpada del municipio se diseñará un método área-rampa, para aprovechamiento del material de cobertura y con la intención de aminorar costos adicionales con la mano de obra manual.
- El volumen total de residuos sólidos calculado inicialmente, NO es lo mismo que el cálculo de la capacidad volumétrica. Este parámetro condiciona la localización seleccionada para el relleno sanitario.
- Diseño de canal interceptor de aguas de escorrentía.
- Tratamiento de lixiviados.
- Diseño de la celda diaria.
- Cálculo de la mano de obra requerida.

Luego del bosquejo de diseño con las ecuaciones planteadas, se sugerirá el diseño de un ruteo de recolección con mejoramiento de la frecuencia (2 veces por semana). En esta fase continuarán las visitas programadas al municipio e inicia en firme la labor de concienciación.

De forma paralela al diseño del relleno sanitario como medida inicial del PMRS, se estructura el Plan de Gestión Municipal de Residuos Sólidos, con los resultados del diseño del relleno sanitario y toda la información recolectada en la fase 1.

7 CONCLUSIONES PRELIMINARES

La identificación de los procesos de recolección, transporte y disposición de residuos sólidos en el municipio de Páez, conduce a varias apreciaciones: no hay cultura de reciclaje ni reutilización de residuos; el servicio de recolección atraviesa por dificultades en su frecuencia (1 vez por semana); los residuos predominantes son aprovechables (papel, cartón, vidrio, entre otros) y orgánicos, en proporciones semejantes, los cuales pueden ser tratados por reciclaje y compostaje respectivamente; producto de la escasa frecuencia de recolección, se genera gran acumulación de residuos en domicilios y negocios (sobre todo instituciones y los relacionados con alimentos como restaurantes y cafeterías), con picos en épocas de fiestas y de vacaciones; el lote dispuesto como depósito temporal no cumple con especificaciones técnicas (infraestructura, ubicación estratégica, preparación del personal y cumplimiento de normas sanitarias); y por último, la planta de Ecopetrol es nueva generadora de residuos (por funcionamiento y población flotante). Inicialmente se evalúa una población con muchos inconvenientes en el ámbito de residuos sólidos, pero con potencial de aprovechamiento de los mismos.

Dentro de las medidas de mitigación como la separación y tratamiento de residuos sólidos considerados en el Plan de Manejo de Residuos Sólidos (PMRS), se contempla el diseño de un relleno sanitario combinado de rampa y área; así mismo, se proyecta para 10 años de vida útil y por la topografía escarpada del municipio de Páez, complementando con un proceso manual de funcionamiento y el diseño de un ruteo de recolección de dos veces por semana, con la finalidad de aminorar costos.

El desarrollo y finalización del PMRS contempla una labor complementaria de concientización en residencias y sitios de interés (negocios e instituciones), por medio de: campañas de reciclaje para estimular el aprovechamiento de los

residuos predominantes, exposición de un plegable informativo y creación de puntos ecológicos en zonas estratégicas (puntos de encuentro y sitios públicos). La claridad con la que se emprende esta labor ayudará a generar conciencia, a preservar la vida útil del relleno sanitario y del medio ambiente, y a dejar de ver a esta construcción como un botadero a cielo abierto.

8 RECOMENDACIONES

Se recomienda la optimización y mejora continua del Plan de Manejo de Residuos Sólidos, con la creación de talleres de concienciación, la promoción de brigadas de reciclaje en la comunidad y la capacitación al personal para labores de recolección y separación de residuos sólidos. Todo para que estas actividades se tomen como hábito, ya que con el descuido de las medidas adoptadas, la problemática que afecta al municipio de Páez se puede recrudecer. Así mismo, el PMRS debe actualizarse de forma paralela a los cambios que experimente el municipio de Páez y a nuevos estudios sobre el tema de residuos sólidos que sean concretados.

El bosquejo de relleno sanitario contemplado dentro del PMRS se considerará expuesto a mejoras y optimizaciones, ya sean manuales o computacionales, siempre que cumplan con las especificaciones técnicas del RAS 2000 y otras normas afines.

BIBLIOGRAFÍA

ALCALDÍA DE ENVIGADO. Guía para el adecuado manejo de los residuos sólidos y peligrosos [en línea]. Tomado de: <http://www.envigado.gov.co/Secretarias/SecretariadeMedioAmbienteyDesarrolloRural/documentos/publicaciones/Guia_residuos.pdf>, p. 4.

ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ D.C. Decreto 2981 de 2013 [en línea]. Tomado de: <<http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=56035#120>>

CASTELBLANCO, Ana Milena (et. Al). Plan de Manejo de residuos sólidos en el municipio de Cogua, departamento de Cundinamarca. En: Universidad de la Salle [en línea].

COLLAZOS, Héctor. Diseño y operación de rellenos sanitarios. 3 ed. Bogotá: Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería, 2008; p. 26, 32, 41, 42, 43, 44, 67, 68-71.

DAZA, Ana Lucía. Problemática y diagnóstico de residuos sólidos en el corregimiento de Cañaverales (La Guajira). En: Universidad Javeriana [en línea]. Disponible en: <http://repository.javeriana.edu.co/bitstream/10554/12494/1/DazaFerrerAnaLucia2013.pdf>

GUÍA TÉCNICA COLOMBIANA GTC 24. Criterios para separación en la fuente [en línea]. Tomado de: < <http://www.estra.com/eco/pdf/norma.pdf>>, p. 5-7.

INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES DE COLOMBIA (IDEAM). Atlas de Viento y Energía Eólica de Colombia. En: Cap. 1 (Velocidad del viento en superficie). Tomado de: < <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/019813/Capitulo1.pdf>> [citado en 21 de octubre de 2015], p. 20, 33.

LOPEZ, Natalia. Propuesta de programa para el manejo de los residuos sólidos en la Plaza de mercado de Cerete, Cereabastos – Córdoba. En: Universidad Javeriana [en línea]. Disponible en: <http://javeriana.edu.co/biblos/tesis/eambientales/tesis64.pdf>.

ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD. Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales [en línea]. Tomado de: <<http://www.redrrss.pe/material/20090128200240.pdf>>, p. 43, 45, 48-49, 81, 84, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 95, 96, 111, 114, 115, 117, 119, 122, 123.

REDACCIÓN BOYACÁ SIETE DÍAS: Boyacá no sabe qué hacer con su basura: En: El Tiempo [en línea]. (10 de enero de 2014). Disponible en: <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-13348959>.

REDACCIÓN: “Relleno de Pírgua sólo recibirá basuras de Tunja y municipios de la Provincia Centro”: En: Diario Entérese [en línea]. (2014). Disponible en: <http://www.periodicoenterese.com/ciudad-tunja/2798-relleno-de-pirgua-s%C3%B3lo-recibir%C3%A1-basuras-de-tunja-y-municipios-de-la-provincia-centro>.

REINOSA, Viviana. Evaluación de alternativas para el manejo de los residuos sólidos en el municipio de Balboa, Risaralda. En: Universidad Tecnológica de Pereira [en línea]. Disponible en: <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/11059/2283/1/3637282R373.pdf>.

SALAZAR, Margarita. Formulación del Plan de Manejo Integral de Residuos Sólidos del Centro Comercial San Pedro Plaza de la ciudad de Neiva (Huila). En: Universidad Javeriana [en línea]. Disponible en: <http://repository.javeriana.edu.co/bitstream/10554/9863/1/tesis78.pdf>.

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA. Lección 3. El Relleno Sanitario y la Gestión Integral de Residuos. En: Unidad 1. Planificación de proyectos de rellenos sanitarios. Tomado de: <http://datateca.unad.edu.co/contenidos/358045/ContenidoLinea/leccin_3_el_relleno_sanitario_y_la_gestin_integral_de_residuos.html>