



UNIVERSIDAD
NACIONAL
AUTÓNOMA DE
NICARAGUA,
MANAGUA
UNAN - MANAGUA

Facultad Regional Multidisciplinaria, FAREM-Estelí

**Evaluación del Manejo de Residuos Sólidos Urbanos del casco urbano del
Municipio de San Nicolás departamento de Estelí, PIGARS (2020- 2040)**

Trabajo monográfico para optar

al grado de

Ingeniero Ambiental

Autores

Br. Greysling Jaralyth Centeno Salas

Br. Michelle Sarahi Rayo Guido

Tutor

MSc. Oscar Rafael Lanuza Lanuza

Estelí, 10 de agosto de 2021



Dedicatoria

A Dios en primer lugar por la sabiduría, fuerzas y entendimiento que me dio, por permitirme culminar mis estudios y llegar donde estoy ahora y ser la persona que soy hoy en día.

A mi amada madre por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad porque, aunque este lejos sé que siempre estuvo pendiente de mí para hoy en día ser su orgullo.

A mi abuelita por motivarme a salir adelante por creer en mí y por siempre recibir su apoyo incondicional.

A mis hermanos por estar siempre ahí por su apoyo incondicional, por su amor y cariño hasta el final ya que sin ellos no lo hubiese logrado.

“Nunca consideres el estudio como una obligación, sino como una oportunidad para penetrar en el bello y maravilloso mundo del saber.”

Albert Einstein.

Br: Greysling Jaralyth Centeno Salas

Dedicatoria

Primeramente, a Dios por el don de la vida, por la sabiduría y entendimiento en el transcurso de mis estudios universitario.

A mi ángel de cielo, mi madre (QDEP) por su apoyo y sus consejos durante el transcurso que estuvo conmigo.

A mis hijos y esposo por ser el motor para seguir con mis estudios profesionales.

A mi familia, por el apoyo incondicional y cariño.

“Enseñar no es transferir conocimientos, sino crear las posibilidades para su producción o su construcción. Quien enseña aprende al enseñar y quien enseña aprende a aprender”

Paulo Freire

Br. Michelle Sarahi Rayo Guido

Agradecimientos

A Dios por darnos la sabiduría para culminar con éxito nuestra carrera profesional e igualmente a nuestros familiares y amigos por el apoyo incondicional en transcurso de nuestra carrera.

De forma muy especial al MSc. **Oscar Rafael Lanuza L**, tutor de esta investigación monográfica por sus orientaciones y consejos.

A la alcaldía de San Nicolás por el apoyo y colaboración de su parte.

A las familias del casco urbano del municipio de San Nicolás por el apoyo para llevar a cabo dicha investigación.

CARTA AVAL

Después de haber revisado el contenido del informe final y constatado que se han incorporado las observaciones realizadas por el comité evaluador al trabajo monográfico titulado “*Evaluación del Manejo de Residuos Sólidos Urbanos del casco urbano del Municipio de San Nicolás departamento de Estelí, PIGARS (2020- 2040)*”, presentado por la bachillera: **Br. Greysling Jaralyth Centeno Salas** y **Br. Michelle Sarahi Rayo Guido**; considero que cumple con todos los requisitos establecidos en el reglamento de Régimen Académico Estudiantil Modalidades de Graduación, para obtener el grado de Ingeniero Ambiental.

Se extiende la presente para los fines que sean convenientes, a los 10 días del mes de agosto del año dos mil veintiuno.

Cordialmente,

MSc. Oscar Rafael Lanuza Lanuza
Docente Titular UNAN Managua
Tutor de Monografía

Resumen

La investigación tuvo como objetivo principal diseñar una propuesta de plan integral de gestión ambiental de los residuos sólidos domiciliarios en el municipio de San Nicolás (PIGARS). Se realizó la caracterización y clasificación de los residuos utilizando el método de cuarteo. Obteniendo resultados de producción per-cápita 0.33 kg/hab/día, en el municipio la mayor producción generada es de materia orgánica de 51.46 kg. También se hicieron estimaciones para la construcción de un relleno sanitario manual donde se optó por el método de zanja o trinchera, que consiste en excavaciones en la tierra para hacer un debido enterramiento de los residuos generados por el municipio. Se elaboró una nueva propuesta de diseño para el sistema de recolección, para que este conlleve beneficios de eficiencia y cobertura de recolección en el municipio. El plan de gestión de residuos sólidos del municipio de San Nicolás se formuló de acuerdo con la realidad socio económico del municipio, como herramienta para mejorar la calidad en la gestión del servicio de limpieza, recolección, y disposición final de tal manera que se mejorara las condiciones ambientales del municipio. El actual manejo de los residuos urbanos del municipio se realiza de forma deficiente principalmente de la carencia de recursos financieros, la falta de personal capacitado para la prestación del servicio y la falta de conciencia ambiental, por la cual la alcaldía municipal precisa de instrumentos que contribuyen al mejoramiento en la gestión de los residuos sólidos, de tal manera que con la implementación del PIGARS San Nicolás, se pondrán mejor las condiciones sanitarias del municipio.

Palabras claves: *Gestión Ambiental, Relleno Sanitario, Residuos Sólidos, San Nicolas, Producción per-cápita*

CONTENIDO

CAPÍTULO I.....	1
1 Introducción	1
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Planteamiento del problema.....	2
1.3 Justificación	2
1.4 Objetivos.....	3
1.4.1 Objetivo General.....	3
1.4.2 Objetivos Específicos	3
CAPÍTULO II.....	4
2 Marco Referencial (Antecedentes, Marco Teórico, Marco Conceptual, Marco Legal).....	4
2.1 Residuos sólidos.....	4
2.2 Características básicas de los residuos sólidos	4
2.2.1 Características físicas:	4
2.2.2 Características químicas:	4
2.2.3 Características biológicas:	5
2.3 Producción de residuos sólidos.....	5
2.3.1 Producción per cápita de los residuos sólidos	5
2.3.2 Composición de los residuos sólidos.....	5
2.4 Recolección.....	5
2.4.1 Macro Rutas.....	6
2.4.2 Micro Rutas	6
2.5 Botadero a cielo abierto	7
2.6 Relleno sanitario	8
2.6.1 Componentes de un relleno sanitario.....	8
2.7 Tipo de Relleno Sanitario	9
2.7.1 Relleno sanitario manual	9
2.7.2 Relleno sanitario semi mecanizado	10
2.7.3 Relleno sanitario mecanizado.....	10
2.8 Métodos de construcción de un relleno sanitario.....	11
2.8.1 Método de trinchera o zanja	11
2.8.2 Método de área	11
2.9 Plan de manejo integral de residuos sólidos	11
2.10 Marco legal relacionado con los residuos sólidos en Nicaragua	12
2.11 Hipótesis	16
CAPÍTULO III.....	17
3 Diseño Metodológico	17
3.1 Área de estudio	17
3.2 Tipo de estudio.....	17
3.3 Universo del estudio	18
3.4 Tamaño de muestra.....	18
3.5 Variables e indicadores del estudio.....	18
3.6 Caracterización de los residuos sólidos urbanos domiciliarios	19
3.6.1 Determinación de la producción per-cápita (PPC).....	19

3.6.2	Estimación de producción per-cápita	20
3.6.3	Determinación del volumen.....	20
3.6.4	El cálculo de volumen se realizó con la siguiente ecuación:.....	20
3.6.5	Determinación de densidad o peso específico	20
3.6.6	Fórmula para el cálculo de densidad	20
3.6.7	Determinación de la composición física.....	21
CAPÍTULO IV.	22
4	Análisis y discusión de resultados.....	22
4.1	Caracterizar los residuos domiciliarios del casco urbano del municipio de San Nicolás	22
4.1.1	Densidad de residuos sólidos aparente	23
4.1.2	Estimación de la producción de residuos sólidos a 20 años	24
4.2	Estimación de macro y micro ruteo del sistema de recolección de residuos sólidos del municipio de San Nicolás.	26
4.2.1	Diseño de macro y micro ruteo para la recolección de residuos sólidos del casco urbano del municipio de San Nicolás.	26
4.3	Propuesta de diseño para la construcción de un relleno sanitario en el municipio de San Nicolás.	28
4.3.1	Etapas de relleno sanitario	28
4.3.2	Dimensiones y construcción de trincheras	28
4.3.3	Dimensiones y construcción de celdas diarias	30
4.3.4	Dimensiones y construcción de drenes de lixiviados en trincheras.....	31
4.3.5	Dimensiones y construcción de chimeneas	31
4.4	Propuesta de plan integral de gestión ambiental de los residuos sólidos del casco urbano del municipio de San Nicolás.	33
4.4.1	Objetivos.....	33
4.4.2	Lineamientos estratégicos.....	34
4.4.3	Plan de acción del PIGARS	36
4.4.4	Estrategia de implementación y seguimiento al PIGARS	40
CAPÍTULO V.	41
5	Conclusiones	41
5.1	Recomendaciones	41
5.2	Referencias bibliográficas.....	42
5.3	Anexos	43

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características por tipos de relleno sanitario. Fuente: Guía para el Diseño, Construcción, Operación, Mantenimiento y Cierre de Rellenos. Sanitarios	10
Tabla 2 Marco legal relacionado con los residuos sólidos en Nicaragua	12
Tabla 3. Variables e indicadores del estudio	19
Tabla 4. Valor de producción per-cápita	22
Tabla 5. Estimación de densidad y volumen de los residuos sólidos	24
Tabla 6. Proyección a 20 años de la generación de residuos sólidos del casco urbano del municipio de San Nicolás.	25
Tabla 7. Tiempo y distancia de macro y micro ruteo	26
Tabla 8. Acciones de fortalecimiento de gestión institucional.	36
Tabla 9. Acciones de fortalecimiento del marco legal.	37
Tabla 10. Acciones de fortalecimiento económico.	37
Tabla 11. Acciones enfocadas en capacitación y asistencia técnica.	38
Tabla 12. Acciones Enfocadas a la Educación ambiental y participación ciudadana. ...	39
Tabla 13. Acciones de fortalecimiento en valoración de residuos sólidos.	40

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. composición física de los residuos sólidos del municipio de San Nicolás.	4
Figura 2. Ciclo de reproducción de mosca en los residuos sólidos.	5
Figura 3. Ruta de recolección de residuos sólidos.	6
Figura 4. Botadero a cielo abierto en el municipio de San Nicolás.	7
Figura 5. Relleno sanitario fuente Rosario Eguizabal	8
Figura 6. componentes de un relleno sanitario. Fuente.	9
Figura 7. Macro localización del casco urbano del municipio de San Nicolás	17
Figura 8. Método de cuarteo.	21
Figura 9. Diseño de macro y micro ruteo. Fuente: elaboración propia	27
Figura 10. Dimensionamiento de trincheras. Fuente: elaboración propia	29
Figura 11. Operación de relleno manual. Fuentes: (Jaramillo, 2012).	30
Figura 12. Dimensionamiento de celda diaria. Fuente: elaboración propia.	30
Figura 13. Drenajes de Lixiviados. Fuente: elaboración propia.	31
Figura 14. Dimensionamiento de las chimeneas. Fuente: elaboración propia.	31
Figura 15. Diseño del relleno sanitario del casco urbano del municipio San Nicolás. Fuente: elaboración propia.	32
Figura 16. Botadero a cielo abierto San Nicolás. Fuente: elaboración propia.	45
Figura 17. Recolección de residuos por operario. Fuente: elaboración propia.	45
Figura 18. Descarga de residuos sólidos. Fuente: elaboración propia.	46
Figura 19. Camión recolector del municipio. Fuente: elaboración propia.	46
Figura 20. Recepción de las muestras. Fuente: elaboración propia.	47
Figura 21. Recolección de las muestras de los residuos Fuente: elaboración propia.	47
Figura 22. Pesaje de residuos producidos por los habitantes. Fuente: elaboración propia.	48
Figura 23. Método de cuarteo. Fuente: elaboración propia.	48

CAPÍTULO I.

1 Introducción

La situación del manejo de residuos sólidos en Centroamérica, por lo general, se halla en un estado crítico. Los residuos se acumulan en las orillas de las carreteras, en las calles y en las quebradas o se queman a cielo abierto sin control y los equipos de recolección se encuentran en condiciones deplorables. Los sitios de disposición final son inadecuados y las operaciones ineficientes. Además, las municipalidades cuentan con limitados fondos para gerenciar este sector.

En el municipio de San Nicolás se requiere hacer un relleno sanitario de residuos sólidos urbanos en el que me permite implementar el manejo adecuado de residuos generados por la población. Para esto decidimos implementar un plan integral de gestión ambiental de residuos sólidos para la mejora de calidad de vida de los habitantes de este municipio.

La forma de vida característica de nuestro tiempo, dan lugar a la producción y acumulación de basura en gran cantidad de producto de uso diario, llega a nuestros hogares, escuelas o centros de trabajo, etc. Existe una gran variedad de estos productos entre los cuales podemos encontrar vidrio, cartón, y materia orgánica.

Una posible solución son los rellenos sanitarios, este sistema no es un vertedero de basura a cielo abierto, tampoco un enterramiento de desechos, mucho menos una incineración controlada. El relleno sanitario es un método de disposición final de los desechos en un área lo más estrecha posible, lo cubre con capas de tierra y compactada diariamente para reducir drásticas y significativamente su volumen.

1.1 Antecedentes

En el casco urbano del municipio de San Nicolás, no existe un estudio sobre el manejo de residuos sólidos, en la actualidad la información que se tiene sobre la producción, manejo y tratamiento de los residuos es poca.

Actualmente, el municipio cuenta con un vertedero a cielo abierto donde no se da un tratamiento debido a los residuos generados, el cual no cumple con los reglamentos Sanitario del ministerio de salud, debido que en este sitio se producen vectores (moscas, cucarachas, zancudos, etc.), generadores de enfermedades, convirtiéndose en un problema tanto como para el medio ambiente y las familias ubicadas a los alrededores del sitio.

En Nicaragua, se han encontrado estudios sobre el manejo de los residuos sólidos pero la mayoría de ellos solamente cuentan con un vertedero a cielo abierto sin aplicación de ningún tipo de tratamiento adecuado.

Según el (MARENA, 2004) en Nicaragua la generación de residuos sólidos aumenta a medida que el crecimiento poblacional experimenta incrementos y los patrones de consumo se acrecientan cada vez más. Un 25% de los residuos sólidos generados pertenecen al área rural y el resto a las zonas urbanas. Los servicios de recolección prestados en el 71 % de las municipalidades de Nicaragua y algunas entidades privadas logran evacuar 70% de los residuos urbanos generados a nivel urbano. En el restante 29% no existe manejo de los residuos sólidos.

1.2 Planteamiento del problema

Los residuos sólidos representan un problema continuo de contaminación ambiental que enfrenta cualquier ciudad. Estos causan problemas para la salud pública y constituyen focos infecciosos para la proliferación de vectores y enfermedades. La generación de residuos sólidos urbanos está ligada con actividades antrópicas y es maximizada por diversos factores; como el crecimiento de poblacional, en aumento en los hábitos de consumo, la migración o las nuevas costumbres.

El municipio de San Nicolás no está exento a esta problemática, pero aún no se ha estudiado la generación de estos residuos en el sector urbano del Municipio de San Nicolás y su actual manejo de los mismos, por tanto, en esta investigación se quiere conocer ¿Cuál es la cantidad y tipo de residuos sólidos generados en el sector urbano del Municipio de San Nicolás y el manejo que le están brindando a los mismos, a fin de crear una propuesta de plan integral de gestión para minimizar los impactos ambientales que estos generan?

1.3 Justificación

En el municipio es necesario el mejoramiento de las condiciones higiénicas- Sanitarias de la población urbana, mediante una evaluación de un plan de gestión ambiental integral de los residuos sólidos urbanos, que permita mejorar el servicio público de recolección, tratamiento y disposición final de los residuos sólidos en el municipio.

Por tal razón, se propone implementar la evaluación de un plan de gestión ambiental donde se beneficie a los pobladores del municipio y generar una nueva información sobre el manejo de residuos sólidos domiciliarios que servirá para las entidades municipales y generar nuevos estudios sobre la problemática del manejo inadecuado de residuos en el casco urbano todo esto con el fin de mejorar la calidad de vida de los habitantes y darles un mejor tratamiento a los residuos sólidos.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

- ✓ Evaluar el manejo de los residuos sólidos generados en el sector urbano del municipio de San Nicolás para la mejora de calidad de vida de la población y mejorar el aspecto físico al Municipio.

1.4.2 Objetivos Específicos

- ✓ Caracterizar residuos sólidos generados en el casco urbano del municipio de San Nicolás, por medio del método de cuarteo, composición física y estimación de producción.
- ✓ Estimar los tiempos de macro y micro ruteo del sistema de recolección en el casco urbano, a fin de la realización de una propuesta de optimización en el servicio de recolección.
- ✓ Analizar las características de los tipos de relleno sanitarios para el tratamiento adecuado de los desechos sólidos que genera el casco urbano del municipio de San Nicolás.
- ✓ Dimensionar un relleno Sanitario para el tratamiento de los residuos sólidos municipio de San Nicolás.

CAPÍTULO II.

2 Marco Referencial (Antecedentes, Marco Teórico, Marco Conceptual, Marco Legal)

2.1 Residuos sólidos

Los residuos sólidos municipales (RSM), son aquellos que provienen de las actividades domésticas, comerciales, industriales (pequeña industria y artesanía), institucionales (administración pública, establecimientos de educación, etc.), de mercados, y los resultantes del barrido y limpieza de vías y áreas públicas de un conglomerado urbano, y cuya gestión está a cargo de las autoridades municipales (Jaramillo, 2012).

Según Iacayo (2008), se definen que los residuos sólidos se clasifican en tres partes:

- ✓ **Municipales:** son todos aquellos que se originan en las actividades domésticas, comerciales y colectivas, incluyendo basura de calle y lugares públicos.
- ✓ **Industriales:** son todas aquellas que se originan en las actividades industriales, incluyendo residuos de construcción y demolición.
- ✓ **Peligrosos:** son todas aquellas que presentan un peligro potencial para la salud tanto humana como animales y plantas y son clasificados de esta manera cuando presentan cualquiera de las características inflamabilidad, corrosividad, reactividad y toxicidad.

2.2 Características básicas de los residuos sólidos

Los residuos sólidos poseen características físicas, químicas y biológicas que dependen del tipo de residuo y de los hábitos de la población.

2.2.1 Características físicas:

la composición gravimétrica (porcentaje de cada componente presente en una muestra), el peso específico (peso de una muestra en función de volumen que ella ocupa expresado en t/m^3 o kg/cm^3), la humedad (la proporción de agua de la muestra con relación a su volumen seco, expresado en %) (Baez Dolores, 2015).

2.2.2 Características químicas:

El poder calorífico (la capacidad potencial de cada material en desprender calor cuando se quema, Kcal/l), (el pH potencial de hidrogeno indicador de acides), el contenido de cenizas, materia orgánica, carbono, nitrógeno, potasio, calcio, metales pesados, los residuos minerales y las grasas solubles.



Figura 1. composición física de los residuos sólidos del municipio de San Nicolás.

2.2.3 Características biológicas:

Son agentes microbianos (virus, bacterias, y protozoarios) presentes en la basura que en determinadas condiciones se toman como patógenos y causadores de enfermedades tales como: hepatitis, fiebre amarilla, cólera tifoidea y malaria, que se encuentran en la basura en condiciones ideales para proliferar. Se transmiten a las personas y animales a través de vectores como insectos y roedores.

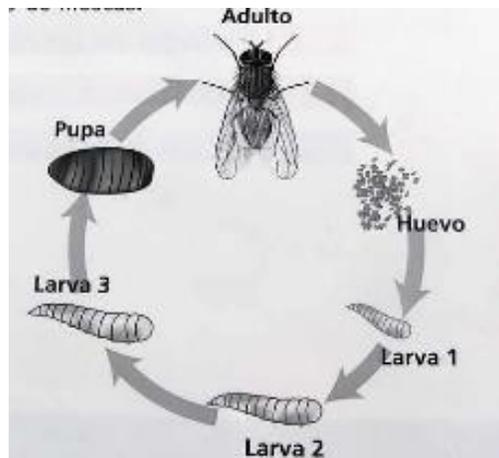


Figura 2. Ciclo de reproducción de mosca en los residuos sólidos.

2.3 Producción de residuos sólidos

Los residuos sólidos se generan en todas aquellas actividades en las que los materiales son considerados por su propietario o poseedor como desechos sin ningún valor adicional y pueden ser abandonados o recogidos para su tratamiento o disposición final (Jaramillo, 2012).

2.3.1 Producción per cápita de los residuos sólidos

La producción de residuos sólidos se puede medir en valores unitarios como kilogramos por habitante por día, kilogramos por vivienda por día, kilogramos por cuadra por día, kilogramos por tonelada de cosecha o kilogramos por número de animales por día (Jaramillo, 2012).

2.3.2 Composición de los residuos sólidos

Los RSM son aquellos subproductos originados en las actividades que se realizan en la vivienda, la oficina, el comercio y la industria (lo que se conoce comúnmente como basura) y están compuestos de residuos orgánicos, tales como sobras de comida, hojas y restos de jardín, papel, cartón, madera y, en general, materiales biodegradables; e inorgánicos, vidrio, plástico, metales, objetos de caucho, material inerte y otros.

2.4 Recolección

La etapa de recolección es la parte medular de un sistema de aseo urbano y tiene como objetivo principal preservar la salud pública mediante la recolección de los desechos en los centros de generación y transportarlos al sitio de tratamiento o disposición final en forma eficiente y al menor costo, ya que esta etapa es la que emplea un número considerable de recursos económicos (Secretaría de Desarrollo Social).

2.4.1 Macro Rutas

Tiene por objeto la selección y cálculos de los tiempos de viaje entre los sitios de recolección de desechos sólidos y los sitios de disposición final. Estas macro-rutas y tiempos de viajes tienen por objeto optimizar los recursos disponibles y prestar un servicio más eficiente (Jalinas Gaitán & Espinoza Morales, 2019).

2.4.2 Micro Rutas

Tiene por objetivo es el de minimizar las distancias de recolección puerta a puerta (distancias o calles repetidas, calles sin servicio, vueltas en U, demoras, etc.). Las rutas de recolección puerta a puerta pueden cambiar con los años y el no revisarlas con el tiempo trae como consecuencia rutas antieconómicas o fragmentadas. Estas rutas fragmentadas ocurren principalmente cuando se asignan rutas en nuevos sectores a las cuadrillas que tienen menos trabajo, sin importar la ubicación de los distintos sitios de recolección (Jalinas Gaitán & Espinoza Morales, 2019).

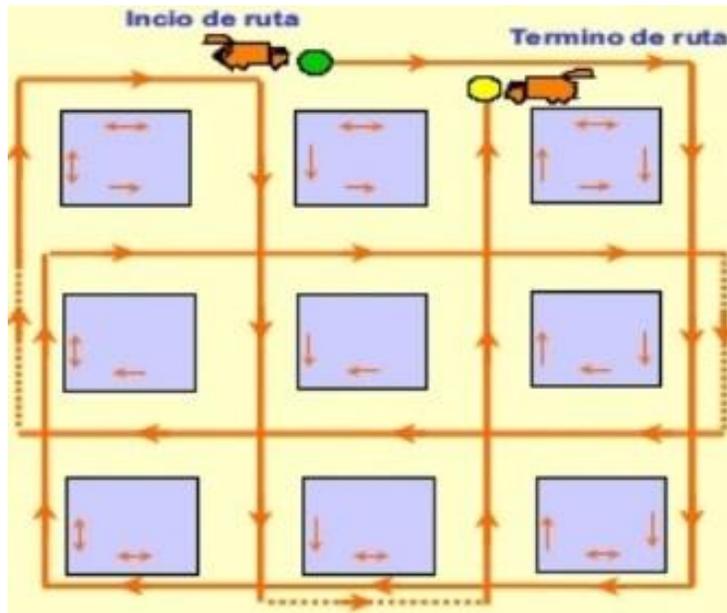


Figura 3. Ruta de recolección de residuos sólidos.

Los tiempos que hay que calcular en las macro-rutas están:	Las normas generales para el diseño de las macro-rutas son las siguientes:
<ul style="list-style-type: none"> ✓ El tiempo necesario para ir del punto de partida (garaje) al inicio de la ruta. ✓ Del final de la ruta al sitio de disposición final. ✓ Del sitio de disposición final al comienzo de la primera ruta. ✓ Además, los tiempos gastados en la descarga de los desechos sólidos en el sitio de disposición final, descansos, imprevisto, etc. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Determinar la asignación de rutas diarias de recolección en relación con los sitios de disposición y procedimiento de tratamiento de la basura. ✓ Optimizar el uso de los recursos disponibles y tratamientos en términos de capacidad diaria y a largo plazo y de sus costos de operación, por otra parte, minimizar el tiempo de viaje de transporte (y por consiguiente el costo del transporte) desde el lugar de recolección, hasta los sitios de descargas.

2.5 Botadero a cielo abierto

Se le llama botadero al sitio donde los residuos sólidos se abandonan sin separación ni tratamiento alguno. Este lugar suele funcionar sin criterios técnicos en una zona de recarga, no existe ningún tipo de control Sanitario ni se impide la contaminación del ambiente; el aire, el agua y el suelo son deteriorados por la formación de gases y líquidos lixiviados, quemas y humos, polvo y olores nauseabundos (Jaramillo, 2012).



Figura 4. Botadero a cielo abierto en el municipio de San Nicolás.

2.6 Relleno sanitario

El relleno sanitario es una técnica de disposición final de residuos sólidos en el suelo, mediante el uso de principios de ingeniería para confinar la basura en un área previamente implementada con los dispositivos para el control y manejo de las emisiones (líquidos y gases) que se generan producto de la descomposición de la materia orgánica contenida en los residuos sólidos, con la finalidad de prevenir los riesgos a la salud pública y deterioro de la calidad ambiental (Eguizabal, 2008).



Figura 5. Relleno sanitario fuente Rosario Eguizabal

2.6.1 Componentes de un relleno sanitario

Según Jaramillo (2012), en la guía para el diseño construcción de relleno sanitario define los componentes principales de estos:

Celda: volumen de material depositado en un relleno sanitario durante un período de explotación relativamente corto, de días. Una celda incluye los propios residuos sólidos depositados y el material de cobertura con frecuencia diaria y cuyo objetivo es eliminar la existencia de olores procedentes de la descomposición de éstos.

Suelo de soporte: debe ser lo suficiente impermeable para evitar que los lixiviados se infiltren hacia cursos de aguas subterráneas y para facilitar su captación. Como medida de protección ambiental, es recomendable impermeabilizar el suelo de fondo con material arcilloso técnicamente compactado y/o utilizar otros materiales impermeabilizantes para estos fines.

Cercas perimetrales: sirve para dar seguridad al relleno e impedir el ingreso de personas extrañas o animales domésticos, que perjudican el normal desarrollo de las labores de los equipos.

Lixiviado: líquido producido por la humedad presente en los residuos y cuando el agua procedente de la escorrentía superficial y/o lluvia se pone en contacto con los residuos depositados y adquiere características de líquido contaminante.

Frente de trabajo: es el lugar donde los vehículos descargan los residuos para su posterior colocación, compactación y recubrimiento.

Zanjas para drenaje pluvial; interceptan las aguas de precipitaciones y las desvían antes de que tomen contacto con la masa de basura, evitando de esta manera que se contamine y que perjudiquen la estabilidad del relleno, contribuyendo de esta manera a que no se incremente el caudal de los lixiviados.

Material de cobertura: sirve para tapar los residuos sólidos con el objetivo de neutralizar los malos olores y eliminar la presencia de vectores como pueden ser roedores y moscas.

Drenes de lixiviados: permiten captar y conducir estos líquidos hacia un tanque de almacenamiento.

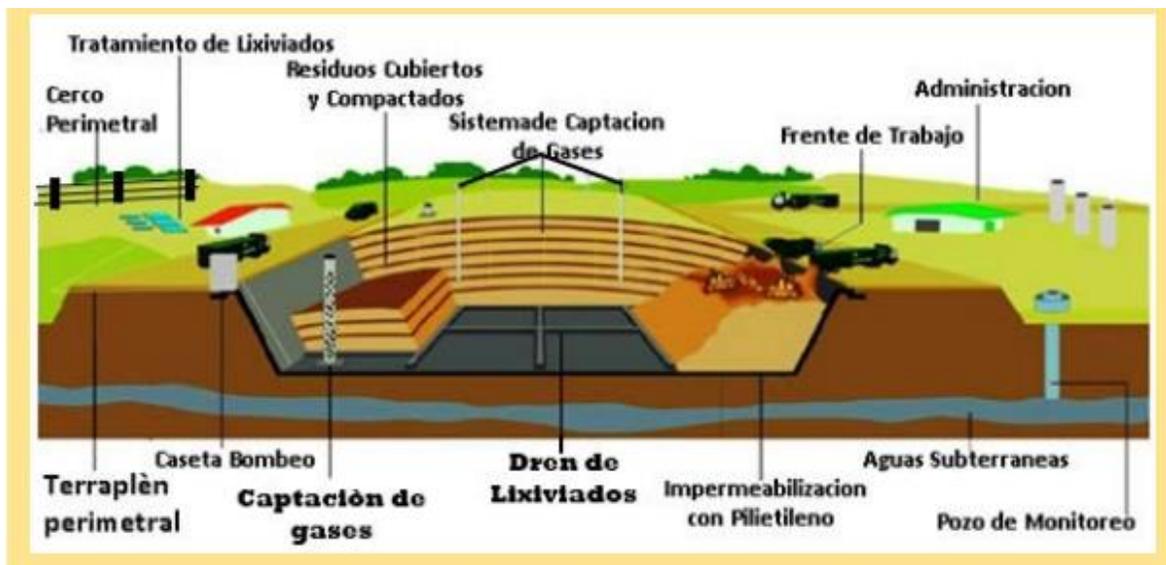


Figura 6. componentes de un relleno sanitario. Fuente.

2.7 Tipo de Relleno Sanitario

2.7.1 Relleno sanitario manual

El esparcido, compactación y cobertura de los residuos se realiza mediante el uso de herramientas simples como rastrillos, pisones manuales, entre otros y la capacidad de operación diaria no excede las 20 toneladas de residuos. Se restringe su operación en horario nocturno.

2.7.2 Relleno sanitario semi mecanizado

La capacidad máxima de operación diaria no excede las 50 toneladas de residuos y los trabajos de esparcido, compactación y cobertura de los residuos se realizan con el apoyo de equipo mecánico, siendo posible el empleo de herramientas manuales para complementar los trabajos del confinamiento de residuos.

2.7.3 Relleno sanitario mecanizado

La operación se realiza íntegramente con equipos mecánicos como el tractor de oruga, cargador frontal y su capacidad de operación diaria es mayor a las 50 toneladas.

En el siguiente cuadro se detallan las características principales para cada tipo de relleno:

Tabla 1. Características por tipos de relleno sanitario. Fuente: Guía para el Diseño, Construcción, Operación, Mantenimiento y Cierre de Rellenos.

Característica	Relleno Manual	Relleno Semi mecanizado	Relleno Mecanizado
Poblaciones < 10.000 Habitantes	Si		No
Poblaciones 10.000 a 40.000 Habitantes	Se recomienda su uso, con herramientas y maquinaria adaptada	No	No
Poblaciones entre 40.000 a 100.000 Habitantes	No	Si	No
Poblaciones mayor a 100.000 Habitantes	No	No	Si
Utilización de Herramientas menores (pala, carretilla, pico, trinche, rastrillo)	Si	No	No
Utilización de Maquinaria Adaptada (Tractor agrícola) o de Potencia Menor	No	Si	No
Utilización de Maquinaria Pesada Combinada (Bulldozer ó Tractor sobre Orugas, Retro Excavadora, Pala Cargadora)	No	No	Si
Mano de Obra No Calificada (Operarios)	Si	No	No
Mano de Obra Calificada (Operarios)	No	Si	Si
Bascula de Pesaje	No	Si	Si
Impermeabilización natural de la celda (Arcilla)	Si	Si	No
Impermeabilización artificial (Geosintéticos, Geomembranas)	No	Si (Recomendable)	Si
Sistemas de Captación y Tratamiento Primario de Lixiviados	Si	Si	Si
Pozos de Monitoreo de aguas subterráneas	Si	Si	Si
Sistemas de Captación y Venteo de Biogás	Si	Si	No
Sistemas de Captación y Tratamiento de Biogás	No	No	Si
Cerco perimetral	Si	Si	Si
Caseta de Control	No	Si	Si
Área Administrativa	No	Si	Si

2.8 Métodos de construcción de un relleno sanitario

El método constructivo y la subsecuente operación de un relleno Sanitario están determinados principalmente por la topografía del terreno, aunque dependen también del tipo de suelo y de la profundidad del nivel freático. Existen dos maneras básicas de construir un relleno sanitario (Jaramillo, 2012).

2.8.1 Método de trinchera o zanja

Según Jaramillo (2012), este método se utiliza en regiones planas y consiste en excavar periódicamente zanjas de dos o tres metros de profundidad con una retroexcavadora o un tractor de orugas. Hay experiencias de excavación de trincheras de hasta de 7 m de profundidad. Los RSM se depositan y acomodan dentro de la trinchera para luego compactarlos y cubrirlos con la tierra excavada.

Se debe tener especial cuidado en periodos de lluvias dado que las aguas pueden inundar las zanjas. De ahí que se deba construir canales perimétricos para captarlas y desviarlas e incluso proveer a las zanjas de drenajes internos. En casos extremos, se puede construir un techo sobre ellas o bien bombear el agua acumulada. Sus taludes o paredes deben estar cortados de acuerdo con el ángulo de reposo del suelo excavado.

2.8.2 Método de área

Áreas relativamente planas, donde no sea factible excavar fosas o trincheras para enterrar la basura, esta puede depositarse directamente sobre el suelo original, el que debe elevarse algunos metros, previa impermeabilización del terreno. En estos casos, el material de cobertura deberá ser transportado desde otros sitios o, de ser posible, extraído de la capa superficial. Las fosas se construyen con una pendiente suave en el talud para evitar deslizamientos y lograr una mayor estabilidad a medida que se eleva el relleno.

El relleno se construye apoyando las celdas en la pendiente natural del terreno; es decir, la basura se descarga en la base del talud, se extiende y apisona contra él y se recubre diariamente con una capa de tierra. Se continúa la operación avanzando sobre el terreno, conservando una pendiente suave de unos 18,4 a 26,5 grados en el talud; es decir, la relación vertical/horizontal de 1:3 a 1:2, respectivamente, y de 1 a 2 grados en la superficie, o sea, de 2 a 3,5% (Jaramillo, 2002).

2.9 Plan de manejo integral de residuos sólidos

Es un instrumento de gestión que se obtiene como resultado de un proceso de planificación estratégica y participativa, que permite mejorar las condiciones de salud y ambiente en determinada ciudad o municipio. Para lo cual se establecen objetivos y metas de largo plazo (de 10 a 15 años), y desarrollan planes de acción de corto plazo (hasta 2 años) y mediano plazo (de 3 hasta 5 años), con la finalidad de establecer un sistema sostenible de gestión de Residuos sólidos.

2.10 Marco legal relacionado con los residuos sólidos en Nicaragua

Tabla 2 Marco legal relacionado con los residuos sólidos en Nicaragua

Número	Leyes	Artículo
217	Ley general de los recursos naturales y medio ambiente	139, 140,141,142,143
168	Ley que Prohíbe el Tráfico de Residuos Peligrosos y Sustancias Tóxicas, 1993	1, 7, 8, 11
559	Ley especial de delitos contra el medio ambiente y los recursos naturales	10,12
Decreto		
432	Reglamento De Inspectoría Sanitaria. 1989	1,8,9,17
76-2006	Sistema de Evaluación Ambiental	1, 4, 6, 12, 13, 34, 35
20-2007	Sistema de Evaluación Ambiental de Permisos y Autorizaciones para el Uso Sostenible de los Recursos Naturales	1, 11, 16, 32, 33,
Normas Técnicas Obligatoria Nicaragüenses		
05 013 – 01	Norma Técnica para el Control Ambiental de los Rellenos Sanitarios para Residuos Sólidos No Peligrosos	95, 96, 97
05 014-01	Norma Técnica Ambiental para el Manejo, Tratamiento y Disposición Final de los Residuos Sólidos No-Peligrosos	129, 130
05 015 – 01	Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense Para el Manejo y Eliminación de Residuos Sólidos Peligrosos	111
05 015-02	Norma Técnica Para El Manejo Y Eliminación De Residuos Sólidos Peligrosos	111
05 014-02	Norma técnica ambiental para el manejo, tratamiento y disposición final de los desechos sólidos no-peligrosos	129, 130

Ley N. 217 Ley general del Medio Ambiente y los Recursos Naturales.

Capítulo III. Desechos sólidos no peligrosos.

Arto. 139. Las alcaldías operarán sistemas de recolección, tratamiento y disposición final de los desechos sólidos no peligrosos del Municipio, observando las normas oficiales emitidas por el Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales y el Ministerio de Salud, para la protección del ambiente y la salud.

Arto. 140. El Estado fomentará y estimulará el reciclaje de desechos domésticos y comerciales para su industrialización, mediante los procedimientos técnicos y Sanitarios que aprueben las autoridades competentes.

Capítulo IV. Residuos sólidos peligrosos

Arto. 141. Toda persona que maneje residuos peligrosos está obligada a tener conocimiento de las propiedades físicas, químicas y biológicas de estas sustancias.

Arto. 142. Se prohíbe importar residuos tóxicos de acuerdo con la clasificación de la autoridad competente, así como la utilización del territorio nacional como tránsito de estos.

Arto. 143. El Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales, podrá autorizar la exportación de residuos tóxicos cuando no existiese procedimiento adecuado en Nicaragua para la desactivación o eliminación de estos, para ello se requerirá de previo el consentimiento expreso del país receptor para eliminarlos en su territorio.

Decretos para Residuos Sólidos

Decreto N.432 (Reglamento De Inspectoría Sanitaria., 1999)

Define la inspección Sanitaria como el conjunto de actividades dirigidas a la promoción, prevención, tratamiento y control Sanitario del ambiente; estableciendo como objetivo principal el mantenimiento de las condiciones higiénico-Sanitarias básicas que garanticen el mejoramiento continúa de la salud de la población.

Decreto No. 168 (Ley que Prohíbe el Tráfico de Residuos Peligrosos y Sustancias Tóxicas, 1993)

Establece el conjunto de normas y disposiciones orientadas a prevenir la contaminación del medio ambiente y sus diversos ecosistemas, proteger la salud de la población ante el peligro de contaminación de la atmósfera, el suelo y las aguas, como consecuencia del transporte, manipulación, almacenamiento y disposición final de residuos peligrosos.

Decreto 76-2006 (Sistema de Evaluación Ambiental, 2006)

Es un instrumento de gestión ambiental orientado a establecer las disposiciones que regulan el Sistema de Evaluación Ambiental de Nicaragua.

Ley General de Salud; esta Ley en su título sobre Salud y Medio Ambiente establece que el Ministerio de Salud (MINSa) en coordinación con las entidades públicas y privadas que corresponda desarrollará programas de salud ambiental y emitirá la normativa técnica sobre Manejo de los Residuos Sólidos; y en el capítulo De los Residuos Sólidos, establece que los mismos se regularán de acuerdo con el Decreto 394.

Ordenanzas Municipales; como resultado de la necesidad de afrontar la problemática del sector residuos sólidos y dada la competencia de las municipalidades respecto a la legislación ambiental y local para el manejo integral de éstos, algunas Municipalidades han emitido

Ordenanzas cuyo contenido tiene sus bases en disposiciones generales sobre el manejo de residuos sólidos no peligrosos contenidas en la Ley de Medio Ambiente,

Ley de Disposiciones Sanitarias, Ley General de Salud, Ley de Municipios, en las Normas y en los instrumentos internacionales suscritos por Nicaragua. En su mayoría estas ordenanzas establecen disposiciones para la limpieza pública, y otras de carácter Sanitario.

Decreto N° 20-2017. (Sistema de evaluación ambiental de permisos y autorización para el uso sostenible de los recursos naturales)

Establece el sistema de evaluación ambiental con las disposiciones administrativas que regulan los permisos, autorizaciones, constancias, avales, cartas de no objeción, que emite el MARENA para el uso sostenible de los recursos naturales de conformidad con el actual crecimiento económico, social del país.

NTON 05 013 – 01 Norma Técnica para el Control Ambiental de los Rellenos Sanitarios para Residuos Sólidos No Peligrosos.

Esta norma tiene por objeto establecer los criterios generales y específicos, parámetros y especificaciones técnicas ambientales para la ubicación, diseño, operación, mantenimiento y cierre o clausura de la disposición final de los residuos sólidos no peligrosos en rellenos Sanitarios. Esta normativa es de aplicación nacional y de obligatorio cumplimiento para todas las personas naturales y jurídicas que realicen el manejo y disposición final de residuos sólidos no peligrosos en rellenos sanitarios.

NTON 05 014-01 Norma Técnica Ambiental para el Manejo, Tratamiento y Disposición Final de los Residuos Sólidos No-Peligrosos.

Esta norma tiene por objeto establecer los criterios técnicos y ambientales que deben cumplirse, en la ejecución de proyectos y actividades de manejo, tratamiento y disposición final de los residuos sólidos no peligrosos, a fin de proteger el medio ambiente, la misma se aplica en todo el territorio nacional y de cumplimiento obligatorio para todas las personas naturales y jurídicas, que realicen el manejo, tratamiento y disposición final de residuos sólidos no peligrosos.

NTON 05 015 – 01 Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense Para el Manejo y Eliminación de Residuos Sólidos Peligrosos

Esta norma tiene por objeto establecer los requisitos técnicos ambientales para el almacenamiento, recolección, transporte, tratamiento y disposición final de los residuos sólidos peligrosos que se generen en actividades industriales, establecimientos que presten atención médica, tales como clínicas y hospitales, laboratorios clínicos, laboratorios de producción de agentes biológicos, de enseñanza y de investigación, tanto humanos como veterinarios y centros antirrábicos, esta normativa es de aplicación nacional y de obligatorio cumplimiento para todas las personas naturales y jurídicas que generen residuos sólidos peligrosos, y a todos aquellos que se dediquen a la manipulación, almacenamiento,

recolección, transporte, tratamiento y disposición final de residuos sólidos peligrosos en cualquier parte del territorio nacional.

NTON. 05 015-02 Norma técnica para el manejo y eliminación de residuos sólidos peligrosos.

Esta norma tiene por objeto establecer los requisitos técnicos ambientales para el almacenamiento, recolección, transporte, tratamiento y disposición final de los residuos sólidos peligrosos que se generen en actividades industriales establecimientos que presten atención médica, tales como clínicas y hospitales, laboratorios clínicos, laboratorios de producción de agentes biológicos, de enseñanza y de investigación, tanto humanos como veterinarios y centros antirrábicos.

2.11 Hipótesis

La implementación de un plan integral de gestión ambiental de residuos sólidos en el casco urbano del municipio de San Nicolás reducirá los impactos ambientales y posibles brotes epidémicos que afectan la salud pública.

CAPÍTULO III.

3 Diseño Metodológico

3.1 Área de estudio

El estudio se ubica en el municipio de San Nicolás, entre las coordenadas 12°55 y segundos de latitud norte y 85°21 y segundos de longitud oeste y está limitado al norte con el municipio de Estelí, al sur con Santa rosa del peñón, al este con la trinidad y San isidro y al oeste el municipio del sauce. Se encuentra a la altura sobre el nivel del mar de 985 m snm y oscila a una temperatura anual de 21°C y 25°C con una precipitación anual de entre 500 y 1000 mm de zona tropical seco (Alcaldía de San Nicolás, 2012).

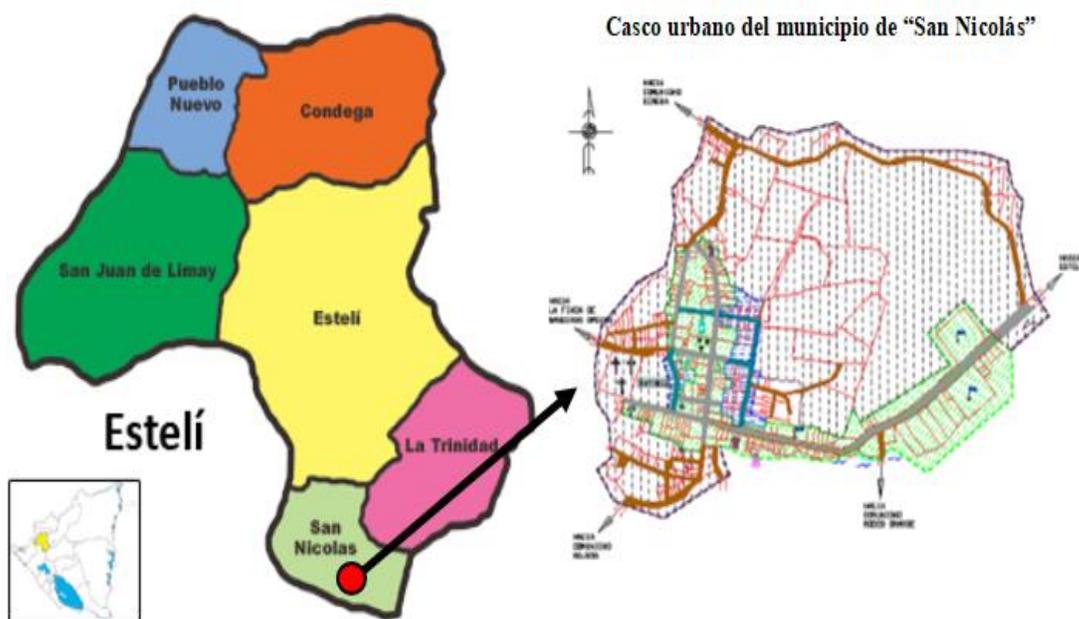


Figura 7. Macro localización del casco urbano del municipio de San Nicolás

A este municipio lo integran 31 comunidades y una extensión de 58 km². Según datos del municipio de San Nicolás, la población rural y urbana es de 10198 habitantes aproximadamente, con una densidad poblacional de 50 habitantes por km² (Alcaldía de San Nicolás, 2012). Según las proyecciones del INIDE, (2005), la tasa de crecimiento poblacional para el municipio de San Nicolás para el año 2015-2020 se estimó en 0.4%.

3.2 Tipo de estudio

El presente estudio, se desarrolla con un nivel de profundidad de investigación de carácter descriptivo (Sampieri et al., 2014), porque en el transcurso del estudio se llevó a cabo la caracterización de residuos urbanos del casco urbano del municipio de San Nicolás. Con un

enfoque de diseño no experimental, según su orientación de tiempo es de carácter transversal ya que se estudia en el mismo momento, con un enfoque de estudio mixto donde se analizaron variables cuantitativas y cualitativas.

3.3 Universo del estudio

Se tomó como universo el casco urbano del municipio de San Nicolás compuesta por 380 viviendas, con un promedio de habitantes por viviendas de 4-8 habitantes según información obtenida de la base de datos de catastro municipal 2019.

3.4 Tamaño de muestra

Para definir el tamaño de muestra se consideró de las 380 viviendas que hay en el casco urbano del municipio de San Nicolás. En este estudio se tomaron 18 viviendas distribuidas en el barrio Julio López y 18 del barrio Jesús López, teniendo un total de 36 viviendas que equivalen al 9.47% del total de viviendas de este municipio ($36 \text{ viviendas} * 100\% / 380 \text{ viviendas}$); la muestra inicial era de 40 viviendas tomamos solamente 36 viviendas debido a que no hubo apoyo suficiente de parte de la población.

3.5 Variables e indicadores del estudio

Las variables en estudios son las características de los residuos sólidos, las cual es una variable cuantitativa, el manejo de los residuos sólidos es una variable cualitativa; los indicadores de las variables cuantitativa se determinarán mediante el muestreo y la variable cualitativa serán por medio de observaciones directa.

Tabla 3. Variables e indicadores del estudio

Objetivo general	Variables	Indicadores	Instrumentos
Evaluar el manejo de los residuos sólidos generados en el casco urbano del municipio de San Nicolás.	Características de los residuos sólidos	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Peso ✓ Volumen ✓ Densidad ✓ Producción Per-cápita (ppc) 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Método de cuarteo ✓ Registro de peso diario ✓ Registros fotográficos
	Sistema de manejo de residuos sólidos	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Generación ✓ Recolección ✓ Transporte ✓ Tratamiento ✓ Disposición final 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Observación de campo

3.6 Caracterización de los residuos sólidos urbanos domiciliarios

El método que es ampliamente utilizado para la caracterización de los residuos generados en lugares pequeños de América Latina es la caracterización de los residuos sólidos generados del casco urbano se realizó mediante el método de cuarteo.

La caracterización, implicó el cálculo y procesamiento de las siguientes variables para su posterior análisis:

- ✓ Producción per-cápita
- ✓ Volumen
- ✓ Densidad
- ✓ Composición física

3.6.1 Determinación de la producción per-cápita (PPC)

Para la determinación de producción per-cápita se hicieron las visitas a los propietarios de las viviendas para pedir la colaboración para llevar a cabo la investigación, explicarles el propósito de esta. La muestra la conformaron las 36 viviendas distribuidas en el casco urbano del municipio de San Nicolás, donde a cada jefe de familia se le entregó una bolsa plástica previamente etiquetada para depositar los residuos sólidos domiciliarios producidos durante

24 horas y mantener control sobre la procedencia de los residuos. Las bolsas con los residuos fueron retiradas todos los días durante 8 días consecutivos.

3.6.2 Estimación de producción per-cápita

Para realizar dicha variable, se procedió a pesar individualmente las muestras colectadas (bolsas con residuos) diariamente sin haber efectuado la clasificación física, registrando los pesos en una hoja de campo. Esta relación de la producción per-cápita es equivalente a la sumatoria de peso de los residuos diario y el número de habitantes promedio de las casas preseleccionadas dividido entre los 7 días del muestreo.

3.6.3 Determinación del volumen

Después del pesaje de las muestras, estas se vertieron en el barril de 55 galones (0.2m³), en el cual se agitó ligeramente para que los residuos ocupen los espacios vacíos. Seguidamente se procedió a medir la altura de los residuos alcanzados en el barril con una cinta métrica, equivalente a unidades de medida en m³.

3.6.4 El cálculo de volumen se realizó con la siguiente ecuación:

$$V = \frac{h * \pi * r^2}{4} \quad Ec. 1$$

Donde

V= volumen

h= altura ocupada por los residuos en el barril

$\pi = 3.1416$

r^2 =Radio (varía según el diámetro del barril)

3.6.5 Determinación de densidad o peso específico

La densidad se calculó considerando la relación del peso total de los residuos sólidos colectados diariamente, entre el volumen en m³. Para obtener el valor final de los resultados.

3.6.6 Fórmula para el cálculo de densidad

$$\rho = \frac{pb \text{ lleno (kg)} - pv \text{ vacío (kg)}}{vb \text{ (m)}} \quad Ec. 2$$

Donde:

ρ = densidad de los desechos (kg/m³)

Pb= Peso barril lleno (kg)

Pv= peso barril vacío (kg)

vb= volumen del barril (m³)

3.6.7 Determinación de la composición física

Para determinar la composición física de los desechos se hizo por medio del método del cuarteo este consiste en tomar una muestra de aproximadamente 100kg, los desechos generados por las viviendas se mezclan hasta obtener un monto bastante homogéneo, se divide en cuatro partes, se tomó una parte como punto referencial, este proceso se repite hasta que quedan unos 50 kg de peso de desechos.

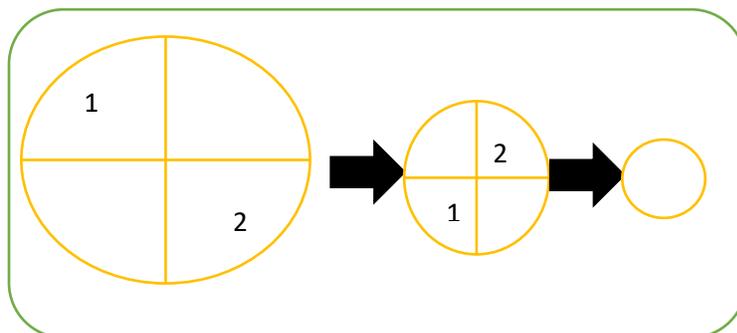


Figura 8. Método de cuarteo

Posteriormente se separan los componentes de acuerdo con lo preestablecido en el estudio. Una vez clasificado los residuos según el tipo de material, de acuerdo a las características. Se procedió hacer el pesaje de los mismo en bolsas plásticas que estaban rotulados según a lo preestablecido en el estudio (materia orgánica, papel, cartón, latas, vidrios, metal, otros). Esto se hizo para saber el peso específico y porcentaje de generación diaria en kilogramos.

CAPÍTULO IV.

4 Análisis y discusión de resultados

4.1 Caracterizar los residuos domiciliarios del casco urbano del municipio de San Nicolás

La producción per-cápita de residuos sólidos generados durante el segundo semestre del año 2020 en el municipio de San Nicolás fue de 0.33 kg/hab/d. La PPC de este estudio es ligeramente inferior a la reportado para el municipio de Ticuantepe (Sequeira Obando & Medina López, 2017). Sin embargo, se encuentra dentro del rango de PPC para diferentes centros urbanos de Nicaragua (Herrera & Escobar, 2009).

La mayor producción de residuos sólidos se encontró los días sábado y domingo, mientras que el martes y jueves fueron los días con menor producción de residuos sólidos (ver tabla 3). Los valores obtenidos en la PPC pueden ser debido a que durante los fines de semana es cuando hay más presencia de las familias en los hogares nicaragüenses. Este comportamiento en la producción de desechos es similar al reportado por Sequeira Obando & Medina López, (2017) para el municipio de Ticuantepe con un 0.43% de PPC. Sin embargo, es diferente al comportamiento de la PPC por día presentada para el municipio de Estelí 0.42%, por Herrera & Escobar, (2009).

Tabla 4. Valor de producción per-cápita

No	Día	Peso total en kg	PPC promedio
1	Lunes	41.16	0.33 kg
2	Martes	34.26	
3	Miércoles	36.57	
4	Jueves	29.99	
5	Viernes	39.37	
6	Sábado	43.62	
7	Domingo	51.01	

La composición física de los residuos sólidos se caracteriza mayormente por producción de materia orgánica 51.46 %, seguido de papel, cartón 24.03 % plástico 11.45 % y de manera conjunta aluminio, vidrio y pañales corresponde a el 13.5% (Gráfico 1). Los altos valores de materia orgánica de este estudio concuerdan con los datos presentados para el municipio de Ticuantepe por Sequeira Obando & Medina López, (2017) y para el municipio de Estelí por (Herrera & Escobar, 2009).

Desde el punto de vista ambiental, la alta producción de materia orgánica podría servir para la elaboración de abono orgánico (compost) para la comercialización, uso de ornato municipal y para reducir la cantidad de desechos que llegan al botadero.

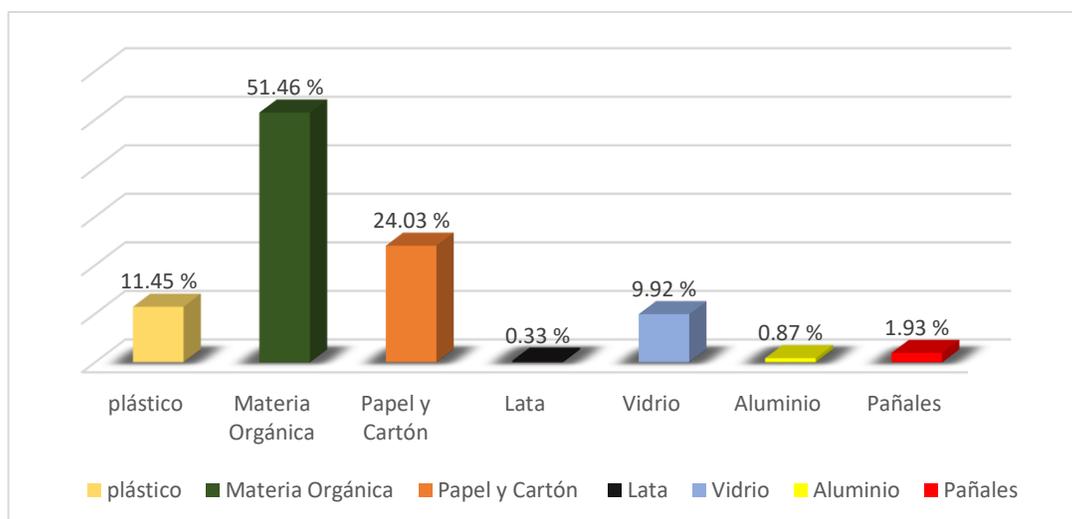


Gráfico 1. Distribución de la composición física de los residuos sólidos del casco urbano del municipio de San Nicolás.

4.1.1 Densidad de residuos sólidos aparente

La densidad promedio de los residuos sólidos en el municipio de San Nicolás fue de 82.05 kg/m³, esta densidad fue menor en comparación con el estudio realizado de Sequeira Obando & Medina López (2017) y Herrera & Escobar (2009), la densidad fue mayor para estos dos estudios realizados en los distintos municipios.

En la estimación de la densidad y volumen de residuos sólidos está indicada por cada día de la semana lo cual el promedio obtenido es de 82.05 kg/m³, el día que presento mayor densidad fue el día 3 (miércoles), mientras el de menor densidad fue el día 7 (domingo). En la siguiente tabla No. 7 se muestran los valores estimados para las variables: volumen, peso y densidad durante los días del estudio.

Tabla 5. Estimación de densidad y volumen de los residuos sólidos

Día	Peso total (kg)	Volumen (m³)	Densidad kg/m³
1	41.16	0.57	72.21
2	33.26	0.36	92.39
3	36.57	0.39	93.77
4	29.99	0.33	90.88
5	39.37	0.49	80.35
6	43.62	0.59	73.93
7	51.01	0.72	70.85
Promedio			82.05

Es importante recalcar que los valores de densidades de los residuos sólidos pueden variar notablemente según la localización geográfica, la estación del año y el tiempo de almacenamiento tal es el caso del casco urbano del municipio de San Nicolás en comparación con otros sectores estos datos son diferenciales por las costumbres alimentarias y festividades son diferentes a la de las grandes ciudades lo cual es un factor de parámetro que nos ayuda a comprender el porqué de estos resultados.

4.1.2 Estimación de la producción de residuos sólidos a 20 años

Para establecer una gestión de los residuos sólidos es fundamental la información sobre la producción actual de residuos, su composición física e información proyectada a futuro. En la siguiente tabla se muestra la proyección sobre la generación de residuos sólidos estimada a 20 años, de igual manera se calculó el área requerida para la disposición final, generación de residuos, números de camiones recolectores para cada cierto año determinado. Para lograr la proyección se toma en cuenta la población actual debido al constante crecimiento urbanístico, ya que esto conlleva a un aumento de la producción de residuos

Tabla 6. Proyección a 20 años de la generación de residuos sólidos del casco urbano del municipio de San Nicolás.

Año	Población	PPC	CANTIDAD DE DESECHOS SÓLIDOS			COMPACTADOS		ESTABILIZADA					
			Diario (kg)	Anual (ton)	Anual acumulado (ton)	Diaria (m ³)	Anual (m ³)	Anual m ³	Anual estabilizado	Acumulado (m ³)	Área del Relleno	Área total (m ²)	Nº camiones
2020	1901.00	0.33	627.33	228.98	228.98	1.39	508.83	285.73	342.88	342.88	68.58	89.15	0.25
2021	1908.60	0.33	636.14	232.19	461.17	1.41	515.98	289.74	347.69	690.57	138.11	179.55	0.25
2022	1916.24	0.34	645.07	235.45	696.62	1.43	523.22	293.81	352.57	1043.14	208.63	271.22	0.26
2023	1923.90	0.34	654.13	238.76	935.37	1.45	530.57	297.93	357.52	1400.66	280.13	364.17	0.26
2024	1931.60	0.34	663.31	242.11	1177.48	1.47	538.02	302.12	362.54	1763.20	352.64	458.43	0.26
2025	1939.33	0.35	672.62	245.51	1422.99	1.49	545.57	306.36	367.63	2130.83	426.17	554.02	0.27
2026	1947.08	0.35	682.07	248.95	1671.94	1.52	553.23	310.66	372.79	2503.63	500.73	650.94	0.27
2027	1954.87	0.35	691.64	252.45	1924.39	1.54	561.00	315.02	378.03	2881.65	576.33	749.23	0.27
2028	1962.69	0.36	701.35	255.99	2180.38	1.56	568.88	319.45	383.33	3264.99	653.00	848.90	0.28
2029	1970.54	0.36	711.20	259.59	2439.97	1.58	576.86	323.93	388.72	3653.70	730.74	949.96	0.28
2030	1978.42	0.36	721.19	263.23	2703.21	1.60	584.96	328.48	394.17	4047.88	809.58	1052.45	0.29
2031	1986.34	0.37	731.31	266.93	2970.13	1.63	593.17	333.09	399.71	4447.59	889.52	1156.37	0.29
2032	1994.28	0.37	741.58	270.68	3240.81	1.65	601.50	337.77	405.32	4852.91	970.58	1261.76	0.29
2033	2002.26	0.38	751.99	274.48	3515.29	1.67	609.95	342.51	411.01	5263.92	1052.78	1368.62	0.30
2034	2010.27	0.38	762.55	278.33	3793.62	1.69	618.51	347.32	416.78	5680.70	1136.14	1476.98	0.30
2035	2018.31	0.38	773.25	282.24	4075.85	1.72	627.20	352.19	422.63	6103.33	1220.67	1586.87	0.31
2036	2026.38	0.39	784.11	286.20	4362.05	1.74	636.00	357.14	428.57	6531.90	1306.38	1698.29	0.31
2037	2034.49	0.39	795.12	290.22	4652.27	1.77	644.93	362.15	434.58	6966.48	1393.30	1811.29	0.32
2038	2042.63	0.39	806.28	294.29	4946.57	1.79	653.99	367.24	440.69	7407.17	1481.43	1925.86	0.32
2039	2050.80	0.40	817.60	298.43	5244.99	1.82	663.17	372.39	446.87	7854.04	1570.81	2042.05	0.32
2040	2059.00	0.40	829.08	302.62	5547.61	1.84	672.48	377.62	453.15	8307.19	1661.44	2159.87	0.33
											Área (ha)	0.22	
											Área (mz)	0.31	

4.2 Estimación de macro y micro ruteo del sistema de recolección de residuos sólidos del municipio de San Nicolás.

Para realizar el diseño de recolección de residuos sólidos de ruta del municipio, se realizó un registro y control de los tiempos establecidos por los operarios y conductor de ruta, también se hicieron las observaciones de las distancia que recorre el camión hasta la hora de descarga.

La ruta de recolección cuyo recorrido completo es realizado en un solo día y las horas laborales para los operarios del servicio de recolección son de 9:00 am a 4:00 pm, durante este tiempo, realizan dos viajes hacia el vertedero municipal ubicado a 1.5 kilómetros del municipio.

La eficiencia de recolección por parte de la operación fue excelente en el sentido que no perdían tiempo en recoger la basura de puerta a puerta. Para la eficiencia de recolección si encontramos pérdida en el tiempo de recolección, es decir que el tiempo es muy prolongado debido que las calles o cuadras de municipio son cortos en distancia y al llegar al punto descarga también se desaprovecha mucho tiempo en descargar los residuos.

A continuación, detallaremos los tiempos y distancias a proponer para el sistema de recolección de micro ruteo del municipio.

Tabla 7. Tiempo y distancia de macro y micro ruteo

Descripción de Tiempos	Actividad	Tiempo	Distancia (km)
Tiempo uno (T1)	Chequeo inicial	15 minutos	0
Tiempo dos (T2)	Del garaje al inicio de recolección	3 minutos	150 m
Tiempo tres (T3)	Micro ruteo	4 horas	1km
Tiempo cuatro (T4)	De la última casa al vertedero municipal	4 minutos	½ km
Tiempo cinco (T5)	Descarga en el vertedero	10 minutos	0
Total		4 horas y 32 minutos	

4.2.1 Diseño de macro y micro ruteo para la recolección de residuos sólidos del casco urbano del municipio de San Nicolás.

Es importante establecer una efectiva recolección de los desechos sólidos para la limpieza del municipio y sobre todo a la disminución de problemas ambientales y de salud. El propósito del diseño de las rutas de recolección es dividir al municipio en los dos sectores que la componen, de manera que a cada sector disminuyamos los tiempos y distancia de recorrido de rutas.

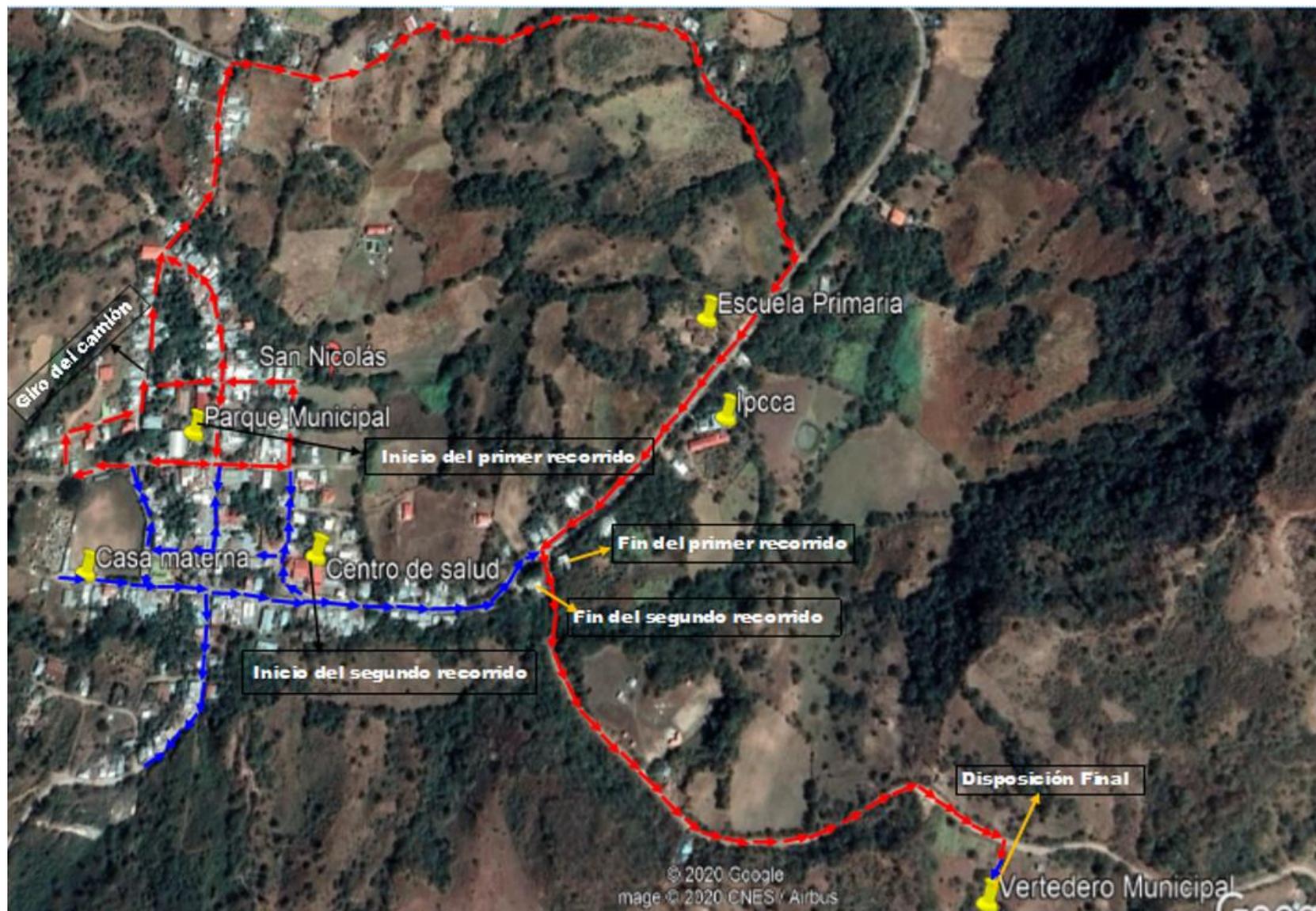


Figura 9. Diseño de macro y micro ruteo. Fuente: elaboración propia

4.3 Propuesta de diseño para la construcción de un relleno sanitario en el municipio de San Nicolás.

Para la realización de la propuesta de diseño de relleno sanitario manual, se tuvo en cuenta las condiciones topográficas del lugar, las características del suelo y la profundidad del manto freático. Por otro lado, para la construcción del relleno se sugiere el método de trinchera o zanja.

El municipio de San Nicolás del casco urbano donde se hizo la selección del área para construcción del relleno sanitario manual cuenta con las condiciones óptimas para llevarse a cabo dicha propuesta. El lugar donde estará ubicado el relleno sanitario tiene un nivel de manto freático a 12 m de profundidad, siendo así una condición ideal para optar por el método de trinchera, teniendo en cuenta que el material de cobertura se obtendrá de la excavación de las trincheras del mismo sitio.

4.3.1 Etapas de relleno sanitario

Consiste básicamente en la limpieza y desmonte del área para permitir la construcción de la infraestructura básica del relleno, para recibir y disponer los residuos sólidos en forma ordenada, también implica la nivelación del terreno para realizar la construcción de caminos, sistemas de impermeabilidad y sistemas de drenaje.

4.3.2 Dimensiones y construcción de trincheras

La construcción de trincheras consistirá en movimientos de tierra (excavaciones), se realizará una nivelación y compactación del fondo y paredes de todas las trincheras para hacer la impermeabilización mediante el uso de geomembranas.

Se tiene estimado la construcción de 8 trincheras, con dimensiones de 10m de anchos por 20 m de largo y 3 m de profundidad, con coberturas del servicio de recolección durante la vida útil del relleno sanitario se estima del 100%, con densidades de basuras compactadas de 450 kg/m^3 y basura estabilizada de 650 kg/m^3 es decir, el volumen de cada zanja será de 610.60 m^3 , se estima que cada trinchera o zanja servirá para enterrar 7 capas de residuos sólidos durante un tiempo de 7 meses.



Figura 10. Dimensionamiento de trincheras. Fuente: elaboración propia

4.3.3 Dimensiones y construcción de celdas diarias

Para la construcción de celdas diarias consiste básicamente en la cantidad de residuos recolectados diariamente en el relleno sanitario, para obtener las dimensiones de celdas diarias tendremos que considerar los siguientes elementos: altura, largo y ancho, pendientes de taludes laterales y espesor del material de cobertura diario.

Es decir, que tendremos una altura promedio para la construcción de celdas diarias de 1m con un ancho y largo de 1.40 m, obteniendo el volumen de 1.95 m, para la compactación de residuos sólidos es necesario hacerlo en capas de 30 cm de espesor y realizar la cobertura diaria de los residuos con una capa de material arcilloso de 10 a 15 cm de espesor, además se recomienda que a la hora de la compactación se utilice un pisón manual o rodillo.

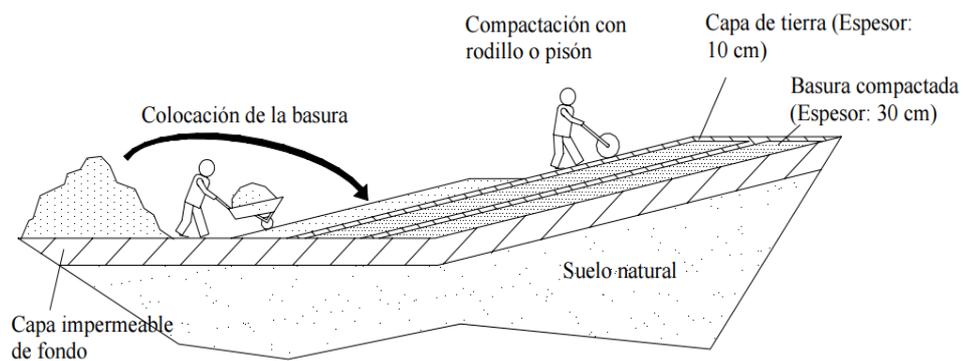


Figura 11. Operación de relleno manual. Fuentes: (Jaramillo, 2012).

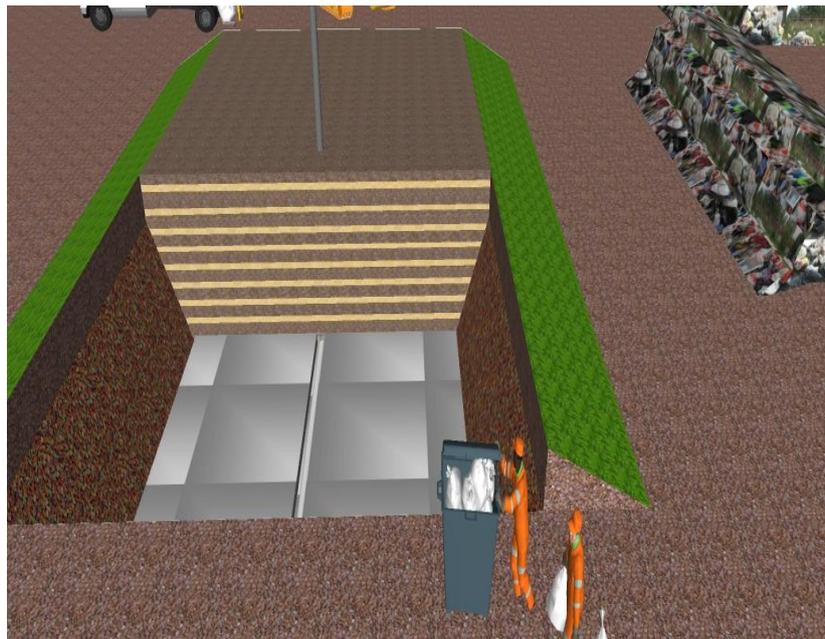


Figura 12. Dimensionamiento de la celda diaria. Fuente: elaboración propia.

4.3.4 Dimensiones y construcción de drenes de lixiviados en trincheras

La construcción de los drenajes de lixiviados serán las dimensiones del largo y ancho de cada trinchera. El diseño de captación o drenaje de lixiviados consistirá en canales pocos profundos inclinados al 2%, el diámetro de las tuberías será de 4" con perforaciones en cada tubo, es decir que tendrán un diámetro de un 1cm y las distancia entre orificios de 2.5 cm o 127 orificios por metro lineal.

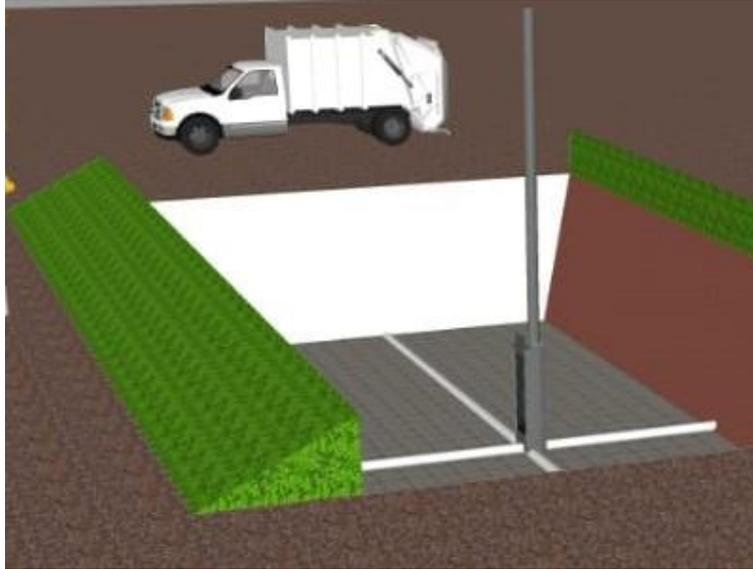


Figura 13. Drenajes de lixiviados. Fuente: elaboración propia.

4.3.5 Dimensiones y construcción de chimeneas

Las chimeneas son construidas con el fin de evacuar los gases producidos por los materiales en el interior del relleno sanitario. Las chimeneas de gases serán construidas con materiales de cuatro paraleles de 6 m de altura de madera, malla y piedra bolón con diámetros de entre 4" o 6". Las chimeneas tendrán un diámetro de 0.5 m, se recomienda que cada chimenea esté separada de 20 a 50 m, es decir, que el caso de este relleno es necesario una chimenea por trinchera.

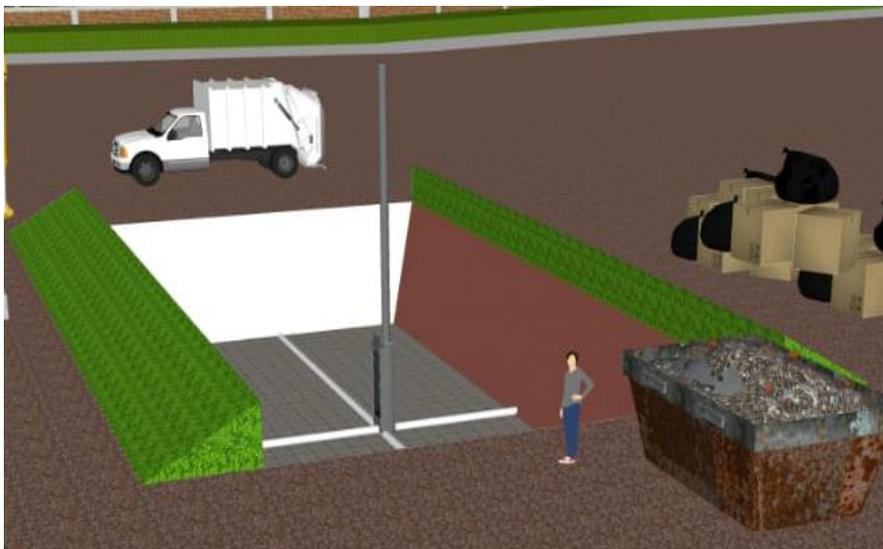


Figura 14. Dimensionamiento de las chimeneas. Fuente: elaboración propia.

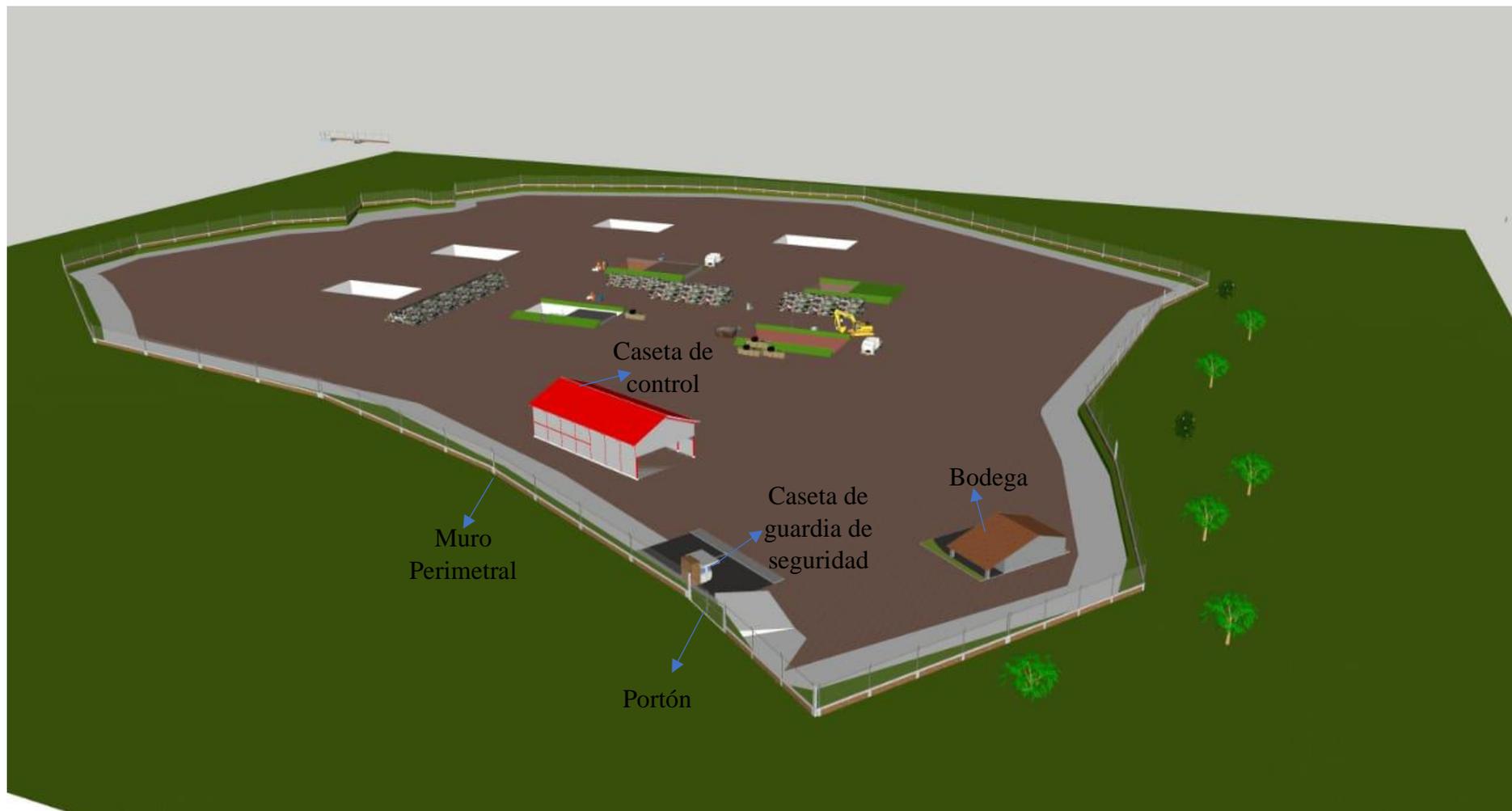


Figura 15. Diseño del relleno sanitario del casco urbano del municipio San Nicolás. Fuente: elaboración propia.

4.4 Propuesta de plan integral de gestión ambiental de los residuos sólidos del casco urbano del municipio de San Nicolás.

El presente Plan Integral de Gestión Ambiental de Residuos sólidos (PIGARS-2020-2040), para el municipio de San Nicolás, fue diseñado con el objetivo de implementar un manejo integral de los residuos sólidos procedentes de los barrios del municipio, se utiliza la metodología constituida por el consejo nacional del ambiente del Perú (CONAM-PERU, 2016). Esta metodología está basada en reducir la producción de residuos sólidos controlar riesgos sanitarios y ambientales, promover la participación ciudadana, minimizar producción per-cápita, incrementar la calidad y cobertura de servicio de residuos sólidos implementando incluso la recolección selectiva; reducir, reciclar, reutilizar. Para obtener resultados positivos y económicamente viables.

El plan integral de gestión ambiental de residuos sólidos, procura hacer frente a la problemática actual a los malos manejos de los residuos sólidos, que actualmente atraviesa el municipio de San Nicolás, de tal manera lleve beneficios a la municipalidad y calidad ambiental.

Para que el PIGARS de San Nicolás conlleve a beneficios positivos al municipio es importante involucrar la participación de los ciudadanos, Alcaldía y sector privado. El PIGARS San Nicolás, consiste en un plan de acción en el cual está estructurado por programas dirigidos a mejorar las debilidades identificadas a través del diagnóstico. Es decir que los programas son la expresión textual de los lineamientos estratégicos.

4.4.1 Objetivos

Objetivo general

- ✓ Plantear acciones orientadas al fortalecimiento de la gestión de los residuos sólidos municipales que contribuya al mejoramiento de las condiciones higiénico-Sanitarias y de la calidad ambiental en el municipio.

Objetivos específicos

- ✓ Formular actividades dirigidas al fortalecimiento de las capacidades técnico-operativas del personal vinculado a la prestación del servicio de manejo de los residuos sólidos municipales.
- ✓ Fomentar una conciencia ambiental en la población de los diferentes estratos sociales, económicos y políticos promoviendo así su participación en el manejo de los residuos sólidos.
- ✓ Monitorear los procedimientos de construcción y operación, a fin de reducir o eliminar los potenciales procesos de generación de contaminación de los recursos ambientales aire, agua y el suelo.
- ✓ Monitorear y controlar de manera sistemática los parámetros de calidad ambiental de emisiones y descargas, para que éstos se enmarquen en los límites permisibles establecidos en las normas ambientales nacionales y locales.

A. Alcances

- ✓ Que todo el personal este consciente de la importancia de la ejecución de las actividades orientadas, para dar cumplimiento a las políticas y realizar las acciones previstas en el Plan de Manejo.
- ✓ Desarrollar un procedimiento formal para la divulgación y comunicación a la población, de la información relacionada al manejo de los residuos sólidos municipales.
- ✓ Incorporar a la población en la solución de los problemas asociados al mal manejo de los residuos sólidos municipales.

B. Medidas

- ✓ Aplicar medidas de seguridad, salud, economía e higiene laboral dirigidas a las personas involucradas en el manejo de los residuos sólidos.
- ✓ Fomentar la separación en la fuente, el reúso y el reciclado de los diversos tipos de residuos sólidos municipales.

4.4.2 Lineamientos estratégicos

Están orientados a implementar la efectiva de los objetivos planteados considerando los resultados del diagnóstico y el marco jurídico nacional vigente.

A continuación, se presentan los siguientes fortalecimientos que se pueden alcanzar:

- **Fortalecimiento de la Gestión Institucional**

El manejo integrado de los residuos sólidos requiere de la participación conjunta de la Alcaldía y sus direcciones (Servicios Municipales, Recursos Humanos, Medio Ambiente, Finanzas, Catastro, Proyectos, entre otros), entidades gubernamentales y no gubernamentales, sector privado y población en general, es decir que incidirán positivamente en las diferentes etapas de la gestión de los residuos, optimizando y potenciando recursos tanto económicos como humanos.

- **Fortalecimiento del Marco Legal**

Se deberá actualizar y tomando en cuenta las necesidades y capacidades de la municipalidad para una integral gestión y manejo de los residuos sólidos, diferenciando todos los sectores sociales vinculados directa o indirectamente tanto en la generación como en la gestión de los residuos y enmarcándose en la legislación nacional.

- **Fortalecimiento Económico**

Para la municipalidad es importante contar con un Plan de Gestión Integral de los Residuos Sólidos práctico y sustentable; para lograrlo deberá de mejorar los métodos de cobro (por servicios de recolección de residuos y barrido de calles).

- **Capacitación y Asistencia Técnica**

Para el manejo apropiado de los residuos es necesario desarrollar capacitaciones continuas y tener en cuenta las asistencias técnicas, enfocadas para el personal encargado del servicio, garantizando la salud laboral.

- **Participación ciudadana y Educación ambiental**

Se toma en cuenta la comunicación social, educación y sensibilización ambiental elementos clave para crear condiciones favorables de desarrollo de la Gestión Integral de Residuos Sólidos. Se plantea el trabajo de capacitación dirigido a los pobladores de la comunidad, a la Junta de servicios municipales y las escuelas locales. Las capacitaciones serán impartidas por un técnico especialista en el área.

- **Valoración de los residuos**

Consistirá en la valorización de los residuos, como sabemos se propone un relleno sanitario manual donde obtuvimos estudios de la cantidad de producción de materia orgánica, estimándose una propuesta el compostaje que será para beneficio del municipio obtener ganancia para el mantenimiento de herramientas y equipos de protección a los trabajadores.

4.4.3 Plan de acción del PIGARS

Tabla 8. Acciones de fortalecimiento de gestión institucional.

 Plan de gestión integral de residuos sólidos urbanos del municipio de San Nicolás		
Lineamiento: Fortalecimiento de la Gestión Institucional		
Objetivo: Reforzar la gestión administrativa relacionada con el manejo de los residuos sólidos municipales.		
Metas: Establecer un control y registro del manejo de los residuos sólidos del municipio. Incentivar a los operarios para garantizar una eficiencia en la recolección de residuos sólidos.		
Acciones	Indicadores	Responsables
Realizar estudios técnicos para la definición de las nuevas rutas para la óptima recolección de los residuos sólidos.	Estudio realizado	Servicios municipales
Desarrollar instrumentos de seguimiento y control	Registro	Servicios municipales
Actualizar los datos de usuarios del servicio de recolección y limpieza	Registro	Direcciones de Servicios Municipales, Finanzas y Recaudación
Brindar equipos de protección a los trabajadores del servicio recolección	Compra de guantes, mascarillas, botas y trajes especiales	Servicios municipales y directores de finanzas
Proteger la integridad física y salud de los trabajadores del área de servicio de recolección	Chequeos médicos	Dirección de recursos humanos, centro de salud y personal del servicio municipales
Mantenimiento a las vías de acceso al vertedero	Mejoramiento de vías	Alcaldía municipal
Estudios de factibilidad para la construcción de propuesta de relleno Sanitario.	Diseño de construcción y proyecciones a futuro	Alcaldía y servicio municipales
Elaboración de plan de cierre y clausura del vertedero	Informe del plan de cierre del botadero	Alcaldía municipal y director de servicios municipales

Tabla 9. Acciones de fortalecimiento del marco legal.

 Plan de gestión integral de residuos sólidos urbanos del municipio de San Nicolás		
Lineamiento: Fortalecimiento del marco legal		
Objetivo: Implementar instrumentos legales para fortalecimiento del marco legal municipal vinculado a la gestión de residuos sólidos municipales		
Metas: Establecer los planes de manejo de residuos sólidos basado en el marco legal de la política de la gestión de residuos sólidos.		
Acciones	Indicadores	Responsables
Implementar ordenanzas municipales que regule el manejo de residuos sólidos	Ordenanza creada y aprobada	Alcaldía municipal
Asesoría sobre la temática de legislación	Capacitaciones	Asesores legales
Aplicación de multas y Sanciones	Multas o Sanciones	Servicios municipales y asesores legales

Tabla 10. Acciones de fortalecimiento económico.

 Plan de gestión integral de residuos sólidos urbanos del municipio de San Nicolás		
Lineamiento: Fortalecimiento Económico		
Objetivo: fortalecer las estrategias dirigidas a la municipalidad, relación con el manejo de los residuos sólidos		
Metas: obtener beneficios de las ganancias por recolección de residuos sólidos. Obtener subsidio por las prestaciones de recolección y limpieza del municipio.		
Acciones	Indicadores	Responsables
Realizar estudios técnicos socio económico para la estructuración de las tarifas del servicio de recolección.	Informe del estudio	Alcaldía municipal Servicios municipales
Incorporar tarifa del servicio de recolección y barrido de calle al pago de impuesto de bienes inmuebles.	Subsidio por prestaciones del servicio	Alcaldía municipal catastro Servicios municipales

Tabla 11. Acciones enfocadas en capacitación y asistencia técnica.

	Plan de gestión integral de residuos sólidos urbanos del municipio de San Nicolás	
Lineamiento: Fortalecimiento capacitación y asistencia técnica		
Objetivo: capacitar al personal vinculado con el servicio de manejo de los residuos sólidos.		
Metas: Asegurar que todo el personal este consciente de la importancia de la ejecución de las actividades orientadas, para dar cumplimiento a las políticas y realizar las acciones previstas en el Plan de Manejo. Aplicar medidas de seguridad y salud e higiene laboral a las personas encargadas en el manejo de los residuos sólidos.		
Acciones	Indicadores	Responsables
Realizar capacitaciones al personal de servicio municipales	Capacitaciones	Personal especializado en la materia
Capacitaciones sobre uso y manejo de programas como ArGIS y AutoCAD	Certificación de los programas	Alcaldía municipal Servicios municipales
Evaluar al personal que está recibiendo las capacitaciones.	Evaluación	Personal de servicios municipales
Diseñar guías prácticas para la elaboración de planes sobre clasificación de residuos	Diseños de planes de residuos sólidos municipales	Alcaldía y servicios municipales
Entrega de equipos necesario para la seguridad de los operarios durante de los servicios de recolección, transporte y disposición final	Entrega de equipos	Servicios municipales

Tabla 12. Acciones Enfocadas a la Educación ambiental y participación ciudadana.

	Plan de gestión integral de residuos sólidos urbanos del municipio de San Nicolás	
Lineamiento: Fortalecimiento en educación ambiental y participación ciudadana.		
Objetivo: fomentar en los ciudadanos del municipio la concientización ambiental y promover la participación en los ciudadanos sobre el manejo de los residuos sólidos.		
Metas: divulgación sobre informaciones de manejo de los residuos sólidos. Lograr que las personas sean partícipes en las soluciones de problemas asociados en el mal manejo de residuos sólidos.		
Acciones	Indicadores	Responsables
Realizar capacitaciones dirigidas a la población del municipio en temas como: manejo de residuos sólidos, clasificación y normas aplicables.	Capacitaciones	Personal especializado en la materia
Comunicación a la población de información relacionados al manejo de residuos sólidos municipales	Divulgación	Alcaldía municipal Servicios municipales
Crear comisiones de voluntariado con el fin de divulgar la información	Comisiones de voluntarios	Personal de servicios municipales
Fomentar jornadas de limpiezas en conjunto con la población del municipio	Jornadas de limpieza	servicios municipales

Tabla 13. Acciones de fortalecimiento en valoración de residuos sólidos.

	Plan de gestión integral de residuos sólidos urbanos del municipio de San Nicolás	
Lineamiento: Fortalecimiento en valorización de residuos sólidos		
Objetivo: conocer el proceso de comercialización de los residuos sólidos. Fomentar acciones de reciclaje en diversos tipos de residuos sólidos.		
Metas: Maximizar el aprovechamiento de los residuos sólidos. Reducir la contaminación ambiental.		
Acciones	Indicadores	Responsables
Identificación de posibles lugares para la comercialización de los residuos sólidos.	Comercialización de los materiales a recuperar	Centro de acopio

4.4.4 Estrategia de implementación y seguimiento al PIGARS

Para la propuesta del plan integral de gestión ambiental de los residuos sólidos, es necesario el desarrollar condiciones básicas para garantizar su adecuada ejecución y desempeño.

- En primera medida se requiere la oficialización de PIGARS San Nicolás por parte del consejo municipal a través de la ordenanza municipal que regule su aplicación en el municipio.
- Incorporar el plan de acción en el plan anual de inversión municipal.
- Hacer una presentación del PIGARS del municipio de San Nicolás con el fin de obtener recursos financieros para alcanzar las acciones propuestas en el plan de acciones.
- Implementar una comisión de manejo de residuos sólidos, tal y como lo establece la política nacional sobre gestión integral de residuos sólidos.
- Fortalecer el cobro por la prestación del servicio en el ámbito municipal.

CAPÍTULO V.

5 Conclusiones

- ✓ La producción per cápita de los residuos sólidos para el municipio de San Nicolás es de 0.33 kg/hab/día y es relativamente baja en comparación con la producción de otros municipios.
- ✓ El 51.46% de los desechos del municipio de San Nicolás es materia orgánica lo cual podrá ser aprovechado en la elaboración de abono orgánico (compost).
- ✓ La mejor alternativa para la disposición final de los desechos sólidos del casco urbano del municipio de San Nicolás es un relleno sanitario manual de tipo trinchera.
- ✓ La implementación de un sistema de macro y micro ruteo se pretende minimizar, optimizar y disminuir costos en el tiempo de recolección.
- ✓ La implementación del plan integral de gestión ambiental de los residuos sólidos urbanos del municipio de San Nicolás minimizará los impactos ambientales lo que mejorará la calidad de vida para la población.

5.1 Recomendaciones

Es importante la planificación de nuevas rutas dentro del municipio en las que se disminuya la transferencia seguida del paso del camión recolector, de igual forma se recomienda el aumento de la frecuencia de recolección al menos 2 veces en la semana en épocas de invierno. Así mismo es necesaria la capacitación del personal clave de servicio municipales, así como el de medio ambiente, en el uso y manejo de software especializado como AutoCAD y ArGIS, capacitación que se puede extender al personal de catastro planificación, urbanismos y evaluación de proyecto, y resulta muy útil para la unidad reducción y mitigación de riesgo.

5.2 Referencias bibliográficas

- CONAM-PERU. (2016). Plan Nacional De Gestión Integral de Residuos Sólidos. *Ministerio Del Ambiente*, 80.
- Eguizabal, R. (2008). *Guía de diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre de relleno sanitario manual ”*.
- Herrera, I. G., & Escobar, M. M. L. (2009). *Evaluación de Impacto Ambiental*.
- INIDE. (2005). *Censo poblacional del municipio de San Nicolás*. 1–15.
- Jalinas Gaitán, S. de la C., & Espinoza Morales, D. A. (2019). *Servicios Públicos Municipales Gestión Integral del Servicio de Limpieza Pública en el Municipio de Managua*. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua Unan Managua.
- Jaramillo, J. (2002). *Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales*. 225.
- MARENA. (2004). *POLÍTICA NACIONAL SOBRE GESTION INTEGRAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS*.
- Nicolás, A. municipal S. (2012). *Plan de desarrollo municipal*.
- Sampieri, R. H., Collado, C. F., Lucio, P. B., Valencia, S. M., & Torres, C. P. M. (2014). *Metodología de la investigación* (Vol. 1). Mcgraw-hill México, DF.
- Sequeira Obando, O. V., & Medina López, J. R. (2017). *Plan Integral de Gestión Ambiental de los Residuos Sólidos Urbanos y Peri-urbanos (PIGARS) para el Municipio de Ticuantepe, departamento de Managua, 2017-2024*.

Anexo 2. Formato de clasificación de residuos sólidos.

Muestra	plástico	Materia Orgánica	Papel y Cartón	Lata	Vidrio	Aluminio	Pañales
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
Total							

Anexo 3. Formato de tiempo de ruta de recolección

Ruta	Tiempo de recolección
Primer viaje	
Segundo viaje	
Total del tiempo de recolección	



Figura 16. Botadero a cielo abierto San Nicolás. Fuente: elaboración propia.



Figura 17. Recolección de residuos por operario. Fuente: elaboración propia.



Figura 18. Descarga de residuos sólidos. Fuente: elaboración propia.



Figura 19. Camión recolector del municipio. Fuente: elaboración propia.



Figura 20. Recepción de las muestras. Fuente: elaboración propia.



Figura 21. Recolección de las muestras de los residuos Fuente: elaboración propia.



Figura 22. Pesaje de residuos producidos por los habitantes. Fuente: elaboración propia.



Figura 23. Método de cuarteo. Fuente: elaboración propia.