

**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**



**TESIS**

**“IMPACTOS AMBIENTALES GENERADOS POR EL SISTEMA  
DE GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS DEL DISTRITO DE  
CIUDAD NUEVA: UNA APLICACIÓN DEL ANÁLISIS DE CICLO  
DE VIDA”**

**PARA OPTAR:  
TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AMBIENTAL**

**PRESENTADO POR:**

**Bach. WILLY JOEL COAQUIRA NINA**

**Bach. IVAN VILCA BUSTINCIO**

**TACNA – PERÚ**

**2022**

**UNIVERSIDAD PRIVADA DE TACNA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**TESIS**

**“IMPACTOS AMBIENTALES GENERADOS POR EL SISTEMA  
DE GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS DEL DISTRITO DE  
CIUDAD NUEVA: UNA APLICACIÓN DEL ANÁLISIS DE CICLO  
DE VIDA”**

Tesis sustentada y aprobada el 28 de diciembre de 2022; estando el jurado calificador integrado por:

**PRESIDENTE : Mtra. MILAGROS HERRERA REJAS**

**SECRETARIO : Dr. RICHARD SABINO LAZO RAMOS**

**VOCAL : MSc. ALBERTO CARMELO CONDORI GAMARRA**

**ASESOR : Mtro. RICARDO WILLIAM NAVARRO AYALA.**

## DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Nosotros, Ivan Vilca Bustincio y Willy Joel Coaquira Nina en calidad de bachilleres de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada de Tacna, identificados con DNI 74702061 y 76852891 declaramos bajo juramento que:

1. Somos autores de la tesis titulada: "*Impactos Ambientales Generados Por El Sistema De Gestión De Residuos Sólidos Del Distrito De Ciudad Nueva: Una Aplicación Del Análisis De Ciclo De Vida*" la misma que presentamos para optar el *Título Profesional de Ingeniero Ambiental*.
2. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, habiéndose respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas.
3. La tesis presentada no atenta contra derechos de terceros
4. La tesis no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico o título profesional
5. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falsificados, ni duplicados, ni copiados

Por lo expuesto, mediante la presente asumimos frente a *La Universidad* cualquier responsabilidad que pudiera derivarse por la autoría, originalidad y veracidad del contenido de la tesis, así como por los derechos sobre la obra.

En consecuencia, nos hacemos responsables, frente a *La Universidad* y a terceros, de cualquier daño que pudiera ocasionar, por el incumplimiento de lo declarado o que pudiera encontrar como causa del trabajo presentado, asumiendo todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse de ello en favor de terceros con motivo de acciones, reclamaciones o conflictos derivados del incumplimiento de lo declarado o las que encontrasen causa en el contenido de la tesis.

De identificarse fraude, piratería, plagio, falsificación o que la obra haya sido publicada anteriormente; asumimos las consecuencias y sanciones que de nuestra acción se deriven, sometiéndome a la normatividad vigente de la Universidad Privada de Tacna.

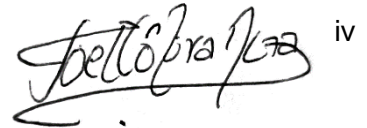
Tacna, 28 de diciembre de 2022



---

Ivan Vilca Bustincio

DNI: 74702061



---

Willy Joel Coaquira Nina

DNI: 76852891

## **DEDICATORIA**

Dedicado a mi padre, por el sacrificio que hizo para que yo pueda llegar hasta aquí, por enseñarme a ser una persona del que se puede sentir orgulloso y por siempre estar para mí.

A mi madre, que me crio con ese amor que sola ellas saben dar, asegurándose que nunca me falte nada, no existen palabras para expresar la infinita gratitud que tengo para ella.

A mis hermanas, por ser parte de mi vida y por el apoyo incondicional que me brindan  
A la Universidad Privada de Tacna, a la escuela Ingeniería Ambiental, a todos los docentes que nos acompañaron y apoyaron en la etapa universitaria.

A mis amigos de la Fraternidad D.S. por siempre estar conmigo en los buenos y malos momentos.

**Bach. Iván Vilca Bustincio**

A mi familia, docentes y amigos por la confianza y el apoyo brindado durante todo este proceso de titulación.

**Bach. Willy Joel Coaquira Nina**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradecemos a dios por darnos las fuerzas para llegar a este momento tan importante de nuestras vidas.

A la Universidad Privada de Tacna, a los docentes de la escuela Ingeniería Ambiental que nos brindaron sus conocimientos para formarnos como buenos profesionales.

Agradecer especialmente a la Ing. Carmen Román Arce, Ing. Milagros Herrera Rejas y al Dr. Raúl Cartagena por brindarnos su apoyo desinteresado, por la paciencia y la guía para así poder culminar la presente tesis.

A nuestro asesor el Ing. Ricardo William Navarro Ayala por su asesoría y paciencia con nosotros.

**Ivan Vilca Bustincio y Willy Joel Coaquira Nina**

## ÍNDICE GENERAL

PÁGINA DE JURADOS .....	ii
DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD .....	iii
DEDICATORIA .....	v
AGRADECIMIENTO .....	vi
ÍNDICE GENERAL .....	vii
ÍNDICE DE TABLAS .....	xi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
RESUMEN .....	xiv
ABSTRACT .....	xv
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I: EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....	2
1.1. Descripción del Problema .....	2
1.2. Formulación Del Problema.....	3
1.2.1. Problema general.....	3
1.2.2. Problemas específicos.....	3
1.3. Justificación e Importancia .....	3
1.4. Objetivos .....	4
1.4.1. Objetivo General .....	4
1.4.2. Objetivos Específicos .....	4
1.5. Hipótesis .....	4
1.5.1. Hipótesis General .....	4
1.5.2. Hipótesis Específicas.....	5
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	6
2.1. Antecedentes de la Investigación.....	6
2.1.1. Antecedentes a nivel internacional .....	6
2.1.2. Antecedentes a nivel nacional.....	9
2.1.3. Antecedentes locales .....	11
2.2. Bases Teóricas .....	12
2.2.1. Generación de residuos sólidos municipales.....	12
2.2.2. Análisis de ciclo de vida .....	19

2.2.3. Etapas de un Análisis de ciclo de Vida .....	19
a) Definición del objetivo y alcance .....	19
b) Análisis del inventario del ciclo de vida .....	23
c) Evaluación del impacto del ciclo de vida.....	24
d) Interpretación del ciclo de vida .....	24
2.2.4. Análisis de ciclo de vida en un sistema de gestión de residuos sólidos municipales .....	25
2.2.5 Análisis de ciclo de vida a nivel nacional .....	25
2.2.6. Sistemas de Información Geográfica .....	25
2.3. Definición de términos .....	27
2.3.1. Análisis de Ciclo de Vida .....	27
2.3.2. Compostaje .....	27
2.3.3. Contaminación .....	27
2.3.4. Gestión de Residuos Sólidos .....	27
2.3.5. Impactos ambientales.....	28
2.3.6. ISO 14040.....	28
2.3.7. Reciclaje.....	28
CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO .....	29
3.1. Diseño de la investigación .....	29
3.2. Acciones y actividades .....	29
3.2.1. Flujos de entrada y salida de cada proceso del Sistema de Gestión de Residuos Sólidos. ....	29
a) Recojo y transporte.....	29
b) Compostaje.....	30
c) Disposición final .....	32
d) Propuesta de rutas .....	37
3.2.2. Impactos ambientales causadas por el Sistema de Gestión de Residuos Sólidos. ....	37
a. Indicadores de categoría .....	38
b. Criterios de exclusión del proceso de reciclaje.....	38
3.2.3. Escenario más favorable para un sistema un Sistema de Gestión de Residuos Sólidos. ....	39
3.3. Materiales y Equipos .....	40
3.3.1. Materiales.....	40
3.3.2. Equipos .....	40
3.3.3. Software .....	40



3.4.	Población y/o muestra de estudio .....	40
3.5.	Operacionalización de variables .....	41
3.6.	Procesamiento y análisis de datos .....	42
3.6.1.	Procedimiento de datos software openLCA .....	42
3.6.2.	Procesamiento de datos para la propuesta de Rutas .....	49
CAPÍTULO IV: RESULTADOS .....		57
4.1.	Flujos de entrada y salida de cada proceso del Sistema de Gestión de Residuos Sólidos .....	57
a.	Recojo y transporte .....	57
b.	Compostaje .....	58
c.	Disposición final .....	59
4.2.	Impactos ambientales causados por el Sistema de Gestión de Residuos Sólidos .....	60
4.2.1.	Impactos ambientales en la etapa de recojo y transporte .....	60
a.	Potencial de Acidificación .....	60
b.	Potencial de calentamiento global .....	61
c.	Potencial de agotamiento de la capa de ozono .....	61
d.	Potencial de oxidación fotoquímica .....	62
4.2.2.	Resultados de la etapa de compostaje .....	63
a.	Potencial de acidificación .....	63
b.	Potencial de calentamiento global .....	63
c.	Potencial de agotamiento de la capa de ozono .....	64
d.	Potencial de oxidación fotoquímica .....	64
4.2.3.	Resultados de la etapa de Disposición Final .....	65
a.	Potencial de acidificación .....	65
b.	Potencial de calentamiento global .....	66
c.	Potencial de agotamiento de la capa de ozono .....	67
d.	Potencial de oxidación fotoquímica .....	68
4.3.	Escenario más favorable para un sistema un Sistema de Gestión de Residuos Sólidos .....	68
4.3.1.	Resultados del escenario planteado (ESC-01) .....	68
a.	Potencial de acidificación .....	69
b.	Potencial de calentamiento global .....	69
c.	Potencial de agotamiento de la capa de ozono .....	70
d.	Potencial de oxidación fotoquímica .....	71
4.4.	Rutas propuestas para el manejo de residuos orgánicos e inorgánicos .....	71

CAPÍTULO V: DISCUSIÓN .....	79
5.1. Discusión de resultados.....	79
5.1.1. H1: Existen flujos de entrada y salida que causan impactos ambientales en algunos procesos del Sistema de Gestión de Residuos Sólidos .....	79
5.1.2. H2: Existen categorías que originan mayor impacto ambiental en el Sistema de Gestión de Residuos Sólidos.....	80
5.1.3. H3: En un escenario favorable los impactos ambientales se minimizan dentro de un Sistema de Gestión de Residuos Sólidos. ....	81
5.1.4. H4: Es posible mejorar el transporte de residuos orgánicos e inorgánicos.....	82
CONCLUSIONES .....	83
RECOMENDACIONES.....	84
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	85
ANEXOS .....	89

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Ingresos nacionales brutos per cápita en ALC .....	16
Tabla 2. Datos de vehículos convencionales para disposición final .....	29
Tabla 3. Datos de vehículos convencionales para recolectado para valorización.....	30
.....	30
Tabla 4. Emisiones de CO <sub>2</sub> liberado por cada camión .....	30
Tabla 5. Residuos sólidos orgánicos recolectados durante el año 2021 .....	31
Tabla 6. Composición y porcentaje de residuos usados durante el compostaje .....	32
Tabla 7. Caracterización de residuos sólidos no domiciliarios en unidades porcentuales .....	32
.....	32
Tabla 8. Caracterización de residuos sólidos domiciliarios en unidades porcentuales	35
Tabla 9. Promedio de residuos sólidos municipales generados por el distrito de Ciudad Nueva.....	36
Tabla 10. Operacionalización de variables de investigación.....	41
Tabla 11. Atributos del shape vías .....	51
Tabla 12. Jerarquías y velocidades según su origen .....	54
Tabla 13. Flujos de entrada para el recojo y transporte de residuos sólidos municipales .....	57
Tabla 14. Flujos de salida para el recojo y transporte de residuos sólidos municipales .. .....	57
Tabla 15. Flujos de entrada para la elaboración de compost bajo un escenario actual... .....	58
Tabla 16. Flujos de salida para la elaboración de compost bajo un escenario actual..	58
Tabla 17. Flujos de entrada establecidas para la disposición final de residuos .....	59
Tabla 18. Flujos de salida establecidas para la disposición final de residuos .....	59
Tabla 19. Resultados en distancia y tiempo .....	72

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Generación de desechos a nivel regional (anualmente) .....	12
Figura 2. Proyección de la generación de RSU en países de la región.....	13
Figura 3. Composición de los RSU en países con un nivel de ingreso bajo.....	14
Figura 4. Composición de los RSU en países con un nivel de ingreso medio- bajo ....	15
Figura 5. Composición de los RSU en países con un nivel de ingreso medio- alto .....	15
Figura 6. Composición de los RSU en países con un nivel de ingreso alto.....	16
Figura 7. Mapa sectorial del distrito de Ciudad Nueva .....	20
Figura 8. Límites de los Procesos dentro del sistema de gestión de residuos solidos.	39
Figura 9. Creación de una base de datos .....	42
Figura 10. Importación de bases de datos .....	43
Figura 11. Creación del flujo de salida correspondiente al proceso de recolección y transporte .....	44
Figura 12. Creación del proceso de recolección y transporte .....	45
Figura 13. Creación de un sistema de producto .....	46
Figura 14. Cálculo de un sistema de producto .....	47
Figura 15. Diagrama del sistema de compostaje.....	47
Figura 16. Diagrama de la Etapa de Disposición Final.....	48
Figura 17. Diagrama de recolección y transporte .....	49
Figura 18. Creación de "NODOS" o "PUNTOS-VIAS".....	50
Figura 19. Trazado de calles .....	51
Figura 20. Incorporación de los atributos .....	53
Figura 21. Cálculo de atributos.....	55
Figura 22. Creación del Network Dataset .....	56
Figura 23. Contribución de la etapa de recojo y transporte a la categoría de Acidificación .....	60
Figura 24. Contribución de la etapa de recojo y transporte a la categoría de calentamiento global.....	61
Figura 25. Contribución de la etapa de recojo y transporte a la categoría de agotamiento de la capa de ozono .....	62
Figura 26. Contribución de la etapa de recojo y transporte a la categoría de oxidación fotoquímica.....	62
Figura 27. Contribución de la etapa compostaje a la categoría de acidificación .....	63
Figura 28. Contribución de la etapa compostaje a la categoría de calentamiento global .....	64

Figura 29. Atribución de la etapa compostaje a la categoría de agotamiento de la capa de ozono .....	64
Figura 30. Contribución de la etapa compostaje a la categoría de oxidación fotoquímica.....	65
Figura 31. Contribución de la etapa disposición final a la categoría acidificación .....	66
Figura 32. Contribución de la etapa disposición final a la categoría calentamiento global.....	67
Figura 33. Contribución de la etapa disposición final a la categoría de agotamiento de la capa de ozono.....	67
Figura 34. Contribución de la etapa disposición final a la categoría oxidación fotoquímica.....	68
Figura 35. Contribución del escenario propuesto a la categoría de acidificación .....	69
Figura 36. Contribución del escenario propuesto a la categoría de calentamiento global .....	70
Figura 37. Contribución del escenario propuesto a la categoría de agotamiento de la capa de ozono .....	70
Figura 38. Contribución del escenario propuesto a la categoría de oxidación fotoquímica.....	71
Figura 39. Mapa de la ruta de reciclaje optimizada del lunes .....	73
Figura 40. Mapa de la ruta de reciclaje optimizada del martes .....	74
Figura 41. Mapa de la ruta de reciclaje optimizada del miércoles.....	75
Figura 42. Mapa de la ruta de reciclaje optimizada del jueves.....	76
Figura 43. Mapa de la ruta de reciclaje optimizada del viernes .....	77
Figura 44. Mapa de la ruta actual de recolección de residuos orgánicos .....	78

## RESUMEN

La presente investigación titulada “Impactos Ambientales Generados Por El Sistema De Gestión De Residuos Sólidos Del Distrito De Ciudad Nueva: Una Aplicación Del Análisis De Ciclo De Vida”, En la gestión 2021, tuvo como objetivo principal determinar los impactos ambientales generados por el Sistema de Gestión de Residuos Sólidos del distrito de Ciudad Nueva a través del Análisis de Ciclo de Vida (ACV). Utilizando la metodología que propone la norma ISO 14044, para el Análisis de Ciclo de Vida las cuales nos propone definir los objetivos y alcances, analizar el inventario de datos del ciclo de vida (ICV), evaluar los impactos de ciclo de vida (ECV) y finalmente interpretar los resultados; con ayuda del software OpenLCA, el cual fue uno de los muchos programas que nos recomendó las normas ISO, logramos cuantificar los impactos, flujos y nos permitió proponer un escenario que mejore la situación actual del Sistemas De Residuos Sólidos. Teniendo como factor determinante las categorías de impacto ambiental dentro de los procesos del Sistema de Gestión de Residuos sólidos, las cuales se definen en 4; el potencial de acidificación, Calentamiento global, agotamiento de la capa de ozono y oxidación fotoquímica, las cuales fueron cuantificadas en cada uno de los procesos del sistema de gestión de residuos sólidos, a excepción del proceso de reciclaje el cual fue excluido de la investigación porque su manejo y gestión no le corresponde a la municipalidad. Finalmente concluimos que el ACV es una metodología que nos ayudó a evaluar y cuantificar los flujos de entrada, salida, los impactos que se dan en el sistema de gestión del distrito de Ciudad Nueva, lo que permite crear escenarios más eficientes que mejoren la situación actual del sistema de gestión de residuos sólidos.

**Palabras clave:** Análisis de ciclo de vida, Potencial de acidificación, Oxidación fotoquímica, Sistemas de gestión de residuos sólidos.

## ABSTRACT

The present investigation entitled "Environmental Impacts Generated by the Solid Waste Management System of the Ciudad Nueva District: An Application of the Life Cycle Analysis", in the 2021 management, had as its main objective to determine the environmental impacts generated by the Solid Waste Management of the Ciudad Nueva district through the Life Cycle Analysis (ACV). Using the methodology proposed by the ISO 14044 standard, for the Life Cycle Analysis which proposes us to define the objectives and scope, analyze the inventory of life cycle data (ICV), evaluate the impacts of the life cycle (ECV) and finally interpret the results; With the help of the OpenLCA software, which was one of the many programs that ISO standards recommended to us, we were able to quantify the impacts, flows and allowed us to propose a scenario that improves the current situation of Solid Waste Systems. Having as a determining factor the categories of environmental impact within the processes of the Solid Waste Management System, which are defined in 4; the potential for acidification, global warming, depletion of the ozone layer and photochemical oxidation, which were quantified in each of the processes of the solid waste management system, with the exception of the recycling process, which was excluded from the investigation because its handling and management does not correspond to the municipality. Finally, we conclude that the LCA is a methodology that helped us to evaluate and quantify the input and output flows, the impacts that occur in the management system of the Ciudad Nueva district, which allows us to create more efficient scenarios that improve the current situation. of the solid waste management system. Finally, we conclude that the LCA is a methodology that helps to evaluate and quantify the input and output flows, the impacts that occur in a process, which allows us to create more efficient scenarios that improve the current situation of the process.

**Keywords:** Life cycle analysis, Acidification potential, Photochemical oxidation, Solid waste management systems.

## INTRODUCCIÓN

Para la creación o ejecución de cualquier producto o servicio se generan impactos ambientales dentro de todos los procesos que conllevan realizarlo, generalmente estos impactos no pueden ser identificados y cuantificados. Es por ello por lo que se creó la metodología del Análisis de Ciclo de Vida (ACV) para obtener datos cuantificados de los múltiples impactos generados en la creación de estos. Sus capacidades han hecho de esta metodología una herramienta útil y confiable al momento de optimizar procesos. Con ayuda de las normas ISO 14040 y 14044 esta metodología ha aumentado su credibilidad y su uso comercial.

La presente investigación “Impactos Ambientales Generados Por El Sistema De Gestión De Residuos Sólidos Del Distrito De Ciudad Nueva: Una Aplicación Del Análisis De Ciclo De Vida” aborda la problemática que existe dentro del manejo de residuos sólidos municipales, no solo a través de la identificación de aspectos e impactos sino también a través de la cuantificación de ellos, para poder identificar y mejorar los procesos dentro del manejo de residuos sólidos.

Bajo esta perspectiva, la finalidad de este trabajo de investigación fue: Determinar los flujos de entrada y salida de cada proceso del Sistema de Gestión de Residuos Sólidos, Indicar las categorías de mayor impacto ambiental causadas por el Sistema de Gestión de Residuos Sólidos, Identificar el escenario más favorable en términos ambientales para un sistema un Sistema de Gestión de Residuos Sólidos y proponer rutas para el transporte en el manejo de residuos orgánicos e inorgánicos; para ellos se utilizó el software OpenLCA, para poder calcular las categorías de impacto ambiental que dentro de los procesos del sistema de gestión de residuos analizado.



## CAPÍTULO I: EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

### 1.1. Descripción del problema

La inadecuada gestión de los residuos sólidos en el mundo trae consigo una serie de problemas ambientales ligado a recursos como el agua, aire, suelo, y generando, consecuentemente, efectos sobre el bienestar y salud de las personas. Se estima que para el 2050 los desechos a nivel mundial hayan crecido en un 70 % respecto a datos actuales, equivalente a 3400 millones de toneladas de residuos. La poca valorización de los residuos (realizado en su mayoría por países con ingresos altos y que solo abordan un cuarto del total de sus residuos generados) y su mala disposición a través de vertederos y botaderos informales (que almacenan cerca del 40 % de la basura en todo el mundo) hacen de esto un problema serio. A nivel nacional, hasta el 2020, se estimó que alrededor de un 40 % de los residuos sólidos municipales fueron a parar a botadero y vertederos, y que menos del 10 % de los residuos generados a nivel nacional eran valorizados. El Banco Mundial a través de diferentes publicaciones menciona la relación existente entre generación de residuos sólidos y un rápido crecimiento poblacional y urbanizacional, asimismo, se menciona que países con una economía media o en desarrollo serán las futuras potencias generadoras de residuos, duplicando y triplicando sus cifras actuales. Además, se plantea que una de las causas del porque persiste esta problemática actualmente y a futuro, es por el poco interés de los gobiernos por querer migrar de una economía lineal a una circular. Se estima que durante el 2016 el 5 % de las emisiones mundiales provinieron producto de una inadecuada gestión y disposición de estos. Consecuentemente producto de esta ineficiente gestión también se espera que recursos de agua y los ecosistemas sean afectados durante los próximos cientos y miles de años.

A nivel nacional y regional, no existen estudios que midan el impacto ambiental cuantitativo de nuestros Sistemas de Gestión de Residuos Sólidos. En Tacna, si bien existe una meta por parte del gobierno que incentive a las municipalidades a valorizar sus residuos, es aún prematuro y poco desarrollado, por lo que el desconocimiento en el tema es latente a día de hoy, es por ello que a través de nuestra investigación proponemos mediante un Análisis de Ciclo de Vida identificar cuantitativamente el impacto de todos los procesos del Sistema de Gestión de Residuos Sólidos en el distrito de Ciudad Nueva, proponiendo además escenarios donde se apliquen tratamientos biológicos a los residuos que son dispuestos de manera directa al botadero municipal, y que representan más de la mitad del porcentaje total dispuesto.

## **1.2. Formulación del problema**

### **1.2.1. Problema general**

¿Cuál es el impacto ambiental generado por el Sistema de Gestión de Residuos Sólidos del distrito de Ciudad Nueva a través del Análisis de Ciclo de Vida?

### **1.2.2. Problemas específicos**

- a. ¿Cuáles son los flujos de entrada y salida asociados a cada proceso del Sistema de Gestión de Residuos Sólidos?
- b. ¿Cuáles son las categorías de mayor impacto ambiental causadas por el Sistema de Gestión de Residuos Sólidos?
- c. ¿Cuál es el escenario más favorable en términos de impacto ambiental para un adecuado Sistema de Gestión de Residuos Sólidos?
- d. ¿Cómo mejorar el transporte de residuos orgánicos e inorgánicos?

## **1.3. Justificación e Importancia**

En la actualidad los sistemas integrados de gestión de residuos que tienen las municipalidades provinciales y distritales son vagamente eficientes y no es un problema solo del Perú, sino que es un problema a nivel mundial. Existen leyes y decretos que las da el Ministerio del Ambiente que tratan de manejar y gestionar a las municipalidades para afrontar este problema con la debida importancia que se merece, pero la problemática va más allá de crear planes de gestión de residuos, si aún sigue habiendo una mala gestión de los residuos sólidos, y esto se debe a que en algunas ciudades de nuestro país los servicios limpieza urbana son básicos en términos de cobertura, disposición final, eficacia y calidad, como resultado la salud y el bienestar de la ciudadanía está comprometida seriamente.

Ley orgánica de las Municipalidades – ley N° 27972 nos dice que las municipalidades tienen la función de protección y conservación del ambiente, Saneamiento ambiental, salubridad y salud así mismo formular, aprobar, ejecutar y monitorear los planes y políticas locales en materia ambiental, en concordancia con las políticas, normas y planes regionales, sectoriales y nacionales.

Por otra parte, los análisis de ciclo de vida (ACV) evalúan todos los aspectos ambientales que hay en los procesos de un producto o un servicio, desde la fuente de materia prima hasta la disposición final. Este análisis ya ha sido un éxito determinando

los impactos ambientales de los sistemas gestión de residuos sólidos municipales en otros países como México, Chile, España e incluso en el norte de nuestro país como Loreto y Lima, que les ha permitido evaluar los procesos y generar escenarios que causen el menor impacto ambiental y sean amigables con el medio ambiente. Es por ello por lo que esta investigación tiene como finalidad valorar los impactos ambientales del sistema de gestión de residuos sólidos del distrito de Ciudad Nueva y optimizar el aprovechamiento de compostaje y rutas de recolección, por lo cual analizaremos aspectos como las cargas ambientales de entrada y de salida de cada paso para obtener datos cuantitativos y poder plantear un escenario más eficiente que el actuar.

#### **1.4. Objetivos**

##### **1.4.1. Objetivo General**

Determinar los impactos ambientales generados por el Sistema de Gestión de Residuos Sólidos del distrito de Ciudad Nueva a través del Análisis de Ciclo de Vida.

##### **1.4.2. Objetivos Específicos**

- a. Determinar los flujos de entrada y salida de cada proceso del Sistema de Gestión de Residuos Sólidos.
- b. Indicar las categorías de mayor impacto ambiental causadas por el Sistema de Gestión de Residuos Sólidos.
- c. Identificar el escenario más favorable en términos ambientales para un Sistema de Gestión de Residuos Sólidos.
- d. Proponer rutas para el transporte en el manejo de residuos orgánicos e inorgánicos.

#### **1.5. Hipótesis**

##### **1.5.1. Hipótesis General**

El Sistema de Gestión de Residuos Sólidos del distrito de Ciudad Nueva genera impactos ambientales negativos y significativos.

### **1.5.2. Hipótesis Específicas**

- a. Existen flujos de entrada y salida que causan impactos ambientales en algunos procesos del Sistema de Gestión de Residuos Sólidos.
- b. Existen categorías que originan mayor impacto ambiental en el Sistema de Gestión de Residuos Sólidos.
- c. En un escenario favorable los impactos ambientales se minimizan dentro de un Sistema de Gestión de Residuos Sólidos.
- d. Es posible mejorar el transporte de residuos orgánicos e inorgánicos.

## CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes de la investigación

#### 2.1.1. Antecedentes a nivel internacional

Ayala y Hansen (2019), se plantearon evaluar a través de la herramienta del Análisis de Ciclo de Vida distintos escenarios de sistema de gestión de RSU para la comuna de Olmué, Valparaíso, Chile y determinar las mejores opciones en términos ambientales. La metodología establecida a partir del Análisis de Ciclo de Vida (ACV) tomó etapas típicas de esta herramienta como: 1) La Definición de Objetivos y Alcances, donde se determinó a la comuna de Olmué como la unidad geográfica y el total de residuos en toneladas generados por la comuna como la unidad funcional, 2) Definición de Escenarios, en el cual se propusieron cinco (05) posibles escenarios que proponían la recolección segregada para reciclaje, compostaje, digestión anaerobia, incineración y relleno sanitario, unos más complejos que otros, 3) Análisis de Inventario (AI), donde se hace una recolección de datos necesarios para calcular el impacto ambiental, así como el cálculo de la carga ambiental, y 4) Evaluación de Impactos, en el cual se hace una clasificación de impactos en distintas categorías según su naturaleza y caracterización. Se utilizó el programa WAMPS para el desarrollo del AI e Impacto Ambiental del CV. Las categorías de Impacto Ambiental analizadas fueron acidificación, eutrofización, cambio climático y formación de foto-oxidantes. Los resultados de la EIA mostraron que los escenarios que cuentan con alternativas de incineración presentan una ventaja frente a los demás, la etapa de relleno sanitario es la que presenta impactos ambientales más altos, y el reciclaje y compostaje tienen una contribución positiva pero inferior a los demás escenarios.

Beltrán et al., (2013), menciona que un Análisis de Ciclo de Vida es el método apropiado para la evaluación ambiental de un SIG de residuos sólidos, sin embargo, las herramientas informáticas utilizadas para la realización de estos análisis presentan inconvenientes como la utilización de datos pre-fijados, entre otras funcionalidades que no permiten modelar con exactitud el escenario. Es por ello por lo que presenta como objetivo de estudio desarrollar una metodología de integración entre ACV y SIG, que a su vez permita valorar el comportamiento ambiental de dichos sistemas. Esta metodología consiste en una serie de procedimientos que logren aprovechar ciertas funcionalidades propias del SIG para calcular con mayor rigor la contribución al impacto ambiental de aspectos dependientes de la ubicación de instalaciones, como el recojo

(actual y otro selectivo) y transporte, los autores también estiman la incorporación de una categoría excluida normalmente como lo es el uso de suelo. Se tomó como caso de aplicación la gestión de residuos de un municipio de Valencia. Los resultados muestran que el escenario al cual se implanta la recogida selectiva de biorresiduos muestra reducciones en las emisiones de gases de efecto invernadero, esto producto de la disminución en la cantidad de MO entrante al vertedero, así también, la utilización de una planta que produce compost a partir de biorresiduos, dado que los tratamientos biológicos aportan carga evitativa.

Bizcocho (2014) plantea evaluar las posibilidades de aplicación de un análisis de ciclo de vida (ACV) a un sistema de gestión de residuos de construcción y demolición (RCD) con la finalidad de mitigar los impactos adversos en el medio ambiente derivados de su gestión. Para ello se realizó 3 capítulos, 1) Evaluación de la gestión de los residuos RCD mediante ACV donde aplicaron la metodología tradicional que está establecida por las ISO 14040:2006 Y 14044:2006 definición de objetivos y alcance, análisis de inventario, evaluación de impacto e interpretación de resultados, 2) Evaluación de escenarios de prevención de RCD mediante ACV, en esta fase se estudia la aplicación del ACV para evaluar escenarios de gestión de RCD que considera actividades de prevención, donde analizas la limitación de la metodología tradicional y proponen una metodología que pueda incluir actividades de prevención en los escenarios de gestión a evaluar y por último se aplica la metodología propuesta a los casos de estudio, 3) Procedimiento simplificado de cálculo para evaluar la gestión de los RCD en obras, en esta fase busca elaborar un procedimiento de cálculo simplificado para evaluar distintos escenarios de gestión de RCD de obras, la finalidad de este estudio es facilitar la gestión de RCD debido a que un ACV supone la inversión de mucho tiempo, para finalmente poder aplicar la herramienta de cálculo a las obras de estudio. Como resultados la aplicación de la herramienta de cálculo demostró que la prevención es la opción de gestión más favorable logrando ahorrar hasta un 60 % de las cargas GWP Y CED, respecto a los escenarios de reciclaje sin prevención y la metodología propuesta y la herramienta de cálculo resultaron altamente eficientes frente a los escenarios de gestión de RCD.

Carvajal (2018), propone analizar y optimizar ambientalmente el proceso de aprovechamiento y el proceso de reciclaje del SGI de residuos municipales del cantón Mejía mediante el método de Análisis de Ciclo de Vida (ACV) para proponer un escenario óptimo desde un punto de vista ambiental para los distintos procesos del SIG (sistema de gestión) de residuos. El siguiente artículo usa la metodología estandarizada por la ISO -14040:2006 e ISO 14044:2006 la cual consta de las siguientes fases: 1)

Definición de objetivos, donde se proponen los objetivos del análisis del ciclo de vida, 2) Alcance de estudio, se plantean 3 escenarios del sistema de gestión integral de residuos para poder optimizarlos analizando todos los procesos que existen dentro del sistema, 3) Inventario del Análisis del Ciclo de Vida, en este punto se disponen de todos los datos de inventario relativos a través de entradas y salidas de los procesos de mayor relevancia evaluados en cada uno de los procesos del sistema, 4) Evaluación de impactos ambientales, para la evaluación se usó la International Reference Life Cycle Data System (ILCD) la cual es un método de evaluación de impacto de ciclo de vida para llegar a un consenso sobre el método recomendado para cada aspecto ambiental. Los resultados comprueban que existe disminución de impactos ambientales en las 13 categorías de impactos analizadas.

Juárez et al., (2008), se propuso valorar los potenciales impactos ambientales relacionados a cada proceso de un SIG de residuos sólidos de la Ciudad de México. La metodología aplicada dentro de este artículo parte de limitar el sistema a través de un límite espacial (Ciudad de México), temporal (la gestión actual de residuos sólidos), y por tipo de residuos (residuos sólidos urbanos), la Unidad Funcional establecida fue la cantidad de residuos sólidos generados durante el año 2007 en el Distrito Federal (equivalente en toneladas), asimismo, se hizo una descripción del SIG de residuos sólidos, el cual está conformado por sus procesos (recolección, transferencia, plantas de selección, reciclaje, plantas de fabricación de compost y vertedero), la generación del Inventario del Ciclo de Vida se basó principalmente en información pública recopilada, dentro de esta etapa también se establecen cinco escenarios que involucran el sistema actual, aumentar la recogida selectiva y el porcentaje de recuperación, la biogasificación, e incineración. Dentro de la Evaluación del Impacto Ambiental de Ciclo de Vida se establecen categorías como la acidificación, eutrofización, mengua del ozono estratosférico, efecto invernadero, toxicidad humana generación de foto-oxidantes, efectos respiratorios y carcinogénicos, todo bajo el software TEAM 4.0. Los resultados refieren que el SIG de residuos sólidos estudiado presenta impactos relevantes en procesos de vertedero (controlado y no controlado), y reciclado de vidrio. Procesos como la elaboración de compost son una opción favorable dado su insignificante impacto ambiental, asimismo, dentro del artículo se proponen tratamientos como la incineración y reciclaje.

Minga y Zhiminaycela (2019), Se plantearon optimizar rutas de la recolección de residuos sólidos y el barrido de calles, en la provincia de Azuay en el país de Ecuador, con el fin de aumentar el control y eficiencia del manejo y la gestión. La herramienta metodológica que usaron fue el software ArcGIS 10.1., donde plantearon la elaboración

de un rediseño para las rutas de recolección y el barrido de calles, usando las extensiones de “Network DataShape y Network Analyst”, las cuales les permitieron modelar redes y vías de transporte con sus respectivas restricciones de circulación y los bloques. Las fases que siguieron fueron: a) Planificación para la caracterización de los residuos sólidos, b) Etapa de diseño, c) Etapa de ejecución y d) Diagramación de rutas de recolección de residuos sólidos. Según los resultados, gracias a las rutas se mostró que hubo una mejora en el tiempo y recorrido de recolección de residuos sólidos, aumentando una distancia de 1,9 km. Y una disminución de tiempo de 47 a 25 minutos. Para la Propuesta de las rutas del barrido de calles la cobertura que antes ocupaba aumentó tanto en distancia como en disminución de tiempo.

### **2.1.2. Antecedentes a nivel nacional**

Canelo, (2021), aborda como objetivo de estudio elegir el tratamiento recomendable que favorezca a la gestión integral y sostenible de los residuos sólidos urbanos en la localidad de Chachapoyas. Para ello realizó tres (03) estudios de caracterización de residuos sólidos urbanos durante el año 2020, y estableció las tecnologías a ser usadas para su gestión mediante una preselección cualitativa. Estableció seis (06) escenarios de tratamiento cuyas emisiones de aire y agua fueron comparados con el software IWM-2, a través del programa Statistix 8.0. Asimismo, efectuó un análisis paramétrico al cual atribuyó la prueba de Fisher con el test de Tukey y para el no paramétrico la prueba de Kruskal- Wallis. Los residuos domiciliarios estaban compuestos por una fracción de orgánicos superior a la mitad (65,5 %), reaprovechables (16,5 %), y no aprovechables (17,8 %), en el caso de los residuos comerciales no variaron las posiciones de los residuos más si el porcentaje (orgánicos 41,4 %, aprovechables 37,2 % y no aprovechables 21,4 %). Según los resultados, el escenario sin tratamiento generó los mayores problemas ambientales, apareciendo en el 45,1 % de los parámetros ambientales medidos. Debido a los altos costos, el escenario de incineración de recuperación de energía fue rechazado, y el escenario número cinco (05), que incluyó la segregación, la recolección de desechos domésticos, el reciclaje, la utilización de compost y la captura de biogás, fue el más ventajoso.

Dextre (2020), Se propone calcular los efectos ambientales de la gestión de residuos de equipos eléctricos y electrónicos (RAEE) por parte de la empresa gestora de residuos COMIMTEL S.A.S. entre 2017 y 2019 mediante un análisis del ciclo de vida. La metodología utilizada se basa en las fases o etapas del ACV que son estándar de acuerdo con NTP-ISO 14044-2013, que son las siguientes: 1) Alcance del estudio. Este estudio se centra en el análisis de la etapa de post-consumo o uso de equipos electrónicos en los que se convierten en RAEE, o gestión de residuos, la fase de gestión



de RAEE, tratamiento de RAEE, 2) Recopilación de datos utilizando fuentes primarias (observación, listas de verificación y entrevistas) y fuentes secundarias (documentación); 3) Modelado utilizando el software OpenLCA; todos los datos se utilizan en esta etapa. Este software permite la realización de estudios completos de ACV y el uso de una variedad de métodos de análisis de ICV y EICV, incluidos los recomendados por las normas ISO y el Manual ILCD. Los resultados muestran que el programa de tratamiento de RAEE en COMIMTEL S.A.C. disminuye 7 categorías de impacto evaluadas y ayuda a aumentar las 11 categorías restantes. Finalmente, a partir de la investigación, se recomiendan líneas de investigación complementarias para el manejo de estos residuos especiales.

Ziegler (2019), La idea es realizar una evaluación ambiental de la construcción, uso y cierre de un vertedero sanitario en la región Loreto-Nauta de la Amazonía utilizando la metodología ACV para identificar y cuantificar los efectos ambientales de una instalación final de eliminación de residuos sólidos. Dentro de la metodología para el desarrollo del ACV, se tuvieron en cuenta etapas como la extracción de materiales, la construcción de infraestructura y la operación hasta el cierre del relleno. La unidad funcional de este trabajo fue una tonelada de residuos sólidos municipales producidos en Nauta y su rendimiento durante un período de 100 años. Utilizando el software EASETECH, se modelaron cinco (5) escenarios, incluyendo un botadero abierto poco profundo, un botadero profundamente abierto, el entorno de atención médica actual (que carece de tratamiento), y dos (2) escenarios de mejora, uno en el que se quema biogás y el otro en el que se recupera la energía producida por esa quema. Se utilizaron nueve (9) categorías de impacto, siendo la categoría de Cambio Climático una de ellas. Los resultados mostraron que el impacto del relleno en la categoría de cambio climático aumenta a 1376 kg de CO<sub>2</sub>, disminuyendo si se toman acciones como el enfriamiento del biogás y la recuperación de energía. Aunque la migración de jardineros no registrados a los hospitales aumenta el impacto del cambio climático, los efectos de las categorías restantes se reducen hasta en cuatro (04) órdenes de magnitud.

Ziegler et al., (2018), Busca examinar los impactos ambientales de los ciclos de vida de los rellenos sanitarios de las instalaciones de Portillo Grande, Nauta y Jaquira (RS), así como sugerir mejoras y optimizaciones para estas instalaciones. La metodología utilizada fue la Evaluación del Ciclo de Vida (ACV)-Análisis del Ciclo de Vida (ACV), una herramienta reconocida internacionalmente que se utiliza para evaluar los factores ambientales y los posibles impactos ambientales asociados con bienes, servicios y productos. Esta metodología consta de cuatro fases: establecimiento de objetivos y metas, inventario del ciclo de vida, evaluación del ciclo de vida e

interpretación de los datos. Se examinaron las siguientes tres situaciones para obtener resultados: 1) Relleno sin tratamiento de biogás; 2) Relleno con enfriamiento de gas en chimeneas; y 3) Relleno con recuperación de energía, la última de las cuales es la mejor desde un punto de vista ambiental.

Ziegler et al., (2018), Busca examinar los impactos ambientales de los ciclos de vida de los rellenos sanitarios de las instalaciones de Portillo Grande, Nauta y Jaquira (RS), así como sugerir mejoras y optimizaciones para estas instalaciones. La metodología utilizada fue la Evaluación del Ciclo de Vida (ACV)-Análisis del Ciclo de Vida (ACV), una herramienta reconocida internacionalmente que se utiliza para evaluar los factores ambientales y los posibles impactos ambientales asociados con bienes, servicios y productos. Esta metodología consta de cuatro fases: establecimiento de objetivos y metas, inventario del ciclo de vida, evaluación del ciclo de vida e interpretación de los datos. Se examinaron las siguientes tres situaciones para obtener resultados: 1) Relleno sin tratamiento de biogás; 2) Relleno con enfriamiento de gas en chimeneas; y 3) Relleno con recuperación de energía, la última de las cuales es la mejor desde un punto de vista ambiental.

Ziegler et al., (2018), Busca examinar los impactos ambientales de los ciclos de vida de los rellenos sanitarios de las instalaciones de Portillo Grande, Nauta y Jaquira (RS), así como sugerir mejoras y optimizaciones para estas instalaciones. La metodología utilizada fue la Evaluación del Ciclo de Vida (ACV)-Análisis del Ciclo de Vida (ACV), una herramienta reconocida internacionalmente que se utiliza para evaluar los factores ambientales y los posibles impactos ambientales asociados con bienes, servicios y productos. Esta metodología consta de cuatro fases: establecimiento de objetivos y metas, inventario del ciclo de vida, evaluación del ciclo de vida e interpretación de los datos. Se examinaron las siguientes tres situaciones para obtener resultados: 1) Relleno sin tratamiento de biogás; 2) Relleno con enfriamiento de gas en chimeneas; y 3) Relleno con recuperación de energía, la última de las cuales es la mejor desde un punto de vista ambiental.

### **2.1.3. Antecedentes locales**

No existen antecedentes locales

## 2.2. Bases Teóricas

### 2.2.1. Generación de residuos sólidos municipales

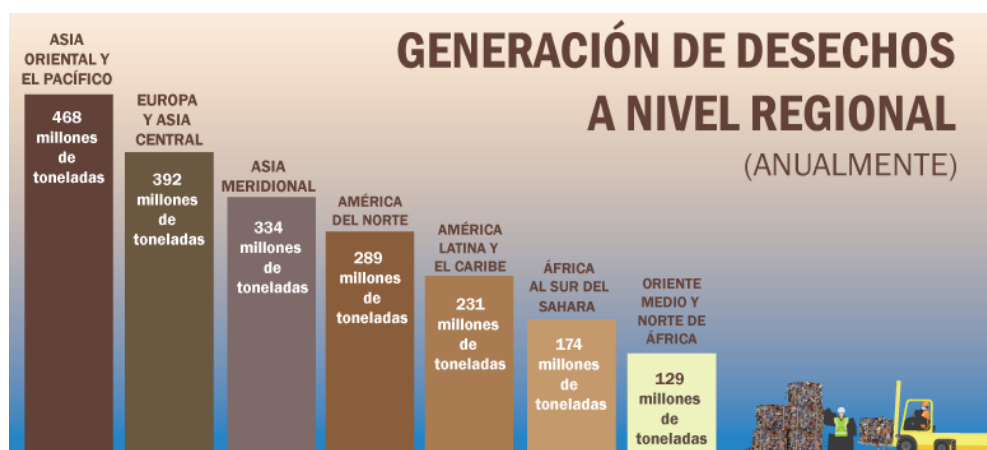
A fin de entender qué son los residuos sólidos municipales, es necesario buscar una definición para ellos. Se define a los residuos sólidos municipales como aquel conformado por residuos domésticos, comerciales, institucionales y de jardines y parques (Mena, 2022).

En cuanto a su evolución a través del tiempo podemos decir que, actualmente, a nivel mundial se producen alrededor de 2,010 millones de toneladas de desechos sólidos municipales (DSM), y al menos un 33 % de ellos no son gestionados correctamente. Asimismo, se proyecta que de aquí a treinta años la cantidad de desechos a nivel mundial aumente un 70 %, llegando a un volumen de 3,400 millones de toneladas de residuos generados anualmente (Banco Mundial, 2018).

En su última publicación What a Waste 2.0, el Banco Mundial presenta un gráfico que muestra la generación actual de residuos en cada región. En la parte superior de la lista, se encuentra la región de Asia Oriental y el Pacífico con una producción anual equivalente al 23 % del total, ocupa el segundo lugar y con tan solo el 16 % de la población mundial, Europa con el equivalente al 19,5 % de desechos generados. Por otro lado, se estima que la generación de residuos sólidos en el África subsahariana y Asia meridional se triplique y duplique para el 2050, respectivamente. También se espera que la generación de desechos se duplique en la región de Medio Oriente y África del Norte, tal como se muestra en la figura 1.

**Figura 1**

Generación de desechos a nivel regional (anualmente)



*Nota.* Adaptado de Banco Mundial (2018) del sitio web <https://www.bancomundial.org/es/news/infographic/2018/09/20/what-a-waste-20-a-global-snapshot-of-solid-waste-management-to-2050> DOC: Los desechos 2.0

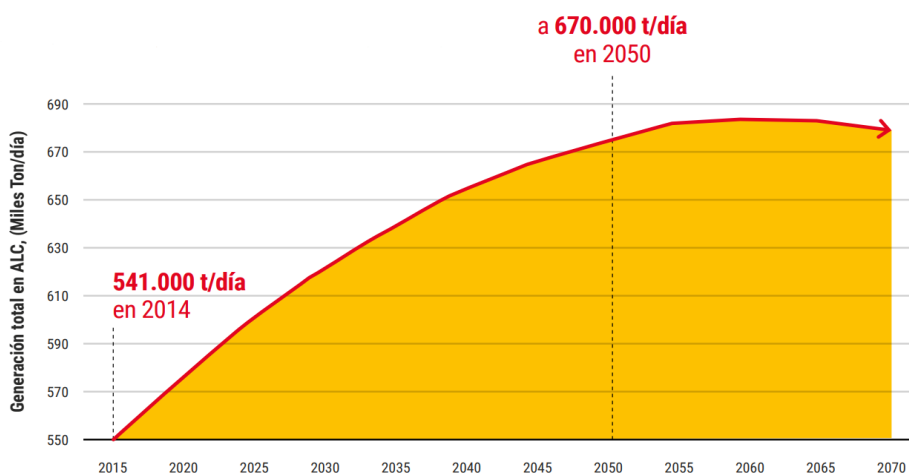
Cuando se trata de reciclar los desechos generados, existe una brecha porcentual significativa entre los países de ingresos altos y bajos. Destaca que, a pesar de la alta generación de residuos (equivalente al 34 % de todos los residuos generados), los países denominados de renta alta también tienen altos porcentajes de valorización, representando más de un tercio de su generación, a través de actividades como el reciclaje y el compostaje. Por el contrario, en los países de bajos ingresos solo se recicla el 4 % de todos los residuos generados.

También cabe señalar que debido al rápido desarrollo de algunos países sin haber establecido un sistema previo para la gestión de la diferente composición de los residuos producidos por los ciudadanos. En 2016, el 5 % de las emisiones globales provinieron de la gestión de residuos sólidos, excluyendo el transporte. La mala gestión contamina los océanos del mundo, obstruye los desagües y provoca inundaciones, transmite enfermedades y aumenta las afecciones respiratorias a causa de los incendios indiscriminados (Banco Mundial, 2018).

A nivel de América Latina y el Caribe, la ONU menciona que durante el año 2014 la generación de residuos urbanos fue de 541,000 ton/día, y que para el año 2050 la cifra podría llegar a 671,000 ton/día (promedio regional de 1,04 kg/hab. día). El porqué de estos valores en creciente se debe a numerosos factores tales como: el incremento poblacional y urbano, el crecimiento económico (mayores ingresos per cápita) y un consumo ligado a una antigua economía lineal aun yacente en la región, como se ve en la figura 2. (United Nations Environment Programme, 2018).

## Figura 2

Proyección de la generación de RSU en países de la región



*Nota.* Adaptado de ONU (2018) del sitio web <https://www.unep.org/es/resources/informe/perspectiva-de-la-gestion-de-residuos-en-america-latina-y-el-caribe> DOC: Perspectiva de la Gestión de Residuos en América Latina y el Caribe.

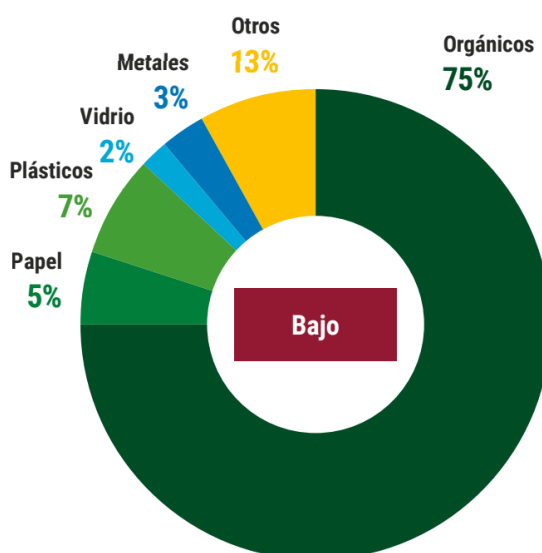
Pese a una mejora en cobertura de recolección de residuos, hoy en día y a nivel regional, mas 35 mil toneladas de residuos por día quedan sin recolectar, afectando a un aproximado de 40 millones de personas (equivalentes al 7 % de la población de la región).

La ONU también menciona en su reporte practicas a erradicar como los residuos sólidos en botaderos a cielo abierto o la quema indiscriminada de estos, cita que pese a la mejora significativa en comparación a décadas atrás aún hoy en día se disponen aproximadamente 145,000 ton/día de residuos a basurales, quema u otras prácticas inapropiadas, en términos porcentuales esto equivale al 27 % de la población o los desechos sólidos de 170 millones de personas.

Para tratar eficazmente los residuos orgánicos, que representan el 50 % de los residuos municipales en los países de la región en promedio, es importante fomentar la separación de los residuos orgánicos de los residuos inorgánicos y la recogida de ambos tipos de residuos por separado (United Nations Environment Programme, 2018). Como se muestra en las figuras 3, 4, 5 y 6. Luego en la tabla 1 se muestra los ingresos per-capitas nacionales.

**Figura 3**

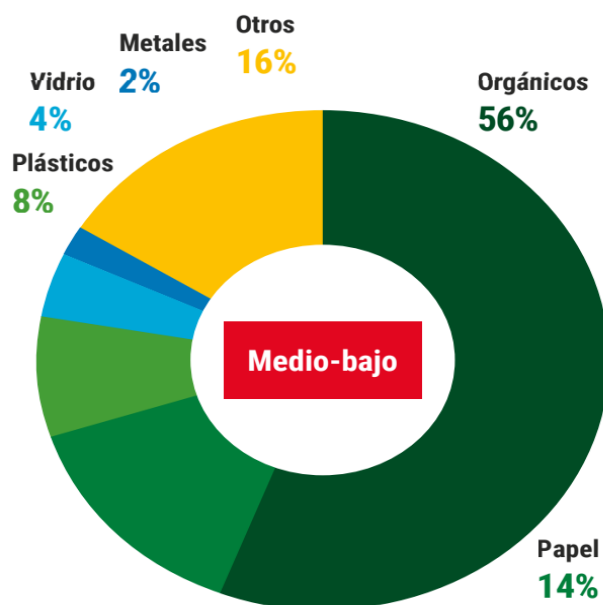
Composición de los RSU en países con un nivel de ingreso bajo



Nota. Adaptado de ONU (2018) del sitio web <https://www.unep.org/es/resources/informe/perspectiva-de-la-gestion-de-residuos-en-america-latina-y-el-caribe> DOC: Perspectiva de la Gestión de Residuos en América Latina y el Caribe

**Figura 4**

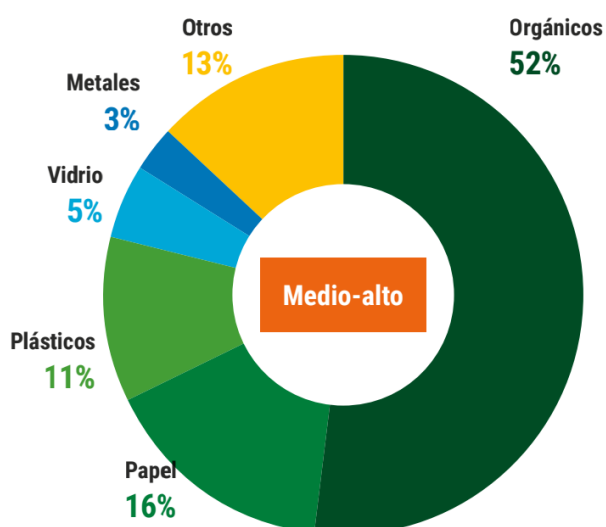
Composición de los RSU en países con un nivel de ingreso medio- bajo



*Nota.* Adaptado de ONU (2018) del sitio web <https://www.unep.org/es/resources/informe/perspectiva-de-la-gestion-de-residuos-en-america-latina-y-el-caribe> DOC: Perspectiva de la Gestión de Residuos en América Latina y el Caribe

**Figura 5**

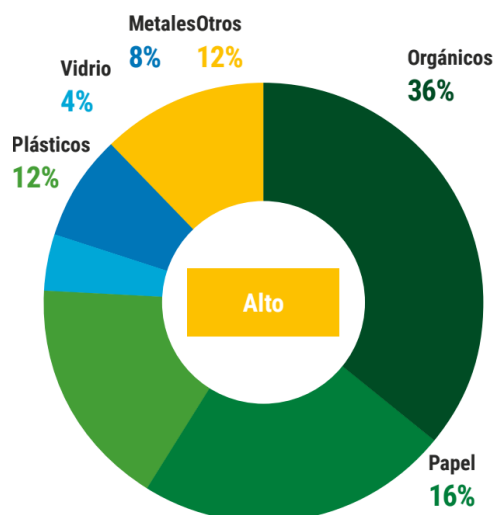
Composición de los RSU en países con un nivel de ingreso medio- alto



*Nota.* Adaptado de ONU (2018) del sitio web <https://www.unep.org/es/resources/informe/perspectiva-de-la-gestion-de-residuos-en-america-latina-y-el-caribe> DOC: Perspectiva de la Gestión de Residuos en América Latina y el Caribe

**Figura 6**

Composición de los RSU en países con un nivel de ingreso alto



Nota. Adaptado de ONU (2018) del sitio web <https://www.unep.org/es/resources/informe/perspectiva-de-la-gestion-de-residuos-en-america-latina-y-el-caribe> DOC: Perspectiva de la Gestión de Residuos en América Latina y el Caribe

**Tabla 1**

Ingresos nacionales brutos per cápita en ALC

Nivel de ingreso	Países
Bajo	Haití
Medio Bajo	Bolivia, El Salvador, Guatemala, Guyana, Honduras, Nicaragua, Paraguay
Medio Alto	Argentina, Belice, Brasil, Colombia, Costa Rica, Cuba, dominicana, Ecuador, Granada, Jamaica, México, Panamá, Perú, Rep. Dominicana, San Vicente, y las granadinas, Santa Lucía, Surinam, Venezuela.
Alto	Antigua y Barbuda, Bahamas, Barbados, Chile, San Cristóbal y Nieves, Trinidad y Tobago, Uruguay.

Nota. Adaptado de Perspectiva de la gestión de residuos en América Latina y el Caribe, por Organización de las Naciones Unidas, 2018.

A nivel nacional y como datos generales, se estima una generación de residuos que ronda los 7, 905,118 de toneladas anualmente. De esos 7 millones se estima que alrededor de la mitad (47.31 %) se disponen inapropiadamente. En términos de valorización, durante el 2020, se valorizaron solo 59,022 toneladas de RSM, de estos, 34,175 toneladas fueron residuos orgánicos y el resto (24,847) fueron residuos inorgánicos (MINAM, 2022).

La nueva ley sobre la gestión integrada de desechos sólidos, D.L. No. 1278, establece tres principios para la gestión de desechos sólidos en nuestra nación. La consideración de los desechos aislados como insumo para otras industrias es el primer cambio de paradigma importante. La nueva ley no los trata como residuos, sino como material primario en otras industrias que pueden añadir valor a los residuos de otras industrias. El primer cambio conceptual de la nueva ley es este.

La segunda gran contribución de la nueva ley es que sentó las bases para el crecimiento de una importante industria mundial de reciclaje. Sin embargo, es posible que se convierta en un centro regional de residuos solitarios con el fin de aumentar los ingresos, la inversión, el empleo y las normas de gestión ambiental. En este sentido, incorporamos el uso de tecnologías de vanguardia en la gestión de residuos sólidos, lo que nos permite agregar más valor a las nuevas materias primas y reunir a las empresas activas en este campo (MINAM, 2019).

Una tercera contribución importante de la nueva ley es sentar las bases para el desarrollo mundial de una importante industria de reciclaje. Sin embargo, es posible que se convierta en un centro regional de residuos solitarios con el objetivo de generar más ingresos, inversiones, empleos y altos estándares de gestión ambiental. En este sentido, incorporamos el uso de tecnologías avanzadas para la gestión de residuos sólidos, lo que nos permite proporcionar nuevas materias primas de mayor valor y reunir a las empresas que operan en este campo.

#### **a. Situación actual sobre los residuos sólidos en el Perú**

Tras 15 años de promulgación de una ley general sobre desechos, el Perú se está ocupando de graves problemas de saneamiento en las zonas públicas. Cada día, más peruanos viven en las ciudades (75 % de la población actual), y cada día, más peruanos producen residuos en las ciudades (la producción diaria promedio es de más de un kilo). La cantidad de residuos en el Golfo Pérsico está aumentando; hace diez años, eran 13.000 t/día; hoy, son 18.000 t. Tenemos ciudades con sombra, calles con sombra, ríos con sombra, playas con sombra,



arroyos con sombra, etc. porque el 50 % de estos restos no se eliminan adecuadamente.

Para resolver este problema, el país debe implementar políticas públicas a largo plazo que incluyan reglas, incentivos, proyectos estándar, nuevas soluciones tecnológicas, asistencia técnica y desarrollo de capacidades a nivel nacional descentralizado por los principales programas de ciudadanía y educación.

También se necesitan nuevas herramientas económicas para atraer inversiones (financiar fondos y fomentar alianzas público-privadas), proporcionar servicios e infraestructura adecuados OYM (pago de impuestos especiales y recaudación eficiente a través de los ingresos de la electricidad) e incentivos (tasas más altas para quien produce) para lograr más, cobrar menos a los que producen menos; Promover la reducción de residuos y su reintegración al ciclo productivo).

#### **b. El rol de las municipalidades ante los residuos sólidos**

Los municipios se encargan de recoger, transportar y enajenar de forma segura los derechos de propiedad exclusivos de todos los ciudadanos. Además, su función es pagar por este servicio y garantizar la salud pública manteniendo las ciudades libres de vectores.

Necesitamos ayudarles a aumentar sus capacidades porque los municipios son los encargados de recoger, transportar y eliminar de forma segura todos los residuos sólidos. Hoy en día, tenemos un déficit significativo con alrededor del 30 % de la grava que queda en las calles y más del 50 % no va a un vertedero, un lugar seguro para deshacerse de ella (MINAM, 2019).

#### **c. Municipalidad Distrital de Ciudad Nueva**

En el año 1986 se le otorga la categoría de Centro Poblado para el año 1990 se iniciaron los trámites de reconocimiento como Distrito, durante el gobierno del expresidente Alberto Fujimori, mediante D.L. N° 25851 de la fecha 16 de noviembre de 1992. (Municipalidad Distrital de Ciudad Nueva). Es por esta razón que en el MINAM (Ministerio del Ambiente) mediante la coordinación con el MEF (Ministerio de Economía y Finanzas) a través de incentivos para la mejora de la Gestión Municipal que promueve la implementación de un programa de segregación a nivel de fuente y recolección selectiva de residuos orgánicos e inorgánicos con el objetivo de promover la gestión y eliminación de residuos en

cada jurisdicción respectiva. Como resultado, el Distrito Municipal de Ciudad Nueva, a través del Sub-Gerente de Gestión Ambiental, lleva a cabo la implementación del programa y las actividades de valor agregado.

### **2.2.2. Análisis de ciclo de vida**

Todo producto, proceso o actividad genera una serie de aspectos e impactos ambientales. A nivel global, ya desde hace incluso un par de década atrás, regiones como Europa y Norteamérica vienen realizando a través del Análisis de Ciclo de Vida (ACV) una evaluación completa de sus Sistemas de Gestión de Residuos Sólidos, a fin de modificar o mejorar los procesos que la integran mediante la propuesta de diversos escenarios y con ello reducir su impacto hacia el medio ambiente. A nivel regional, América Latina y el Caribe al encontrarse en un proceso de constante cambio en residuos sólidos y todo sistema concerniente a él, presentan pocos estudios que hablen del tema. Sin embargo, dada la problemática actual de la región (incluyendo nuestro país), donde solo alrededor de la mitad de los residuos sólidos llegan a ser depositados en un relleno sanitario, queda en evidencia la necesidad de esta herramienta para determinar y medir los impactos ambientales cuantitativos, a fin de tener una evaluación completa de los impactos ambientales que pueden derivar de estos sistemas. Sánchez-Trujillo y Resendíz (2020) pp.11-28, interpretan al Análisis de Ciclo de Vida como aquel estudio capaz de cuantificar los aspectos e impactos ambientales a través de un análisis completo del sistema, mediante las cargas ambientales de entrada y salida establecidas.

### **2.2.3. Etapas de un Análisis de ciclo de Vida**

La presente investigación será aplicada a un sistema de gestión de residuos de la municipalidad distrital de Ciudad Nueva, mediante el Análisis de ciclo de vida, a fin de poder determinar los impactos ambientales que se generan en los procesos y el sistema en general. La metodología de esta investigación se rige mediante dos normativas internacionales, la ISO 14040 e ISO 14044, ambas del año 2006. Conforme a lo mencionado durante el marco teórico, esta herramienta de gestión ambiental cuenta con 04 fases de implementación:

#### **a) Definición del objetivo y alcance**

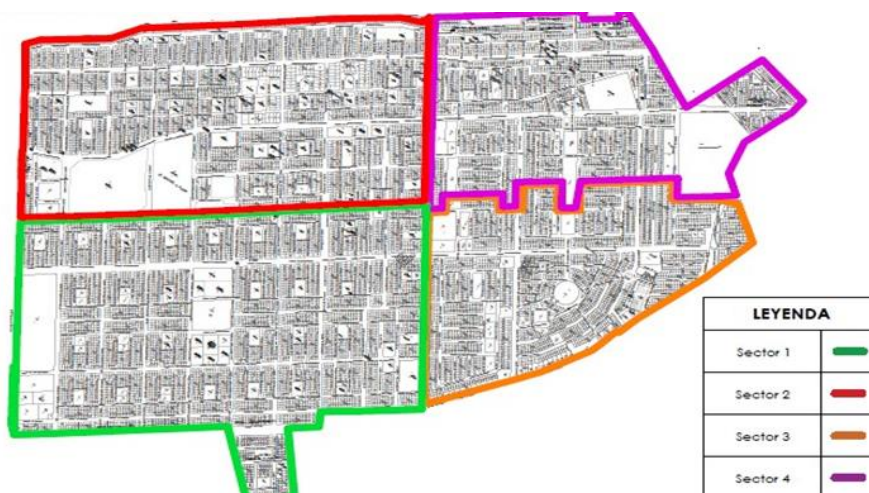
La ISO 14044 menciona dentro de sus directrices que el objetivo de estudio de un Análisis de Ciclo de vida debe de ser congruente, inteligible, y específico en

puntos como: su aplicación, las razones para realizarlo y el público previsto. Es por ello por lo que el objetivo planteado en el presente estudio surge de valorar el desempeño ambiental del sistema de gestión de residuos sólidos del distrito de ciudad nueva actual, junto a dos posibles escenarios potenciales, esto con la finalidad de identificar el escenario más favorable frente a los impactos ambientales generados y emitidos dentro de los procesos del sistema.

Para el alcance geográfico se enfoca en el distrito de Ciudad Nueva el cual se localiza al noreste de la provincia de Tacna, al sur del Perú, con una extensión de 17,500 ha. En la figura 7 se aprecia el mapa sectorial

### Figura 7

*Mapa sectorial del distrito de Ciudad Nueva*



*Nota.* Tomado del Plan de valorización de residuos de la municipalidad de ciudad nueva (2019)

**Función y unidad funcional.** El Ministerio del Ambiente relaciona la función de un SIG de residuos sólidos a través de la valorización (de residuos orgánicos e inorgánicos), esto con la finalidad de evitar y reducir puntos críticos, disminuir la contaminación sobre el medioambiente y por consiguiente, el incremento de la calidad de vida de la población.

Según Laurent et al., (2014), La unidad funcional corresponde a “una unidad unitaria como la cantidad total de residuos generada por un distrito durante un año en específico, y a su composición”. Dicho esto, en esta investigación se especifica la cantidad de residuos sólidos municipales generados durante el año 2021 en el distrito de Ciudad Nueva correspondiente a 8147 toneladas/año. En cuanto a su composición, 3547.80 toneladas

corresponden a residuos sólidos domiciliarios y 707.17 toneladas a generación no domiciliaria, lo restante equivale a residuos sólidos municipales sin especificar.

**Descripción del sistema de gestión de residuos sólidos.** En cuanto a los residuos sólidos domiciliarios y no domiciliarios, como una breve descripción los residuos domiciliarios son aquellos residuos que son emitidos por las sustancias o cosas que las familias desechan, claramente no pasan por un proceso de clasificación y son más conocidos como desechos urbanos. Por otra parte, los residuos no domiciliarios son aquellos desechos que son provenientes de los centros públicos y privados, como por ejemplo los mercados, colegios, municipalidades, áreas públicas, etc.

Estos residuos son recolectados por camiones compactadores que todos los días hacen el recorrido para recoger los residuos que son almacenados en los contenedores que provee la municipalidad de ciudad nueva en distintos puntos del distrito. El recorrido consta de 4 rutas y la municipalidad cuenta con 2 camiones compactadores por lo cual cada camión realiza dos rutas, iniciando a las 4.00 AM. Hasta las 7.20 am la primera ruta y 8.20 am hasta las 11.40 la segunda ruta que termina con los camiones compactadores guardados en el estadio la bombonera.

Las rutas fueron establecidas por el proyecto que propuso la Municipalidad Distrital de Ciudad Nueva "RECORRIDO DE CAMIONES COMPACTADORES" donde delimitaron las rutas en un plano de recorrido para todo el distrito de ciudad nueva.

La cantidad de residuos recolectados por año la medimos en toneladas, dando como resultado 3547,80 tn/año de residuos domiciliarios y 707,17 tn/año de residuos no domiciliarios. Los cuales se expresan en las siguientes tablas.

La recolección de residuos orgánicos se da en el mercado principal del distrito de ciudad nueva el cual es un plan desarrollado que se basa en la recolección de residuos orgánicos para posteriormente poder aprovecharlos por medio del compostaje, el plan consta de la recolección de residuos de fruta de las jugueras del mercado y las verduras que desechas las verduleras porque ya no eran útiles para la venta. Las cuales eran entregadas y recolectadas en bolsas polietileno, dentro de lo recolectado se encuentra (cascaras, verduras pasadas, frutas en descomposición, cascaras de huevo, entre otro). La recolección se realiza de lunes a viernes en las mañanas de 9.00 am hasta las 9.30 am, luego los residuos orgánicos recolectados son llevados al centro de compostaje

ubicado en el estadio bombonera, exactamente al costado del vivero para ser valorizados y picados para realizar el compost.

La valorización de los residuos se da en dos tipos, los residuos de alimentos que en total se dio 19,21 t/año y otros residuos orgánicos 29.07 t/año.

Recolección de Residuos inorgánicos. Para la recolección se planteó rutas diarias para poder hacer más eficiente la recolección. Durante el ruteo de zonas por día: Al observar el mapa Distrital De Ciudad Nueva, se notó que la MDCN está sectorizada en cuatro partes, los cuales al ser plasmados en las hojas de ruteo nos da una hoja por zona, es por ello que se empezó desde el día martes a viernes (zona uno al cuatro), se iniciaron las actividades desde las 8:30 am hasta la 1:30 pm durante todo el año, la recolección en la fuente se dio en las viviendas empadronadas las cuales estaban identificadas con stickers, al momento de recoger las bolsas de polietileno con un contenido de material reciclable (botellas PET, cartones, latas, entre otros). Pasan a ser pesados mediante una balanza manual, posterior viene siendo anotado en la hoja de empadronados con un visto de participación voluntaria, así mismo se le entrega una o dos bolsas de polietileno adicionales para que la vivienda empadronada siga segregando y reciclando para una nueva visita que fue al pasar una semana, luego de terminar el día se juntaron las bolsas de polietileno en un saco grande para su posterior transporte en uno de los puntos de acopio designados en la hoja de ruteo, finalmente mediante una motocarga fueron trasladados los sacos que se encontraban en el punto de acopio al centro de acopio final, ubicado en el estadio la bombonera de la MDCN.

El transporte de los carros compactadores que llevan los residuos sólidos en el distrito de Ciudad Nueva, esta sectorizado en 4 rutas que cubren todo el distrito. En las cuales se trabajan con dos carros compactadores, el primer camión compactador es "EGW-771" y el segundo es "EGV-291" los cuales llevan aproximadamente entre 10 a 12 toneladas de residuos sólidos. Para el transporte se usa gasolina, por ellos hacemos este estudio para poder cuantificar cual es el impacto que se genera por el uso de esta. Como se mencionó cada camión realiza 2 rutas, las cuales cubren todo el distrito de ciudad nueva, dos rutas inician en el estadio Bombonera, luego de recolectar todos los residuos sólidos pasan a llevarlos al botadero municipal para finalmente terminar en el grifo municipal para poder realizar la recarga de gasolina, una vez recargados los dos camiones compactadores se procede a realizar la siguiente ruta. La distancia que recogen todos los días en total es de 94.08 km. (se adjunta los planos en la parte de anexos para su revisión).

**Límites del sistema.** Se definen la esencia y profundidad del estudio o investigación, es por ello por lo que de acuerdo con la metodología de la ISO 14040 e ISO 14044 se ha decidido establecer los siguientes ítems: Límite espacial, la investigación se limita al distrito de Ciudad Nueva, el cual cuenta con una superficie de 173.4 km<sup>2</sup>, con una población de 31,866 habitantes, y presenta una tasa de generación de residuos per cápita de 0,30 kg/hab/día (INEI, 2017).

Límite temporal, se ha considerado en la realización de esta investigación los datos obtenidos a través del “Sistema de Gestión de Residuos Sólidos de la municipalidad distrital de Ciudad Nueva durante el año 2021. Límite por tipo de residuos, para el desarrollo del análisis de ciclo de vida aplicado a un sistema de gestión de residuos en la municipalidad de Ciudad Nueva se ha tomado en cuenta los residuos sólidos domiciliarios (compuesto por restos orgánicos, papel, cartón, vidrio, plástico, metales y residuos no aprovechables) y los no domiciliarios (proveniente de instituciones educativas, restaurantes, barrido, establecimientos comerciales, instituciones públicas y privadas, mercados y hoteles), generados dentro del distrito, por su parte, los residuos especiales no se han tomado en cuenta dada la nula información presente en los documentos. Límite del proyecto, todo proyecto cuenta con limitaciones para su aplicación y culminación. En este caso las limitaciones que se han presentado son la falta de información o el orden de la información clasificada. Por otro lado, la falta de compromiso que pueda existir por parte de la población y sus partes interesadas al momento de la aplicación del proyecto.

## **b) Análisis del inventario del ciclo de vida**

En esta fase se identificaron todas las entradas (consumo de recursos y materiales) y salidas (emisiones y residuos) que se encontraron en cada proceso.

Para el análisis del escenario actual se tomaron los datos de inventario relativos a las entradas y salidas de los procesos de mayor relevancia dentro del sistema de gestión de residuos sólidos.

Una vez identificados los datos de entrada y salida se cuantificaron los impactos ambientales que son potencialmente peligrosos. Bajo este contexto tuvimos:

Rutas de segregación: Proceso el cual todos los días hábiles de la semana el personal de practicantes de la subgerencia ambiental de la municipalidad de Ciudad Nueva pasaba a recolectar residuos sólidos inorgánicos en fuentes domiciliarias que se pudieran reciclar, estas rutas eran

cuantificadas mediante un censo y los residuos que acumulan eran pesados y clasificadas según su tipo por REMAR.

Planta de compostaje: para este proceso se realiza una valorización para los residuos sólidos orgánicos, el cual se basa en la recolección de los residuos orgánicos del mercado de Ciudad Nueva (Jugueras y Verduleras), las cuales nos entregaban en las bolsas de polietileno, frutas y verduras que ya no eran útiles para la venta (cáscaras, frutas en descomposición, verduras pasadas, cáscaras de huevos, entre otros), para posteriormente ser transportados al centro de compostaje ubicado en el estado de la Bombonera de la MDCN, en el cual se lleva un pesaje diario de cuanto entra de residuos orgánicos y cuanto compost sale al final.

Consumo de combustible: el consumo de combustible también es importa para el inventario debido a que es un dato de entrada para obtener las emisiones de CO<sub>2</sub> en el proceso de transporte.

### **c) Evaluación del impacto del ciclo de vida**

La metodología de la evaluación y los tipos de impacto. A partir de esta fase, se tendrá los datos y se podrá relacionar las entradas y eliminaciones en los inventarios con los posibles efectos ambientales que podrían dañar la salud humana y los recursos naturales. El objetivo de esta fase es el más significativo porque se encarga de clasificar y evaluar los posibles efectos ambientales que puedan derivarse. La metodología de construcción de modelos se utiliza para evaluar los impactos ambientales en este estudio de análisis del ciclo de vida (ACV), que se explicará con más detalle más adelante.

### **d) Interpretación del ciclo de vida**

En la fase de interpretación del ciclo de vida es donde ya se conocen los posibles impactos que se generan dentro de los procesos del sistema de gestión de residuos sólidos. El objetivo de esta fase es poder interpretar y discutir los datos obtenidos, esta información nos ayudara a entender en que proceso es donde hay más impactos y por qué existen estos. Por otra parte también nos permite crear escenarios que mejoren la situación actual, simulando con nuevos datos o un nuevo inventario que sea más controlado, plantear nuevas metodologías para mejorar la eficiencia de los procesos y que generen menos impactos ambientales.

#### **2.2.4. Análisis de ciclo de vida en un sistema de gestión de residuos sólidos municipales**

Dado el desarrollo tecnológico y económico del ser humano durante las últimas décadas, la gestión de residuos sólidos se ha vuelto un tema importante a tratar, ya no solo por la cantidad existente de residuos sólidos sino también por su compleja composición. Esto se interpreta a una complejidad mayor de los sistemas

#### **2.2.5 Análisis de ciclo de vida a nivel nacional**

Según Ziegler (2018), menciona la poca o nula publicación de artículos o trabajos de investigación en el Perú dirigido, justamente, al Sistemas de Gestión de Residuos Sólidos. Sin embargo, el tema mejora un poco si observamos otros sectores como el sector construcción donde se plantea un ACV comparativo para edificaciones multifamiliares, tal y como lo propuesto por (Cáceres, 2016), o como (Calle, 2020) quien propone un ACV para un edificio de oficinas, o tal vez como lo propuesto por (Márquez, 2015), quien evalúa el Ciclo de Vida de un proyecto de puente, existen otros trabajos dirigidos a la evaluación de ACV a pequeños tramos de territorios a través del asfaltado (Jara et al., 2018) la implementación de adoquines en pavimento (Tocto, 2020) asimismo, otros autores plantean determinar el impacto ambiental a través de ACV para la construcción del Colegio de Arquitectos en Chimbote (Gil y Velásquez, 2018).

Dentro del Perú, se destaca a la Red Peruana Ciclo de Vida y Ecología Industrial (PELCAN) como la única, o una de las pocas, en su rubro. Esta red perteneciente a la Pontificia Universidad Católica del Perú comenzó a desarrollarse y desenvolverse a partir del año 2005, ahondado en el sector público como en el privado, en sectores agroindustriales, pesqueros y energéticos (Ziegler K. E., 2019).

#### **2.2.6. Sistemas de Información Geográfica**

Los Sistemas de Información Geográfica son herramientas analíticas que permiten identificar las relaciones espaciales entre los fenómenos poco estudiados. La distinción clave entre un SIG y otros paquetes de software de diseño gráfico es que un SIG es fundamentalmente una base de datos espacial, dándole un nivel de calidad sin precedentes en la creación de análisis enfocados en resolver problemas del mundo real que afectan el espacio geoespacial. La información cartográfica almacenada



digitalmente y la información basada en atributos organizada en tablas son almacenadas por el SIG. Los datos descriptivos recogidos en las tablas permiten consultas, análisis, gráficos e informes sobre datos espaciales (Ingeoexpert, 2020).

Un sistema de información geoespacial (SIG) es un marco para recopilar, gestionar y analizar datos. El SIG integra varios tipos de datos y tiene sus raíces en las geociencias. Analizar las áreas de almacenamiento de información espacial y orgánica para su visualización utilizando mapas y escenas 3D. Con esta capacidad única, GIS revela información más profunda oculta en los datos, como relaciones, situaciones y usuarios, y ayuda a los usuarios a tomar decisiones más sabias.

Los Sistemas de Información Geográfica se presentan en el contexto de la sociedad de la información como “un conjunto de herramientas informáticas destinadas a la adquisición, almacenamiento, análisis y representación de datos espaciales” (Ordóñez & Martínez-Alegría, 2003).

Sanches, (2021) menciona que en función de modelo de datos que se implementa en cada uno de los sistemas se puede ver 3 grandes grupos de sistemas de información geográfica: SIG Raster, SIG vectoriales, y SIG con un modelo de datos que están orientados a objetivos específicos. Aunque para nuestro presente, la mayor parte de los sistemas que existen, pertenecen a los dos primeros grupos.

#### Aplicaciones del SIG

Según (Alonso, 2006) menciona que las aplicaciones de un SIG pueden estar relacionadas con cualquier actividad que trabaja con el espacio, entre las aplicaciones que más destacan es la parte científica, la parte de gestión y las aplicaciones empresariales

Para comprender mejor todas las tecnologías GIS, A continuación, se detallarán algunas de las aplicaciones desarrolladas actualmente. La aplicación es básicamente un desarrollo especial del programa GIS utilizado.

Estos adelantos pueden darse en varias áreas de la tecnología: informática (mejora de la representación digital de mapas, avance de procesos GIS internos), topografía y geodesia (reducción del número y extensión de errores cartográficos), y así.

Todas estas aplicaciones fueron desarrolladas en base a los anuncios de SIG. La mayoría de los lenguajes de programación SIG Parallel ofrecen oportunidades para el avance. Algunos paquetes de software comercial están escritos en su propio lenguaje de programación (ArcView), mientras que otros están basados en lenguajes de propósito general (Visual Basic, C++, Visual C, etc.). Sin embargo, todos los hablantes

comerciales de SIG pueden confiar en uno de estos idiomas más recientes. Desarrollo. Sin embargo, es más explícito presentar una clasificación de las solicitudes según la ubicación de la solicitud:

- Inventario y gestión de los residuos naturales.
- Los SIG simplemente como archivos espaciales.
- Planificación y gestión urbana.
- Catastro y sistemas de información catastral (SIC/LIS)
- Gestión de instalaciones (AM/FM)
- La utilidad del SIG en estos casos es la de gestionar correctamente cualquier tipo de infraestructura.
- Geo demografía y marketing.
- Transporte.

### **2.3. Definición de términos**

#### **2.3.1. Análisis de Ciclo de Vida**

Es un tipo de investigación que cuantifica los posibles aspectos y efectos ambientales a lo largo del ciclo de vida de un producto o actividad (Envira, 2021).

#### **2.3.2. Compostaje**

Es un proceso de conversión de materia orgánica con el fin de generar compost, el cual es un abono natural (MMA, 2018).

#### **2.3.3. Contaminación**

Es la presencia de elementos biológicos, químicos u otros indeseables en el ambiente que dañan a cualquier ser vivo que habite un espacio, incluyendo, naturalmente, a los humanos (BBVA, 2020).

#### **2.3.4. Gestión de Residuos Sólidos**

Es un conjunto de operaciones (recogida, transporte, reciclaje, reutilización, eliminación) realizadas en el marco de la gestión de residuos y el control de estos procesos y su regulación (CESUMA, 2012).

### **2.3.5. Impactos ambientales**

El impacto ambiental es una alteración al equilibrio ecológico, que causa graves daños y perjuicios a la salud y bienestar de las personas, así como también para el medio ambiente por medio de categorías que crean contaminación a causa de la acción humana (MAPFRE, 2020).

### **2.3.6. ISO 14040**

Esta Norma Internacional cubre los estudios de Análisis del Ciclo de Vida (ACV) y Evaluación del inventario de Ciclo de Vida (ICV) (ISO, 2006).

### **2.3.7. Reciclaje**

Proceso que esencialmente reutiliza materiales que han sido desechados y que aún son adecuados para la fabricación de otros productos o la re-fabricación de dichos productos (Viana, 2020).

## CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO

### 3.1. Diseño de la investigación

Dado que los datos se obtendrán de documentos, el diseño de la presente investigación será no experimental. En cuanto al tipo, la investigación cae bajo Descriptivo porque estamos tratando de medir el efecto de un sistema de gestión cuantitativa de residuos sólidos.

### 3.2. Acciones y actividades

#### 3.2.1. Flujos de entrada y salida de cada proceso del Sistema de Gestión de Residuos Sólidos.

##### a) Recojo y transporte

Dentro de las actividades de recojo y transporte de residuos se consideró importante la recolección de datos relacionados al recorrido anual de los vehículos usados para la disposición final (km), la capacidad (t) y la cantidad de galones de diésel consumido durante el año (gal/año) que duró el sistema de gestión de RRSS. Tal como se muestra en la tabla 2.

**Tabla 2**

*Datos de vehículos convencionales para disposición final*

Placa	Recorrido anual (km)	Capacidad (t)	Recolección anual (t)	Cantidad (gal/año)
EGV291	169067	11	8030.00	3895
EGW771	17432	6	4380.00	4140

*Nota.* Adaptado del Sistema de Información para la Gestión de Residuos Sólidos de la Municipalidad distrital de Ciudad Nueva 2021.

Asimismo, se optó por considerar la etapa de recolección de residuos valorizables hasta el centro de acopio ubicado actualmente en el estadio “La bombonera”, previo recojo de los residuos por parte de la asociación de recicladores y segregadores REMAR Tacna.

**Tabla 3***Datos de vehículos convencionales para recolectado para valorización*

Placa	Recorrido anual (km)	Tipo de vehículo	Capacidad	Cantidad (gal/año)
<b>V8Z727</b>	451.00	Camión barandas	1,4	365.00

*Nota.* Adaptado del Sistema de Información para la Gestión de Residuos Sólidos de la Municipalidad distrital de Ciudad Nueva 2021.

Para el cálculo de emisiones de CO<sub>2</sub> liberado, por cada camión y dependiendo de su función se consultó a una fuente bibliográfica diferente. Primero, el caso de los camiones utilizados para el traslado de residuos al botadero municipal, Bórquez (2019) estima una emisión media de 2.69 kg de CO<sub>2</sub> por cada litro de combustible consumido. Para el caso del camión utilizado en el transporte de residuos valorizables, se consiguió las emisiones de CO<sub>2</sub> por kilómetro recorrido de la base de datos Spritmonitor (2016), el cual estimó una relación de 0.177 kg de CO<sub>2</sub> liberado por cada kilómetro recorrido. Como se menciona en la tabla 4.

**Tabla 4***Emisiones de CO<sub>2</sub> liberado por cada camión*

Placa	Factor de emisión CO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub> emitido
EGV291	2,69 kg	454790,23
EGW771	2,69 kg	46892,08
V8Z727	0,177 kg	79,827
TOTAL, de CO <sub>2</sub> liberado en kg		501762,137

*Nota.* Adaptado de la subgerencia ambiental de la Municipalidad de Ciudad Nueva

**b) Compostaje**

Para el desarrollo del proceso llevado en la planta de compostaje, fue necesario consultar a la Subgerencia ambiental de la municipalidad de Ciudad Nueva datos concernientes al total de residuos orgánicos recolectados y valorizados durante el año 2021, así como el total de compost (como producto final) producido durante el mismo año, tal como se muestra en la tabla 5.

**Tabla 5***Residuos sólidos orgánicos recolectados durante el año 2021*

<b>Meses</b>	<b>Recolectado (m)</b>	<b>Valorizado</b>	<b>Compostaje</b>
Enero	1,57	1,54	
Febrero	2,41	2,32	0,58
Marzo	2,57	2,42	0,88
Abril	3,62	3,35	0,92
Mayo	3,57	3,22	1,27
Junio	3,36	3,09	1,22
Julio	2,00	1,78	1,17
Agosto	2,61	2,36	0,68
Septiembre	2,56	2,28	0,90
Octubre	2,38	2,09	0,87
Noviembre	2,33	2,16	0,79
Diciembre	2,45	2,30	0,82
<b>TOTAL</b>	<b>31,43</b>	<b>28,90</b>	<b>0,87</b>
			<b>10,98</b>

*Nota.* Adaptado de la Meta Final de Valorización de residuos orgánicos 2021, proporcionado por la Subgerencia ambiental de la municipalidad de Ciudad Nueva

Durante el proceso de compostaje, los residuos que ingresan (flujos de entrada) correspondieron en su totalidad a residuos sólidos orgánicos, sin embargo, estos se fragmentaron en tres grupos, la primera fracción correspondió a residuos de fruta proporcionado por los puestos de jugo del mercado de abastos de ciudad nueva, la segunda fracción derivó en residuos de verdura obtenidos, también, del mercado de abastos de ciudad nueva, y la tercera fracción de residuos fue producto del mantenimiento de las áreas verdes a través de actividades como la poda.



Tabla 7 (continuación)

Tipo de residuo	Barrido	Establ. comercial	Restauran t	Hotel	Inst. Educativa	Inst. Públ. Y Priv.	Mercado	%	% total
Blanco	6,05	0,44	0,21	0,0 2	1,54	3,23	0,03	11,52	14,34
Periódico	0,46	0,14	0,03	0	0,22	0	0,11	0,96	
Mixto	0,92	0,1	0,01	0,0 6	0,26	0,41	0,1	1,86	
Cartón									
Blanco	0,4	0,09	0	0,0 1	0	0,15	0,02	0,67	10,03
Marrón	2,36	0,32	0,08	0,0 5	1,54	0,58	1,22	6,15	
Mixto	1,75	0,42	0	0,0 6	0,54	0,34	0,1	3,21	
Vidrio									
Transparente	0,77	0,32	0,25	0,2 8	0	0	0	1,62	1,90
Otros colores (marrón- ámbar, verde, azul, entre otros)	0,06	0,03	0	0,1 9	0	0	0	0,28	
Otros (vidrio de ventana)	0	0	0	0	0	0	0	0	
Tereftalato de polietileno	1,83	0,45	0,18	0,3 1	0,61	0,32	0,1	3,8	7,67
Polietileno de alta densidad	0,38	0,05	0,03	0,0 6	0,09	0,16	0,01	0,78	
Polietileno de baja densidad	0,69	0,14	0,15	0,1 2	0,42	0,09	0,12	1,73	
Polipropileno	0,38	0,04	0,02	0,0 8	0,19	0,14	0,02	0,87	
Poliestireno	0,23	0,05	0,03	0,0 3	0,01	0,09	0,03	0,47	
Policloruro de vinilo	0,01	0,01	0	0	0	0	0	0,02	
Residuos inorgánicos									
Tetra brik (envases multicapa)	0	0	0	0,0 1	0	0	0,06	0,07	0,07



Tabla 7 (continuación)

Tipo de residuo	Barrido	Establ. comercial	Restauran t	Hotel	Inst. Educativa	Inst. Públ. Y Priv.	Mercado	%	% total
Metales									
Lata (Hojalata)	2,06	0,07	0,12	0,05	3,37	0	0,03	5,7	6,78
Acero	0,04	0,02	0	0	0	0	0,01	0,07	
Fierro	0	0	0	0	0	0	0	0	
Aluminio	0	0	0	0	0	0	0	0	
Otros metales	0,37	0,01	0,01	0,01	0,61	0	0	1,01	
Residuos no aprovechables									
Bolsas plásticas	2,05	0,3	1,13	0,27	0,63	0,78	1,65	6,81	20,21
Papel higiénico/pañales/ oallas sanitarias	2,22	0,21	0,81	0,81	0,57	1,09	0,65	6,36	
Pilas	0,01	0	0	0	0	0	0,01	0,02	
Tecnopor (poliestireno expandido)	0,44	0,06	0,02	0,08	0,25	0,12	0,02	0,99	
Residuos inertes (tierra, piedras, cerámicos, ladrillos, otros.)	2,49	0,11	0,09	0,06	2,65	0,57	0,06	6,03	
Residuos inorgánicos									
Textiles (telas)	0	0	0	0,05	0	0	0,01	0,06	0,06
Caucho, cuero, jebe	0	0	0	0	0	0	0	0	
Restos de medicamentos	0,12	0,05	0	0	0	0	0	0,17	3,2500
Envolturas de snacks, galletas, caramelo, entre otros	0,85	0,15	0,03	0,03	0,86	0,01	0,03	1,96	
Otros residuos no categorizados	0,49	0,15	0,03	0,03	0,24	0	0,18	1,12	

Nota. Elaboración propia, adaptado del Sistema de Información para la Gestión de Residuos Sólidos de la Municipalidad distrital de Ciudad Nueva 2021

**Tabla 8***Caracterización de residuos sólidos domiciliarios en unidades porcentuales*

<b>Composición</b>	<b>Porcentaje</b>	<b>Total %</b>
Residuos orgánicos		
Residuos de alimentos	49,52	51,93
Residuos de maleza y poda	0,42	
Otros residuos orgánicos	1,99	
Papel		
Blanco	0,69	3,19
Periódico	0,3	
Mixto	2,2	
Cartón		
Blanco	0,55	2,61
Marrón	1,21	
Mixto	0,85	
Vidrio		
Transparente	1,91	2,52
Otros colores (marrón- ambar, verde, azul, entre otros)	0,4	
Otros (vidrio de ventana)	0,21	
Plástico		
Tereftalato de polietileno	3,34	7,34
Polietileno de alta densidad	0,85	
Polietileno de baja densidad	0,92	
Polipropileno	0,82	
Poliestireno	0,26	
Policloruro de vinilo	1,15	
Residuos inorgánicos		
Tetra brik (envases multicapa)	0	0
Metales		
Lata (Hojalata)	1,86	1,97
Acero	0,03	
Fierro	0	
Aluminio	0,04	

**Tabla 8 (continuación)**

<b>Composición</b>	<b>Porcentaje</b>	<b>Total %</b>
Otros metales	0,04	
Residuos no aprovechables		
Bolsas plásticas	6,71	28,59
Papel higiénico/pañales/toallas sanitarias	18,38	
Pilas	0,21	
Tecnopor (poliestireno expandido)	0,63	
Residuos inertes (tierra, piedras, cerámicos, ladrillos, otros.)	2,66	
Residuos inorganicos		
Textiles (telas)	0	0
Caucho, cuero, jebe	0	
Residuos no aprovechables		
Restos de medicamentos	0,28	1,85
Envolturas de snacks, galletas, caramelo, entre otros	0,87	
Otros residuos no categorizados	0,7	

*Nota.* Elaboración propia, adaptado del Sistema de Información para la Gestión de Residuos Sólidos de la Municipalidad distrital de Ciudad Nueva 2021.

Ya contando con los valores porcentuales de los denominados residuos domiciliarios y no domiciliarios, se procedió a obtener un promedio general. Tal como se muestra en la tabla 9.

**Tabla 9**

*Promedio de residuos sólidos municipales generados por el distrito de Ciudad Nueva*

<b>Composición</b>	<b>Promedio de residuos domiciliarios y no domiciliarios</b>	<b>Tonelada</b>
Residuos orgánicos	43,81	3569,2007
Papel	8,765	714,08455
Cartón	6,32	514,8904
Vidrio	2,21	180,0487
Plástico	7,505	611,43235

**Tabla 9 (continuación)**

<b>Composición</b>	<b>Promedio de residuos domiciliarios y no domiciliarios</b>	<b>Tonelada</b>
Residuos inorgánicos	0,035	2,85145
Metales	4,375	356,43125
Residuos no aprovechables	24,4	1987,868
Residuos inorgánicos	0,03	2,4441
Residuos no aprovechables	2,55	207,7485
<b>Total</b>	<b>100,0</b>	<b>8147</b>

*Nota.* Elaboración propia, adaptado del Sistema de Información para la Gestión de Residuos Sólidos de la Municipalidad distrital de Ciudad Nueva 2021.

#### **d) Propuesta de rutas**

Se tomo las distancias que se simularon para recorrer todas las rutas de recolección de reciclaje y el de compost, para poder simular el escenario. Tal como se muestra en la tabla 19 del capítulo resultados.

### **3.2.2. Impactos ambientales causadas por el Sistema de Gestión de Residuos Sólidos.**

La metodología aplicada para las condiciones de impacto optadas en la presente investigación, fueron extraída de CML 2000, el cual fue desarrollado por los científicos del centro de ciencias ambientales que está en la universidad de Leiden (Países Bajos). Esta metodología esa configurada para emplearse en las “fases de evaluación de impacto del ciclo de vida” usando los estándares de las normas ISO. Este método de análisis de impacto cuenta con una base de datos ecoinvent acompañado de la metodología CML la cual trabaja con varias categorías de impacto ambiental. Esta metodología funciona vinculando los flujos que se encuentran en el ecoinvent con los datos de las sustancias o factores de caracterización que tenemos.

### **a. Indicadores de categoría**

Potencial Acidificación: Se basa en la deposición de los ácidos que resultan de la liberación de sulfuros y óxidos de nitrógeno en el suelo, atmosfera y el agua, en el cual la acides suele variar del medio, lo cual afectara a la fauna y flora que están cercanos al estudio. Otros de los impactos que genera son la deforestación y también llega a afectar a los materiales de construcción. La acidificación es una de las categorías de impacto en la cual la escala geográfica toma mucha importancia, porque disminuye el pH, y reduce los nutrientes y aumenta la existencia de componentes tóxicos a un nivel alto (Sanchez, 2012).

El potencial de calentamiento global (PCG): se define como el cambio de temperatura media que se encuentra en la tierra, gracias a la “contribución de los gases de efecto invernadero”. Este potencial se expresa como la acumulación radiativa causada por los gases emitidos a la atmosfera, el más común el CO<sub>2</sub> (Seoanez, 2002).

Potencial de la destrucción de la capa de ozono: La disminución de la capa de ozono permite que la radiación UV-B ingrese y provoque daños a la salud humana. Gran parte de los bromuros y cloruros provocan la descomposición del ozono, para seleccionar las emisiones se usa el factor de potencial de destrucción de la capa de ozono, el cual fue creado por el “world Meterological Organization”

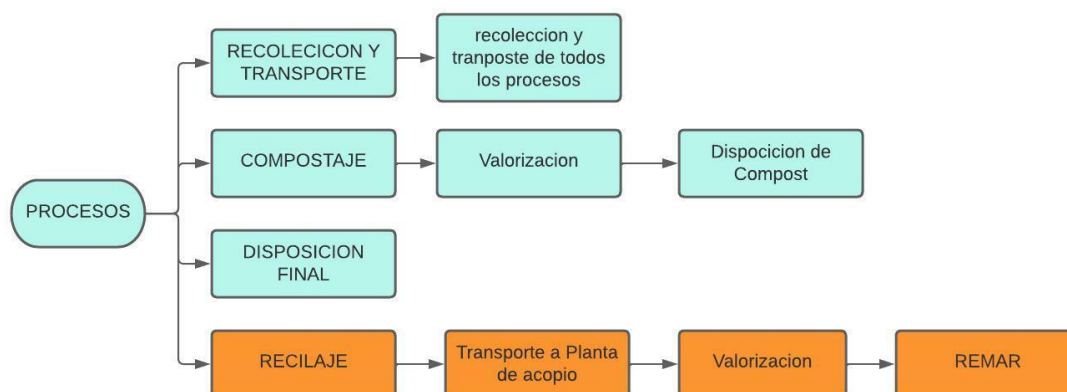
Potencial de oxidación fotoquímica: Con la ayuda de los óxidos de nitrógeno, radiación solar los cuales reaccionan con mezclas orgánicas, para producir el ozono troposférico, en verano es cuando este fenómeno se da principalmente, para el potencial de oxidantes fotoquímicos se tiene en cuenta la creación de ozono troposférico, pero también hay otros como el nitrato de peroxiacetilo (Vallejo, 2004).

### **b. Criterios de exclusión del proceso de reciclaje**

Para el proceso de reciclaje se optó por no analizar los impactos de eso proceso debido a que obtener los datos suficientes para analizarlos es muy difícil, debido a que el manejo y control de este proceso lo tiene la ONG REMAR la cual trabaja en el Perú creando programas de atención a la población marginal, para este caso REMAR se encarga de recolectar y valorizar todos los residuos inorgánicos que se recolectan por medio del proceso de reciclaje, es por este motivo que se decidió no trabajar con este proceso, debido a que REMAR es una ONG que trabaja fuera de la jurisdicción de la Municipalidad del Distrito de Ciudad Nueva, como se observa en la figura 8.

**Figura 8**

*Límites de los Procesos dentro del sistema de gestión de residuos sólidos*



*Nota.* En el diagrama se considera los procesos evaluados en la investigación de color celeste y los procesos no evaluados se muestra en los cuadros de color naranja.

### 3.2.3. Escenario más favorable para un sistema un Sistema de Gestión de Residuos Sólidos.

Para el escenario favorable se debe estar en la fase final del Análisis de Ciclo de Vida. En esta fase final tenemos la combinación de resultado del ICV y EICV, lo que nos permite obtener respuestas y resultados a los objetivos que nos establecimos cuando iniciamos el análisis de ciclo de vida, nos permite conocer a fondo todos los detalles negativos y positivos de los impactos, lo cual no puede dejar paso a conclusiones certeras y nos permite pensar en recomendaciones para optimizar el sistema de gestión de residuos sólidos.

#### a. Propuesta de un escenario que genere menos impactos ambientales

El escenario propuesto dentro de este análisis de ciclo de vida del sistema de gestión de residuos sólidos municipales del distrito de ciudad, parte del diseño y propuestas de rutas que abarquen no solo el único mercado de abastos con el que se trabaja actualmente, sino con los otros tres mercados de menor tamaño ubicado dentro del mismo distrito y que son desaprovechados. Este escenario plantea trabajar con el doble de residuos orgánicos con los que se elabora el compost actualmente, para ello se seguirá manteniendo la cantidad de residuos recolectados del mercado principal y la otra mitad será completada por los tres mercados sobrantes.

### 3.3. Materiales y Equipos

#### 3.3.1. Materiales

Los materiales y/o instrumentos utilizados durante el presente estudio para el Análisis de Ciclo de Vida del Sistema de gestión de residuos sólidos municipales del distrito de Ciudad Nueva fueron los siguientes:

- Reporte Anual Sistema de Información para la Gestión de Residuos Sólidos de la Municipalidad de Ciudad Nueva.
- Norma Internacional ISO 14040 Gestión ambiental- Análisis del ciclo de vida- Principios y marco de referencia.
- Norma Internacional ISO 14044 Gestión ambiental- Análisis del ciclo de vida- Requisitos y directrices.

#### 3.3.2. Equipos

Los equipos empleados durante el presente estudio para el Análisis de Ciclo de Vida del Sistema de gestión de residuos sólidos municipales del distrito de Ciudad Nueva fueron los siguientes:

- Laptop- 6HFU3M9Q ASUS TUF Gaming
- Laptop- ASUS FX53V Model Gaming

#### 3.3.3. Software

Los Softwares usados durante el presente estudio para el Análisis de Ciclo de Vida del Sistema de gestión de residuos sólidos municipales del distrito de Ciudad Nueva fueron los siguientes:

- Software ArcGIS (ESU912034157)
- Software OpenLCA (Versión libre)

### 3.4. Población y/o muestra de estudio

**Población:** La población de estudio pertenece al distrito de Ciudad Nueva, provincia y región Tacna. Según el INEI, a través el último censo realizado en el año 2017, este distrito cuenta con una población de 31,866 habitantes.

**Muestra de estudio:** la muestra de estudio fue la generación de residuos en kilogramos al año (kg/año) dentro del sistema de gestión de residuos sólidos.

### 3.5. Operacionalización de variables

La siguiente tabla 10 nos muestra la operacionalización de las variables

**Tabla 10**

*Operacionalización de variables de investigación*

Variable	Definición conceptual	Dimensiones	Indicador	Escala	Técnicas o métodos
<b>Carga Ambiental</b>	Entradas o efluentes de materia o energía de un sistema que tengan un impacto ambiental negativo. (Dextre, 2020)	Flujos de entrada.	Consumo de agua	Litros	<ul style="list-style-type: none"> <li>Análisis de Inventario:</li> <li>Reporte anual de Sistema de Gestión de Residuos Sólidos.</li> <li>Uso de Factores de emisión.</li> <li>Inventario de los datos META 3 de la municipalidad del distrito de Ciudad Nueva</li> </ul>
			Transporte	Kilogramo por kilometro	
			Residuos domésticos, comerciales e institucionales.	Kilogramo	
		Flujos de salida.	Emisiones al aire.	Kilogramos de CO <sub>2</sub> por kilómetro recorrido.	
				Kilogramo de CH <sub>4</sub> por kilogramo de residuo.	
				Kilogramo de CO <sub>2</sub> por kilogramo de residuo	
				Kilogramo de Al por kilogramo de residuo	
				Kilogramo de N <sub>2</sub> O por kilogramo de residuo	
				Kilogramo de VOC por kilogramo de residuo	
				Kilogramos.	
<b>Impacto Ambiental</b>	Producto de una actividad humana o proceso, que tiene un impacto en el medio ambiente que implica una alteración del equilibrio ecológico. (MAPFRE, 2020)	Categorías de impacto Ambiental.	Calentamiento Global.	Kilogramos de CO <sub>2</sub> equivalente.	Método de evaluación de impacto de CML
			Disminución de la capa de ozono.	Kilogramos de CFC-11 equivalente.	
			Formación de Foto oxidantes.	Kilogramos de C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> equivalente.	
			Acidificación.	Kilogramos de SO <sub>2</sub> equivalente.	



### 3.6. Procesamiento y análisis de datos

#### 3.6.1. Procedimiento de datos software openLCA

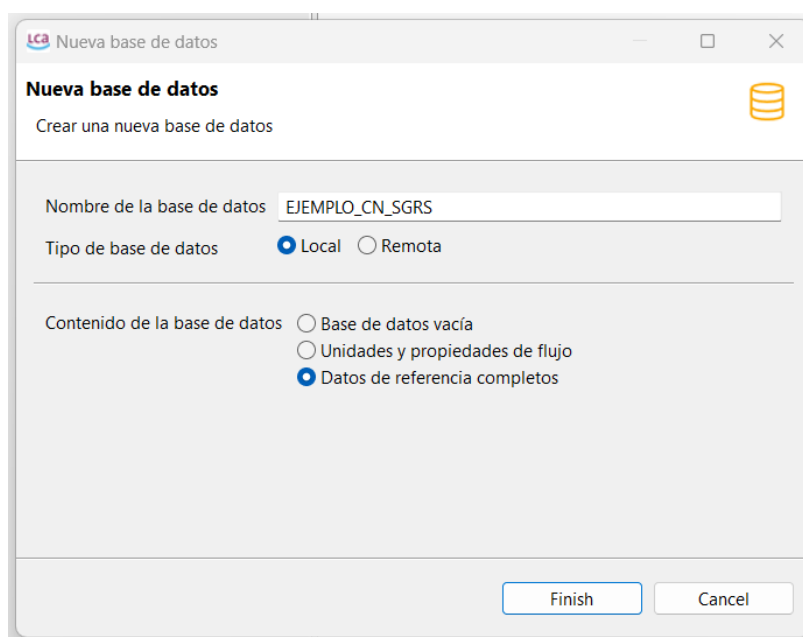
##### Importación de bases de datos

Para la importación de datos fue necesario el uso del repositorio virtual OpenLCA Nexus, a fin de poder conseguir una base de datos amplia. Las bases con las que se trabajó en esta investigación fueron “Agribalyse”, de origen francés y orientada a la fracción agrícola y de alimentos, “JRC European Commission” (ELCD), de procedencia euro continental y muy utilizada en los “Join Research Center”, “BioEnergieDat”, originario de Alemania y destinada a chains o cadenas de procesos en lo concerniente a la bioenergía, y parte de la base de datos gratuita de Ecoinvent.

Para la importación de bases de datos, fue necesario, primeramente, la creación de este, a través de click derecho y seguidamente la opción “New database”, se eligió el nombre de nuestra base de datos, se seleccionó el tipo local y contenido referenciado. Tal como se muestra en la figura 9.

**Figura 9**

*Creación de una base de datos*



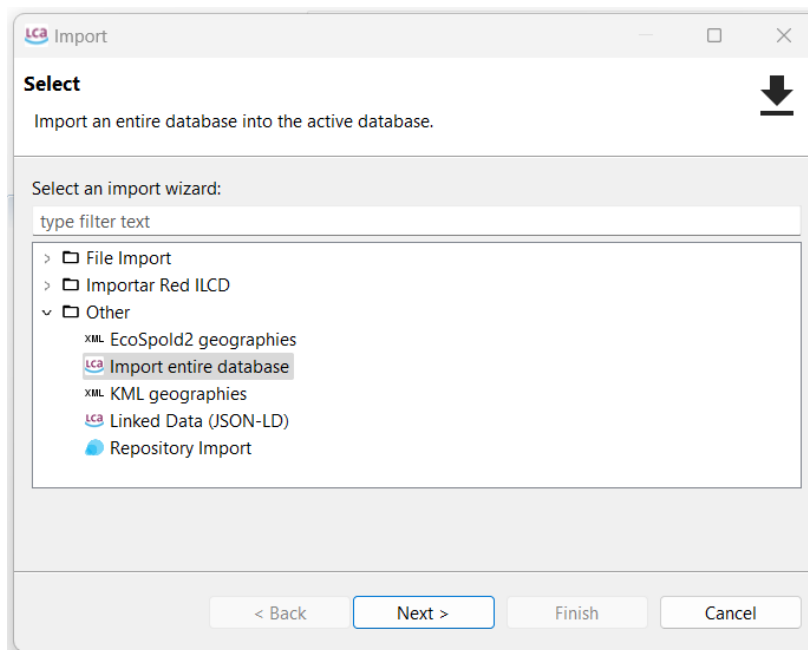
*Nota.* Adaptado del openLCA

Seguidamente, se importó las bases de datos como Agribalyse, ELCD, BIOENERGIEDAT, y Ecoinvent a través de click derecho en nuestra base de datos

previamente creada, se seleccionó la opción “other” e “Import entire database”, finalmente se seleccionó las extensiones “zolca” Tal como se muestra la figura 10.

**Figura 10**

*Importación de bases de datos*



*Nota.* Adaptado del openLCA

## Creación y asignación de flujos

Los flujos considerados dentro de los procesos estudiados fueron tomados como cargas ambientales de entrada y salida. Además, fueron de vital importancia al momento de evaluar los impactos en las diferentes categorías existentes.

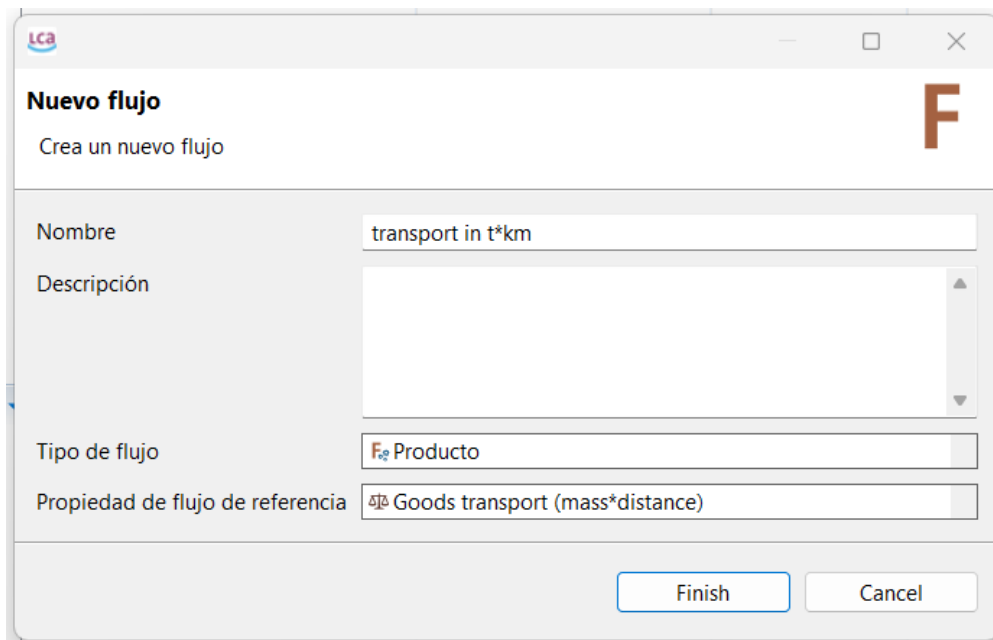
Los flujos utilizados dentro del presente trabajo de investigación fueron ,casi en su totalidad, planteados por las bases de datos importadas, sin embargo, los valores ya establecidos fueron modificados a partir de los datos con los que contábamos, a excepción de los flujos correspondientes a las emisiones generadas durante el proceso de compostaje.

Para la realización del proceso de recolección y transporte fue necesario la creación de un flujo de salida. A continuación mencionaremos los pasos que se dieron para su realización. Se empezó dando click derecho sobre la carpeta “Flujos “y seleccionando la opción “New flow”, colocando el nombre “transport in t\*km”,

seleccionando el tipo de flujo “Producto” , finalmente, se eligió las propiedades de flujo referencia “mass\*distance”, tal como nos muestra la figura 11.

### Figura 11

*Creación del flujo de salida correspondiente al proceso de recolección y transporte*



The screenshot shows a software window titled "Nuevo flujo" (New flow) with a large "F" icon in the top right corner. The window contains the following fields and values:

- Nombre:** transport in t\*km
- Descripción:** (empty)
- Tipo de flujo:** Producto
- Propiedad de flujo de referencia:** Goods transport (mass\*distance)

At the bottom right of the window, there are two buttons: "Finish" and "Cancel".

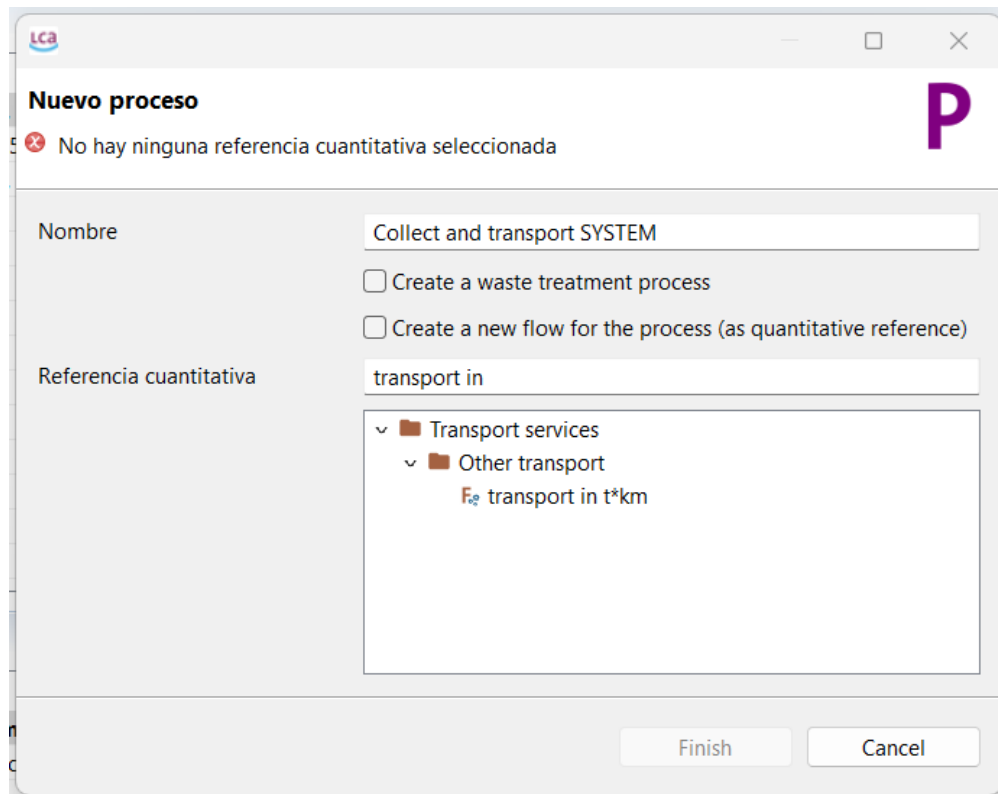
*Nota.* Adaptado del openLCA

### Creación de procesos

Ciroth et. al., (2019) define a los procesos como aquellas “actividades que transforman una entrada en salida”. Los procesos presentes dentro de esta investigación fueron parte de la base de datos importada de las diferentes bases. Sin embargo, el proceso correspondiente a la etapa de recolección y transporte fue creada por nosotros. Para establecer el proceso se dió click derecho a la carpeta “Procesos”, seguidamente, se procedió a colocar el nombre y buscar el flujo de transporte creado anteriormente en la sección de referencia cuantitativa, tal como se muestra en la figura 12.

**Figura 12**

*Creación del proceso de recolección y transporte*



The screenshot shows a software window titled "Nuevo proceso" (New process) with a purple "P" icon. At the top, a red error message states "No hay ninguna referencia cuantitativa seleccionada" (No quantitative reference selected). The "Nombre" (Name) field contains "Collect and transport SYSTEM". Below it are two unchecked checkboxes: "Create a waste treatment process" and "Create a new flow for the process (as quantitative reference)". The "Referencia cuantitativa" (Quantitative reference) field contains "transport in". Below this is a tree view showing "Transport services" expanded to "Other transport", which contains the flow "transport in t\*km". At the bottom are "Finish" and "Cancel" buttons.

*Nota.* Adaptado del openLCA

### **Creación y cálculo del sistema de producto**

Para la creación de un sistema de producto, se dirigió a la pestaña de información general y se dió click izquierdo sobre el cuadro "Crear sistema de producto". Esto se aplicó para todos los procesos desarrollados dentro del trabajo de investigación. Al crear un sistema de producto se puede verificar los diferentes flujos establecidos dentro del proceso a través de la pestaña "Diagrama del sistema", tal como se muestra en la figura 13.

**Figura 13**

*Creación de un sistema de producto*

**Nuevo sistema de producto**  
Crea un nuevo sistema de producto

Nombre: Collect and transport SYSTEM

Proceso de referencia:

- Collect and transport SYSTEM
- Compost-TAC-2021-residuos solidos organicos - PE
- Disposicion final escenario actual CN 2021 - PE
- Disposición final - PE
- Glass WASTE
- Inorganic WASTE
- Landfill of municipal solid waste-CN - PE
- Metal WASTE
- Organic WASTE
- Paper WASTE

Auto-link processes

Check multi-provider links (experimental)

Provider linking

Ignore default providers

Prefer default providers

Only link default providers

Preferred process type

Proceso unitario

Proceso agregado

Corte

Finish Cancel

*Nota.* Adaptado del openLCA

Seguidamente, se inició el cálculo del sistema de producto desde la pestaña de información general. A continuación, en propiedades de cálculo el método que se eligió para la asignación fue “Físico”, el método de evaluación de impacto “CML-IA baseline” y el tipo de cálculo “Análisis”. Esto aplicó para todas las etapas del sistema, tal como se nos muestra en la figura 14.

## Figura 14

### Cálculo de un sistema de producto

**Propiedades de cálculo**

Por favor, seleccione las propiedades para el cálculo

Método de asignación: Físico

Método de evaluación de impacto: CML-IA baseline

Grupo de normalización y ponderación:

Tipo de cálculo:  Resultados rápidos  Análisis  EICV Regionalizada  Simulación de Monte Carlo

Incluir cálculos de coste

Evaluar calidad de datos

< Back Next > Finish Cancel

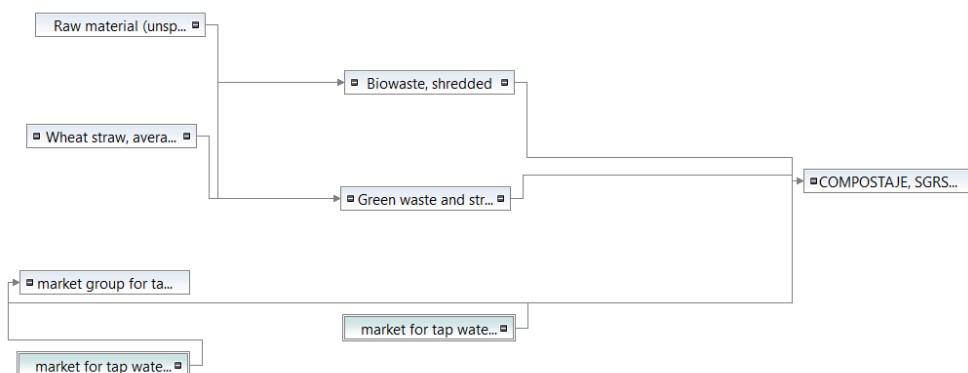
Nota. Adaptado del openLCA

## Diagrama de sistemas de los diferentes procesos

La Figura 15 nos muestra el diagrama de los procesos de compostaje.

## Figura 15

### Diagrama del sistema de compostaje

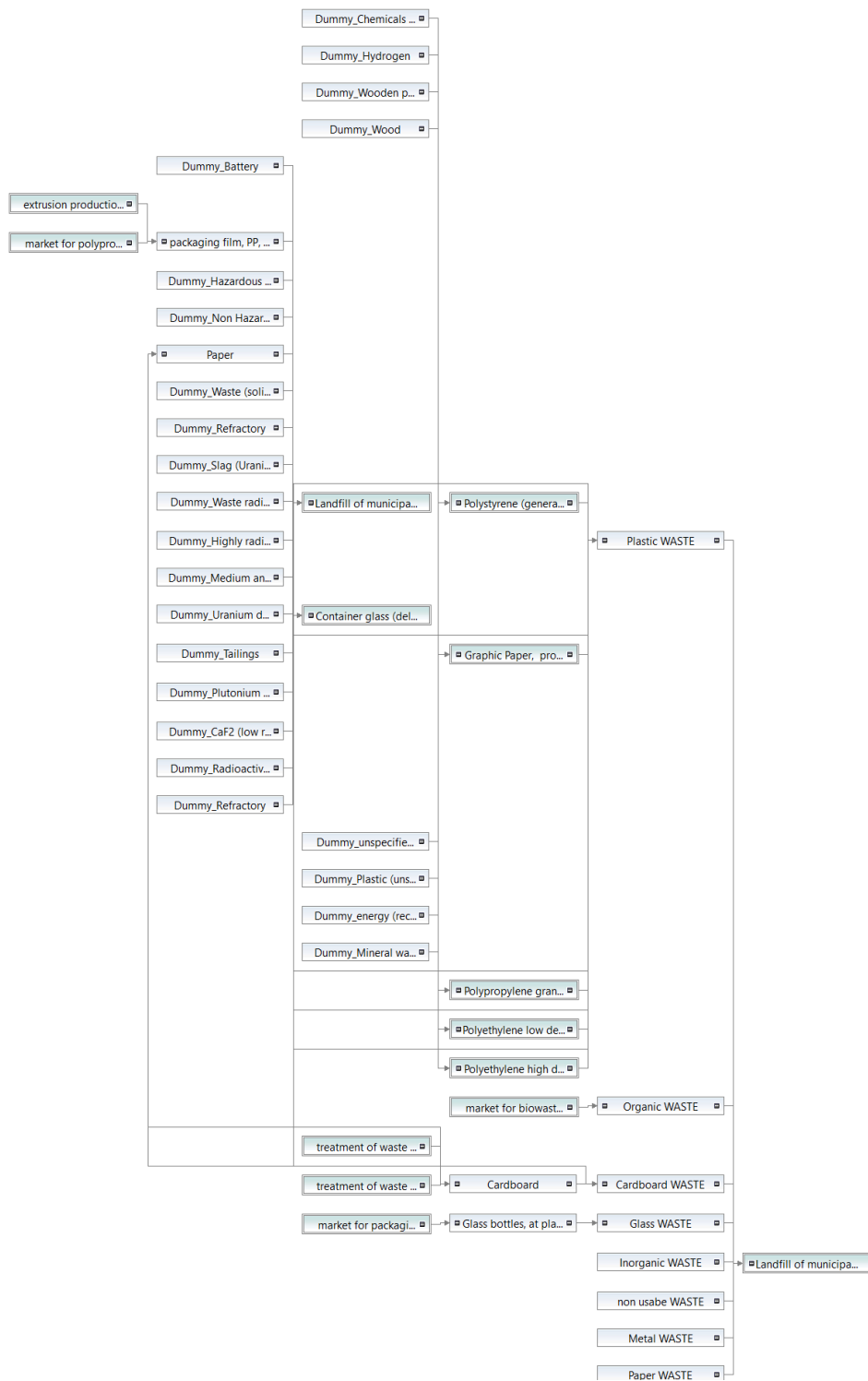


Nota. Adaptado del openLCA

Los procesos de la disposición final se nos muestran en la siguiente figura 16

**Figura 16**

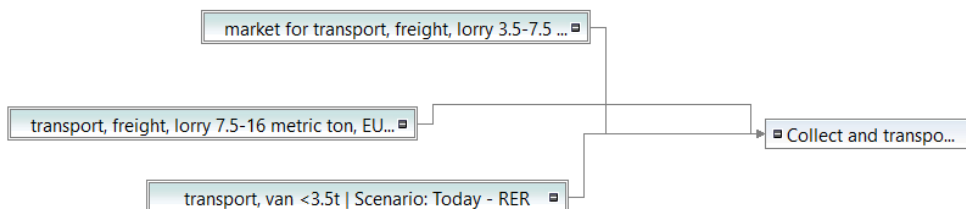
*Diagrama de la Etapa de Disposición Final*



Nota. Adaptado del openLCA

Los procesos de recolección y transporte se nos muestran en el diagrama de la figura 17.

**Figura 17**  
*Diagrama de recolección y transporte*

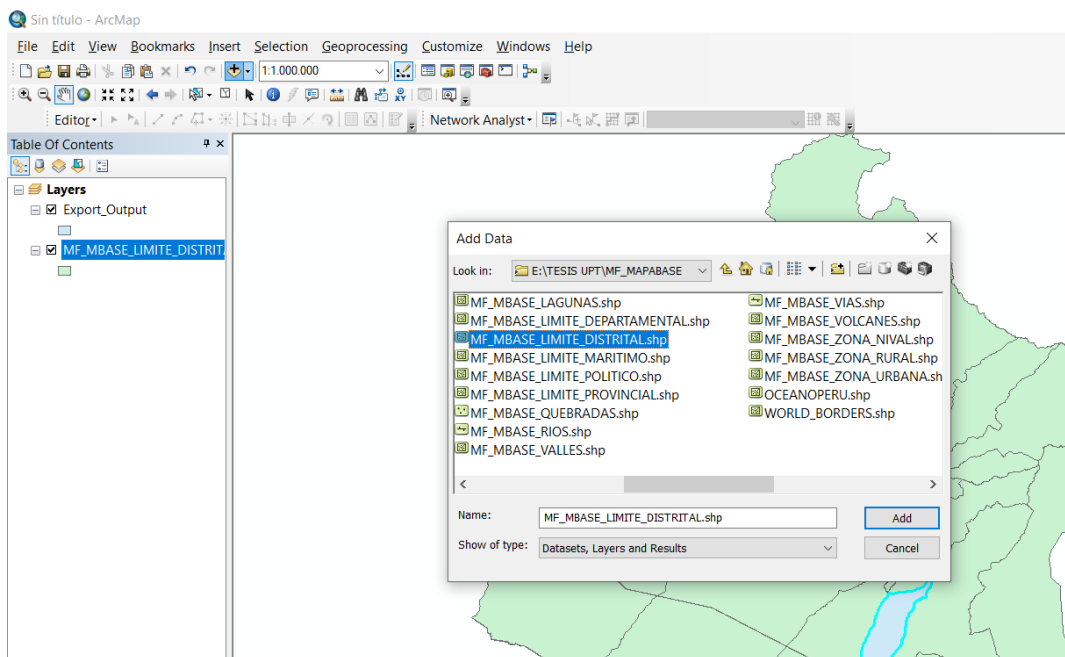


Nota. Adaptado del openLCA

### 3.6.2. Procesamiento de datos para la propuesta de Rutas

Se inicio ArcGIS seleccionó “Add Data” e insertar “MF\_MBASE\_LIMITE\_DISTRITAL.shp”, tal como se muestra en la figura 18.

**Figura 18**  
*Incorporación de dato*



Nota. Adaptado del ArcGIS

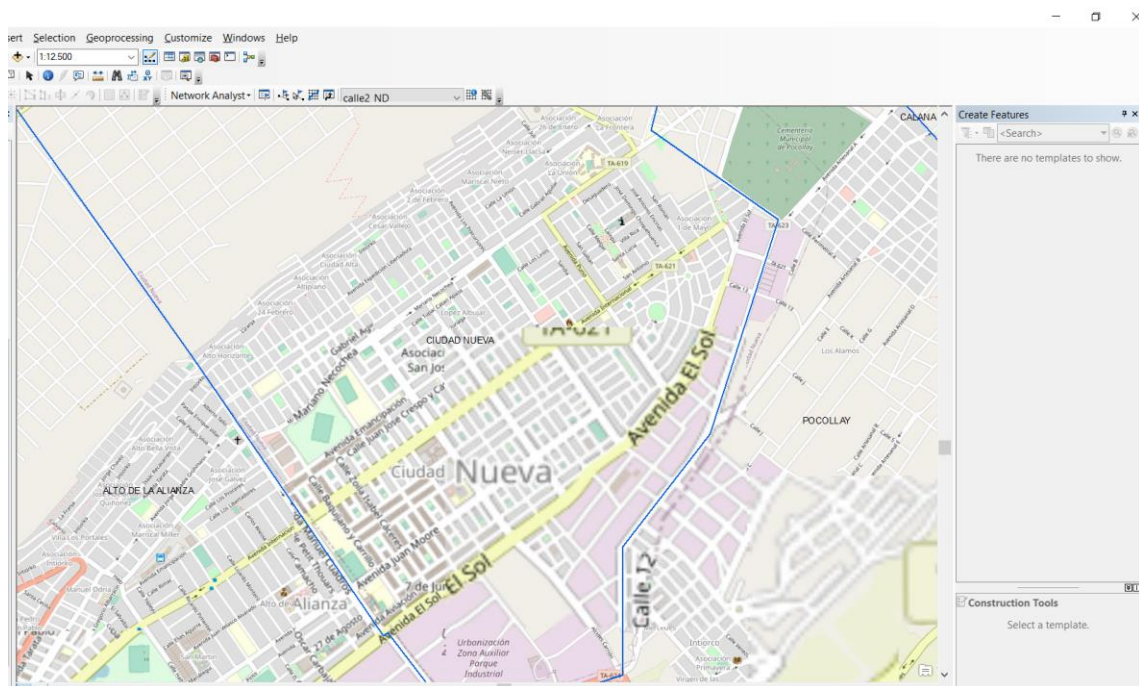


## Para la elaboración para propuesta de rutas de transporte de los camiones compactadores

En esta carpeta o archivo (shapefile) nos permitirá poder fijar todos los puntos de intersección de las vías y también en el trazo de las calles, para este proceso se considera los nodos iniciales y también los nodos finales, dependiendo del sentido de digitalización de las calles y vías. Por lo que, primero debemos crear una nueva carpeta en la barra de arcatalogo con el nombre de "NODOS" o "PUNTOS-VIAS" y le asignamos el sistema de coordenadas que está regido en nuestro país (PERU), "WGS 1984 UTM Zone 19S", tal como se nos muestra en la figura 19.

### Figura 19

Creación de "NODOS" o "PUNTOS-VIAS"



Nota. Adaptado del ArcGIS

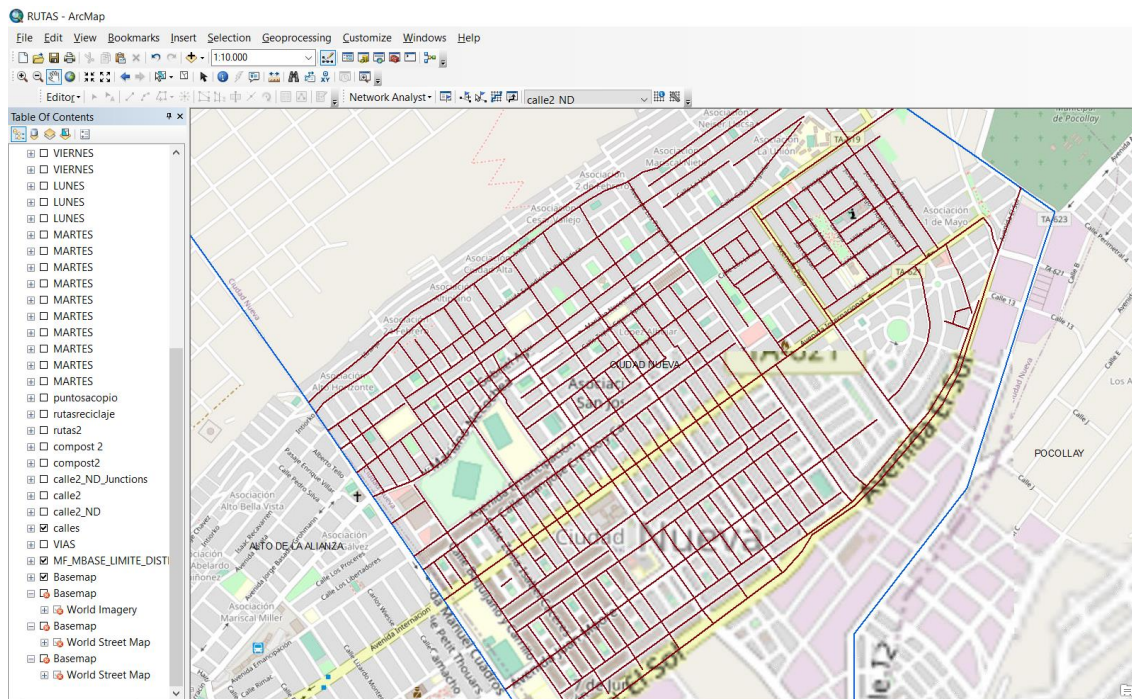
## Elaboración de un archivo shape de líneas (calles)

Después de haber creado la carpeta de "NODOS o PUNTOS", consideramos el nodo inicial y el nodo final relacionado con la codificación de cada uno de los puntos para la digitalización, se toma en cuenta los sentidos de las vías y calles. Para la creación de las líneas se tomará como base el mapa obtenido por la herramienta OpenStreetMap,

esta herramienta nos sirve para poder graficar acorde a los ejes viales que se presenta en cada uno de los tramos, como nos muestra la figura 20.

**Figura 20**

*Trazado de calles*



*Nota.* Adaptado del ArcGIS

Repitiendo el proceso se repite de la misma manera, se vuelve a crear una carpeta con el nombre de “vías” y también adicionamos otros campos en la tabla de atributos, esto nos permitirá la creación del “NETWORKDATASET”, que será nuestra base para la creación de esta, tal como se nos muestra en la tabla 11

**Tabla 11**

*Atributos del shape vías*

Campo	Descripcion	Tipo	Precision	Scale
F_NOTE	Nodo o Punto Inicial	Long Interger	8	
T_NOTE	Nodo o Punto Final	Long Interger	8	

**Tabla 11 (continuación)**

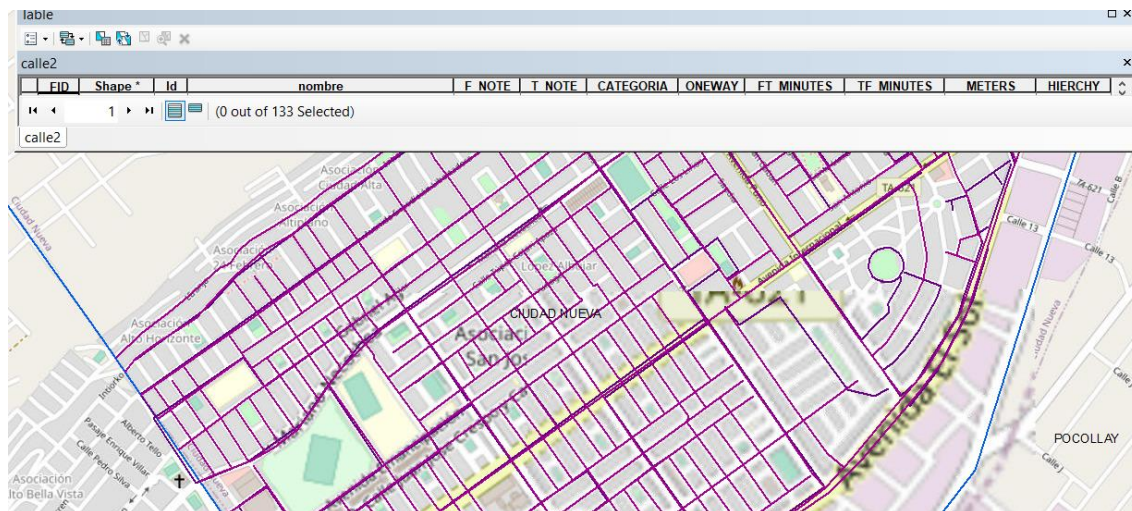
<b>Campo</b>	<b>Descripción</b>	<b>Tipo</b>	<b>Precisión</b>	<b>Scale</b>
NOMBRE	Nombre de la Calle	Text	50	
CATEGORIA	Si es: Avenida, Calle,pasaje.	Text	20	
ONEWAY	Indica el Sentido de Circulación	Text	9	
FT_MINUTES	Son los minutos desde nodo o punto inicial hacia nodo o punto final	Double	11	4
TF_MINUTES	Son los minutos desde nodo o punto final hacia nodo o punto final	Double	4	11
METERS	Distancia de la calle en metros	Double	4	11
HIEARCHY	De acuerdo a la categoria pueden ser entre 1 a 5	Double	4	11

*Nota.* Adaptado del trabajo de experimental "Optimización de las rutas de recolección de los residuos sólidos urbanos del centro Cantonal SIGSIG". 2019

La figura 21 nos muestra el insertado de atributos en la tabla de atributos

## Figura 21

### Incorporación de los atributos



Nota. Adaptado del ArcGIS

### Edición de la capa “PUNTOS O NODOS”

Para esta parte de edición se realizará por medio de la herramienta “editor”, dando inicio con la opción “start editing” y seleccionando sobre la capa que deseamos editar, en nuestro caso “PUNTOS-VIAS”. En este proceso de digitalización de los puntos se tomará en cuenta que debemos graficar en lugares donde se interceptan las vías las vías y de acuerdo a eso se van a crear puntos que se almacenaran en nuestra tabla de atributos. Una vez culminado la edición, seleccionaremos la opción “Stop Editing” en nuestra herramienta “editor”. (este shape nos ayudara para la construcción de líneas, las cuales representaremos como las vías).

### Edición de la capa de líneas o vías

En este proceso de diagramación de las “líneas o las vías” será parecido al proceso de los “PUNTOS o NODOS”, en el cual cada de estas líneas al instante de ser graficadas se deberán unir con dos nodos: tanto nodo inicial como nodo final. Al instante de graficar las líneas se deben agregar los atributos que les corresponde, debido a que será la base que nos ayudara a poder generar un Networkdataset.

### Campos de la tabla de atributos del shape “líneas o vías”

- Atributo distancia (Meters)

Este atributo es necesario debido a que nos ayudara a almacenar e indicar el sentido de cada segmento. En el cual seguiremos los siguientes pasos: “tabla de atributos, atributo meters, calculate geometry, property, length, units, meter.”

- Atributo de jerarquía

En este atributo se nos permite poder definir las funciones que cumple el tramo de la vía dentro de la malla vial. Asimismo tenemos que establecer los límites de velocidad de circulación de los vehículos, dependiendo de que tipo de categorías viales pertenece (calles, pasajes, avenidas, entre otros). En la siguiente tabla especificamos las principales categorías con sus velocidades vehiculares establecidas, tal como se nos muestra en la tabla 12

**Tabla 12**

*Jerarquías y velocidades según su origen*

Categoría	jerarquía	Velocidad (metro por hora)
Carretera	1	70000
Avenida	2	70000
Calles	3	40000
Retorno	4	20000
Sin especificar	5	20000

*Nota.* Adaptado del trabajo de experimental “Optimización de las rutas de recolección de los residuos sólidos urbanos del centro Cantonal SIGSIG”. 2019

- Atributo de tiempo

Para este atributo nos permitirá calcular o determinar los minutos de desplazamiento que hay en cada uno de los segmentos, para el cual debemos insertar “FT\_MINUTES y TF\_MINUTES”. Para calcular este atributo usaremos la siguiente fórmula.

$$T = \frac{(M*D)}{v} \quad (1)$$

En el cual:

T= es el tiempo de desplazamiento para cada uno de los segmentos

$M$ = a la distancia de cada uno de los segmentos en metro

$K$ = es la constante de tiempo valorizado en 60 minutos

$V$ = es la velocidad permitida según la categoría vial

La figura 22 nos muestra el cálculo de atributos para su posterior interpretación

**Figura 22**

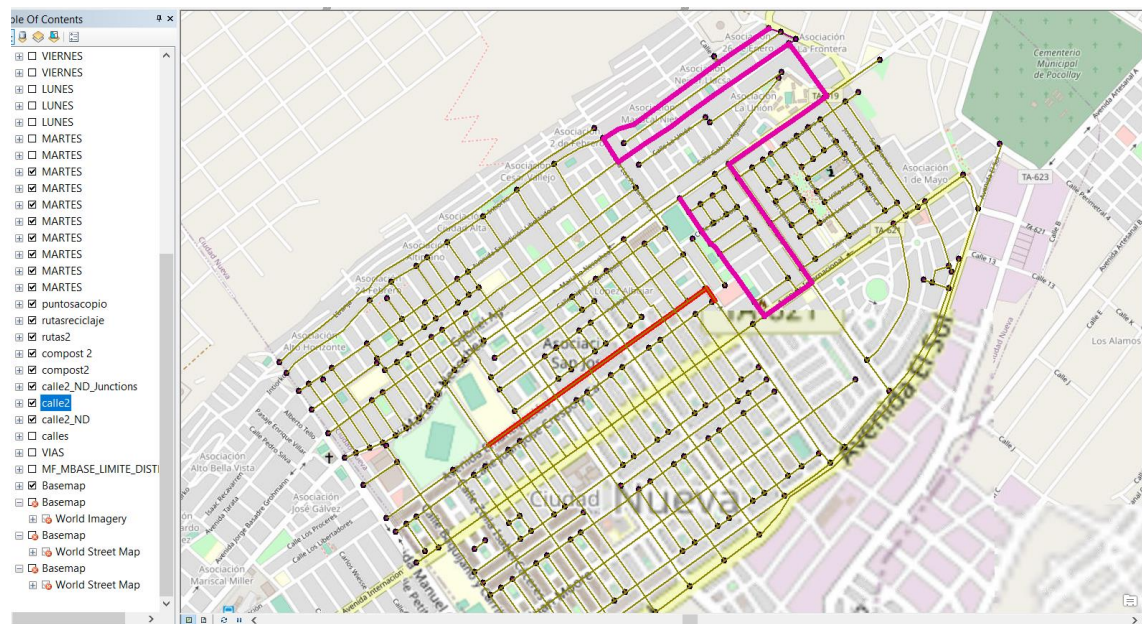
### Cálculo de atributos

FID	Shape *	Id	nombre	F NOTE	T NOTE	CATEGORIA	ONEWAY	FT MINUTES	TF MINUTES	METERS	HIERCHY
0	Polyline	0	Avenida El Sol	0	0	AVENIDA		1,931327	1,931327	2253,216296	2
1	Polyline	0	Avenida Internacional	0	0	AVENIDA		1,69468	1,69468	1977,126425	2
2	Polyline	0	MARIANO NECOCHEA	0	0	AVENIDA		1,700549	1,700549	1983,973873	2
3	Polyline	0	Avenida Puno	0	0	AVENIDA		0,703082	0,703082	820,262441	2
4	Polyline	0	Avenida Antaion	0	0	AVENIDA		1,623979	1,623979	1894,64203	2
5	Polyline	0	Avenida Juan Moore	0	0	AVENIDA		1,177135	1,177135	1373,324278	2
6	Polyline	0	Calle Jose Gomez	0	0	CALLE		1,547958	1,547958	1031,972072	3
7	Polyline	0	Calle Casimiro Espejo	0	0	CALLE		1,544521	1,544521	1029,680373	3
8	Polyline	0	Avenida Emancipacion	0	0	AVENIDA		0,991665	0,991665	1156,941971	2
9	Polyline	0	Juan Jose Crespo y Castillo	0	0	AVENIDA		0,989007	0,989007	1153,041595	2
10	Polyline	0	Calle Manuel Lorenzo de Vidau	0	0	CALLE		1,54778	1,54778	1031,853183	3
11	Polyline	0	Calle Juan Velazco Alvarado	0	0	CALLE		0,542977	0,542977	361,984762	3
12	Polyline	0	Calle Juan Velazco Alvarado	0	0	CALLE		0,797985	0,797985	531,990187	3
13	Polyline	0	Calle Gabriel Aguilar	0	0	CALLE		2,550657	2,550657	1700,437785	3
14	Polyline	0	Calle Juan Velez Cordova	0	0	CALLE		0,353686	0,353686	235,790672	3
15	Polyline	0	Avenida Expedicion Libertadora	0	0	AVENIDA		1,680993	1,680993	1961,158932	2
16	Polyline	0	Avenida Interoor	0	0	AVENIDA		1,507006	1,507006	1758,174102	2
17	Polyline	0	Calle Baquijano y Carrillo	0	0	CALLE		1,270086	1,270086	846,723754	3
18	Polyline	0	Arenas	0	0	PASAJE		0,295507	0,295507	98,502224	5
19	Polyline	0	C 2	0	0	CALLE		0,169065	0,169065	112,710239	3
20	Polyline	0	Pasaje Francisco Bolognesi	0	0	PASAJE		0,675355	0,675355	225,118473	5
21	Polyline	0	Pasaje Benavides	0	0	PASAJE		0,677482	0,677482	225,827388	5
22	Polyline	0	Calle Zoila Isabel Caceres	0	0	CALLE		1,011319	1,011319	674,212523	3
23	Polyline	0	Pasaje Mariano Emilio Bustamante	0	0	PASAJE		0,671041	0,671041	223,680185	5
24	Polyline	0	Pasaje Andres Avelino Caceres	0	0	PASAJE		0,669023	0,669023	223,007822	5

Nota. Adaptado del ArcGIS

### Creación del Network Dataset

En la elaboración del “Network Dataset” es necesario crear un “Geodatabase” el cual será una estructura de información y datos que serán originarias del ArcGIS, que se emplearán para la elaboración, la edición, la administración y por último la visualización de los datos geográficos que necesiten un tratamiento especializado. El siguiente paso, se realizara un “Feature Dataset” el cual esta defino como una colección de feature class que está siendo compartido con el sistema de coordenadas común. Para el final generamos el “Network Dataset” después de estos pasos lógicos que se requiere en todo el proceso de diseño y la elaboración de la red de transporte, tal como se muestra en la figura 23.

**Figura 23***Creación del Network Dataset**Nota. Adaptado del ArcGIS*

## CAPÍTULO IV: RESULTADOS

### 4.1. Flujos de entrada y salida de cada proceso del Sistema de Gestión de Residuos Sólidos

#### a. Recojo y transporte

Dentro de la etapa de recojo y transporte, las entradas asignadas a esta tabla fueron las características de los vehículos utilizados para el transporte de residuos sólidos para su valorización y disposición final, las salidas por su parte partieron del total de residuos trasladados por la distancia total recorrida. Los datos asignados surgieron de la tabla 2 “Datos de vehículos convencionales para disposición final”, tabla 3 “Datos de vehículos para recolectado para valorización” y tabla 4 “Emisiones de CO<sub>2</sub> liberado por cada camión”.

**Tabla 13**

*Flujos de entrada para el recojo y transporte de residuos sólidos municipales*

Flujo	Cantidad	Unidad
<b>Transporte, camión 7,5 – 16 metric ton</b>	8030000*169067	Kg*km
<b>Transporte, camión 3,5- 7,5 metric ton</b>	4380000,0*17432	Kg*km
<b>Transporte, van &lt; 3,5 ton</b>	730000,0*451	Kg*km

*Nota.* Adaptado de openLCA

**Tabla 14**

*Flujos de salida para el recojo y transporte de residuos sólidos municipales*

Flujo	Cantidad	Unidad
<b>Transporte tn*km</b>	8147000*186499	Kg*km
<b>Dióxido de carbono, fósil</b>	501762,137	kg

*Nota.* Adaptado de openLCA



## b. Compostaje

Para la etapa de compostaje, las entradas asignadas partieron de la composición de residuos utilizados para el proceso de compostaje en la municipalidad de ciudad nueva, obtenidos de la tabla 6 “Composición y porcentaje de residuos usados durante el compostaje” y tabla 5 “Residuos sólidos orgánicos recolectados durante el año 2021”. Por su parte los outputs corresponden al compost, como producto final en unidades de kilogramo, y las emisiones que este proceso genera, estimado por el mismo software, tal como se muestra en la tabla 15 y 16.

**Tabla 15**

Flujos de entrada para la elaboración de compost bajo un escenario actual

<b>Flujo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>
Biorresiduos	20105,771	Kg
Residuos verdes y paja	11324,229	Kg
Agua de caño	600	Kg

*Nota.* Adaptado de openLCA

**Tabla 16**

Flujos de salida para la elaboración de compost bajo un escenario actual

<b>Flujo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>
Compost	-10980,0	Kg
Amonio	105,87857	Kg
Dióxido de carbono	14,37857	Kg
Monóxido de dinitrogeno	7,84286	Kg
Metano	17,77714	Kg
VOC, compuestos orgánicos volátiles	4,44429	Kg

*Nota.* Adaptado del openLCA

### c. Disposición final

En lo concerniente a los flujos entrantes asignados a este último proceso, partieron de la caracterización de residuos municipales proporcionados por la tabla 9 “Promedio de residuos sólidos municipales generados por el distrito de Ciudad Nueva”. Los flujos de salida, por su parte, fueron asignados a través del total de residuos generados dentro del municipio para su disposición final durante el año 2021 y las emisiones de metano en kg expuesto por Posligua paginas atrás., tal como se muestra en la tabla 17 y 18.

**Tabla 17**

*Flujos de entrada establecidas para la disposición final de residuos*

<b>Flujo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>
Residuos de cartón	514890,4	Kg
Residuos de vidrio	180048,7	Kg
Residuos inorgánicos	5295,55	Kg
Residuos de metal	356431,25	Kg
Residuos no aprovechables	2195616,5	Kg
Residuos orgánicos	3569200,7	Kg
Residuos de papel	714084,55	Kg
Residuos plásticos	611432,35	Kg

*Nota.* Adaptado de openLCA

**Tabla 18**

*Flujos de salida establecidas para la disposición final de residuos*

<b>Flujo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>
Disposición de residuos sólidos municipales	8147000,0	Kg
Metano	2262,870	Kg

*Nota.* Adaptado del software openLCA.

## 4.2. Impactos ambientales causados por el Sistema de Gestión de Residuos Sólidos

### 4.2.1. Impactos ambientales en la etapa de recojo y transporte

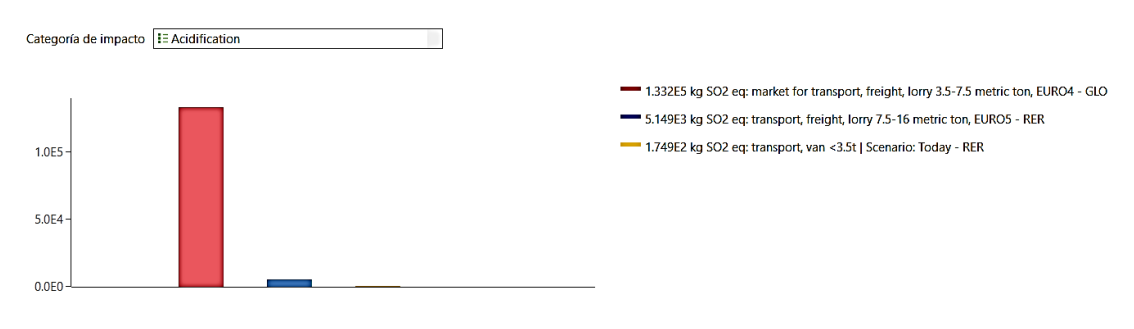
La etapa de recojo y transporte tuvo contribuciones en todas las categorías de impacto evaluadas. Estas contribuciones fueron de los camiones utilizados para actividades tales como recojo de residuos municipales y su posterior disposición en el botadero municipal, y recojo de residuos valorizables. Los vehículos utilizados para el recojo de residuos para disposición final fueron dos camiones, uno de 11 toneladas (EGV291- representado en la figura por la etiqueta “transport, freight, 7,5 – 16 metric ton”) y otro, de 6 toneladas (EGW771- representado en la figura por la etiqueta market for transport, freight, lorry 3,5 – 7,5 metric ton) de capacidad. Para el recojo de residuos valorizables se utilizó solo un vehículo (V8Z727- representado en la figura por la etiqueta transport, van < 3,5t) de 1,4 toneladas de capacidad.

#### a. Potencial de Acidificación.

En la categoría de impacto de acidificación, se dieron contribuciones anuales de parte de todos los vehículos mencionados; el camión EGV291 tiene capacidad de 11 toneladas presenta una acidificación de 1,332E5 kg de SO<sub>2</sub> eq, el camión EGW771 de 6 toneladas tiene una contribución anual de 5,149E3 kg de SO<sub>2</sub> eq, y el vehículo V8Z727 de capacidad de 1,4 toneladas representa contribución anual de 1,749E2 kg de SO<sub>2</sub> eq. Según se observa en la figura 24

**Figura 24**

*Contribución de la etapa de recojo y transporte a la categoría de Acidificación*



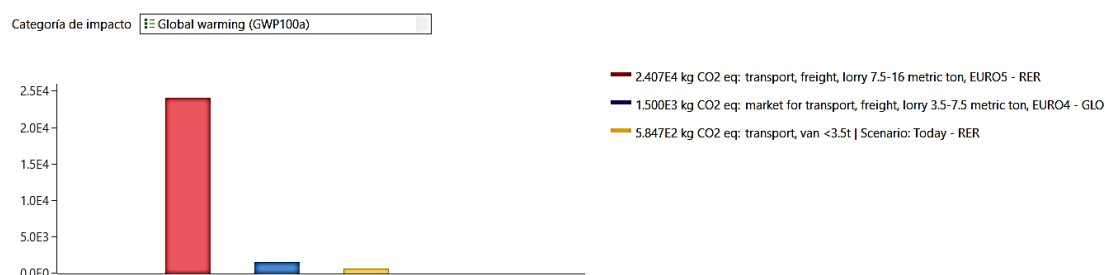
*Nota.* Elaboración propia. La barra de color rojo representa las contribuciones producidas por el vehículo de carga pesada de 11 t, la barra de color azul las contribuciones producidas por el vehículo de 6 t, y la barra de color amarillo las contribuciones producidas por el vehículo de 1,4 t.

## b. Potencial de calentamiento global

En la categoría de impacto de calentamiento global, se dieron contribuciones de parte de todos los vehículos mencionados. El camión EGV291 de 11 toneladas presentó una contribución anual en la categoría de calentamiento global de 2,407E4 kg de CO<sub>2</sub> eq, el camión EGW771 de 6 toneladas presentó una contribución anual de 1,500E3 kg de CO<sub>2</sub> eq, y el vehículo V8Z727 de capacidad de 1,4 toneladas presentó una contribución anual de 5,847E2 kg de CO<sub>2</sub> eq., tal como se muestra en la figura 25

**Figura 25**

*Contribución de la etapa de recojo y transporte a la categoría de calentamiento global*



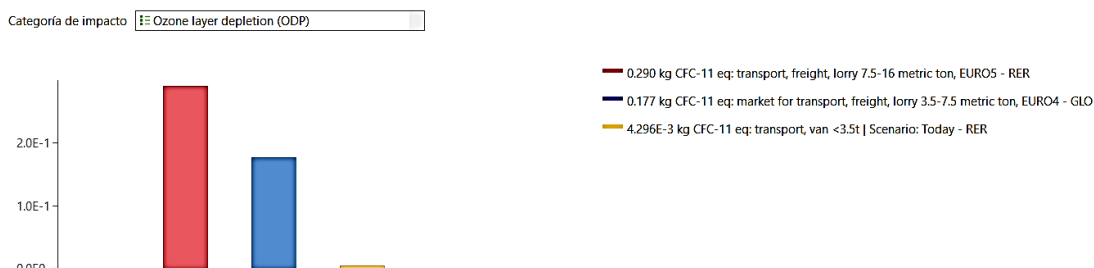
*Nota.* Elaboración propia. La barra de color rojo representa las contribuciones producidas por el vehículo de carga pesada de 11 t, la barra de color azul las contribuciones producidas por el vehículo de 6 t, y la barra de color amarillo las contribuciones producidas por el vehículo de 1,4 t.

## c. Potencial de agotamiento de la capa de ozono

En la categoría de impacto relacionado al agotamiento de la capa de ozono, se dieron contribuciones de parte de todos los vehículos considerados. El camión EGV291 de 11 toneladas presentó una contribución anual en la categoría de agotamiento de la capa de ozono de 0,290 kg de CFC- 11 eq, el camión EGW771 de 6 toneladas presentó una contribución anual de 0,177 kg de CFC- 11 eq, y el vehículo V8Z727 de capacidad de 1,4 toneladas presentó una contribución anual de 4,296E-3 kg de CFC- 11 eq., tal como se muestra en la figura 26

**Figura 26**

*Contribución de la etapa de recojo y transporte a la categoría de agotamiento de la capa de ozono*



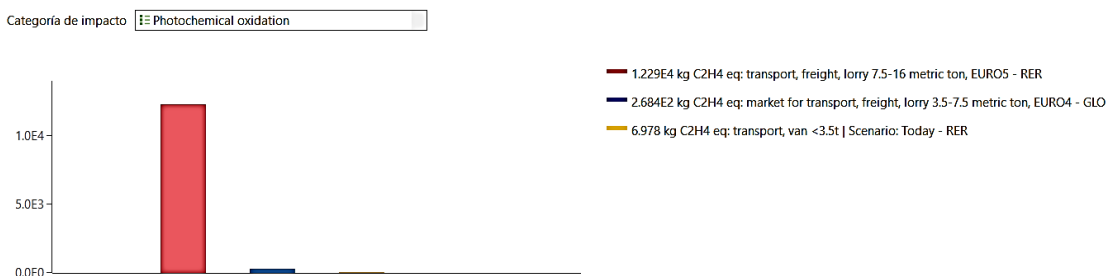
*Nota.* Elaboración propia. La barra de color rojo representa las contribuciones producidas por el vehículo de carga pesada de 11 t, la barra de color azul las contribuciones producidas por el vehículo de 6 t, y la barra de color amarillo las contribuciones producidas por el vehículo de 1,4 t.

#### d. Potencial de oxidación fotoquímica

En la categoría de impacto de oxidación fotoquímica, se dieron contribuciones de parte de todos los vehículos mencionados. El camión EGV291 de 11 toneladas presentó una contribución anual en la categoría de oxidación fotoquímica de 1,229E4 kg de C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> eq, el camión EGW771 de 6 toneladas presentó una contribución anual de 2,684E2 kg de C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> eq, el vehículo V8Z727 de capacidad de 1,4 toneladas presentó una contribución anual de 6,978 kg de C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> eq., tal como se muestra en la figura 27

**Figura 27**

*Contribución de la etapa de recojo y transporte a la categoría de oxidación fotoquímica*



*Nota.* La barra de color rojo representa las contribuciones producidas por el vehículo de carga pesada de 11t, la barra de color azul las contribuciones producidas por el vehículo de 6t, y la barra de color amarillo las contribuciones producidas por el vehículo de 1,4 t.

#### 4.2.2. Resultados de la etapa de compostaje

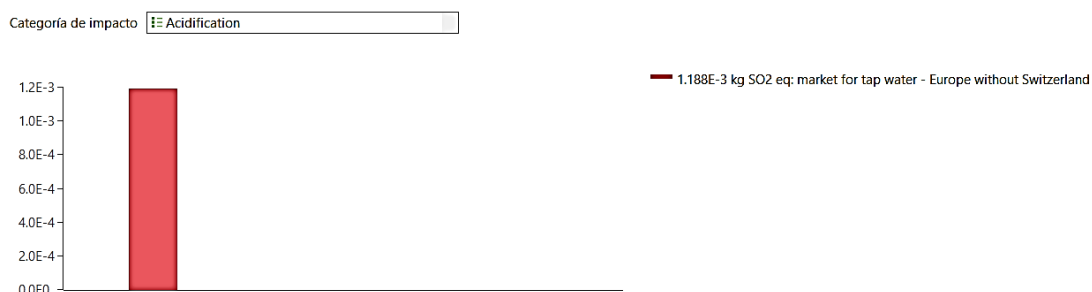
La etapa de compostaje tuvo diferentes contribuciones en todas las categorías de impacto evaluadas. Estas contribuciones variaron entre positivas y negativas, y surgieron de dos flujos en específico, el consumo de agua de caño (representado en las figuras por la etiqueta “market for tap water”) y el compost como producto final (representado en las figuras por la etiqueta “Compost, of biowaste and green waste”).

##### a. Potencial de acidificación

En la categoría de impacto de acidificación, se dio una única contribución. El agua de caño presentó una contribución anual en la categoría de acidificación de  $1,188\text{E-}3$  kg de  $\text{SO}_2$  eq., tal como se muestra en la figura 28

**Figura 28**

*Contribución de la etapa compostaje a la categoría de acidificación*



*Nota.* Elaboración propia. La barra de color rojo representa las contribuciones producidas por el agua de caño.

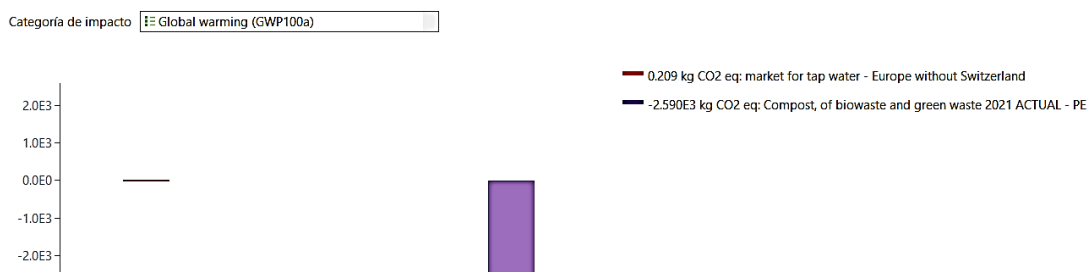
##### b. Potencial de calentamiento global

En la categoría de impacto de calentamiento global, se dieron contribuciones por parte de los flujos agua de caño y Compost. El flujo de compost presentó una contribución anual negativa en la categoría de calentamiento global de -

2,590E3 kg de CO<sub>2</sub> eq, mientras que el flujo de agua de caño presento una contribución anual de 0,209 kg de CO<sub>2</sub> eq., tal como nos muestra la figura 29.

### Figura 29

*Contribución de la etapa compostaje a la categoría de calentamiento global*



*Nota.* Elaboración propia. La barra de color rojo representa las contribuciones producidas por el agua de caño, la barra de color morado las contribuciones producidas por el Compost.

### c. Potencial de agotamiento de la capa de ozono

En la categoría de impacto agotamiento de la capa de ozono, se dio una única contribución por parte del flujo agua de caño. El flujo agua de caño presentó una contribución anual en la categoría de agotamiento de la capa de ozono de 2,163E-8 kg de CFC- 11 eq., tal como se nos muestra en la figura 30.

### Figura 30

*Atribución de la etapa compostaje a la categoría de agotamiento de la capa de ozono*



*Nota.* Elaboración propia. La barra de color rojo representa las contribuciones producidas por el agua de caño.

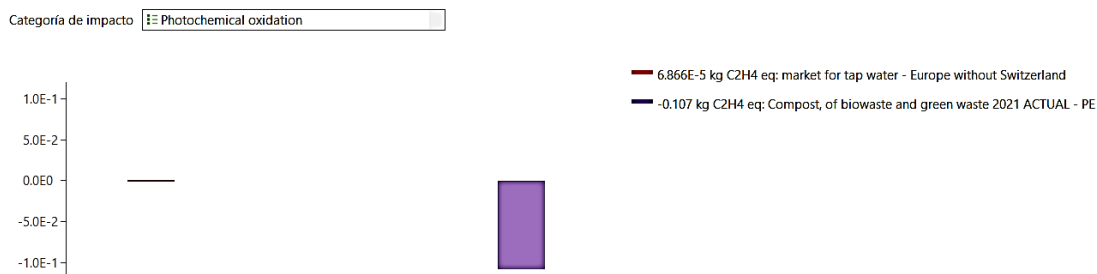
### d. Potencial de oxidación fotoquímica

En la categoría de impacto de oxidación fotoquímica, se dieron dos contribuciones por parte de los flujos agua de caño y Compost. El flujo agua de

caño presentó una contribución anual en la categoría de oxidación fotoquímica de  $6,866E-5$  kg de  $C_2H_4$  eq, mientras que el flujo de Compost presentó una contribución anual negativa de  $-0,107$  kg de  $C_2H_4$  eq., tal como nos muestra la figura 31.

**Figura 31**

*Contribución de la etapa compostaje a la categoría de oxidación fotoquímica*



*Nota.* Elaboración propia. La barra de color rojo representa las contribuciones producidas por el agua de caño, la barra de color morado las contribuciones producidas por el compost.

#### 4.2.3. Resultados de la etapa de Disposición Final

La etapa de disposición final presentó contribuciones en todas las categorías de impacto evaluadas. Estas contribuciones fueron de origen múltiple, siendo las predominantes originarias de residuos con características orgánicas y plásticos. Sin embargo, también estuvieron presentes los residuos pertenecientes a papel, cartón, vidrio, inorgánicos, metales, y no aprovechables, en menor cantidad.

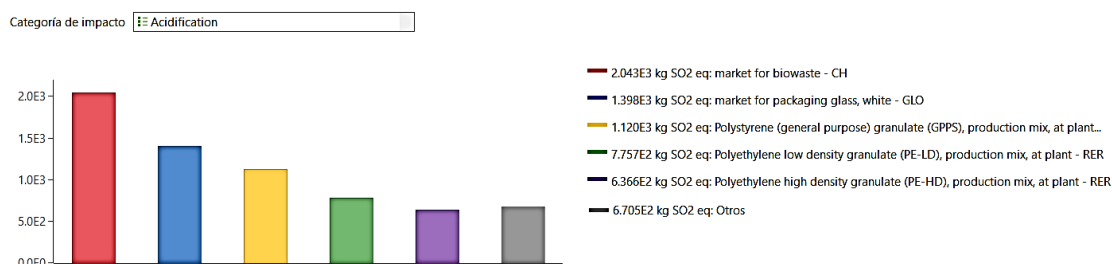
##### a. Potencial de acidificación

En la categoría de impacto de acidificación, se dio tres contribuciones grandes. Los biorresiduos o residuos orgánicos contribuyeron en la categoría de acidificación con  $2,043E3$  kg anuales de  $SO_2$  eq, los residuos plásticos contribuyeron con tres sub-flujos a la categoría de acidificación, siendo estos el poliestireno, polietileno de baja densidad y polietileno de alta densidad, sus contribuciones fueron de  $1,120E3$  kg,  $7,757E2$  kg y  $6,366E2$  kg de  $SO_2$  eq respectivamente, asimismo, los residuos pertenecientes a vidrios presentó una contribución anual a la categoría de acidificación de  $1,398E3$  kg  $SO_2$ , por su parte, la sección otros abarca a los residuos no mencionados y contribuyen con  $6,70E2$  kg  $SO_2$  eq., tal como se nos muestra en la figura 32.



**Figura 32**

*Contribución de la etapa disposición final a la categoría acidificación*



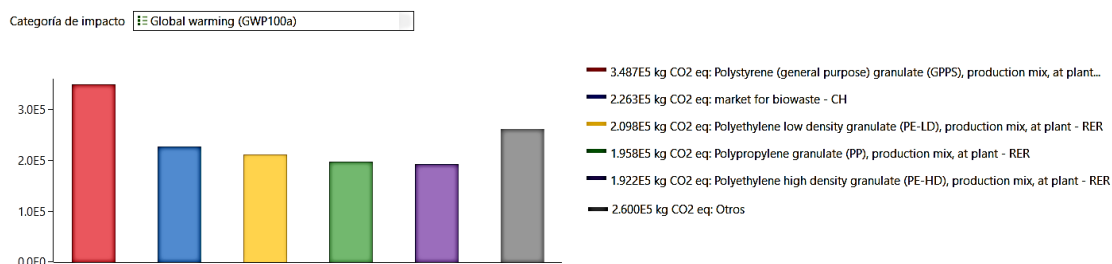
*Nota.* Elaboración propia. La barra de color rojo representa las contribuciones producidas por los residuos orgánicos, la barra de color azul las contribuciones producidas por los residuos de vidrio, la barra de color amarillo, verde y morado las contribuciones producidas por residuos plásticos, la barra de color gris las contribuciones producidas por la sección de residuos restantes.

### b. Potencial de calentamiento global

En la categoría de impacto de calentamiento global, se dio 06 contribuciones en total, 04 de ellos pertenecientes a residuos plásticos, 01 perteneciente a residuos orgánicos y uno último perteneciente a la sección otros, que abarca a los residuos no mencionados. Los residuos plásticos estuvieron presentes en estos resultados a través de los sub-flujos Poliestireno, con una contribución anual al impacto de calentamiento global de 3,487E5 kg, CO<sub>2</sub> eq, polietileno de baja densidad, con una contribución anual de 2,098E5 kg, polipropileno, con una contribución anual de 1,958E5 kg, y polietileno de alta densidad, con una contribución anual de 1,922E5 kg de CO<sub>2</sub> eq. Los biorresiduos o residuos orgánicos estuvieron con la segunda contribución más grande de toda la figura, 2,263 E5 kg anuales de CO<sub>2</sub> eq, la sección otros generaron una contribución anual de 2,600E5 kg de CO<sub>2</sub> eq., tal como nos muestra la figura 33

**Figura 33**

*Contribución de la etapa disposición final a la categoría calentamiento global*



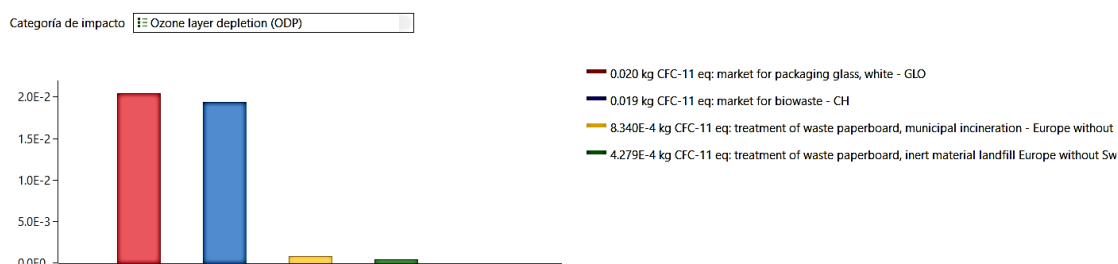
*Nota.* Elaboración propia. La barra de color rojo, amarillo, verde y morado representan las contribuciones producidas por los residuos plásticos, la barra de color azul representa las contribuciones producidas por los residuos orgánicos, la barra de color gris representa las contribuciones producidas por la sección de residuos restantes.

### c. Potencial de agotamiento de la capa de ozono

En la categoría de impacto agotamiento de la capa de ozono, se dio cuatro contribuciones por parte de residuos de vidrio, orgánicos y cartón. El vidrio presentó una contribución anual en la categoría de agotamiento de la capa de ozono de 0,020 kg de CFC- 11 eq, el biorresiduo u orgánico contribuyó anualmente con 0,019 kg de CFC- 11 eq, finalmente el cartón presentó una contribución anual en la categoría de agotamiento de la capa de ozono de 8,340E-4 kg y 4,279E-4 kg de CFC- 11 eq., tal como se nos muestra en la figura 34.

**Figura 34**

*Contribución de la etapa disposición final a la categoría de agotamiento de la capa de ozono*



*Nota.* Elaboración propia. La barra de color rojo representa las contribuciones producidas por los residuos de vidrio, la barra de color azul representa las contribuciones producidas por los

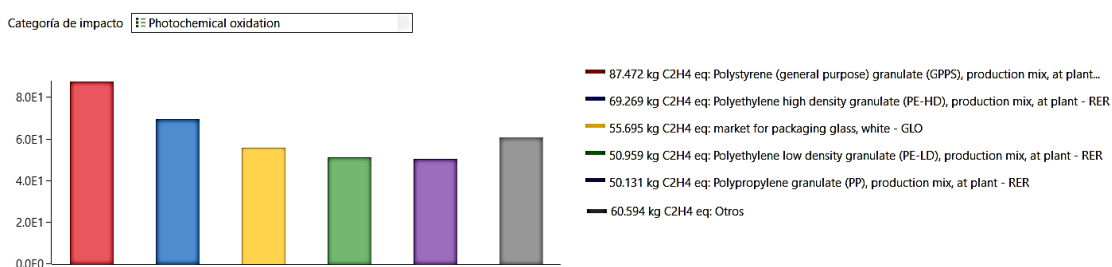
residuos orgánicos, la barra de color amarillo y verde representan a las contribuciones producidas por los residuos de cartón.

#### d. Potencial de oxidación fotoquímica

En la categoría de impacto de oxidación fotoquímica, se dio seis contribuciones en total. Los residuos de plástico dieron cuatro de las seis contribuciones a través del poliestireno, con una contribución anual a la categoría de oxidación fotoquímica de 87,472 kg, el polietileno de alta densidad, con una contribución anual de 69,269 kg, polietileno de baja densidad, con una contribución anual de 50,959 kg, y el polipropileno, con una contribución de 50,131 kg de C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> eq. Los residuos de vidrio también generaron una contribución anual de 55,695 kg de C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> eq, en la sección otros el residuo que impone la mayor cantidad de emisiones de C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> eq fueron los residuos orgánicos con 44,77132 kg., tal como se nos muestra en la figura 35.

**Figura 35**

*Contribución de la etapa disposición final a la categoría oxidación fotoquímica*



*Nota.* Elaboración propia. La barra de color rojo, azul, verde y morado representan las contribuciones producidas por los residuos plásticos, la barra de color amarillo presenta las contribuciones producidas por los residuos de vidrio, y la barra gris representa las contribuciones producidas por los otros residuos.

### 4.3. Escenario más favorable para un sistema un Sistema de Gestión de Residuos Sólidos

#### 4.3.1. Resultados del escenario planteado (ESC-01)

El escenario planteado para el proceso de compostaje actual presentó diferentes contribuciones en todas las categorías de impacto evaluadas. Estas contribuciones si bien variaron entre positivas y negativas, siguieron ciertos patrones concernientes a los resultados obtenidos en el proceso de compostaje actual. Sin embargo, se pudo

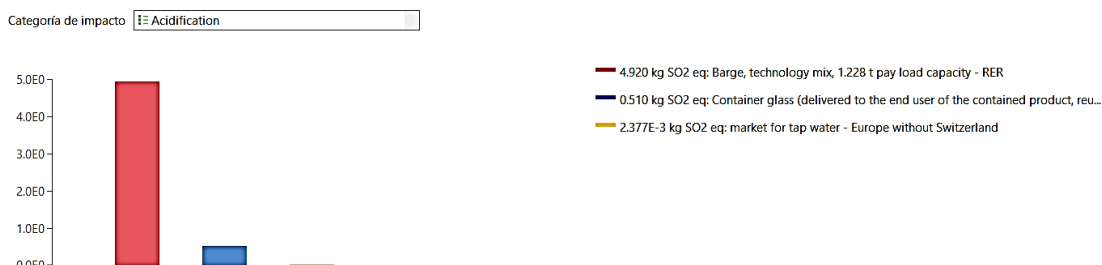
observar la participación de un nuevo flujo asignado en este escenario denominado transporte (representado en las figuras a través de las etiquetas “container glass (delivered to the end user of the contained product)” y “Barge, technology mix,”).

#### a. Potencial de acidificación

En la categoría de impacto de acidificación, se dio tres contribuciones. Siendo los dos primeros sub-flujos correspondientes al flujo de transporte, el cual presenta contribuciones anuales negativas en la categoría de acidificación de 4,920 kg y 0,510 kg de SO<sub>2</sub> eq, asimismo, el flujo asociado al agua de caño presentó una contribución anual en la categoría de acidificación de 2,377E-3 kg, tal como se nos muestra en la figura 36.

**Figura 36**

*Contribución del escenario propuesto a la categoría de acidificación*



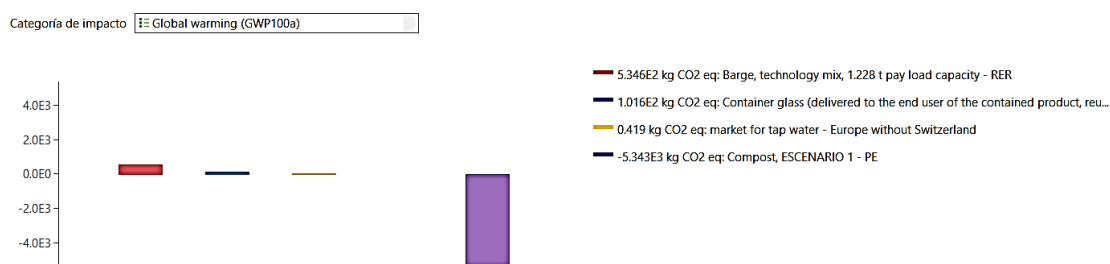
*Nota.* Elaboración propia. Las barras de color rojo y azul representan las contribuciones producidas por el transporte, la barra de color amarillo representa las contribuciones producidas por el agua de caño.

#### b. Potencial de calentamiento global

En la categoría de impacto de calentamiento global, se dieron contribuciones por parte de dos sub- flujos del flujo de transporte, presentando contribuciones anuales de 5,346E2 kg y 1,016E2 kg de CO<sub>2</sub> eq, el flujo agua de caño presentó una contribución anual en la categoría de calentamiento global de 0,419 kg de CO<sub>2</sub> eq, mientras que el flujo de compost presentó una contribución anual negativa de -5,343E3 kg de CO<sub>2</sub> eq, según nos muestra en la figura 37.

**Figura 37**

*Contribución del escenario propuesto a la categoría de calentamiento global*



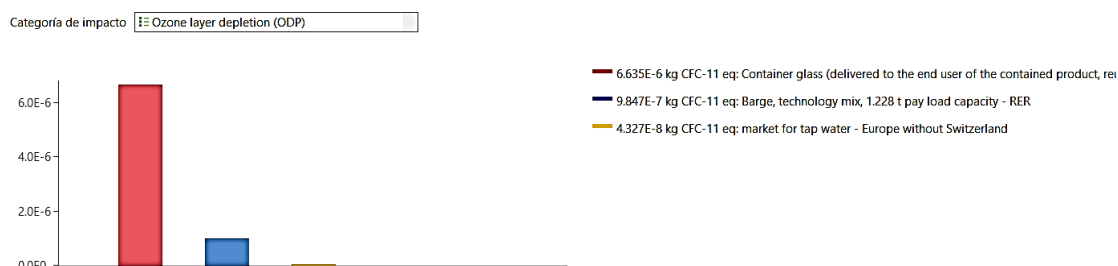
*Nota.* Elaboración propia. Las barras de color rojo y azul representan las contribuciones producidas por el transporte, la barra de color rojo representa las contribuciones producidas por el agua de caño, y la barra de color morado las contribuciones producidas por el compost.

### c. Potencial de agotamiento de la capa de ozono

En la categoría de impacto agotamiento de la capa de ozono, se dio tres contribuciones de parte de dos sub- flujos del flujo de transporte y el flujo de agua de caño. El flujo agua de caño presentó una contribución anual en la categoría de agotamiento de la capa de ozono de  $4,327E-8$  kg de CFC- 11 eq, el flujo de transporte presento contribuciones anuales negativas a la categoría de agotamiento de la capa de ozono de  $6,635E-6$  kg y  $9,847E-7$  kg de CFC- 11 eq., tal como se nos muestra la figura 38.

**Figura 38**

*Contribución del escenario propuesto a la categoría de agotamiento de la capa de ozono*



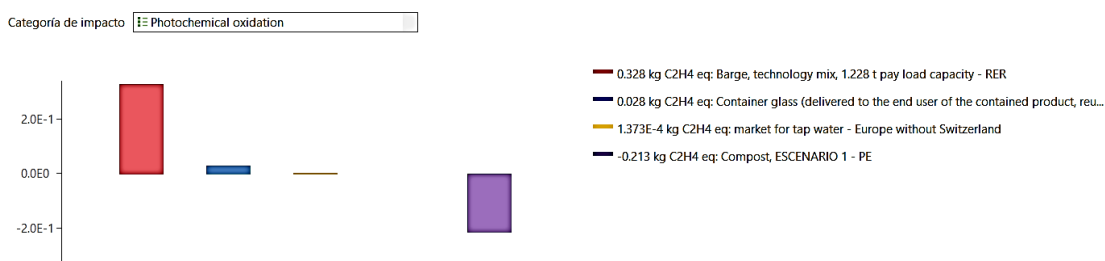
*Nota.* Elaboración propia. Las barras de color rojo y azul representan las contribuciones producidas por el transporte, la barra de color amarillo representa las contribuciones producidas por el agua de caño.

#### d. Potencial de oxidación fotoquímica

En la categoría de impacto de oxidación fotoquímica, se dio cuatro contribuciones por parte de los flujos agua de caño, Compost y transporte. El flujo agua de caño presentó una contribución anual en la categoría de oxidación fotoquímica de  $1,373 \text{ E-4 kg de C}_2\text{H}_4 \text{ eq}$ , mientras que el flujo de Compost presentó una contribución anual negativa en la categoría de oxidación fotoquímica de  $-0,213 \text{ kg de C}_2\text{H}_4 \text{ eq.}$ , finalmente, el flujo de transporte presenta dos contribuciones anuales de  $0,328 \text{ kg}$  y  $0,028 \text{ kg de C}_2\text{H}_4 \text{ eq.}$ , tal como nos muestra la figura 39

**Figura 39**

*Contribución del escenario propuesto a la categoría de oxidación fotoquímica*



*Nota.* Elaboración propia. Las barras de color rojo y azul representan las contribuciones producidas por el transporte, la barra de color amarillo representa las contribuciones producidas por el agua de caño, la barra de color morado representa las contribuciones producidas por el compost.

#### 4.4. Rutas propuestas para el manejo de residuos orgánicos e inorgánicos

Para los resultados de la propuesta de las rutas se crearon láminas que marcan rutas más eficientes para la recolección tanto de residuos orgánicos como de residuos inorgánicos.

Estas laminas están creadas según la distribución sectorial del distrito de Ciudad Nueva. Las rutas son estratégicamente trazadas usando la herramienta de "NetwokShape" llegando a cubrir cada sector del distrito, nos permitirá aumentar la cantidad de residuos inorgánicos generados.

En la tabla 19, se puede ver la distancia y el tiempo que de las rutas que se proponen para cada día, tanto como para el proceso de recolección de residuos inorgánicos (latas,

plásticos, papel, etc.) y para el compostaje. Las rutas lunes, martes, miércoles, jueves y viernes, corresponden a la recolección de residuos inorgánicos. Los 4 mercados corresponden a proceso de compostaje, tal como se muestra en la tabla 19.

**Tabla 19**

*Resultados en distancia y tiempo*

Rutas	Distancia (M)	Distancia Al Año (M)	Tiempo Con vehículo (Min)	Tiempo A Pie (Min)
Ruta Lunes	711,7	156574	4,270	10,6755
Ruta Martes	4323,1	951082	25,9386	64,8465
Ruta miércoles	2707,6	595672	16,2456	40,614
Ruta Jueves	2299,4	505868	13,7964	34,491
Ruta Viernes	3490,9	767998	20,9454	52,3635
Ruta 4 Mercados	2208	485760	13,248	33,12

**Ruta del lunes.** En esta ruta se inició en el estadio la bombonera hasta las oficinas de la municipalidad, es la ruta más corta llegando a recorrer una distancia de 0.71 km., tal como se nos muestra en la figura 40.

Figura 40

Mapa de la ruta de reciclaje optimizada del lunes



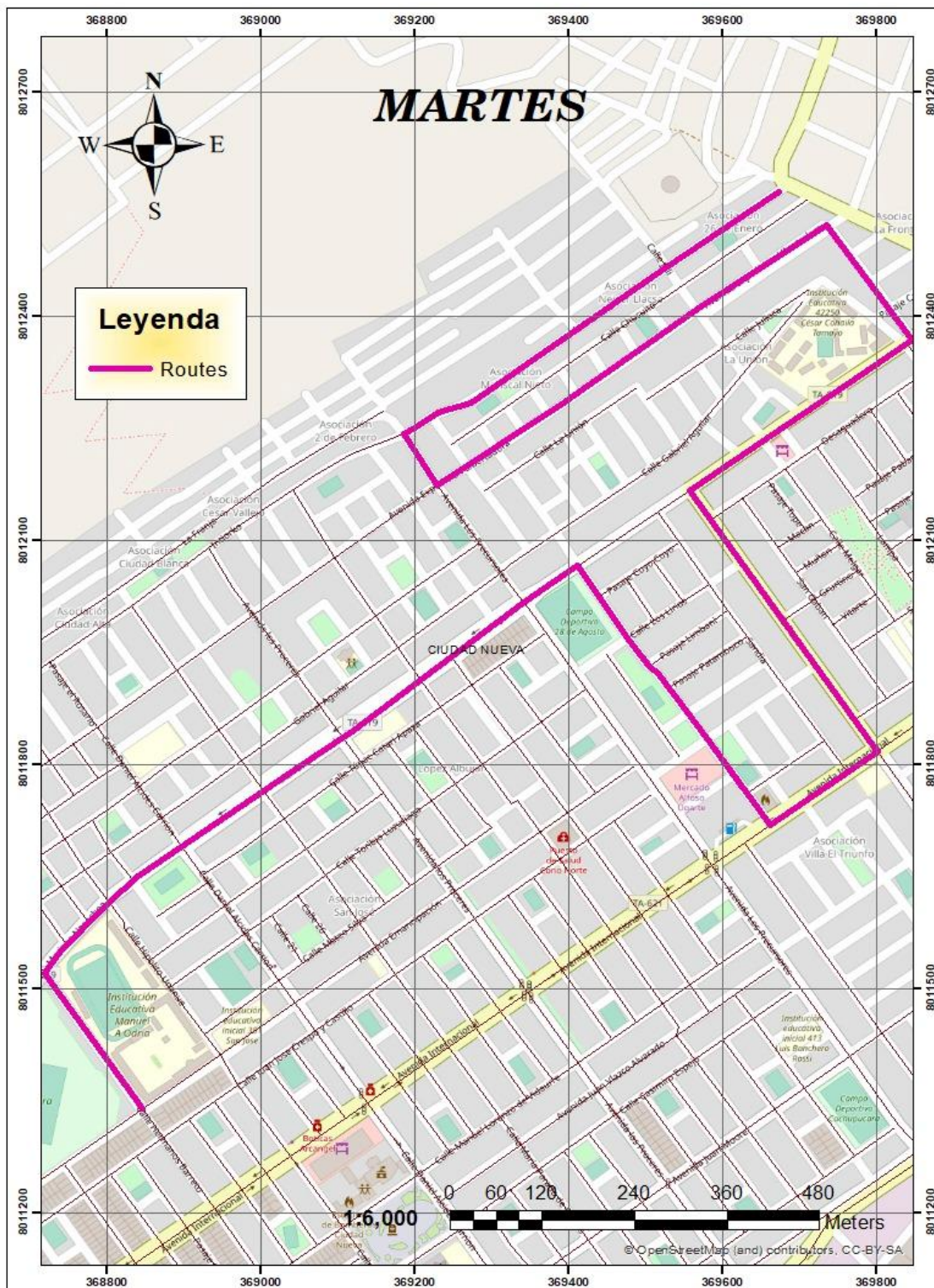
Nota. Adaptado software ArcGIS



**Ruta del martes.** Tiene un recorrido 4.3 km. Que da inicio en el estadio la bombonera y ocupa todo el sector superior izquierdo., tal como se muestra en la figura 41

**Figura 41**

*Mapa de la ruta de reciclaje optimizada del martes*

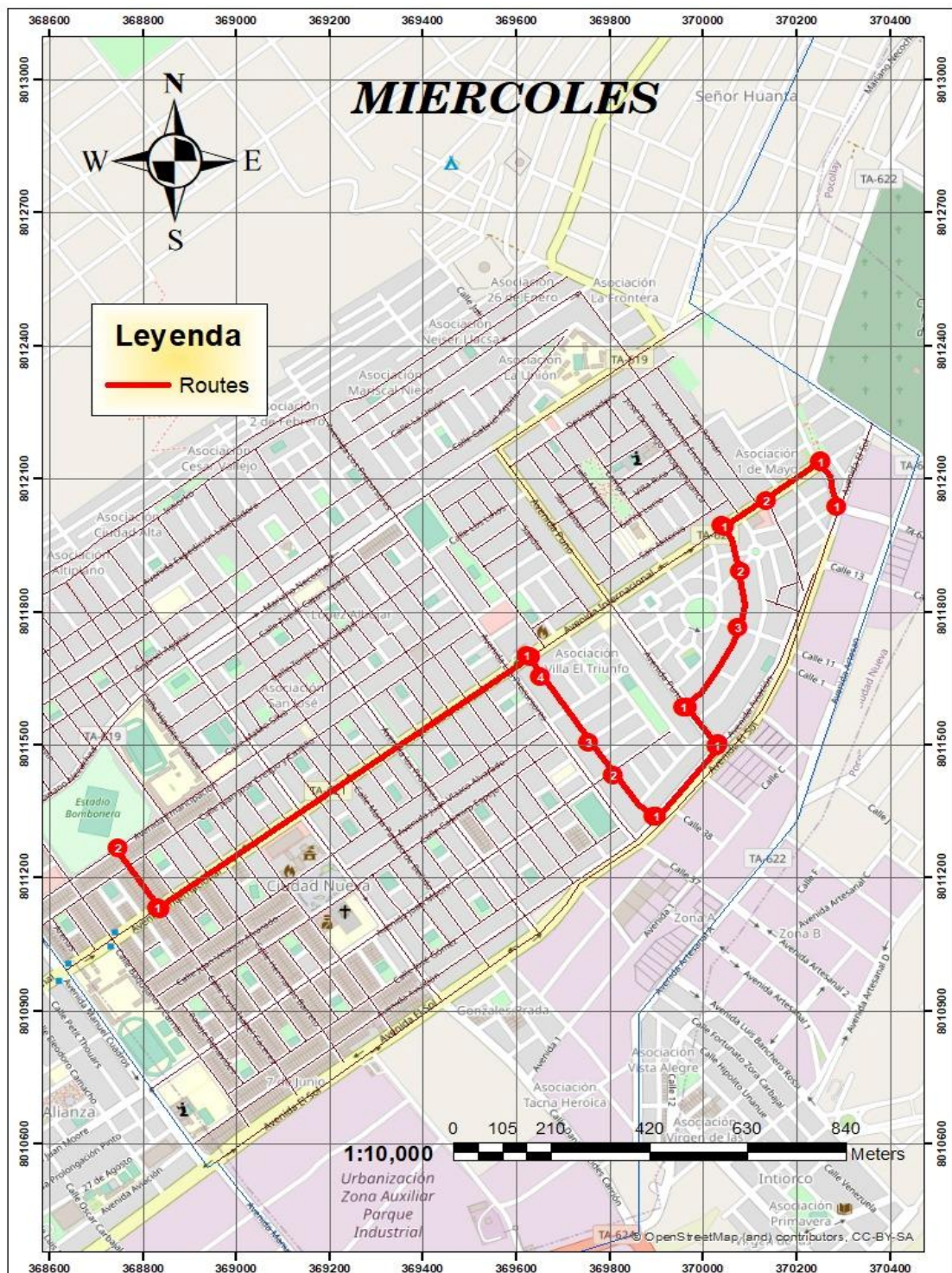


Nota. Elaboración Propia

**Ruta del miércoles.** Inicia en el estadio la bombonera y tiene un recorrido de 2.7 km. Y ocupa toda la superior derecha del distrito, como se muestra en la figura 42.

**Figura 42**

*Mapa de la ruta de reciclaje optimizada del miércoles*

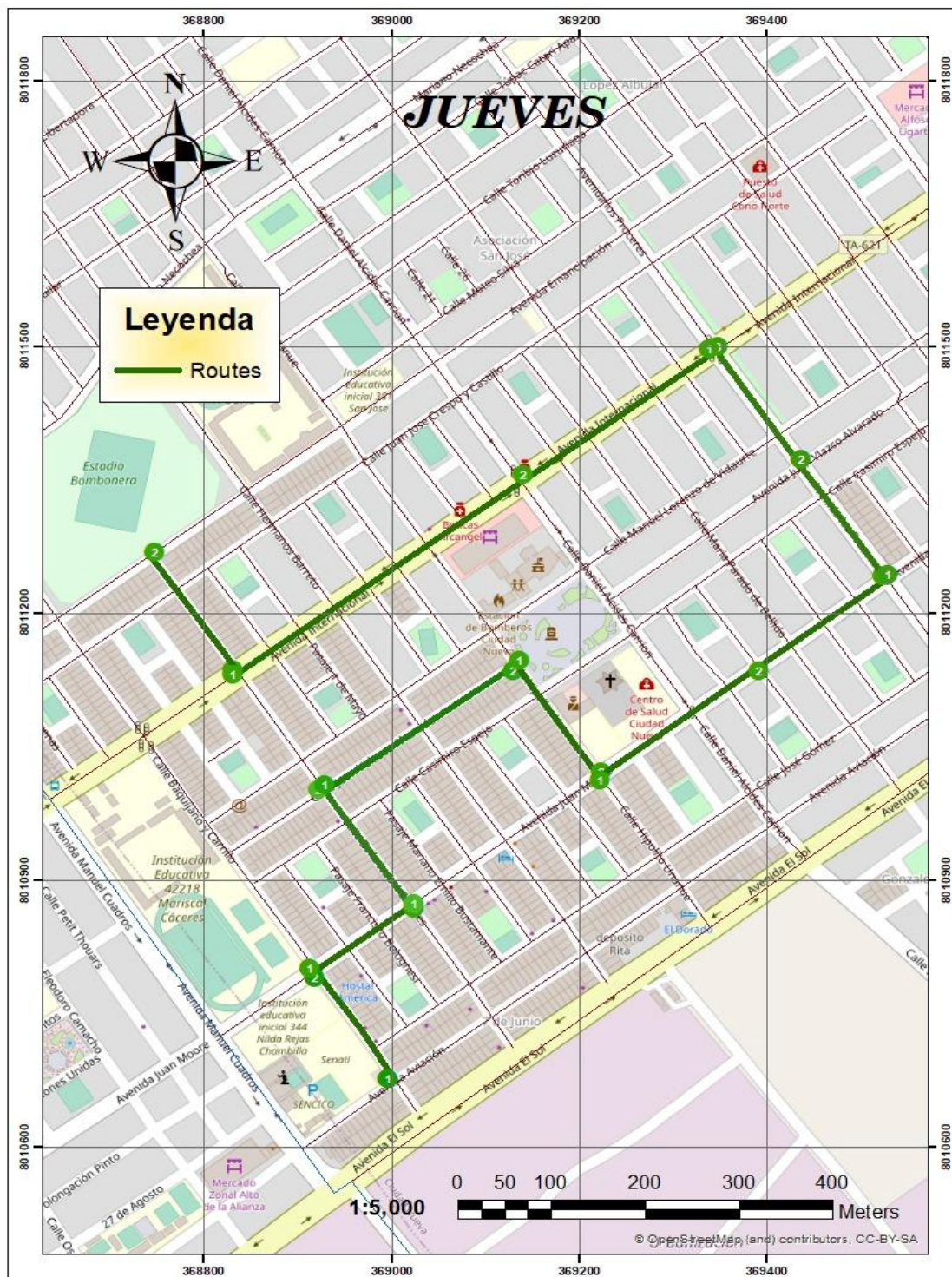


Nota. Elaboración Propia

**Ruta del jueves.** El recorrido de la ruta del jueves tiene una distancia 2.3 km aproximadamente, el cual inicia en el estadio la bombonera y recorre la parte inferior derecha, tal como se ve en la figura 43.

**Figura 43**

*Mapa de la ruta de reciclaje optimizada del jueves*

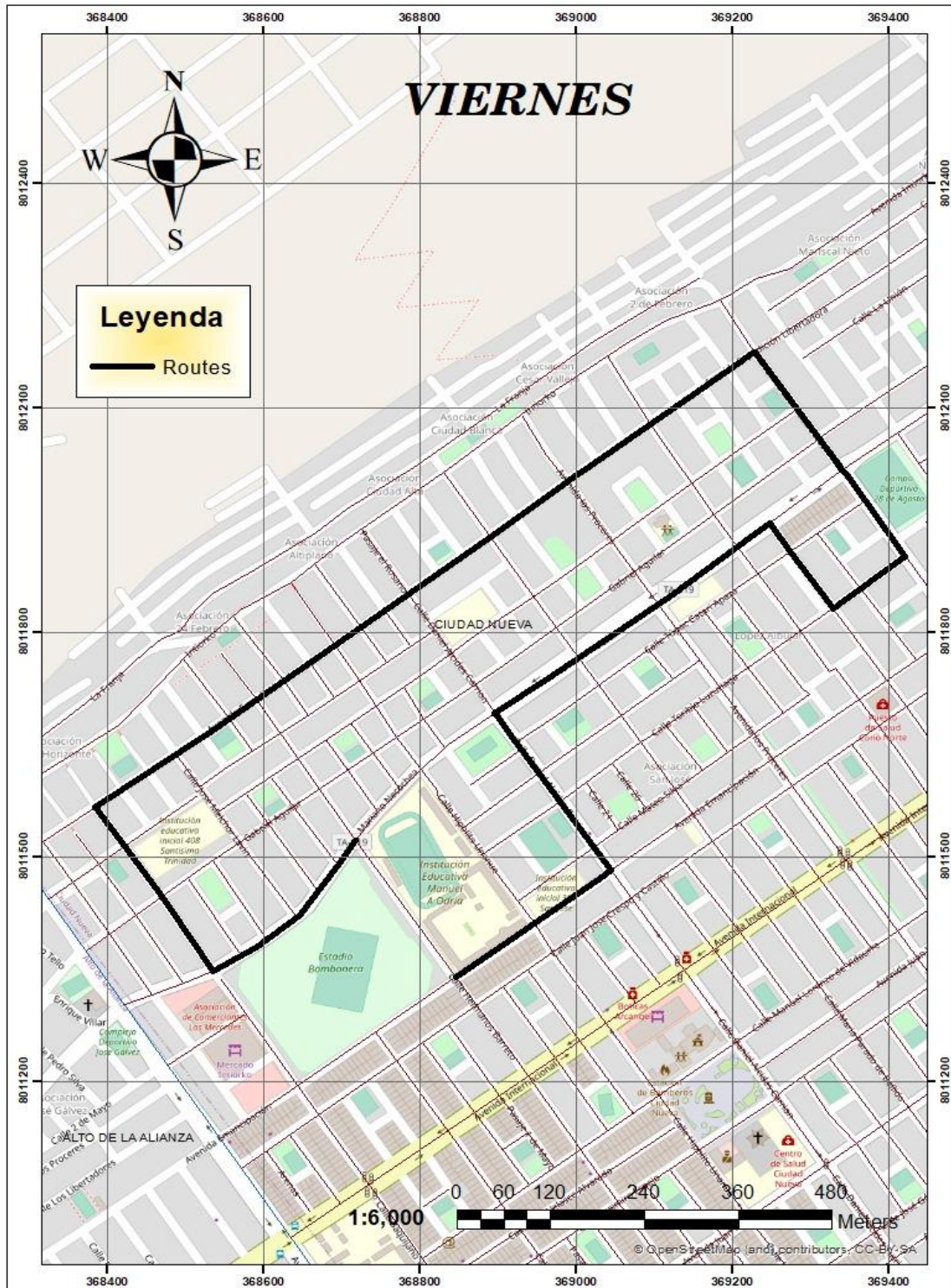


*Nota.* Elaboración Propia

**Ruta del viernes.** Inicia en el estadio la bombonera y recorre una distancia de 3.5 y ocupa el sector inferior izquierdo, como se muestra en la figura 44

**Figura 44**

*Mapa de la ruta de reciclaje optimizada del viernes*

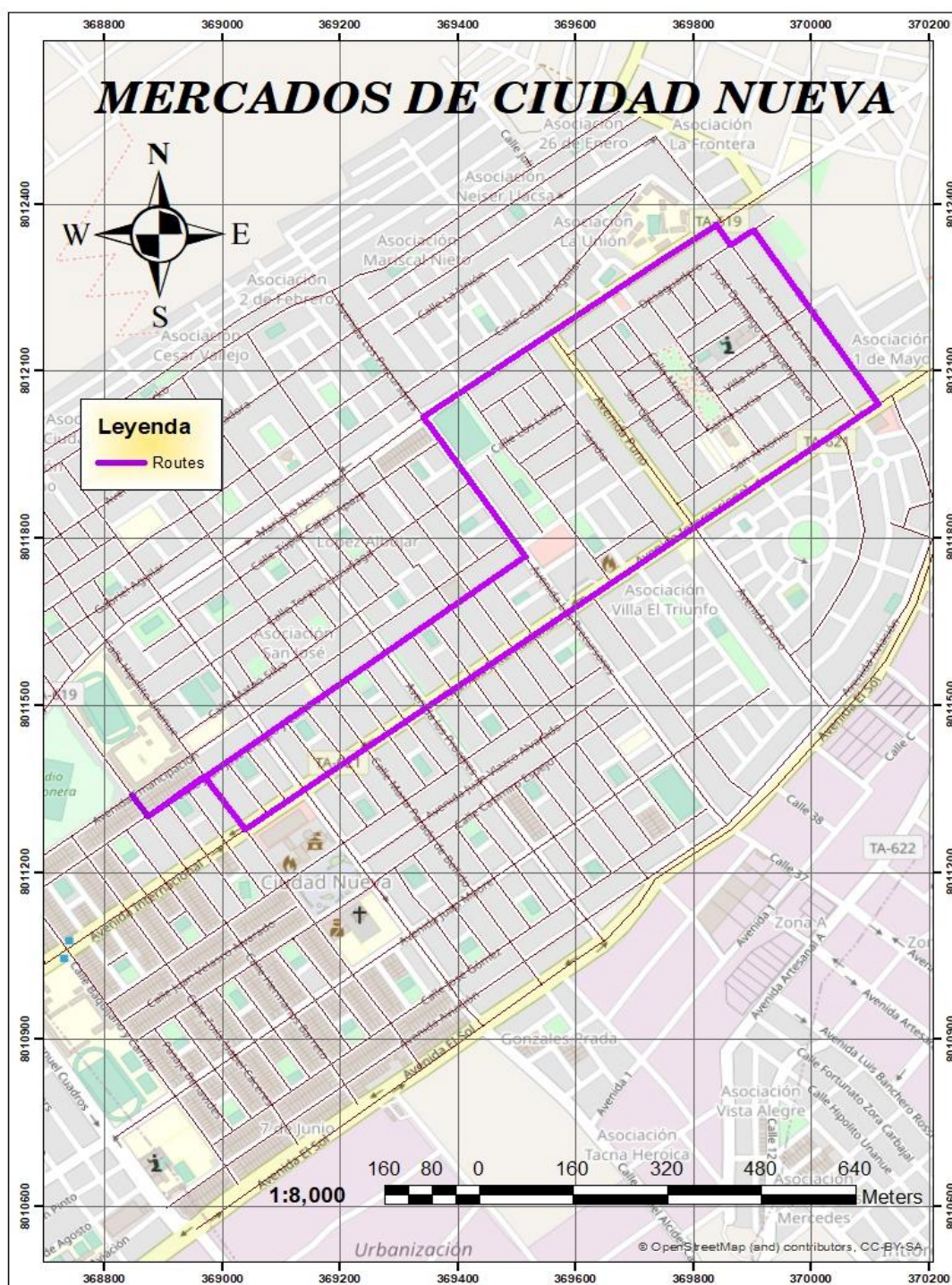


Nota. Elaboración Propia

**Ruta de compostaje.** Tiene inicio en el estadio la bombonera y tiene un recorrido de 2.2 km. Y está enfocado en 4 mercados del distrito de Ciudad Nueva, tal como se muestra en la figura 45

**Figura 45**

*Mapa de la ruta actual de recolección de residuos orgánicos*



Nota. Elaboración Propia

## CAPÍTULO V: DISCUSIÓN

### 5.1. Discusión de resultados

Frente a las hipótesis específicas se considera lo siguiente.

#### 5.1.1. H1. Existen flujos de entrada y salida que causan impactos ambientales en algunos procesos del Sistema de Gestión de Residuos Sólidos

Los flujos de entrada y salida de los procesos de nuestra investigación fueron divididos en tres procesos evaluados: el proceso de recolección y transporte, el proceso de compostaje y el proceso o etapa de disposición final.

Los flujos presentes en la etapa de recolección y transportes correspondieron a 3 tipos de camiones usados para la recolección y disposición final, y para su valorización, este proceso contó con tres entradas y dos salidas, las cuales son valores cuantificados que nos ayudan a determinar los impactos ambientales. El proceso de compostaje contó con tres entradas (biorresiduos, residuos verdes y agua de caño) y seis salidas (compost, amonio, dióxido de carbono, monóxido de dinitrogeno, metano y VOC), dentro de este proceso el flujo de compost dio un valor negativo dado que los tratamientos biológicos son mitigadores de impacto. El proceso de disposición final contó con ocho flujos de entrada que corresponden a residuos de la caracterización (papel, cartón, vidrio, inorgánico, metales, no aprovechables, orgánicos, plásticos), estos flujos de entrada representaron los flujos más grandes en términos de kilogramos. Por otro lado se contó con dos flujos de salida (el total de residuos dispuesto y el metano), debido a que la disposición final fue un botadero a cielo abierto donde no existe tratamiento que pueda controlar o mitigar la emisión de gases ni lixiviados. Dextre (2020) basó su investigación en cinco procesos del manejo de residuos de aparatos electrónicos, de los cuales calculó los flujos de entrada y salida de cada uno respectivamente, teniendo como entradas el consumo de combustibles, energético, residuos electrónicos peligrosos, y obteniendo en los flujos de salida emisión de gases similares a los presentes en esta investigación (metano y dióxido de carbono). A través de este contraste queda probada la hipótesis que sustenta la existencia de flujos de entrada y salida, en los procesos, que causan un impacto ambiental.

### **5.1.2. H2: Existen categorías que originan mayor impacto ambiental en el Sistema de Gestión de Residuos Sólidos.**

La investigación señaló que la categoría con un mayor aporte de emisiones fue la categoría de calentamiento global con una contribución anual de 1 456 364,91 kg de CO<sub>2</sub> eq, o 1456,36 t de CO<sub>2</sub> eq. Estos valores están dentro de lo normal para un distrito como el de ciudad nueva que cuenta con una población que ronda según el INEI los 31 866 habitantes. Además, recordemos que el total de toneladas de CO<sub>2</sub> eq a nivel residuos corresponde, según el Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero del 2016 a 6 437 670 toneladas (MINAM, 2016). Se nombra precisamente a esta categoría junto a la oxidación fotoquímica como la que genera un mayor un impacto por su composición, el MINAM menciona que cuando hablamos de CO<sub>2</sub> eq también debemos tener en cuenta a gases como el metano, cuya peligrosidad es superior al CO<sub>2</sub>, el óxido nitroso, el ozono troposférico y los clorofluorocarbonos. En cuanto a la categoría de oxidación fotoquímica, la investigación presentó valores de 55 268 kg o 55,26 t de C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> eq. Juárez (2008) mencionó que la fuente de aporte de dichas categorías proviene de vertederos o botaderos donde el tratamiento es casi nulo, es decir donde las emisiones de gases producto de la descomposición de residuos sólidos orgánicos están en contacto directo con el medio. Asimismo, se observó que el uso de combustibles contribuyó a esta categoría dada las emisiones que se generan.

Dentro de la investigación, la categoría de acidificación presentó valores de 145 166 kg o 145,166 t de SO<sub>2</sub> eq. La metodología CML menciona que la acidificación se da por la disposición de ácidos a fuentes como el agua (no siendo nuestro caso), el suelo y la atmosfera. Juárez (2008) aludió que procesos como vertederos contribuyen a la categoría de acidificación por sus emisiones (producto de la descomposición de los RO) y lixiviados, Ziegler et al.,(2018) complementó mencionando que la descomposición de los residuos y la generación de lixiviados se da por las altas temperaturas en los lugares de disposición final, pese a ser controlado como los rellenos sanitarios.

Por último, la categoría de deterioro de la capa de ozono fue la categoría con menor presencia dentro de las cuatro evaluadas, presentó un aporte de 0,087 kg de CFC-11 eq.

Mediante esta discusión queda probada la hipótesis que sustenta la existencia de categorías que originan un mayor impacto ambiental frente a otras dentro del sistema de gestión de residuos sólidos de la municipalidad de Ciudad Nueva.

Dentro de este caso contamos con cuatro categorías en total, tres de ellas presentaron valores a tener en cuenta, la categoría de Calentamiento Global con 1 456 364,91 kg de CO<sub>2</sub> equivalente, la categoría de acidificación con 145 166 kg de SO<sub>2</sub> eq, y la categoría de oxidación fotoquímica con 55 268 kg de C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> equivalente.

### **5.1.3. H3: En un escenario favorable los impactos ambientales se minimizan dentro de un Sistema de Gestión de Residuos Sólidos.**

El escenario propuesto en esta investigación consistió en incrementar la valorización de residuos sólidos orgánicos a través del compostaje mediante la asignación de una nueva ruta que abarque cuatro mercados ubicados dentro del distrito y no solo uno como lo es actualmente. Este supuesto escenario planteado sigue manteniendo contribuciones bajas dentro de todas las categorías evaluadas pese a haberse asignado una nueva ruta, muestra valores evitados en categorías como Calentamiento global -4706,38 kg de CO<sub>2</sub> eq y valores prácticamente nulos como en la categoría de Oxidación fotoquímica 0,143 kg de C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>. Ayala y Hansen (2019) confirman la veracidad de los resultados exponiendo que todo tratamiento de origen biológico genera una serie de beneficios ambientales medidos. Estos a su vez suelen tener un mayor impacto en categorías tales como el Calentamiento Global y en la no formación de compuestos fotooxidante.

Sin embargo, pese a lo descrito previamente, estos valores pudieron haber sido óptimos si se manejase datos relacionados al transporte de los residuos de áreas verdes hasta la planta de compostaje, o si se especificase la cantidad total de residuos de áreas verdes colectados en todos los parques del distrito de ciudad nueva durante el año, o la caracterización de residuos de mercado que sirven para valorizar. Sin embargo, pese a todas las limitaciones descritas con anterioridad el planteamiento de escenarios bajo la idea de tratamientos biológicos en gobiernos distritales según Beltrán (2013) son una buena idea ya que disminuyen las emisiones de metano que pueden llegar a ser vertidas sin algún tratamiento.

Frente a todo lo discutido queda afirmar la hipótesis que sustenta que bajo un escenario favorable los impactos ambientales se minimizan dentro de un sistema de gestión de residuos sólidos en la municipalidad de Ciudad Nueva, y prueba de ello fue el escenario planteado.



#### **5.1.4. H4: Es posible mejorar el transporte de residuos orgánicos e inorgánicos**

Minga y Zhiminaycela (2019), plantearon rutas para el barrido de calles y para la recolección de residuos sólidos, con el fin de mejorar el manejo y la gestión de estos residuos. Teniendo resultados muy favorables, como el aumento del promedio per-capita que se generaba diariamente, el incremento de recolección de residuos sólidos al día de 0,54 toneladas, esto proyectado hasta el año 2030. Se observó que la población no sabe caracterizar los residuos sólidos. Aumentó la eficiencia de las distancias de las rutas de recolección y disminuyó el tiempo de transporte, por otra también aumentó la cobertura del barrido de las calles. Según lo citado, si bien en nuestra tesis también se realizó la optimización de rutas, previo a este proceso, el sistema de gestión de residuos sólidos de la Municipalidad Distrital de Ciudad Nueva, contaba con rutas de recolección de residuos inorgánicos y orgánicos, los cuales no estaban bien definidos y carecían de una buena gestión y manejo de residuos sólidos, por este motivo se plantearon rutas optimizadas para la recolección de residuos inorgánicos y orgánicos, para todos los días. Como resultado se ve, que a diferencia de la tesis citada nosotros recorreremos la misma distancia en menos tiempo, sin embargo estas rutas cubren áreas y caminos estratégicos que permitirán aumentar la cantidad de recolección de residuos orgánicos e inorgánicos, dando como resultado un aumento per-capita de los residuos generados diariamente.

## CONCLUSIONES

Se pudo determinar que dentro del sistema de gestión de residuos sólidos existen flujos de entrada y salida que pueden ser negativos o positivos dependiendo del proceso.

Se dispuso que las categorías de mayor impacto ambiental causadas por el sistema de gestión de residuos sólidos del distrito de Ciudad Nueva fueron las categorías de Calentamiento Global con 1 456 364,91 kg de CO<sub>2</sub> equivalente, Acidificación con 145 166 kg de SO<sub>2</sub> eq, y la categoría de oxidación fotoquímica con 55 268 kg de C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> equivalente.

Bajo un escenario favorable como la aplicación de tratamientos biológicos (compostaje) los impactos ambientales se minimizaron dentro de un sistema de gestión de residuos sólidos en la municipalidad de Ciudad Nueva, y prueba de ello fue el escenario planteado donde se observaron valores en las categorías Calentamiento global - 4706,38 kg de CO<sub>2</sub> eq y valores prácticamente nulos como en la categoría de Oxidación fotoquímica 0,143 kg de C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>.

La propuesta de las rutas aumentó la eficiencia del recojo de residuos orgánicos e inorgánicos, minimizando el tiempo de transporte, dado que las rutas optimizadas fueron estratégicamente trazadas dentro del distrito de Ciudad Nueva, dando la oportunidad a aumentar la generación y recolección de residuos sólidos orgánicos e inorgánicos de manera óptima.

## RECOMENDACIONES

A las futuras investigaciones, proponer otros escenarios biológicos tales como la producción de biogás o el vermicompostaje a fin de conocer las diferencias frente al actual escenario planteado en esta investigación.

A la municipalidad de ciudad nueva, armar un inventario de la cantidad total de residuos provenientes de las áreas verdes que se generan mensual y anualmente, realizar estudios de caracterización de los residuos provenientes de los mercados o centros de abastos, a fin de tener conocimiento sobre el máximo de residuos que se pueden utilizar.

Optimizar sus rutas de recolección y transporte de residuos sólidos municipales (desde su recolección hasta su disposición final).

Aplicar un análisis de ciclo en todo su sistema de gestión de residuos sólidos, ya que permite analizar y evaluar cada uno de los procesos y determinar cuál es el impacto que se pueda ocasionar de manera cuantitativa, evitando o mitigando impactos innecesarios.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ayala, J. P., & Hansen, K. H. (2019). *Aplicación del análisis de ciclo de vida como herramienta de evaluación a propuestas de sistemas de gestión de residuos sólidos urbanos en Chile*. Chile: Universidad Técnica Federico Santa María.
- Banco Mundial. (2018). *Los desechos: un análisis actualizado del futuro de la gestión de los desechos sólidos*. España: Banco mundial.
- BBVA. (2020). *¿Qué es y qué tipos de contaminación ambiental existen?* Lima: BBVA. Obtenido de <https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/que-es-y-que-tipos-de-contaminacion-ambiental-existen/>
- Beltrán, D., Bovea, M., & Gallardo, A. (2013). *Evaluación Ambiental de alternativas de gestión de residuos sólidos mediante la herramienta LCA-GIS-WASTE. Identificación de variables claves*. Logroño: XVII Congreso Internacional de Dirección e Ingeniería de Proyectos.
- Bizcocho, N. (2014). *Aplicación del análisis de ciclo de vida a la gestión de los residuos de construcción*. Sevilla: Universidad de Sevilla.
- Bórquez, D. D. (2019). Cálculo del consumo de combustible y emisiones de CO<sub>2</sub> de a camiones mineros, mediante simulación discreta *Revista Ingeniería Industrial; Vol. 16 Núm. 2 (2017); 151-168.* <http://revistaschilenas.uchile.cl/handle/2250/50010>
- Cáceres, A. L. (2016). *Análisis de ciclo de vida comparativo de edificaciones multifamiliares en Lima*. Lima: PUPC. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.12404/6682>
- Calle, V. V. (2020). *Análisis del ciclo de vida de un edificio de oficinas en Lima (Perú)*. Lima: PUPC.
- Canelo, C. A. (2021). Propuesta de tratamiento de residuos como base para la gestión integral y sostenible de residuos sólidos para la ciudad de Chachapoyas. *revista de investigación en agroproducción sustentable* 5(3), 55 - 68. doi:10.25127/aps.20213.819
- Carvajal, A. B. (2018). *Análisis de ciclo de vida de las fases de aprovechamiento y reciclaje del sistema de gestión integral de residuos sólidos municipales del cantón Mejía*. Sangolquí: universidad de las fuerzas armadas. Obtenido de <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/15380/1/T-ESPE-057997.pdf>

- CESUMA. (2012). *¿Qué es el sistema de gestión de desechos?* Mexico: CESUMA. Obtenido de <https://www.cesuma.mx/blog/que-es-el-sistema-de-gestion-de-desechos.html>
- Ciroth, A., Di Noi, C., Lohse, T., Srocka, M. (2019). *openLCA 1.10 Comprehensive User Manual*. Greendelta.
- Dextre, R. (2020). *Análisis De Ciclo De Vida (Acv) Del Manejo De Residuos De Aparatos Eléctricos Y Electrónicos (Raee) Por La Empresa Operadora De Residuos Comimtel S.A.C., Lima, Periodo 2017-2019*. Lima: UNASAM. Obtenido de [http://repositorio.unasam.edu.pe/bitstream/handle/UNASAM/4326/T033\\_70187552\\_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unasam.edu.pe/bitstream/handle/UNASAM/4326/T033_70187552_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Envira. (2021). *Análisis de Ciclo de Vida (ACV): Qué es y para qué sirve* . Obtenido de Envira Ingenieros Asesores: <https://envira.es/es/analisis-de-ciclo-de-vida/>
- Gil, Y. E., & Velásquez, i. I. (2018). *Determinación del impacto ambiental potencial motivado por la construcción del Colegio de Arquitectos – Chimbote, utilizando el método de análisis de ciclo de vida*. Chimbote : Universidad Nacional del Santa.
- ISO. (2006). *Gestión ambiental—Análisis del ciclo de vida—Principios y marco de referencia.ISO 14040:2006(es)* . ISO. Obtenido de <https://www.iso.org/obp/ui#iso:std:iso:14040:ed-2:v1:es>
- Jara, M. G., & Chacón Sánchez, V. (2018). *Evaluación del asfalto en el pavimento flexible tramo prol. Av. Perú y prol. calle Romeritos en el distrito de San Jerónimo, aplicando el método de análisis de ciclo de vida*. cusco: Universidad Andina Del Cusco.
- Juárez, C., Güereca, L., & Gassó, S. (2008). Análisis del ciclo de vida del sistema de gestión de residuos municipales de la Ciudad de México. *I Simposio Iberoamericano sobre Ingeniería de Residuos. "I Simposio Iberoamericano sobre Ingeniería de Residuos"*. México: Catelló. Obtenido de <http://hdl.handle.net/2117/14195>
- Laurent, A., Bakas, I., Clavreul, J., Bernstand, A., Niero, M., Gentil, E., & Hauschild, M. C. (2014). Review of LCA Studies of Solid Waste Management Systems – Part I: Lessons Learned and Perspectives. *Waste Management* 34(3), 573-588.

- MAPFRE. (2020). *¿Qué es el impacto ambiental y cómo se mide?*. Lima: Grupo MAPFRE Corporativ. Obtenido de <https://www.mapfre.com/actualidad/sostenibilidad/impacto-ambiental/>
- Márquez, Á. I. (2015). *Análisis de costo de ciclo de vida de un proyecto de puente*.
- Mena, M. (. (2022). *Un mundo de residuos*. Statista. Obtenido de <https://es.statista.com/grafico/27140/desechos-solidos-municipales-generados-per-capita-al-ano/>
- MINAM. (2019). *Nueva ley y reglamento de residuos sólidos D.L. N°1278*. Lima: Ministerio del Ambiente. Obtenido de <https://www.minam.gob.pe/gestion-de-residuos-solidos/nueva-ley-de-residuos-solidos/>
- MINAM. (2022). *Guía para el cumplimiento de la Meta del Programa de Incentivos a la Mejora de la Gestión Municipal correspondiente al año 2022*. Lima: Ministerio del Ambiente.
- MINAM. (2021). *Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero del año 2016 y actualización de las estimaciones de los años 2000, 2005, 2010, 2012 y 2014*. Lima: Ministerio del Ambiente.
- MMA. (2018). *Compostaje: Una tendencia para combatir el Cambio Climático*. Chile: MMA. Obtenido de <https://mma.gob.cl/compostaje-una-tendencia-para-combatir-el-cambio-climatico-2/>
- Ordóñez, C., & Martínez-Alegría, R. (2003). *Sistemas de información geográfica: aplicaciones prácticas con Idrisi32 al análisis de riegos naturales y problemáticas medioambientales*. 2003: UNIRIOJA.
- Posligua, J. (2020). *Reducir las emisiones de gases de efecto invernadero a través de una propuesta de generación y aprovechamiento del gas metano a partir de los residuos sólidos en el Cantón Mocache, Provincia de Los Ríos*. Quito: FLACSO.
- Sánchez-Trujillo, M. G., & Resendíz, M. (2020). Análisis de ciclo de vida y la huella de carbono en el proceso de fabricación de pantalón de mezclilla. Caso estudio plantas productoras Región Sur, Hidalgo, México. *Inquietud Empresarial* 20(2), 11–28. doi:10.19053/01211048.11068
- Seoanez, M., Seoanez, P., Bellas, E. (2002). *Tratado de la contaminación atmosférica problemas, tratamiento y gestión*. España.
- Spritmonitor (2016). Consumo Diesel: 6,72 l/100 km- Nissan NV200 1,5 DcJ 85 ch. Obtenido de <https://www.spritmonitor.de/es/detalle/658575.html>

- Tocto, N. G. (2020). *Análisis de ciclo de vida comparativo del adoquín para pavimento peatonal reciclado versus el convencional*. Lima: PUPC.
- United Nations Environment Programme. (2018). *Perspectiva de la Gestión de Residuos en América Latina y el Caribe*. UNEP - UN Environment Programme. ONU.
- Vallejo, A. (2004). *Utilización Del Análisis Del Ciclo De Vida En La Evaluación Del Impacto Ambiental Del Cultivo Bajo Invernadero Mediterráneo*. Barcelona, Gener.
- Viana, C. N. (2020). *La importancia de reciclar*. Argentina: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Obtenido de <https://inta.gob.ar/noticias/la-importancia-de-reciclar>
- Ziegler, K. E. (2019). *Evaluación ambiental por medio del análisis de ciclo de vida del relleno sanitario del distrito de Nauta, en Loreto*. Loreto: Pontificia Universidad Católica Del Perú .
- Ziegler, K., Vázquez-Rowe, I., Kahhat, R., & Margallo, M. (2018). *Análisis De Ciclo De Vida En Rellenos Sanitarios*. Lima: Pupc.

## ANEXOS

## Anexos 1 Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADOR	METODOLOGÍA
Problema general	<b>Objetivo general</b>	<b>Hipótesis general</b>		<b>Entrada</b>	
¿Cuál es el impacto ambiental generado por el Sistema de Gestión de Residuos Sólidos del distrito de Ciudad Nueva a través del Análisis de Ciclo de Vida?	Determinar los impactos ambientales generados por el Sistema de Gestión de Residuos Sólidos del distrito de Ciudad Nueva a través del Análisis de Ciclo de Vida.	El Sistema de Gestión de Residuos Sólidos del distrito de Ciudad Nueva genera impactos ambientales negativos y significativos.	- Carga ambiental.	- Consumo de agua. - Transporte. - Residuos domésticos, comerciales e institucionales.	<b>Tipo de investigación:</b> - Investigación aplicada.  <b>Nivel de investigación:</b> - Descriptivo
				<b>Salida</b>	
				- Emisiones al aire. - Generación de residuos sólidos municipales.	
<b>Problemas específicos</b>	<b>Objetivos específicos</b>	<b>Hipótesis específicas</b>			<b>Diseño de investigación</b>
a. ¿Cuáles son los flujos de entrada y salida asociado a cada proceso del Sistema de Gestión de Residuos Sólidos?	a. Determinar los flujos de entrada y salida de cada proceso del Sistema de Gestión de Residuos Sólidos.	a. Existen flujos de entrada y salida que causan impactos ambientales en algunos procesos del Sistema de	- Impacto ambiental.	- Calentamiento Global. - Disminución de la capa de ozono. - Formación de fotooxidantes. - Acidificación.	- No experimentales

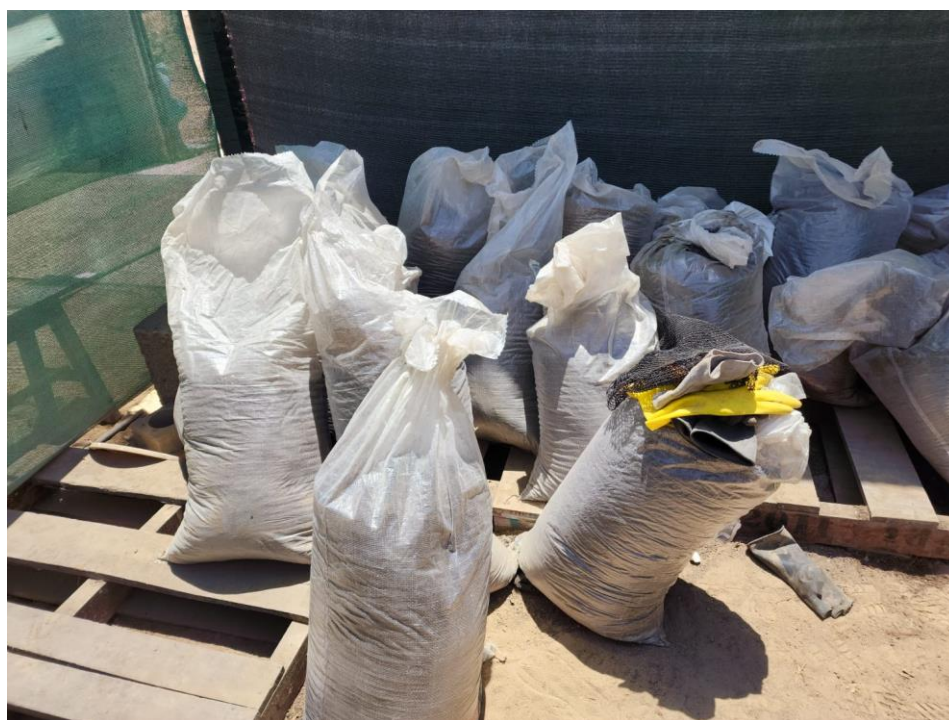


- 
- |   |  |  |
|---|--|--|
| <p>b. ¿Cuáles son las categorías de mayor impacto ambiental causadas por el Sistema de Gestión de Residuos Sólidos ?</p>                | <p>b. Indicar las categorías de mayor impacto ambiental causadas por el Sistema de Gestión de Residuos Sólidos.</p>      | <p>Gestión de Residuos Sólidos.</p>  |
| <p>c. ¿Cuál es el escenario más favorable en términos de impacto ambiental para un adecuado Sistema de Gestión de Residuos Sólidos?</p> | <p>c. Identificar el escenario más favorable en términos ambientales para un Sistema de Gestión de Residuos Sólidos.</p> | <p>b. Existen categorías que originan mayor impacto ambiental en el Sistema de Gestión de Residuos Sólidos.</p> <p>c. En un escenario favorable los impactos ambientales se minimizan dentro de un Sistema de Gestión de Residuos Sólidos.</p> |
| <p>d. ¿Cómo mejorar el transporte de residuos orgánicos e inorgánicos?</p>  | <p>d. Proponer rutas para el transporte en el manejo de residuos orgánicos e inorgánicos.</p>                            | <p>d. Es posible mejorar el transporte de residuos orgánicos e inorgánicos.</p>  |
-

**Anexos 2 Panel fotográfico**



Centro de acopio de residuos sólidos inorgánicos ubicado en el estadio la bombonera.



Bolsas de compost zarandeado listo para valorizar.



Pilas de compost.



Mercado de abastos de Ciudad Nueva.



Valorización de residuos orgánicos recolectados para el proceso de compostaje.