

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y DE
RECURSOS NATURALES
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y
DE RECURSOS NATURALES



INFORME DE TESIS

“IMPLEMENTACIÓN DE MODELO DE SIMULACIÓN
CON STELLA PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL MANEJO
DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES DEL
DISTRITO TAMBO DE MORA”

SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AMBIENTAL Y DE RECURSOS NATURALES

BACH. JOSÉ CARLOS, LUJÁN GUILLEN

BACH. ROGER JAIME, CUCHO ROJAS

Callao, 2020

PERÚ

TÍTULO
“IMPLEMENTACIÓN DE MODELO DE SIMULACIÓN CON STELLA
PARA OPTIMIZACIÓN DEL MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS
MUNICIPALES DEL DISTRITO TAMBO DE MORA”

HOJA DE REFERENCIA DEL JURADO Y APROBACIÓN

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y DE RECURSOS NATURALES

COMISIÓN DE GRADOS Y TÍTULOS ACTA DE INSTALACIÓN DEL JURADO EVALUADOR DE TESIS N° 001-2020-JEDT-FIARN

Siendo las 11:00 horas del día lunes 10 de febrero del 2020, se reunieron en el Auditorio de la Facultad de Ingeniería Ambiental y de Recursos Naturales ubicado en la Av. Juan Pablo II N° 306-Bellavista-Callao, el Jurado Evaluador de Tesis según la Resolución N° 058-2019-D-FIARN de fecha 10 de setiembre del 2019 conformado por los docentes MsC. María Teresa Valderrama Rojas (Presidenta), Mg. Elva Esperanza Torres Tirado (Secretaria), Ing. María Antonieta Gutiérrez Díaz (Vocal), Lic. Janet Mamani Ramos (Asesora), para llevar a cabo la Sustentación de la Tesis titulada: “IMPLEMENTACIÓN DEL MODELO DE SIMULACIÓN CON STELLA PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES DEL DISTRITO TAMBO DE MORA” presentado por los Bachilleres José Carlos Lujan Guillen y Roger Jaime Cucho Rojas, se lee la Resolución N° 035-2020-D-FIARN de fecha 31 de enero del 2020 y da por terminada la ceremonia de Instalación a las 11:20 horas del día 10 de febrero del 2020.


Ms. C. MARÍA TERESA VALDERRAMA ROJAS
Presidenta


Mg. Elva Esperanza Torres Tirado
Secretaria


MsC. María Antonieta Gutiérrez Díaz
Vocal


Lic. Janet Mamani Ramos
Asesora

DEDICATORIA

A mis padres Don Domingo Julián Luján Caballero por ser mi guía, mi maestro agradecerle los viajes al sur en así mismo sus largas conversaciones, que ha forjado valores y así como la inmensa tenacidad de no desfallecer nunca y a mi madre Marlene Guillen Romero agradecerle por su inmenso amor infinito y darles las gracias por todo lo brindado.

José Carlos

Dedico este trabajo a mi amada esposa Gavi, por su apoyo y animo que me brinda día a día para alcanzar nuevas metas, tanto profesionales como personales.

A mis padres: Benigno y Francisca quienes son mi guía desde mi infancia.

A mis hermanos: Marcela, Yesica, Abraham, Ruth, Yenny y Brandon quienes siempre estuvieron ahí animando a no decaer y ser mejor persona cada vez.

Roger Jaime

AGRADECIMIENTOS

Expresamos nuestro agradecimiento a:

La Licenciada en matemáticas y asesora de este proyecto Janet Mamani Ramos, por su colaboración, y respaldo durante la ejecución del trabajo.

Nuestro agradecimiento a Dios por ser nuestro guía, apoyo, camino y Luz. Por darnos la fortaleza en los momentos de debilidad de nuestras vidas.

ÍNDICE

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	9
1.1. Descripción de la realidad problemática	9
1.2. Formulación del problema.....	10
1.2.1 Problema general	10
1.2.2. Problemas específicos.....	11
1.3. Objetivos	11
1.3.1. Objetivo general.....	11
1.3.2. Objetivos específicos	11
1.4. Limitantes de la investigación	11
1.4.1 Social	11
1.4.2 Económico.....	12
1.4.3 Ambiental	12
1.4.4 Legal.....	12
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	14
2.1. Antecedentes	14
2.1.1. Estudios Nacionales.....	14
2.1.2. Estudios Internacionales	16
2.2. Marco:	20
2.2.1. Teórico.....	20
2.2.2. Conceptual	21
2.3. Definición de términos Básicos.....	25
2.3.1. Relacionado a Dinámica de Sistemas	25
2.3.2. Relacionados a Residuos Sólidos Municipales.....	28
CAPITULO III: HIPOTESIS Y VARIABLES	31
3.1. Hipótesis general	31
3.1.1. Hipótesis específicas.....	31
3.1.2. Variables de la investigación	31
3.2. Operacionalización de variables.....	32
CAPITULO IV: METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN	33

4.1. Tipo y diseño de la investigación	33
4.1.1. Diseño de la investigación	33
4.2. Población y muestra	33
4.2.1. Población	33
4.2.2. Muestra	34
4.3. Técnicas e Instrumentos para la recolección de la información documental	34
4.3.1. Proceso de modelado	34
4.3.2. Legislación ambiental, Guías Técnicas e Informes	36
4.3.3. Técnicas Estadísticas	37
4.4. Técnicas e instrumentos para la recolección de la información de campo	39
4.4.1. Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos Domiciliarios y No domiciliarios	39
4.5. Análisis y procesamiento de datos	40
4.5.1. Modelo actual del manejo de residuos sólidos en el distrito de Tambo de Mora	40
4.5.2. Proceso de análisis de datos que se utilizaron en el modelamiento	41
CAPITULO V: RESULTADOS	42
5.1. Resultados descriptivos	42
5.1.1. Ejecución del modelo	42
5.3. Modelamiento del crecimiento poblacional	67
5.3.1. Modelamiento del crecimiento poblacional en 100 años	67
CAPITULO VI: DISCUSIÓN DE RESULTADOS	73
6.1. Contrastación de la hipótesis	73
6.1.1. Hipótesis general	73
6.1.2. Hipótesis específicas	78
6.2. Contrastación de los resultados con estudios similares	82
6.3. Responsabilidad ética	87
CONCLUSIONES	88
RECOMENDACIONES	90
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	91
ANEXOS	94

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA N°1.1 MAPA DE UBICACIÓN DEL DISTRITO TAMBO DE MORA.....	9
FIGURA N°2.1 INTERFAZ GRÁFICA DEL SOFTWARE STELLA VERSIÓN 9.0.2.....	21
FIGURA N°2.2 ELEMENTO STOCK.....	22
FIGURA N°2.3 ELEMENTO FLUJO	22
FIGURA N°2.4 ELEMENTO CONVERTIDOR	23
FIGURA N°2.5 ELEMENTO CONECTOR.....	23
FIGURA N°4.1 FÓRMULA PARA EL CÁLCULO DE LA POBLACIÓN	33
FIGURA N°4.2 FASES EN LA CONSTRUCCIÓN DE UN MODELO.....	36
FIGURA N° 5.1 PROYECCIÓN DE LA POBLACIÓN DE TAMBO DE MORA.....	42
FIGURA N°5.2 PROYECCIÓN DE GENERACIÓN PER CÁPITA (GPC)	43
FIGURA N°5.3 PROYECCIÓN DE LA GENERACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS DOMICILIARIOS	44
FIGURA N° 5.4 PROYECCIÓN DE LA GENERACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS NO DOMICILIARIOS	47
FIGURA N°5.5 PROYECCIÓN DE LA GENERACIÓN TOTAL DE RESIDUOS SÓLIDOS	48
FIGURA N°5.6 PROYECCIÓN DE LA GENERACIÓN TOTAL DE RESIDUOS SÓLIDOS ANUAL	48
FIGURA N°5.7 GENERACIÓN TOTAL DE RESIDUOS SÓLIDOS DOMICILIARIOS Y NO DOMICILIARIOS	49
FIGURA N°5.8 RESIDUOS SÓLIDOS INORGÁNICOS DOMICILIOS MUNICIPALES DE ENERO A DICIEMBRE DE 2017	52
FIGURA N°5.9 TOTAL, DE RESIDUOS SÓLIDOS COMERCIALIZADOS DOMICILIOS DURANTE EL AÑO 2017	53
FIGURA N°5.10 RESULTADOS DE RESIDUOS SÓLIDOS INORGÁNICOS DE ESTABLECIMIENTOS DE ENERO A DICIEMBRE DE 2017	53
FIGURA N°5.11 PRESUPUESTO ASIGNADO POR EL MEF PARA EL AÑO 2016	54
FIGURA N°5.12 PRESUPUESTO ASIGNADO POR EL MEF PARA EL AÑO 2017	54
FIGURA N°5.13 PRESUPUESTO ASIGNADO POR EL MEF PARA EL AÑO 2018.....	55
FIGURA N°5.14 DIAGRAMA CAUSAL DEL MANEJO ACTUAL DE RESIDUOS SÓLIDOS .	56
FIGURA N°5.15 MODELO DE CRECIMIENTO POBLACIONAL	59
FIGURA N°5.16 ECUACIÓN DIFERENCIAL DE CRECIMIENTO POBLACIONAL.....	60
FIGURA N°5.17 SECUENCIA DE OPERACIONES Y PROCESOS DEL MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS.....	61
FIGURA N°5.18 MODELO MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS	62
FIGURA N°5.19 ECUACIÓN DIFERENCIAL PARA EL MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS	63
FIGURA N°5.20 MODELO DE PRESUPUESTO.....	64
FIGURA N°5.21 ECUACIÓN DIFERENCIAL PARA EL PRESUPUESTO ASIGNADO MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS.	65
FIGURA N°5.22 MODELO ACTUAL INCLUYENDO LOS 3 SECTORES: POBLACIÓN, MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS, PRESUPUESTO.	66
FIGURA N°5.23 SIMULACIÓN DE LA POBLACIÓN DE TAMBO DE MORA 2016-2026.	67

FIGURA N°5.24 SIMULACIÓN DE CRECIMIENTO DE LA POBLACIÓN DE TAMBO DE MORA EN 100 AÑOS DE 2016-2116.....	68
FIGURA N°5.25 SIMULACIÓN DE CRECIMIENTO DE LA POBLACIÓN, NACIMIENTOS, DEFUNCIONES 10 AÑOS 2016-2026.....	68
FIGURA N°5.26 SIMULACIÓN DE CRECIMIENTO DE LA POBLACIÓN, NACIMIENTOS, DEFUNCIONES. 100 AÑOS 2016-2116	69
FIGURA N°5.27 POBLACIÓN Y GPC DE RESIDUOS SÓLIDOS DOMICILIARIOS PERIODO 2016-2016.....	70
FIGURA N°5.28 SIMULACIÓN DE CRECIMIENTO DE LA POBLACIÓN Y RESIDUOS NO DOMICILIARIOS PERIODO 2016-2026.....	70
FIGURA N°5.29 SIMULACIÓN DE LA GENERACIÓN PER CÁPITA DE RESIDUOS SÓLIDOS DOMICILIARIA Y NO DOMICILIARIA PERIODO 2016-2026.....	71
FIGURA N°5.30 SIMULACIÓN DE LA SEGREGACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS DOMICILIARIOS Y RESIDUOS NO DOMICILIARIOS.....	71
FIGURA N°5.31 PRESUPUESTO MUNICIPAL Y GASTO TOTAL EN MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS	72
FIGURA N°6.1 MODELO CAUSAL PROPUESTO PARA EL MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES EN EL DISTRITO DE TAMBO DE MORA	73
FIGURA N° 6.2 SIMULACIÓN DE LA GENERACIÓN TOTAL DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES PERIODO 2016-2026	74
FIGURA N° 6.3 SIMULACIÓN DEL POTENCIAL DE APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS INORGÁNICOS	75
FIGURA N° 6.4 SIMULACIÓN DEL POTENCIAL DE APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS	75
FIGURA N° 6.5 SIMULACIÓN DEL POTENCIAL DE APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES	76
FIGURA N° 6.6 SIMULACIÓN DE ARBITRIOS POR CONCEPTO DE LIMPIEZA PÚBLICA AÑOS 2016,2017 Y 2018	77
FIGURA N° 6.7 RESULTADOS PROYECTADOS IMPLEMENTANDO EL MODELO DE SIMULACIÓN CON STELLA.	79
FIGURA N° 6.8 POTENCIAL DE APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES	81
FIGURA N° 6.9 COMPOSTAJE, RENTABILIDAD, RESIDUOS BIODEGRADANTES	82
FIGURA N° 6.10 INVERSIÓN, SEGREGACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS E INORGÁNICOS.....	83
FIGURA N° 6.11 SIMULACIÓN 1	84
FIGURA N° 6.12 SIMULACIÓN 2	85

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1.1	Proyección de la generación de residuos domiciliarios	17
Tabla N° 3.1	Variable independiente	39
Tabla N° 3.2	Variable dependiente	39
Tabla N° 5.1	Composición porcentual de residuos sólidos domiciliarios	52
Tabla N° 5.2	Descripción por tipo de residuo sólido	52
Tabla N° 5.3	Residuos sólidos orgánicos con potencial aprovechable	53
Tabla N° 5.4	Residuos sólidos inorgánicos con potencial aprovechable	53
Tabla N° 5.5	Proyección de la generación de residuos sólidos municipales en el distrito de Tambo de Mora del periodo 2016-2026	58
Tabla N° 5.6	Presupuesto asignado para los años 2016, 2017,2018.	63
Tabla N° 5.7	Relación de variables para el modelo actual (2016) del manejo de residuos sólidos municipales de distrito de Tambo de Mora	67
Tabla N° 5.8	Relación de variables utilizadas para el modelo crecimiento poblacional	67
Tabla N°5.9	Relación de variables utilizadas para el modelo de manejo de residuos sólidos	69
Tabla N° 5.10	Relación de variables utilizadas para el modelo de simulación presupuesto	72

RESUMEN

Para obtener los resultados del modelo de simulación ejecutado se ha considerado la Generación Per Cápita (GPC) 0.410Kg/hab./día que al multiplicarse por la población estimada para el año 2016 es 5214 personas resulta 2,59 Ton/día de residuos sólidos municipales generadas, esto es incluyendo residuos orgánicos e inorgánicos (Municipalidad Distrital de Tambo de Mora, 2016). En ese sentido para proyectar la población se ha considerado además una tasa de crecimiento intercensal de (1.1%) es decir la población tendrá un comportamiento creciente según lo simulado (Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2017) generando un incremento en la generación de residuos sólidos municipales, demostrando que es necesario contar con modelo de simulación para poder optimizar el manejo de residuos sólidos. esto se observará representado mediante un modelo utilizando la dinámica de sistemas, en el distrito Tambo de Mora.

El presente trabajo fue realizado con la finalidad de contar con un modelo de simulación para optimizar de manejo de residuos sólidos utilizando los datos obtenidos del Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos Domiciliarios realizado el año 2016 (Municipalidad Distrital de Tambo de Mora , 2016), en ese sentido se ha optado modelar con el Software Stella 9.0.2. Para realizar el modelo de simulación se ha los datos actuales se han considerado en 3 sectores: Población, manejo de residuos sólidos, presupuesto asignado para al manejo de residuos sólidos.

Palabras claves: *Generación Per Cápita, manejo de residuos sólidos modelo dinámico, software Stella.*

ABSTRACT

To obtain the results of the simulation model executed, the Per Capita Generation (CPG) 0.410Kg / room / day has been considered, which, when multiplied by the estimated population for 2016, is 5214 people, 2.59 Ton / day of solid waste municipal generated, this is including organic and inorganic waste (District Municipality of Tambo de Mora, 2016). In this sense, in order to project the population, an intercensal growth rate of (1.1%) has been considered, that is, the population will have an increasing behavior as simulated (National Institute of Statistics and Informatics, 2017) generating an increase in waste generation municipal solids, demonstrating that it is necessary to have a simulation model to optimize solid waste management. This will be seen represented by a model using systems dynamics, in the Tambo de Mora district.

The present work was carried out with the purpose of having a simulation model to optimize solid waste management using the data obtained from the Study of Characterization of Residential Solid Waste conducted in 2016 (District Municipality of Tambo de Mora, 2016), in that sense has been chosen to model with the Stella 9.0.2 Software. To carry out the simulation model, the current data has been subdivided into 3 sectors: Population, solid waste management, budget allocated for solid waste management.

Keywords: *Per Capita Generation, solid waste management dynamic model, Stella software.*

INTRODUCCIÓN

Tambo de Mora es uno de los 11 distritos de la Provincia de Chincha perteneciente al departamento de Ica en el Perú.

Es una jurisdicción de la costa sur central del Perú. Es un puerto de pesca artesanal y en sus playas se procesa harina de pescado. Su población asciende a 5214, habitantes, (Intituto Nacional de Estadistica e Informatica , 2017) habitantes que con una tasa de crecimiento anual de 1.1% se asienta sobre una superficie de 32.00 km² a una altitud de 5 msnm. El crecimiento de la población en los últimos años, así como la instalación de empresas, instituciones, comercio han aumentado en el Distrito de Tambo de Mora de la Provincia de Chincha de la Región Ica del Perú, teniendo una población que se encuentran concentrada en la zona urbana y según estudios de investigación la cantidad de residuos sólidos está en estrecha relación con el crecimiento de una población.

El objetivo propuesto es la implementación de un modelo que permita la simulación con STELLA para optimizar el manejo de residuos sólidos municipales del distrito de Tambo de Mora.

El método propuesto en el desarrollo del presente trabajo es la dinámica de sistemas que permite comprender las causas estructurales que provocan el comportamiento de un sistema (Aracil, 1983). En ella se utiliza variables cualitativas y cuantitativas, permitiendo construir modelos complejos, en este caso se hace una evaluación del modelo actual y un modelo propuesto a fin de corregir las variables criticas identificadas en la primera (Peña A. R., 2013).

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la realidad problemática

La generación per-cápita de residuos sólidos domiciliarios del distrito de Tambo de Mora es de 0.410 Kg/hab-día (Municipalidad Distrital de Tambo de Mora , 2016). Sin embargo, no segrega adecuadamente o no se aprovecha óptimamente es decir prácticamente todos los residuos van a la disposición final en el botadero.

Figura N°1.1

Mapa de ubicación del distrito Tambo de Mora



Fuente: Elaboración Propia.

TABLA N° 1.1

Proyección de la generación de residuos domiciliarios

Año	Población estimada	GPC Municipal(Kg/hab./día)	Generación Municipal Ton/día)
2016	5214	0.410	2,59

Fuente: (Unidad de Medio Ambiente y Salud-MDTM, 2016).

Como se observa en el cuadro el GPC (Generación Per Cápita) 0.410Kg/hab./día que multiplicado por la población estimada de 5214 habitantes para el año 2016 es de 2,59 Ton/día esto es incluyendo residuos orgánicos e inorgánicos (Municipalidad Distrital de Tambo de Mora , 2016).

La Unidad de Medio Ambiente y Salud fue encargada de realizar el Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos Domiciliarios, elaborar el Plan de Manejo de Residuos Sólidos, así como de ejecutar, el Programa de Segregación en la Fuente y Recolección Selectiva de Residuos Sólidos, además de realizar los Instrumentos de Gestión Ambiental que se requiera.

La Unidad Limpieza Pública y Áreas Verdes es la encargada de la limpieza de calles (barrido), mantenimiento de parques y jardines además del recojo de residuos sólidos municipales a través del camión compactador.

La disposición final se realiza en el botadero denominado Pampa de Ñoco (distrito de Pueblo Nuevo).

1.2. Formulación del problema

A partir de la problemática planteada, se formula la siguiente pregunta que se podrá responder a través de este trabajo de grado.

1.2.1 Problema general

¿De qué manera la implementación de un modelo de simulación con STELLA permitirá optimizar el manejo de residuos sólidos municipales del distrito de Tambo de Mora?

1.2.2. Problemas específicos

1. ¿Cuáles son los diferentes actores en el manejo de los residuos sólidos actuales del distrito de Tambo de Mora?
2. ¿Cómo permitirá optimizar el manejo de residuos sólidos en la municipalidad de Tambo de Mora un modelo de simulación que integre los actores de la caracterización de residuos sólidos municipales?
3. ¿En qué medida la aplicación del modelo propuesto con la plataforma de Simulación STELLA, optimizara el manejo de residuos sólidos?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Implementar un modelo de simulación con STELLA que permita optimizar el manejo de residuos sólidos municipales del Distrito de Tambo de Mora.

1.3.2. Objetivos específicos

1. Identificar los diferentes actores para elaborar la propuesta del manejo de residuos sólidos municipales actuales del distrito de Tambo de Mora,
2. Proponer un modelo de simulación basado en agentes que integre los actores encontradas en la caracterización realizada.
3. Aplicar el modelo de simulación de manejo de residuos sólidos municipales propuesto con Stella.

1.4. Limitantes de la investigación

1.4.1 Social

El presente informe de Tesis, tiene como fin, implementar un modelo a través de la metodología de dinámica de sistemas y simular con el software STELLA que optimizará el manejo de los residuos sólidos en la Municipalidad con el fin de mostrar que el aprovechamiento de los residuos se puede implementar de manera eficiente y lograr un manejo sostenible de dichos residuos

Este proyecto ayudara al análisis e interpretación de información y sensibilización ambiental de la población del distrito de Tambo de Mora, incidiendo prioritariamente en el manejo de los residuos sólidos domiciliarios generados, por ser éste un problema de impacto social más visible en el distrito.

1.4.2 Económico

El presente informe de tesis permitirá la mejor administración de dinero ahorro de recursos humanos y financieros pues se hará eficiente el manejo de residuos sólidos municipales esto se verá reflejado en un mejor servicio que se brinda al poblador.

1.4.3 Ambiental

Necesidad de remediar los problemas ambientales generados por los residuos sólidos, eliminando los puntos críticos a través de un servicio con criterio técnico y ambientalmente adecuado, que cumpla con las normas legales vigentes, en cada etapa del manejo de los residuos sólidos, mejorando así, la imagen del distrito y propiciando el turismo.

Viabilidad para segregar los residuos sólidos inorgánicos como orgánicos, con la finalidad de generar en el tiempo un Proyecto sostenible, económica y ambientalmente, lo que incluirá la implementación de una zona de segregación de residuos, para su posterior venta o reciclaje.

1.4.4 Legal

Todas estas consideraciones, están contempladas en las normas legales ambientales vigentes, y son las siguientes:

- Constitución Política del Perú - Título III, Capítulo II: Del Ambiente y los Recursos Naturales (1193).
- Ley General del Ambiente (Ley 28611 del 15-10-2005).
- Ley N^o 27972, Ley Orgánica de Municipalidades.

- Decreto Legislativo 1278, que aprueba la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos.
- Decreto Supremo N° 014-2017-MINAM que aprueban Reglamento del Decreto Legislativo N° 1278 Decreto Legislativo que aprueba la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos.
- Ley General de Salud Ley N° 26842 del 20-07-1997).
- Decreto Supremo N°014-2011-MINAM, que aprueba el Plan Nacional de Acción Ambiental (PLANAA) 2011- 2021.
- Ley N°29419 Ley que regula la actividad de los recicladores.
- Decreto Supremo N°005-2010-MINAM, Reglamento de la Ley N°29419. Ley que regula la actividad de los recicladores.
- Resolución Ministerial N°191-2016-MINAM, que aprueba el Plan Nacional de Gestión Integral de Residuos Sólidos.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Estudios Nacionales

(Peña A. R., 2013), **realizó la investigación: *Modelo Sistémico en la Gestión de Residuos Sólidos Domiciliarios en la Zona Metropolitana de Huancayo - Perú*** Facultad de Ingeniería Ambiental, Universidad Nacional Agraria La Molina, La Molina. Sección de Ingeniería Mecánica, Pontificia Universidad Católica del Perú,

En el estudio propuesto se desarrolla un modelo utilizando la dinámica de sistemas (Bertalanffy, 1998), que permite simular el impacto de un plan de gestión para el manejo de los residuos sólidos domiciliarios en la zona urbana de la ciudad de Huancayo (Región Junín en Perú). Se realiza el análisis con las características actuales de la gestión desarrollada y proponiendo un modelo con las alternativas de reciclaje y compostaje en una planta de tratamiento previo a la disposición en el relleno sanitario. El modelo fue construido utilizando el software Stella, para ello se ha recurrido a datos de investigaciones previas histórico-estadísticas, así como encuestas realizadas a los pobladores para la ponderación de las tasas de generación de residuos como también pruebas para la caracterización de los residuos sólidos. Los modelos integran los diversos componentes participantes, tales como: población, recolección de residuos, vertederos ilegales de residuos, rellenos sanitarios, segregación, financiamiento, sensibilización y el tiempo. Se concluye que la sensibilización informativa y funcional que permita la segregación de los residuos en el origen, tiene una incidencia significativa en la cantidad de residuos en los rellenos sanitarios y en los costos asociados a la producción, recolección y disposición de los residuos sólidos domiciliarios en la zona urbana de Huancayo. Por lo cual el objetivo planteado fue: Formular el modelo dinámico sistémico que permita identificar y jerarquizar los factores críticos que generan la contaminación en el tratamiento de los residuos sólidos en la zona metropolitana de Huancayo. El método propuesto en el desarrollo del presente trabajo es la dinámica de sistemas. El diseño de la

investigación es no experimental, ya que no existe manipulación activa de alguna variable. Además, se trata de un diseño longitudinal para ver el comportamiento en el tiempo, se utilizó la simulación previa (Lahoz, 2004). La investigación llegó a las siguientes conclusiones: La investigación con el modelamiento del sistema permite identificar los factores críticos que generan problemas en el tratamiento de los residuos sólidos en la zona metropolitana de Huancayo, siendo estos la falta de segregación en la fuente que es a consecuencia de la falta de sensibilización de sus pobladores además de un adecuado financiamiento. La simulación muestra que la utilidad monetaria aplicando segregación y el compostaje es en promedio del 400% mayor a sin su aplicación. La segregación de los residuos sólidos en el origen permite procesar el reciclaje y tratamiento de la materia orgánica para la producción de compost, pero esto se logra con una adecuada sensibilización ciudadana, tal como se muestra en el modelo la diferencia con y sin sensibilización afecta en un rendimiento del 150% en promedio. Existe una correlación directa entre el financiamiento y el tratamiento de los residuos sólidos porque se demuestra que a mayor ejecución presupuestal mejor tratamiento de residuos sólidos. El análisis económico del modelo muestra que la proporción del monto de financiamiento producido con y sin sensibilización del poblador es de 5 a 2 aproximadamente.

(Ramirez, 2014), **realizó la investigación: *Uso de la Dinámica de Sistemas para optimizar las rutas de recojo de Residuos Sólidos en el Distrito de Tarapoto-2014***, de la Facultad de Ingeniería de Sistemas e Informática de la Universidad Nacional de San Martín Tarapoto. El objetivo general, es optimizar las rutas de recojo de residuos sólidos en el distrito de Tarapoto mediante el uso de la dinámica de sistemas. Asimismo, tiene como objetivos específicos; conocer el comportamiento del sistema de recojo de residuos sólidos utilizando la dinámica de sistemas; utilizar la dinámica de sistemas para construir modelos de solución al sistema de recojo de residuos sólidos; simular los modelos matemáticos para comprender y discutir los resultados; determinar la mejora de las rutas con el uso programación. Para el desarrollo de la propuesta se utilizó la dinámica de sistemas como metodología, esta metodología consta de tres fases; conceptualización,

presentación o formulación, análisis y evaluación; lo obtenido en estas fases se utilizan para pronosticar el comportamiento de los residuos sólidos. De los resultados obtenidos en la investigación se demuestra que con el uso de la dinámica de sistemas como metodología se contribuye a mejorar el plan de recojo de residuos sólidos en el distrito de Tarapoto y con la programación lineal se propone una opción para optimizar las rutas de recojo de residuos sólidos del distrito. Utilizando la fase de conceptualización de la metodología de la dinámica de sistemas se ha conocido el comportamiento real del sistema de recojo de residuos sólidos en el distrito de Tarapoto, el cual se manifiesta en la descripción del sistema, el horizonte temporal y el diagrama causal del sistema. La investigación llegó a las siguientes conclusiones: El modelo matemático utilizado para la minimización de rutas de recojo de residuos sólidos en el distrito de Tarapoto fue el de programación lineal, el cual nos demuestra que con un efectivo usos de recursos se puede minimizar en una ruta hasta 1.02 kilómetros de la ruta planteada de recorrido ahorrando combustible y hora vehículo. El software lingo es la herramienta de fácil uso e interpretación para optimizar las rutas de recojo de residuos sólidos. Se ha podido demostrar que $T_c > T_t$ ($13.595 > 1.782$), se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna. Utilizando la dinámica de sistemas se optimizará las rutas de recojo de residuos sólidos en el distrito de Tarapoto.

2.1.2. Estudios Internacionales

(Ibarra, Modelo Sistémico para el Manejo de Residuos Sólidos en Instituciones Educativas en Colombia, 2011) **Danny W. Ibarra V.& Johan M. Redondo O. Realizaron la investigación la investigación: *Modelo Sistémico para el Manejo de Residuos Sólidos en Instituciones Educativas en Colombia de la Universidad Colegio Mayor de Nuestra Señora del Rosario septiembre del 2011.***

(Ibarra, Modelo Sistémico para el Manejo de Residuos Sólidos en Instituciones Educativas en Colombia, 2011), En este trabajo, presentan un modelo desarrollado con la metodología de la Dinámica de Sistemas, para la gestión de los residuos sólidos que se generan en las instituciones educativas; a sabiendas que el

adecuado manejo de estos residuos siempre se ha presentado como una problemática ambiental difícil de afrontar en tales instituciones, ya sea por falta de presupuesto para la inversión de programas de educación ambiental o por simple desconocimiento de herramientas para lograr resultados óptimos. El principal problema es que gran parte del presupuesto de tales instituciones se ve afectado por el alto costo del servicio del aseo, debido a una generación excesiva de residuos de los cuales no se realiza ningún tipo de aprovechamiento. Para esto hemos planteado un modelo en el que se relacione las variables cantidad de residuos, el presupuesto de las instituciones y los residuos reciclados. Siendo este modelo el primer resultado de nuestra investigación en dirección a ese propósito. Debido a la cantidad de factores que intervienen en este problema se hace necesaria la implementación de una metodología que permita trabajar dicha complejidad. Una de las alternativas metodológicas que mejor se adapta a este tipo de problemas sistémicos es la que nos ofrece la Dinámica de Sistemas. Esta metodología se han logrado buenos resultados para el manejo de los residuos sólidos ya sean municipales o para predicción de generación o modelos de regionalización en diferentes países. Se logró establecer diagramas causales, de niveles y flujos y sus respectivas simulaciones con el software Stella 9.0.2. Después de realizar las corridas del modelo y observar el comportamiento de las variables según los parámetros establecidos, podemos analizar en la simulación 1, que corresponde a la simulación en la cual no se tiene en cuenta el reciclaje es decir, en una institución donde no se realiza este proceso, podemos concluir que el presupuesto de la institución se mantiene hasta el punto, en que la generación de residuos se incrementa de manera excesiva, trayendo como consecuencia de que al pasar 12 meses el presupuesto disminuye considerablemente. Para la simulación 2, se tuvo en cuenta, la tasa de inversión para la gestión de residuos sólidos y el proceso de reciclaje, el cual se vio reflejado en el aumento del presupuesto de la institución, y en el comportamiento de la cantidad de residuos sólidos totales, pues vemos que después de unos meses, tiende a estabilizarse en un punto lo cual hace que el costo del servicio de aseo sea constante, por ende, hay un incremento del presupuesto de la institución. El

modelo permitió observar el comportamiento de las variables, residuos totales, residuos reciclados y su relación con el presupuesto de la institución. Se pudo establecer que, para implementar un plan de gestión integral de residuos sólidos, que sea eficiente, se necesita que exista una tasa de inversión adecuada al número de la población de la institución. Este primer modelo planteado para el manejo de los residuos sólidos en instituciones educativas, es muy general, pero con mucho potencial, por ende, se ve la necesidad de tener en cuenta más atributos para así complejizar más el sistema, de tal manera que se pueda considerar el tipo de residuo generado, el ingreso por cada tipo de residuo y costos específicos aplicados a un estudio de caso.

(Rojas, 2010), *Realizó la investigación la investigación: Simulación de la aplicación del tratamiento mecánico biológico a los residuos urbanos. el caso de la Ciudad de General Pico, Facultad De Ingeniería, Universidad Nacional de La Pampa Argentina. 2010.* El problema ambiental es una de las dificultades que afecta al mundo entero. Entre los aspectos que incluye este inconveniente, uno de los fundamentales es el efecto que causan los residuos. Los residuos sólidos urbanos poseen características que hacen que sea factible realizar ciertas actividades que permitan disminuir el impacto ambiental y social de su desecho, entre las que se puede destacar, la reutilización, el reciclaje, etc. La ciudad de General Pico no escapa a esta problemática y en la presente tesina se analiza la posibilidad de aplicar el Tratamiento Mecánico Biológico a la gestión actual de los residuos urbanos, mediante la Dinámica de Sistemas. Esta metodología permite aplicar diferentes escenarios a un modelo representativo de la realidad y obtener resultados. Analizando estos, se enuncian alternativas viables para apoyar a la toma de decisiones, sin haber modificado la realidad en estudio. El objetivo principal del Tratamiento Mecánico Biológico de residuos sólidos es minimizar el impacto ambiental de la disposición final de los desechos, mediante una amplia estabilización de los mismos. Por medio de esta tesina, se proponen diferentes alternativas para la actual gestión de los residuos sólidos urbanos de la ciudad, permitiendo observar cuáles son las ventajas de aplicar el tratamiento y los beneficios que se logran obtener a través del trabajo realizado por los empleados

de la Cooperativa de Trabajo de Reciclados Don Alberto Limitada. Al momento de decidir por las alternativas a modelar y las propuestas a realizar, también se considera cuáles son las limitaciones que existen en la ciudad, ya sean presupuestarias o de personal. En este trabajo, se analiza la gestión integral de los residuos urbanos, comenzando con la definición y la clasificación de los residuos. Luego se estudian todas las etapas que implica la gestión de residuos urbanos, desde la generación de los desechos hasta la disposición final de los mismos, pasando por las diferentes etapas intermedias. Se desarrollan con un poco más de detalle los diferentes tratamientos que pueden aplicarse a los residuos, como, por ejemplo, Pirólisis, Tratamiento Mecánico Biológico, Composteo, entre otros. Además, se marcan las diferencias entre las distintas alternativas de disposición final como son el basurero a cielo abierto y el relleno sanitario. Se presenta la actual gestión integral de los residuos en la ciudad de General Pico. También se explica en detalle el Tratamiento Mecánico Biológico: cómo se lleva a cabo el proceso, las ventajas que posee, los efectos sobre el clima, etc. Esta información es de suma importancia, debido a que en el próximo capítulo se analizara este tratamiento aplicado a la actual gestión de los residuos.

(Dirk Inghels, 2010), **Dirk Inghels, Wout Dullaert, An analysis of household waste management policy using system dynamics modelling, Artículo, Waste Management & Research, Flandes, Bélgica. (Dirk Inghels & Wout Dullaert, 2010).**

En este trabajo se analiza la política de Flandes-Bélgica, correspondiente a la gestión de los residuos domésticos, para el cual se utiliza un modelo dinámico que simula el comportamiento de la gestión tomando como base los datos históricos del período 1991-2006. El modelo dinámico describe este caso de la vida real mostrándolo de manera correlacional y descriptiva en la región europea, el cual se utilizó para evaluar la gestión de residuos domésticos con políticas basadas en la prevención y la reutilización de los residuos, lo cual se incluyó al modelo de simulación. Finalmente se plantearon políticas que persiguieran los objetivos tales como: la producción per-cápita reduzca a 150 kg manteniéndose de esta manera

hasta el año 2015, lo que tendría como estrategia desligar la generación de residuos de los hábitos de consumo; también se pretende eliminar la fracción desechada de los residuos domésticos, esto con la implementación de estrategias como la reutilización, reciclaje, y la incineración que se pretende que sea económicamente rentable, y para ello se implementara un sistema de incineración que permitirá la generación de energía renovable, con todas estas actividades se pretende la eliminación total de los vertedero producidos por actividades domésticas, y llegar a tener una gestión adecuada de los desechos domésticos. El presente artículo evidencia que el uso de la dinámica de sistemas en un contexto real de desechos domésticos, es eficiente para visualizar la realidad y plantear políticas estratégicas que permitan gestionar de manera adecuada los desechos que como se muestra, pueden ser reaprovechados, reciclados e incluso incinerados adecuadamente para la producción de energía renovable. Dado el carácter general del modelo planteado en la investigación y sus requisitos de datos limitados, el enfoque aplicado en este modelo también puede ayudar a los responsables de política de residuos en otras regiones o países para cumplir sus objetivos de política mediante la simulación, así tomar sus medidas adecuadas respecto a los residuos domésticos.

2.2. Marco:

2.2.1. Teórico

a) Dinámica de sistemas

La dinámica de sistemas es una metodología ideada para resolver problemas concretos. Inicialmente se concibió para estudiar los problemas que se presentan en determinadas empresas en las que los retrasos en la transmisión de información, unido a la existencia de estructuras de realimentación, dan lugar a modos de comportamiento indeseables, normalmente de tipo oscilatorio. Originalmente se denominó dinámica industrial. Los trabajos pioneros se desarrollan a finales de los años 50, y durante los 60 tiene lugar su implantación en los medios profesionales (Aracil.J, 1995, págs. 12,13).

b) Simulación

Un modelo matemático consiste esencialmente en un conjunto de ecuaciones. Para procesarlas necesitamos de la ayuda de la informática. Una vez programadas en un computador podemos experimentar con el modelo. Este proceso recibe la denominación de simulación informática del sistema y requiere de herramientas informáticas adecuadas. Por lo que respecta a la dinámica de sistemas se han desarrollado un cierto número de ellas. Técnica que permite construir modelos de un sistema real y operarlos (realizar experimentos) en hipotéticas condiciones exteriores con el objetivo de predecir el comportamiento esperado del sistema real a partir de la información generada en el modelo.

2.2.2. Conceptual

a) Software Stella.

Este sistema ofrece una forma práctica de visualizar en forma dinámica como los sistemas funcionan. Esto convierte a STELLA en un software de fácil uso Stella es un programa de simulación por computadora, que proporciona un marco de referencia y una interfaz gráfica de usuario para la observación e interacción cuantitativa de las variables de un sistema la interfaz se puede utilizar para describir y analizar sistemas biológicos, físicos, químicos o sociales muy complejos. Complejidad que se puede representar muy bien, con sólo 4 elementos o bloques de construcción: stock, flujo, conector y convertidor.

Figura N°2.1

Interfaz gráfica del software Stella Versión 9.0.2



Fuente: Software Stella 9.0.2.

b) Elementos básicos de Stella

Stock: Es un símbolo genérico para cualquier cosa que acumula o consume recursos. Por ejemplo. Agua acumulada en una tina de baño. En cualquier tiempo, la cantidad de agua en la tina refleja la acumulación del agua que fluye desde la llave, menos lo que fluye hacia el drenaje. La cantidad de agua es una medida del stock de agua.

Figura N°2.2

Elemento Stock

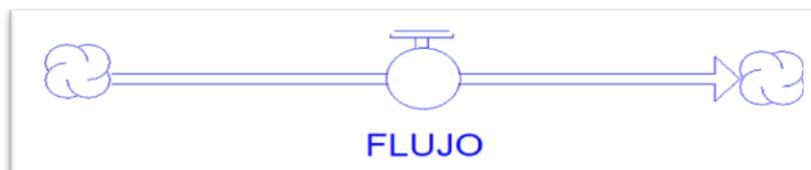


Fuente: Software Stella 9.0.2.

Flujo: Un flujo es la tasa de cambio de un stock. En el ejemplo de la tina de baño, los flujos son el agua que entra y el agua que sale.

Figura N°2.3

Elemento Flujo



Fuente: Software Stella 9.0.2.

Convertidor: Un convertidor se utiliza para tomar datos de entrada y manipularlos para convertir esa entrada en alguna señal de salida. En el ejemplo de la tina de baño, si se toma el control de la llave que vierte el agua al interior, la

convertidor toma como entrada esta acción en la llave y convierte la señal en una salida que se refleja en la salida de agua. Véase figura 2.4

Figura N°2.4

Elemento Convertidor

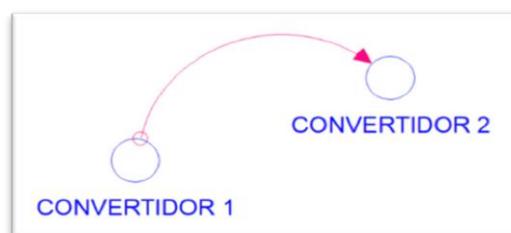


Fuente: Software Stella 9.0.2.

Conector: Un conector es una flecha que le permite a la información pasar entre: convertidores; stocks y convertidores; stocks, flujos y convertidores. Véase Figura N°2.5.

Figura N°2.5

Elemento Conector



Fuente: Software Stella 9.0.2.

2.2.3. Teórico-conceptual

a) Cartografía y modelado

- Interfaz gráfica intuitiva basada en iconos que simplifica la construcción de modelos.

- Valores y diagramas de flujo soportan el lenguaje común de los sistemas inteligentes y proporcionan datos sobre cómo los sistemas trabajan.
- Los tipos de poblaciones mejoradas permiten procesos discretos y continuos con soporte para colas, los hornos y un refuerzo de los transportadores
- Las ecuaciones del modelo se generan automáticamente y son accesibles por debajo de la capa de modelo.

Las funciones integradas facilitan operaciones matemáticas, estadísticas, y lógicas.

- Matrices simples representan un modelo de estructura repetido.
- Sub-modelos soportan estructuras de modelos jerárquicos.

b) Simulación y Análisis:

- Simulaciones "corren" los sistemas en el tiempo.
- El análisis de sensibilidad revela puntos de influencia clave y condiciones óptimas.
- Simulaciones del modelo parcial se centran en el análisis de sectores específicos del modelo
- Los resultados son presentados en forma de gráficos, tablas, animaciones, películas QuickTime, y archivos.

c) Comunicación:

- Los simuladores de vuelo y paneles describen los componentes del modelo y facilitan la manipulación.
- Los dispositivos de entrada incluyen botones, deslizadores, interruptores y botones.
- Los dispositivos de salida destacan los resultados con luces de advertencia, textos, gráficos, tablas y reportes
- Storytelling soporta la revelación del modelo paso a paso.
- Gráficos Sketchable permitir una fácil comparación de los resultados esperados con simulaciones reales.

- Guardar como opción de tiempo de ejecución crea pantalla completa, los modelos de tiempo de ejecución.
- Soporte multimedia con desencadenantes gráficos, películas, sonidos y mensajes de texto basados en las condiciones del modelo
- Modelo de características de seguridad permiten el bloqueo o la protección por contraseña. Simulación de sistemas usando STELLA, (2009).

2.3. Definición de términos básicos

2.3.1. Relacionado a Dinámica de Sistemas

(Aracil.J, 1995, págs. 81,85)**Comportamiento de un sistema.** Representación gráfica del conjunto de trayectorias que describen los cambios que sufren a lo largo del tiempo las variables asociadas a un sistema.

Constante. Elemento cuyo valor no cambia durante una simulación.

Crecimiento sigmoidal. Crecimiento caracterizado por una fase inicial de crecimiento exponencial seguida por una fase de estabilización en un valor constante. Recibe también la denominación de crecimiento logístico.

Diagrama de Forrester. Diagrama que muestra las relaciones entre las variables de un sistema, una vez que han sido clasificadas en variables de nivel, de flujo y auxiliares. Constituye una reelaboración del diagrama de influencias. Recibe también las denominaciones de diagrama de flujos y niveles, de flujos-niveles, o diagrama dynamo, esta última denominación por su relación con el lenguaje informático DYNAMO.

Diagramas de influencias. Grafo cuyos nodos son los elementos del sistema y cuyas aristas indican las influencias entre ellos. M Constituye una representación gráfica de la estructura del sistema. Recibe también la denominación de diagrama causal.

Dinámica de sistemas. Disciplina para el estudio de las relaciones entre la estructura y el comportamiento de un sistema con ayuda de modelos informáticos de simulación.

Equilibrio. Estado de un sistema en el cual ninguna de sus variables cambia a lo largo del tiempo.

Estado. Información concerniente a un sistema a partir de la cual se puede predecir su futura evolución. En los modelos de dinámica de sistemas el estado viene representado por el conjunto de variables de nivel.

Estructura. Forma en que los elementos de un sistema se encuentran organizados o interrelacionados. La estructura se representa mediante el diagrama de influencias o causal.

Flujo. Variable que representa el cambio que sufre una determinada magnitud por unidad de tiempo. En los modelos de dinámica de sistemas se asocian a cada variable de nivel una o varias variables de flujo.

Límites de un sistema. Límites que delimitan el sistema que se está considerando. En el interior del sistema se incluyen exclusivamente los elementos considerados más relevantes para el problema estudiado. Los elementos que afectan y a su vez son afectados por el sistema se consideran en el interior de los límites, mientras que aquellos que sólo afectan o se ven afectados se consideran fuera de los límites.

Modelo. Objeto artificial construido para representar de forma simplificada a un sistema real o a un fenómeno de la realidad.

Analizando el comportamiento del modelo se extraen consecuencias con relación al del sistema modelado.

Modelo informático. Modelo de simulación susceptible de ser implantado en un computador.

Modelo mental. Representación informal de un cierto aspecto de la realidad, pero que recoge la experiencia que poseen los especialistas en el problema correspondiente. En dinámica de sistemas suele emplearse como punto de partida del proceso de modelado.

Nivel. Variable que corresponde a un proceso de acumulación en la dinámica de un sistema. Este proceso se realiza mediante las variables de flujo.

Nube. Símbolo empleado en los diagramas de Forrester para indicar una fuente o un sumidero de una variable de nivel. La fuente no resulta relevante para el modelo.

Pauta de comportamiento. Tendencias globales del comportamiento de un sistema. Ejemplos de pautas son: crecimiento y declive, oscilación, y estabilidad en un equilibrio.

Proceso de modelado. Proceso mediante el cual se construye un modelo de un aspecto problemático de la realidad. En dinámica de sistemas comprende tres pasos fundamentales: la elaboración de un modelo mental, su transcripción a un diagrama de influencias y su conversión en un diagrama de Forrester, a partir del cual se dispone ya de un modelo matemático que puede ser programado en un computador.

Realimentación. Proceso en virtud del cual se recibe continuamente información con relación a los resultados de las acciones previamente tomadas, de modo que a partir de esa información, y de los objetivos propuestos, se adoptan las decisiones con relación a las futuras acciones a tomar. La estructura de influencias correspondiente es circular. Se emplea también, aunque incorrectamente, el término «retroalimentación».

Realimentación negativa. Bucle de realimentación formado por una cadena circular cerrada de influencias, un número impar de las cuales es negativa. Un sistema dotado de realimentación negativa tiende a mantener invariantes los valores de sus variables, y a restituirlos cuando han sido modificados por efecto de una perturbación exterior.

Realimentación positiva. Bucle de realimentación formado por una cadena circular de influencias todas ellas positivas, o si las hay negativas su número es par, de modo que se compensen entre ellas. Su comportamiento está caracterizado por el crecimiento sin límites de toda perturbación.

Sensibilidad. Análisis que pretende medir la influencia en las conclusiones que se extraen de un modelo de las variaciones en los valores que se asignan a los parámetros.

Simulación. Proceso mediante el cual se implanta en un computador un modelo matemático de un cierto aspecto de la realidad.

Sistema. Entidad formada por un conjunto de elementos en interacción.

Sistema dinámico. Objeto matemático formado por un espacio de estados y una regla que prescribe la evolución en él. Los modelos matemáticos que se construyen mediante dinámica de sistemas son sistemas dinámicos.

Trayectoria. Representación gráfica del comportamiento de una variable. Normalmente en abscisas se representa el tiempo, y en ordenadas la variable correspondiente.

Variable. Atributo de un sistema al que se puede asociar una medida mediante un número real y cuyo valor puede cambiar a lo largo del tiempo.

Variable auxiliar. En dinámica de sistemas, variable que representa un paso intermedio en el cálculo de una variable de flujo.

Variable exógena. En dinámica de sistemas, variable que afecta al sistema pero que no es afectada por ninguna otra del sistema.

2.3.2. Relacionados a Residuos Sólidos Municipales

(Ministerio del Ambiente,(MINAM), 2017)**Almacenamiento-** Operación de acumulación temporal de residuos en condiciones técnicas como parte del sistema de manejo hasta su disposición final.

Disposición final- Procesos u operaciones para tratar o disponer en un lugar los residuos sólidos, como última etapa de su manejo en forma permanente, sanitaria y ambientalmente segura.

Empresa Operadora de Servicios de Residuos Sólidos (EO -RS) Persona jurídica que presta servicios de residuos sólidos mediante una o varias de las siguientes actividades: limpieza de vías y espacios públicos, recolección y transporte, transferencia, tratamiento o disposición final de residuos sólidos.

Empresa Comercializadora de Residuos Sólidos (EC-RS) Persona jurídica que desarrolla actividades de comercialización de residuos sólidos para su reaprovechamiento.

Generación per cápita (GPC) -Es la generación unitaria de residuos sólidos, expresada en kilogramos de residuos sólidos por persona-día.

Gestión de residuos sólidos -Es toda actividad técnica administrativa de planificación, coordinación, concertación, diseño, aplicación y evaluación, de políticas, estrategias, planes y programas de acción de manejo apropiado de los residuos sólidos de ámbito nacional, regional y local.

Manejo de residuos sólidos -Toda actividad técnica operativa de residuos sólidos que involucren la manipulación, acondicionamiento, transporte, transferencia, tratamiento, disposición final u otro procedimiento técnico operativo, empleado desde la generación hasta la disposición final.

Manejo integral de residuos sólidos-Es un conjunto de acciones normativas, financieras y de planeamiento que se aplica a todas las etapas del manejo de residuos sólidos desde su generación, basándose en criterios sanitarios ambientales y de viabilidad técnica y económica para la reducción en la fuente, el aprovechamiento, tratamiento y la disposición final de los residuos sólidos.

Minimización-Acción de reducir al mínimo posible el volumen y peligrosidad de los residuos, a través de cualquier estrategia preventiva, procedimiento, método o técnica utilizada en la actividad generadora.

Reciclaje-Toda actividad que permite reaprovechar los residuos sólidos mediante un proceso de transformación para cumplir su fin inicial u otros fines.

Relleno sanitario-Es una técnica para la disposición de residuos sólidos en el suelo, sin causar perjuicio al medio ambiente y sin causar molestias o peligro para la salud y la seguridad pública, utilizando principios de Ingeniería para confinar los residuos sólidos en un área lo más pequeño posible, reduciendo su volumen al mínimo practicable y para cubrir los residuos sólidos así depositada con una capa de tierra con la frecuencia necesaria, por lo menos al fin de cada jornada.

Residuos sólidos -Son aquellas sustancias, productos o sub-productos, en estado sólido o semisólido de los que su generador dispone, o está obligado a disponer, en virtud de lo establecido en la normatividad nacional o de los riesgos que causan a la salud y el ambiente, para ser manejados a través de un sistema que incluya,

según corresponda, las siguientes operaciones o procesos: minimización de residuos, segregación en la fuente, reaprovechamiento, almacenamiento, recolección, comercialización, transporte, tratamiento y transferencia, disposición final.

Residuos orgánicos-Son aquellos residuos que pueden ser descompuestos por la acción natural de organismos vivos como lombrices, hongos y bacterias principalmente.

Segregación Acción de agrupar determinados componentes o elementos físicos de los residuos sólidos para ser manejados en forma especial.

Tratamiento Cualquier proceso, método o técnica que permita modificar la característica física, química o biológica del residuo sólido, a fin de reducir o eliminar su potencial peligro de causar daños a la salud y el ambiente.

CAPÍTULO III: HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1. Hipótesis

3.1.1. Hipótesis general

La implementación de un modelo de simulación con STELLA permitirá optimizar el manejo de los residuos sólidos municipales del distrito de Tambo de Mora.

Hipótesis específicas

H1: La identificación de los diferentes actores dentro del proceso de manejo de residuos sólidos permitirá elaborar la propuesta de optimización del manejo de Residuos Sólidos Municipales del Distrito de Tambo de Mora.

H2: El Desarrollo de una propuesta de modelo de simulación basado en agentes que integre las variables encontradas en la caracterización optimizará el manejo de residuos sólidos municipales del distrito de Tambo de Mora.

H3: La aplicación del modelo propuesto en la plataforma de simulación STELLA optimizará el manejo de residuos Sólidos Municipales del Distrito de Tambo de Mora.

3.1.2. Variables de la investigación

Modelo de Simulación

Variable Independiente = X

Optimización del Manejo de Residuos Sólidos Municipales

Variable Dependiente = Y

3.2. Operacionalización de variables

Tabla N° 3.1

Variable Independiente

VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES (AGENTES)
<p>MODELO DE SIMULACIÓN</p> <p>VARIABLE INDEPENDIENTE</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Diagrama causal del manejo de residuos sólidos municipales actual tal y como se viene realizando. • Diagrama causal del modelo propuesto manejo de residuos sólidos municipales. 	<ul style="list-style-type: none"> • Población • Generación Per-cápita por persona. • Generación de RR. SS en Toneladas. • Segregación de RR. SS en Toneladas. • Potencial de aprovechamiento de residuos sólidos municipales • Valorización de RR. SS en Toneladas. orgánicos e inorgánicos. • Disposición final de RR.SS en Toneladas.

Fuente: Elaborado propia.

Tabla N° 3.2

Variable Dependiente

VARIABLE	DIMENSIÓN	INDICADORRES (AGENTES)
<p>Optimización del manejo de Residuos Sólidos Municipales</p> <p>VARIABLE DEPENDIENTE</p>	Generación Per Cápita GPC	Generación Per Cápita –kg/ (hab. - día) domiciliarios y comerciales
	Eficiencia	<ul style="list-style-type: none"> • Eficiencia de la valorización -% (porcentaje)
	Costo	<ul style="list-style-type: none"> • Costo Total del manejo de residuos sólidos.

Fuente: Elaborado Propia.

CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

4.1. Tipo y diseño de la investigación

4.1.1. Tipo de investigación

El tipo de investigación utilizada es **Básico y aplicativo**. Dentro de este marco utilizaremos los referentes teóricos y metodológicos ya existentes en relación a nuestras variables.

4.1.2. Diseño de la investigación

El nivel de la investigación es **no experimental**, ya que no existe manipulación activa de alguna variable. Además, se trata de un **diseño longitudinal** para ver el comportamiento en el tiempo, se utilizará la simulación previa (Lahoz, 2004).

4.2. Población y muestra

4.2.1. Población

La población (N) a ser analizada, está constituida por el número de habitantes que viven el Distrito de Tambo de Mora y que generan residuos sólidos municipales.

Es importante indicar que hemos utilizado la guía metodología de la Guía metodológica para el desarrollo del Estudio de Caracterización para Residuos Sólidos Municipales (MINAM, 2012).

Figura N°4.1

Fórmula para el cálculo de la población

$$PF=Pi*(1+r)^n$$

Fuente: (MINAM, 2012)

Donde:

Pi : Población inicial, obtenida del último Censo Nacional

r : Tasa de crecimiento anual Inter Censal.

n : Número de años que se desea proyectar a la población, a partir de la cantidad de Población inicial (Pi).

PF : Población Final proyectada después de “n” años.

Reemplazando datos obtenemos la población actual

$$PF= 4725*(1+1.1\%)^ 9$$

$$PF=5214 \text{ habitantes (2016)}$$

4.2.2. Muestra

Conocido el número de la muestra, el equipo que elabora el estudio de caracterización de residuos sólidos debe distribuirla según estratos.

En el caso de algunas zonas rurales o urbanas que tienen una población con características homogéneas se considera como una población de un solo estrato, sin embargo, en estos casos pueden sectorizarse por: barrios, sectores, urbanizaciones, entre otros.

En ciudades consolidadas la zonificación se realiza de acuerdo a los estratos socio económicos, para lo cual se utiliza principalmente la información del Instituto Nacional de estadística e Informática – INEI (Mapa de Necesidades Básicas de los Hogares a Nivel Distrital) (MINAM, 2012).

La muestra es de 444 habitantes considerando datos del Estudio de Caracterización de residuos sólidos realizado en Tambo de Mora el año 2016 (Ver anexo para mayor detalle).

4.3. Técnicas e instrumentos para la recolección de la información documental

4.3.1. Proceso de modelado

(Aracil.J, 1995, págs. 58,60) El proceso de modelado consiste en el conjunto de operaciones mediante el cual, tras el oportuno estudio y análisis, se construye el modelo del aspecto de la realidad que nos resulta problemático. Este proceso, consiste, en esencia, en analizar toda la información que se dispone con relación al proceso, depurarla hasta reducirla a sus aspectos esenciales, y reelaborarla de

modo que pueda ser transcrita al lenguaje sistémico que estamos viendo. En el proceso de modelado se pueden distinguir las fases siguientes:

a) Definición del problema. En esta primera fase se trata de definir claramente el problema y de establecer si es adecuado para ser descrito con los útiles sistémicos que hemos desarrollado. Para ello el problema debe ser susceptible de ser analizado en elementos componentes, los cuales llevan asociadas magnitudes cuya variación a lo largo del tiempo queremos estudiar.

b) Conceptualización del sistema. Una vez asumida, en la fase anterior, la adecuación del lenguaje sistémico elemental para estudiar el problema, en esta segunda fase se trata de acometer dicho estudio, definiendo los distintos elementos que integran la descripción, así como las influencias que se producen entre ellos. El resultado de esta fase es el establecimiento del diagrama de influencias del sistema.

c) Formalización. En esta fase se pretende convertir el diagrama de influencias, alcanzado en la anterior, en el de Forrester. A partir de este diagrama se pueden escribir las ecuaciones del modelo (algunos entornos informáticos permiten hacerlo directamente). Al final de la fase se dispone de un modelo del sistema programado en un computador.

d) Comportamiento del modelo. Esta cuarta fase consiste en la simulación informática del modelo para determinar las trayectorias que genera.

e) Evaluación del modelo. En esta fase se somete el modelo a una serie de ensayos y análisis para evaluar su validez y calidad.

Estos análisis son muy variados y comprenden desde la comprobación de la consistencia lógica de las hipótesis que incorpora hasta el estudio del ajuste entre las trayectorias generadas por el modelo y las registradas en la realidad. Así mismo, se incluyen análisis de sensibilidad que permiten determinar la sensibilidad del modelo y, por tanto, de las conclusiones que se extraigan de él, con relación a los valores numéricos de los parámetros que incorpora o las hipótesis estructurales.

f) Explotación del modelo. En esta última fase el modelo se emplea para analizar políticas alternativas que pueden aplicarse al sistema que se está estudiando. Estas políticas alternativas se definen normalmente mediante escenarios que representan las situaciones a las que debe enfrentarse el usuario del modelo.

Figura N°4.2

Fases en la construcción de un modelo



Fuente: Dinámica de Sistemas (Aracil.J, 1995, pág. 60).

Las técnicas e instrumentos para la recolección y análisis de datos fueron:

4.3.2. Legislación ambiental, Guías Técnicas e Informes

Legislación Ambiental referente a la Gestión y manejo de Residuos Sólidos se analizaron los artículos del Decreto Legislativo N°1278, que aprueba la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos, publicado en el diario oficial el peruano el 23 de diciembre del 2016. (MINAM, 2016) y su Reglamento aprobado con Decreto Supremo N° 014-2017-MINAM, Reglamento del Decreto Legislativo N° 1278, (MINAM, 2017).

Guías Técnicas: Guía Stella©, software para modelación dinámica en Biología elaborado por la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza UMDI-Sisal, Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM, 2009).

Guía metodológica para el desarrollo del Estudio de Caracterización para Residuos Sólidos Municipales (MINAM). Guía metodológica para elaborar e implementar un Programa de Segregación en la Fuente y Recolección Selectiva de Residuos Sólidos Municipales (MINAM). Guía para el cumplimiento de la meta 06; Implementar un programa de segregación en la fuente y recolección selectiva de residuos sólidos domiciliarios en viviendas urbanas del distrito, según los porcentajes categorizados del Programa de Incentivos (PI) a la mejora de la gestión municipal del año 2016 (Municipalidad Distrital de Tambo de Mora , 2016). Guía para el cumplimiento de la meta 25; Implementación de un Sistema Integrado de Manejo de Residuos Sólidos Municipales del Programa de Incentivos a la mejora de la gestión municipal (Ministerio del Ambiente (MINAM), 2017). Guía para la identificación, formulación y evaluación social de proyectos de inversión pública de servicios de limpieza pública, a nivel de perfil, (Ministerio de Economía y Finanzas , 2013)

4.3.3. Técnicas Estadísticas

Para el análisis estadístico se utilizó el software Excel, Programa Informático distribuido por Microsoft Corp. que permitió elaborar tablas gráficos y proyecciones de datos del Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos Municipales del área urbana del distrito de Tambo de Mora (EC-RS) y el Programa de Segregación en la fuente y Recolección Selectiva de Residuos Sólidos Domiciliarios (PSF) elaborados por el año 2016 por la Unidad de Medio Ambiente y Salud, Unidad Orgánica que pertenece a la **Oficina de Servicios a la Comunidad y Gestión Ambiental** de la Municipalidad Distrital de Tambo de Mora.

Software Stella versión 9.0.2, desarrollado por Isse Systems es un programa de simulación por computadora, que proporciona un marco de referencia y una

interface gráfica de usuario para la observación e interacción cuantitativa de las variables del sistema.

Software Arc Gis 10.3 Producido y comercializado por ESRI, se utilizó para realizar mapas de ubicación, rutas de recojo de residuos sólidos, así como las rutas del Programa de Segregación en la Fuente de Residuos Sólidos Municipales.

Google Earth. Es un programa informático que muestra un globo virtual que permite visualizar múltiple cartografía, con base en la fotografía satelital. Que nos permito utilizar las imágenes satelitales para elaborar las rutas de disposición final de los residuos sólidos generados por la Municipalidad de Tambo de Mora.

Instrumentos utilizados: GPS Garmin modelo Oregón 650, computadora de escritorio y Laptop, cámara fotográfica.

Se definió que la recopilación de la información para el presente trabajo se obtendría de las siguientes fuentes:

- Estudio de caracterización de residuos sólidos municipales del distrito de Tambo de Mora 2016.
- Plan de manejo de residuos sólidos municipales del distrito de Tambo de Mora 2016.
- Programa de Segregación en la Fuente y Recolección Selectiva de Residuos Sólidos Domiciliarios en viviendas urbanas del Distrito, Según los porcentajes categorizados para municipalidades de ciudades Principales Tipo B, Programa de Incentivos a la Mejora de la Gestión Municipal del Año 2017.
- Sistema de Información para la Gestión de Residuos Sólidos (SIGERSOL).
- Expediente de postulación Meta 6,” Implementar un Programa de Segregación en la Fuente y Recolección Selectiva de Residuos Sólidos domiciliarios en viviendas urbanas del distrito, según los porcentajes categorizados” del Programa de Incentivos municipales del distrito de Tambo de Mora del año 2016.

- Expediente de postulación Meta 25,” Implementación de un sistema integrado de manejo de residuos sólidos municipales”. del Programa de Incentivos municipales del distrito de Tambo de Mora del año 2017.

Antes de implementar el modelo de simulación con STELLA para la optimización del manejo de residuos sólidos realizaremos un diagnóstico situacional referente al manejo de residuos sólidos del distrito de Tambo de Mora para ello describiremos cada operación o proceso del manejo de residuos sólidos municipales ; según lo señalado en el artículo 32° del Decreto Legislativo N°1278, que aprueba la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos establece que en el manejo de residuos sólidos comprende las siguientes operaciones o procesos: Barrido y limpieza de espacios públicos segregación, almacenamiento, recolección, valorización, transporte, transferencia, tratamiento disposición final. Antes de desarrollar cada operación o proceso es fundamental hablar del Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos (ECRS) la cual es una herramienta que nos permite obtener información primaria relacionada a las características de los residuos sólidos en este caso municipales, constituidos por residuos domiciliarios y no domiciliarios, como son: la cantidad de residuos, densidad, composición y humedad, en un determinado ámbito geográfico. **(Ver Anexo).**

4.4. Técnicas e instrumentos para la recolección de la información de campo

4.4.1. Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos Domiciliarios y No domiciliarios

El año 2016 la Municipalidad Distrital de Tambo de Mora en el marco de cumplimiento del Programa de Incentivos Municipales (Municipalidad Distrital de Tambo de Mora , 2016) Es una herramienta que nos permitió obtener información primaria relacionada a las características de los residuos sólidos en este caso municipales, constituidos por residuos domiciliarios y no domiciliarios, como son: la cantidad de residuos, densidad, composición y humedad, en un determinado ámbito geográfico. Esta información permite la planificación técnica y operativa del manejo de los residuos sólidos y también la planificación

administrativa y financiera, ya que sabiendo cuánto de residuos sólidos se genera en cada una de las actividades que se producen en el distrito, se puede calcular la tasa de cobros de arbitrios. Como tal representa un insumo fundamental para elaborar una serie de instrumentos de gestión ambiental de residuos sólidos, así como proyectos de inversión pública referidos a gestión de residuos sólidos y otros que permitan tomar decisiones en la gestión integral de residuos sólidos a corto, mediano y largo plazo (Ministerio del Ambiente (MINAM), 2017) El estudio se hizo posible gracias al trabajo conjunto del personal de la Unidad de Medio Ambiente y Salud y la activa participación de los habitantes de las viviendas y establecimientos/locales empadronados. Es importante señalar que el EC-RS, era una actividad de la meta mencionada realizar un, Estudio de Caracterización de los Residuos Sólidos domiciliarios, desde el 2 al 9 de mayo de 2016. Las actividades que se desarrollaron durante el estudio: Diseño del trabajo de campo, su procedimiento estadístico y su ejecución para determinar una muestra representativa del Distrito de Tambo de Mora para la Caracterización de Residuos Sólidos Domiciliarios y no Domiciliarios. Selección de las muestras en base al plano catastral mediante muestreo aleatorio simple. Determinación de la generación per cápita, de la densidad y de la composición de los residuos sólidos domiciliarios del distrito de Tambo de Mora, Provincia de Chíncha, Región Ica.

4.5. Análisis y procesamiento de datos

4.5.1. Modelo actual del manejo de residuos sólidos en el distrito de Tambo de Mora

Es preciso señalar que, en la Municipalidad Distrital de Tambo de Mora solo se realizan los siguientes procesos u operaciones: Barrido y limpieza de espacios públicos, Segregación, Almacenamiento, Recolección, Transporte, Disposición final; de lo expuesto describiremos cada proceso para tener una visión general del manejo de residuos sólidos municipales en el distrito.

Para ello utilizaremos dato del Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos que se realizó en el mes de mayo del año 2016. El ECRS. Es una herramienta que nos permite obtener información primaria relacionada a las características de los

residuos sólidos en este caso municipales, constituidos por residuos domiciliarios y no domiciliarios, como son: la cantidad de residuos, densidad, composición y humedad.

4.5.2. Proceso de análisis de datos que se utilizaron en el modelamiento

Con la información obtenida del compendio estadístico del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) realizados el año 2016, hemos proyectados la población en 5214 habitantes inicial tomando como año cero el año 2016, así mismo hemos considerado una tasa de crecimiento intercensal de 1,1%, en ese sentido proyectamos la población hasta el año 2026 lo que resulta una población de 5817 habitantes.

CAPÍTULO V: RESULTADOS

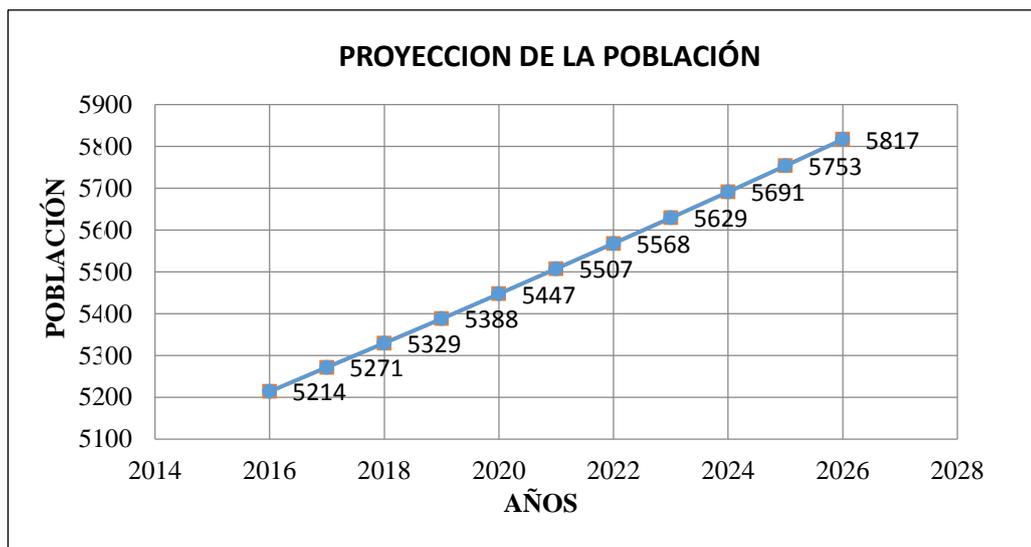
5.1. Resultados descriptivos

5.1.1. Ejecución del modelo

Antes de introducir los datos al Software Stella hemos considerado tres factores relevantes que consideramos importante para el modelado y estos son: Población, presupuesto asignado por el (MEF, 2019) Ministerio de Economía y Finanzas de los años 2016, 2017 y 2018 y manejo de residuos sólidos, en ese sentido es importante señalar que como línea base se toma el Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos (Municipalidad Distrital de Tambo de Mora, 2016) realizado en el distrito el año 2016.

Figura N° 5.1

Proyección de la población de Tambo de Mora



Fuente: Elaboración Propia

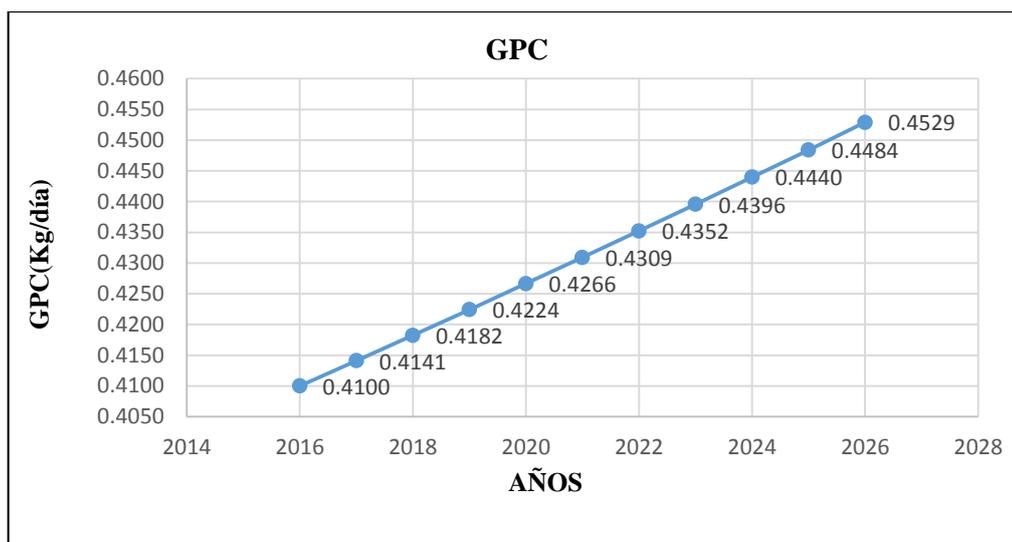
a) Generación Per Cápita de residuos sólidos del distrito de Tambo de Mora

Con la información obtenida del estudio de caracterización de residuos sólidos realizados el año 2016, obtuvimos la Generación Per Cápita (GPC) diaria de residuos sólidos domiciliarios (0.410 kg/persona), se puede asumir, como valor referencial, un crecimiento de un 1% anual (Sugerencia del estudio” Diagnóstico

de la situación del manejo de residuos sólidos municipales en América Latina y el Caribe”, segunda edición OPS, 1968), en ese sentido mostramos la siguiente figura.

Figura N°5.2

Proyección de Generación Per Cápita (GPC)



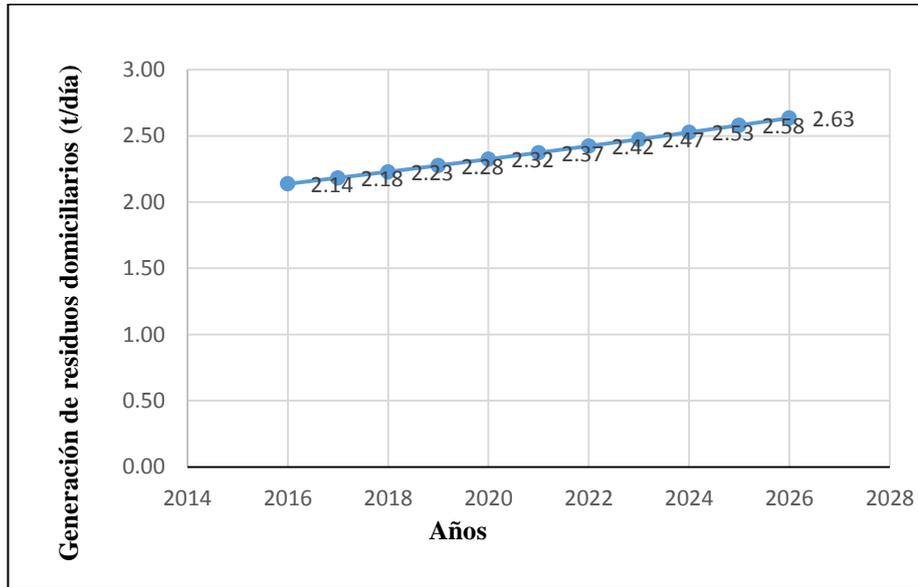
Fuente: Elaboración Propia.

B) Proyección de la Generación de Residuos Sólidos Domiciliarios

Con los datos obtenidos del INEI 5214 habitantes inicial tomando el año 2016 como año inicial hemos procedido a multiplicar con la Generación Per Cápita (GPC) de residuos sólidos domiciliarios (0.410 kg/persona), y hemos obtenido como resultado la generación de residuos sólidos domiciliarios diarios en toneladas, así mismo lo hemos proyectado por un periodo de diez años. Así mismo es importante indicar que los residuos domiciliarios está compuesto por residuos inorgánicos que son aquellos que no pueden ser degradados o desdoblados naturalmente o bien si esto es posible sufren una descomposición demasiado lenta .estos residuos provienen de minerales y productos sintéticos, así como los residuos orgánicos que se refiere a los residuos biodegradables o sujetos a descomposición .pueden generarse tanto en el ámbito de gestión municipal como el ámbito de gestión no municipal ,(guía para la caracterización de residuos sólidos municipales ,MINAM 2018,p.p52),el cual mostramos la siguiente Figura .

Figura N°5.3

Proyección de la generación de los residuos sólidos domiciliarios



Fuente: Elaboración Propia.

c) . COMPOSICIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS DOMICILIARIOS

Para obtener la composición de residuos sólidos domiciliarios se ha seguido la metodología de la Guía metodológica para el desarrollo del Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos Municipales (ECRSM) (MINAM, 2012) los resultados obtenidos en el mencionado estudio se muestra en la Tabla 5.1.

Tabla N° 5.1*Composición porcentual de residuos sólidos domiciliarios*

Tipo de residuos sólidos	Kg	Composición Porcentual (%)
1. Materia Orgánica	115.52	44.89
2. Madera, Follaje	1.27	0.49
3. Papel	11.54	4.48
4. Cartón	7.30	2.84
5. Vidrio	4.32	1.68
6. Plástico PET	7.36	2.86
7. Plástico Duro	11.80	4.59
8. Bolsas	12.25	4.76
9. Tetrapak	0.84	0.33
10. Tecnopor y similares	1.07	0.41
11. Metal	0.39	0.15
12. Telas, textiles	4.39	1.70
13. Caucho, cuero, jebe	0.68	0.26
14. Pilas	0.05	0.02
15. Restos de medicinas, etc.	0.80	0.31
16. Residuos Sanitarios	46.76	18.17
17. Residuos Inertes	14.53	5.65
18. Envolturas	3.24	1.26
19. Latas	7.31	2.84
20. RAEE	2.98	1.16
21. Huesos	0.93	0.36
22. Otros	2.05	0.80
TOTAL	257.315	100.00

Fuente: (Municipalidad Distrital de Tambo de Mora , 2016).**Tabla N° 5.2***Descripción por tipo de residuo sólido*

NOTA:
(1) Considera restos de alimentos, cáscaras de frutas y vegetales, excrementos de animales menores, y similares.
(2) Considera ramas, tallos, raíces, hojas y cualquier otra parte de las plantas producto del clima y las podas.
(3) Considera papel blanco tipo bond, papel periódico otros.
(6) Considera botellas de bebidas, gaseosas.
(7) Considera frascos, bateas, otros recipientes.
(10) Si es representativo considerarlo en este rubro, de lo contrario incorporarlo en otros.
(15) Considera restos de medicina, envases de pintura, plaguicidas y similares.
(16) Considera papel higiénico, pañales y toallas higiénicas.
(17) Considera, tierra, piedras y similares.
(22) El rubro "otros" debe ser el más pequeño posible, procurando identificar sus componentes.

Fuente: (Municipalidad Distrital de Tambo de Mora, 2016).

En la siguiente tabla mostramos los residuos con potencial aprovechable a ejecutar adecuadamente la valorización orgánica.

Tabla N° 5.3

Residuos sólidos orgánicos con potencial aprovechable

Tipo de residuos sólidos	Composición Porcentual (%)
Materia Orgánica	44.89
Madera, Follaje	0.49
TOTAL	45.38

FUENTE: Elaboración Propia.

En la siguiente tabla mostramos los residuos con potencial aprovechable a ejecutar adecuadamente el programa de segregación en la fuente de residuos sólidos inorgánicos.

Tabla N° 5.4

Residuos sólidos inorgánicos con potencial aprovechable

Tipo de residuos sólidos	Composición Porcentual (%)
Papel	4.48
Cartón	2.84
Vidrio	1.68
Plástico PET	2.86
Plástico Duro	4.59
Tetrapak	0.33
Metal	0.15
Caucho, cuero, jebe	0.26
Latas	2.84
RAEE	1.16
TOTAL	21.19

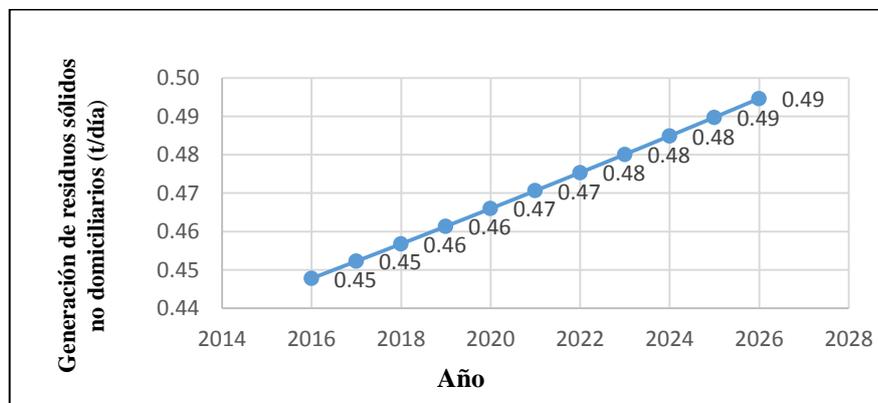
FUENTE: Elaboración Propia.

d) Proyección de la Generación de Residuos Sólidos no Domiciliarios

Con la información obtenida del estudio de caracterización de residuos sólidos se ha estimado generación no domiciliaria que es aquella proveniente de los residuos de limpieza de espacios públicos que son aquellos residuos generados por los servicios de barrido y limpieza de pistas, plazas, parques y otras áreas públicas (guía para la caracterización de residuos sólidos municipales ,MINAM 2018,p.p52) que se generan en el proceso de barrido, así mismo también se ha estimado el residuos proveniente de instituciones públicas y privadas(instituciones educativas, restaurantes, comercios, etc.) el GPC obtenido es de 0.4478 toneladas diarias, así mismo lo hemos proyectado por un periodo de diez años durante el horizonte de evaluación), el cual mostramos la siguiente figura.

Figura N° 5.4

Proyección de la generación de residuos sólidos no domiciliarios



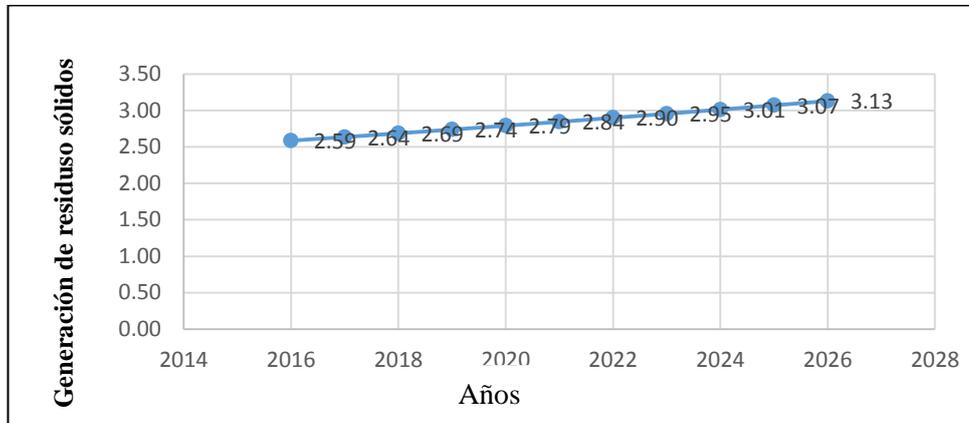
Fuente: Elaboración Propia.

e) Proyección de la Generación total de Residuos Sólidos

Como ya hemos proyectado la generación de residuos sólidos domiciliarios y no domiciliarios hemos calculado la generación diaria de residuos sólidos que se genera en el distrito de Tambo de Mora así mismo lo hemos proyectado por un periodo de diez años 2016-2026, durante el horizonte de evaluación. El cual mostramos el siguiente ver Figura N°5.5.

Figura N°5.5

Proyección de la generación total de residuos sólidos



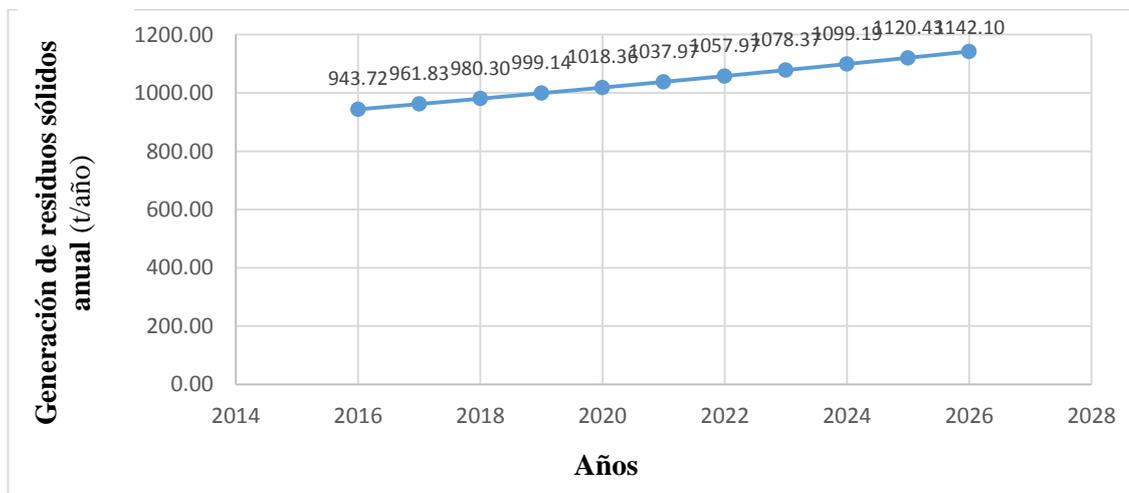
Fuente: Elaboración Propia.

f) Proyección de la Generación total de Residuos Sólidos

Como ya hemos proyectado la generación de residuo sólidos total hemos procedido a calcular la generación total de residuos sólidos esto lo hemos obtenido multiplicando la generación diaria de residuos sólidos es decir 2.59 t/día por los 365 días que tiene un año se genera en el distrito de Tambo de Mora 943.72 t/año de residuos sólidos municipales así mismo lo hemos proyectado por un periodo de diez años durante el horizonte de evaluación. el cual mostramos el siguiente gráfico.

Figura N° 5.6

Proyección de la generación total de residuos sólidos anual



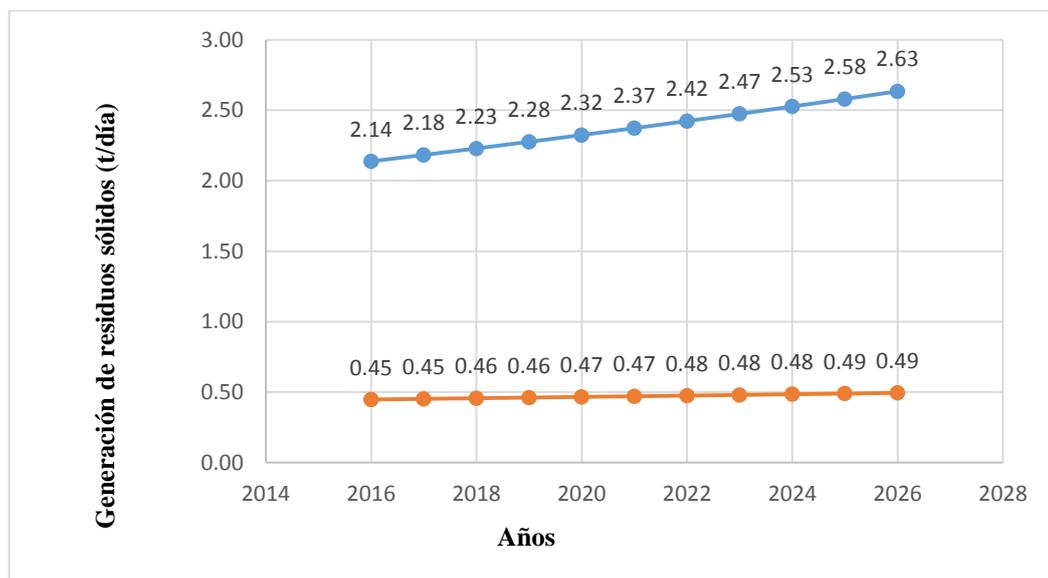
Fuente: Elaboración Propia

g) Comparación de los residuos sólidos domiciliarios y no domiciliarios

Con los resultados obtenidos tanto de la generación total de residuos sólidos domiciliarios y no domiciliarios hemos proyectado en diez años 2016-2026 y observamos claramente como es mayor la generación de residuos sólidos domiciliarios en comparación con la generación de residuos sólidos no domiciliarios. Así mismo es importante indicar que estas proyecciones se han realizado tomando como base al estudio de caracterización de residuos sólidos realizado el año 2016, en ese sentido mostramos a continuación la siguiente figura.

Figura N°5.7

Generación total de residuos sólidos domiciliarios y no domiciliarios



Fuente: Elaboración Propia.

h) Generación total de residuos sólidos municipales en el distrito de Tambo de Mora

Es importante señalar que la Generación Per Cápita 0.410 GPC (Kg/persona) de residuos sólidos domiciliarios y GPC no domiciliario 0.4478 t/día han sido datos tomados del Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos domiciliarios (Municipalidad Distrital de Tambo de Mora, 2016).

En ese sentido mostramos a continuación, la metodología de la Guía para la identificación, formulación y evaluación social de proyectos de inversión pública de servicios de limpieza pública, a nivel de perfil, (Ministerio de Economía y Finanzas , 2013, pág. 66) ,para realizar las siguientes proyecciones ; mostramos un que el dato inicial como año cero de la proyección hasta los 10 años que es el año 2026, en la segunda columna (A) observamos la población inicial del distrito de Tambo de Mora que, es de 5214 habitantes, en la tercera columna (B) observamos la generación de residuos domiciliaria que es de 0.410 GPC (Kg/persona) , en la cuarta columna(C) hemos calculado la generación total de residuos sólidos domiciliarios esto lo obtuvimos de multiplicar la GPC diaria por la población lo que resulta 2.14 t/día, en la quinta columna(D) se muestra la generación de residuos no domiciliaria 0.4478 t/día ,así mismo en la sexta columna (E) se muestra la generación total de residuos sólidos 2.59 t/día, en la séptima (F) se muestra la generación total 943.72 t/año de residuos sólidos esto se obtiene multiplicando la generación total 2.59 t/día por 365 días del año.

Tabla N° 5.5

Proyección de la generación de residuos sólidos municipales en el distrito de

GENERACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES EN EL DISTRITO DE TAMBO DE MORA							
Año	Población	GPC(Kg/persona)	Generación de residuos domésticos (t/día)	Generación de residuos no domésticos (t/día)	Generación total de residuos (t/día)	Generación total de residuos (t/año)	Demanda en el proceso recolección de residuos generados en predios (t/año)
	(A)	(B)	(C) = (A) x (B)/1000	(D)	(E) = (C) + (D)	(H) = (E) x 365	I = H
2016	5214	0.4100	2.14	0.4478	2.59	943.72	943.72
2017	5271	0.4141	2.18	0.45	2.64	961.83	961.83
2018	5329	0.4182	2.23	0.46	2.69	980.30	945.34
2019	5388	0.4224	2.28	0.46	2.74	999.14	963.45
2020	5447	0.4266	2.32	0.47	2.79	1018.36	981.91
2021	5507	0.4309	2.37	0.47	2.84	1037.97	1000.75
2022	5568	0.4352	2.42	0.48	2.90	1057.97	1019.97
2023	5629	0.4396	2.47	0.48	2.95	1078.37	1039.57
2024	5691	0.4440	2.53	0.48	3.01	1099.19	1059.57
2025	5753	0.4484	2.58	0.49	3.07	1120.43	1079.97
2026	5817	0.4529	2.63	0.49	3.13	1142.10	1100.79

Tambo de Mora del periodo 2016-2026

Fuente: (MEF, 2013)

i) Segregación de residuos sólidos inorgánicos obtenidos de los domicilios en el distrito de Tambo de Mora

Con datos obtenidos del programa de segregación en la fuente en el distrito de Tambo de Mora del año 2017(expediente de postulación de la meta del programa de incentivos municipales 2017) se ha segregado lo siguiente:

- Papel Blanco tipo bond (2.061, Ton)
- Plástico film (1.349 Ton)
- Papel mixto (2.993 Ton),

- PET (Tereftalato de polietileno), (6.913 Ton)
- Cartón mixto (6.188 Ton.)
- Fierro (4.738 Ton)
- PEAD (HDPE) (Polietileno de alta densidad) (3.471 Ton)
- Vidrio (2.486 Ton)

Es importante indicar que el programa de segregación se llevó a cabo todo el año 2017 sin embargo el año 2018 no se ejecutó por falta de presupuesto sin embargo nos sirve de indicador para realizar las proyecciones sobre la segregación de residuos sólidos municipales .Es importante señalar que el cuadro sea tomado de referencia la (guía para la implementación de un sistema integrado de residuos sólidos municipales de la meta 25 ,anexo 7 ,MEF,2017),en ese orden de ideas mostramos la siguiente figura..

Figura N°5.8

Residuos sólidos inorgánicos domicilios municipales de enero a diciembre de 2017



Fuente: Elaboración Propia.

En la siguiente figura observamos que el PET (Tereftalato de polietileno), es el componente que más cantidad se produce 6.892 toneladas anuales, seguido del cartón mixto 6.180 toneladas, fierro 4.738 toneladas ,2.993 papel mixto toneladas, vidrio 2.489 toneladas, papel blanco 2059 toneladas, plástico film 1.351 toneladas.

Figura N° 5.9

Total, de residuos sólidos comercializados domicilios durante el año 2017

N°	Tipo de Residuo	Proceso	Cantidad de residuos (Tn/mes) en Domicilios												Peso Total
			Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Agos	Set	Oct	Nov	Dic	
1	Papel Blanco tipo bond	Recolectado	0	0	0.101	0.138	0.218	0.223	0.307	0.221	0.306	0.262	0.201	0.084	
		Comercializado	0	0	0.101	0.138	0.218	0.223	0.307	0.221	0.306	0.262	0.201	0.084	2.061
2	Plástico Film	Recolectado	0.061	0.083	0.087	0.091	0.096	0.128	0.109	0.191	0.185	0.114	0.145	0.059	
		Comercializado	0.061	0.083	0.087	0.091	0.096	0.128	0.109	0.191	0.185	0.114	0.145	0.059	1.349
3	Papel Mixto	Recolectado	0.150	0.203	0.230	0.268	0.273	0.290	0.321	0.349	0.267	0.256	0.265	0.121	
		Comercializado	0.150	0.203	0.230	0.268	0.273	0.290	0.321	0.349	0.267	0.256	0.265	0.121	2.993
4	PET (Tereftalato de polietileno)	Recolectado	0.402	0.435	0.508	0.601	0.598	0.610	0.661	0.730	0.633	0.645	0.801	0.289	
		Comercializado	0.402	0.435	0.508	0.601	0.598	0.610	0.661	0.730	0.633	0.645	0.801	0.289	6.913
5	Cartón mixto	Recolectado	0.308	0.286	0.350	0.452	0.479	0.547	0.658	0.802	0.782	0.604	0.692	0.229	
		Comercializado	0.308	0.286	0.350	0.452	0.479	0.547	0.658	0.802	0.782	0.604	0.692	0.229	6.188
6	Fierro	Recolectado	0.170	0.225	0.306	0.391	0.410	0.587	0.591	0.502	0.390	0.429	0.535	0.203	
		Comercializado	0.170	0.225	0.306	0.391	0.410	0.587	0.591	0.502	0.390	0.429	0.535	0.203	4.738
7	PEAD (HDPE)(Polietileno de alta densidad)	Recolectado	0.180	0.166	0.216	0.282	0.292	0.288	0.287	0.457	0.637	0.268	0.288	0.115	
		Comercializado	0.180	0.166	0.216	0.282	0.292	0.288	0.287	0.457	0.637	0.268	0.288	0.115	3.475
8	Vidrio	Recolectado	0.157	0.169	0.179	0.295	0.387	0.301	0.382	0.219	0.130	0.095	0.129	0.043	
		Comercializado	0.157	0.169	0.179	0.295	0.387	0.301	0.382	0.219	0.130	0.095	0.129	0.043	2.486
Peso Total de residuos recuperados en Domicilios (Comercializado) (Tonelada)													30.201		

Fuente: Elaboración Propia

Figura N° 5.10

Resultados de residuos sólidos inorgánicos de establecimientos de enero a diciembre de 2017

N°	Tipo de Residuo	Proceso	Cantidad de residuos (Tn/mes) en Establecimientos												Peso Total
			Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Agost	Set	Oct	Nov	Dic	
1	Papel Blanco tipo bond	Recolectado	0	0	0	0	0	0	0	0.012	0.080	0.05	0	0	
		Comercializado	0	0	0	0	0	0	0	0.012		0.05	0	0	0.0616
2	Plástico Film	Recolectado	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		Comercializado	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	Papel Mixto	Recolectado	0	0	0	0	0	0	0.010	0.014	0	0.1	0	0	
		Comercializado	0	0	0	0	0	0	0.010	0.014	0	0.1	0	0	0.1238
4	PET (Tereftalato de polietileno)	Recolectado	0	0	0	0	0	0	0.002	0.312	0.086	0.004	0.082	0	
		Comercializado	0	0	0	0	0	0.000	0.002	0.312	0.086	0.004	0.082	0	0.4858
6	Cartón mixto	Recolectado	0.048	0	0	0	0	0.010	0.166	0.055	0.309	0.099	0.038	0	
		Comercializado	0.048	0	0	0	0	0.010	0.166	0.055	0.309	0.099	0.038	0	0.726
7	Fierro	Recolectado	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		Comercializado	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	PEAD (HDPE)(Polietileno de alta densidad)	Recolectado	0	0	0	0	0	0.090	0.490	0	0	0	0	0	
		Comercializado	0	0	0	0	0	0.090	0.490	0	0	0	0	0	0.58
12	Vidrio	Recolectado	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
		Comercializado	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Peso Total de residuos recuperados en Establecimientos (Comercializado) (Tonelada)													1.977		
Peso Total de Residuos Sólidos Inorgánicos Municipales en el Distrito (Toneladas Comercializadas) (Domicilios+Establecimientos)													32.178		

Fuente: Elaboración Propia

j) Presupuesto asignado al distrito por el Ministerio de Economía y Finanzas de Tambo de Mora al manejo de residuos sólidos municipales

Dentro de las variables a considerar en el modelo de simulación es importante indicar que presupuesto asignado por el Ministerio de Economía y Finanzas (MEF), juega un papel importante es por ello que definiremos algunos conceptos relacionados a presupuesto.

En el siguiente cuadro se muestra el presupuesto asignado para el año 2016.

Figura N° 5.11

Presupuesto asignado por el MEF para el año 2016

Proyecto	PIA	PIM	Certificación	Compromiso Anual	Ejecución			Avance %
					Atención de Compromiso Mensual S/.	Devengado	Girado	
3000580: ENTIDADES CON SISTEMA DE GESTION INTEGRAL DE RESIDUOS SOLIDOS	100,934	84,034	4,083	4,083	3,008	3,008	3,008	3.6
3000583: GOBIERNOS LOCALES EJECUTAN ACTIVIDADES DE SEGREGACION Y RECOLECCION SELECTIVA DE RESIDUOS	0	49,192	30,894	30,894	30,894	30,894	30,894	62.8
TOTAL					33,902			

Fuente: (MEF, 2019)

En el siguiente cuadro se muestra el presupuesto asignado para el año 2017.

Figura N° 5.12

Presupuesto asignado por el MEF para el año 2017

Proyecto	PIA	PIM	Certificación	Compromiso Anual	Ejecución			Avance %
					Atención de Compromiso Mensual	Devengado	Girado	
2017433: IMPLEMENTACION DEL SERVICIO DE LIMPIEZA PUBLICA	0	63,440	62,500	62,500	62,500	62,500	62,500	98.5
3000580: ENTIDADES CON SISTEMA DE GESTION INTEGRAL DE RESIDUOS	93,934	85,016	7,161	7,161	7,161	7,161	7,161	8.4
3000581: CONSUMIDORES CON EDUCACION AMBIENTAL PARA LA PARTICIPACION CIUDADANA EN EL MANEJO DE RESIDUOS SOLIDOS	0	1,000	845	845	845	845	845	84.5
3000583: GOBIERNOS LOCALES EJECUTAN ACTIVIDADES DE SEGREGACION Y RECOLECCION SELECTIVA DE RESIDUOS SOLIDOS	33,500	29,200	21,787	21,787	21,787	21,787	21,787	74.6
TOTAL					92,293			

Fuente: (MEF, 2019)

En el siguiente cuadro se muestra el presupuesto asignado para el año 2018

Figura N°5.13

Proyecto	PIA	PIM	Certificación	Compromiso Anual	Ejecución			Avance %
					Atención de Compromiso Mensual	Devengado	Girado	
2402064: MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE ORNATO PUBLICO DEL DISTRITO DE TAMBO DE MORA - PROVINCIA DE CHINCHA - REGION ICA	0	426,128	280,600	237,603	230,936	230,936	230,936	54.2
3000580: ENTIDADES CON SISTEMA DE GESTION INTEGRAL DE RESIDUOS SOLIDOS	17,234	19,260	18,830	18,830	18,830	18,830	18,830	97.8
3000581: CONSUMIDORES CON EDUCACION AMBIENTAL PARA LA PARTICIPACION CIUDADANA EN EL MANEJO DE RESIDUOS SOLIDOS	4,000	8,884	4,200	4,200	4,200	4,200	4,200	47.3
3000583: GOBIERNOS LOCALES EJECUTAN ACTIVIDADES DE SEGREGACION Y RECOLECCION SELECTIVA DE RESIDUOS SOLIDOS	33,500	10,755	5,725	5,225	5,225	5,225	5,150	48.6
TOTAL					259,191			

Presupuesto asignado por el MEF para el año 2018

FUENTE: (MEF, 2019).

En ese sentido mostramos un resumen del costo del manejo de residuos sólidos del distrito de Tambo de Mora.

Tabla N° 5.6

AÑO	COSTO DEL MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS (S/.)	RECAUDACIÓN DE ARBITRIOS REALIZADO POR LA MUNICIPALIDAD PARA EL MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS S/.
2016	33,902.00	24 386.0
2017	92,293.00	29 514.21
2018	259,191.00	20 301.90

Presupuesto asignado para los años 2016, 2017, 2018.

FUENTE: (MEF, 2019), SIGERSOL.

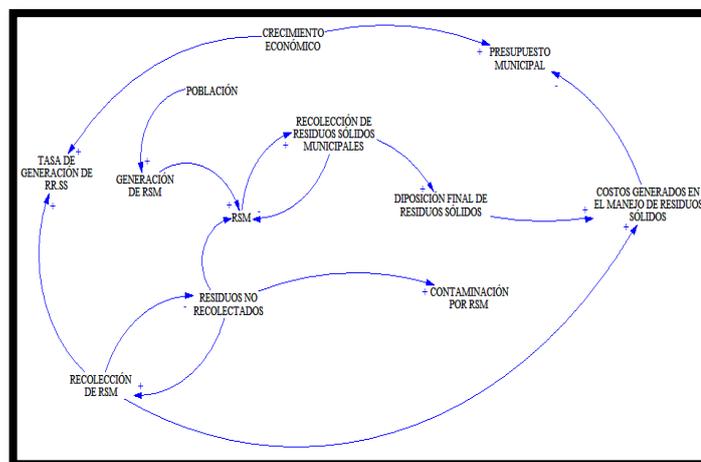
5.1.2. Modelamiento dinámico

a) Estructura de diagrama causal

Para el procesamiento de los datos líneas arriba mostrados es necesario relacionar las variables que influyen en el manejo de residuos sólidos ya sea de manera su gabinete para promediar los resultados de los cuatro puntos tomados y procesarlo al software Stella y programa estadístico. Para procesar la data, se realizó un diagrama causal. Los diagramas de ciclos causales son llamados así porque cada conexión muestra una relación causal. Una flecha que va desde A hacia B indica que A causa un efecto sobre B. Estos diagramas son de mucha ayuda en la conceptualización y comunicación de estructuras. Mucha gente los encuentra útiles aún cuando no se acepta el modelo de simulación, y otros sienten que pueden ser perjudiciales si se hacen en forma aislada.. Los diagramas causales también se conocen como diagramas de influencia. Los diagramas causales no muestran acumulaciones (niveles o stocks) en el sistema. (Garcia, 2007, p.68). En la Figura N°5.14 se muestra el diagrama causal del manejo actual de residuos sólidos municipales, es decir la foto del momento para un mayor entendimiento, nos da una idea de como se encuentra actualmente el manejo de residuos sólidos en el distrito de Tambo de Mora. Stella es un software que permite resolver sistemas de ecuaciones diferenciales sin ver las ecuaciones y cuenta con una sintaxis propia. (Stella, software para modelación dinámica en biología p. p 29).

Figura N°5.14

Diagrama causal del manejo actual de residuos sólidos



Fuente: Elaboración Propia.

Para elaborar el modelo de simulación se han considerado las siguientes variables que se han considerados en la formación del diagrama de Forrester.

Tabla N° 5.7

Relación de variables para el modelo actual (2016) del manejo de residuos sólidos municipales de distrito de Tambo de Mora

TIPO	DESCRIPCIÓN
POB	Población de habitantes del distrito de Tambo de Mora.
TDN	Tasa de nacimiento de la población del distrito de Tambo de Mora.
NAC	Nacimientos del distrito de Tambo de Mora.
TDM	Tasa de defunciones de la población del distrito de Tambo de Mora.
DEF	Defunciones del distrito de Tambo de Mora.
GRSM	Generación de residuos sólidos municipales en toneladas.
GPCD	Generación per cápita de residuos sólidos domiciliarios en toneladas.
GPCND	Generación per cápita de residuos sólidos no domiciliarios en toneladas.
RSM	Residuos sólidos municipales en toneladas.
SEGD	Segregación de residuos sólidos domiciliarios (inorgánicos). en toneladas
SEGND	Segregación de residuos sólidos no domiciliarios (inorgánicos) en toneladas.
SEGT	Segregación de total residuos sólidos inorgánicos en toneladas.
DF	Disposición final de residuos sólidos en toneladas.
COSTO	Presupuesto asignado por el Ministerio de Economía y Finanzas
ARB	Pago de arbitrios por concepto de limpieza pública.
PREM	Presupuesto municipal asignados por el ministerio de economía (MEF) al manejo de residuos sólidos, así como cobro de arbitrios por concepto de limpieza pública.
COSREAL	Costo real del servicio de limpieza pública
INVERSIÓN MRS	Inversión referente al manejo de residuos sólidos municipales

Fuente: Elaboración Propia.

b) Formación de diagrama de Forrester

El modelo sea ha generado recopilando y analizando interconectando los datos del Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos que se realizó el año 2016 en el distrito de Tambo de Mora y lo datos obtenido del compendio estadístico de la región Ica (INEI 2017).

c) Modelo de Crecimiento Poblacional

Para iniciar con el proceso de modelado hemos trabajado en Excel para realizar las proyecciones, luego lo hemos trasladado al Software Stella. Para ello, lo primero es que hemos realizado fue proyectar la población estimada del distrito de Tambo de Mora, así mismo analizaremos los procesos tal como se viene desarrollando el manejo de residuos sólidos municipales en el distrito. El modelo mostrado representa al crecimiento poblacional véase figura 4.9 de la página 67 que tiene el distrito de Tambo de Mora teniendo como valor inicial 5214 habitantes (año 2016), considerando como indicadores o variables auxiliares del modelo: nacimientos (56 hab.), defunciones (8 hab), la tasa de natalidad (1.1%) y tasa de mortalidad (0.16 %). Se desarrolló el diagrama de Forrester, para conectar a través de flujos los principales elementos que tienen incidencia en el manejo de residuos sólidos. El primer stock formado es de crecimiento poblacional que se origina de los flujos que inyectan individuos en la población a partir de los nacimientos anuales, y teniendo un flujo de salida que retira material del stock (defunciones), encontrándose asociados a la mortalidad ocurridos en el distrito, sabiendo que la tasa es de 0.16%. De esta forma el flujo asociado corresponde a un flujo neto de salida. La tasa neta de crecimiento se obtiene del total neto en tasa de los nuevos individuos introducidos anualmente.

Tabla N° 5.8

Relación de variables utilizadas para el modelo crecimiento poblacional

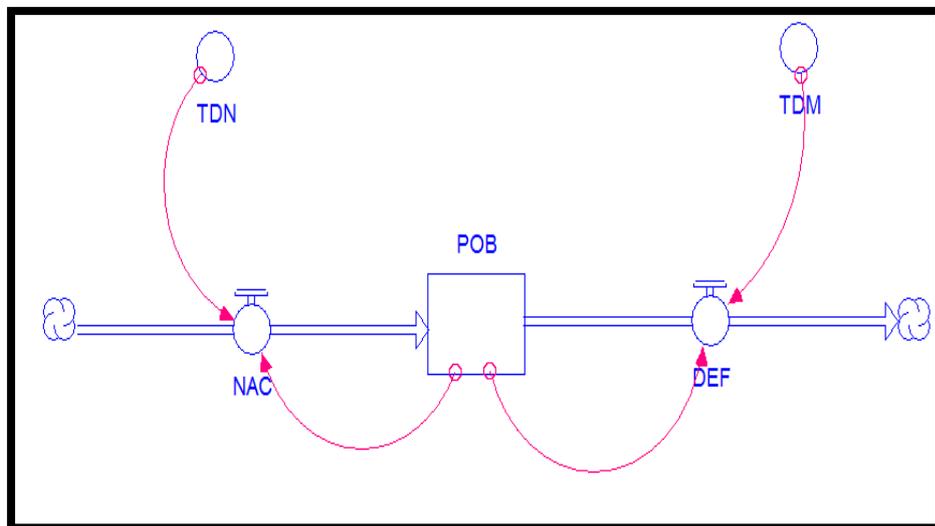
TIPO	DESCRIPCIÓN
POB	Población de habitantes del distrito de Tambo de Mora.
TDN	Tasa de nacimiento de la población del distrito de Tambo de Mora.
NAC	Nacimientos del distrito de Tambo de Mora.
TDM	Tasa de defunciones de la población del distrito de Tambo de Mora.
DEF	Defunciones del distrito de Tambo de Mora.

Fuente: Elaboración Propia.

Se muestra en la figura N°5.15 el modelo de crecimiento poblacional.

Figura N°5.15

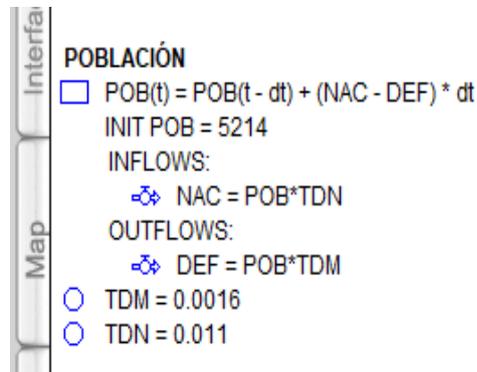
Modelo de crecimiento poblacional



Fuente: Elaboración Propia.

Figura N°5.16

Ecuación diferencial de crecimiento poblacional



Fuente: Elaboración Propia.

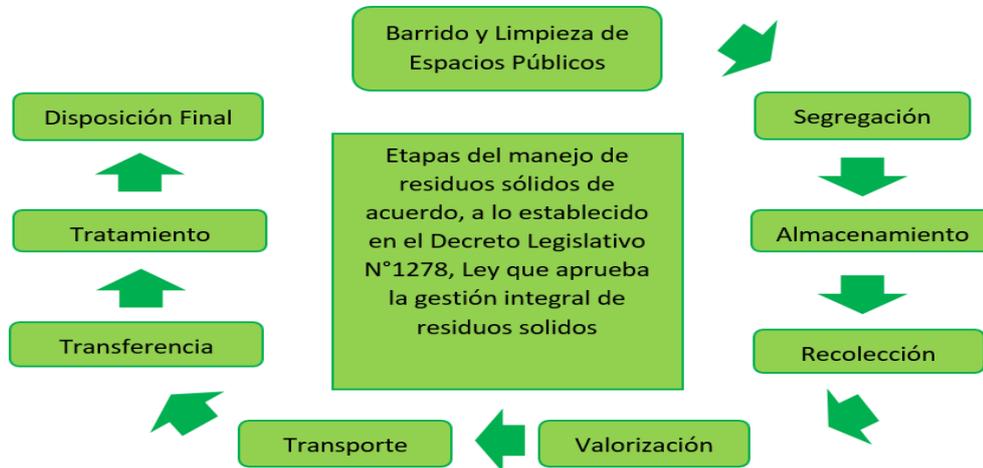
Podemos observar en la figura 5.16 la ecuación diferencial es el resultado de ingresar los datos en Stella es importante indicar que se ha proyectado por un periodo de 10 años el modelo.

d). Modelo de Manejo de residuos sólidos

Según lo establecido en el artículo 32° del Decreto Legislativo N°1278, que aprueba la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos figura 5.4.; el manejo de los residuos comprende las siguientes operaciones o procesos: barrido y limpieza de espacios públicos, segregación, almacenamiento, recolección, valorización, transporte, transferencia, tratamiento, disposición final. En ese sentido aplicando la normativa actual no hemos considerado en el distrito de Tambo de Mora valorización, transferencia, tratamiento, puesto que no está implementado, en ese orden de ideas se consideró para la elaboración del modelo de manejo de residuos sólidos considerando lo siguiente: limpieza de espacios públicos, segregación, almacenamiento, recolección, valorización(inorgánica), transporte, disposición final. Sin embargo, para fines prácticos y ejecutar el modelo.

Figura N° 5.17

Secuencia de operaciones y procesos del manejo de residuos sólidos



Fuente: (Ministerio del Ambiente,(MINAM), 2017)

Tabla N° 5.9

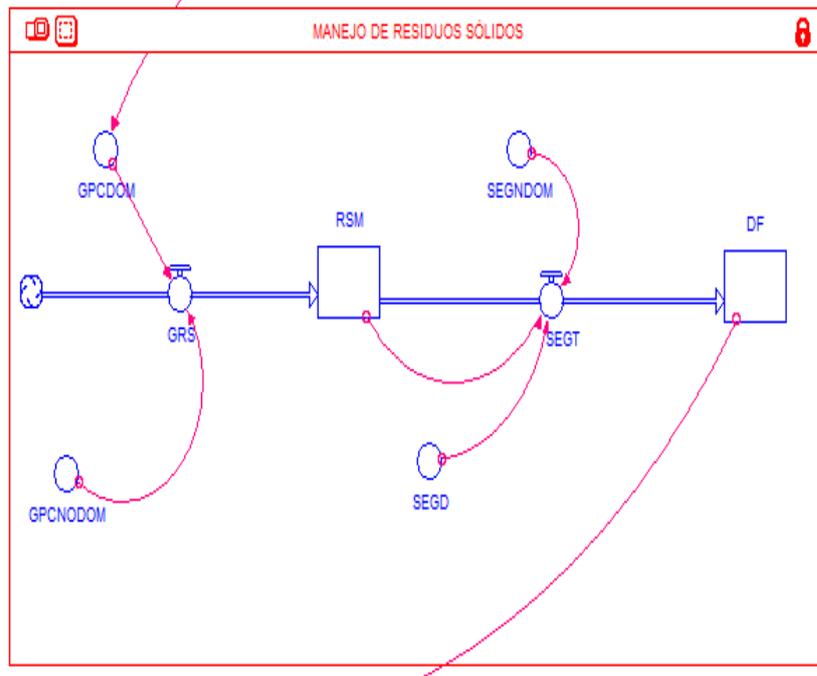
Relación de variables utilizadas para el modelo de manejo de residuos sólidos

TIPO	DESCRIPCIÓN
GRSM	Generación de residuos sólidos municipales en toneladas.
GPCD	Generación per cápita de residuos sólidos domiciliarios en toneladas.
GPCND	Generación per cápita de residuos sólidos no domiciliarios en toneladas.
RSM	Residuos sólidos municipales en toneladas.
SEGD	Segregación de residuos sólidos domiciliarios (inorgánicos). en toneladas.
SEGND	Segregación de residuos sólidos no domiciliarios (inorgánicos) en toneladas.
SEGT	Segregación de total residuos sólidos inorgánicos en toneladas.
DF	Disposición final de residuos sólidos en toneladas.

Fuente: Elaboración Propia.

Figura N°5.18

Modelo manejo de residuos sólidos



Fuente: Elaboración Propia.

El modelo mostrado representa al crecimiento poblacional y el manejo de residuos sólidos, se observan dos sectores bien definidos para un mejor entendimiento se muestra (véase figura 5.18), que tiene el distrito de Tambo de Mora teniendo como valor inicial 5214 habitantes (año 2016), considerando como indicadores o variables auxiliares del modelo de manejo de residuos sólidos: Generación per cápita de residuos sólidos domiciliarios en toneladas (2,1377 ton/día) , Generación per cápita de residuos sólidos no domiciliarios en toneladas (0.4478 ton/día), Generación de residuos sólidos municipales en toneladas (2.5855 ton/día) Tasa de residuos potencialmente inorgánico segregado aprovechable(21.19%), Tasa de residuos potencialmente orgánico segregado aprovechable (45.38%), Tasa de residuos total potencialmente segregables aprovechable (65.57%), Segregación de residuos sólidos domiciliarios (inorgánicos) (30.201 ton/año), Segregación de

residuos sólidos no domiciliarios (inorgánicos) en toneladas(3.090 ton/año), Segregación total de residuos sólidos inorgánicos (33.291 ton/año), Disposición final de residuos sólidos en toneladas (943.72 ton/año), es importante señalar que se ha utilizado datos del Programa de Segregación en la Fuente de la Municipalidad de Tambo de Mora(año 2017) se desarrolló el diagrama de Forrester, considerando las variables mencionadas y que se consideraron que tienen incidencia en el manejo de residuos sólidos. En ese sentido es importante señalar que los procesos, barrido y limpieza de espacios públicos, almacenamiento, recolección se han unificado para fines prácticos del modelo de simulación.

Figura N°5.19

Ecuación diferencial para el manejo de residuos sólidos

MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS

$DF(t) = DF(t - dt) + (SEGT) * dt$

INIT DF = RSM-SEGT

INFLOWS:

$SEGT = RSM - ((SEGNDOM + SEGD) * RSM)$

$RSM(t) = RSM(t - dt) + (GRS - SEGT) * dt$

INIT RSM = (POB*GPCDOM)+GPCNODOM

INFLOWS:

$GRS = GPCDOM + GPCNODOM$

OUTFLOWS:

$SEGT = RSM - ((SEGNDOM + SEGD) * RSM)$

$GPCDOM = (0.410 * POB / 1000) * 365$

$GPCNODOM = (447.8 / 1000) * 365$

$SEGD = 30201$

$SEGNDOM = 3.090$

Fuente: Elaboración Propia.

e) Relación de variables para el modelo actual (2016) del manejo de residuos sólidos municipales de distrito de Tambo de Mora.

Para elaborar el modelo de simulación de presupuesto se han considerado las siguientes variables que se han considerados en la formación del diagrama de Forrester. Véase Tabla 5.10

Tabla N° 5.10

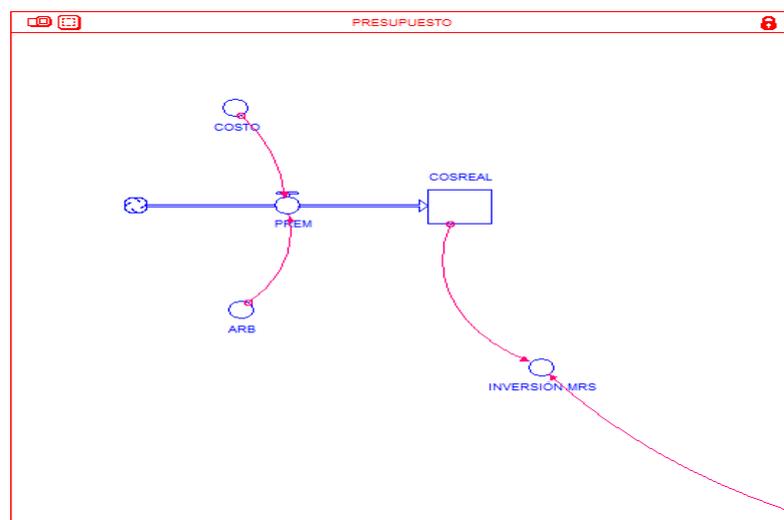
Relación de variables utilizadas para el modelo de simulación presupuesto

TIPO	DESCRIPCIÓN
COSTO	Presupuesto asignado por el Ministerio de Economía y Finanzas
ARB	Pago de arbitrios por concepto de limpieza pública.
PREM	Presupuesto municipal asignados por el ministerio de economía (MEF) al manejo de residuos sólidos, así como cobro de arbitrios por concepto de limpieza pública.
COSREAL	Costo real del servicio de limpieza pública
INVERSIÓN MRS	Inversión referente al manejo de residuos sólidos municipales

Fuente: Elaboración Propia.

Figura N°5.20

Modelo de presupuesto



Fuente: Elaboración Propia.

El modelo mostrado representa el presupuesto asignado para el manejo de residuos sólidos, se observan para un mejor entendimiento (véase la figura 5.20), que tiene el distrito de Tambo de Mora teniendo como presupuesto inicial asignado por el Ministerio de Economía y Finanzas (MEF) S/.33,902 soles (año 2016),.En ese orden de ideas de lo expuesto se debe de considerar que los Proyectos/Actividades de la Partida Presupuestal denominada 0036 Gestión

Integral de Residuos Sólidos varía de un año a otro año, es decir no siempre son los mismos, esto para un mejor entendimiento de cómo se maneja el presupuesto asignado por el Ministerio de Economía y Finanzas (MEF), así mismo considerar que el presupuesto asignado para el manejo de residuos sólidos se programa de un año anterior, en ese orden de idea se indica que además se puede modificar es decir incrementar o disminuir de acuerdo a la necesidad de presupuesto, esto se realiza previo informe del área usuaria al área de planeamiento y presupuesto de la municipalidad. Así mismo sea considerado el arbitrio recaudado por concepto de limpieza pública el monto S/.24 386.00.

Se aprecia en la figura 5.21 la ecuación diferencial como resultado de introducir la data al modelo de simulación.

Figura N°5.21

Ecuación diferencial para el presupuesto asignado manejo de residuos sólidos.

Equatic

PRESUPUESTO

$COSREAL(t) = COSREAL(t - dt) + (PREM) * dt$

INIT COSREAL = PREM

INFLOWS:

$PREM = COSTO + ARB$

$ARB = 24386$

$COSTO = 33902$

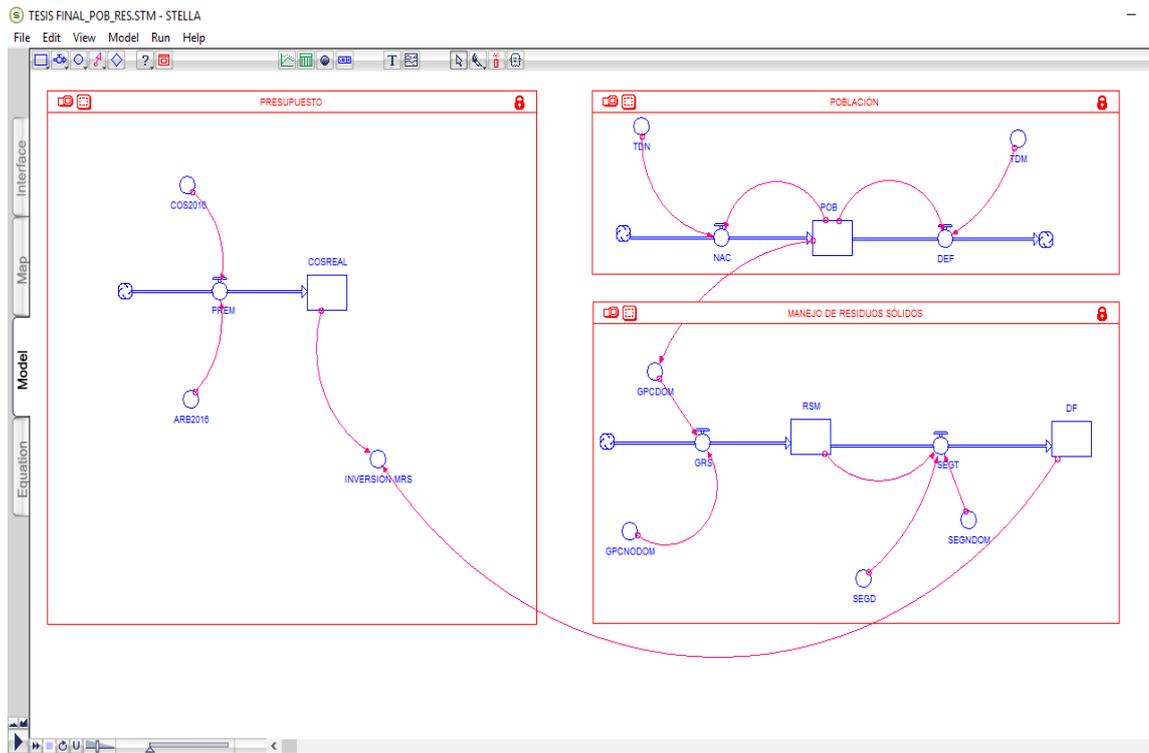
$INVERSIÓN_MRS = COSREAL + DF$

Fuente: Elaboración Propia.

Se aprecia en (véase figura 5.22) los 3 sectores que se han considerado para el modelamiento del manejo de residuos sólidos municipales, en ese sentido se observa la relación que existe entre cada una de las variables.

Figura N° 5.22

Modelo actual incluyendo los 3 sectores: población, manejo de residuos sólidos, presupuesto.



Fuente: Elaboración Propia.

Donde:

Sector Población: TDN=Tasa de Nacimiento, POB= Población, NAC=Nacimientos, DEF=Defunciones, TDM=Tasa de mortalidad.

Sector manejo de residuos sólidos: GPCDOM=Generación Per Capita Domiciliario, GPCNODOM= Generación Per Capita No Domiciliario, Generación Total Residuos Sólidos, RSM=Residuos Sólidos Municipales, ST=Segregación Total, SD=Segregación Domiciliaria, SND=Segregación No Domiciliaria, DF=Disposición Final.

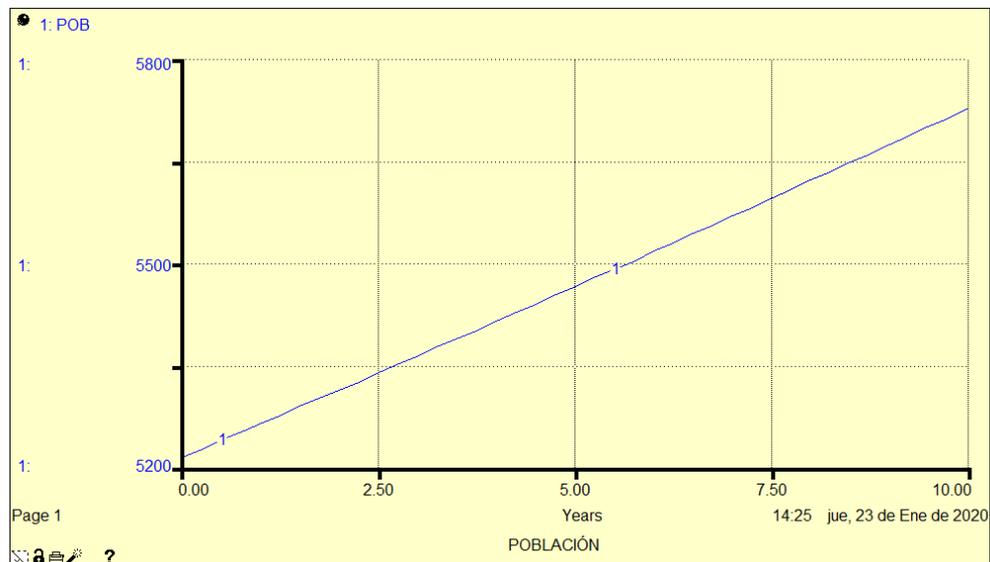
Sector Presupuesto: COSTO=Costo del manejo de residuos sólidos municipales, PREM=Presupuesto Municipal, Arb=arbitrios recaudados por concepto de limpieza pública año, Cosreal= Costo Real, Inversión MRS=Inversión manejo de residuos sólidos.

5.3. Modelamiento del crecimiento poblacional

El modelo de simulación se ejecutó en base a los datos históricos recopilados, considerando un valor inicial del 2016 de 5214 habitantes, haciendo una comparación hasta el 2026 para verificar que el comportamiento diez años posteriores al mencionado año. Dónde: POB= Población. Ver Figura N°5.23.

Figura N°5.23

Simulación de la población de Tambo de Mora 2016-2026



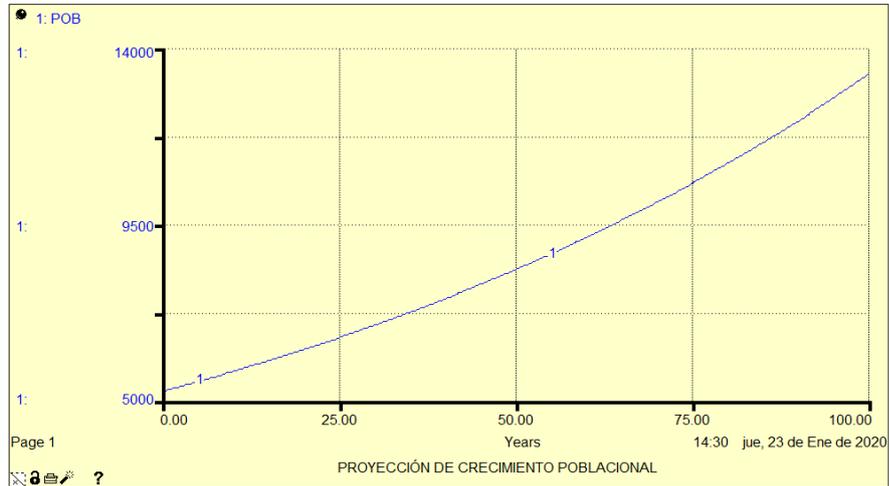
Fuente: Elaboración Propia

5.3.1. Modelamiento del crecimiento poblacional en 100 años

Se aprecia el crecimiento que tiene la población desde el año 2016 hasta el año 2116. en ese sentido se aprecia una ligera curva esto debido a que el tiempo es mayor con tendencia hacia arriba, así mismo considerando la tasa de crecimiento intercensal de 1.1% (INEI,2017). Véase la Figura N° 5.24. Dónde: POB= Población.

Figura N° 5.24

Simulación de crecimiento de la población de Tambo de Mora en 100 años de 2016-2116



Fuente: Elaboración Propia

Se aprecia el crecimiento (véase gráfico N°5.2) que se tiene la población desde el año 2016 hasta el año 2026. Así mismo se aprecia los nacimientos, muertes comparándolos con sus respectivas gráficas. Dónde: POB= Población, NAC=Nacimientos, DEF= Defunciones.

Figura N° 5.25

Simulación de crecimiento de la población, nacimientos, defunciones 10 años 2016-2026

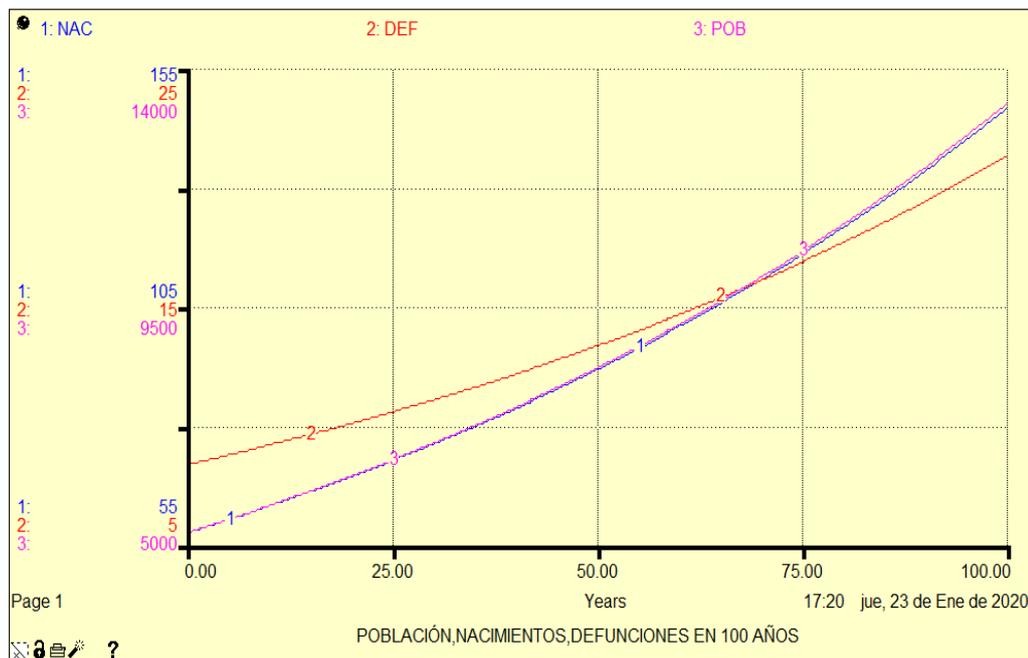


Fuente: Elaboración Propia.

Se observa en la Figura N°5.26 el crecimiento que tiene la población, los nacimientos, así como las defunciones, sin embargo, los residuos no domiciliarios se mantienen constantes en el periodo de 10 años.

Figura N°5.26

Simulación de crecimiento de la población, nacimientos, defunciones. 100 años 2016-2116



Fuente: Elaboración Propia.

Donde:

NAC=Nacimientos

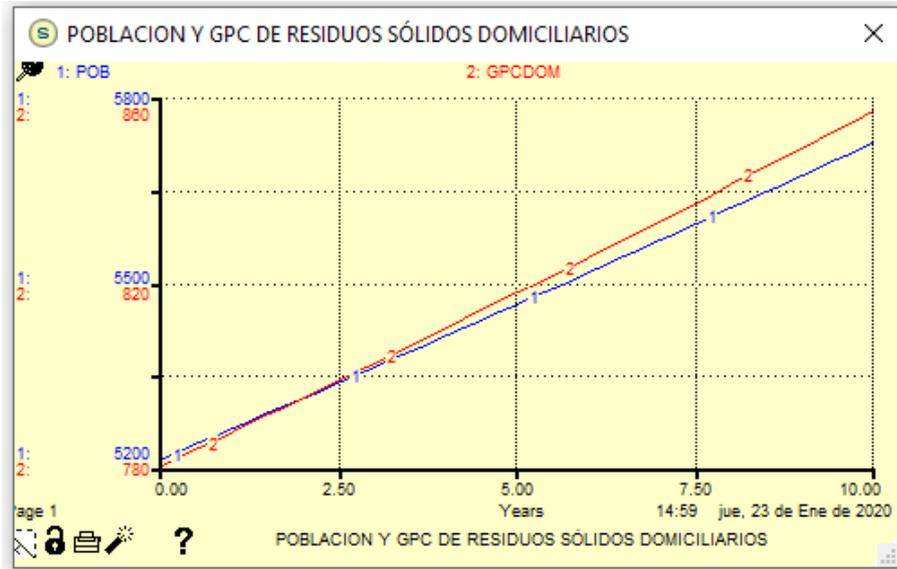
DEF=Defunciones

POB=Población

Se observa en la Figura N°5.27, que la población crece sostenidamente en un periodo de 10 años del 2016-2026, así mismo la GPC domiciliaria crece sostenidamente esto muestra una correlación entre ambos.

Figura N°5.27

Población y GPC de residuos sólidos domiciliarios periodo 2016-2016.

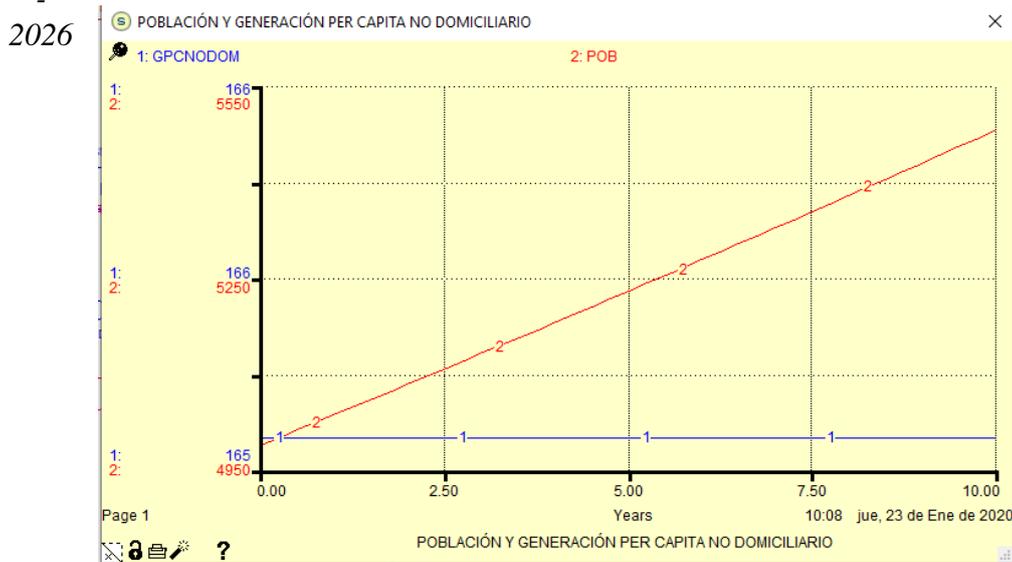


Fuente: Elaboración Propia

Se observa en la Figura N°5.28, que la Generación Per Cápita de residuos sólidos no domiciliarios se mantiene constante y la población crece sostenidamente.

Figura N°5.28

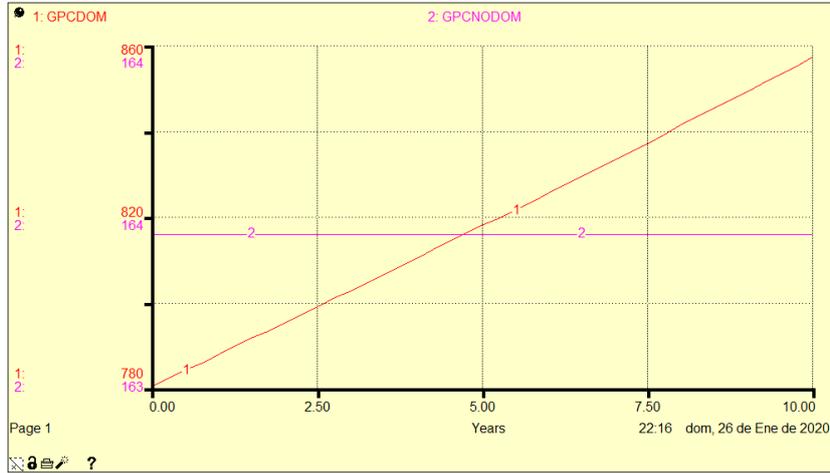
Simulación de crecimiento de la población y residuos no domiciliarios periodo 2016



Fuente: Elaboración Propia

Figura N°5.29

Simulación de la generación per cápita de residuos sólidos domiciliaria y no domiciliaria periodo 2016-2026.

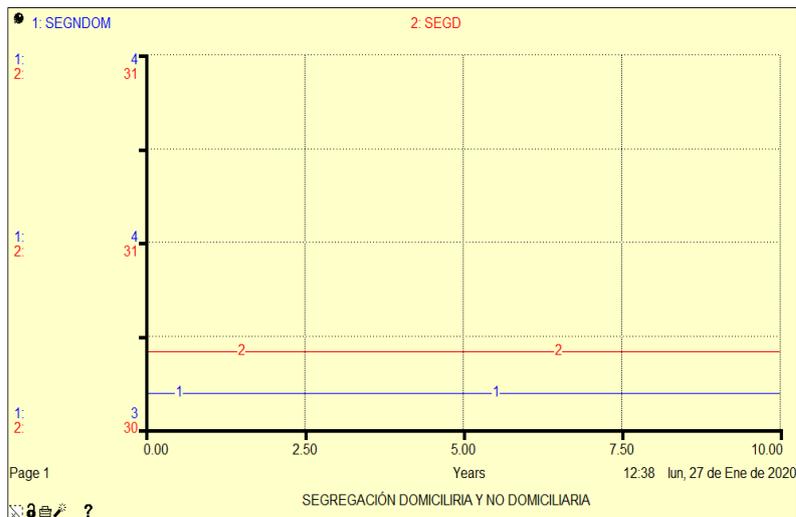


Fuente: Elaboración Propia.

Se observa que la segregación de residuos sólidos es mayor a la segregación de residuos no domiciliarios. La simulación se realizó con los datos obtenidos del Programa de Segregación en la Fuente del año 2017 Figura N°5.30.

Figura N°5.30

Simulación de la segregación de residuos sólidos domiciliarios y residuos no domiciliarios

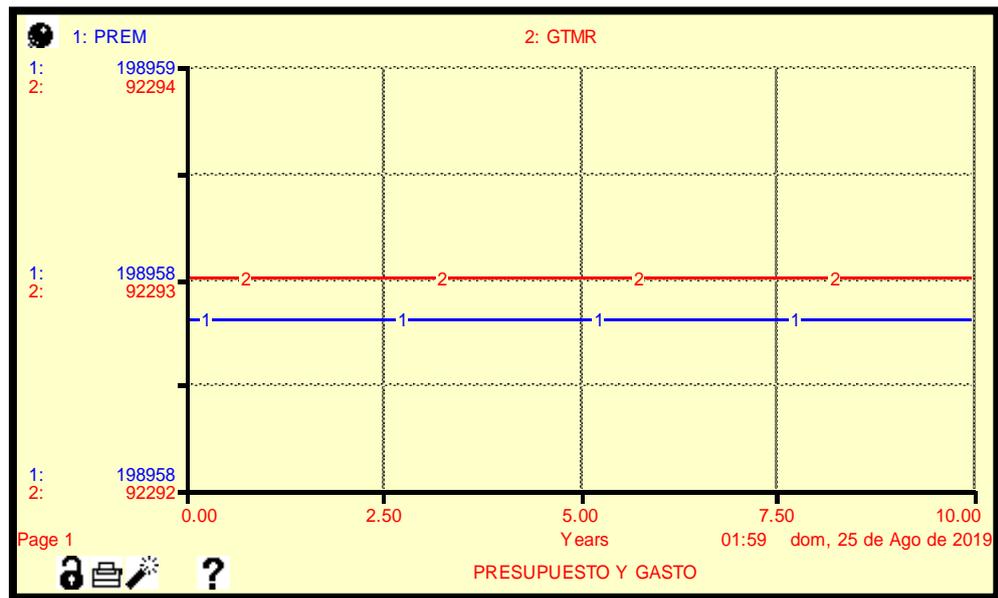


Fuente: Elaboración Propia

Se aprecia en la Figura N°5.31, que el presupuesto municipal(PREM) asignado por el Ministerio de Economía y Finanzas (MEF) es inferior al gasto total (GTMR) es decir existe un déficit en la asignación de presupuesto.

Figura N°5.31

Presupuesto municipal y gasto total en manejo de residuos sólidos



Fuente: Elaboración Propia.

CAPÍTULO VI: DISCUSIÓN DE RESULTADOS

6.1. Contrastación de la hipótesis

6.1.1. Hipótesis general

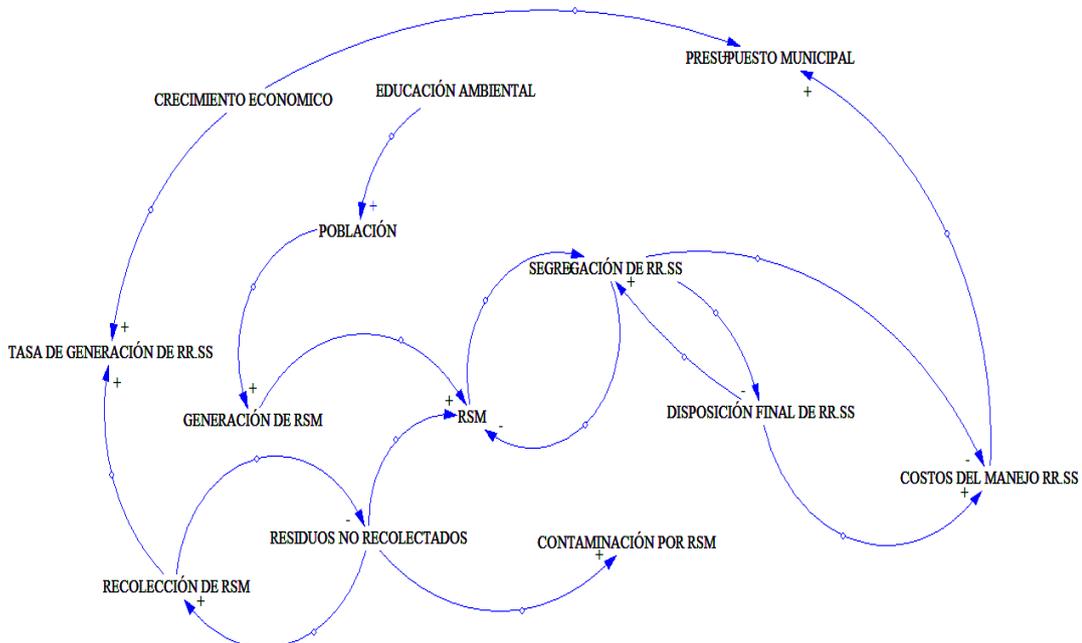
La implementación de un modelo de simulación con STELLA permitirá optimizar el manejo de los residuos sólidos municipales del distrito de Tambo de Mora

Se muestran los resultados obtenidos al implementar la propuesta de simulación del modelo, se ha incluido la educación ambiental, puesto que influyen además el presupuesto asignado por el MEF, así como la recaudación de arbitrios y así como en el incremento la segregación de residuos sólidos orgánicos e inorgánicos.

Así mismo se ha elaborado el diagrama causal del manejo de residuos sólidos municipales, Ver Figura N°6.1.

Figura N°6.1

Modelo causal propuesto para el manejo de residuos sólidos municipales en el distrito de Tambo de Mora



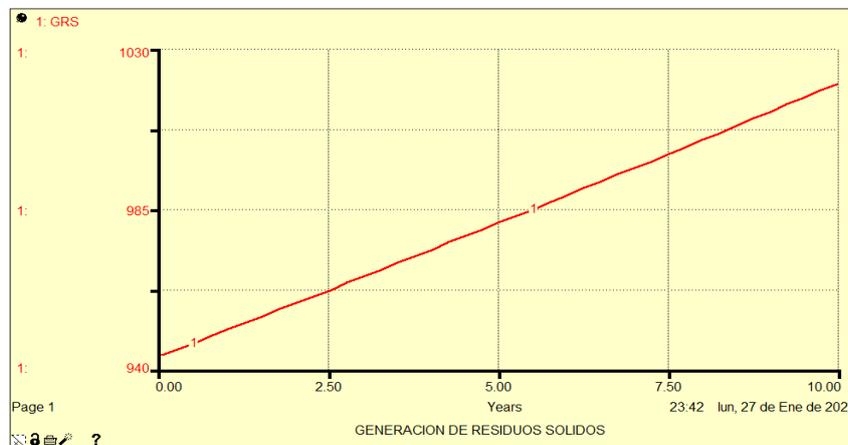
Fuente: Elaboración Propia.

En la Figura N°6.2, se muestra la generación total de residuos sólidos municipales por un periodo de ha proyectado para 10 años desde el año 2016 hasta el año 2026.

se observa claramente como aumenta la generación de residuos sólidos municipales en el distrito de Tambo de Mora en el periodo mencionado.

Figura N° 6.2

Simulación de la generación total de residuos sólidos municipales periodo 2016-2026

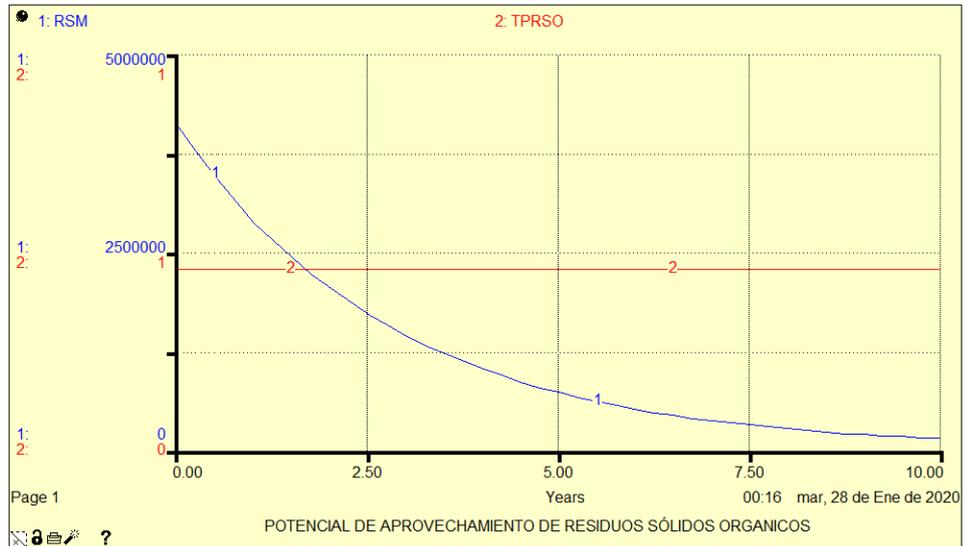


Fuente: Elaboración Propia

Se observa claramente que al aprovechar todo el potencial de residuos sólidos inorgánicos y lo mantenemos constantes disminuye la generación los residuos sólidos municipales ver Figura N° 6.3, a partir del cuarto año aproximadamente descende la curva de generación de residuos sólidos municipales.

Figura N° 6.3

Simulación del potencial de aprovechamiento de residuos sólidos inorgánicos

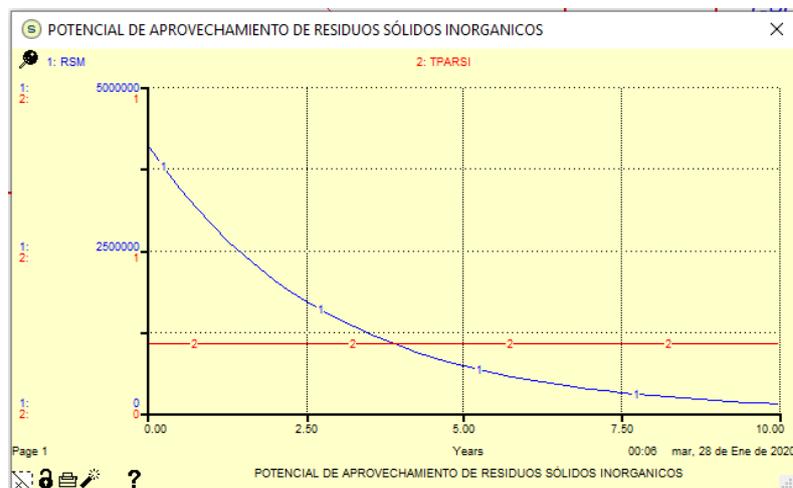


Fuente: Elaboración Propia.

Se observa en la Figura N° 6.4 que al aprovechar todo el potencial de residuos sólidos orgánicos y lo mantenemos constantes disminuye los residuos sólidos municipales, esto ocurre a partir del 1 año aproximadamente desciende considerablemente la curva de generación de residuos sólidos municipales.

Figura N° 6.4

Simulación del potencial de aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos

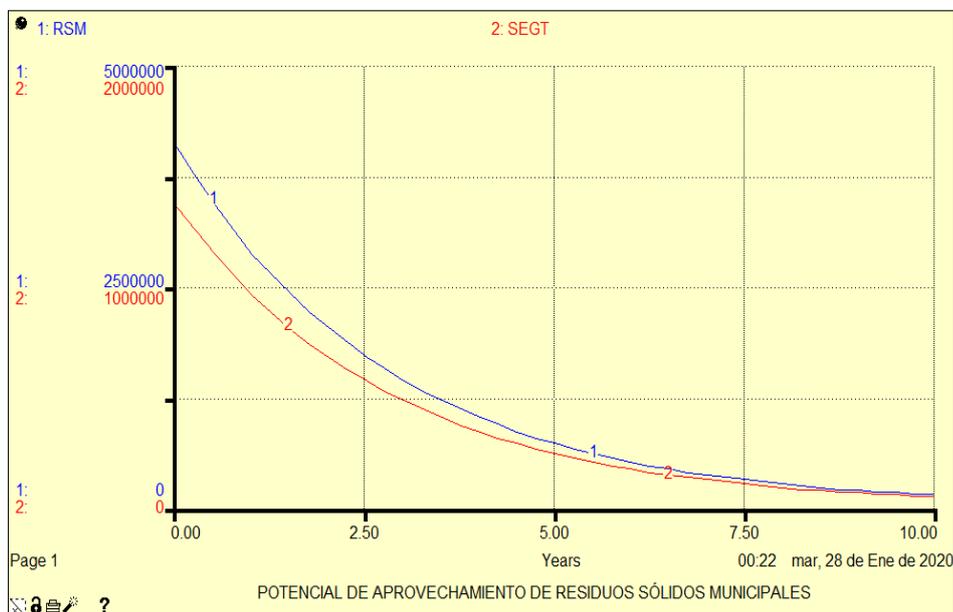


Fuente: Elaboración Propia

Se aprecia en la Figura N° 6.5, que al implementar la segregación que un tipo de valorización de residuos sólidos inorgánicos e orgánicos y aprovechando su tasa potencial los residuos sólidos municipales generados por la población del distrito de Tambo de Mora disminuyen inmediatamente, es decir desde el momento que se ejecuta, es importante indicar que se ejecutó la simulación para un periodo de 10 años 2016-2026.

Figura N° 6.5

Simulación del potencial de aprovechamiento de residuos sólidos municipales



Fuente: Elaboración Propia.

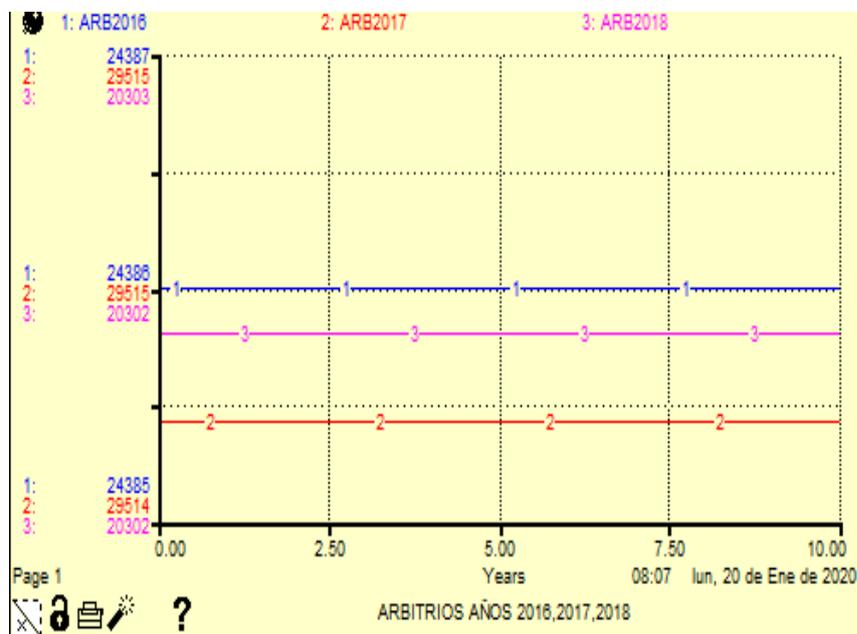
Existe una correlación directa entre el financiamiento y el tratamiento de los residuos sólidos porque se demuestra que a mayor ejecución presupuestal mejor tratamiento de residuos sólidos porque se demuestra que a mayor ejecución presupuestal mejor tratamiento de residuos sólidos. Se aprecia , que se ha asignado para el año 2016 por el MEF para el manejo de residuos sólidos municipales la suma de (MEF, 2019) S/. 33,903.00, así mismo los arbitrios recaudados por concepto de limpieza pública es de S/. 24,387.00, en ese sentido la diferencia para cubrir el costo de mantener el servicio de manejo de residuos sólidos municipales es de S/. 9,516.00. Se aprecia el crecimiento, el monto

asignado es de S/.92,294.00 para el año 2017 por el MEF, para el manejo de residuos sólidos municipales (MEF, 2019), así mismo los arbitrios recaudados por concepto de limpieza pública es de S/. 29,515.00, en ese sentido la diferencia para cubrir el costo de mantener el servicio de manejo de residuos sólidos municipales es de S/. 62,779.00. Se aprecia, que el monto asignado es de S/.92,294.00 para el año 2018 por el MEF, para el manejo de residuos sólidos municipales (MEF, 2019), así mismo los arbitrios recaudados por concepto de limpieza pública es de S/. 20,302.00, en ese sentido la diferencia para cubrir el costo de mantener el servicio de manejo de residuos sólidos municipales es de S/. 62,779.00.

En conclusión, la recaudación de arbitrio es irregular y no cubre el costo del servicio de limpieza pública, una de las causas posibles es la falta de cultura de pago de la población, así como la ausencia de concientización y de educación y cultura ambiental.

Figura N° 6.6

Simulación de arbitrios por concepto de limpieza pública años 2016,2017 y 2018



Fuente: Elaboración Propia.

En ese orden de ideas, se muestra que con la implementación del modelo de simulación con Stella se optimiza el manejo de residuos sólidos según las corridas de simulación el modelo las figuras mostradas, por lo tanto, se demuestra la Hipótesis General.

6.1.2. Hipótesis específicas

H1: La identificación de los diferentes actores dentro del proceso de manejo de residuos sólidos permitirá elaborar la propuesta de optimización del manejo de Residuos Sólidos Municipales del Distrito de Tambo de Mora.

Se logró identificar 3 actores para elaborar el modelo de simulación manejo de residuos sólidos municipales del distrito Tambo de Mora, los cuales son: población, manejo de residuos sólidos y presupuesto asignado por el Ministerio de Economía y Finanzas (MEF), así mismo mediante el análisis del Decreto Legislativo N°1278, que aprueba la Ley de gestión integral de Residuos y su reglamento aprobado con Decreto Supremo N°014-2017-MINAM, además de guías y manuales proporcionadas por el MINAM.

H2: El Desarrollo de una propuesta de modelo de simulación basado en agentes que integre las variables encontradas en la caracterización optimizará el manejo de residuos sólidos municipales del distrito de Tambo de Mora.

En el proceso de elaboración del modelo de simulación con Stella se han encontrado los siguientes agentes:

Variable Independiente: Modelo de Simulación

- ✓ Población
- ✓ Generación Per-cápita por persona.
- ✓ Generación de RR. SS en Toneladas.
- ✓ Segregación de RR. SS en Toneladas.
- ✓ Potencial de aprovechamiento de residuos sólidos municipales
- ✓ Valorización de RR. SS en Toneladas. orgánicos e inorgánicos.
- ✓ Disposición final de RR. SS en Toneladas.

Variable Dependiente: Optimización del manejo de Residuos Sólidos Municipales

- ✓ Generación Per Cápita –kg/ (hab. - día) domiciliarios y comerciales
- ✓ Eficiencia de la valorización -%
- ✓ Costo Tal del manejo de residuos sólidos.

H3: La aplicación del modelo propuesto en la plataforma de simulación STELLA optimizará el manejo de residuos Sólidos Municipales del Distrito de Tambo de Mora.

Figura N° 6.7

Resultados proyectados implementando el modelo de simulación con Stella.

AÑO	POBLACIÓN	GPC(Kg/persona)	GENERACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS DOMICILIARIO (t/día)	GENERACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS NO DOMICILIARIO (t/día)	GENERACION DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES (t/año)	POTENCIAL DE APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS INORGANICOS (t/año)	POTENCIAL DE APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGANICOS (t/año)	POTENCIAL DE APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS (t/año)	DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES (t/año)
2016	5214	0.41	2.14	0.45	943.72	199.97	428.26	628.23	315.49
2017	5271	0.41	2.18	0.45	960.19	203.46	435.73	639.20	320.99
2018	5329	0.42	2.23	0.45	977.01	207.03	443.37	650.40	326.61
2019	5388	0.42	2.28	0.45	994.18	210.67	451.16	661.83	332.36
2020	5447	0.43	2.32	0.45	1011.72	214.38	459.12	673.50	338.22
2021	5507	0.43	2.37	0.45	1029.63	218.18	467.25	685.42	344.20
2022	5568	0.44	2.42	0.45	1047.91	222.05	475.54	697.60	350.32
2023	5629	0.44	2.47	0.45	1066.58	226.01	484.02	710.03	356.56
2024	5691	0.44	2.53	0.45	1085.65	230.05	492.67	722.72	362.93
2025	5753	0.45	2.58	0.45	1105.12	234.17	501.50	735.68	369.44
2026	5817	0.45	2.63	0.45	1125.00	238.39	510.52	748.91	376.09

Fuente:Elaboración Propia.

Es importante indicar que la Generación Per Cápita 0.410 GPC (Kg/persona) de residuos sólidos domiciliarios y GPC no domiciliario 0.4478 t/día han sido datos

tomados del Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos (Municipalidad Distrital de Tambo de Mora, 2016).

Para realizar las siguientes proyecciones ; mostramos en la primera columna los primeros 10 años es decir los años 2016-2026 en los cuales realizamos la proyección hasta los 10 años, en la segunda columna mostramos, que la población del distrito Tambo de Mora es de 5214 habitantes (año 2016) y su proyección al año 2026, en la tercera columna ,mostramos la generación de residuos domiciliarios que es 0.410 GPC (Kg/persona) y su proyección , en la cuarta columna calculamos la generación total de residuos sólidos domiciliarios para ello se multiplico la GPC diaria por la población, en la quinta columna se muestra la generación de residuos no domiciliaria 0.45 t/día y su proyección, así mismo en la sexta columna , se muestra la generación total de residuos sólidos municipales 943.72 t/año, en la séptima se muestra el aprovechamiento de residuos sólidos inorgánicos 199.97 t/año y su proyección, es importante señalar que hemos obtenido este dato multiplicando la generación de residuos sólidos municipales por la tasa de aprovechamiento de residuos sólidos inorgánicos 21.19% y su proyección, en la octava columna hemos proyectado el potencial de aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos con una tasa de 45.38% en la novena columna hemos obtenido la el potencial de aprovechamiento de residuos sólidos que incluye la suma de potencial de aprovechamiento orgánico e inorgánico, en la décima columna obtuvimos el total de residuos sólidos municipales 315.49 t/año para su disposición final.

Figura N° 6.8

Potencial de aprovechamiento de residuos sólidos municipales

AÑO	GENERACION DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES (t/año)	POTENCIAL DE APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS INORGANICOS (t/año)	POTENCIAL DE APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGANICOS (t/año)	DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES(t/año)
2016	943.72	199.97	428.26	315.49
2017	960.19	203.46	435.73	320.99
2018	977.01	207.03	443.37	326.61
2019	994.18	210.67	451.16	332.36
2020	1011.72	214.38	459.12	338.22
2021	1029.63	218.18	467.25	344.20
2022	1047.91	222.05	475.54	350.32
2023	1066.58	226.01	484.02	356.56
2024	1085.65	230.05	492.67	362.93
2025	1105.12	234.17	501.50	369.44
2026	1125.00	238.39	510.52	376.09
TOTAL	11346.72	2404.37	5149.14	3793.21

Fuente:Elaboración Propia.

Podemos observar en la Figura que, al aplicar el modelo propuesto, en un periodo de 10 años se estima que el potencial de aprovechamiento de residuos sólidos inorgánicos es de 21.19% y el potencial de aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos es de 45.38% ambos respecto al total de residuos generados por la población cada año, en 5149.14 toneladas de residuos orgánicos y 2404.37 toneladas de residuos sólidos inorgánicos en un periodo de 10 años de 2016-2016 es decir, se reduce la cantidad de residuos sólidos municipales para su disposición final de 11346.72 a 3793.21 toneladas.

De acuerdo a los datos aplicados en el modelo de simulación, se valoriza el 66.57% de residuos, quedando para la disposición final solo el 33.43% del total de residuos sólidos municipales generados por la población del distrito de Tambo de Mora cada año.

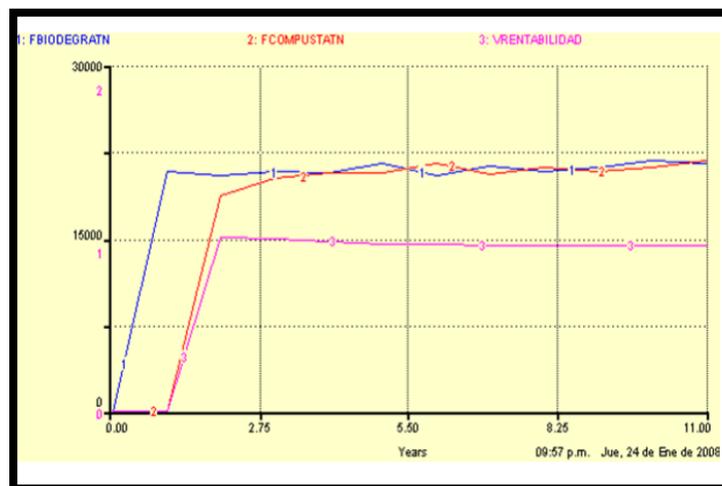
En ese orden de ideas, se muestra que con la implementación del modelo de simulación con Stella se optimiza el manejo de residuos sólidos por lo tanto se demuestra la Hipótesis específica.

6.2. Contrastación de los resultados con estudios similares

(Peña A. R., 2013, pág. 6), en su investigación “Modelo Sistémico en la Gestión de Residuos Sólidos Domiciliarios en la Zona Metropolitana de Huancayo – Perú”, señala que al realizar la segregación de elementos reciclables y separar los productos orgánicos (compostaje) y estos tratados adecuadamente, conlleva a elevar la rentabilidad correspondiente tal como se observa en la Figura N°6.11.

Figura N° 6.9

Compostaje, rentabilidad, residuos biodegradantes

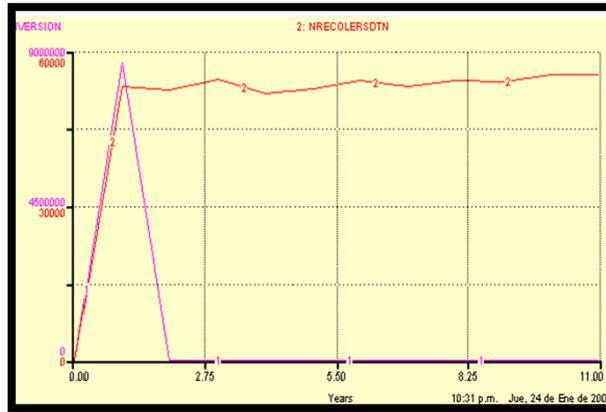


Fuente: Modelo Sistémico en la Gestión de Residuos Sólidos Domiciliarios en la Zona Metropolitana de Huancayo – Perú (Peña A. R., 2013, pág. 7)

Podemos observar, además que con una inversión inicial fuerte se llega a tratar aceleradamente una gran cantidad de residuos sólidos, posteriormente el cuándo el financiamiento disminuye puesto que será auto sostenido ya que se tendrán ingresos de la venta de reciclaje y del compostaje correspondiente. Ver Figura 6.12.

Figura N° 6.10

Inversión, segregación de residuos sólidos orgánicos e inorgánicos

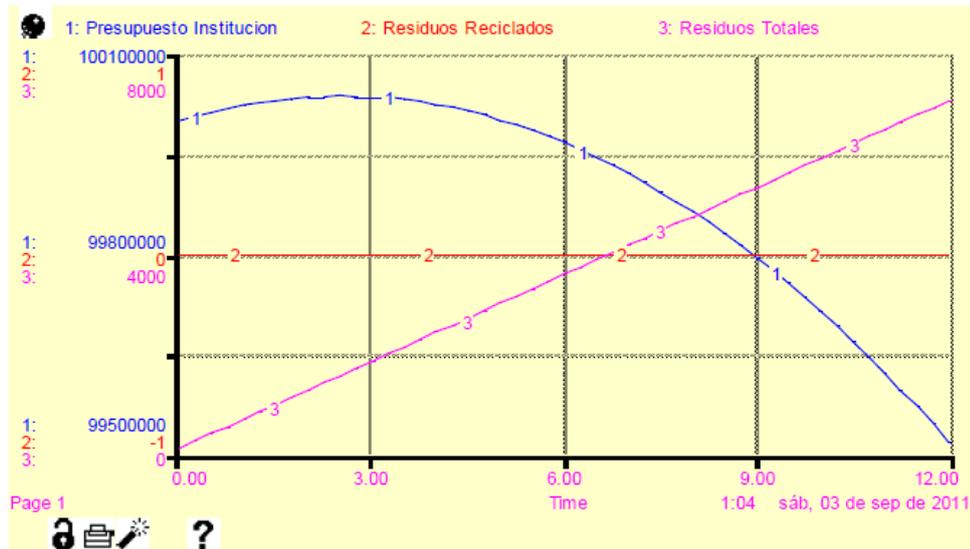


Fuente: Modelo Sistémico en la Gestión de Residuos Sólidos Domiciliarios en la Zona Metropolitana de Huancayo – Perú (Peña A. R., 2013, pág. 7)

(Ibarra, *Modelo Sistémico para el Manejo de Residuos Sólidos en Instituciones Educativas en Colombia, 2011*), en su investigación señala que luego las corridas del modelo y observar el comportamiento de las variables según los parámetros establecidos, podemos analizar en la simulación 1 (ver figura N° 6.13), que corresponde a la simulación en la cual no se tiene en cuenta el reciclaje es decir, en una institución donde no se realiza este proceso, podemos concluir que el presupuesto de la institución se mantiene hasta el punto, en que la generación de residuos se incrementa de manera excesiva, trayendo como consecuencia de que al pasar 12 meses el presupuesto disminuyó considerablemente.

Figura N° 6.11

Simulación 1

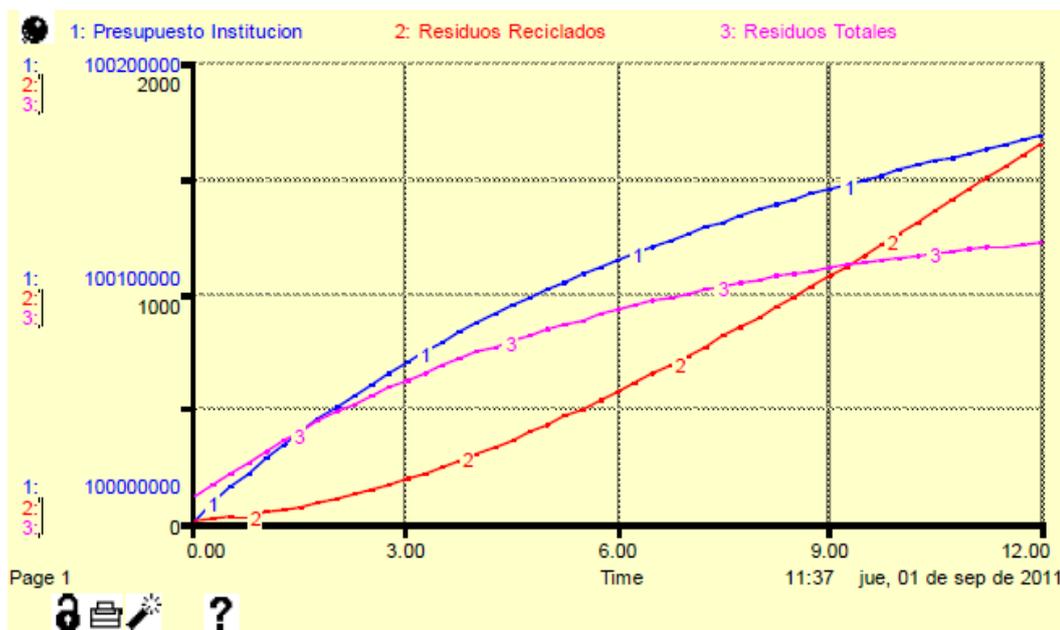


FUENTE: (Ibarra, Modelo Sistémico para el Manejo de Residuos Sólidos en Instituciones Educativas en Colombia, 2011)

Para la simulación 2, (ver figura 6.14) el autor ha tenido en cuenta, la tasa de inversión para la gestión de residuos sólidos y el proceso de reciclaje, el cual se vio reflejado en el aumento del presupuesto de la institución, y en el comportamiento de la cantidad de residuos sólidos totales, pues vemos que después de unos meses, tiende a estabilizarse en un punto lo cual hace que el costo del servicio de aseo sea constante, por ende, hay un incremento del presupuesto de la institución. (Ibarra, Modelo Sistémico para el Manejo de Residuos Sólidos en Instituciones Educativas en Colombia, 2011).

Figura N° 6.12

Simulación 2



FUENTE: (Ibarra, Modelo Sistémico para el Manejo de Residuos Sólidos en Instituciones Educativas en Colombia, 2011).

El modelo nos permitió observar el comportamiento de las variables, residuos totales, residuos reciclados y su relación con el presupuesto de la institución. Se pudo establecer que, para implementar un plan de gestión integral de residuos sólidos, que sea eficiente, se necesita que exista una tasa de inversión adecuada al número de la población de la institución.

Este primer modelo planteado para el manejo de los residuos sólidos en instituciones educativas, es muy general, pero con mucho potencial, por ende, se ve la necesidad de tener en cuenta más atributos para así complejizar más el sistema, de tal manera que se pueda considerar el tipo de residuo generado, el ingreso por cada tipo de residuo y costos específicos aplicados a un estudio de caso.

En el trabajo citado denominado, “Modelo Sistémico en la Gestión de Residuos Sólidos Domiciliarios en la Zona Metropolitana de Huancayo”, la simulación muestra que la utilidad monetaria aplicando la segregación y el compostaje es en

promedio del 400 % mayor a sin su aplicación. Existe una correlación directa entre el financiamiento y el tratamiento de los residuos sólidos porque se demuestra que a mayor ejecución presupuestal mayor tratamiento de residuos sólidos.

Mientras que, en nuestro trabajo de investigación de acuerdo a los datos aplicados en el modelo de simulación, se valoriza el 66.57% de residuos orgánico e inorgánico, quedando para la disposición final solo el 33.43% del total de residuos sólidos municipales generados por la población del distrito de Tambo de Mora cada año.

Es importante indicar que los trabajos citados líneas arriba han realizado el modelo de simulación considerando 12 meses mientras nosotros hemos considerado un periodo de 10 años desde el año 2016 hasta el 2026. Así mismo, dichas investigaciones obtienen ingresos por la valorización de residuos sólidos, mientras que en la presente investigación no se obtiene ingresos por la venta de residuos sólidos valorizados, es importante señalar que la normativa actual vigente referente a residuos sólidos el Decreto Legislativo 1278, que aprueba la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos, así como el Decreto Supremo N° 014-2017-MINAM que aprueban Reglamento del Decreto Legislativo N° 1278 Decreto Legislativo, tiene un enfoque de economía circular, es decir incluye la valorización desde la generación de residuos sólidos, así mismo señalar que no permite la venta de residuos valorizados salvo las Municipalidades Distritales, así como las Municipalidades Provinciales conformen una asociación de recicladores debidamente formalizados; lo señalado está estipulado en la, Ley N°29419 Ley que regula la actividad de los recicladores; en ese orden de ideas, es la razón por la cual no hemos considerado en nuestro modelo de simulación el ingreso por venta de residuos sólidos valorizados.

6.3. Responsabilidad ética

El presente trabajo se ha realizado teniendo como fuentes de información los datos obtenidos del estudio de caracterización de residuos sólidos domiciliarios (ECRSD) realizados el año 2016, así como otros instrumentos de gestión en temática ambiental, con los datos obtenidos del compendio estadístico de INEI Ica, el modelo de simulación dinámico fue evaluado, ajustando su estructura y parámetros hasta lograr un diseño representativo de la realidad para verificar que no se cometieron errores durante la construcción del modelo se eligieron considerando las que son determinantes en el manejo de residuos sólidos del distrito, en ese sentido se han realizado modificaciones en los parámetros numéricos y ecuaciones planteadas, teniendo en consideración las guías metodológicas aprobadas por el MINAM (Guía para la Identificación, Formulación y Evaluación Social de Proyectos de Inversión Pública de Servicios de Limpieza Pública, a nivel de Perfil). hasta verificar que los tipos de resultados obtenidos fueran adecuados y congruentes con la realidad. En ese orden de ideas, el modelo final se validó teniendo en cuenta los datos históricos que coinciden con los resultados del modelo dinámico. La validación del modelo dinámico se realizó mediante una serie de corridas proyectados a un rango de 10 años,

Todos los datos utilizados en el presente trabajo son citados de acuerdo a lo establecido en la norma APA Sexta Edición.

CONCLUSIONES

- Se aplicó el modelo de simulación con Stella, para el periodo de 10 años (2016-2026) se ha estimado que, la valorización de residuos sólidos municipales, alcanza 7553.51 toneladas que equivale a 66.57%, quedando para la disposición final solo 3793.21 toneladas que equivale a 33.43% de residuos sólidos municipales generados por la población del distrito de Tambo de Mora. Así mismo la aplicación del modelo de simulación servirá como herramienta de apoyo en la gestión optimizando el manejo de los residuos sólidos municipales.
- Se logró identificar 3 actores para elaborar la propuesta del modelo de simulación actual y el modelo de simulación propuesto, para el manejo de residuos sólidos municipales del distrito Tambo de Mora, los cuales son: población, manejo de residuos sólidos y presupuesto asignado por el Ministerio de Economía y Finanzas (MEF), mediante el análisis del Decreto Legislativo N°1278, que aprueba la de gestión integral de Residuos y su reglamento aprobado con Decreto Supremo N°014-2017-MINAM, así como de guías y manuales proporcionadas por el MINAM.
- Se ha elaborado el diagrama causal, luego el diagrama de Forrester referente al manejo de residuos sólidos, generando el modelo de simulación de manejo de residuos sólidos basado en la data obtenida del compendio estadístico 2017 INEI, así como del Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos municipales realizado en el distrito de Tambo de Mora el año 2016, así como consulta amigable (MEF), utilizados como datos iniciales para luego proyectar los datos por un periodo de 10 años (2016-2026).
- Se realizó las corridas del modelo de simulación propuesto con Stella aplicando la data: población, manejo de residuos sólidos, presupuesto proyectada a 10 años. Según los resultados obtenidos en la simulación se

observa que ha disminuido la generación de residuos sólidos al implementar apropiadamente la valorización orgánica e inorgánica optimizando el manejo de residuos sólidos municipales y su disminución en la disposición final de residuos sólidos del distrito de Tambo de Mora en 66.57% para el periodo de 10 años. Se observa en la Figura N° 6.3 que al implementar la valorización de residuos sólidos inorgánicos la reducción gradual de la generación de residuos sólidos municipales, aproximadamente a partir del cuarto año se encuentra por debajo de la línea del potencial de aprovechamiento de residuos sólidos inorgánicos, así mismo se observa en la Figura N° 6.4 la disminución de los residuos sólidos municipales al implementar la valorización de residuos sólidos orgánicos desde el primer año se encuentra por debajo la tasa potencial de aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos. Se observa en la Figura N° 6.5 que la curva del potencial total de aprovechamiento de residuos sólidos descende gradualmente de forma acelerada respecto a la curva de generación de residuos sólidos municipales.

RECOMENDACIONES

- Se sugiere que se utilice el modelo realizado en el presente trabajo para optimizar el manejo de residuos sólidos.
- Se recomienda que se implemente el instrumento de gestión municipal el Programa Municipal de Educación, Cultura y Ciudadanía Ambiental (EDUCCA) estipulada en el Plan Nacional de Educación Ambiental 2017-2022 aprobado mediante el Decreto Supremo N° 016-2016-MINEDU, para generar una cultura ambiental puesto que fundamental para implementar el manejo adecuado de residuos sólidos y esta sea eficaz
- Se recomienda que se requiera al Ministerio de Economía y Finanzas presupuesto para hacer sostenible el programa de recolección selectiva de residuos sólidos inorgánicos puesto que no se aprovecha el potencial de residuos sólidos inorgánicos según el modelamiento mostrado.
- Se recomienda que implemente progresivamente el compostaje u otra técnica de valorización puesto que es el 50% de residuos sólidos generado en el distrito de Tambo de Mora (Municipalidad Distrital de Tambo de Mora , 2016). De esta manera se reduciría la cantidad de residuos que van a disposición final.
- Así mismo, se recomienda que se generen proyecto de inversión que contemplen la gestión integral de residuos sólidos desde la generación hasta su disposición final en un relleno sanitario.
- Se recomienda además participar Programa de Incentivos municipales del MEF, el cual permite un presupuesto extra para el manejo de residuos Sólidos municipales.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

(s.f.).

Aracil, J. (1983). *Introducción a la Dinámica de Sistemas*. Madrid: Alianza Textos.

Aracil.J. (1995). *Dinámica de Sistemas*. Madrid: ISDEFE.

Bertalanffy. (1998). *Teoría General de Sistemas*. Bogotá: Fondo de Cultura Económica.

Buitrago Perez, J. A. (2012). *Diseño de un modelo dinámico de sistemas aplicado a la cadena de valor para el manejo de desechos orgánicos lombricultura*. Bogotá: Universidad Militar Nueva Granada.

Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria(CEPIS). (1997). *Procedimientos Estadísticos para los Estudios de Caracterización de Residuos Sólidos*. Lima: Organización Panamericana de Salud .

Dirk Inghels, W. D. (2010). An analysis of household waste management policy using system dynamics modelling. *Waste Management & Research*.

Ibarra, R. (2011). *Modelo Sistémico para el Manejo de Residuos Sólidos en Instituciones Educativas en Colombia*. Bogotá: Universidad Colegio Mayor de Nuestra Señora del Rosario.

Ibarra, R. (2011). Modelo Sistémico para el Manejo de Residuos Sólidos en Instituciones Educativas en Colombia. *La Dinámica de Sistemas: Un Paradigma de Pensamiento*, 4.

Instituto Nacional de Estadística e Informática . (2017). *Compendio Estadístico* . Lima: INEI.

Intituto Nacional de Estadística e Informática . (2017). *Compendio estadístico*. Lima: INEI.

Lahoz, R. (2004). *Bioinformática: Simulación, vida artificial e inteligencia artificial*. Ediciones Diaz de Santos .

MEF. (2013). *GUÍA PARA LA IDENTIFICACIÓN, FORMULACIÓN Y EVALUACIÓN SOCIAL DE PROYECTOS DE INVERSIÓN PÚBLICA DE SERVICIOS DE LIMPIEZA PÚBLICA, A NIVEL DE PERFIL*. Lima: Mnisterio de Economía y Finanzas .

MEF. (15 de Noviembre de 2019). *Consulta Amigable*. Obtenido de Consulta Amigable : <http://apps5.mineco.gob.pe/transparencia/Navegador/default.aspx>

MINAM. (2012). *Guía metodológica para el desarrollo del Estudio de Caracterización para Residuos Sólidos Municipales, MINAM*. Lima: Ministerio del Ambiente.

MINAM. (2017). *Decreto Legislativo N1278, que aprueba la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos*. Lima: Diario Oficial El Peruano .

- Ministerio de Economía y Finanzas . (2013). *Guía para la identificación, formulación y evaluación social de proyectos de inversión pública de servicios de limpieza pública, a nivel perfil*. Lima : MEF.
- Ministerio de Economía y Finanzas. (15 de octubre de 2019). Obtenido de MEF: <http://apps5.mineco.gob.pe/transparencia/Navegador/default.aspx>
- Ministerio del Ambiente,(MINAM). (2017). *Decreto Legislativo N 1278 Ley que aprueba la gestión integral de residuos sólidos* . Lima: El Peruano.
- Ministerio del Ambiente (MINAM). (2017). *Guía de cumplimiento de al Meta 25"Implementación de un Sistema Integrado de Manejo de Residuos Sólidos" del Programa de incentivos de la mejora a la gestión municipal* . Lima,Perú: MINAM.
- Municipalidad Distrital de Tambo de Mora . (2016). *Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos Municipales* . Tambo de Mora ,Chincha ,Ica : Unidad de Medio Ambiente y Salud .
- Municipalidad Distrital de Tambo de Mora . (2016). *Expediente de postulación Meta 6 del Programa de Incentivos Municipales*. Tambo de Mora: Unidad de Medio Ambiente y Salud.
- Municipalidad Distrital de Tambo de Mora. (2016). *Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos Domiciliarios*. Tambo de Mora : Municipalidad Distrital de Tambo de Mora .
- Peña, A. R. (2013). *Modelo sistémico en la gestión de residuos sólidos domiciliarios en la zona metropolitana de Huancayo,Perú*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Peña, R. (2009). Modelo Sistémico en la Gestión de Residuos Sólidos Domiciliarios en la Zona Metropolitana de Huancayo – Perú. *Universidad Nacional Agraria La Molina ,Pontificia Universidad Católica del Perú* , 6-8.
- Ramirez, S. (2014). *Uso de la dinámica de sistemas para optimizar las rutas de recojo de residuos sólidos en el distrito de Tarapoto* . Tarapoto: Universidad Nacional de San Martín .
- Rojas, D. Y. (2010). *Simulación de la aplicación del tratamiento mecánico biológico a los residuos urbanos. el caso de la Ciudad de General Pico*. La Pampa,Argentina : Universidad Nacional de La Pampa, Facultad de Ingeniería . .
- Soto Mallqui, E. J. (2016). *Gestión de residuos municipales y su incidencia en la contaminación ambiental en el distrito de San Agustín de Cajas*. Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú.
- Tello, A. D. (2014). *Asignación de competencias en materia de residuos sólidos de ámbito municipal y sus impactos en el ambiente*. Lima,Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú.

Unidad de Medio Ambiente y Salud-MDTM. (2016). *Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos Municipales del Distrito de Tambo de Mora* . Tambo de Mora : Municipalidad Distrital de Tambo de Mora .

ANEXOS

Anexo N°1

- Matriz de consistencia de implementación de modelo de simulación para optimización del manejo de residuos sólidos municipales del distrito Tambo de Mora

Anexo N°2

- Base de datos

Lista de figuras

Figura N°1	Fórmula para hallar la muestra.
Figura N°2	Calculo para determinar el número de muestra domiciliaria.
Figura N°3	Descripción de Parámetros.
Figura N°4	Cálculo para determinar el número de muestra no domiciliaria.
Figura N°5	Fórmula para validar muestra.
Figura N°6	Fórmula para hallar la muestra.
Figura N°7	Descripción de parámetros.
Figura N°8	Personal del área pesando muestra de los residuos sólidos.
Figura N°9	Generación per cápita municipal.
Figura N°10	Personal de limpieza pública y áreas verdes de la oficina de servicios comunales de la municipalidad de Tambo de Mora.
Figura N°11	Generación de residuos sólidos en barrido de calles.
Figura N°12	Rutas de segregación de residuos sólidos inorgánicos.
Figura N°13	Sectores

Anexo N° 1

Matriz de consistencia de implementación de modelo de simulación para optimización del manejo de residuos sólidos municipales del distrito Tambo de Mora.

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	METODOLOGÍA	POBLACION
<p>PROBLEMA GENERAL:</p> <p>¿De qué manera la implementación de un modelo de simulación con STELLA permitirá optimizar el manejo de residuos sólidos municipales del distrito de Tambo de Mora?</p> <p>PROBLEMAS ESPECIFICOS:</p>	<p>OBJETIVO GENERAL:</p> <p>Implementar un modelo de simulación con STELLA que permita optimizar el manejo de residuos sólidos municipales del Distrito de Tambo de Mora.</p> <p>OBJETIVOS ESPECIFICOS:</p>	<p>HIPOTESIS GENERAL:</p> <p>La implementación de un modelo de simulación con STELLA permitirá optimizar el manejo de los residuos sólidos municipales del distrito de Tambo de Mora.</p> <p>HIPOTESIS ESPECIFICAS</p>	<p>TIPO</p> <p>El tipo de investigación utilizada es básica y aplicada. Dentro de este marco utilizaremos los referentes teóricos y metodológicos ya existente en relación a nuestras variables</p> <p>MÉTODO</p> <p>El nivel de investigación es no experimental con diseño longitudinal para ver el comportamiento en el tiempo.</p> <p>DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN</p>	<p>POBLACIÓN</p> <p>La población está constituida por el número de viviendas y establecimientos comerciales del Distrito.</p> <p>MUESTRA</p> <p>La determinar la muestra de vivienda se aplica la ecuación</p> $n = \frac{Z_{1-\alpha/2}^2 N \sigma^2}{(N - 1) E^2 + Z_{1-\alpha/2}^2 \sigma^2}$
<p>1. ¿Cuáles son los diferentes actores en el manejo de los residuos sólidos actuales del distrito de Tambo de Mora?</p>	<p>1. Identificar los diferentes actores para elaborar la propuesta del manejo de residuos sólidos municipales actuales del distrito de Tambo de Mora,</p>	<p>H1: La identificación de los diferentes actores dentro del proceso de manejo de residuos sólidos permitirá elaborar la propuesta de optimización del manejo de Residuos Sólidos Municipales del Distrito de Tambo de Mora.</p>	<p>Dónde: Modelo de simulación</p>	<p>Dónde: n: Número de viviendas establecimientos que participarán en el estudio. N: Total de viviendas y establecimientos σ: Cuando no se tenga información el valor de desviación estándar a usar es de 0,25. Si se cuenta con un estudio anterior, considerar la desviación estándar calculada en ese estudio. Z1-α/2: Generalmente se trabaja con un nivel de confianza al 95% para lo cual Z1-α/2 tiene un valor de 1,96. E: 10% del GPC nacional actualizada a la fecha de ejecución del estudio.</p>
<p>2. ¿Cómo permitirá optimizar el manejo de residuos sólidos en la municipalidad de Tambo de Mora un modelo de simulación que integre los actores de la caracterización de residuos sólidos municipales?</p>	<p>2. Proponer un modelo de simulación basado en agentes que integre los actores encontradas en la caracterización realizada.</p>	<p>H2: El Desarrollo de una propuesta de modelo de simulación basado en agentes que integre las variables encontradas en la caracterización optimizará el manejo de residuos sólidos municipales del distrito de Tambo de Mora.</p>	<p>Variable Independiente: X Optimización del manejo de Residuos Sólidos Municipales.</p> <p>Variable Dependiente : Y</p>	<p>Nota: · El 2014 se trabajó con E= 0,061 kg/hab./día · Al número de muestra calculado, se recomienda adicionar entre 10% y 20% como contingencia</p>
<p>3. ¿En qué medida la aplicación del modelo propuesto con la plataforma de Simulación STELLA, optimizara el manejo de residuos sólidos?</p>	<p>3. Aplicar el modelo de gestión de residuos sólidos planteado en la plataforma de simulación STELLA</p>	<p>H3: La aplicación del modelo propuesto en la plataforma de simulación STELLA optimizará el manejo de residuos Sólidos Municipales del Distrito de Tambo de Mora.</p>		

Fuente: Elaboración Propia

ANEXO N°2

Base de datos

Para el trabajo ejecutado, también se aplicó la metodología recomendada por el Centro Panamericano de Salud Ambiental-CEPIS, Manual “Método sencillo del análisis de residuos sólidos” del Dr. Kunitoshi Sakurai y de la “Guía Metodológica para la Elaboración del Estudio de Caracterización para Residuos Sólidos Municipales” del MINAM. La que comprende básicamente en determinar los siguientes aspectos:

- a) Numero de muestras,
- b) Determinación de la generación per cápita y general, y
- c) Composición física de los residuos sólidos.

Finalmente, se obtiene los resultados del Estudio de Caracterización de los Residuos Sólidos Municipales del distrito de Tambo de Mora realizado en mayo del 2016.

Se ordena los GPC de menor a mayor, y se determina el intervalo de sospecha usando la siguiente fórmula.

Figura N°1

Fórmula para hallar la muestra

Dónde:

$$n = \frac{Z_{1-\alpha/2}^2 N \sigma^2}{(N-1)E^2 + Z_{1-\alpha/2}^2 \sigma^2}$$

Fuente: (Municipalidad Distrital de Tambo de Mora, 2016)

Figura N°2

Calculo para determinar el número de muestra domiciliaria

CÁLCULO DE LA MUESTRA DOMICILIARIA																	
Usaremos la siguiente fórmula:																	
$n = \frac{Z_{1-\alpha/2}^2 N \sigma^2}{(N-1)E^2 + Z_{1-\alpha/2}^2 \sigma^2}$	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>N:</td> <td>Total de establecimientos</td> <td>1441.000</td> </tr> <tr> <td>Z_{1-α/2}:</td> <td>Nivel de confianza</td> <td>1.960</td> </tr> <tr> <td>σ:</td> <td>Desviación estándar</td> <td>0.25</td> </tr> <tr> <td>E:</td> <td>Error permisible</td> <td>0.061</td> </tr> <tr> <td></td> <td>porcentaje de contingencia =</td> <td>30.0%</td> </tr> </table>	N:	Total de establecimientos	1441.000	Z _{1-α/2} :	Nivel de confianza	1.960	σ:	Desviación estándar	0.25	E:	Error permisible	0.061		porcentaje de contingencia =	30.0%	
N:	Total de establecimientos	1441.000															
Z _{1-α/2} :	Nivel de confianza	1.960															
σ:	Desviación estándar	0.25															
E:	Error permisible	0.061															
	porcentaje de contingencia =	30.0%															
n = número de muestras																	
Cálculo de la muestra Domiciliaria																	
$n = \frac{(1.96)^2 \times (1441.00) \times (0.25)^2}{(1440.00) \times (0.061)^2 + (1.96)^2 \times (0.25)^2}$																	
$n = \frac{345.9841}{5.59834} = 61.8011946$																	
$n + 30.0\% = 80.342 < 80$																	
Según los cálculos realizados, la muestra es de 80 Establecimientos																	

Fuente: (Municipalidad Distrital de Tambo de Mora, 2016), (MINAM, 2012)

Figura N°3

Descripción de Parámetros

Parámetro	No Domiciliario
<i>n</i> : (número de muestras)	Número de establecimientos comerciales que participaran en el estudio de caracterización.
<i>N</i> : (Universo)	Total de establecimientos comerciales (información que puede ser proporcionada por la oficina de comercialización o la que haga sus veces)
<i>σ</i> : (Desviación estándar)	Cuando no se tiene información se puede usar una desviación estándar de 0,20 Si se cuenta con un estudio anterior, considerar la desviación estándar calculada en ese estudio
<i>Z_{1-α/2}</i> : (Nivel de confianza)	Generalmente se trabaja con un nivel de confianza al 95% para lo cual <i>Z_{1-α/2}</i> tiene un valor de 1,96. Si desea trabajar con un nivel de confianza al 99% el valor de <i>Z_{1-α/2}</i> es 2,53
<i>E</i> : (Error permisible)	10% del GPC nacional actualizada a la fecha de ejecución del estudio

Fuente: (MINAM, 2012)

Ahora se aplica la misma fórmula mostrada líneas arriba para los residuos no domiciliaria.

Figura N°4

Calculo para determinar el número de muestra no domiciliaria

CÁLCULO DE LA MUESTRA NO DOMICILIARIA																	
Usaremos la siguiente fórmula:																	
$n = \frac{Z_{1-\alpha/2}^2 N \sigma^2}{(N-1)E^2 + Z_{1-\alpha/2}^2 \sigma^2}$	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 2px;">N:</td> <td style="padding: 2px;">Total de establecimientos =</td> <td style="text-align: right; padding: 2px;">51.000</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">Z1-α/2:</td> <td style="padding: 2px;">Nivel de confianza =</td> <td style="text-align: right; padding: 2px;">1.960</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">σ:</td> <td style="padding: 2px;">Desviación estándar =</td> <td style="text-align: right; padding: 2px;">0.25</td> </tr> <tr> <td style="padding: 2px;">E:</td> <td style="padding: 2px;">Error permisible =</td> <td style="text-align: right; padding: 2px;">0.056</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="padding: 2px;">porcentaje de contingencia =</td> <td style="text-align: right; padding: 2px;">15.0%</td> </tr> </table>	N:	Total de establecimientos =	51.000	Z1- α /2:	Nivel de confianza =	1.960	σ :	Desviación estándar =	0.25	E:	Error permisible =	0.056		porcentaje de contingencia =	15.0%	
N:	Total de establecimientos =	51.000															
Z1- α /2:	Nivel de confianza =	1.960															
σ :	Desviación estándar =	0.25															
E:	Error permisible =	0.056															
	porcentaje de contingencia =	15.0%															
n = numero de muestras																	
Cálculo de la muestra NO Domiciliaria																	
$n = \frac{(1.96)^2 \times (51.00) \times (0.25)^2}{(50.00) \times (0.056)^2 + (1.96)^2 \times (0.25)^2}$																	
$n = \frac{12.2451}{0.3969} = 30.8518519$																	
$n + 15.0\% = 35.480 < 35$																	
Según los cálculos realizados, la muestra es de 35 Establecimientos																	

Fuente: (Municipalidad Distrital de Tambo de Mora, 2016) , (MINAM, 2012)

Figura N°5

Fórmula para validar muestra

$$Z_c = \frac{|\bar{X} - X_{(i)}|}{S}$$

Donde:

- \bar{X} = Promedio de GPC total
- X_i = Promedio GPC vivienda
- S = Desviación estándar

Luego se descarta los datos según la siguiente regla:

Si $Z_c > 1,96$ se descarta

Fuente: (Municipalidad Distrital de Tambo de Mora , 2016)

Con los datos eliminados se calcula la nueva GPC y desviación estándar.

La desviación estándar calculada se reemplaza en la fórmula inicial y se calcula la nueva muestra.

Fuente: Guía metodológica para el cumplimiento de la meta 06 del Programa de Incentivos a la Mejora de la Gestión Municipal 2016-MINAM.

La nueva Desviación estándar es de: 0,11 este valor se reemplaza en la fórmula:

Figura N°6

Fórmula para hallar la muestra

$$n = \frac{Z_{1-\alpha/2}^2 N \sigma^2}{(N-1)E^2 + Z_{1-\alpha/2}^2 \sigma^2}$$

FUENTE: (Municipalidad Distrital de Tambo de Mora , 2016)

Figura N°7

Descripción de parámetros

N =	Total de viviendas	1.156,00
Z =	Nivel de confianza 95%	1,96
σ =	Desviación estándar	0,11
E=	Error permisible	0,061
n=	Número de muestras	12

FUENTE: Guía metodológica para el cumplimiento de la meta 06 del Programa de Incentivos a la Mejora de la Gestión Municipal 2016-MINAM.

NOTA: Se consideró el error permisible que se utilizó en la fórmula de obtención del número de muestra.

El nuevo número de muestras es de 12 viviendas, como el N° de viviendas que quedaron al final es de 72 se valida la muestra, por tanto, la GPC del Distrito de Tambo de Mora es de 0,41kg/hab./día.

Figura N°8

Personal del área pesando muestra de los residuos sólidos



FUENTE: (Municipalidad Distrital de Tambo de Mora , 2016).

Figura N°9

Generación per cápita municipal

Población Urbana del Distrito (hab)2017	GPC domiciliaria (Kg/hab/día)	Generación Domiciliaria (Kg/día)	Generación No domiciliaria (Kg/día)	Generación Municipal (Kg/día)	GPC Municipal (Kg/Hab./día)
4990	0,41	2045,90	447,792	2493,692	0,4997

FUENTE: (Municipalidad Distrital de Tambo de Mora , 2016)

La generación municipal es el resultado de multiplicar la población urbana del distrito (4990 habitantes, 2016) por la GPC (0.41 kg/hab/día) que nos da por resultado (2045,90 Kg/día) que es la generación domiciliaria del distrito. Así mismo, la generación de residuos sólidos no domiciliaria (447,792 Kg/día) es el resultado de la suma de las fuentes de generación consideradas en el ECRS,

Bodegas, Oficinas, Administrativas, Instituciones Educativas, restaurantes, barrido

Figura N° 10

Personal limpieza pública y áreas verdes de la oficina de servicios comunales de la municipalidad distrital de Tambo de Mora.

Cargo	Nombres y Apellidos
Encargado de Servicios Comunales	Sigisfredo Saravia Yataco
Supervisor de Campo	Benito Felipa Napa
Chofer Camión Recolector	Luis Alberto Angulo Palacios
Ayudante Camión Recolector	Salvador Emiliano Donayre Coronado
Ayudante Camión Recolector	Renán España Crisóstomo
Ayudante Camión Recolector	Victor Manuel Loyola Husasquiche
Obrero Limpieza Pública	Leónidas Abelardo Murgueytio Rivadeneyra
Obrero Limpieza Pública	Rumaldo Ricardo Rodriguez Valerio
Obrero Limpieza Pública	Marcos Sergio Pazo Fiesta
Obrero Limpieza Pública	Luis Antonio Castellano Rivadeneyra
Guardián de Maquinarias	Luis Armando Barrutia Encalada
Obrero Mantenimiento de áreas verdes -Vilma León	Benancio Paul Vilela Romero
Obrero Mantenimiento de Áreas Verdes -Plaza Grau-Las Palmeras	Cesar Augusto Ramírez Gereda
Obrero Mantenimiento de Áreas Verdes -Parque Cruz Verde	Victor Jesús Donayre Farfán

FUENTE: (Municipalidad Distrital de Tambo de Mora , 2016)

a) Barrido y limpieza de espacios públicos.

Según lo establecido en el artículo 3° del Decreto Legislativo que aprueba la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos. El Estado garantiza la prestación continua, regular, permanente y obligatoria del servicio de limpieza pública que

comprende el servicio de recolección, transporte y disposición final de los residuos sólidos de los predios de la jurisdicción, escombros y desmonte de obras menores y el servicio de barrido y limpieza de vías, plazas y demás áreas públicas. (Decreto Legislativo N°1278,2017, pp.1).

En ese sentido, es importante señalar que el servicio de barrido y limpieza de calles este cargo de la **Unidad Limpieza Pública y Áreas Verdes**, quién es la unidad orgánica encargada de la limpieza de calles (barrido), mantenimiento de parques y jardines además del recojo de residuos sólidos municipales (camión compactador)

Figura N° 11

Generación de residuos sólidos en barrido de calles

Generación No Domiciliarios	Generación per barredor (GPB)	Número de barredores	Generación total en barrido de calles
Generación de residuos sólidos en barrido de calles	55,081 kg. /barredor/día	06	330,486 kg/día

FUENTE: ECRS-2016-Municipalidad Distrital de Tambo de Mora.

b) Segregación

Según lo establecido en el artículo 33° del Decreto Legislativo N°1278. La segregación de residuos debe realizarse en la fuente o en infraestructura de valorización de residuos debidamente autorizada. Queda prohibida la segregación en las áreas donde se realiza de disposición final de los residuos.

En ese sentido ;la Municipalidad distrital de Tambo de Mora con el fin de dar cumplimiento a la **Meta 25 “Implementación de un Sistema Integrado de Manejo de Residuos Sólidos Municipales”**, que es parte del Programa de Incentivos a la Mejora de la Gestión y Modernización Municipal del año 2017,

implementó el Programa de Segregación en la Fuente y Recolección Selectiva de Residuos Sólidos Domiciliarios, el cual muestra continuidad al programa de segregación que comenzó en el 2012; incorporando nuevas zonas año tras año y se viene ejecutando a través de la Oficina de Servicios Comunales.

Los lineamientos del programa están en relación a los objetivos del proyecto del Mejoramiento y Ampliación de la Gestión Integral de los Residuos Sólidos Municipales.

Para tal fin se ha desarrollado actividades previas de sensibilización a los promotores ambientales, recicladores formalizados y registro de viviendas, comercios participantes del programa en un trabajo de visita puerta a puerta, así como el diagnóstico de la cadena de reciclaje en el distrito y la participación de los recicladores ya formalizados en la misma.

Para el diseño del programa y sus estrategias de intervención se han tomado como referencia la actualización del Estudio de Caracterización de los Residuos Sólidos Domiciliarios del Distrito de Tambo de Mora, realizado en el mes de mayo del año 2016.

El programa tiene como estrategia de la implementación de la meta, la recolección mixta de residuos reciclables, para un mejor entendimiento del proceso de implementación del programa lo detallaremos a continuación:

En la primera etapa, la Municipalidad con personal de la Unidad de Medio Ambiente y Salud con apoyo de la ONG Ciudad saludable inició labores de capacitación entre los meses de febrero-marzo del año 2017 a los promotores ambientales quienes fueron los encargados del empadronamiento, sensibilización y educación de la población participante; por otro lado también realizaron actividades de recolección selectiva de viviendas previamente empadronadas, lo cual estuvo a cargo del grupo de recicladoras formalizados “Asociación de Recicladores Nuevo Tambo de Mora”.

Esta estrategia nos permitirá evaluar y comparar los resultados de cada zona, con el fin de realizar las medidas correctivas necesarias para la sostenibilidad del programa.

En la segunda etapa, a partir del segundo mes de desarrollo del programa, se realizó la recolección de residuos sólidos reciclables a cargo de las asociaciones de recicladores formalizados del distrito de Tambo de Mora. Se estima que a partir del tercer mes de iniciado el programa se lograra cobertura un 36% de las viviendas del Distrito de Tambo de Mora, exclusivamente con recicladores formalizados.

Durante la ejecución del programa se realizará campañas de sensibilización y educación ambiental a los vecinos del Distrito de Tambo de Mora, con especial énfasis en las viviendas que participan del programa.

Se esperó que el programa motive y consolide la cultura ambiental en los vecinos del Distrito de Tambo de Mora, reduciendo la contaminación generada por los residuos sólidos dispuestos inadecuadamente, fomentando una cadena formal de reciclaje.

Figura N° 12

Rutas de segregación de residuos sólidos inorgánicos

DIA	SECTOR	RUTA	CALLES, AVENIDAS, PASAJES
LUNES	Urb. Nuevo Tambo de Mora	1	Ca. Delia Gonzales Mora-Av. Huasaquiche Ramos Ca. Sol y Mar-Av. Mariscal Benavides-Av. Enrique Cornejo Ramirez-Ca. Genoveva Atuncar Marquez-Av. Alfonso Ugarte Av. Julio Favre Carranza Ca Prolg. Julio Favre Carranza Ca Hernán Garrido Lecca.
MARTES	C.P Vilma León	2	Ca. Las Gardenias-Ca. Las Orquideas-Ca. Las Azucenas -Ca. Los Rosales -Ca. Los Jazmines Ca. Los Claveles- Ca. Los Tulipanes -Ca. Los Girasoles-Psje Las Magnolias-Ca. Los Geranios.
MIÉRCOLES	C.P San Luis	3	Av. Arnaldo Alvarado-Calle 1-Calle 2-Calle 3 Calle 5.
JUEVES	Centro Tambo de Mora	4	Ca. Dos de mayo -Ca. José Olaya-Ca. Miguel Grau-Ca. Alfonso Ugarte-Ca. Muelle- Ca. Comercio-Ca Ica- Ca. Miramar-Ca. El Pescador-Ca. Mercado-Prolg. Ca Miguel Grau.
VIERNES	C.P Cruz Verde	5	Av. Simón Bolívar-Ca. Cruz Verde-Psje. Cruz Verde-Ca. Andrés Avelino Cáceres -Psje Andrés Avelino Cáceres-Calle 1.
	AA.HH La Marina	6	Av. Simón Bolívar-Calle 1-Pasaje B Calle 2 Prolg. Ca Simón Bolívar- Pasaje A.

FUENTE: Expediente de Postulación Tambo de Mora Meta 2

Figura N° 13

Sectores

DIA	SECTOR	ruta	CALLES,AVENIDAS ,PASAJES
LUNES	Urb.Nuevo Tambo de Mora	1	Ca. Delia Gonzales Mora- Av.Huasaquiche Ramos Ca.Sol y Mar- Av. Mariscal Benavides- Av. Enrique Cornejo Ramirez-Ca.Genoveva Atuncar Marquez-Av.Alfonso Ugarte Av. Julio Favre Carranza Ca Prolg.Julio Favre Carranza Ca Hernán Garrido Lecca.
	C.P Vilma León	2	Ca.Las Gardenias-Ca.Las Orquideas- Ca.Las Azucenas -Ca.Los Rosales - Ca.Los Jazmines Ca.Los Claveles- Ca.Los Tulipanes -Ca.Los Girasoles-Psje Las Magnolias-Ca.Los Geranios.
MIERCOLES	C.P San Luis	3	Av. Arnaldo Alvarado-Calle 1-Calle 2- Calle 3 Calle 5.
	Centro Tambo de Mora	4	Ca. Dos de mayo -Ca. Jose Olaya-Ca. Miguel Grau-Ca. Alfonso Ugarte-Ca. Muelle- Ca. Comercio-Ca Ica- Ca. Miramar-Ca.El Pescador-Ca.Mercado-Prolg.Ca Miguel Grau.
JUEVES	C.P Cruz Verde	5	Av. Simón Bolívar-Ca. Cruz Verde- Psje.Cruz Verde-Ca. Andrés Avelino Cáceres -Psje Andrés Avelino Cáceres- Calle 1.
	AA.HH La Marina	6	Av. Simón Bolívar-Calle 1-Pasaje B Calle 2 Prolg.Ca Simón Bolívar- Pasaje A.

FUENTE: Expediente de Postulación Tambo de Mora Meta 25

El Programa de Segregación en la Fuente y Recolección Selectiva de Residuos Sólidos “Tambo de Mora recicla “, se implementa en cada uno de los centros poblados siguientes:

- Nuevo tambo de mora
- Vilma león
- CC.PP San Luis
- Centro de Tambo de Mora
- Cruz Verde
- AA. HH La Marina

Figura N° 14

Indicadores de avance del programa de segregación AÑOS 2016 Y 2017

INDICADORES	AÑO 2016	AÑO 2017
N de viviendas inscritas en el programa	417	470
% de participación de viviendas urbanas en el programa	36.1%	40%
N de habitantes que participan en el programa	2085	2350
Cantidad de residuos generados de las viviendas que participan en el programa (ton/año)	16 ton/año	30 ton/año
% de Segregación efectiva de residuos sólidos	25%	40%
Ingresos anuales en soles generados por efectos de la comercialización	S/.6450.00	S/.10 000.00
Frecuencia de recolección	Semanal	Semanal
Zonas de recolección	5	5
Cantidad de operarios que realizan la recolección selectiva	1	1
Cantidad de recicladores que realizan la recolección selectiva	4	I Semestre:4 II Semestre :3
Cantidad de vehículos de recolección selectiva	1	1

c) Almacenamiento.

Según lo establecido en el artículo 36° del Decreto Legislativo N°1278. El almacenamiento en los domicilios, urbanizaciones y otras viviendas multifamiliares, debe ser realizado siguiendo los criterios de segregación de residuos y la normatividad municipal aplicable. El almacenamiento es de exclusiva responsabilidad de su generador hasta su entrega al servicio municipal correspondiente, sea éste prestado en forma directa o a través de terceros, en el tiempo y forma que determine la autoridad. El almacenamiento de residuos

municipales y no municipales se realiza en forma segregada, en espacios exclusivos para este fin, considerando su naturaleza física química y biológica, así como las características de peligrosidad, incompatibilidad con otros residuos y las reacciones que puedan ocurrir con el material de recipiente que lo contenga, con la finalidad de evitar riesgos a la salud y al ambiente. Los residuos generados en espacios públicos son almacenados en contenedores debidamente acondicionados de acuerdo a criterios sanitarios y ornamentales, y su implementación y manejo son de responsabilidad de la municipalidad donde se encuentre. El almacenamiento de residuos municipales y no municipales deben cumplir con la Norma Técnica Peruana 900.058:2005 “GESTIÓN AMBIENTAL”. Gestión de residuos. Código de colores para los dispositivos de almacenamiento de residuos, o su versión actualizada.

En ese sentido, los pobladores almacenan los residuos sólidos través de bolsas plásticas, costales, cajas de cartón para posteriormente entregar al camión recolector. La municipalidad utiliza contenedores **Ver Figura N° A** para la recolección de residuos sólidos que se obtienen en el barrido y limpieza de plazas y calles del distrito

Figura N° 15

Contenedores de residuos sólidos



Fuente: Propia

Figura N° 16

Contenedores de residuos sólidos en la plaza Grau



FUENTE: Propia

d) Recolección

Según lo establecido en el artículo 35° del Decreto Legislativo N°1278. La recolección de los residuos debe ser selectiva y efectuada de acuerdo a las disposiciones emitidas por la autoridad municipal correspondiente. Los recicladores y/o asociaciones de recicladores debidamente formalizados se integran al sistema de recolección selectiva implementado por la municipalidad correspondiente.

La recolección selectiva se realiza de acuerdo a los requerimientos de valoración posterior u otros criterios que defina la autoridad local.

e) Valorización

Según lo establecido en el artículo 37° del Decreto Legislativo N°1278. La valorización constituye la alternativa de gestión y manejo que debe priorizarse frente a la disposición final de los residuos. Esta incluye las actividades de reutilización, reciclaje, compostaje, valorización energética entre otras alternativas, y se realiza en infraestructura adecuada y autorizada para tal fin. En ese sentido mostramos a continuación:

f) Transporte

Según lo establecido en el artículo 38° del Decreto Legislativo N°1278. El transporte constituye el proceso de manejo de los residuos sólidos ejecutada por las municipalidades u Empresas Operadoras de Residuos Sólidos autorizadas, consistente en el traslado apropiado de los residuos recolectados hasta las infraestructuras de valorización o disposición final, según corresponda, empleando los vehículos apropiados cuyas características se especificarán en el instrumento de normalización que corresponda, y las vías autorizadas para tal fin.

En el caso de los residuos peligrosos, el transporte se realiza de acuerdo a la normativa para el transporte de los materiales y residuos peligrosos, así como de acuerdo con lo establecido en la versión vigente del Libro Naranja de las Naciones Unidas y/o del Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y Etiquetado de productos químicos.

Los movimientos transfronterizos (tránsito) de residuos deben ser de acuerdo a lo establecido en el Convenio de Basilea sobre el control de los movimientos Transfronterizos de los desechos Peligrosos y su eliminación; así como también, deben ser autorizados por el MINAM.

g) Transferencia

Según lo establecido en el artículo 39° del Decreto Legislativo N°1278. Es el proceso que consiste en transferir los residuos sólidos de un vehículo de menor capacidad a otro de mayor capacidad, para luego continuar con el proceso de transporte. La transferencia se realiza en infraestructura autorizada para tal fin. No se permitirá el almacenamiento temporal de los residuos en estas instalaciones, por más de doce horas.

Es importante señalar que no realiza transferencia en el distrito por justificar la inversión en infraestructura.

h) Tratamiento.

Según lo establecido en el artículo 39° del Decreto Legislativo N°1278. Son los procesos, métodos o técnicas que permiten modificar las características físicas, químicas o biológicas del residuo sólido, para reducir o eliminar su potencial peligro de causar daños a la salud o al ambiente y orientados a valorizar o facilitar la disposición final. Deben ser desarrollados por las municipalidades o las Empresa Operadoras de Residuos Sólidos en las instalaciones autorizadas. Es importante señalar que no se realiza ningún tipo de tratamiento a los residuos sólidos generados en el distrito de Tambo de Mora.

i) Disposición Final.

Según lo establecido en el artículo 41° del Decreto Legislativo N°1278. Los residuos que no puedan ser valorizados por la tecnología u otras condiciones debidamente sustentadas, deben ser aislados y/o confinados en infraestructuras debidamente autorizadas, de acuerdo a las características físicas, químicas y biológicas del residuo con la finalidad de eliminar el potencial peligro de causar daños a la salud o al ambiente. En ese sentido es importante indicar que la disposición final se realiza en el botadero denominado “Pampa de Ñoco” que está ubicado en el distrito de Pueblo Nuevo en la parte Nor-Este del casco urbano de la Provincia de Chincha, y encierra un área de 153.3 hectáreas.