



Universidad Nacional  
**Federico Villarreal**

**VRIN** | VICERRECTORADO  
DE INVESTIGACIÓN

FACULTAD DE INGENIERIA GEGRAFICA AMBIENTAL Y ECOTURISMO

PROPUESTA DE APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS  
MEDIANTE UN SISTEMA COMBINADO DE RECOLECCIÓN SELECTIVA Y  
COMPOSTAJE PARA EL DISTRITO DE SAN ISIDRO

Línea de investigación: Tecnologías para residuos y pasivos ambientales. Biorremediación

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental

**Autor:**

Arias Atayauri, Jhon Nino

**Asesora:**

Rojas León, Gladys

(ORCID: 0000-0003-2961-9643)

**Jurado:**

Sánchez Carrera, Dante Pedro

Gonzales Alarcón, Angelino Oscar

Valdivia Orihuela, Braulio Armando

Lima – Perú

2023

## **Dedicatoria**

Esta investigación es dedicada para la persona que nunca dejo de confiar en mí y siempre me dio la fuerza para continuar, gracias a mi madre Juliana Atayauri Bailón.

A mi esposa, mi compañera de vida Susan Salazar Romero, por los consejos y el apoyo brindado.

A mis hijos Danna Luana Arias Salazar y Bruno Arias Salazar, ambos, son la felicidad y el amor personificadas, Dios siempre los cuide.

A mis hermanos Miguel Silvio Arias Joyas y Paolo Gray Arias Joyas, son las personas más maravillosas, gracias por todo.

A mi papá Silvio Remigio Arias Joyas, que desde el cielo está siempre guiando mis pasos.

son personas maravillosas, gracias por todo.

### **Agradecimiento**

A Dios, por brindarnos salud y fuerzas para seguir adelante.

A la Universidad Nacional Federico Villarreal, lugar donde me formaron, enseñaron e hicieron de mi un excelente profesional.

A los Ingenieros, Kaleet Cahuana Llauce, Rocio Quispe Bartolo y Esther Rosso Cochachin, por el soporte técnico y por su amistad.

A mi asesora de tesis Ingeniera Gladys Rojas León, por el soporte y apoyo constante para el desarrollo de la tesis.

## ÍNDICE

RESUMEN .....	10
ABSTRACT.....	11
I: INTRODUCCIÓN.....	12
1.1. Descripción y Formulación del Problema .....	13
1.1.1. Descripción del Problema .....	13
1.1.2. Formulación del Problema .....	16
1.2. Antecedentes.....	16
1.2.1. Antecedentes Internacionales.....	16
1.2.2. Antecedentes Nacionales .....	24
1.3. Objetivos.....	29
1.3.1. Objetivo General .....	29
1.3.2. Objetivos Específicos.....	29
1.4. Justificación .....	30
1.5. Hipótesis .....	30
II: MARCO TEÓRICO.....	31
2.1. Bases Teóricas .....	31
2.1.1. Clasificación de los Residuos Sólidos .....	31
2.2. Recolección de Residuos Sólidos .....	34
2.2.1. Almacenamiento .....	34
2.2.2. Recolección.....	35
2.3. Sistema de compostaje.....	41
2.3.1. Componentes.....	41
III: MÉTODO .....	60
3.1. Tipo de Investigación .....	60



3.1.1. Exploratorio .....	60
3.1.2. Descriptivo .....	60
3.2. Ambiente temporal y espacial .....	60
3.2.1. Ambiente temporal.....	60
3.2.2. Ambiente Espacial .....	60
3.3. Variables .....	60
3.4. Población y muestra.....	61
3.5. Instrumentos .....	61
3.6. Procedimientos .....	63
3.7. Análisis de datos .....	66
IV: RESULTADOS .....	67
4.1. Diagnóstico del Manejo de los residuos sólidos en el Distrito de San Isidro .....	67
4.1.1. Características de los residuos sólidos del Distrito de San Isidro.....	68
4.1.2. Características del almacenamiento de los residuos sólidos del sector residencial del Distrito de San Isidro. ....	72
4.1.3. Servicio del manejo de los residuos sólidos en el Distrito de San Isidro.....	73
4.2. Diseño técnico de un sistema de recolección selectiva para el aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos. ....	76
4.2.1. Determinación del potencial en el sector residencial del Distrito de San Isidro.....	76
4.2.2. Determinación de la Generación Orgánica “Materia Prima”.....	79
4.2.3. Tipo de RRSS Orgánico de origen domiciliario aprovechable.....	81
4.2.4. Determinación del Flujo Operativo .....	81
4.2.5. Diseño de la Operatividad.....	92
4.3. Diseño técnico de un sistema de compostaje para el aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos.....	109

4.3.1. Escala de la Planta de Compostaje.....	109
4.3.2. Ciclo del Proceso Operativo y Método de Tratamiento.....	101
VII: DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	109
V: CONCLUSIONES .....	111
VI: RECOMENDACIONES .....	113
VIII: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	114
IX. ANEXOS .....	120

## TABLAS

Tabla 1. Control de la aireación .....	52
Tabla 2. Parámetros de humedad óptimos .....	54
Tabla 3. Parámetros de temperatura óptimos.....	55
Tabla 4. Parámetros de pH óptimos.....	56
Tabla 5. Parámetros de la relación carbono / nitrógeno.....	57
Tabla 6. Tamaño de partícula.....	58
Tabla 7. Muestra .....	61
Tabla 8. Instrumentos.....	61
Tabla 9. Procedimiento Metodológico.....	64
Tabla 10. Generación total de residuos sólidos municipales en el Distrito de San Isidro. ....	68
Tabla 11. Generación per cápita promedio por estrato socioeconómico .....	69
Tabla 12. Proyección anual de la generación de residuos domiciliarios .....	70
Tabla 13. Composición física detallada de los residuos sólidos domiciliarios.....	70
Tabla 14. Viviendas Existentes por Subsector del distrito de San Isidro .....	78
Tabla 15. Generación de Residuos Sólidos aprovechables.....	80
Tabla 16. Lista de elementos a Segregar en la Fuente .....	81
Tabla 17. Horario de Recolección – Ruta N°01 .....	85
Tabla 18. Horario de Recolección – Ruta N°02 .....	85
Tabla 19. Horario de Recolección – Ruta N°03 .....	86
Tabla 20. Horario de Recolección – Ruta N°04 .....	87
Tabla 21. Horario de Recolección – Ruta N°05 .....	87
Tabla 22. Horario de Recolección – Ruta N°06 .....	88
Tabla 23. Horario de Recolección – Ruta N°07 .....	89

Tabla 24. Horario de Recolección – Ruta N°08 .....	90
Tabla 25. Horario de Recolección – Ruta N°09 .....	91
Tabla 26. N° de Rutas de Recolección de Residuos Orgánicos y Distancias a recorrer.....	103
Tabla 27. Generación Total de RRSS Orgánicos por Ruta Ton/día .....	105
Tabla 28. Proyección del Volumen por Ruta.....	106
Tabla 29. Capacidad de carga vehicular .....	107
Tabla 30. Tipo de Vehículo a contar por Ruta de Recolección. ....	108
Tabla 31. Tipo de Planta de Compostaje. ....	109

## FIGURAS

Figura 1. Ciclo de los Residuos Sólidos. ....	32
Figura 2. Temperatura, oxígeno y pH en el proceso de compostaje.....	59
Figura 3. Flujo de operación .....	82
Figura 4. Residuos Orgánicos de las viviendas .....	82
Figura 5. Contenedor de 30 litros .....	84
Figura 6. Recolección puerta por puerta .....	92
Figura 7. Subsectores del Distrito de San Isidro.....	103
Figura 8. Capacidad de contenedores de 55 gal que ocupan un camión de tipo baranda o furgón.....	107
Figura 9. Diagrama de procesos de una Planta de Compostaje mecanizada en Pilas.....	110
Figura 10. Área de descarga de Residuos Sólidos Orgánicos.....	101
Figura 11. Área de Trituración de Residuos Sólidos Orgánicos.....	102
Figura 12. Cargador Frontal/Bobcat .....	104
Figura 13. Dimensionamiento de camas de compostaje .....	105
Figura 14. Ejemplo de hoja de proceso, diagrama de bloques y balance de materiales .....	106

## RESUMEN

**Objetivo:** Realizar un diseño que permita el aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos del sector residencial bajo la propuesta de un sistema combinado de recolección selectiva y compostaje a partir de la elaboración del diagnóstico de los residuos sólidos orgánicos en el distrito de San Isidro. **Método:** La investigación fue exploratorio y descriptivo, se obtuvo información de fuente primaria para la elaboración del diagnóstico, asimismo, para la propuesta se desarrolló revisión bibliográfica, se realizaron cálculos y se elaboraron planos. **Resultados:** Del diagnóstico situacional del manejo de los residuos sólidos orgánicos generados en el distrito de San Isidro, se determinó que generación diaria es de 121.35 toneladas diarias, asimismo, la generación de residuos domiciliarios es de 36.37 toneladas diarias, siendo esta la de mayor porcentaje, la generación per cápita es de 0.656 kg/hab./día y en la composición física, se tiene que la fracción orgánica es de 56 %. El servicio de recolección, transporte y disposición final de los residuos sólidos es tercerizado, la generación total de residuos sólidos orgánicos del sector residencial es de 19.68 toneladas diarias, el alcance de participación es del 100%, asimismo, toda la fracción orgánica generada es aprovechable. El flujo operativo propuesto cuenta con 03 operaciones que son la generación, segregación en la fuente y recolección y transporte. **Conclusiones:** El diseño operativo propone 09 rutas de recolección de residuos y contar con 07 camiones de tipo compactador de capacidad de 15 m<sup>3</sup> y 02 camiones de tipo baranda o furgón. Para el sistema de compostaje, la planta de compostaje, sería mecanizada con una producción de 3592 toneladas anuales. El tamaño de pilas de compostaje propuesto es de 2 metros de alto, 3 metros de ancho y con una longitud de 14 metros. Se contaría con 50 camas de compostaje, para lo cual se necesitaría un área aproximado de 1 hectárea.

*Palabras clave:* compostaje, residuos sólidos orgánicos, sistema de recolección selectiva, sistema de compostaje.

## ABSTRACT

Objective: Carry out a design that allows the use of solid organic waste from the residential sector under the proposal of a combined system of selective collection and composting based on the preparation of the diagnosis of organic solid waste in the district of San Isidro. Method: The research was exploratory and descriptive, information was obtained from the primary source for the elaboration of the diagnosis, likewise, for the proposal a bibliographic review was developed, calculations were made and plans were elaborated. Results: From the situational diagnosis of the management of organic solid waste generated in the district of San Isidro, it was determined that daily generation is 121.35 tons per day, likewise, the generation of household waste is 36.37 tons per day, this being the highest percentage, the per capita generation is 0.656 kg/hab./day and in the physical composition, the organic fraction is 56%. The solid waste collection, transportation and final disposal service is outsourced, the total generation of organic solid waste in the residential sector is 19.68 tons per day, the scope of participation is 100%, likewise, all the organic fraction generated is usable. The proposed operating flow has 03 operations that are generation, segregation at source, and collection and transportation. Conclusions: The operational design proposes 09 waste collection routes and to have 07 compactor type trucks with a capacity of 15 m<sup>3</sup> and 02 rail or van type trucks. For the composting system, the composting plant would be mechanized with a production of 3,592 tons per year. The proposed size of composting piles is 2 meters high, 3 meters wide and 14 meters long. There would be 50 composting beds, for which an approximate area of 1 hectare would be needed.

Keywords: composting, organic solid waste, selective collection system, composting system.

## I: INTRODUCCIÓN

La gestión del manejo de los residuos sólidos, es un tema crucial para los ejecutores de la gestión pública que brindan estos servicios de limpieza pública, que para los vecinos o usuarios de un gobierno local o provincial suelen ser tácitos muchas veces, existen brechas por la deficiencia del servicio de limpieza pública, estas tienen que ser atendidas y resueltas de tal manera que el beneficiario antropogénico (usuario o vecino) y el ambiente gocen de un óptimo equilibrio donde los factores sociales, económicos y ambientales, entran a tallar, brindando así un desarrollo sostenible. En la gran mayoría de las ciudades de los países de primer mundo, han establecido la recolección selectiva y transporte diferenciada por tipos de residuos, con este tipo de prácticas de servicio de limpieza pública, se obtienen beneficios económicos, sociales y ambientales, tales así, que los residuos sólidos inorgánicos, se reprocessan o reciclan de tal manera que se reinserta estos residuos al mercado, los residuos sólidos orgánicos son aprovechados obteniendo compost o energía a través de procesos termoquímicos. Finalmente, la merma o residuo no aprovechable, es transportada a las infraestructuras de disposición final, muchas veces al relleno sanitarios, o bien se obtienen energía.

En el Perú, los residuos sólidos en su totalidad, son dispuestas en un relleno sanitario, y la escasa preocupación hace que estas infraestructuras cada vez sean más escasas, por otra parte, en algunas ciudades, los residuos sólidos no llegan a estas infraestructuras, lo que pone en un serio estado de vulnerabilidad a las personas y al ambiente. La generación de residuos orgánicos en las ciudades del Perú, muchas veces superan el 50 %, aquí es donde se agrava el problema. En la presente tesis se desarrolla una propuesta de aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos mediante un sistema combinado de recolección selectiva y compostaje para el distrito de San Isidro.



## **1.1. Descripción y Formulación del Problema**

### **1.1.1. Descripción del Problema**

Según la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (2010), en los países que conforman la Unión Europea y EE.UU. generan alrededor de 1.42 a 2.08 Kg/hab./día. Según Daza et al.(2011), en el Informe de la Evaluación Regional del Manejo de Residuos Sólidos Urbanos en los países de América Latina y El Caribe 2010, la generación de estos países es alrededor de 0.49 a 1.15 Kg/hab./día con un promedio de 0.93 Kg/hab./día , a lo descrito se suma el crecimiento acelerado de la población, el mundo ha pasado de 2 500 millones de habitantes en el 1950 a un total de 6 900 millones de personas durante el 2010, haciendo la proyección al 2050 la población llegaría al 9 100 millones de habitantes, por ende la generación per cápita de residuos sólidos aumentaría considerablemente. Según (Shin, 2014) en los EE. UU, se viene dando alternativas de tratamiento de los residuos sólidos antes de su disposición final es así que el 22.58% se recicla, el 6.34% se realiza compostaje y 7.59% recibe tratamiento térmico y el 63.50 % son dispuestos en rellenos sanitarios., estas medidas se vienen tomando en los países de la Unión Europea con mayor alcance está el compostaje y el reciclaje. En los países de América Latina y El Caribe, el reciclaje formal es casi inexistente, el reciclaje informal por su parte, está muy extendido pero se desconocen las cantidades recicladas, el compostaje ha emprendido en algunas ciudades, podría recibir un fuerte impulso con el uso de fondos de carbono, la incineración no ha sido utilizada, pero tecnologías más eficientes de tratamiento térmico con aprovechamiento energético de los residuos pueden otorgar una opción de tratamiento válida en grandes ciudades que debe ser estudiada en cada caso.

Según (MINAM, 2016) El Perú durante el año 2014 generó un total de 7 497 482 t/año de residuos urbanos municipales, de los cuales un 74% son residuos domiciliarios y un 26% son residuos no domiciliarios, siendo la región costa la que producen la mayor cantidad de residuos, en particular Lima Metropolitana y Callao, donde se genera un promedio de 9 794 t/día. La generación promedio nacional de residuos sólidos al 2014, fue de 13 244 t/día; teniendo como datos que Lima Metropolitana y el Callao generaron 5 970 t/día, el resto de ciudades de la costa generaron 3 224 t/día, las ciudades de la sierra generaron 2 736 t/día y las ciudades de la selva se generaron 1 314 t/día. Respecto a la composición de residuos sólidos generados en el 2014 es importante resaltar que el 53,16% de los residuos sólidos son materia orgánica, el 18,64% son residuos no reaprovechables, el 18,64% pertenece a residuos reaprovechables y finalmente el 6,83% es compuesto por residuos reciclables. Del total de la generación de residuos sólidos municipales al 2014, sólo 3 309 712 toneladas menos del 50% fueron dispuestos en un relleno sanitario tal como indica la normatividad vigente; siendo el remanente dispuesto inadecuadamente en el ambiente. Según (MINAM, 2014) Actualmente, el principal problema del manejo de residuos sólidos en el Perú es la escasez de lugares adecuados destinados a su disposición final, se estima que el país requiere de 190 infraestructuras para la disposición final de residuos sólidos, sin embargo, en el año 2014 existían solo 11 rellenos sanitarios con todos los permisos y autorizaciones correspondientes, y 10 instalaciones para la disposición de residuos del ámbito no municipal a nivel nacional.

Desde el año 2011, el MINAM viene promoviendo la implementación de programas de segregación en la fuente y recolección selectiva de residuos sólidos domiciliarios en 250 gobiernos locales consideradas ciudades principales tipo A y B; y desde el año 2013 promueve la implementación del programa de disposición final segura de residuos sólidos recolectados por el servicio municipal de limpieza pública, en 564 gobiernos locales considerados ciudades

no principales con 500 o más viviendas urbanas (Tipo C); ambas acciones se llevan a cabo en el marco del Programa de Incentivos a la Mejora de la Gestión Municipal; A través de estos programas, se ha logrado que al año 2015, 176 municipalidades hayan cumplido las metas establecidas. En el desarrollo han participado activamente un total de 953 172 viviendas, lográndose un total de 1477 toneladas mensuales de residuos sólidos reaprovechables que fueron incorporados a la cadena formal del reciclaje; el total de municipalidades que aplicaron a la meta, realizaron procedimientos para la formalización de recicladores.

Al año 2017, San Isidro no cuenta con programas de aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos. San Isidro actualmente cuenta con el programa de segregación en la fuente y recolección selectiva de residuos sólidos reciclables “San Isidro Recicla”. Desafortunadamente, todos los residuos orgánicos y maleza, llegan a parar a un relleno sanitario sin ningún aprovechamiento, trayendo consigo costos de recolección, transporte y disposición final, cabe resaltar que por la naturaleza de los residuos generados, así como por la cantidad obtenida diariamente, una vez dispuestos en el relleno sanitario y en condiciones anaerobias debido al recubrimiento y compactación de los mismos, estos residuos generan un gran impacto al ambiente por la generación de gases de efecto invernadero durante el proceso de descomposición.

### **1.1.2. *Formulación del Problema***

#### **1.1.2.1. Problema Principal**

¿De qué manera se puede llevar a cabo el aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos generados en el sector residencial del Distrito de San Isidro?

#### **1.1.2.2. Problema Secundario**

- ¿Cuál es la situación actual del manejo de los residuos sólidos orgánicos del sector residencial del Distrito de San Isidro?

- ¿Existirá un sistema que permita el aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos del sector residencial en el Distrito de San Isidro?

### **1.2. Antecedentes**

A continuación, se muestra las investigaciones a nivel internacional y nacional, las cuales se han tomado como referencia para la presente investigación.

#### **1.2.1. *Antecedentes Internacionales***

Opazo (1991). En el libro titulado Manual para Tratamiento Integral de Basuras: Reciclaje y Producción de Compost describe que:

El compostaje, es una labor que involucra esfuerzo y una dedicación minuciosa por parte de un operario que debe estar pendiente de vigilar y controlar las diferentes etapas necesarias para la obtención de un buen producto final. A partir de la asignación exclusiva de un trabajador a esta actividad fue posible mejorar el tratamiento de los desechos orgánicos en debida forma y además quedo demostrado que la presencia de moscas y producción de malos olores se debía básicamente a un mal tratamiento del proceso”, asimismo, (...).

En el caso de la Planta de Tibabuyes, pensamos que el proceso de producción de compost fue subestimado inicialmente, al considerar esta fase como una actividad integral de basura. La práctica demostró que el experimento es más complejo de lo esperado, tanto en lo referente a la cantidad y tiempo de mano de obra insumida debería haber sustentado al proyecto para lograr de él la generación de ingreso a mediano plazo”. (p. 168).

Barrera (2006), en su tesis titulada Compostaje de residuos sólidos orgánicos aplicación de técnicas respirométricas en el seguimiento del proceso concluye en su investigación:

Actualmente no existe un único método que pueda ser utilizado tanto para la monitorización del proceso de compostaje como para la determinación de la estabilidad de una muestra de compost. La elección de uno o varios índices como parámetros para el seguimiento del proceso, el seguimiento de la materia orgánica biodegradable del residuo, la caracterización inicial del residuo y la determinación de la estabilidad del producto final será un punto clave en el campo del tratamiento de residuos orgánicos. (p. 225).

Henao y Zapata (2008), en su tesis titulada Aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos en Colombia, concluye que:

El aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos urbanos es una actividad deseable desde el punto de vista ambiental, siempre y cuando se realice adecuadamente, ésta no es rentable ni obligatoria para todas las ciudades. De acuerdo con las normas vigentes, la actividad de aprovechamiento no es de carácter obligatorio, únicamente aquellos municipios de más de 8000 usuarios están obligados a realizar análisis de viabilidad de proyectos de aprovechamiento, y en aquellos casos en que dichos análisis demuestren ser sostenibles económica y financieramente, el municipio estará en la obligación de promoverlos. (p. 9)

Las plantas de aprovechamiento no son sostenibles desde el punto de vista financiero, debido a que no se tiene en cuenta los costos de ahorro. Los ingresos obtenidos, incluidos los aportes municipales cubren el 65% de los costos operacionales, quedando un déficit del 35%. Los aportes municipales representan el 29% de los costos, mientras que los ingresos operacionales (conformados por la venta de los residuos aprovechables y la tarifa del servicio de disposición final) cubren en promedio el 36% de los costos. (p. 9)

Díaz et al. (2011), en la investigación titulada “Análisis del funcionamiento de plantas de manejo de residuos sólidos en el norte del Valle de Cauca, Colombia”. En dicha investigación realiza una descripción de la composición de residuos sólidos, describe que:

“La producción per cápita (PPC) y composición porcentual de los residuos generados en las poblaciones objeto de estudio, se observa un predominio marcado de biorresiduos y de materiales como papel, cartón, plástico, vidrio y metales, que en su conjunto alcanzan proporciones entre 81,9% y 88,2%, lo que muestra que la generación de

materiales aprovechables es significativa”. La producción per-cápita esta entre los 0.35-0.49 kg/hab./día y el porcentaje de los residuos de comida y jardín de los residuos sólidos se encuentran entre 51.3 a 70.4 %. (p.168)

Aguilar et al. 2011, En su trabajo de investigación, Situación y Manejo de Residuos Sólidos, Huajuapán de León, Oaxaca. México. En la investigación concluye que:

La inexistencia de una política y una cultura de prevención en la generación de RSM conducen hacia el problema de contaminación más agudo en México, después del problema del agua. La mayoría de países en el mundo se desarrollan políticas predominantemente destinadas al control de los residuos después de que éstos son generados. Los costos asociados con su manejo, suelen ser elevados anulando la capacidad de respuesta de los municipios. Huajuapán de León, Oaxaca, siendo una ciudad considerada pequeña ya enfrenta severos problemas de manejo de residuos sólidos. Entre enero y principios de abril de 2011 se han sumado 7,200 toneladas de residuos sólidos en el tiradero municipal y 1,714 viajes de tierra para poder cubrir la “basura” depositada sobre un escurrimiento de agua, llamado relleno sanitario. La participación del sector privado en el costoso servicio de manejo de los residuos sólidos municipales a través de contratos de concesión, no solo es necesaria, además es conveniente por las razones expuestas. En México la participación privada abarca actividades de recuperación, segregado y reciclaje de residuos sólidos, a través de sociedades anónimas de capital variable. Para avanzar sobre el tema será fundamental conocer si las autoridades municipales de Huajuapán de León están contemplando alguna modalidad de participación de la iniciativa privada en el servicio de manejo de los residuos sólidos municipales. La realización de un estudio para determinar la cantidad y la composición de los residuos sólidos municipales contribuirá a desarrollar

una propuesta integral sobre el servicio de manejo, que incluya participación de los diversos sectores de la sociedad y capital privado, para ello será indispensable esquemas transparentes de licitación, concesión, contratación y operación, con visión técnica, económica y social de largo plazo. (p. 4).

Zavala (2013), en su investigación titulada Sistema de Gestión Integral para los Residuos sólidos domiciliarios en la Comuna de Melipilla, Región Metropolitana, Chile, plantea:

Un modelo que incluye básicamente la Recolección diferenciada como: Puntos verdes, Centro de Acopio, Planta de Compostaje. (...), por lo que se obtienen beneficios ambientales, económicos y sociales. (p. 8).

Para dar inicio a la Cooperativa de Valorización de Residuos, es necesario integrar a cerca de 2.400 habitantes, para ir aumentando de forma gradual hasta cerca de un 10% para el año 2022. Además, se debe tener en consideración el marco normativo ambiental, laboral y específico que rige a este tipo de proyectos. (p. 8).

Los beneficios posibles al implementar este tipo de proyecto, son principalmente ambientales al disminuir los Gases de Efecto Invernadero (GEI) asociados al transporte y disposición de los residuos en sitios de disposición final; beneficios sociales y económicos al generar nuevos puestos de trabajo y negocios al dar valor agregado a los residuos reciclables, entre otros. (p. 8).

Álvarez et al. (2014). En la investigación, titulada Comparación de la Degradación de Plásticos en dos Procesos de Compostaje describe que:

En el trabajo experimental de cinco muestras de diferentes plásticos comercialmente designados como biodegradables fueron sometidas a composteo y lombricomposteo,



con la finalidad de verificar su degradabilidad en estos tipos de proceso. Los plásticos utilizados fueron: bolsas biodegradables (BB), cucharas biodegradables (CH), 2 tipos diferentes de bolsas y película en rollo que contenían aditivos pro oxidantes (BA, BR y OX). El proceso tuvo una duración total de tres meses. En el primer mes se inició el composteo de residuos orgánicos, entre los cuales se introdujeron las muestras plásticas. Esta etapa se continuó hasta lograr la estabilización de la temperatura; posteriormente la composta se dividió en dos partes iguales: la primera continuó con el composteo convencional y en la segunda se aplicó la técnica de lombricomposteo. En ambos casos se evaluó la cantidad de bacterias mesófilas aerobias, hongos y levaduras en muestras extraídas en distintos tiempos del proceso (0, 30, 60 y 90 días), encontrándose una mayor concentración de microorganismos en el lombricomposteo. La degradación fue relacionada con la pérdida promedio de peso en todas las muestras, se encontró una mayor pérdida para las bolsas biodegradables (BB) con un 6% (como promedio de ambos procesos), seguido por la película (OX) con un 3% y las cucharas (CH) con un 0.5%. Las dos muestras de bolsas con aditivos (BA y BR) casi no sufrieron pérdida de peso (0.2 y 0%) respectivamente. Los resultados obtenidos dejan algunas interrogantes sobre los productos plásticos comercializados como “biodegradables”, ya que, dada la falta de normatividad en México, actualmente los productores y fabricantes no están obligados a comprobar sus declaraciones ambientales. Este estudio muestra la necesidad de un mayor control en los productos con declaraciones ambientales relacionadas con la degradabilidad. (p. 1).

Barlelo et. al (2015). En la investigación titulada Aprovechamiento de Residuos de Lirio Acuático y Excretas de Borrego para Preparar Compost, describe que:

El compostaje garantiza la obtención de un producto con pH entre 6.5 y 8.0, que favorece el crecimiento de las plantas (EPA, 1999) y puede ser usado benéficamente como acondicionador y recuperador de suelos (Kuter et al., 1995). La relación C/N es uno de los parámetros que mejor caracteriza el equilibrio trófico de un compost. La descomposición de la materia orgánica se debe principalmente a una fuerte disminución del contenido de carbono, el cual oxidándose se degrada bajo la forma de CO<sub>2</sub>, por el contrario, el contenido de nitrógeno varía poco. El efecto en general, se traduce por una disminución de la relación C/N. En principio, mientras el contenido de nitrógeno es bajo (C/N elevado), más lento es el proceso de descomposición. Sin embargo, la naturaleza de los materiales al inicio del proceso de compostaje y, con mayor precisión, el contenido en compuestos de carbono fácilmente biodegradable condiciona las necesidades de nitrógeno y la velocidad del fenómeno. Para que el proceso se desarrolle adecuadamente, se debe usar una relación C/N comprendida entre 20 y 70, con valores óptimos entre 30 y 35; si el carbono está en exceso y poco movilizable, y el nitrógeno es deficiente y limitante, la velocidad de fermentación aeróbica es dirigida por el consumo de nitrógeno por la cadena trófica. Si la relación C/N es baja y el nitrógeno se libera en grandes cantidades, la velocidad es dirigida por el contenido de carbono disponible y por los microorganismos; el excedente de nitrógeno se puede perder por la volatilización del nitrógeno en forma amoníaco y por la pérdida de nitratos en los lixiviados originados por la fermentación. (pp 2-3).

Frota et al. (2015). En la investigación, titulada *Desenvolvimento de bag aerado para fins de compostagem em unidades residenciais*, describe que:

El objetivo de este trabajo fue proponer el desarrollo de un equipo de bajo costo, ligero, reutilizable y que atienda las características necesarias y favorables al proceso de

compostaje doméstico, y que sea capaz de ser inviolable a ratas y proporcionar buena aireación. Se ha identificado a una empresa fabricante de tejidos de polipropileno, tradicional fabricante de envases para el transporte de productos químicos, a partir de PP (polipropileno). El equipo fue proyectado a partir del dimensionamiento de un producto en forma de bolsa que atendiera la generación de residuos orgánicos asociado a un estructurante y fuente de carbono como gramos. Se desarrollaron 03 modelos con diferentes tejidos ventilados, abastecimiento y descarga de fondo, cuyas dimensiones son de 0,40m X 0,40m X 0,80m. El desarrollo de la compostela en Polipropileno atiende los requisitos del establecimiento de compostaje domiciliario en pequeñas áreas, reduciendo el envío de residuos orgánicos al relleno sanitario. (pp 2-3).

Campello et al. (2015). En su investigación titulada Compostagem em pequena escala

Describe que:

El proceso de compostaje, además de traer beneficios económicos alivia las presiones ambientales causadas por la mala disposición de esos residuos, evitando la contaminación del suelo y aguas, a través de la generación del compost, y del aire a través de la no generación de metano, por ejemplo. Esta mala disposición genera un continuo y acelerado proceso de degradación del medio ambiente, provocando una serie de implicaciones en la calidad de vida de la población y en los recursos naturales. El proceso de compostaje a pequeña escala permite su aplicación, no sólo en ambientes urbanos, sino también en la agricultura familiar y en pequeñas propiedades agrícolas.

La principal ventaja ambiental del compostaje doméstico, en relación al compostaje centralizado, es el hecho de dispensar la recolección y transporte de residuos. Otra ventaja observada en las dos formas de compostaje es la posibilidad de utilización del compuesto como mejorador del suelo sustituyendo los fertilizantes minerales

(Andersen et al., 2011). La investigación tuvo como principal objetivo demostrar, a través del monitoreo del proceso y análisis de los compuestos generados, la posibilidad de la realización del compostaje a pequeña escala con la obtención de un compuesto de calidad. (pp. 5-6).

### **1.2.2. Antecedentes Nacionales**

Alca et al. (2005). En la tesis titulada Caracterización de residuos domiciliarios en los distritos de Ica, los Aquiles Parcota y Sub Tanjalla (Provincia de Ica), para el aprovechamiento de los residuos sólidos tipo plástico PET y Tipo orgánico. Describe que:

En cuanto al aprovechamiento de los residuos orgánicos tipo resto de comida y la maleza producida por la poda de parques y jardines solo en el distritito de Ica, se plantea, la posibilidad de implementación de una planta piloto para elaborar compost. Las 32.5 ton/mes de residuos orgánicos tipo resto de comida que se obtienen de las viviendas participantes en la propuesta de elaboración de compost en el distrito de Ica (4.2% del total de viviendas que posee el distrito de Ica), sumando a las 16.2 ton/mes de maleza que proporciona el distrito de Ica por la poda de parques y jardines, la disponibilidad de un terreno, una fuente de agua accesible y la necesidad de la municipalidad del distrito de Ica por la adquisición de compost para su uso planta piloto de compostaje como forma de tratamiento de estos residuos orgánicos. (p. 118).

Palacios (2011), en el trabajo de investigación “Propuesta de Plan de Manejo de Residuos Sólidos Domiciliarios en el Distrito de San Juan de Lurigancho” para optar el grado de Ingeniero Ambiental. En la Universidad Nacional Agraria la Molina. Lima - Perú.

El estudio de caracterización dio como resultado una generación per cápita de 0.42 kg/hab./día y una distribución porcentual de cada tipo de residuos sólidos: materia orgánica con 52% del peso total, seguido de residuos inorgánicos aprovechables y no aprovechables con 24% y otros (pañales, tierra, papel higiénico y telas) con 24%. La zona con menor densidad fue la zona 1 debido a la generación de residuos sólidos con mayores volúmenes y con mayor poder adquisitivo, reflejado así su tipo de consumo. La densidad promedio para el distrito de San Juan de Lurigancho es de 199.24 kg/m<sup>3</sup>, cabe indicar que, según el MINAM, la densidad diaria promedio de los residuos municipales 227 kg/m<sup>3</sup>. Según el estudio de caracterización se determinó que la zona que genera mayor cantidad de residuos es la zona 5 (canto rey, canto grande, el porvenir), debido a que en esta zona habitan pobladores de menor condición socioeconómica, que generan residuos con mayor porcentaje de MO la segunda zona de mayor generación fue la zona 3 (urb. Las flores, urbanización San Carlos, Ascarrunz alto) y la de menor generación fue la zona 6 (Mariscal Cáceres y AAHH Cruz de Motupe). Según la proyección de los residuos sólidos orgánicos e inorgánicos domiciliarios reaprovecharles respectivamente, durante los años 2011 al 2020 se podrán reaprovechar ente 168.20 y 242.98 t/día de residuos sólidos y entre 68.32 y 98.69 t/día de residuos sólidos inorgánicos, el cual conllevara a la reducción de los residuos sólidos dispuestos en el relleno sanitario, viéndose reflejado en la reducción del gasto de implementación, mantenimiento y operación.

En la actualidad muchas Municipalidades distritales en los diversos departamentos del país se encuentran manejando los residuos sólidos de forma integral, reciclando gran porcentaje de los mismos; varios municipios han empezado a dictar talleres de capacitación sobre gestión integral de residuos sólidos a instituciones y comunidades dentro de su jurisdicción.

Se muestra como un distrito con gran proyección económica por poseer una zona agrícola y ganadera, en la actualidad uno de sus principales problemas es la falta de un manejo integral de residuos sólidos, a causa del crecimiento poblacional, convirtiéndose en un problema grave y de urgente solución por los efectos que causa la contaminación con residuos sólidos, a la salud de los pobladores y al ambiente.

Como parte de la gestión, el municipio actualmente cuenta con un terreno, ubicado a la margen derecha del río Mantaro, el cual viene siendo utilizado para la disposición de residuos sólidos, convirtiéndose en un botadero a cielo abierto. (p. 150).

Gallardo (2013), en su tesis titulada Obtención de Compost a partir de Residuos Orgánicos Impermeabilizados con Geomembrana, en dicha investigación Concluye:

La técnica manual de elaboración de compost presentada es una forma sencilla, sanitaria y barata de resolver el problema de las basuras orgánicas en los diferentes proyectos mineros u de otro rubro, y además se puede obtener un producto que pueda dar beneficio a los que necesitan un suelo sano y fértil como se ha demostrado con la calidad de compost obtenido en el transcurso del proceso. (p.163).

Las calidades de compost obtenido en el resultado de las tres comunidades son óptimas, jugando un papel importante en el proceso la geomembrana por sus características de impermeable, el cual ayudó a que no se percole al suelo los líquidos productos de los residuos sólido doméstico obtenido de los comedores, esto ayudando a los microorganismos a procesarse mejor y dar las condiciones para la descomposición de los residuos. (p.164).

Gómez (2014), en su trabajo de investigación “Propuesta de Manejo Integral de Residuos Sólidos Municipales en el Área Urbana del Distrito de Paccha – La Oroya.”

Universidad Nacional Federico Villarreal. El presente trabajo de investigación busca iniciar una serie de acciones para mejorar el manejo integral de residuos sólidos en el distrito de Paccha, que permitirá contrarrestar los impactos ambientales negativos, planteando propuestas de proyectos de solución del que pueda disponer la entidad municipal responsable.

Casavilca y Serrano (2016), en su trabajo de investigación “Propuesta de un programa de eco-eficiencia para la reducción de residuos orgánicos en el comedor de la UNALM” Concluye:

Para la elaboración de compost se emplearon 1232 kg de residuos orgánicos con 50% de humedad lo que equivale a 2.59 m<sup>3</sup> de residuos orgánicos frescos, estos permitieron generar 0.67 m<sup>3</sup> de compost con 30% humedad, de los cuales 0.44 m<sup>3</sup> es netamente compost y el 0.23 m<sup>3</sup> restante es merma. (p. 88). El compost obtenido tuvo un resultado de pH 8.3 y Conductividad Eléctrica (C.E.) de 8.33 dS/m. Con estos resultados el producto se orienta a ser utilizado en parques y jardines con enmiendas agrícolas. (p. 95).

Cahuana (2016), en su trabajo de investigación “Optimización del manejo de residuos sólidos inorgánicos en el distrito del Cercado de Lima” Universidad Nacional Federico Villarreal.

Dentro del capítulo de Resultados describe “no todas las viviendas del Cercado de Lima presentan el mismo potencial para la segregación efectiva que está directamente relacionado con la capacidad económica de cada vivienda, es por ello el diseño será en función al potencial de las viviendas correspondientes a los estratos socioeconómicos altos, medio altos y medio, a fin de diseñar sobre un potencial dinámico responda su implementación en la parte operativa”. “En resumen, el potencial efectivo domiciliario

a emplear el presente diseño es al 68% de viviendas del Cercado de Lima que corresponden a los estratos alto, medio alto y medio”. (pp. 100-105).

Cabrera y Rossi (2016), en su trabajo de investigación “Propuesta para la elaboración de compost a partir de los residuos vegetales provenientes del mantenimiento de las áreas verdes públicas del distrito de Miraflores” Universidad Nacional Agraria La Molina.

El presente trabajo tuvo como objetivo desarrollar una propuesta a escala piloto para la elaboración de compost a partir de los residuos vegetales provenientes del mantenimiento de las áreas verdes públicas del distrito Miraflores. Con la presente propuesta se buscó dar una solución Sustentable a la gestión actual de los residuos orgánicos de las actividades de poda, evitando su disposición final en los insuficientes rellenos sanitarios de la ciudad. La propuesta piloto contemplo desde la caracterización y pretratamiento de los residuos, la comparación de cuatro distintas formulaciones para su tratamiento, el monitoreo y registro de parámetros durante el proceso de compostaje, el análisis cualitativo del compost final y su comparación con la normativa internacional. Los resultados obtenidos demostraron que el compost obtenido podría ser tipificado en la clase b según la norma chilena NCh880.of2004. Se demostró la viabilidad económica y técnica de la producción de compost. (p. 91).

Vila (2017), en su trabajo de investigación “Implementación de manejo de residuos orgánicos en áreas verdes”, Universidad Nacional Agraria La Molina. Dentro de su revisión bibliográfica menciona que:

Según Global Methane Initiative (GMI), el gas de vertederos o biogás se genera a partir de la descomposición de la materia orgánica, en los vertederos de desechos municipales. Este gas contiene una concentración media de 50 por ciento de metano



(CH<sub>4</sub>). En condiciones de laboratorio una tonelada de residuos puede producir 150 m<sup>3</sup> de biogás. Asimismo, en sus conclusiones describe que, la implementación del manejo de residuos orgánicos en áreas verdes permitió una producción anual de 20 toneladas de compost, 110 kg de vermicompost y 1000 kg de biosol, que son utilizados para la abonificación de plantas y la mejora de las propiedades del suelo. Con el programa de implementación de residuos sólidos orgánicos se logró reducir en un 86% la compra de insumos químicos utilizados en el mantenimiento de áreas verdes, finalmente, este programa, se evita liberar al medio ambiente 1500 m<sup>3</sup> de gas metano, contribuyendo a mitigar el impacto de este gas de efecto invernadero. (p. 85).

### **1.3. Objetivos**

#### **1.3.1. *Objetivo General***

Realizar un diseño que permita el aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos del sector residencial bajo la propuesta de un sistema combinado de recolección selectiva y compostaje a partir de la elaboración del diagnóstico de los residuos sólidos orgánicos del Distrito de San Isidro.

#### **1.3.2. *Objetivos Específicos***

- Elaborar un diagnóstico para identificar el manejo actual de los residuos sólidos orgánicos del sector residencial del Distrito de San Isidro.
- Elaborar la propuesta de un sistema combinado de recolección selectiva y compostaje para el aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos del sector residencial del Distrito de San Isidro.

#### **1.4. Justificación**

En la actualidad un gran porcentaje de los residuos municipales son llevados a los botaderos (sitios contaminados) informales, los residuos orgánicos al encontrarse a la intemperie y a la acumulación constante, generan lixiviados, esta situación crea un foco infeccioso con gran potencial de impactar a los suelos, aire, agua subterránea y superficial, población cercana y a la biodiversidad. Por lo contrario, el otro porcentaje de los residuos municipales tienen como disposición final los rellenos sanitarios, sin ningún subproceso de aprovechamiento, al igual que lo botaderos también se generan lixiviados y gases de efecto invernadero como el gas metano, las cuales tienen que pasar por procesos de tratamiento o aprovechamiento para disminuir los impactos al ambiente.

La presente investigación se justifica, por proponer una guía para el manejo de los residuos orgánicos en municipalidades, que podrá poner en práctica la gestión sostenible de los distritos, la cual involucra a la población por ser fuente generadora de residuos sólidos, a las municipalidades que podrá tener una eficiencia de la gestión y manejo de los residuos sólidos.

#### **1.5. Hipótesis**

El diseño de aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos del sector residencial bajo la propuesta de un sistema combinado de recolección selectiva y compostaje permitirá un manejo sostenible y eficiente en el manejo integral de los residuos sólidos del Distrito de San Isidro.

## II: MARCO TEÓRICO

### 2.1. Bases Teóricas

Residuo sólido es cualquier objeto, material, sustancia o elemento resultante del consumo o uso de un bien o servicio, del cual su poseedor se desprenda o tenga la intención u obligación de desprenderse, para ser manejados priorizando la valorización de los residuos y en último caso, su disposición final.

Los residuos sólidos incluyen todo residuo o desecho en fase sólida o semisólida. También se considera residuos aquellos que siendo líquido o gas se encuentran contenidos en recipientes o depósitos que van a ser desechados, así como los líquidos o gases, que por sus características fisicoquímicas no puedan ser ingresados en los sistemas de tratamiento de emisiones y efluentes y por ello no pueden ser vertidos al ambiente. En estos casos los gases o líquidos deben será condicionados de forma segura para su adecuada disposición final. Según las definiciones encontradas en el Anexo del Decreto Legislativo N° 1278 (2016).

Según el artículo 31 del Decreto Legislativo N° 1278 (2016). Los residuos se clasifican. Según la autoridad Pública competente en su gestión en: Residuos Sólidos Municipales y No Municipales, asimismo, de acuerdo al manejo que reciben en: Residuos Sólidos Peligrosos y No Peligrosos.

#### 2.1.1. *Clasificación de los Residuos Sólidos*

**2.1.1.1. Residuos Sólidos Municipales.** Los residuos del ámbito de la gestión municipal o residuos municipales, están conformados por los residuos domiciliarios y los provenientes del barrido y limpieza de espacios públicos, incluyendo las playas, actividades comerciales y otras actividades urbanas no domiciliarias cuyos residuos se pueden asimilar a

los servicios de limpieza pública, en todo el ámbito de su jurisdicción. Según las definiciones encontradas en el Anexo del Decreto Legislativo N° 1278 (2016).

Las municipalidades son responsables de brindar el servicio de limpieza pública, el cual comprende el barrido, limpieza y almacenamiento en espacios públicos, la recolección, el transporte, la transferencia, valorización y disposición final de los residuos sólidos, en el ámbito de su jurisdicción. Según el artículo 21 del Decreto Supremo N° 014-2017-MINAM (2017).

### Figura 1.

*Ciclo de los Residuos Sólidos.*



Nota: El presente ciclo, enmarca las operaciones unitarias de la gestión y manejo de los residuos sólidos en la gestión municipal. Tomada de Fiscalización Ambiental en Residuos Sólidos (p. 19), por OEFA. (2014).

**2.1.1.2. Residuos Sólidos No Municipales.** Los residuos del ámbito de gestión no municipal o residuos no municipales, son aquellos de carácter peligroso y no peligroso que se generan en el desarrollo de actividades extractivas, productivas y de servicios. Comprenden los generados en las instalaciones principales y auxiliares de la operación. Según las definiciones encontradas en el Anexo del Decreto Legislativo N° 1278 (2016).

Los generadores de residuos sólidos no municipales deben contemplar en el Plan de Minimización y Manejo de Residuos Sólidos No Municipales, la descripción de las operaciones de minimización, segregación, almacenamiento, recolección, transporte, valorización y disposición final de los residuos sólidos generados como resultado del desarrollo de sus actividades productivas, extractivas o de servicios. El manejo de los residuos sólidos no municipales se realiza a través de las EO-RS, con excepción de los residuos sólidos similares a los municipales. Según el artículo 46 del Decreto Supremo N° 014-2017-MINAM (2017).

**2.1.1.3. Residuos Sólidos Peligrosos.** Son residuos sólidos peligrosos aquéllos que, por sus características o el manejo al que son o van a ser sometidos, representan un riesgo significativo para la salud o el ambiente. Según las definiciones encontradas en el Anexo del Decreto Legislativo N° 1278 (2016). Pudiendo ser de características: explosivos, líquido inflamable, sólidos inflamables, sustancias o residuos susceptibles de combustión espontánea, sustancias o residuos que al contacto con el agua emiten gases inflamables, oxidantes, peróxidos orgánicos, tóxicos (veneno) agudos, sustancias infecciosas, corrosivos, liberación de gases tóxicos en contacto con el aire o el agua, sustancias tóxicas (Con efecto retardado o crónica) y ecotóxicas. Según el Anexo IV del Decreto Supremo N° 014-2017-MINAM (2017).

**2.1.1.4. Residuos Sólidos No Peligrosos.** Por el contrario, se consideran no peligrosos aquellos residuos que por sus características o el manejo al que son sometidos no representan un riesgo significativo para la salud de las personas o el ambiente.

El artículo 36 del Decreto Supremo N° 014-2017-MINAM (2017), describe “la valoración de residuos sólidos municipales debe priorizarse frente a la disposición final de los mismos. Las municipalidades pueden realizar las operaciones de valorización de residuos sólidos municipales descritas en el artículo 48 del Decreto Legislativo N°1278 (2016), directamente o a través de las organizaciones de recicladores debidamente formalizados o las EO-RS”.

Las formas de valoración material son: la reutilización, reciclado, compostaje, recuperación de aceites, bio-conversión, entre otras alternativas que, a través de procesos de transformación física, química, u otros, demuestren su viabilidad técnica, económica y ambiental.

## **2.2. Recolección de Residuos Sólidos**

### **2.2.1. Almacenamiento**

El ciclo de los residuos sólidos da inicio con la generación, que es manejada por el propietario y/o miembros de la familia de la vivienda, en las que, según las condiciones sociales, ambientales y económicas, acceden a utilizar algún tipo de almacenamiento como: bolsas, cajas y/o contenedores de distintos tamaños y materiales que encuentre en el mercado peruano.

Los nuevos conjuntos habitacionales como; los edificios con departamentos, las empresas como; oficinas administrativas, restaurantes, entre otras y mercados de productos primarios, es decir, lugares donde la generación de residuos sólidos es mayúscula y donde es necesario tener

un punto de acopio dentro del predio, el empresariado opta por colocar contenedores, por la resistencia y los tamaños comerciables que encuentra en el mercado peruano.

### **2.2.2. Recolección**

Según el Anexo de la Resolución Ministerial N° 091-2020-MINAM (2020), Guía para la gestión operativa del servicio de limpieza pública. La operación de recolección de residuos sólidos es la acción de recoger selectivamente los residuos sólidos para transportarlos y continuar con su posterior manejo en forma sanitaria, segura y ambientalmente adecuada. Existen cuatro (4) metodologías para realizar la recolección: esquina o parada fija, acera, puerta a puerta y contenerización (superficial o soterrada).

Otras formas de recolección como la neumática, de residuos voluminosos como grandes aparatos eléctricos y electrónicos; o, de residuos especiales, no se abordan en esta guía, ya que no responden a un servicio cotidiano de limpieza pública. (p. 32)

La actividad más susceptible por la población que demanda mayor equipamiento, debido a la metodología de recolección utilizada en el Perú y países vecinos de América Latina y El Caribe, es la recolección puerta a puerta, es decir, que el vehículo de recolección realiza su actividad transitando por todas las viviendas de algún sector.

Esta metodología referencial cada vez se vuelve menos común, la recolección de residuos sólidos se realiza mediante el almacenamiento intermedio a través de la contenerización superficial o soterrada.

**2.2.2.1. Planificación para la Recolección y Transporte.** Según el Anexo de la Resolución Ministerial N° 091-2020-MINAM (2020), Guía para la gestión operativa del servicio de limpieza pública. Para la ejecución de la recolección de residuos sólidos es recomendable que esta se lleve a cabo con la unidad vehicular detenida; sin embargo, con la

finalidad de no obstaculizar la circulación en vías de alto tránsito, la recolección se puede llevar a cabo con la unidad vehicular en movimiento, procurando no sobrepasar los 10 kilómetros por hora.

Es importante que se cuente con grifos y estaciones de servicio acorde al tipo de combustible utilizado, y con talleres disponibles (propio o de terceros) donde se pueda contar con repuestos para hacer la reparación o el mantenimiento, asegurando la atención oportuna de las unidades vehiculares. De no ser así, se tendrán las unidades vehiculares varios días inutilizables; y, si la reparación se lleva a cabo en un lugar lejano, se generarán mayores costos y tiempo.

Por otro lado, el recambio de llantas por desgaste es uno de los puntos críticos en el proceso de recolección y transporte de residuos sólidos, debiendo programarse oportunamente la compra de llantas y contar con tres (3) juegos por unidad vehicular al año, con la finalidad de poder extender su uso hasta la fecha de la compra del año siguiente.

Adicionalmente, es importante tomar en cuenta que para optimizar costos es conveniente que la unidad vehicular recolecte y transporte los residuos sólidos en su capacidad de carga total (peso bruto), de manera que el costo sin carga (vacío) no sea tan elevado en relación a mover la unidad vehicular con residuos sólidos (peso neto).

Para la ejecución de la recolección y transporte de residuos sólidos se debe tomar en cuenta lo siguiente:

- El/La conductor/a debe revisar la programación de la papeleta y verificar cuál es el punto más cercano para iniciar con la recolección.
- La unidad vehicular debe circular cumpliendo con lo establecido en el Texto Único Ordenado del Reglamento Nacional de Tránsito – Código de Tránsito, aprobado por Decreto Supremo N° 016-2009-MTC, y otras normas que resulten aplicables. '



- El/La conductor/a debe ir disminuyendo la velocidad hasta detenerse para el descenso de los/las operarios/as e inicio de sus labores.
- Cuando se llegue al punto de inicio de recolección se debe verificar que la vía se encuentre despejada, debiendo reconocer los peligros que existen, tales como sentido del tránsito, presencia de cableado eléctrico, presencia de animales o personas en las calles, vías o veredas en mal estado. (p. 34).

**A. Unidades vehiculares convencionales.** Según el Anexo de la Resolución Ministerial N° 091-2020-MINAM (2020), Guía para la gestión operativa del servicio de limpieza pública, son los siguientes:

**A.1. Camiones compactadores.** Los camiones compactadores son el tipo más común de unidad vehicular para la recolección de residuos sólidos y su elección depende tanto de la capacidad de carga como de la capacidad de compactación. Asimismo, se debe considerar la idoneidad de su utilización tomando en cuenta la adecuada transitabilidad en vías asfaltadas (al menos las principales). En caso las vías no sean asfaltadas no deben ser zonas con presencia de lluvias intensas, pues se podrían presentar atascos, deslizamientos o volcaduras. Estas unidades vehiculares están disponibles generalmente en capacidades de 3.4 toneladas (7 m<sup>3</sup> de capacidad) hasta 10 toneladas (20 m<sup>3</sup> de capacidad), siendo los modelos más comerciales los de 15 m<sup>3</sup> de capacidad. Junto con la capacidad del camión compactador se debe tener en cuenta la distancia entre ejes, especialmente si se tienen calles angostas con giros en ángulos obtusos. Es útil pedir a las compañías proveedoras información sobre la distribución de cargas, la altura del centro de gravedad, el ángulo de ataque, así como la capacidad de torque del motor y las revoluciones a las que se alcanza el mayor torque. Se debe contar con especificaciones del tipo y espesor del acero con el que están hechas las partes de la caja de compactación, ya que es esta y las soldaduras de las planchas de metal las que soportan la presión de la compactación y

las agresiones de los lixiviados que se forman por el manejo de los residuos sólidos. Adicionalmente, se debe contar con una bandeja para líquidos percolados y una frisa en buen estado para evitar derrames. (p. 36).

**A.2. Camiones baranda y volquetes.** Los camiones baranda y los volquetes solo trasladan residuos sólidos sin compactar; por ello, su capacidad de carga se mide principalmente en metros cúbicos. Es importante conocer la capacidad de carga de la unidad vehicular y la densidad promedio de los residuos sólidos a recolectar, ello con la finalidad de estimar la capacidad de carga en toneladas cuando no se cuenta con equipamiento que permita cuantificar los residuos sólidos recolectados. En caso de que no se cuente con la densidad promedio de residuos sólidos a recolectar, se debe tener en cuenta que generalmente la densidad de los residuos sólidos en el proceso de recolección es de 200 a 250 kg/m<sup>3</sup>, la cual por el proceso de asentamiento durante el transporte pasa a ser, aproximadamente, de 350 kg/m<sup>3</sup> siendo esta la densidad a utilizar. Para poder efectuar la estimación de la capacidad de carga en toneladas se aplica la siguiente fórmula:

$$\text{Capacidad de carga (toneladas)} = \text{Capacidad de carga (m}^3\text{)} \times \text{densidad promedio (kg/m}^3\text{)}.$$

Para la elección de los camiones baranda se debe tener en cuenta lo siguiente:

- Capacidad de carga (en metros cúbicos o toneladas), la cual depende de las características de la zona de recolección. Por ejemplo, en vías anchas la capacidad de carga puede ser mayor (6 m<sup>3</sup> o más), mientras que en zonas con pendientes pronunciadas (cerros) es más útil la de menor capacidad (menor a 6 m<sup>3</sup>) como mini volquete o camión baranda.
- Consumo de combustible, el cual depende de las condiciones locales (como características de la vía, condiciones climáticas u otras) y la distancia a la planta de

transferencia o infraestructura de disposición final. Por ejemplo, en camiones baranda de capacidad de carga hasta 10 m<sup>3</sup> es de 4 a 5.5 galones por turno en promedio.

- Distancia entre ejes, mientras menor sea su distancia mejor maniobrabilidad se tendrá en la zona de recolección; sin embargo, su capacidad de carga será menor. (p. 37).

**B. Unidades vehiculares no convencionales.** Según el Anexo de la Resolución Ministerial N° 091-2020-MINAM (2020), Guía para la gestión operativa del servicio de limpieza pública, las unidades vehiculares no convencionales son triciclos (a pedal y motorizados), moto furgones, carretas jaladas por acémilas y botes. En tal sentido, se pueden dividir en motorizadas y no motorizadas (p. 39).

Según el Anexo de la Resolución Ministerial N° 091-2020-MINAM (2020), Guía para la gestión operativa del servicio de limpieza pública, la recolección de residuos sólidos se puede llevar a cabo a través de cuatro (4) formas:

**B.1. Recolección puerta a puerta.** La recolección puerta a puerta de residuos sólidos se lleva a cabo distribuyendo al personal operativo en una misma calle o cada calle de las zonas de recolección, en uno o dos frentes, todos recogiendo a la vez, para dar una percepción de operatividad y mostrar la participación de los/as usuarios/as. Asimismo, se puede acumular en las esquinas o a la mitad de la cuadra las bolsas con los residuos recolectados debiendo quedar libre un/a operario/a quien colocará los residuos en el camión recolector. Cabe precisar que esta recolección usualmente se da para residuos sólidos valorizables, en aquellas zonas donde la unidad vehicular no puede acceder o cuando se hace uso de unidades no convencionales. Asimismo, la recolección puerta a puerta permite conocer las fuentes de generación de residuos sólidos, no obstruye el tránsito vehicular y requiere de menor esfuerzo en promoción y

comunicación pues es una atención directa con el/la usuario/a; siendo recomendable para aplicar en zonas con prácticas ambientales implementadas o en desarrollo. Sin embargo; presenta como desventajas el mayor consumo de combustible, mayor generación de gases de efecto invernadero, mayor desgaste del equipamiento al recorrer más kilómetros, e implica mayor tiempo para la recolección por zona. (p. 40).

**B.2. Recolección de esquina o parada fija.** La recolección de esquina o parada fija es la metodología más común y consiste en recoger los residuos sólidos en las esquinas de las calles o paradas previamente establecidas; para ello, la unidad vehicular anuncia la llegada y los usuarios acuden a entregar sus residuos. (p. 40).

**B.3. Recolección de acera.** En la recolección de acera, los/las operarios/as toman los recipientes con residuos sólidos que se encuentran en la acera (orilla de la vía o en las canastillas), que han sido colocados por los/las usuarios/as del servicio, para después trasladarse hacia la unidad vehicular. (p. 40).

**B.4. Recolección con contenerización.** La recolección de residuos sólidos con contenerización (superficial o soterrada) es recomendada para espacios netamente urbanos que hayan desarrollado buenas prácticas de manejo de residuos sólidos, urbanizaciones que cuentan con espacio para la colocación de contenedores y en los que la descarga no interrumpa el tránsito vehicular. Asimismo, permite ahorrar combustible, lubricantes y otros insumos, reduce el desgaste de equipamiento al recorrer menos kilómetros, realiza la recolección en menor tiempo ya que se centraliza en los puntos limpios o islas de contenerización; y, promueve y mantiene hábitos de manejo adecuado de residuos sólidos. Sin embargo, requiere asegurar condiciones de seguridad para el peatón durante la descarga de contenedores, implementar mayor vigilancia de la salud y seguridad ocupacional, usar eficientemente la capacidad de carga y rendimiento de la unidad vehicular; y, puede interrumpir el tránsito vehicular. (p. 41).

### 2.3. Sistema de compostaje

El compostaje es la degradación aeróbica (en presencia de oxígeno) de materia orgánica por la acción de microorganismos en condiciones “controladas” de aireación, humedad y temperatura. Estos microorganismos transforman los residuos degradables en un producto “estable” e higienizado, aplicable al suelo como abono o sustrato.

También se puede definir como un proceso biológico en medio aeróbico, en el cual los sólidos orgánicos húmedos son transformados a formas más estables llamadas compost; sustancias similares al humus.

#### 2.3.1. Componentes

Un programa de compostaje tiene cinco componentes básicos: separación, recolección, tratamiento, distribución y utilización. La separación, el tratamiento y la utilización se pueden hacer a pequeña escala, domiciliaria, o a gran escala, en una operación a nivel municipal. También existe la escala intermedia para edificios departamentales o unidades habitacionales. Cuando se instrumenta una operación a mediana o gran escala, cobran importancia los componentes de recolección (de los residuos a compostar) y la distribución (de la composta). (Córdova y Rodríguez, 2006, p. 21)

**2.3.1.1. La separación.** Consiste en segregar residuos orgánicos (como restos de alimentos y papel), factibles de descomponerse biológicamente vía un proceso de compostaje, de otros residuos no compostables (como vidrio, metal y plásticos). Entre más cercana al origen de la generación se realice esta separación, más puros (menos contaminados) estarán los residuos y, consecuentemente, mayor será la calidad de la composta terminada. La calidad de los residuos no compostables o inorgánicos recuperados también se verá incrementada por una correcta separación en el origen y esto incrementará las posibilidades de

reciclaje de los mismos. En otras palabras, el éxito de un programa de reciclaje tanto para materiales orgánicos como inorgánicos, depende de una correcta separación en el origen ya que aumentará la pureza de cada tipo de residuos y la eficiencia del tratamiento (incluyendo productividad de los trabajadores). Al nivel doméstico, esta separación se puede realizar desde la cocina y el jardín, tal y como se explicará en el capítulo de compostaje doméstico. Al nivel municipal, esta separación puede ocurrir en la recolección domiciliaria (con un programa de separación domiciliaria) así como en la recolección de residuos municipales (parques y jardines, mercados, rastros, caballerizas) o de grandes generadores (restaurantes, hoteles, etc.). (Córdova y Rodríguez., 2006, p. 21).

**2.3.1.2. La recolección.** Consiste en el traslado de los residuos separados en diversas fuentes de generación al sitio de tratamiento, sea éste una pila en el jardín o huerto, una compostadora o una planta de composta. Cuando se trata de una operación doméstica o de pequeña escala, generalmente hay sólo una o dos fuentes de generación (la cocina y el jardín, por ejemplo), y el traslado es a una distancia pequeña y puede realizarse a mano o con una carretilla. Cuando se trata de operaciones intermedias o grandes, existen muchas fuentes (hogares, establecimientos, etc.); las distancias son mayores y suele requerirse de vehículos para su transportación. A medianas y grandes escalas, la eficiencia de la recolección está íntimamente asociada a una correcta separación. El equipo y los vehículos de recolección deben ser adecuados y suficientes para los volúmenes recolectados. Asimismo, las frecuencias de recolección y las rutas deben ser bien planeadas y bien comunicadas a los usuarios. Debido al mayor número de actores en un programa de gran escala, el control de la calidad en la separación requiere de mayor seguimiento (atención), esto puede lograrse con una efectiva campaña de educación para la separación.

Un nuevo sistema de recolección debe estar diseñado con base en el equipo existente más que en la adquisición de nuevo equipo. El equipo de recolección es una fuerte inversión y ordinariamente no hay recursos suficientes para renovarlos o acondicionarlos. Lo ideal es seleccionar sólo uno o solo algunos vehículos al inicio y, en función de las características de éstos, elaborar el programa de recolección. Los vehículos pueden ser de dos tipos: aquéllos que cuentan con compartimientos para diferentes fracciones y aquéllos que no los poseen.

Diseño del programa semanal de recolección: se basa en el diseño de rutas de recolección indicando la cantidad de residuos que de cada fracción se genera usualmente, en función de los resultados de un estudio previo de generación. Con base en estos valores se elige un vehículo recolector con la capacidad, el número de compartimientos y el diseño requeridos. Se debe recordar que se generan diferentes cantidades de residuos de cada fracción, y un mal diseño de las rutas podría ocasionar que el vehículo recolector circule con diferentes niveles de llenado en sus compartimientos, produciéndose así un esfuerzo desigual sobre su estructura que genere problemas mecánicos futuros.

Por otra parte, el programa debe ser permanente y con horario o días “fijos” para evitar confusión entre los usuarios del servicio. El empleado del sistema de recolección es el mejor aliado para la implantación de un nuevo sistema, por lo que es deseable su participación en la planeación y el diseño del mismo.

Plan de crecimiento: en un programa municipal de compostaje es conveniente seleccionar en primer lugar los barrios, colonias o comunidades que muestren mayor interés en la separación y compostaje, para aprovechar el entusiasmo existente y así encauzar los esfuerzos necesarios para el arranque del nuevo sistema. Posteriormente, se podrá seleccionar otra comunidad e implementar el sistema, y así sucesivamente. No es necesario que se planee un crecimiento acelerado; será la misma ciudadanía la que defina, con su participación, la rapidez de aceptación del nuevo sistema. También habrá que considerar los recursos del

sistema, puesto que la recolección separada es más costosa que la mixta. Esta planeación puede elaborarse anualmente y buscar recursos adicionales de los gobiernos estatales y federal para obtener ese excedente. (Córdova y Rodríguez, 2006, pp. 23-24).

**2.3.1.3. El tratamiento.** Es el proceso de compostaje en sí. Los ingredientes principales del compostaje son nitrógeno, carbono, oxígeno y agua. Estos factores proveen el ambiente idóneo para la actividad microbiana de degradación de la materia orgánica. A través del control y el monitoreo de los cuatro factores mencionados, se puede favorecer, e incluso acelerar, el proceso de degradación. Los diversos grados de control llevan a varias técnicas de compostaje. Al nivel domiciliario, por ejemplo, existen el compostaje lento y el rápido. A mayores escalas, el compostaje se puede realizar en pilas, tanques o naves cerradas. La forma más empleada es mediante pilas ya que no requiere más que el acondicionamiento del terreno. Esta estructura es muy versátil y permite adecuar el proceso según las necesidades del clima, la materia prima o los recursos económicos disponibles. En contraste las naves cerradas aíslan el proceso de los efectos del clima, permiten mayor control del proceso y también permite un diseño versátil. Dentro de un tanque, el control del proceso es más estricto y se circunscribe a los parámetros de diseño, por lo que disminuye la variabilidad del proceso. Esta forma de producción es mucho más elaborada y con un costo inicial más elevado, sin embargo, los costos unitarios del producto final son más bajos y la calidad del producto final puede ser altamente controlada. Además de nitrógeno, carbono, oxígeno y agua, existen otros factores que son muy útiles para monitorear este proceso de compostaje; estos incluyen la temperatura, la microbiota, el tamaño de partícula y el pH. En cuanto a los factores críticos, el carbono y el nitrógeno son dos elementos esenciales para la nutrición de cualquier organismo vivo, y deben encontrarse en proporciones adecuadas para un buen compostaje. Los microorganismos de una composta utilizan el carbono para conseguir energía, y el nitrógeno para la síntesis de proteínas. El



parámetro que mide esta proporción se llama relación “carbono/nitrógeno” (C/N), y los valores ideales de esta relación C/N para un buen compostaje se encuentran entre 25 y 35 (esto es, 25 de C por uno de N y 35 de C por uno de N). Si el material de partida contiene demasiado carbono, la relación será muy alta y el proceso será lento, las temperaturas no subirán suficientemente y se perderá el exceso de carbono en forma de dióxido de carbono. Si, por el contrario, el material contiene demasiado nitrógeno, la relación es baja y se producirán pérdidas de este elemento en forma de amoníaco (NH<sub>3</sub>). Así pues, cuando los materiales de origen tienen una relación C/N más alta, deben añadirse materiales ricos en nitrógeno, como estiércol y lodos de plantas de tratamiento de aguas (libres de contaminantes tóxicos). Cuando la relación es más baja, habrá que compensar la mezcla, añadiendo componentes ricos en carbono, como paja y desperdicios de papel, por ejemplo. La materia orgánica de los RSU generalmente tiene una adecuada relación C/N y por sí sola puede compostar. Durante el proceso de compostaje se producen pérdidas de carbono en forma de CO<sub>2</sub>, por lo que la relación C/N irá disminuyendo hasta alcanzar un valor entre 12 y 8 en el producto final, valor que también depende del material de partida. Si el valor final de C/N es inferior, indica que la composta se ha mineralizado excesivamente y, si es muy alto, puede indicar que no se ha descompuesto suficientemente. La estabilidad de este valor es un buen indicio de que la degradación ha finalizado y la composta ha madurado. El oxígeno es elemento esencial para la descomposición aerobia y la supervivencia de la microbiota de la composta. Cuando falta oxígeno en la mezcla, mueren los organismos aeróbicos y comienza una descomposición anaerobia (que es más lenta y despiden olor desagradable). Para asegurar la suficiencia de oxígeno, es necesario airear la mezcla. Esto se puede lograr de varias maneras: incluyendo en la pila partículas de diferentes tamaños que generan bolsas o túneles de aire (aireación natural), volteando o revolviendo las pilas (aireación manual o mecánica), o introduciendo tubería a la mezcla, a través de la cual se puede forzar el aire (aireación forzada). El método de aireación natural se basa en la diferencia de temperatura

entre el interior del material que está compostándose y el ambiente, lo cual produce un flujo de aire y la formación de microtúneles; este método no requiere de manipulación frecuente. El método de aireación forzada requiere de una fuente externa de energía. La aireación debe balancearse con el mantenimiento de la humedad, ya que el agua es otro elemento esencial para la supervivencia de los microorganismos que participan en el compostaje y el exceso de aire puede secar la mezcla. La humedad óptima del proceso de compostaje es del 50% que al finalizar proceso se reducirá hasta un 30 ó 40%. La falta de humedad provocará una sensible disminución de la actividad microbiana, por lo que se paralizará la degradación y bajará la temperatura. Un exceso de humedad también tiene consecuencias negativas, pues dificulta la circulación del oxígeno y puede provocar la descomposición anaerobia de la mezcla. En una operación de compostaje, sea ésta a gran o pequeña escala, debe haber un monitoreo de la humedad. Si hay exceso de humedad, se puede airear la mezcla o agregar elementos secos como paja y desperdicio de papel que absorban la humedad. Si falta humedad, se puede regar la mezcla o taparla con plástico para reducir la evaporación del agua. Las operaciones centrales del compostaje son la degradación, la pasteurización y la maduración; éstas pueden identificarse por la temperatura de la mezcla. Al inicio, la temperatura se eleva rápidamente hasta alcanzar una fase hemofílica (temperaturas superiores a los 50° C). Cuando la degradación termofílica termina, se obtiene la composta inmadura. Ésta todavía tiene que ser degradada lentamente y a temperatura ambiente, proceso que se conoce como “maduración”. La pasteurización se lleva a cabo durante la fase termofílica y consiste en dos etapas. En la primera se incrementa la temperatura de los materiales a cerca de 35° C para favorecer la germinación de semillas y esporas. En la segunda, se eleva a 55° C y se mantiene el material a esa temperatura durante varios días, hasta que se presenta la fase de la muerte de los microorganismos termofílicos. Cuando la temperatura baja después de la pasteurización, sólo se desarrollarán los microorganismos que estén presentes en el suelo natural. La pasteurización

es necesaria para eliminar los patógenos de plantas, animales y humanos. En el proceso de compostaje unos microorganismos van sustituyendo a otros. La riqueza en microbiota favorable para las tierras y, a la par, las ausencias de los patógenos determinan la buena calidad biológica de la composta. Si en la degradación se han alcanzado las temperaturas deseadas, la masa se habrá pasteurizado y se habrán eliminado los microorganismos patógenos para las personas, animales y plantas. Una temperatura homogénea y continua de 55° C durante tres o cuatro días resulta suficiente para eliminar los gérmenes patógenos. Si existe la humedad suficiente, las semillas que pudieran contener los residuos germinarán y morirán al incrementarse la temperatura. Es importante el tamaño de las partículas del material de partida. Aunque no es estrictamente necesario, es conveniente moler la materia orgánica de los RSU. Es preciso vigilar el grado de trituración, puesto que las partículas de tamaño pequeño proporcionan mayor superficie de acceso de los microorganismos y, por lo tanto, permiten degradaciones más rápidas y homogéneas. Sin embargo, si el tamaño es excesivamente pequeño pueden originarse problemas de compactación excesiva que impedirán el proceso de aireación necesario. El pH tiende a ser una medida que indica cómo avanza el proceso; en un inicio su descenso hasta 6.5 indica un proceso normal. Conforme el tiempo transcurre se estabiliza el valor entre 7 y 8, lo que permite la degradación y la maduración. Un valor superior a 8 provoca pérdidas de nitrógeno en forma de amoníaco. (Córdova y Rodríguez, 2006, pp. 24-26)

**2.3.1.4. La distribución y la utilización.** La distribución es el traslado de la composta producida a los sitios en donde se va a utilizar. En operaciones a pequeña escala, no requiere de mayor planeación ni equipo, pues las distancias suelen ser muy cortas y pocos sus usuarios finales. En el caso de grandes operaciones, es necesario identificar a los usuarios y las formas de acceder a ellos para la entrega de la composta o bien los horarios y mecanismos para

que los usuarios la recojan en la misma planta. Para la distribución deben considerarse los vehículos, las rutas, los contenedores, los empaques, la frecuencia, así como las necesidades de los usuarios finales. La utilización es uno de los componentes fundamentales de un programa de compostaje. Si la composta no se utiliza, no se completa el ciclo para el cual se instrumentó el programa y se pierden los beneficios de mejoramiento de suelo que ofrece el producto. En los casos de mediana y gran escala de producción de composta, el no utilizarla puede detener la operación de la planta si se acumula excesivamente la composta en el predio y ya no hay espacio para recibir materia prima nueva ni para almacenar más producción de composta. Varias plantas de compostaje en México han dejado de operar por esta razón en particular. Para asegurar la utilización de la composta producida es necesario identificar antes de la instrumentación del programa a los posibles usuarios, así como los mecanismos de entrega. Los usuarios pueden incluir, entre otros, a las áreas encargadas de parques y jardines del municipio (incluyendo aplicación en camellones), instituciones y empresas que cuenten con grandes extensiones de áreas verdes, agricultores de la región y público en general. En muchos casos será necesaria una estrategia de difusión y educación sobre los usos y la aplicación de la composta, así como una evaluación de las necesidades de los usuarios en cuanto a calidad, cribado, formato y frecuencia de entrega de la misma. También pudieran ser importantes los incentivos y facilidades. La composta producida puede ser entregada gratuitamente, o bien, comercializada. Para su venta será importante mantener un alto control de la calidad del producto, y habrá que identificar o desarrollar los mecanismos financiero administrativos adecuados. Existen algunas plantas de compostaje en México que no pueden vender su producto debido a restricciones en los procesos administrativos e institucionales. Para el caso de la venta de la composta producida, será necesario un estudio de mercado para determinar los precios y los mecanismos para su comercialización. (Córdova y Rodríguez, 2006, p. 26).

**2.3.1.5. Fases del compostaje.** Según Martínez et al. (2013), el compostaje es un proceso biológico, que ocurre en condiciones aeróbicas (presencia de oxígeno). Con la adecuada humedad y temperatura, se asegura una transformación higiénica de los restos orgánicos en un material homogéneo y asimilable por las plantas.

Es posible interpretar el compostaje como el sumatorio de procesos metabólicos complejos realizados por parte de diferentes microorganismos, que, en presencia de oxígeno, aprovechan el nitrógeno (N) y el carbono (C) presentes para producir su propia biomasa. En este proceso, adicionalmente, los microorganismos generan calor y un sustrato sólido, con menos C y N, pero más estable, que es llamado compost.

Al descomponer el C, el N y toda la materia orgánica inicial, los microorganismos desprenden calor medible a través de las variaciones de temperatura a lo largo del tiempo (p. 23). Según la temperatura generada durante el proceso, se reconocen tres etapas principales en un compostaje, además de una etapa de maduración de duración variable. Las diferentes fases del compostaje se dividen según la temperatura, en:

**A. Fase Mesófila.** El material de partida comienza el proceso de compostaje a temperatura ambiente y en pocos días (e incluso en horas), la temperatura aumenta hasta los 45°C. Este aumento de temperatura es debido a actividad microbiana, ya que en esta fase los microorganismos utilizan las fuentes sencillas de C y N generando calor. La descomposición de compuestos solubles, como azúcares, produce ácidos orgánicos y, por tanto, el pH puede bajar (hasta cerca de 4.0 o 4.5). Esta fase dura pocos días (entre dos y ocho días). (p. 23).

**B. Fase Termófila o de Higienización.** Cuando el material alcanza temperaturas mayores que los 45°C, los microorganismos que se desarrollan a temperaturas medias (microorganismos mesófilos) son reemplazados por aquellos que crecen a mayores

temperaturas, en su mayoría bacterias (bacterias termófilas), que actúan facilitando la degradación de fuentes más complejas de C, como la celulosa y la lignina.

Estos microorganismos actúan transformando el nitrógeno en amoníaco por lo que el pH del medio sube. En especial, a partir de los 60 °C aparecen las bacterias que producen esporas y actinobacterias, que son las encargadas de descomponer las ceras, hemicelulosas y otros compuestos de C complejos. Esta fase puede durar desde unos días hasta meses, según el material de partida, las condiciones climáticas y del lugar, y otros factores.

Esta fase también recibe el nombre de fase de higienización ya que el calor generado destruye bacterias y contaminantes de origen fecal como *Escherichia coli* y *Salmonella* spp. Igualmente, como se verá en el capítulo 3.4, esta fase es importante pues las temperaturas por encima de los 55°C eliminan los quistes y huevos de helminto, esporas de hongos fitopatógenos y semillas de malezas que pueden encontrarse en el material de partida, dando lugar a un producto higienizado. (pp. 23-24).

**C. Fase de Enfriamiento o Mesófila II.** Agotadas las fuentes de carbono y, en especial el nitrógeno en el material en compostaje, la temperatura desciende nuevamente hasta los 40-45°C. Durante esta fase, continúa la degradación de polímeros como la celulosa, y aparecen algunos hongos visibles a simple vista. Al bajar de 40 °C, los organismos mesófilos reinician su actividad y el pH del medio desciende levemente, aunque en general el pH se mantiene ligeramente alcalino. Esta fase de enfriamiento requiere de varias semanas y puede confundirse con la fase de maduración. (p.24).

**D. Fase de Maduración.** Es un período que demora meses a temperatura ambiente, durante los cuales se producen reacciones secundarias de condensación y polimerización de compuestos carbonados para la formación de ácidos húmicos y fúlvicos. (p.24).

**2.3.1.6. Monitoreo durante el compostaje.** Ya que el compostaje es un proceso biológico llevado a cabo por microorganismos, se deben tener en cuenta los parámetros que afectan su crecimiento y reproducción. Estos factores incluyen el oxígeno o aireación, la humedad de substrato, temperatura, pH y la relación C: N.

Externamente, el proceso de compostaje dependerá en gran medida de las condiciones ambientales, el método utilizado, las materias primas empleadas, y otros elementos, por lo que algunos parámetros pueden variar. No obstante, éstos deben estar bajo vigilancia constante para que siempre estén siempre dentro de un rango óptimo. A continuación, se señalan los parámetros y sus rangos óptimos. (Martínez et al., 2013, p. 27)

**A. Oxígeno.** Según Martínez et al. (2013), el compostaje es un proceso aerobio y se debe mantener una aireación adecuada para permitir la respiración de los microorganismos, liberando a su vez, dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) a la atmosfera. Así mismo, la aireación evita que el material se compacte o se encharque. Las necesidades de oxígeno varían durante el proceso, alcanzando la mayor tasa de consumo durante la fase termofílica.

La saturación de oxígeno en el medio no debe bajar del 5%, siendo el nivel óptimo el 10%. Un exceso de aireación provocaría el descenso de temperatura y una mayor pérdida de la humedad por evaporación, haciendo que el proceso de descomposición se detenga por falta de agua. Las células de los microorganismos se deshidratan, algunos producen esporas y se detiene la actividad enzimática encargada de la degradación de los diferentes compuestos. Por el contrario, una baja aireación, impide la suficiente evaporación de agua, generando exceso de humedad y un ambiente de anaerobiosis. Se producen entonces malos olores y acidez por la presencia de compuestos como el ácido acético, ácido sulfhídrico (H<sub>2</sub>S) o metano (CH<sub>4</sub>) en exceso. (pp. 25-26).

**Tabla 1.***Control de la aireación*

<b>PORCENTAJE DE AIREACIÓN</b>		<b>PROBLEMA</b>	<b>SOLUCIONES</b>
<b>&lt;5%</b>	Baja aireación	Insuficiente evaporación de agua, generando exceso de humedad y un ambiente de anaerobiosis	Volteo de la mezcla y/o adición de material estructurante que permita aireación
<b>5% - 15% Rango ideal</b>			
<b>&gt;15%</b>	Exceso de aireación	Descenso de temperatura y evaporación de agua, haciendo que el proceso de descomposición se detenga por falta de agua	Picado del material a fin de reducir el tamaño de poro y así reducir la aireación. Se debe regular la humedad, bien proporcionando agua al material o añadiendo material fresco con mayor contenido de agua (restos de fruta y verdura, césped, purines u otros).

Tomada de Control de aireación (p. 26), por Martínez et al., 2013, Manual de Compostaje del Agricultor.

**B. Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>).** Según Martínez (2013), como en todo proceso aerobio o aeróbico, ya sea en el compostaje o aun en la respiración humana, el oxígeno sirve para transformar (oxidar) el C presente en las materias primas (substrato o alimentos) en combustible. A través del proceso de oxidación, el C se transforma en biomasa (más microorganismos) y dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), o gas producido por la respiración, que es fuente de carbono para las plantas y otros organismos que hacen fotosíntesis. Sin embargo, el CO<sub>2</sub> también es un gas de efecto invernadero, es decir, contribuye al cambio climático.

Durante el compostaje, el CO<sub>2</sub> se libera por acción de la respiración de los microorganismos y, por tanto, la concentración varía con la actividad microbiana y con la materia prima utilizada como sustrato. En general, pueden generarse 2 a 3 kilos de CO<sub>2</sub> por



cada tonelada, diariamente. El CO<sub>2</sub> producido durante el proceso de compostaje, en general es considerado de bajo impacto ambiental, por cuanto es capturado por las plantas para realizar fotosíntesis. (p. 26)

**C. Humedad.** Según Martínez (2013), la humedad es un parámetro estrechamente vinculado a los microorganismos, ya que, como todos los seres vivos, usan el agua como medio de transporte de los nutrientes y elementos energéticos a través de la membrana celular.

La humedad óptima para el compost se sitúa alrededor del 55%, aunque varía dependiendo del estado físico y tamaño de las partículas, así como del sistema empleado para realizar el compostaje. Si la humedad baja por debajo de 45%, disminuye la actividad microbiana, sin dar tiempo a que se completen todas las fases de degradación, causando que el producto obtenido sea biológicamente inestable. Si la humedad es demasiado alta (>60%) el agua saturará los poros e interferirá la oxigenación del material.

En procesos en que los principales componentes sean substratos tales como aserrín, astillas de madera, paja y hojas secas, la necesidad de riego durante el compostaje es mayor que en los materiales más húmedos, como residuos de cocina, hortalizas, frutas y cortes de césped.

El rango óptimo de humedad para compostaje es del 45% al 60% de agua en peso de material base.

Una manera sencilla de monitorear la humedad del compost, es aplicar la “técnica del puño”. (p. 27).

**Tabla 2.***Parámetros de humedad óptimos*

<b>PORCENTAJE DE HUMEDAD</b>	<b>PROBLEMA</b>	<b>SOLUCIONES</b>
<b>&lt;45%</b>	Humedad insuficiente	Puede detener el proceso de compostaje por falta de agua para los microorganismos Se debe regular la humedad, ya sea proporcionando agua al material o añadiendo material fresco con mayor contenido de agua (restos de fruta y verduras, césped, purines u otros)
<b>45% - 60% Rango ideal</b>		
<b>15%</b>	Oxígeno insuficiente	Material muy húmedo, el oxígeno queda desplazado. Puede dar lugar a zonas de anaerobiosis. Volteo de la mezcla y/o adición de material con bajo contenido de humedad y con alto valor en carbono, como serrines, paja u hojas secas.

Tomada de Parámetros de humedad óptimos (p. 27), por Martínez et al., 2013, Manual de Compostaje del Agricultor.

**D. Temperatura.** Según Martínez et al. (2013), la temperatura tiene un amplio rango de variación en función de la fase del proceso. El compostaje inicia a temperatura ambiente y puede subir hasta los 65°C sin necesidad de ninguna actividad antrópica (calentamiento externo), para llegar nuevamente durante la fase de maduración a una temperatura ambiente. Es deseable que la temperatura no decaiga demasiado rápido, ya que, a mayor temperatura y tiempo, mayor es la velocidad de descomposición y mayor higienización. (p. 28).

**Tabla 3.***Parámetros de temperatura óptimos*

<b>TEMPERATURA (°C)</b>		<b>CAUSAS ASOCIADAS</b>	<b>SOLUCIONES</b>
<b>Bajas temperaturas (T°. ambiente &lt; 35°C)</b>	Humedad insuficiente	Las bajas temperaturas pueden darse por varios factores, como la falta de humedad, por lo que los microorganismos disminuyen la actividad metabólica y por tanto, la temperatura baja.	Humedecer el material o añadir material fresco con mayor porcentaje de humedad (restos de fruta y verduras, u otros)
	Material insuficiente	Insuficiente material o forma de la pila inadecuada para que alcance una temperatura adecuada.	Añadir más material a la pila de compostaje.
	Déficit de nitrógeno o baja C:N	El material tiene una alta relación C: N y, por lo tanto, los microorganismos no tienen el N suficiente para generar enzimas y proteínas y disminuyen o ralentizan su actividad. La pila demora en incrementar la temperatura más de una semana.	Añadir material con alto contenido en nitrógeno como estiércol.
<b>Altas temperaturas (T°. ambiente &gt;70°C)</b>	Ventilación y humedad insuficiente	La temperatura es demasiado alta y se inhibe el proceso de descomposición. Se mantiene actividad microbiana pero no la suficiente para activar a los microorganismos mesofílicos y facilitar la terminación del proceso.	Volteo y verificación de la humedad (55-60%). Adición de material con alto contenido en carbono de lenta degradación (madera, o pasto seco) para que ralentice el proceso.

Tomada de Parámetros de temperatura óptimos (p. 28), por Martínez et al., 2013, Manual de Compostaje del Agricultor.

**E. pH.** Según Martínez et al. (2013), el pH del compostaje depende de los materiales de origen y varía en cada fase del proceso (desde 4.5 a 8.5). En los primeros estadios del proceso, el pH se acidifica por la formación de ácidos orgánicos. En la fase termófila, debido

a la conversión del amonio en amoniaco, el pH sube y se alcaliniza el medio, para finalmente estabilizarse en valores cercanos al neutro.

El pH define la supervivencia de los microorganismos y cada grupo tiene pH óptimos de crecimiento y multiplicación. La mayor actividad bacteriana se produce a pH 6,0 - 7,5, mientras que la mayor actividad fúngica se produce a pH 5,5-8,0. El rango ideal es de 5,8 a 7,2. (p. 29).

**Tabla 4.**

*Parámetros de pH óptimos*

<b>PH</b>	<b>CAUSAS ASOCIADAS</b>		<b>SOLUCIONES</b>
<b>&lt;4.5</b>	Exceso de ácidos orgánicos	Los materiales vegetales como restos de cocina, frutas, liberan muchos ácidos orgánicos y tienden a acidificar el medio.	Adición de material rico en nitrógeno hasta conseguir una adecuada relación C:N.
<b>4.5 - 8.5 Rango ideal</b>			
<b>&gt;8.5</b>	Exceso de nitrógeno	Cuando hay un exceso de nitrógeno en el material de origen, con una deficiente relación C:N, asociado a humedad y altas temperaturas, se produce amoniaco alcalinizando el medio.	Adición de material más seco y con mayor contenido en carbono (restos de poda, hojas secas, aserrín)

Tomada de Parámetros de pH óptimos (p. 29), por Martínez et al., 2013, Manual de Compostaje del Agricultor.

**F. Relación Carbono-Nitrógeno (C: N).** Según Martínez et al. (2013), la relación C: N varía en función del material de partida y se obtiene la relación numérica al dividir el contenido de C (%C total) sobre el contenido de N total (%N total) de los materiales a compostar.

Esta relación también varía a lo largo del proceso, siendo una reducción continua, desde 35:1 a 15:1. (p. 31).

**Tabla 5.***Parámetros de la relación carbono / nitrógeno*

<b>C:N</b>	<b>CAUSAS ASOCIADAS</b>		<b>SOLUCIONES</b>
<b>&gt;35:1</b>	Exceso de Carbono	Existe en la mezcla una gran cantidad de materiales ricos en carbono. El proceso tiende a enfriarse y a ralentizarse	Adición de material rico en nitrógeno hasta conseguir una adecuada relación C:N.
<b>15:1 - 35:1 Rango ideal</b>			
<b>&lt;15:1</b>	Exceso de nitrógeno	En la mezcla hay una mayor cantidad de material rico en nitrógeno, el proceso tiende a calentarse en exceso y se generan malos olores por el amoníaco liberado.	Adición de material con mayor contenido en carbono (restos de poda, hojas secas, aserrín)

Tomada de Parámetros de la relación carbono / nitrógeno (p. 29), por Martínez et al., 2013, Manual de Compostaje del Agricultor.

**G. Tamaño de partícula.** La actividad microbiana está relacionada con el tamaño de la partícula, esto es, con la facilidad de acceso al sustrato. Si las partículas son pequeñas, hay una mayor superficie específica, lo cual facilita el acceso al sustrato. El tamaño ideal de los materiales para comenzar el compostaje es de 5 a 20 cm.

La densidad del material, y por lo tanto la aireación de la pila o la retención de humedad, están estrechamente relacionados con el tamaño de la partícula, siendo la densidad aproximadamente 150 -250 kg/m<sup>3</sup>, conforme avanza el proceso de compostaje, el tamaño disminuye y, por tanto, la densidad aumenta, 600-700 kg/m<sup>3</sup>. (Martínez et al., 2013, pp. 32)

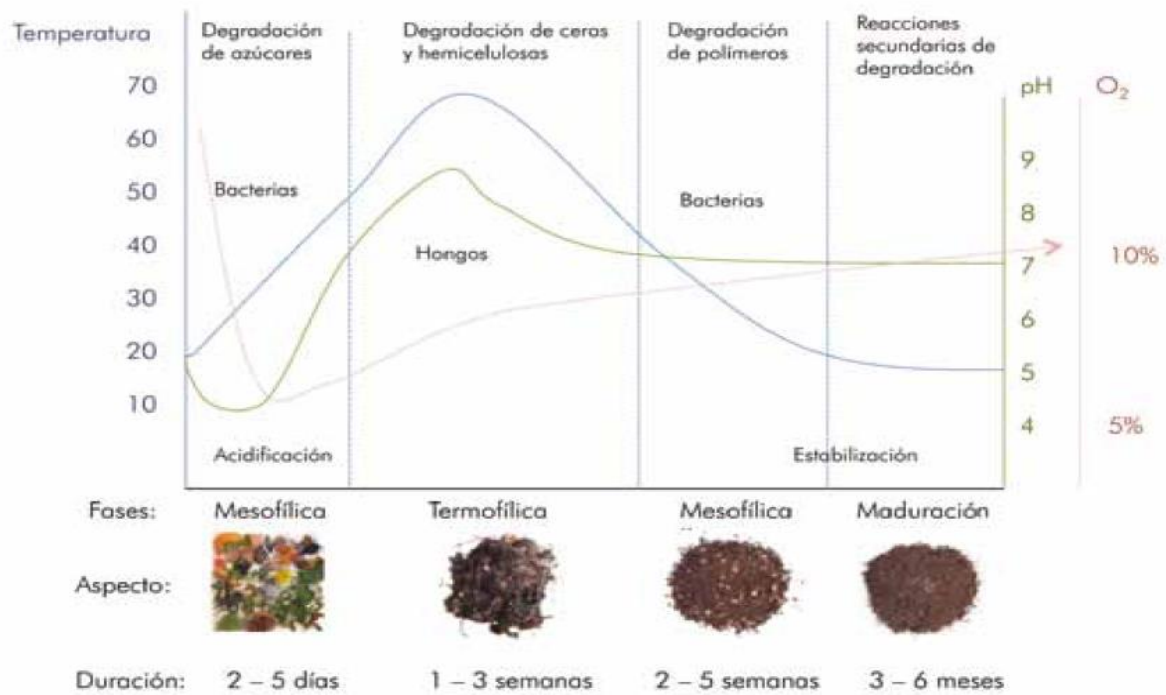
**Tabla 6.***Tamaño de partícula*

<b>TAMAÑO DE LAS PARTÍCULAS (CM)</b>	<b>PROBLEMA</b>		<b>SOLUCIONES</b>
<b>&gt;30 cm</b>	Exceso de aireación	Los materiales de gran tamaño crean canales de aireación que hacen bajar la temperatura y desaceleran el proceso.	Picar el material hasta conseguir un tamaño medio de 10-20 cm
<b>5 - 30 cm Rango ideal</b>			
<b>&lt;5 cm</b>	Compactación	Las partículas demasiado finas crean poros pequeños que se llenan de agua, facilitando la compactación del material y un flujo restringido del aire, produciéndose anaerobiosis.	Volear y/o añadir material de tamaño mayor y volteos para homogenizar

Tomada de Tamaño de partícula (p. 30), por Martínez et al., 2013, Manual de Compostaje del Agricultor.

**Figura 2.**

*Temperatura, oxígeno y pH en el proceso de compostaje*



Nota: En la figura se representa las fases de la descomposición de los residuos sólidos orgánicos, a través del proceso de compostaje. Tomada de Temperatura, oxígeno y pH en el proceso de compostaje (p. 25), por Martínez et al., 2013, Manual de Compostaje del Agricultor.

## III: MÉTODO

### 3.1. Tipo de Investigación

#### 3.1.1. *Exploratorio*

La presente investigación cuenta con un problema poco estudiado, la revisión de literatura conlleva a entender, que aún faltan investigaciones específicas a los residuos sólidos orgánicos municipales.

#### 3.1.2. *Descriptivo*

La presente investigación obtendrá información de las características y los perfiles de las personas, grupo del distrito de San Isidro o recoger información de manera independiente o conjunta de las variables que refieren.

### 3.2. Ambiente temporal y espacial

#### 3.2.1. *Ambiente temporal*

La investigación se realizó en el periodo del 2017.

#### 3.2.2. *Ambiente Espacial*

La investigación se realizará en el distrito de San Isidro.

### 3.3. *Variables*

- Variable Independiente: Aprovechamiento
  
- Variable Dependiente 1: Manejo de Residuos Sólidos Orgánicos
- Variable Dependiente 2: Sistema de recolección Selectiva
- Variable Dependiente 3: Sistema de Compostaje.



### 3.4. Población y muestra

La muestra de la presente investigación, precisa el universo, muestra, espacio espacial, espacio temporal y la unidad de análisis, todas ellas descritas en la tabla N°7.

**Tabla 7.**

*Muestra*

<b>Universo</b>	<b>Lima Metropolitana</b>
<b>Muestra</b>	Distrito San Isidro
<b>Espacio Espacial</b>	Distrito San Isidro
<b>Espacio Temporal</b>	Año 2017
<b>Unidad de Análisis</b>	Predios

Nota. La muestra para la presente investigación son las viviendas del distrito de San Isidro.

### 3.5. Instrumentos

En la tabla siguiente se detallan los conceptos, las cuales se clasifican en: materiales, cartografía, equipos y software, todos ellos utilizados en el desarrollo del presente trabajo de investigación.

Estos son los instrumentos para la ejecución de la investigación

**Tabla 8.**

*Instrumentos*

<b>N°</b>	<b>CONCEPTO</b>
1	Materiales
1.1	Hojas Bond A4 para las encuestas
1.2	CD, DVD
1.3	USB
2	Cartografía
2.1	Plano de Uso Urbano del Distrito de San Isidro
2.1	Plano base catastral del Distrito de San Isidro
3	Equipos

N°	CONCEPTO
3.1	Laptop procesador Core I7-2GENERACIÓN RAM 8GB
3.2	Equipo de Telefonía Móvil con tecnología SMART
4	Software
4.1	Software de diseño ArcGIS 10.4
4.2	Software de diseño AUTOCAD
4.3	Software de Microsoft Office; Excel, Word y Power Point

Nota. Se mencionan los instrumentos a emplear para la investigación.

- Hojas Bond A4, en las cuales se detallarán las encuestas técnicas con fines de recolectar información de las viviendas y establecimientos comerciales.
- CD y DVD, materiales necesarios para el almacenamiento y transmisión de información segura y libre de elementos que dañan la información (virus).
- Plano de Uso Urbano de San Isidro, cartografía utilizada en la estratificación e identificación de los potenciales prediales de generación de residuos sólidos orgánicos.
- Plano Giro comercial del San Isidro, cartografía utilizada para ubicar y realizar un plan de trabajo para la recolección de información
- Laptop procesador Core I7-2GENERACIÓN RAM 8GB, equipo mínimo necesario para un correcto procesamiento, las características del equipo permiten la operación sin ninguna complicación en los bugs o fraccionamientos páusales frecuentes al procesar planos.
- Equipo de telefonía móvil con tecnología SMART gama alta, equipo que facilitara las coordinaciones y las búsquedas de calles, avenidas y pasajes in situ esto a través del aplicativo google maps.
- Software de diseño ArcGIS, software que permitió el análisis de información geográfica de las viviendas, calles, parques, etc.

- Software de diseño AUTOCAD, software que permitió visualizar los planos y diseñar.
- Software Microsoft Office, Excel para el procesamiento y cálculos, Word para conceptualizar y materializar el trabajo de gabinete y Power Point.
- Software SPSS, para el procesamiento estadístico.

### **3.6. Procedimientos**

Para la metodología, se realizó el análisis de cada una de las variables y dimensiones de investigación realizar a fin de generar inferencias producto de toda la información recaudada, estas se describen la Tabla N°9, tabla en la que se desarrolla el procedimiento metodológico.

Tabla 9.

*Procedimiento Metodológico*

<b>OBJETIVO GENERAL</b>		
Realizar un diseño que permita el aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos del sector residencial bajo la propuesta de un sistema combinado de recolección selectiva y compostaje a partir de la elaboración del diagnóstico de los residuos sólidos orgánicos del Distrito de San Isidro.		
<b>OBJETIVOS ESPECIFICOS</b>	<b>DESCRIPCIÓN DEL PROCESO METODOLÓGICO</b>	<b>RESULTADOS OBTENIDOS</b>
<b>O.E.1. Elaborar un diagnóstico para identificar el manejo actual de los residuos sólidos orgánicos del sector residencial del Distrito de San Isidro.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se realizó un plan para la recopilación de información que presente fuente primaria, a fin de elaborar un diagnóstico completo del manejo de los residuos sólidos orgánicos del Distrito de San Isidro</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Características de los residuos sólidos del Distrito de San Isidro.</li> <li>• Características del almacenamiento de los residuos sólidos del sector residencial del distrito de San Isidro.</li> <li>• Descripción del Servicio del manejo de los residuos sólidos en el distrito de San Isidro.</li> </ul>
<b>O.E.2. Elaborar la propuesta de un sistema combinado de recolección selectiva y compostaje para el aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos del sector</b>	<p>Para la elaboración de la propuesta de un sistema combinado de recolección selectiva y compostaje se llevaron a cabo las siguientes etapas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Revisión de los antecedentes de estudios preliminares y aplicados.</li> <li>• Revisión del marco teórico y la aplicabilidad del marco legal al contexto del Distrito de San Isidro</li> <li>• Revisión y análisis del diagnóstico elaborado.</li> </ul>	<p>Recolección Selectiva</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Determinación del potencial en el sector domiciliario</li> <li>• Determinación de la Generación Orgánica “Materia Prima”.</li> <li>• Tipo de residuos sólidos orgánicos de origen domiciliario aprovechables.</li> <li>• Determinación del flujo de procesos operativos para los residuos aprovechables de origen domiciliario.</li> <li>• Diseño de la operatividad</li> </ul>

---

<b>residencial del Distrito de San Isidro</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Preparación de materiales y equipos, a fin de desarrollar los planos y tablas de ecuaciones.</li><li>• Cálculo del potencial de residuos sólidos orgánicos generados.</li><li>• Desarrollo de ecuaciones a fin de determinar los valores de la Generación Per Cápita, y proponer un ciclo para el Proceso Operativo de los residuos sólidos del sector residencial del Distrito de San Isidro.</li></ul>	Compostaje <ul style="list-style-type: none"><li>• Determinación de la Capacidad de la Planta de Compostaje</li><li>• Ciclo del proceso operativo del Compostaje y método de tratamiento.</li></ul>
---	--	---

---

Nota: Se describe el proceso metodológico para el cumplimiento de los objetivos.

### **3.7. Análisis de datos**

Los datos obtenidos serán procesados con el software Microsoft Excel, empleado para el análisis estadístico general.

Otro software utilizado para el análisis de datos es el ArcGIS, donde a partir de dibujos espaciales (SHP), se obtiene datos que sirven para hacer cálculos.

## IV: RESULTADOS

### 4.1. Diagnóstico del Manejo de los residuos sólidos en el Distrito de San Isidro

La gestión y manejo de los residuos sólidos en el distrito de San Isidro es igual que en la mayoría de distritos de la Provincia de Lima se realiza bajo normas generales ambientales y normas específicas de residuos sólidos.

El distrito de San Isidro viene implementando un programa de segregación en la fuente y recolección selectiva de residuos sólidos inorgánicos, denominada “San Isidro Recicla”, con el objetivo de minimizar la generación de los residuos sólidos, en la cual se separan y recuperan los residuos inorgánicos reciclables tales como el papel (papel blanco, papel periódico, papel couche y mixto), cartón, vidrio, aluminio, plástico, metales, en su diversos formas o variedades. No obstante, en el distrito de San Isidro, diariamente genera 35.92 toneladas de residuos sólidos domiciliarios; de los cuales el 56% de residuos sólidos corresponde a materia orgánica y follaje según el estudio de caracterización de residuos sólidos del año 2015, asimismo, estos residuos se disponen en un relleno sanitario.

Existe la necesidad de atender de manera específica el aprovechamiento y reciclaje (Valoración) de los residuos sólidos como fuente de energía, recursos o materias primas, a fin de contribuir a la preservación y uso racional de los recursos naturales, conceptualizando principalmente los aspectos de reducir, reutilizar y reciclar.

Asimismo, es necesario precisar que, para la viabilidad de este sistema de aprovechamiento, se requiere asumir de manera integral las condiciones que la demandan, tales como la generación de los residuos, la composición de estos y la recolección.

#### 4.1.1. Características de los residuos sólidos del Distrito de San Isidro.

**4.1.1.1. Generación.** Para la determinación de este indicador, se ha considerado información del estudio de caracterización de residuos sólidos elaborado por la Municipalidad de San Isidro en el año 2015. En la *siguiente* tabla se presenta la generación de residuos sólidos según su origen: residuos domiciliarios, no domiciliarios y barridos en vías públicas.

**Tabla 10.**

*Generación total de residuos sólidos municipales en el Distrito de San Isidro.*

<b>GENERACIÓN DE RESIDUOS SOLIDOS</b>	
<b>Por su Origen</b>	<b>Ton/día</b>
<b>RESIDUOS DOMICILIARIOS</b>	36.37
Oficinas administrativas	29.01
Locales comerciales	18.39
Oficinas profesionales	1.02
Playas de estacionamientos	9.71
Embajadas, organismos internacionales	0.35
Organismos públicos, instituciones sin fines de lucro, clubs sociales	3.15
Centros educacionales (instituciones educativas, academias, instituto y universidades)	2.40
Hoteles	1.62
<b>RESIDUOS NO DOMICILIARIOS</b>	
Restaurantes, bares, fuentes de soda, juguerías y gelaterias.	5.07
Grifos, estaciones de servicio	0.17
Entidades bancarias, financieras, cooperativas, mutuales y cajas municipales.	1.31
Supermercados o hipermercados, tienda por departamento, grandes almacenes y comercios mayores o galerías	2.73
Hostales o similares	0.64
Administradoras de fondos de pensiones, seguros y afines	1.24
Locales de juego, entretenimiento	0.10



Cochera	0.71
<b>BARRIDO EN VIAS PUBLICAS</b>	7.38
<b>TOTAL</b>	<b>121.35</b>

Nota: En San Isidro, se genera un promedio de 121.35 toneladas de residuos sólidos diarias, de las cuales el de mayor generación es de origen domiciliario. Tomado de Generación total de residuos sólidos municipales en el Distrito de San Isidro (p. 34), *por Huamani, 2015*, Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos Municipales del distrito de San Isidro.

**4.1.1.2. Generación per cápita Domiciliario (GPC).** San Isidro se caracteriza por tener dos sectores en relación al nivel socioeconómicos: estrato medio alto y alto, el estrato medio es imprescindible. La generación per cápita por estrato socioeconómico se presenta en la siguiente tabla:

**Tabla 11.**

*Generación per cápita promedio por estrato socioeconómico*

Estratos	G.P.C. por estrato (Kg./hab-día)	GPC distrital (Kg./hab-día)
<b>MEDIO ALTO</b>	0.684	<b>0.656</b>
<b>ALTO</b>	0.653	

Nota. La generación per cápita promedio del distrito de San Isidro es de 0.656 kg/hab./día. Tomado de Determinación de la generación per cápita (p. 25), *por Huamani, 2015*, Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos Municipales del distrito de San Isidro.

En la siguiente tabla se muestra la proyección estimada de la generación domiciliaria diaria en el distrito de San Isidro es de 35.92 toneladas diarias al 2017.

**Tabla 12.***Proyección anual de la generación de residuos domiciliarios*

Año	Población Proyectada	GPC (Kg/hab./día)	Generación de Residuos Sólidos		
			(t/día)	(t/mes)	(t/año)
2015 <sup>(1)</sup>	55,405	0.656	36.37	1,06.13	13,273.59
2017 <sup>(2)</sup>	54,761	0.656	35.92	1,077.70	12,932.36

Nota. En la presente tabla se proyecta la generación de residuos sólidos para el año 2017, <sup>(1)</sup>

Según el Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos Municipales del distrito de San Isidro, la población para el 2015 fue de 55,405 habitantes. <sup>(2)</sup> La proyección de la población para el 2017 se explica en el ítem 4.2. 1.

**4.1.1.3. Composición.** Los valores de composición de los residuos sólidos, al igual que la generación cápita, proporcionan las bases necesarias para definir el sistema y tecnologías de manejo de los residuos sólidos, especialmente el potencial de aprovechamiento (recuperación, reúso y/o tratamiento).

De acuerdo al estudio de caracterización de residuos sólidos municipales para el Distrito de San Isidro, la composición física de los residuos sólidos domiciliarios tiene el siguiente comportamiento. Ver tabla siguiente:

**Tabla 13.***Composición física detallada de los residuos sólidos domiciliarios*

Tipo de residuos sólidos	Estrato Alto	Estrato Medio Alto	Composición ponderada
	Composición	Composición	
1. Materia Orgánica <sup>1</sup>	53.43%	59.0%	54.06%
2. Madera, Follaje <sup>2</sup>	2.11%	0.6%	1.94%
3. Papel <sup>3</sup>	7.86%	4.7%	7.51%
4. Cartón	4.40%	2.2%	4.15%

5. Vidrio	3.87%	2.0%	3.66%
6. Plástico PET <sup>4</sup>	2.57%	1.6%	2.46%
7. Plástico Duro <sup>5</sup>	2.99%	1.9%	2.86%
8. Bolsas	4.01%	4.3%	4.04%
9. Tetrapak	1.49%	0.5%	1.38%
10. Tecnopor y similares <sup>6</sup>	0.93%	0.4%	0.87%
11. Metal	2.76%	2.9%	2.77%
12. Telas, textiles	0.96%	0.5%	0.91%
13. Caucho, cuero, jebe	0.20%	0.8%	0.26%
14. Pilas	0.04%	1.3%	0.18%
15. Restos de medicinas, etc <sup>7</sup>	0.30%	0.3%	0.30%
16. Residuos Sanitarios <sup>8</sup>	9.82%	10.4%	9.88%
17. Residuos Inertes <sup>9</sup>	1.43%	6.8%	2.03%
18. Otros	0.83%	0.1%	0.74%
TOTAL	100%	100%	100.00%

(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.

(4) Considera botellas de bebidas, gaseosas.

(5) Considera frascos, bateas, otros recipientes.

(6) Si es representativo considerarlo en este rubro, de lo contrario incorporarlo en otros.

(7) Considera restos de medicina, envases de pintura, plaguicidas y similares.

(8) Considera papel higiénico, pañales y toallas higiénicas.

(9) Considera, tierra, piedras y similares.

(10) El rubro “otros” debe ser el más pequeño posible, procurando identificar sus componentes.

Adaptado de Determinación de la composición física de los residuos domiciliarios (p. 27), *por Huamani, 2015*, Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos Municipales del distrito de San Isidro.

Tal como muestra la tabla anterior, la composición física de los residuos sólidos domiciliarios del distrito de San Isidro está conformada por: 54.06% de residuos sólidos orgánicos, 24.79% de residuos sólidos con potencial de ser reciclados y 21.15% de residuos no reaprovechables.

#### ***4.1.2. Características del almacenamiento de los residuos sólidos del sector residencial del Distrito de San Isidro.***

Los residuos sólidos generados en las viviendas unifamiliar son almacenados en: bolsas plásticas generalmente negras, contenedores de tipo metálicos (cilindros) y contenedores de plástico de alta densidad de capacidad volumétrica que varía entre 15 a 50 litros.

En las viviendas multifamiliares, así como edificios con departamentos, condominios, y conjuntos habitacionales cuentan como almacenamiento temporal como: contenedores de tipo metálicos (cilindros) y contenedores de plástico de alta densidad de capacidad volumétrica que varía entre 120 – 1100 litros.

La Municipalidad de San Isidro, de manera estratégica ha implementado la ubicación de contenedores de 1100 litros en espacios públicos para que las viviendas en condominios puedan colocar sus residuos. Actualmente se viene cambiando este sistema de almacenamiento temporal por contenedores soterrados hidráulicos de carga superior.

#### **4.1.3. Servicio del manejo de los residuos sólidos en el Distrito de San Isidro**

El servicio del manejo de residuos sólidos se encuentra tercerizado por una Empresa Operadora de Residuos Sólidos.

El servicio comprende la recolección, transporte y disposición final de residuos sólidos domiciliarios generados en todo el Distrito de San Isidro, por los vecinos en sus domicilios y los residuos domésticos provenientes de centros comerciales, mercados, restaurantes, hoteles, grandes almacenes, instituciones, embajadas y organismos internacionales y los de barrido de calles que son colocados (embolsados o en contenedores) en las bermas laterales o en los espacios de uso común de los inmuebles multifamiliares.

Está prohibida la segregación de los residuos sólidos por el personal de la empresa, así como auspiciar, fomentar o permitir la segregación por terceros.

Consideraciones presentes en el servicio:

- El conductor de cada unidad de recolección debe disponer del plano del recorrido de la ruta asignada, la cual deberá ser cumplida.
- Los ayudantes manipularán con cuidado las bolsas y recipientes que contienen los residuos sólidos evitando su rotura, la totalidad de los residuos sólidos deberán ser retirados dejando los lugares totalmente libres de residuos sólidos, en el caso de rotura o caída de residuos en la vía pública, deberán ser recogidos en su totalidad de manera inmediata, colocándolos en el vehículo recolector para su transporte.
- Los recipientes (contenedores) deberán ser devueltos a su lugar colocándolos con cuidado y con el mínimo ruido.
- Al culminar su recorrido el conductor llevará el vehículo al relleno sanitario siempre a través de recorridos predeterminados y por vías autorizadas.

- Al llegar al relleno sanitario se procederá al pesaje de la unidad, debiendo permanecer sólo el conductor, la tripulación deberá descender del vehículo para el pesaje al ingreso y a la salida del relleno sanitario.

**4.1.3.1. Recolección y Transporte.** Para el servicio de recolección el distrito de San Isidro ha sido dividido en 8 sectores de recolección, los cuales serán atendidos de lunes a sábado de 19:00 a 00:00 horas, (excepto los lunes que podrá extenderse hasta las 2:00 horas). La generación promedio se estima en 159.5 toneladas/día los días lunes y 108 toneladas/día de martes a sábado.

Adicionalmente se considera una ruta especial para recolección de residuos del comercio, de lunes a domingo de 05:30 a 14:30 horas. La generación promedio se estima en 11.5 toneladas/día.

**A. Vehículos.** La Municipalidad de San Isidro cuenta con la siguiente maquinaria para la actividad de recolección y transporte:

- Nueve (09) camiones compactadores de residuos sólidos, con caja y sistema hidráulico de compactación de 19-20 m<sup>3</sup> de capacidad, considerando una de estas unidades como retén. los días lunes deberá contarse con cuatro (04) unidades adicionales (no de uso exclusivo) a fin de realizar cuatro (04) viajes adicionales que permiten cubrir la mayor generación.
- Dos (02) camiones compactadores de residuos sólidos con caja y sistema hidráulico de compactación de 15 m<sup>3</sup> de capacidad, para complementar la actividad de recolección de residuos sólidos en todas las calles y avenidas del Distrito.
- Dos (2) camionetas doble cabina (tracción simple) exclusiva para la supervisión de la actividad.

**B. Equipamiento.** La Municipalidad de San Isidro cuenta con el siguiente equipamiento para la actividad de recolección y transporte:

- Todos los vehículos de recolección de residuos sólidos cuentan con sistemas de carga (lifter) de contenedores plásticos de hasta 1100 litros de capacidad y un sistema de contención de líquidos con la finalidad de evitar el derrame de lixiviados a la vía pública.
- Todos los vehículos de recolección de residuos sólidos están equipados con un (01) escobillón, una (1) lampa carbonera y dos (02) recogedores manuales y una (01) manta.

**C. Personal.** La Municipalidad de San Isidro cuenta con el siguiente personal para la actividad de recolección y transporte:

- Dos (02) supervisores.
- Un (01) chofer y dos (02) ayudantes por cada vehículo de recolección.

**4.1.3.2. Disposición Final.** Esta última etapa del ciclo de los residuos sólidos consiste en la adecuada disposición final en lugares especialmente acondicionados para este fin, que cumplan con ciertas características y requisitos técnicos. El diseño de estos lugares considera ciertos criterios básicos, tales como: acceso, distancia de amortiguamiento, cercado, excavación de zanjas, pendientes, manejo de lixiviados, tratamiento de gases, procedimientos de vigilancia y operación, entre otros, que, normalmente, son establecidos por las autoridades responsables de su aprobación y manejo.

Además, estos centros deben tener un suelo con baja permeabilidad, muy por encima del nivel freático para protección de las fuentes de aguas subterráneas y contar con material para la cubierta. La selección del lugar requiere un estudio hidrológico adecuado y la preparación del terreno requiere ciertas actividades de acondicionamiento como: cercado,

nivelado, apilado de material para la cubierta, construcción de bermas, instalación de sistemas de recolección de lixiviados y vigilancia.

Los Residuos Sólidos del Distrito de San Isidro, tienen como disposición final a dos (2) relleno sanitarios, administrados por “PETRAMAS S.A.C.”

Los residuos recolectados en el turno día tienen como disposición final el Relleno Sanitario modelo del Callao.

Los residuos recolectados en el turno noche tienen como disposición final el Relleno Sanitario Huaycoloro,

#### **4.2. Diseño técnico de un sistema de recolección selectiva para el aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos.**

##### ***4.2.1. Determinación del potencial en el sector residencial del Distrito de San Isidro.***

Unos de los criterios a tomar en cuenta, es el estrato socioeconómico, en el distrito de San Isidro se cuenta con los estratos medio alto y alto, en consecuencia, se puede determinar cómo potencial a todo el distrito. Sin embargo, se considera otros criterios como:

Según el censo para el año 1993, el distrito de San Isidro contó con una población de 63 004 habitantes.

Según el censo para el año 2007, el distrito de San Isidro contó con una población de 58 056 habitantes.

En base a la fórmula siguiente:

$$r = \left[ \left( \frac{P_f}{P_i} \right)^{\frac{1}{t}} \right] - 1$$



Dónde:

$P_f$  = Población final

$P_i$  = Población inicial

t = Intervalo de tiempo entre  $P_f$  y  $P_i$  (años)

r = Tasa de crecimiento poblacional

De la formula se determina que la población para el **año 2017** es de **54 761 habitantes**.

Según el Censo Nacional del año 2007, el distrito cuenta con **20 592 viviendas** que albergan una población de 58,056 habitantes. De acuerdo al tipo de vivienda, más del **50%** vive en departamentos en edificios (58.03%), el siguiente grupo lo constituye las casas independientes con 38.97% y en un porcentaje menor lo constituye las viviendas en quinta (1.96%), vivienda en casa de vecindad (0.82%).

Evaluando la densidad según censo **habitante/vivienda al 2017** se puede concluir (54 761 hab. / 20 592 viv. = 2.66 hab/viv.) aproximadamente **3 hab/viv.**

Sin embargo, en la información brindada por la Subgerencia de Gestión Ambiental del distrito de San Isidro, según el catastro afirma que la vivienda ocupada con habitantes presentes es de **17 860 viviendas**.

Evaluando la densidad **habitante/vivienda al 2017** se puede concluir (54 761 hab. / 17 860 viv. = 3.0 hab./viv.) que existe **3 hab./viv.**

**Tabla 14.***Viviendas Existentes por Subsector del distrito de San Isidro*

<b>SECTOR</b>	<b>SUBSECTOR</b>	<b>VIVIENDAS EXISTENTES</b>
<b>Sector 1</b>	1-1.	1034
	1-2.	1309
	1-3.	1529
	1-4.	475
	1-5.	1255
	1-6.	1135
<b>Total Sector 1</b>		<b>6737</b>
<b>Sector 2</b>	2-1.	313
	2-2.	905
	2-3.	371
	2-4.	427
	2-5.	1220
	2-6.	1063
	2-7.	199
<b>Total Sector 2</b>		<b>4498</b>
<b>Sector 3</b>	3-1.	905
	3-2.	1330
	3-3.	652
<b>Total Sector 3</b>		<b>2887</b>
<b>Sector 4</b>	4-1.	526
	4-2.	130
	4-3.	428
	4-4.	513
<b>Total Sector 4</b>		<b>1597</b>
<b>Sector 5</b>	5-1.	537
	5-2.	628
	5-3.	407
	5-4.	569
<b>Total Sector 5</b>		<b>2141</b>
<b>TOTAL GENERAL</b>		<b>17 860</b>

Nota. Se muestra el número de viviendas por subsector, la data fue proporcionada por la Municipalidad distrital de San Isidro, por la Subgerencia de Catastro de la Municipalidad de San Isidro.

#### **4.2.2. Determinación de la Generación Orgánica “Materia Prima”**

Según el estudio de caracterización de residuos sólidos la GPC distrital de San Isidro es de 0.656 kg/hab./día.

Asimismo, la composición física domiciliar es de 54.06% Materia Orgánica y 1.94% Madera, Follaje.

**Tabla 15.***Generación de Residuos Sólidos aprovechables – Materia Prima*

<b>Viviendas</b>	<b>Habitantes por Viviendas</b>	<b>Población</b>	<b>GPC 2017 Kg/hab./día</b>	<b>Generación total de RRSS Ton/día</b>	<b>Materia Orgánica</b>	<b>Madera, Follaje</b>	<b>Generación Total de RRSS Orgánicos</b>	<b>Generación total de Residuos Sólidos</b>	
A	B	C = A X B	D	E = C x D / 1000	0.5406	0.0194	Ton/día	Ton/mes	Ton/año
17 860	3	53580	0.656	35.15	19.00	0.68	19.68	590.49	2514.52

Nota: En la presente tabla, se proyecta la generación de residuos aprovechables orgánicos domiciliarios, que serían los residuos potenciales, para el aprovechamiento para la obtención de compost.

#### 4.2.3. Tipo de RRSS Orgánico de origen domiciliario aprovechable

Partiendo del enunciado que cualquier elemento orgánico se descompone naturalmente, se puede deducir que toda la generación orgánica domiciliar se aprovecharía para la obtención del compost.

En la tabla siguiente se presenta los residuos sólidos orgánicos que se pueden obtener de los domicilios.

**Tabla 16.**

*Lista de elementos a Segregar en la Fuente*

N°	Tipo de residuos sólidos orgánicos	Residuos orgánicos
1	Materia orgánico	Restos de cascara de fruta Restos de cascara de verdura Cascaras de huevos Restos de café, té e infusiones Desechos sólidos de cocina (pan dañado, papa, etc.)
2	Follaje	Plantas de huerto o jardín Hojas secas Restos de la siega de césped Estiércol de animales (conejo, vaca, cuy, oveja, chivo, aves) Hojas caídas de árboles y arbustos

Nota: En la presente tabla se listan los principales residuos orgánicos que se generan en las viviendas que son la materia prima para la elaboración de compost.

#### 4.2.4. Determinación del Flujo Operativo

El flujo de operación será llevado, como lo describe la siguiente figura.

**Figura 3.***Flujo de operación*

Nota. El flujo operativo, está conformada por tres operaciones.

Por google imágenes: [https://www.freepik.es/foto-gratis/pareja-joven-cocina-casa\\_12690565.htm](https://www.freepik.es/foto-gratis/pareja-joven-cocina-casa_12690565.htm), <https://lazosdelagente.com/consejos-para-usar-los-residuos-organicos-en-casa/> y <https://andina.pe/agencia/noticia-intensificaran-labores-limpieza-fiestas-ano-nuevo-san-isidro-488497.aspx>.

**A. Generación.** La generación es obtenida por el consumo diario de los pobladores de una vivienda, en la preparación de sus alimentos, y las generadas en sus jardines o plantas de dichas viviendas, descritas en la tabla N°16.

**Figura 4.***Residuos Orgánicos de las viviendas*

Nota. El potencial de residuos orgánicos son los residuos de tipo materia orgánica y follaje, que generalmente se generan, en la cocina y jardín respectivamente. Por google imágenes <https://ecologiahoy.net/medio-ambiente/reciclaje-de-frutas-y-verduras-beneficios-para-el-medio-ambiente-de-las-sobras-de-comida/> y <https://ayto-escalona.com/recogida-de-residuos-vegetales-y-restos-de-poda-domestica/>

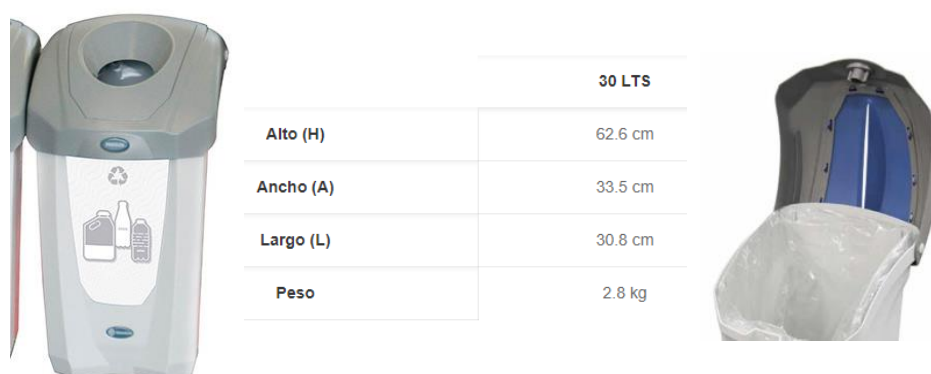
**B. Segregación en la fuente.** Todo lo generado en las viviendas residenciales tiene que ser segregado, es decir, separado entre lo aprovechable y no aprovechable. Dentro de lo aprovechable tenemos los residuos inorgánicos y orgánicos.

Los generadores tienen que ser instruidos, capacitados y/o entrenados, para tener esa facultad de segregar los residuos sólidos función importante que tiene que ser realizado por la municipalidad de San Isidro. Los mecanismos y/o estrategias que usen son fundamentales para el inicio y mantenimiento de este aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos. Teniendo la visión en generar una cultura esta etapa en la vida cotidiana.

Asimismo, es necesario que la participación de la municipalidad sea constante, la capacitación, tiene que ser puerta a puerta, o bien aprovechar los eventos distritales para retroalimentar dicho aprovechamiento de residuos orgánicos.

Según el ítem 4.1.2. la población dispone sus residuos en bolsas plásticas que rodona el 15 a 50 litros de capacidad, si tomamos el valor máximo de 50 litros y consideramos la información de la tabla N°13, la composición de materia orgánica y follaje es de 55.54 %, nos da un volumen de 27.77 litros aproximadamente 30 litros.

La municipalidad de San Isidro podría dotar a los vecinos unos tachos con filtros para que ellos segreguen los residuos orgánicos. Dentro de ellos estaría una bolsa biodegradable de un color característico para poder identificar, se recomienda de color marrón, esto sería lo entregado al servicio de recolección y transporte de residuos orgánicos.

**Figura 5.***Contenedor de 30 litros*

Nota: Contenedor de capacidad de 30 litros, en el cálculo de capacidad nos da un valor de 27.77 litros, para ser un contenedor de fácil adquisición, se aproxima al valor más cercano de tamaño comercial, que sería el contenedor de 30 litros. Por Distribucion Servicios y Asesoría S.A. <https://disa.com.pe/producto/punto-ecologico-nexus-30-lts/>.

**C. Recolección y Transporte.** Para el servicio de recolección y transporte se tiene que considerar el factor humano (operarios y conductor), el tipo y número de vehículos a utilizar y herramientas.

Para el factor humano, se tiene que contar con personal competente, con habilidad física, con conocimientos básicos en residuos, con mucha empatía para los vecinos. Asimismo, se debe cumplir los estándares de seguridad y salud ocupacional.

El tipo de vehículo de recolección y transporte es diseñado en el ítem 4.2.5.2. El color del vehículo, tiene que ser característico para que los vecinos puedan diferenciar, se recomienda de color marrón.



La recolección y transporte de residuos sólidos orgánicos tiene que ser diario, en horarios en la el que el tráfico es reducido. Se recomienda que sea antes de la recolección rutinaria de residuos sólidos municipales. Se plantea el siguiente horario de recolección:

**Tabla 17.**

**Tabla 18.** *Horario de Recolección – Ruta N°01*

<b>RUTA 1 - recorrido de la recolección</b>			
<b>Día</b>	<b>Horario</b>	<b>Sub sector</b>	<b>Calles referenciales</b>
<b>Lunes - Domingo</b>	09:00 - 10:30	2.3	Ca. Tnte. Chabrier, Ca. Tnte. Romanet, Ca. José Gomez, Ca. Paul Harris, Ca. Roman Seminario.
	10:30 - 12:15	2.4	Residencial Santa Cruz.
	12:15 - 13:45	2.2	Av. Antonio Pezet, Ca. General la Fuente, Ca. Marcos Salazar, Av. Perez Aranibar, Av. Octavio Espinoza, Ca. Valle Riestra, Ca. Dellepiane, Ca. Godofredo García, Av. Salaverry.
	12:45 - 15:00	2.2	Av. Pezet, Ca. Bolognesi, Ca. Dionisio de Anchorena, Ca. Antunez de Mayolo, Ca. Dellepiane, Ca. Valle Riestra, Ca. Moshe, Ca. Baltazar la Torre.

Nota. Para la presente ruta 1, tendrá un inicio desde las 09:00 hasta las 15:00 horas, recorriendo 4 subsectores

**Tabla 19.**

*Horario de Recolección – Ruta N°02*

<b>RUTA 2 - recorrido de la recolección</b>			
<b>Día</b>	<b>Horario</b>	<b>Sub sector</b>	<b>Calles referenciales</b>
<b>Lunes - Domingo</b>	9:00 - 11:15	1.3	Ca. Rocca Vergallo, Ca. Flora Tristan, Ca. Clemente X, Av. Manuel Ugarte y Moscoso, Ca. Tomas Ramsey, Ca. Juan Manuel Polar, Ca. Manuel Gonzales la Rosa.

11:15 - 12:30	2.1	Ca. Bernardo Monteagudo, Av. Manuel Ugarte y Moscoso, Ca. Dionisio Anchorena, Ca. Augusto Bolognesi, Av. Antonio Pezet.
12:30 - 13:45	1.4	Ca. Carlos Osore, Ca. Los Castaños, Ca. Las Moreras, Ca. Moshe, Ca. Baltazar la Torre, Ca. Nolberto Elespuru, Ca. Jose Granda, Av. Aurelio Miroquezada.
13:45 - 15:00	2.7	Av. Augusto Perez Aranibar, Ca. Cabo Blanco, Ca. Punta Negra, Ca. Godofredo García, Ca. Esparta, Ca. Atenas, Av. Salaverry, Av. Manuel Ugarte y Moscoso.

Nota. Para la presente ruta 2, tendrá un inicio desde las 09:00 hasta las 15:00 horas, recorriendo 4 subsectores

### Tabla 20.

#### Horario de Recolección – Ruta N°03

<b>RUTA 3 - recorrido de la recolección</b>			
<b>Día</b>	<b>Horario</b>	<b>Sub sector</b>	<b>Calles referenciales</b>
<b>Lunes - Domingo</b>	9:00 - 10:30	5.2	Ca. Ricardo Angulo, Calle N° 14, 16, 18, 21; Ca. Ruiseñores Este, Av. Del Parque Norte, Ca. Las Grojillas, Ca. Los Milanos, Av. Carriquiry, Ca. Las Castanitas, Ca. Herrerillos.
	10:30 - 10:50	5.2	Ricardo Angulo, ( cuadra 1, 2 y 3), Calle 2
	10:50 - 11:30	5.1 (20%)	Ca. Anades, Ca. Tordillas, Ca. Castañitas, Ca. Ruiseñores Oeste, Av. Pablo Carriquiry
	11:30 - 12:45	5.3	Av. Javier Prado, Ca. Enrique Ferreyros, Ca. Roncalla, Ca. Luis Aldana, Calle N° 8, 6
	12:45 - 13:45	5.3	Ca. Enrique Ferreyros, Calle N° 15, Av. Del Parque Norte, Av. Guardia Civil, Ca. Virtud y Unión y Av. Barrenechea

Nota. Para la presente ruta 3, tendrá un inicio desde las 09:00 hasta las 13:45 horas, recorriendo 4 subsectores

**Tabla 21.***Horario de Recolección – Ruta N°04*

<b>RUTA 4 - recorrido de la recolección</b>			
<b>Día</b>	<b>Horario</b>	<b>Sub sector</b>	<b>Calles referenciales</b>
<b>Lunes - Domingo</b>	9:00 - 10:45	5.1 (80%)	Calle 21, Calle 41, Av. Canaval Moreyra, Ca. Las Oropendolas, Psje N° 23, 24, 25, 34, Av. Carriquirry, Av. Del Parque Sur, Av. Ricardo Angulo, Av. Guardia Civil.
	10:45 - 12:35	5.4	Calle N° 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33; Psje. N° 18, 21, 22; Av. Guardia Civil, Av. Del Parque Sur, Av. Ricardo Angulo
	12:35 - 13:00	5.4	Av. Del Parque Sur, Ca. Paz y Perfecta Unión, Ca. Orden y Libertad, Av. José Galvez Barrenechea.

Nota. Para la presente ruta 4, tendrá un inicio desde las 09:00 hasta las 13:00 horas, recorriendo 3 subsectores.

**Tabla 22.***Horario de Recolección – Ruta N°05*

<b>RUTA 5 - recorrido de la recolección</b>			
<b>Día</b>	<b>Horario</b>	<b>Sub sector</b>	<b>Calles referenciales</b>
<b>Lunes - Domingo</b>	9:00 - 11:00	4.4	Ca. Gavilanes, Ca. Las Garzas, Ca. Gorriones, Ca. Alcatraces, Av. Del Parque, Ca. Colibries, Ca. Flamencos, Ca. Los Halcones, Ca. Golondrinas, Ca. Tucanes, Ca. Los Cisnes, Ca. Manuel G. Olaechea, Av. Andrés Aramburú, Av. Paseo de la República, Av. Canaval Moreyra, Av. República de Panamá.
	11:00 - 12:30	4.3	Av. Aramburú, Ca. La Florida, Ca. Chacarilla, Ca. Río de la Plata, Ca. La Habana, Ca. República de Colombia, Ca.

			Coronel Odriozola, Ca. Felipe Villarán, Ca. Sebastian Telleria, Ca. Federico Villarreal, Av. Petit Thours, Ca. Capitan la Jara, Ca. Juan del Carpio.
	12:30 - 14:00	4.1	Av. Juan de Arona, Av. Paseo Parodi, Ca. Antequera, Ca. Chinchon, Ca. Amador Merino, Ca. Audiencia, Ca. Andres Reyes, Ca. Camelias, Ca. Lirios, Ca. San Martin de Porres, Ca. Percy Gibson, Ca. Virrey Abascal, Ca. Virrey Toledo, Ca. Olavide, Ca. Felipe Villarán, Ca. Sebastian Telleria, Ca. Federico Villarreal, Av. Petit Thours.
	14:00 - 14:30	4.2	Ca. Antequera, Ca. Chinchon, Ca. Los Geranios

Nota. Para la presente ruta 5, tendrá un inicio desde las 09:00 hasta las 14:30 horas, recorriendo 4 subsectores.

**Tabla 23.**

*Horario de Recolección – Ruta N°06*

<b>RUTA 6- recorrido de la recolección</b>			
<b>Día</b>	<b>Horario</b>	<b>Sub sector</b>	<b>Calles referenciales</b>
<b>Lunes - Domingo</b>	9:00 - 10:00	3.3	Av. Arequipa, Av. Paz Soldan, Ca. Antero Aspillaga, Ca. Prolongacion Arenales, Ca. Choquehuanca (1-3), Ca. Paillardelle, Ca. Raymundo Morales de la Torre, Ca. El Aromito, Ca. Mariano Jose de Arce, Ca. Agustin de la Torre.
	10:00 - 11:30	3.3	Av. Paz Soldan, Ca. Choquehuanca , Ca. Hemilio Hernandez, Ca. La Republica, Ca. Alberto Arca Parra, Ca. San Alejandro, Ca. Perez de Tudela, Ca. Carolina Vargas, Ca. Paz Soldan, Ca. Guanahani, Ca. Esquilache, Ca. Puerto de Palos, Ca. Conde de la Monclova, Ca. Santa Maria, Ca. La Niña, Ca. La Pinta, Ca. Juan Caverro. Ca. Ernesto Plascencia.
	11:30 - 12:00	3.2	Av. Miroquesada, Av. Sto Toribio, Ca. Choquehuanca (9-8), Alzamora (4)

12:00 - 13:30	3.2	Av. Conquistadores, Av. Camino Real, Av. Libertadores.
13:30 - 14:15	3.2	Av. Cavenecia. Ca. Aberto Lynch, Ca. Lord Cochrante, Ca. Del Llano, Av. Conquistadores (11-12), Ca. Alfredo Salazar (1-4)
14:15 - 15:50	3.1 (60%)	Av. Victor Belaunde, Av. Arequipa, Ca. Santa Luisa, Av. Daniel Hernandez (Del Bosque), Ca. Tradiciones, Ca. Ricardo Palma, Ca. Ollanta, Ca. Huanca, Ca. Bañon, Ca. Machaypiuto, Av. Javier Prado, Av. Jorge Basadre, Ca. Los Sauces, Ca. Los Pinos, Ca. Los Olivos, Ca. Bañon, Ca. Los Fresnos.

Nota. Para la presente ruta 6, tendrá un inicio desde las 09:00 hasta las 15:50 horas, recorriendo 3 subsectores.

**Tabla 24.**

*Horario de Recolección – Ruta N°07*

<b>RUTA 7- recorrido de la recolección</b>			
<b>Día</b>	<b>Horario</b>	<b>Sub sector</b>	<b>Calles referenciales</b>
<b>Lunes - Domingo</b>	9:00 - 11:30	1.1	Av. Cádiz, Av. Guillermo Prescott, Ca. Guillermo Marconi, Ca. Burgos, Av. Salaverry, Ca. Tomas Edison, Av. Dos de mayo, Ca. Barcelona, Baltazar la Torre, Ca. Sanchez Carrion, Ca. Burgos
	11:30 - 12:15	1.2	Ca. Burgos (1), Av. Dos de Mayo (15-12), Av. Javier Prado (15-12), Flores, Nogales, Laureles, Cedros, Robles,
	12:15 - 13:00	1.2	Av. Dos de Mayo (11-7), Av. Javier Prado (11-7), Alamos, Cipresses, Naranjos, Ficus, Palmeras
	13:00 - 13:20	1.2	Av. Prescott, Av. Dos de mayo, Av. Jose Leal, Av. Cadiz, Ca. Burgos, Ca. Barcelona, Ca. Las Flores, Ca. Los Laureles, Ca. Los Nogales, Ca. Los Cedros, Ca. Los Robles, Ca. Los Alamos, Ca. Cipreses, Ca. Los

---

Naranajos, Ca. Los Ficus, Ca. Las Palmeras

---

13:20 - 14:00      3.1 (40%)      Av. Dos de Mayo, Av. Javier Prado, Ca. Los Sauces, Ca. Los Pinos, Psj. Jorge Arrospide, Ca. Los Olivos,

---

Nota. Para la presente ruta 7, tendrá un inicio desde las 09:00 hasta las 14:00 horas, recorriendo 4 subsectores.

**Tabla 25.**

*Horario de Recolección – Ruta N°08*

<b>RUTA 8- recorrido de la recolección</b>			
<b>Día</b>	<b>Horario</b>	<b>Sub sector</b>	<b>Calles referenciales</b>
<b>Lunes - Domingo</b>	09:00 - 10:15	1.5	Av. Aurelio Miroquesada, Ca. Las Flores, Ca. Los Laureles, Ca. Los Nogales, Ca. Lizardo Alzamora Oeste, Ca. Choquecuanca, Av. Nicolas Rivera, Av. Jorge Basadre Grohmann.
	10:15 - 10:45	1.5	Ca. Porras Osos, Ca. Los Eucaliptos, Ca. Jose Granda (1-2)
	10:45 - 11:45	1.6	Ca. Lizardo Alzamora Oeste (2), Av. Miroquesada (2), Ca. Choquehuanca (10-11), Av. Los Cedros, Av. Nicolas de Ribera(1-2), Av. Jorge Basadre(8-11), Ca. Las Palmeras, Ca. Los Cipreses, Ca. Los Alamos, Ca. Los Robles, Av. Javier Prado Oeste(9-12).
	11:45 - 12:45	1.6	Ca. Lizardo Alzamora Oeste (1), Av. Miroquesada (3), Ca. Choquehuanca (8-9), Av. Los Cedros, Av. Nicolas de Ribera (3-5), Av. Jorge Basadre(7-6), Ca. Las Palmeras, Ca. Ficus, Ca. Naranjos, Ca. Los Alamos, Ca. Los Robles, Av. Javier Prado Oeste(1-8).

Nota. Para la presente ruta 8, tendrá un inicio desde las 09:00 hasta las 12:45 horas, recorriendo 2 subsectores.

**Tabla 26.***Horario de Recolección – Ruta N°09*

<b>RUTA 9- recorrido de la recolección</b>			
<b>Día</b>	<b>Horario</b>	<b>Sub sector</b>	<b>Calles referenciales</b>
<b>Lunes - Domingo</b>	09:00 - 10:00	2.5	Av. Pezet, Av. Boulevard Roosevelt, Av. Alvarez Calderón, Ca. Muniz, Ca. Samanez, Ca. Franciso Eguiguren, Ca. Basurco; Psje. Mario Polar, Ca. General Clement, Ca. Blas Cerdeña, Ca. Graña, Ca. Basurco
	10:00 - 10:45	2.5	Ca. Leonidad Yerovi, Av. Miguel Dasso, Psje. Mario Polar, Ca. General Clement, Ca. Blas Cerdeña, Ca. Graña.
	10:45 - 11:15	2.6	Ca. Alfredo Salazar, Ca. Victor Maurtua, Ca. Blas Cerdeña, Ca. Francisco Tudela y Varela, Ca. Mariscal Sucre, Ca. Los Cibeles.
	11:15 - 12:45	2.6	Av. Belen, Ca. Alfredo Salazar, Av. General Jacinto Lara, Ca. Santa Teresita, Ca. Victor Maurtua.

Nota. Para la presente ruta 9, tendrá un inicio desde las 09:00 hasta las 12:45 horas, recorriendo 2 subsectores.

La operación propuesta para la recolección de los residuos sólidos orgánicos, es contar con dos operarios y un chofer por ruta. Los operarios, contarán con la indumentaria y EPP's adecuados, asimismo, usaran los contenedores de 120 litros con rueda, para recolectar los residuos orgánicos de las viviendas que están frente a frente de la ruta de recolección y/o de las vías (carretera, calle y/o pasaje), como se aprecia en la figura 6, para luego ser depositados en los camiones de recolección y transporte.

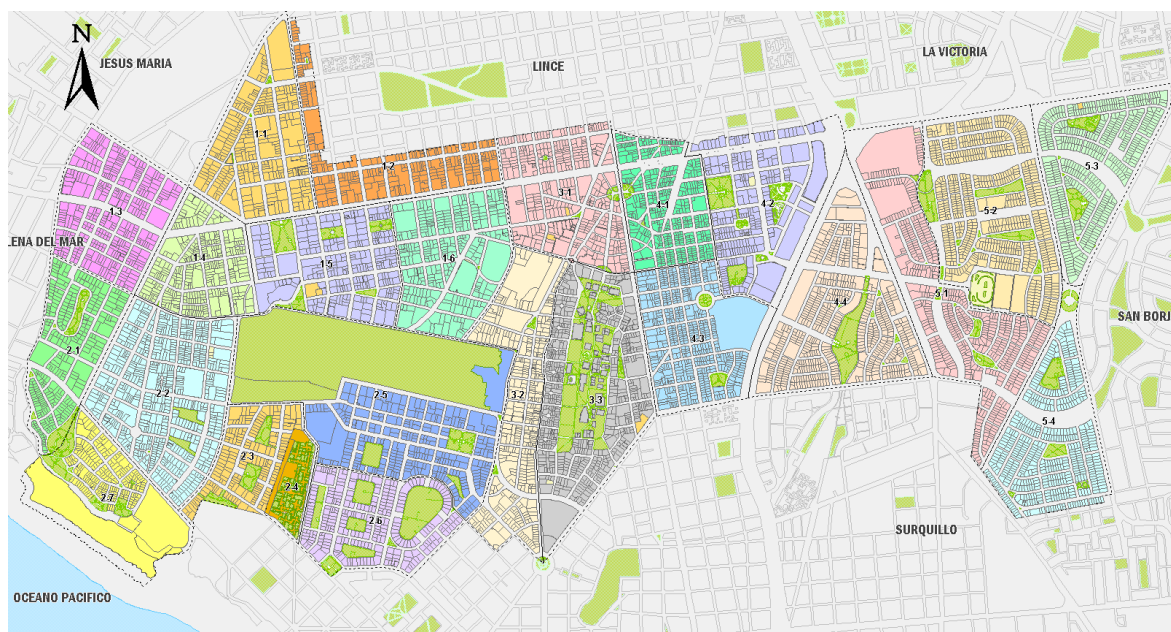
**Figura 6.***Recolección puerta por puerta*

Nota. El mecanismo de recolección puerta por puerta es aplicado en la recolección regular de residuos sólidos, para la presente investigación también se propone dicho mecanismo. Adaptada recolección puerta por puerta, por google imágenes, [https://www.freepik.es/vector-premium/panorama-city-building-casas-tiendas-boutique-cafe-libreria-centro-comercial-cruce-semaforo\\_22203973.htm](https://www.freepik.es/vector-premium/panorama-city-building-casas-tiendas-boutique-cafe-libreria-centro-comercial-cruce-semaforo_22203973.htm) y <https://friendlystock.com/es/LOS-PRODUCTOS/basurero-descargando-basura-cami%C3%B3n-de-basura/>

**4.2.5. Diseño de la Operatividad**

El distrito de San Isidro cuenta con cinco (05) sectores. La operatividad estará marcada en la determinación de rutas de recolección y el tipo de vehículo recolector, que es directamente proporcional al volumen de los residuos sólidos.



**Figura 7.***Subsectores del Distrito de San Isidro*

Nota. El distrito de San Isidro, cuenta con 5 sectores, asimismo, cuenta con 24 subsectores.

Tomado Sub-sectores vecinales, por Municipalidad distrital de San Isidro, <http://msi.gob.pe/portal/participacion-vecinal/mapa-del-distrito/>.

**4.2.5.1. Rutas de Recolección Selectiva de Residuos Orgánicos.** Para la presente investigación se propone nueve (09) rutas de recolección de residuos sólidos orgánicos. Conformados de la siguiente manera.

**Tabla 27.**

*Nº de Rutas de Recolección de Residuos Orgánicos y Distancias a recorrer*

<b>Nº de Ruta</b>	<b>Subsectores</b>	<b>Viviendas</b>	<b>Distancia (Km)</b>
<b>Ruta N°01</b>	2-2, 2-3 y 2-4	1 703	19 841
<b>Ruta N°02</b>	1-3, 1-4, 2-1 y 2-7	2 516	23 785
<b>Ruta N°03</b>	5-1 (20%), 5-2 y 5-3	1 143	18 851

<b>Ruta N°04</b>	5-1 (80%) y 5-4	998	15 129
<b>Ruta N°05</b>	4-1, 4-2, 4-3 y 4-4	1 597	26 830
<b>Ruta N°06</b>	3-1(60%), 3-2, y 3-3	2 525	20 537
<b>Ruta N°07</b>	1-1, 1-2 y 3-1 (40%)	2 705	13 757
<b>Ruta N°08</b>	1-5 y 1-6	2 390	12 831
<b>Ruta N°09</b>	2-5 y 2-6	2 283	11533

Nota. La propuesta para la investigación propone 09 rutas de recolección, que recorren todos los subsectores del distrito de San Isidro, asimismo, se tiene el número de viviendas por ruta y la distancia recorrida.

Los planos se encuentran en el Anexo B

Plano R-01: Ruta N°01 Recolección Selectiva de Residuos Sólidos Orgánicos

Plano R-02: Ruta N°02 Recolección Selectiva de Residuos Sólidos Orgánicos

Plano R-03: Ruta N°03 Recolección Selectiva de Residuos Sólidos Orgánicos

Plano R-04: Ruta N°04 Recolección Selectiva de Residuos Sólidos Orgánicos

Plano R-05: Ruta N°05 Recolección Selectiva de Residuos Sólidos Orgánicos

Plano R-06: Ruta N°06 Recolección Selectiva de Residuos Sólidos Orgánicos

Plano R-07: Ruta N°07 Recolección Selectiva de Residuos Sólidos Orgánicos

Plano R-08: Ruta N°08 Recolección Selectiva de Residuos Sólidos Orgánicos

Plano R-09: Ruta N°09 Recolección Selectiva de Residuos Sólidos Orgánicos

**4.2.5.2. Vehículos de Recolección de Residuos Orgánicos.** Según la FAO (2013), en su obra titulada *Maneja de Compostaje del Agricultor*, la densidad de los residuos sólidos orgánicos es de 250 kg/m<sup>3</sup>. Teniendo esta premisa se determinará el volumen a obtener

por ruta de recolección, así como las dimensiones o capacidades que tengan los vehículos recolectores convencionales.

**Tabla 28.**

*Generación Total de RRSS Orgánicos por Ruta Ton/día*

<b>N° de Ruta</b>	<b>Viviendas</b>	<b>Población</b>	<b>Generación total de RRSS Ton/día</b>	<b>Generación Total de RRSS Orgánicos Ton/día</b>
	<b>A</b>	<b>C=AxB</b>	<b>E = C x D / 1000</b>	<b>G = E x F</b>
<b>Ruta N°01</b>	1 703	5 109	3.3515	1.8768
<b>Ruta N°02</b>	2 516	7 548	4.9515	2.7728
<b>Ruta N°03</b>	1 143	3 429	2.2494	1.2597
<b>Ruta N°04</b>	998	2 994	1.9641	1.0999
<b>Ruta N°05</b>	1 597	4 791	3.1429	1.7600
<b>Ruta N°06</b>	2 525	7 575	4.9692	2.7828
<b>Ruta N°07</b>	2 705	8 115	5.3234	2.9811
<b>Ruta N°08</b>	2 390	7 170	4.7035	2.6340
<b>Ruta N°09</b>	2 283	6 849	4.4929	2.5160

Nota. La tabla, presenta la generación de residuos sólidos en toneladas diarias por ruta. Para lo cual contamos con los siguientes datos:

Habitantes por Vivienda (B): 3 hab/viv

GPC 2017 (D): 0.656 Kg/hab/día

% Materia Orgánica: 54.06%

% Madera, Follaje: 1.94%

% Total de Materia Organica por el Calculo (F): 54.06 % + 1.94 % = 56% (0.56)

**Tabla 29.***Proyección del Volumen por Ruta*

<b>N° de Ruta</b>	<b>Generación Total de RRSS Orgánicos kg/día H = G x 1000</b>	<b>Peso RRSS Orgánicos Ton/día G = E x F</b>	<b>Volumen RRSS Orgánicos m3/día J = H / I</b>
<b>Ruta N°01</b>	1876.8422	1.8768	7.5074
<b>Ruta N°02</b>	2772.8333	2.7728	11.0913
<b>Ruta N°03</b>	1259.6774	1.2597	5.0387
<b>Ruta N°04</b>	1099.8758	1.0999	4.3995
<b>Ruta N°05</b>	1760.0218	1.7600	7.0401
<b>Ruta N°06</b>	2 782.752	2.7828	11.1310
<b>Ruta N°07</b>	2 981.1264	2.9811	11.9245
<b>Ruta N°08</b>	2633.9712	2.6340	10.5359
<b>Ruta N°09</b>	2516.0486	2.5160	10.0642
<b>TOTAL</b>	19683.149	19.6831	78.7326

Nota. La tabla, presenta la generación de residuos sólidos en metros cubicos diarias por ruta.

Para lo cual contamos con los siguientes datos:

Densidad de Residuos Organicos (I): 250 kg/m3

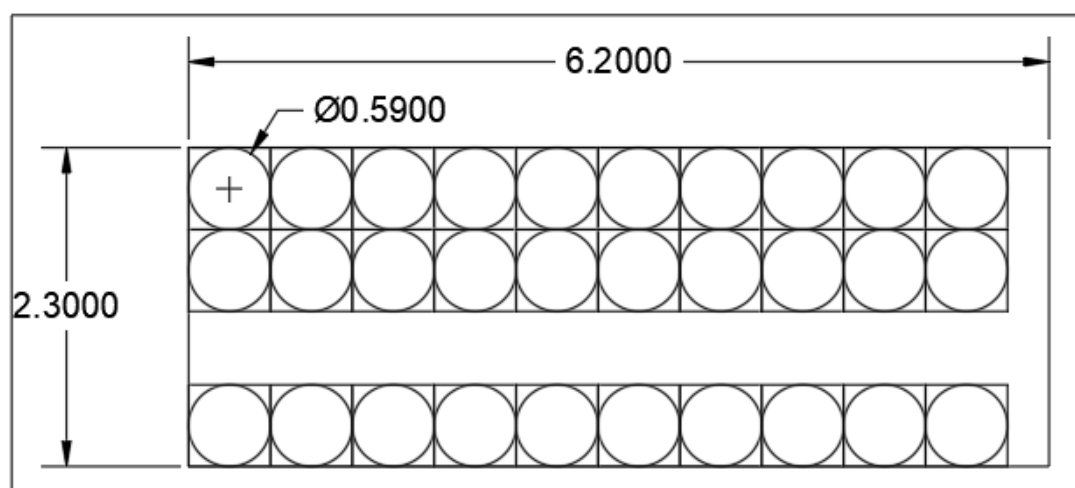
Según R.M. N°091-2020-MINAM (2020), Los vehículos convencionales para la recolección son los camiones de tipo compactador y de tipo baranda o volquetes. Sin embargo, en la práctica encontramos vehículos de tipo compactador, baranda y furgón.

A continuación, se describen, las características dimensionales del camión compactador y camión baranda o volquetes, son las siguientes:

**Tabla 30.***Capacidad de carga vehicular*

<b>Vehículo</b>	<b>Capacidad</b>	<b>Largo x Ancho x Altura</b>	<b>Comentario</b>
<b>Compactador</b>	7 m <sup>3</sup> *	5.255 x 1.980 x 1.885	Según PESCO (s.f.), la caja compactadora tiene distintas dimensiones, según la capacidad de carga.
<b>Compactador</b>	15 m <sup>3</sup> *	5.843 x 2.440 x 2.349	
<b>Compactador</b>	20 m <sup>3</sup> *	7.056 x 2.440 x 2.349	
<b>Baranda o furgón.</b>	6.24 m <sup>3</sup> **	6.200 x 2.300 x 2.800	Según D.S. N°058-2003-MTC (2003), el compartimiento de carga podrá tener como máximo: ancho 2.60 m., altura 4.30 m y de largo 13.20 m.

Nota. \*) La capacidad de diseño de estos compactadores son establecidos por el fabricante en las fichas técnicas. \*\*) La capacidad de este tipo de vehículos está sujeto al contenedor donde se almacenarán los residuos orgánicos, para lo cual se tiene a nivel comercial los cilindros de 55 galones (0.2081 m<sup>3</sup>), las cuales cuentan con un diámetro de 0.59 m. y una altura de 0.98 m.

**Figura 8.***Capacidad de contenedores de 55 gal que ocupan un camión de tipo baranda o furgón*

Nota. El diseño propuesto para la recolección tendría esta característica, la tolva comercial que cuentan con las medidas de 6.20 metros de largo y 2.30 metros de ancho, cabrían en su interior 30 cilindros metálicos, estos tendrían una capacidad de 6.24 metros cúbicos. Considerando que la densidad de los residuos orgánicos es de 250 kg/m<sup>3</sup> (Martínez et al., 2013), en dicha tolva con el diseño propuesto tendría una disponibilidad de 1,560 kilogramos.

Con la información de las tablas 28 y 29, se seleccionara los tipos de vehículos que realizaran la recolección a cada una de las rutas establecidas, las cuales se presentan en la siguiente tabla.

**Tabla 31.**

*Tipo de Vehículo a contar por Ruta de Recolección.*

<b>N° de Ruta</b>	<b>Volumen RRSS Orgánicos m<sup>3</sup>/día</b>	<b>Vehículo Seleccionado</b>
<b>Ruta N°01</b>	7.5074	Compactador 15 m <sup>3</sup> .
<b>Ruta N°02</b>	11.0913	Compactador 15 m <sup>3</sup> .
<b>Ruta N°03</b>	5.0387	baranda o furgón.
<b>Ruta N°04</b>	4.3995	baranda o furgón.
<b>Ruta N°05</b>	7.0401	Compactador 15 m <sup>3</sup> .
<b>Ruta N°06</b>	11.1310	Compactador 15 m <sup>3</sup> .
<b>Ruta N°07</b>	11.9245	Compactador 15 m <sup>3</sup> .
<b>Ruta N°08</b>	10.5359	Compactador 15 m <sup>3</sup> .
<b>Ruta N°09</b>	10.0642	Compactador 15 m <sup>3</sup> .

Nota. Para la recolección selectiva de residuos sólidos orgánicos, se contaría con siete (07) camiones de tipo compactador de capacidad de 15 m<sup>3</sup> y dos (02) camiones de tipo furgón o baranda.

### 4.3. Diseño técnico de un sistema de compostaje para el aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos.

#### 4.3.1. Escala de la Planta de Compostaje

Según (Córdova y Rodríguez, 2006), para estimar el tamaño máximo de una planta de composta se debería (...) determinar el área de influencia de la planta con respecto a la materia prima, determinar la materia prima máxima disponible en t/año. Con base en los recursos disponibles actuales determinar el modo de operación más adecuado y estimar las necesidades de espacio en m<sup>2</sup>/t/año y calcular el tamaño del predio requerido.

**Tabla 32.**

*Tipo de Planta de Compostaje.*

<b>Planta de Compostaje</b>	<b>Composta producido ton/año</b>
<b>Manual</b>	< 50
<b>Parcialmente mecanizadas</b>	50 -500
<b>Mecanizadas</b>	>500

Nota. El tipo de planta de compostaje se obtiene por la producción de composta anual, es decir, cuantas toneladas de compost al año se podría producir. Adaptada de Tipos de operación de la planta (pp. 53-55), por Córdova y Rodríguez, 2006, Manual de Compostaje Municipal: Tratamiento de residuos sólidos urbanos.

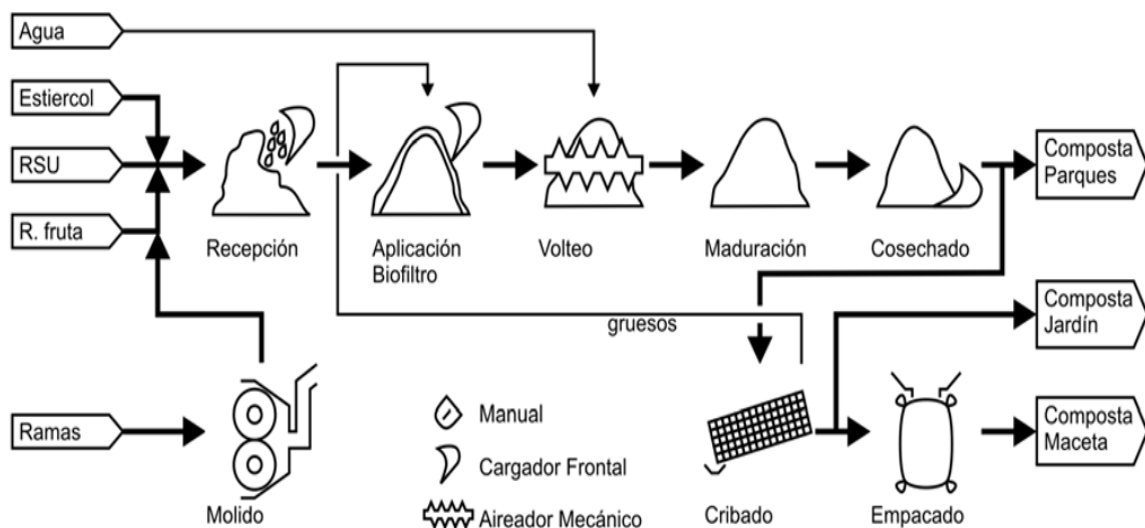
Según la tabla N° 28, la recolección diaria es de 19.6831 ton/día y 78.7326 m<sup>3</sup>/día, sin embargo, según FAO (2013), durante el proceso de compostaje, la pila disminuye de tamaño

(hasta un 50% en volumen) debido en parte a la compactación y en parte a la pérdida de carbono en forma de CO<sub>2</sub>.

Para fines prácticos y para el cálculo, se tiene que el volumen diario que se genera es de 78.7326 m<sup>3</sup>/día, es decir se reduciría a un 50 %, quedando 39.3663 m<sup>3</sup>/día, tenemos que la densidad es de 0.25 ton/ m<sup>3</sup>, es decir, se tendría generado un compostaje diario de 9.8416 ton/día. Finalmente se tendría 3,592 ton/año de compost producido, según tabla N°31, se optaría por una planta de compostaje mecanizada.

**Figura 9.**

*Diagrama de procesos de una Planta de Compostaje mecanizada en Pilas*



Nota. Las plantas mecanizadas cuentan como mínimo estos procesos. Tomado de Tipos Diagrama de procesos de una Planta de Compostaje mecanizada en Pilas (p. 56), por Córdova y Rodríguez, 2006, Manual de Compostaje Municipal: Tratamiento de residuos sólidos urbanos.



### 4.3.2. Ciclo del Proceso Operativo y Método de Tratamiento

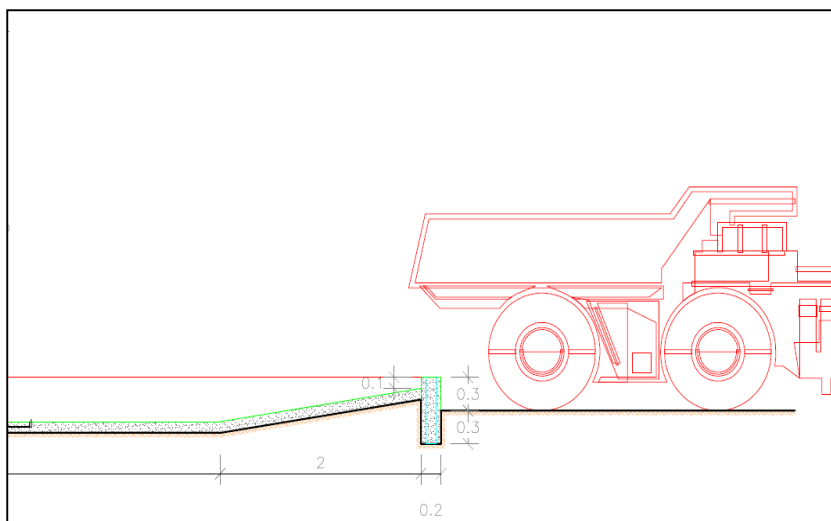
**4.3.2.1. Separación de Residuos.** Según Córdova y Rodríguez (2006), la separación consiste en eliminar de la fracción orgánica los elementos que no se degradan biológicamente y aquellos que pueden causar la contaminación de las operaciones biológicas.

Los camiones recolectores ingresaran a esta área de descarga donde existirá una plataforma con un leve desnivel, los residuos ya descargados se extenderán por toda la superficie con el objetivo de identificar aquellos elementos tóxicos para el compostaje o bien sean grandes para el transporte y/o duros para el siguiente proceso. Se recomienda utilizar maquinarias pesadas como el cargador frontal para desparramar y/o tender los residuos, así como para de transportar dichos electos no adecuados para el compostaje.

Los elementos descartados serán almacenados de forma temporal para después ser dispuestos en los rellenos sanitarios.

#### Figura 10.

*Área de descarga de Residuos Sólidos Orgánicos.*

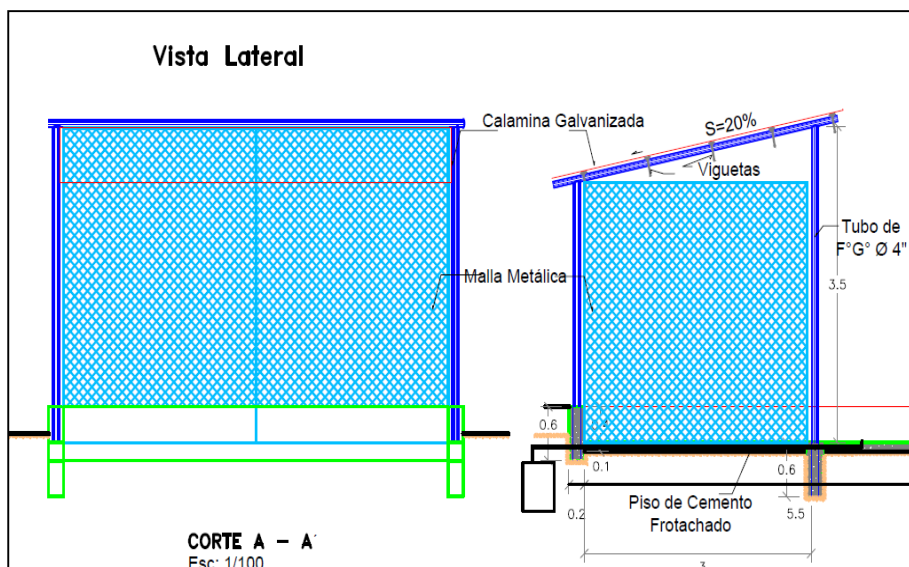


Nota. Los residuos sólidos se descargarán en este ambiente para separar los residuos sólidos orgánicos, de otros residuos que llegaron por error entre ellos las bolsas plásticas o residuos especiales peligrosos.

**4.3.2.2. Reducción de tamaño – Trituración.** La trituración se podría utilizar para los residuos provenientes de la poda o para los residuos que se requiera reducir el tamaño que facilitaría su degradación. No se recomienda, que todos los residuos pasen por la trituración, salva los antes mencionados, los residuos orgánicos provenientes de las viviendas tienen la característica de ser de menor tamaño. La eficiencia en este proceso también depende del tipo de bolsa de almacenamiento, es recomendable utilizar bolsas biodegradables. Esta área de trituración estaría continua al área de descarga, se recomienda utilizar un cargador frontal/bobcat, para el cargado y vaciado al triturador/molino.

**Figura 11.**

*Área de Trituración de Residuos Sólidos Orgánicos*



Nota. Los residuos provenientes de la poda de las viviendas, como las ramas, hojas de gran tamaño, podrán ser triturados para facilitar su descomposición.

**4.3.2.3. Formulación.** En el proceso de compostaje la relación C/N tiene que mantenerse constante, asimismo, tiene que inducirse a que inicien en este rango para evitar errores operacionales, Según la FAO (2013), la relación C/N varía a lo largo del proceso, siendo una reducción continua, desde 35:1 a 15:1, por su parte, Córdova y Rodríguez, 2006, menciona que los valores ideales de esta relación C/N para un buen compostaje se encuentran entre 25 y 35 (esto es 25 de C por una de N y 35 de C por uno de N). Si el material de partida contiene demasiado carbono, la relación será muy alta y el proceso será lento, las temperaturas no subirán suficientemente y se perderá el exceso de carbono en forma de CO<sub>2</sub>, si, por el contrario, el material contiene demasiado nitrógeno, la relación es baja y se producirán pérdidas de este elemento en forma de amoníaco (NH<sub>3</sub>). Así pues, cuando los materiales de origen tienen una relación C/N más alta, deben añadirse materiales ricos en nitrógeno, y viceversa. La aplicación de composta madura es también un buen regulador, se puede adicionar es esta etapa.

En esta etapa se tiene que contar con un cargador frontal/bobcat, la misma que transportara el material que se tiene que adicionar, de tal forma que se combinen y se logre obtener la relación C/N antes mencionada. Con la práctica se podrá dimensionar con mayor precisión qué tipos de residuos orgánicos municipales del distrito de San Isidro se puedan combinar ya sea por la identificación de los colores que van desde el color verde al color café, o bien se podrá utilizar agentes químicos que logren obtener esta relación C/N inicial.

**4.3.2.4. Transporte Interno.** La movilización de residuos orgánicos (materia prima) de un ambiente a otro, es decir, desde el área de descarga o trituración hacia el área de maduración y/o salida del producto final, se realizará con un cargador frontal/bobcat, dentro del diseño que se plantea se garantizará el libre transito y flujo de esta unidad.

**Figura 12.***Cargador Frontal/Bobcat*

Nota. El cargador Frotal (Bobcat), es de fácil empleo por sus dimensiones, beneficiosos para transportar los residuos orgánicos desde el área de descarga hasta las camas de compostaje, asimismo, su utilidad recae en la facilidad para realizar el volteo de las pilas de compostaje. Por <https://www.bobcat.com/la/es>

**4.3.2.5. Degradación.** En el acapite antes mencinado item 4.2.2., se describió que la generación de residuos orgánicos es de 19.68 ton/día, se tomará este valor para dimensionar el espacio donde se instalara las camas de compostaje para lo cual Según FAO (2013), en su obra titulada Manuela de Compostaje del Agricultor, describe que la densidad de los residuos sólidos orgánicos es de 250 kg/m<sup>3</sup> (0.250 tn/m<sup>3</sup>), con esta información se calculará el volumen diario en metros cuadrados, siendo esto lo que llegaran a la planta de compostaje.

$$\text{Volumen} = \text{Masa} / \text{Densidad}$$

$$\text{Volumen (m}^3\text{/día)} = 19.68 \text{ ton/día} / 0.25 \text{ ton/m}^3$$

$$\text{Volumen} = 78.72 \text{ m}^3\text{/día}$$

Según FAO (2013), En el caso del compostaje en pilas, el tamaño de la pila, en especial la altura, afecta directamente al contenido de humedad, de oxígeno y la temperatura. Pilas de baja altura y de base ancha, a pesar de tener buena humedad inicial y buena relación C:N, hacen que el calor generado por los microorganismos se pierda fácilmente, de tal forma que los pocos grados de temperatura que se logran, no se conservan. El tamaño de una pila viene definido por la cantidad de material a compostar y el área disponible para realizar el proceso. Normalmente, se hacen pilas de entre 1,5 y 2 metros de alto para facilitar las tareas de volteo, y de un ancho de entre 1,5 y 3 metros. La longitud de la pila dependerá del área y del manejo.

Considerando lo descrito anteriormente para las pilas de compostaje, se recomienda utilizar los valores extremos para la altura y el ancho, es decir, las camas de compostaje tendrán una altura de 2 metros y un ancho de 3 metros. Del valor antes calculado, se determina una longitud de 13.12 m. (14 m. aproximadamente).

### **Figura 13.** .

#### *Dimensionamiento de camas de compostaje*



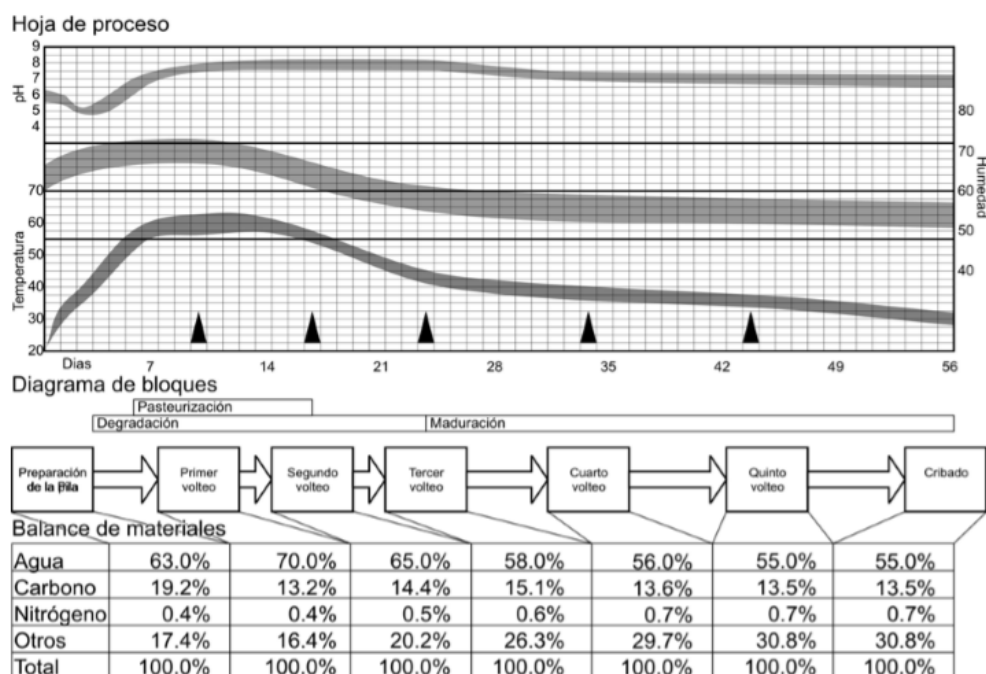
Nota. Para las pilas de compostaje, se plantea las siguientes dimensiones, que es la recolección de un día.

El compost a nivel local, desde inicio hasta la etapa de maduración lleva un periodo aproximado de 3 a 6 meses, según FAO (2013). En la figura 14, se visualiza un periodo de hasta 45 días. Considerando este número se tendría 45 camas de compostaje, se le proporciona un margen de error del 10%, esto nos da un número de 50 camas de compostaje por mes, asimismo, cabe resaltar que, durante el proceso de compostaje, existe también la reducción de volumen llegando aproximadamente al 50% de reducción, es decir, la cama de compostaje N°1, se unirá a la cama de compostaje N°2, para mantener las dimensiones antes mencionada, para así mantener el grado de temperatura, humedad y relación C/N, que se necesita.

En el Anexo B se presenta el Plano N° C-1, propuesta para la distribución de la planta de compostaje.

#### Figura 14.

*Ejemplo de hoja de proceso, diagrama de bloques y balance de materiales*



Nota: Tomado de Ejemplo de hoja de proceso, diagrama de bloques y balance de materiales (p. 52), por Córdova y Rodríguez, 2006, Manual de Compostaje Municipal: Tratamiento de residuos sólidos urbanos.

**4.3.2.6. Aireación.** Existen dos alternativas que bien se puedan usar ambas a la vez, una alternativa es aplicar bombas de inyección de oxígeno, con la capacidad de mantener el nivel de oxígeno en el rango de 5% a 15 % que es rango ideal. Asimismo, se puede realizar aireación por convección natural, aplicando canales en las camas de compostaje para la difusión de oxígeno, es decir tomar un tubo de 2 pulgadas y aplicar orificios, asimismo, se tendrá que realizar el volteo con el cargador frontal/bobcat. Para ambas estrategias se tiene que utilizar un instrumento de medición de oxígeno en tiempo real, que ayude a tomar la mejor decisión.

**4.3.2.7. Humectación.** Se deberá de contar con tanques elevados con la capacidad suficiente para mantener las 50 camas de compostaje en el rango ideal de 45% a 60%. Se deberá contar con mangueras, asimismo, de un instrumento de medición de humedad en tiempo real.

**4.3.2.7.1. Pasteurización.** Cada etapa de compostaje en el tiempo lleva un rango ideal de temperatura, en los primeros días se busca eliminar los microorganismos patógenos perjudiciales para la salud humana, flora y fauna en contacto con la composta. La pasteurización se origina en los primeros días cuando la temperatura se mantiene en 55°C durante mas de 5 días.

**4.3.2.7.2. Maduración.** Terminado la degradación, la actividad biológica y la temperatura se reduce, suele suceder que no todo lo que se inicia a compostar termina degradado este residual se podrá degradar lentamente o enviar a las camas de compostajes iniciales.

**4.3.2.8. Cribado (tamizado, cernido) y/o secado.** Esta operación separa la composta en dos partes: una primera fracción más fina que está lista para su comercialización,

y otra fracción de impurezas y residuos de lenta degradación (por ejemplo, huesos). También se puede separar en tres partes: la más fina de composta lista, la mediana de biofiltro para las pilas y la gruesa como parte de la mezcla. El tamaño de la malla depende del uso final. Una medida común es de 15 mm para los finos y 50 mm para los medios.

**4.3.2.9. Empacado.** Acondicionamiento final para su comercialización. Protección del producto del sol y la humedad excesivos durante el transporte y el almacenamiento. Facilita el transporte y comercialización. Incluye el pesaje del producto.



## V: DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Del diagnóstico realizado, se determinó que, el distrito de San Isidro, tiene la generación per-cápita de 0.656 kg/hab./día y la distribución porcentual de residuos en materia orgánica es de 54 %, asimismo, en las investigaciones de Zaly Palacios 2011 donde propone un plan de manejo de residuos sólidos domiciliarios en el distrito de San Juan de Lurigancho la generación per-cápita es 0.42 kg/hab./día, y una distribución porcentual de residuos en materia orgánica es 52 %. En la investigación de Kaleet Cahuana, 2016 titulada Optimización del manejo de residuos sólidos inorgánicos en el distrito del Cercado de Lima, la generación per-cápita es de 0.71 kg/hab./día, y una distribución porcentual de residuos en materia orgánica de 63.48 %. Díaz L.F., García M., Torres P., Marmolejo L.F. y Oviedo R. (2011), en la investigación titulada “Análisis del funcionamiento de plantas de manejo de residuos sólidos en el norte del Valle de Cauca, Colombia” la generación per-cápita esta entre 0.35-0.49 kg/hab./día, y la distribución porcentual de residuos en materia orgánica es 51.3-70.4 %. En las distintas investigaciones descritas, se puede notar que la generación de residuos orgánicos es mayor a otros tipos de residuos, estas se encuentran superando el 50%, lo que convierte a esta fracción como un potencial aprovechamiento, en las que se pueden obtener beneficios económicos, sociales y ambientales. Asimismo, considerando el nivel socioeconómico del distrito de San Isidro, que cuenta solo los estratos: medio alto y alta, y que hace, que todas las viviendas puedan participar, es decir, el potencial de aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos, es del 100%. A diferencia del resultado de Kaleet Cahuana, 2016 que el potencial efectivo de aprovechamiento es de 68% de las viviendas de Lima Cercado, donde se encuentra todos los niveles socioeconómicos.

Acerca de diseño técnico de recolección selectiva y compostaje para el aprovechamiento de residuos orgánicos, la presente investigación plantea 03 procesos para la recolección selectiva que son: generación, segregación en la fuente y recolección y transporte, asimismo, para el compostaje plantea 07 operaciones que son: separación de residuos, reducción de tamaño, formulación, transporte interno, degradación, Cribado y/o secado y el empacado. Kaleet Cahuana 2016, en su investigación plantea dentro de su flujo de proceso operativos, 06 procesos, que son: generación, segregación, recolección selectiva y transporte, acondicionamiento, comercialización y reinserción en la cadena productiva. Asimismo, la presente investigación plantea un tamaño de las pilas de compostaje de 2 m. de alto por un ancho de 3 m. y con un largo de 14 metros, que es lo que se generaría en un día de recolección, asimismo, se necesitaría una hectárea para el desarrollo de la planta de compostaje. Betty Contreras (2004), en su investigación, Diseño de una unidad de compostaje de residuos orgánicos como parte de una estación experimental de agricultura orgánica, dicha investigación tiene como área de investigación a una ciudad de Valdivia-Chile, propone que el dimensionamiento de las hileras que conformarán el compostaje tendrían 1.5 m. de alto por un ancho de 3 m. y con un largo de 29 metros, asimismo, menciona que el área mínima para la planta de compostaje es de 0.5 hectáreas aproximadamente (p. 65).

## VI: CONCLUSIONES

- A consecuencia de la elaboración del diagnóstico del manejo de los residuos sólidos en el distrito de San Isidro, se concluye que tiene una generación diaria que bordea los 121.35 toneladas diarias, sin embargo, la generación de residuos domiciliarios es de 36.37 toneladas diarias, siendo esta la de mayor porcentaje. La generación per cápita es de 0.656 kg/hab/día. En la composición física, se determina que la composición de mayor porcentaje es la del tipo de residuo de materia orgánica, con un 54.06%, un valor importante es el porcentaje del tipo de residuo de madera, follaje siendo este el 1.94%.

En el distrito de San Isidro, cuenta con contenedores de 120 a 1100 litros ubicados estratégicamente, en viviendas multifamiliares. Asimismo, en viviendas unifamiliares la población dispone sus residuos en bolsas plásticas.

El servicio de recolección, transporte y disposición final de los residuos sólidos es realizado por una empresa operadora de residuos sólidos, esta empresa cuenta con 11 camiones compactadoras, nueve (09) de ellas de capacidad 19-20 m<sup>3</sup>, y dos (02) de ellas con capacidad de 15 m<sup>3</sup>. La disposición final de los residuos sólidos de distrito de San Isidro, se realiza en rellenos sanitarios a cielo abierto.

- El sistema de recolección, que se propone, se basa que, en el distrito de San Isidro, cuenta con los estratos socioeconómicos medio alto y alto, el potencial de recolección selectiva de residuos orgánicos podría ser todo el distrito, se cuenta con 17 860 viviendas, la densidad habitante vivienda es de 3 hab./viv., que hacen 53 580 habitantes. La generación total de residuos sólidos orgánicos es de 19.68 toneladas diarias. Toda la fracción orgánica del sector residencial del distrito de San Isidro, se puede aprovechar.

- El flujo operativo propuesto cuenta con 03 operaciones que son la generación, segregación en la fuente y recolección y transporte. El diseño operativo propone 09 rutas de recolección de residuos orgánicos, que recorren el sector residencial del distrito de San Isidro, asimismo, el diseño propone, contar con 07 camiones de tipo compactador de capacidad de 15 m<sup>3</sup> y 02 camiones de tipo baranda o furgón, que realizarían la recolección puerta por puerta.

- Para el sistema de compostaje que se propone, se dimensiono la escala de la planta de compostaje, en dicha planta se generaría un compostaje diario de 9.84 toneladas diarias, es decir, 3 592 toneladas anuales, para lo cual se determinó que la planta de compostaje es de tipo mecanizada. El flujo operativo propuesto cuenta con 07 operaciones que son, separación de residuos, reducción de tamaño, formulación, transporte interno, degradación, Cribado y/o secado y el empaçado.

El tamaño de pilas de compostaje propuesto es de una altura de 2 metros, un ancho de 3 metros y una longitud de 14 metros. Se contaría con 50 camas de compostaje, para lo cual se necesitaría un área aproximado de 1 hectárea.

## VII: RECOMENDACIONES

- Se recomienda, que la Municipalidad distrital de San Isidro, lideré la modernización de la gestión y manejo de los residuos sólidos, plasmadas en una recolección selectiva de residuos sólidos aprovechables, como son los residuos inorgánicos y orgánicos, asimismo, implementar una planta de compostaje, el beneficio de este aprovechamiento conlleva una economía circular donde se obtienen beneficios sociales y ambientales.
- Se recomienda para futuras investigaciones, que los estudiantes de pre-grado y post-grado, realicen un diagnóstico completo y más detallado del actual manejo de los residuos sólidos del distrito de San Isidro, abarcando aspectos legales, de institución, técnicos, financieros, sociales, de salud y ambientales.
- Se recomienda que la municipalidad de San Isidro, de manera a complementar este trabajo, realice un análisis financiero, así como las proyecciones al corto, mediano y largo plazo, además este trabajo de investigación y el diseño correspondiente debe ser colocado como una de las actividades y metas a incorporar en el Plan Integral de Gestión de Residuos Sólidos del distrito de San Isidro.

## VIII: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alca, R. C; Casquito, R. D; Silva, D. M; y Melgar, C. J. (2005), Caracterización de residuos domiciliarios en los distritos de Ica, los Aquiles Parcota y Sub Tanjalla (Provincia de Ica), para el aprovechamiento de los residuos sólidos tipo plástico PET y Tipo orgánico, [Tesis de grado] Universidad Agraria La Molina.

Aguilar, C. López, M. y Santa María, D. (2011). Situación y manejo de residuos sólidos, Huajuapán de León, Oaxaca. *Contribuciones a las Ciencias Sociales*, 13 (setiembre 2011), <https://www.eumed.net/rev/cccss/13/alsm.html>.

Álvarez J., Sotelo P., Beltrán M., Vásquez A., y Espinosa R. (2014). Comparación de la Degradación de Plásticos en dos Procesos de Compostaje. *AIDIS*. pp.1-7 <https://aidisnet.org/wp-content/uploads/2019/07/345-Mexico-oral.pdf>.

Barlelo I., Cetina V., Noyola L., García J., Espinosa P., y Salazar M. (2015). Aprovechamiento de Residuos de Lirio Acuático y Excretas de Borrego para Preparar Compost. *AIDIS*, pp. 1-8 <https://aidisnet.org/wp-content/uploads/2019/07/362-Mexico-oral.pdf>

Barrera, R. (2006). Compostaje de residuos sólidos orgánicos aplicación de técnicas respirométricas en el seguimiento del proceso [Tesis de pregrado]. Universidad de Autónoma de Barcelona.

- Cabrera, V. y Rossi, M. (2016), Propuesta para la elaboración de compost a partir de los residuos vegetales provenientes del mantenimiento de las áreas verdes públicas del distrito de Miraflores. [Tesis de pregrado], Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Casavilca, G. y Serrano, E. (2016) Propuesta de un programa de eco-eficiencia para la reducción de residuos orgánicos en el comedor de la UNALM [Tesis de pregrado], Universidad Nacional Agraria La Molina. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/2566/Q70-C38-T.pdf?sequence=1&isAll>.
- Cahuana, K. (2016), “Optimización del manejo de residuos sólidos inorgánicos en el distrito del Cercado de Lima”. [Tesis de pregrado] Universidad Nacional Federico Villarreal. Lima-Perú.
- Campello P., Tavares R., Faria C., Silva A., Costa M. y Vital O. (2015). Compostagem em pequena escala. AIDIS, pp 1-6. <https://aidisnet.org/wp-content/uploads/2019/07/469-Brasil-poster.pdf>
- Contreras, B. (2004), Diseño de una unidad de compostaje de residuos orgánicos como parte de una estación experimental de agricultura orgánica, [Tesis de pregrado], Universidad Austral de Chile. <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2004/fac764d/doc/fac764d.pdf>
- Córdova A. y Rodríguez M. (2006) Manual de Compostaje Municipal: *Tratamiento de residuos sólidos urbanos*, México DF, México: Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT).

Daza, D., Martínez-Arce, E., Soulier-Faure, M., Tello-Espinosa, P. y Terraza, H. (2011), Informe de la Evaluación Regional del Manejo de Residuos Sólidos Urbanos en los países de América latina y El Caribe 2010. OPS, BID y AIDIS. pp. 104-105. <https://publications.iadb.org/es/informe-de-la-evaluacion-regional-del-manejo-de-residuos-solidos-urbanos-en-america-latina-y-el>

Díaz L.F., García M., Torres P., Marmolejo L.F. y Oviedo R. (2011), Análisis del funcionamiento de Plantas de manejo de residuos sólidos en el norte del Valle de Cauca, Colombia. Revista Scielo, (16), pp. 163-174 [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1794-12372011000200013&lang=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1794-12372011000200013&lang=es).

Decreto Legislativo N° 1278, que aprueba la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos (23 de diciembre de 2016), Congreso de la República del Perú. <https://sinia.minam.gob.pe/normas/ley-gestion-integral-residuos-solidos>.

Decreto Supremo N°014-2017-MINAM, que aprueba el Reglamento del Decreto Legislativo N° 1278, Decreto Legislativo que aprueba la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos. (21 de diciembre de 2017), Ministerio del Ambiente. <https://sinia.minam.gob.pe/normas/reglamento-decreto-legislativo-ndeg-1278-decreto-legislativo-que-aprueba>.

Decreto Supremo N°058-2003-MTC, que aprueban el Reglamento Nacional de Vehículos. (12 de octubre de 2003) Diario Oficial El Peruano. Ministerio de Transportes y



Comunicaciones. <https://www.gob.pe/institucion/mtc/normas-legales/10013-058-2003-mtc>

Frota B., De Barrios J., Luiz S., De Freitas y Stefanutti R. (2015) Desenvolvimento de bag aerado para fins de compostagem em unidades residenciais. AIDIS, pp 1-6. <https://aidisnet.org/wp-content/uploads/2019/07/299-Brasil-oral.pdf>.

Gallardo, K. (2013), “Obtención de Compost a partir de Residuos Orgánicos Impermeabilizados con Geomembrana” [Tesis de Maestría] Universidad Nacional de Ingeniería. <http://hdl.handle.net/20.500.14076/1222>.

Gómez, C. (2014), “Propuesta de Manejo Integral de Residuos Sólidos Municipales en el Área Urbana del Distrito de Paccha – La Oroya”. [Tesis de pregrado] Universidad Nacional Federico Villarreal.

Henao J. y Zapata M. (2008), Aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos en Colombia. [Tesis de Maestría], Universidad de Antioquia. <https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/45/1/AprovechamientoRSOUenColombia.pdf>.

Huamani, V. (2015) Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos Municipales del distrito de San Isidro. Municipalidad distrital de San Isidro.

Martínez, M., Pantoja, A. y Román, P. (2013). El Manual de Compostaje del Agricultor-Experiencias en América Latina. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). <https://www.fao.org/3/i3388s/i3388s.pdf>.

Ministerio del Ambiente [MINAM]. (2014). Sexto Informe Nacional de Residuos Sólidos de la Gestión del Ámbito Municipal y No Municipal 2013. <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/sexto-informe-nacional-residuos-solidos-gestion-ambito-municipal-no>.

Ministerio del Ambiente [MINAM]. (2016). Plan Nacional de Gestión Integral de Residuos Sólidos 2016-2024. <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/plan-nacional-gestion-integral-residuos-solidos-2016-2024>.

Ministerio del Ambiente [MINAM] (2018) Guía para la gestión operativa del servicio de limpieza pública. Perú <https://sinia.minam.gob.pe/normas/aprueban-guia-gestion-operativa-servicio-limpieza-publica>.

Organismo de Evolución y Fiscalización Ambiental [OEFA] (2014) Fiscalización Ambiental en Residuos Sólidos. Perú [http://www.oefa.gob.pe/?wpfb\\_dl=6471](http://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=6471).

Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos [OCDE]. (2010), "Residuos municipales", en OECD Factbook 2010: Economic, Environmental and Social Statistics , OECD Publishing, París, <https://doi.org/10.1787/factbook-2010-64-en> .

Opazo, M. (1991), Manual para Tratamiento Integral de Basuras: Reciclaje y Producción de Compost. Ed. Fondo Rotatorio.

Palacios, Z. (2011), “Propuesta de Plan de Manejo de Residuos Sólidos Domiciliarios en el Distrito de San Juan de Lurigancho” [Tesis de pregrado]. Universidad Nacional Agraria la Molina.

PESCO (24 de enero del 2021) Dimensiones de la caja compactadora  
<https://www.pesco.cl/productos/soluciones-urbanas/recolectores/5/51>

Resolución Ministerial N°091-2020-MINAM. Que aprueba la Guía Operativa del Servicio de Limpieza (25 de abril de 2020). Ministerio del Ambiente.  
<https://sinia.minam.gob.pe/normas/aprueban-guia-gestion-operativa-servicio-limpieza-publica>

Shin, D. (2014). *Generation and Disposition of Municipal Solid Waste (MSW) in the United States –A National Survey*. Columbia - EE.UU.: Columbia University.  
[https://furtherwithfood.org/wp-content/uploads/2020/07/Generation-and-Disposition-of-Municipal-Solid-Waste-in-the-US-A-National-Survey\\_Shin\\_2014.pdf](https://furtherwithfood.org/wp-content/uploads/2020/07/Generation-and-Disposition-of-Municipal-Solid-Waste-in-the-US-A-National-Survey_Shin_2014.pdf).

Vila L. (2017). Implementación de manejo de residuos orgánicos en áreas verdes. [Tesis de pregrado] Universidad Nacional Agraria La Molina.

Zavala, R. (2013), Sistema de Gestión Integral para los Residuos sólidos domiciliarios. AIDIS, pp 1-8. <https://aidisnet.org/wp-content/uploads/2019/07/432-Chile-oral.pdf>.

## **IX. ANEXOS**

Anexo A: Matriz de consistencia

Anexo B: Planos

Plano N°01 de Rutas de Recolección N°01

Plano N°02 de Rutas de Recolección N°02

Plano N°03 de Rutas de Recolección N°03

Plano N°04 de Rutas de Recolección N°04

Plano N°05 de Rutas de Recolección N°05

Plano N°06 de Rutas de Recolección N°06

Plano N°07 de Rutas de Recolección N°07

Plano N°08 de Rutas de Recolección N°08

Plano N°09 de Rutas de Recolección N°09

Plano N°C-1 Distribución de la Planta de Compostaje.

**ANEXO A**  
**MATRIZ DE**  
**CONSISTENCIA**

TÍTULO: Propuesta de Aprovechamiento de los Residuos Sólidos Orgánicos mediante un sistema combinado de Recolección Selectiva y Compostaje para el Distrito de San Isidro						
PROBLEMA	OBJETIVO	HIPOTESIS	VARIABLE DEPENDIENTE	VARIABLES INDEPENDIENTES	DIMENSIONES	INDICADORES
¿De qué manera se puede llevar a cabo el aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos generados en el sector residencial del Distrito de San Isidro?	Realizar un diseño que permita el <b>aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos del sector residencial</b> bajo la propuesta de un sistema combinado de un sistema <b>selectiva y compostaje</b> a partir de la elaboración del diagnóstico de los residuos sólidos orgánicos del Distrito de San Isidro.	El diseño de <b>aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos del sector residencial</b> bajo la propuesta de un sistema combinado de <b>recolección selectiva y compostaje</b> permitirá un manejo sostenible y eficiente en el manejo integral de los residuos sólidos del Distrito de San Isidro	Variable Independiente 1	Manejo de Residuos Sólidos	Características de los residuos sólidos del Distrito de San Isidro.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Generación (Ton/día)</li> <li>• GPC (kg/hab/día)</li> <li>• Composición (%)</li> <li>• Capacidad (litros)</li> <li>• Tipo de material</li> </ul>
¿Cuál es la situación actual del manejo de los <b>residuos sólidos orgánicos</b> del sector residencial del Distrito de San Isidro?	<b>ESPECÍFICOS</b> Elaborar un diagnóstico para identificar el manejo actual de los <b>residuos sólidos orgánicos</b> del sector residencial del Distrito de San Isidro.	La elaboración del diagnóstico del manejo actual de los <b>residuos sólidos orgánicos</b> del sector residencial del Distrito de San Isidro, permite identificar el funcionamiento de los residuos sólidos orgánicos.			Variable Independiente 2	Determinación del potencial en el sector domiciliario
¿Existirá un sistema que permita el <b>aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos del sector residencial</b> en el Distrito de San Isidro?	Elaborar la propuesta de un sistema combinado de recolección selectiva y compostaje para el aprovechamiento de <b>residuos sólidos orgánicos</b> del sector residencial del Distrito de San Isidro	La propuesta de un sistema combinado de recolección selectiva y compostaje, permitirá el <b>aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos</b> del sector residencial del Distrito de San Isidro.	Variable Independiente 3	Determinación la capacidad de la planta de Compostaje		
					Ciclo del proceso operativo del Compostaje y Método de Tratamiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>• N° de etapas del proceso</li> <li>• Generación (Ton/día)</li> </ul>

# **ANEXO B**

# **PLANOS**







Nota:  
 Subsectores: 1-3, 1-4, 2-1 y 2-7  
 Viviendas: 2 516  
 Densidad: 23 785 Km.  
 Generación RSO: 277 Ton/día  
 Volumen: 11 09 m<sup>3</sup>/día  
 Vehículo seleccionado:  
 Compactador de 15 m<sup>3</sup>



**LEYENDA**

- Lotes urbanos
- Manzanas
- Sectores
- Limite distrital
- Ruta 2
- Inicio
- Fin

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL VALLE DEL HUAYCA  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 GEOGRAFIA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO

Título de tesis:  
**PROPUESTA APROXIMACION DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS MEDIANTE SELECCIÓN Y COMPACTACIÓN PARA EL DISTRITO DE SAN BIRRO**

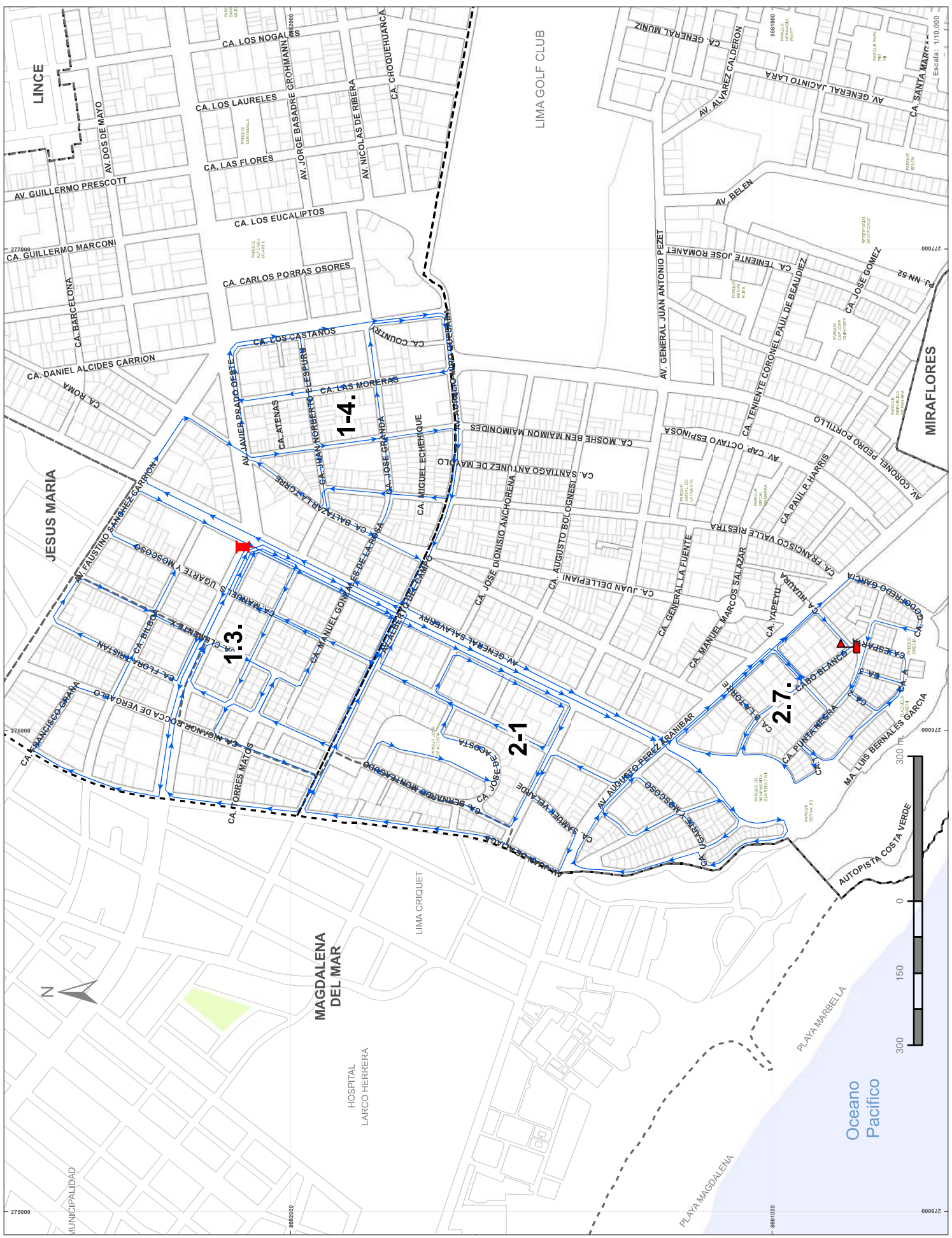
Proyectado por: Juan Nieto, ANAS AYVAQUI  
 Asesor de tesis: Gladys, ROSAS LEÓN

**R-02**  
 RUTA Nº2  
 RECOLECCIÓN SELECTIVA DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS

Departamento: LIMA Provincia: LIMA  
 Distrito: SAN BIRRO Fecha: Octubre 2022

Proyección: Sistema de coordenadas Universal  
 Datum: Sistema Geodésico Mundial de 1984 (WGS-84)  
 Fuente: Información técnica del Sistema Catastral de San Birro.

Escala: 1/10 000









Nota:  
 Subsectores: 5-1 (80%) y 5-4  
 Viviendas: 189 y 29 Km.  
 Distancia: RSO: 1.10 Ton/día  
 Volumen: 5.04 m<sup>3</sup>/día  
 Vehículo seleccionado:  
 Baranda o Furgon  
 6,2 m. x 2,3 m. x 2,8 m.



**LEYENDA**

- Lotes urbanos
- Manzanas
- Sectores
- Límite distrital
- Ruta 4
- Inicio
- Fin

MINISTERIO NACIONAL DE VIVIENDA, INGENIERIA MILITARREAL  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 GEOGRAFIA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO

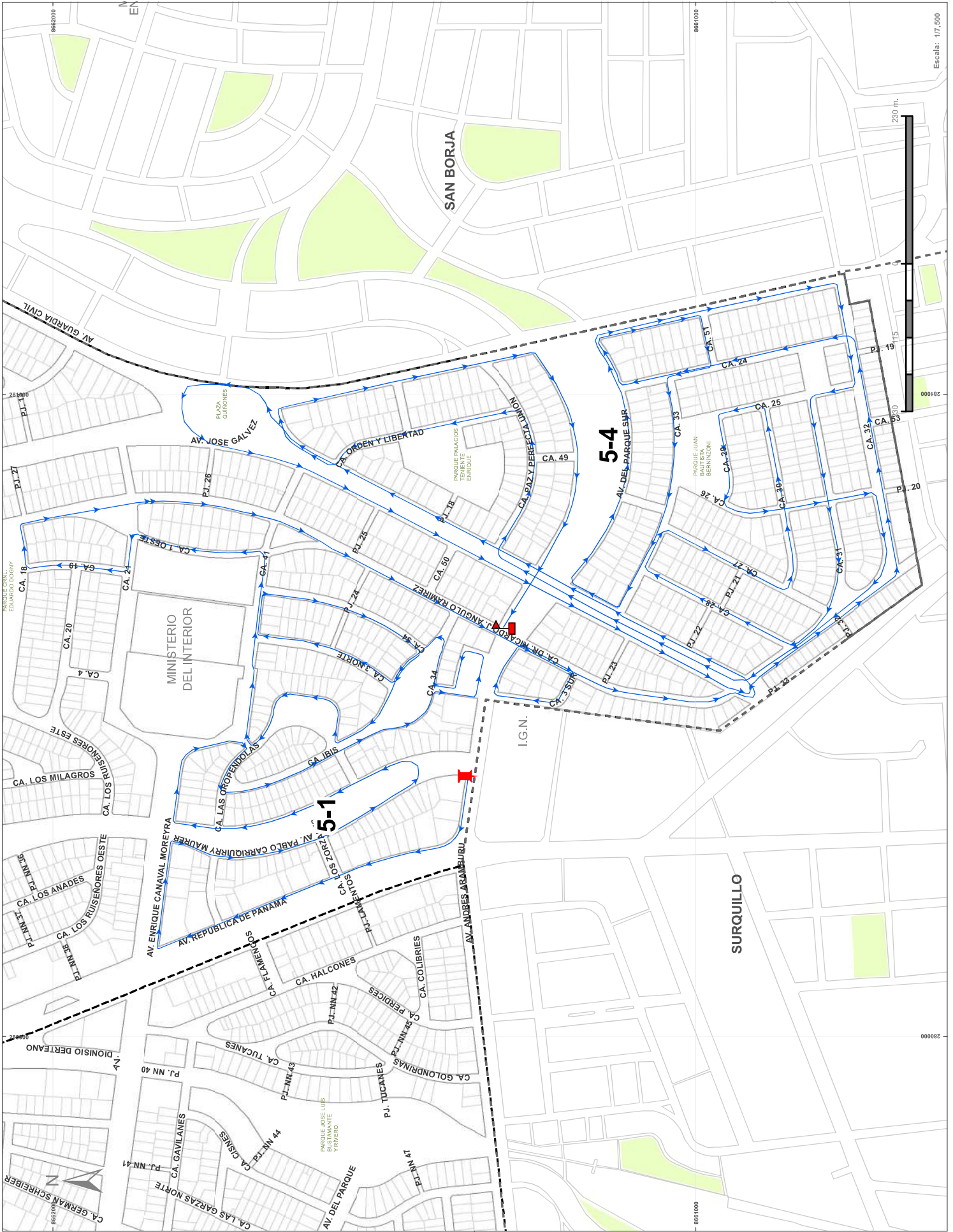
Título de Tesis:  
**PROPUESTA DE APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS MEDIANTE EL SISTEMA DE COLECCIÓN SELECCIONADA Y COMPACTAJE PARA EL DISTRITO DE SAN BORJA**

Presentado por: Juan Bravo, ANAS AYVAUWI  
 Asesor de tesis: Olaya Rojas León

**R-04**  
 RUTA Nº 04  
 RECOLECCIÓN SELECCIONADA DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS

Departamento: LIMA Provincia: LIMA  
 Distrito: SAN BORJO Fecha: Octubre 2022

Proyección: Sistema de coordenadas UTM (WGS 84)  
 Datum: Sistema Geodésico Mundial de 1984 (WGS 84)  
 Fuente de Información: Instituto del Sistema Catastral de San Borja.







Nota:  
 Subsectores: 4-1, 4-2, 4-3 y 4-4  
 Vendedor: 1597  
 Densidad: 28 830 Km.  
 Geomét. BSO: 1.76 Ton/día  
 Volumen: 7.04 m<sup>3</sup>/día  
 Vehículo seleccionado:  
 Compactador de 15 m<sup>3</sup>



**LEYENDA**

- Lotes urbanos
- Manzanas
- Sectores
- Límite distrital
- Ruta 5
- Inicio
- Fin

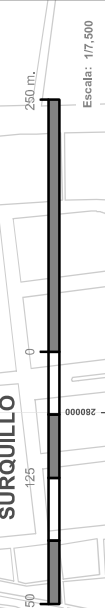
INVERSIONES MUNICIPALES DEL DISTRITO DE MIRAFLORES  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 GEOGRAFIA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO

Título de tesis:  
**PROPUESTA DE MEJORA DEL SISTEMA DE RECOLECCION SELECTIVA DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS MEDIANTE LA SELECCIÓN Y COMPAÑÍA PARA EL DISTRITO DE SURQUILLO**

Presentado por: **Juan Pablo ANAS AYVAQUI**  
 Asesor de tesis: **Diego NOJAS LEÓN**

**R - 05**  
 RUTA NUEVA  
 RECOLECCION SELECTIVA DE  
 RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS

Departamento: LIMA Provincia: LIMA  
 Distrito: SAN BERO Fecha: Octubre 2022  
 Proyectado: Sistema de coordenadas Universal  
 Datum: Sistema Geodésico Mundial de 1984 (WGS-84)  
 Proyección: Información técnica del Sistema Cartográfico de San Pedro.







Nota:  
 Subsecciones: 3-1, 3-2 y 3-3  
 Viviendas: 9 897  
 Densidad: 20 837 Km.  
 Generación RSO: 3.18 Ton/día  
 Volumen: 12 72 m<sup>3</sup>/día  
 Vehículo seleccionado:  
 Compactador de 15 m<sup>3</sup>



**LEYENDA**

- Lotes urbanos
- Manzanas
- Sectores
- Límite distrital
- Ruta 6
- Inicio
- Fin

INSTITUCIÓN NACIONAL DE EVALUACIÓN DEL RIESGO  
 FACULTAD DE INGENIERÍA  
 GEOGRAFÍA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO

Título de tesis:  
**PROPUESTA DE ARREGLAMIENTO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS MEDIANTE UN SISTEMA DE COLECCIÓN Y TRANSPORTE SELECTIVO Y COMPACTAJE PARA EL DISTRITO DE SAN BIRRO**

Proyecto de tesis:  
 Director: Juan Pablo ANAS AYVAQUI  
 Asesor de tesis: Gladys NOJAS LEÓN

**R-06**  
 RUTA NO.6  
 RECOLECCIÓN SELECTIVA DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS

Departamento: LIMA Provincia: LIMA  
 Distrito: SAN BIRRO Fecha: Octubre 2022

Proyección: Sistema de coordenadas Universal  
 Datum: Sistema Geodésico Mundial de 1984 (WGS-84)  
 Fuente: Información técnica del Sistema Catastral de San Birro.





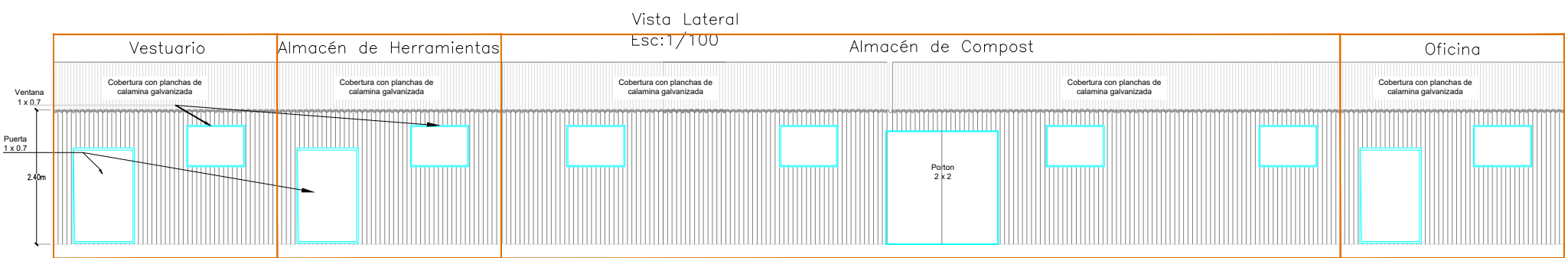
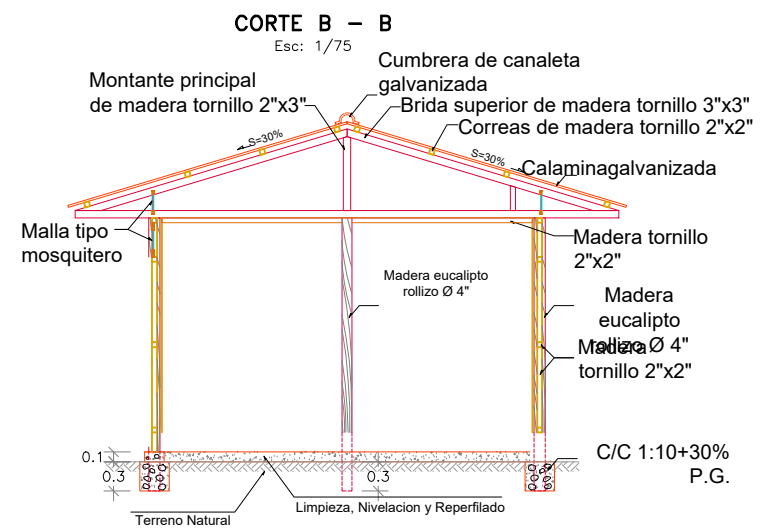
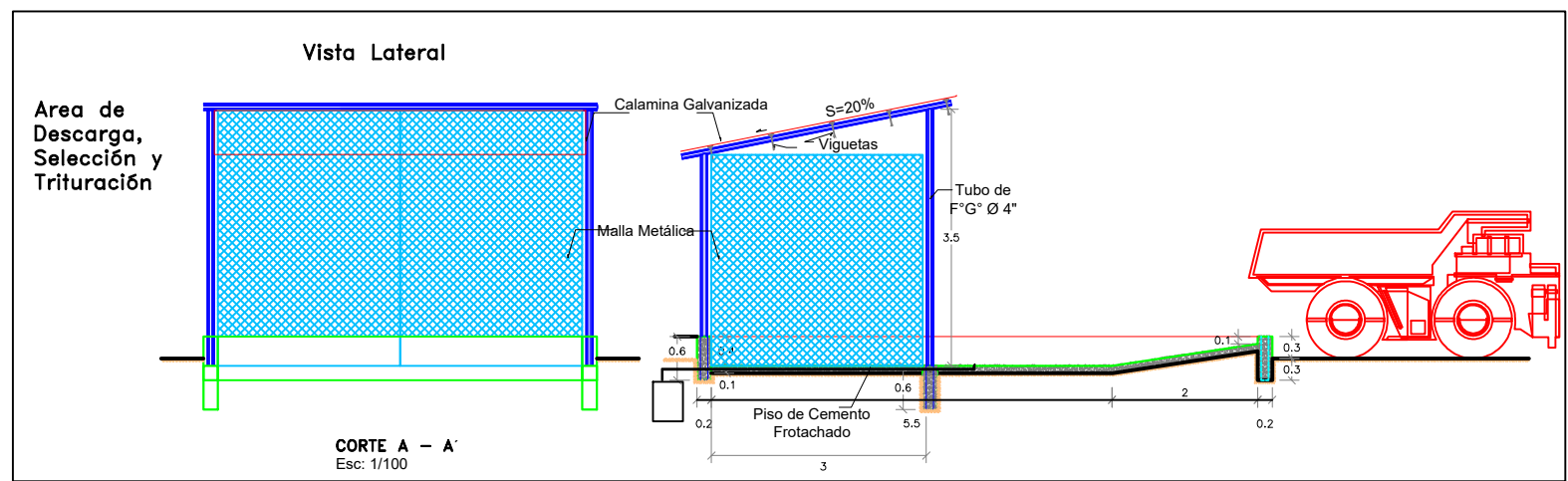
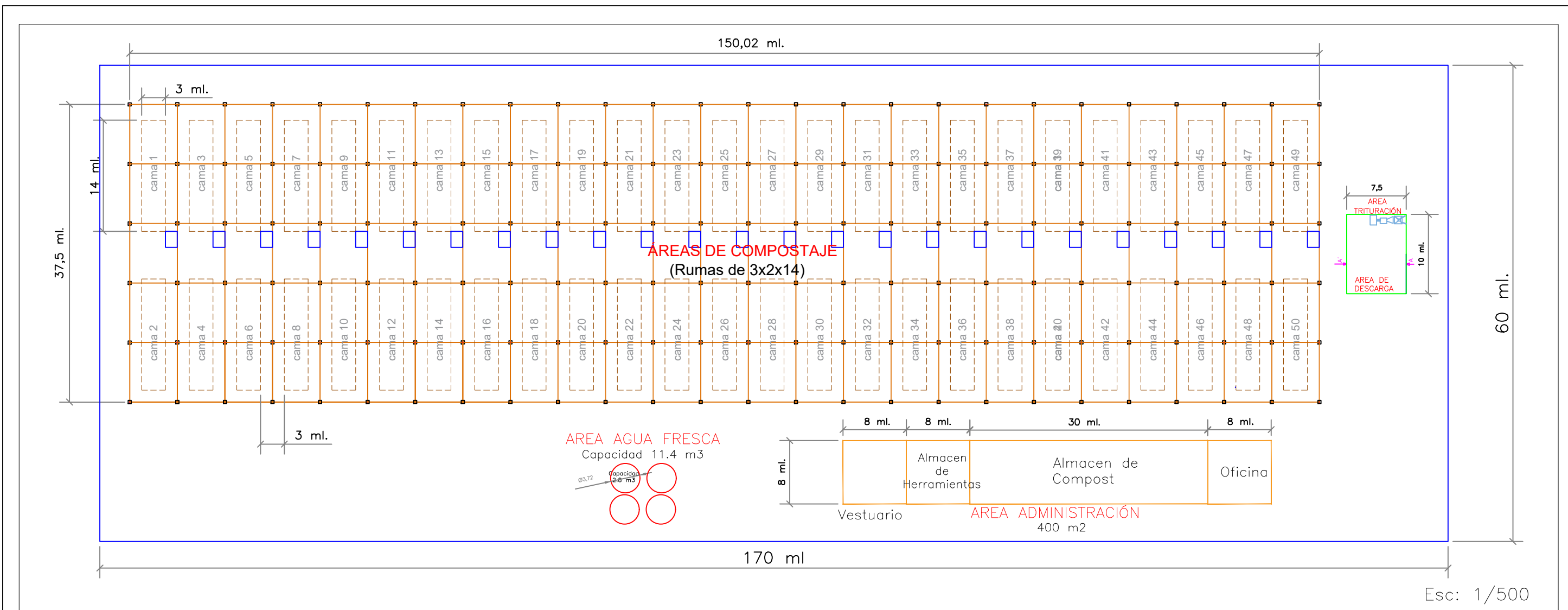












UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL  
FACULTAD DE INGENIERIA  
GEOGRAFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO

Título de Tesis:

PROPUESTA A PROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS MEDIANTE UN SISTEMA COMBINADO DE RECOLECCIÓN SELECTIVA Y COMPOSTAJE PARA EL DISTRITO DE SAN ISIDRO

Presentado por: Jhon Nino, ARIAS ATAYAURI

Asesor de tesis: Gladys, ROJAS LEÓN

---

**C - 01**

DISEÑO DE PLANTA DE COMPOSTAJE

---

Departamento: LIMA Provincia: LIMA

Distrito: SAN ISIDRO Fecha: Octubre 2022

Proyección: Sistema de coordenadas Universal Transversal de Mercator (UTM)  
Datum: Sistema Geodésico Mundial de 1984 (WGS-84)  
Zona: 18 sur

Fuente: Elaboración propia