UNIVERSIDAD PERUANA DE CIENCIAS APLICADAS

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Análisis del potencial de generación de biogás para afrontar la inadecuada gestión de residuos orgánicos: caso Mercado N°2 – Barranco

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Para optar el título profesional de Ingeniero de Gestión Ambiental

AUTOR(ES)

Astoquilca Treviños, Nelly Andrea (0009-0000-7726-7537)

Huapaya Fernandez, Brisa Nathaly (0009-0008-4530-782X)

ASESOR

Champin Luy, Giovanni Martin (0009-0000-2046-6201)

Lima, 09 de junio de 2024

DEDICATORIA

Brisa Huapaya Fernandez

A mi madre, por su compañía celestial y por haberme inculcado el valor del estudio y responsabilidad. A mi padre, por sus enseñanzas, consejos siempre acertados y depositar su confianza en mí. A mis hermanas, Marian y Katty, por ser mi mejor ejemplo y guía en el camino de la vida.

.

Nelly Astoquilca Treviños

Este trabajo se lo dedico a mi padre, que dio su vida por defender el fruto de su trabajo y a su familia, a mi madre que trabajó día a día para que pueda seguir estudiando, a mi hermana porque me inspiró a seguir adelante, a Majtacho y Cata que me acompañaron durante mi etapa estudiantil y a Morocha que estuvo conmigo en el desarrollo de este trabajo.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradecemos a la encargada de administración del Mercado N°2 de Barranco, Gloria Castro, por brindarnos la información y la oportunidad de realizar nuestro trabajo sobre el centro de abasto.

Del mismo modo, agradecemos a nuestro asesor por su apoyo y orientación que nos ayudó a desarrollar un trabajo de calidad, guiándonos siempre hacia la excelencia académica.

De la misma manera, agradecer a la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas y a los profesores por brindarnos los conocimientos necesarios para poder ser profesionales competentes y poder entrar al mundo laboral con una base sólida.

Por último, a nuestras familias que estuvieron junto a nosotras toda la vida universitaria, motivándonos a seguir adelante a pesar de las adversidades presentadas y apoyándonos durante la realización de esta investigación.

Este trabajo es el reflejo del esfuerzo de ambas integrantes, las cuales se unieron para lograr cumplir este objetivo.

RESUMEN

El acelerado y desordenado crecimiento de la población ocasionan un aumento en la generación de residuos sólidos. La mayoría de estos desperdicios son restos orgánicos que provienen de fuentes domiciliarias, agroindustriales y mataderos. La mala gestión de estos genera impactos negativos al ambiente relacionados con la descomposición de la materia orgánica. Es por ello que los residuos orgánicos se deben manejar de manera correcta y priorizar su valorización energética o material. El biogás es considerado la tecnología de tratamiento de residuos orgánicos más eficiente, ya que se aprovechan los distintos subproductos que se producen durante su degradación. De este modo, el biogás puede ser utilizado para generar energía térmica o eléctrica, lo cual busca reemplazar las fuentes de energía convencionales provenientes de recursos no renovables.

El presente trabajo se basa en determinar el potencial de generación de biogás producido con residuos orgánicos como materia prima provenientes del centro de abastos Mercado N°2 de Barranco. Para ello, se realizó un estudio de caracterización de residuos por un periodo de catorce días y se extrajo una muestra representativa por cada día, las cuales pasaron por un proceso de secado para obtener la cantidad de sólidos volátiles. Este dato nos permitió determinar el potencial de generación de biogás del mercado. El resultado obtenido fue de 707.40 m^3 de biogás/ mes, lo cual lograría abastecer el 27.32% del consumo eléctrico del mercado, generando beneficios económicos, sociales y ambientales.

Palabras clave: residuos orgánicos; potencial de generación de biogás; valorización energética; gestión de residuos sólidos.

ABSTRACT

The accelerated and disorderly growth of the population causes an increase in the generation of solid waste. The majority of this waste is organic remains that come from household sources, agro-industrial and slaughterhouses. The poor management of these, generates negative impacts on the environment related to the decomposition of organic material. This is why organic waste must be managed correctly and prioritize the energy or material recovery. Biogas is considered the most efficient organic waste treatment technology since it takes advantage of the different byproducts that are produced during its degradation. In this way, biogas can be used to generate thermal or electrical energy, which seeks to replace conventional energy sources, coming from non-renewable resources.

This work is based on determining the potential for generating biogas produced with organic waste as raw material from the Mercado N°2 supply center in Barranco. For this, a waste characterization study was carried out for a period of fourteen days and a representative sample was extracted for each day, which went through a drying process to obtain the amount of volatile solids. This data allowed us to determine the market's biogas generation potential. The result obtained was 707.40 m3 of biogas/month, which would supply 27.32% of the market's electricity consumption, generating economic, social and environmental benefits.

Keywords: organic waste; biogas potential; recovery of organic waste; solid waste management

TSP Versión final N. Astoquilca y B. Huapaya-Turnitin.docx

INFORME DE ORIGINALIDAD

9%	8%	6%	3%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorioacademico.upc.edu.pe Fuente de Internet	2%
2	rinfi.fi.mdp.edu.ar Fuente de Internet	1%
3	www.epa.gov Fuente de Internet	<1%
4	hdl.handle.net Fuente de Internet	<1%
5	www.fao.org Fuente de Internet	<1%
6	repositorio.utc.edu.ec Fuente de Internet	<1%
7	Submitted to Pontificia Universidad Catolica del Peru Trabajo del estudiante	<1%
8	repositorio.unbosque.edu.co Fuente de Internet	<1%
9	repositorio.unfv.edu.pe Fuente de Internet	

TABLA DE CONTENIDOS

1 CAPÍTULO 1: DEFINICIÓN DEL PROYECTO 1
1.1 ANTECEDENTES 1
1.2 DESCRIPCIÓN DE LA ORGANIZACIÓN 4
1.2.1 Ubicación 4
1.2.2 Acceso 4
1.2.3 Área de desarrollo del trabajo 5
1.2.4 Junta Directiva 5
1.2.5 Entorno urbano 6
1.2.6 Infraestructura y mobiliario urbano 6
1.2.7 Características 6
1.2.8 Aspecto Ambiental 6
1.3 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA 6
a. Identificación y formulación de problema 7
b. Justificación del trabajo 10
1.4 OBJETIVOS 11
1.4.1 Objetivo general 11
1.4.2 Objetivos específicos 11
1.5 INDICADORES DE ÉXITO 11
1.6 PLANIFICACIÓN DEL PROYECTO 12
2 CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO 14
2.1 MARCO CONCEPTUAL 14
2.2 ESTÁNDARES, FRAMEWORKS Y BUENAS PRÁCTICAS 19
2.3 BASES LEGALES Y MARCO NORMATIVO 22
3 CAPÍTULO 3: DESARROLLO DEL PROYECTO 24
3.1 DISEÑO DE LA SOLUCIÓN 24
3.1.1 OBJETIVO ESPECÍFICO 1 24
3.1.2 OBJETIVO ESPECÍFICO 2 25
3.1.3 OBJETIVO ESPECÍFICO 3 25
3.2 DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN 27
3.2.1 DESARROLLO DEL OBJETIVO ESPECÍFICO 1 27
3.2.2 DESARROLLO DEL OBJETIVO ESPECÍFICO 2 29

3.2.3 DESARROLLO DEL OBJETIVO ESPECÍFICO 3 32
3.2.4 IMPACTO SOCIOECONÓMICO 33
3.3 VALIDACIÓN DEL PROYECTO 34
3.3.1 RESULTADOS DEL OBJETIVO ESPECÍFICO 1 34
3.3.2 RESULTADOS DEL OBJETIVO ESPECÍFICO 2 38
3.3.3 RESULTADOS DEL OBJETIVO ESPECÍFICO 3 39
3.4 INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS 39
3.4.1 INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DE OBJETIVO ESPECIFICO 1 39
3.4.2 INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DE OBJETIVO ESPECIFICO 2 41
3.4.3 INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DE OBJETIVO ESPECIFICO 3 42
4 CAPÍTULO 4: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 44
4.1 CONCLUSIONES 44
4.2 RECOMENDACIONES 45
5 REFERENCIAS 46
6 ANEXOS 52

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Límites del Mercado N°2 de Barranco 5
Tabla 2 Porcentaje de residuos sólidos generados según categoría 7
Tabla 3 Cantidad de residuos generados en los distritos de San Juan de Lurigancho y Barranco, en ton/día 8
Tabla 4 Indicadores de éxito según objetivo específico 12
Tabla 5 Formato para el estudio de caracterización 29
Tabla 6 Cálculo del peso promedio de MF 32
Tabla 7 Valor del equivalente de producción de biogás 33
Tabla 8 Promedio de RROO por día 38
Tabla 9 Cálculo de SV 38
Tabla 10 Promedio de MS-CRISOL 41
Tabla 11 Consumo eléctrico del Mercado N°2 de Barranco de los últimos doce meses 43

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación del Mercado N°2 de Barranco 4
Figura 2 Organigrama de la Junta Directiva 5
Figura 3 Árbol del problema 9
Figura 4 Diagrama de Gantt del trabajo de suficiencia profesional 13
Figura 5 Principios de la Jerarquía en la Gestión de Residuos Sólidos 15
Figura 6 Etapas de la Digestión Anaerobia en un biodigestor 17
Figura 7 Características generales del biogás 18
Figura 8 Mapa de Procesos 21
Figura 9 Método de cuarteo 25
Figura 10 Flujograma del análisis del potencial de generación de biogás 27
Figura 11 Resumen del desarrollo del OE1 28
Figura 12 Desarrollo de encuestas a comerciantes 29
Figura 13 Resumen del desarrollo del OE2 30
Figura 14 *Homogenización, división y selección de muestra* 31
Figura 15 Preparación de muestras en laboratorio 32
Figura 16 Rubro comercial de los puestos del Mercado N°2 de Barranco 35
Figura 17 Residuos generados en el Mercado N°2 de Barranco 35
Figura 18 Formas de gestionar los residuos 36
Figura 19 Porcentaje de personas que han visto residuos dispuestos en los alrededores del Mercado 36
Figura 20 Alternativas priorizadas en la gestión interna de residuos del Mercado N°2 de Barranco 38

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Emisiones de GEI por tipo de combustible ($GgCO_2$-eq) 52
Anexo 2 Contenedores ubicados en el centro de acopio 52
Anexo 3 Encuesta para los comerciantes 53
Anexo 4 Entrevista para los Dirigentes 55
Anexo 5 Materiales, instrumentos y herramientas para el desarrollo de la solución 56
Anexo 6 Desarrollo de la solución 60
Anexo 7 Flujo de gestión interna de residuos del Mercado N°2 de Barranco 61
Anexo 8 Composición porcentual de residuos sólidos de mercado 62
Anexo 9 Recibo de luz correspondiente a abril 2024 del Mercado N°2 de Barranco 63

1 CAPÍTULO 1: DEFINICIÓN DEL PROYECTO

1.1 ANTECEDENTES

El presente estudio propone determinar el potencial de producción de biogás con el uso de residuos orgánicos (RROO) como materia prima, provenientes del centro de abastos Mercado N°2 de Barranco, Lima. Respecto a este tipo de residuos, Dhanya et al. (2020) mencionan que no son reutilizables, pero sí tienen la capacidad de ser recuperados y utilizados como insumo para la generación de bioenergía. De esta forma, el biogás se define como un gas producido mediante la fermentación anaerobia de RROO. Además, esta es una de las alternativas más sostenibles según el estudio publicado por el Ministerio de Energía y Minas (MINEM, s.f.), en el cual muestra que el biogás, en comparación con otros combustibles, genera menor cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), incluso en el año 2018 al ser el segundo combustible más utilizado para la generación de electricidad (Anexo 1).

Dhanya et al. (2020) realizaron un análisis comparativo entre el potencial de los RROO de producir bioetanol, biogás y biohidrógeno. En su estudio, concluyen que, para alcanzar la sostenibilidad, se debe fomentar la producción de biogás. No obstante, indican que la efectividad de este proceso depende de la composición de la materia prima. Además, se debe considerar los siguientes factores y sus respectivos límites: a) el contenido de sólidos mayor a 20% limita la transferencia de masa, por lo que reduce la productividad volumétrica, y b) la relación carbono / nitrógeno (C/N) influye en el crecimiento celular, siendo ideal entre 20 y 30. En este sentido, los residuos sólidos municipales se componen por 20% de sólidos totales aproximadamente. Además, presentan una relación C/N de 35. Asimismo, se caracterizan por tener una digestión rápida y un pH equilibrado. Estas características permiten que, si se utilizan residuos sólidos municipales como materia prima, el rendimiento de biogás sea de 0.3 – 0.6 m3/kg de sólidos volátiles. Además de estos factores, Malmir et al. (2020) mencionan que los residuos orgánicos, según diversos estudios, se caracterizan por presentar determinados valores que no difieren entre sí, como “75% de humedad, 10% de ceniza, 40% de carbono y 2% de nitrógeno”

Uno de los principales parámetros a considerar para la producción de biogás, es la materia prima. Al respecto, Al-Wahaibi et al. (2020) evaluaron el potencial de producción de biogás en base al tipo de residuo orgánico que se utiliza como insumo, en intervalos de 24 horas. Como resultado, se obtuvo que los residuos mixtos de frutas y verduras poseían un mayor potencial de producción de biogás. Esta muestra de residuos mixtos mostró los siguientes

resultados: durante las primeras tres horas alcanzó los 61 ml/1 g, a las seis horas aumentó a 88 ml/1 g, doce horas después presentó un aumento exponencial de 127 ml/1 g, manteniéndose estable hasta las veinticuatro horas. Por otro lado, los residuos cárnicos, debido a su alto contenido proteico, requieren de mayor tiempo de degradación, el cual podría llegar hasta los ochenta días. Asimismo, la muestra de residuos mixtos presenta una mayor producción de biogás en comparación con la muestra de estiércol de vaca, la cual produjo un promedio de 23.75 ml; mientras que la muestra de residuos mixtos, 89.37 ml durante ocho días. De esta forma, concluyen que los residuos de mixtos tienen mayor potencial de generación de biogás en comparación con los residuos cárnicos y estiércol de vaca. Estos resultados coinciden con lo expuesto por Oladejo et al. (2020), quienes indican que los residuos de alimentos generados durante todo el ciclo de vida de estos (cosecha, procesamiento, almacenamiento, distribución, comercialización y cocción) son una materia prima adecuada para la digestión anaeróbica debido a su elevado potencial de biodegradación, alto porcentaje de humedad y su diverso contenido de nutrientes.

Taboada et al. (2021) y Malmir et al. (2020) realizaron la estimación del potencial de recuperación energética a partir de la fracción orgánica del total de residuos sólidos municipales en dos ciudades de Estados Unidos: Nueva York y Montreal, respectivamente. En la ciudad de Nueva York, los RROO representan el 30% de la cantidad de residuos municipales; sin embargo, de esta cantidad, solo la mitad es dispuesta en vertederos, mientras que el otro 50% se incinera o exporta. Si esta fracción de residuos se segrega en la fuente para su digestión anaeróbica, se dispondría de 2×10^6 t/año aproximadamente, lo que equivale a una producción anual de biogás de 2.2×10^8 m^3. Por otro lado, en la ciudad de Montreal la mayor parte de los residuos de alimentos se dispone en vertederos o se incinera. Del total de residuos generados en el 2017 en esta ciudad, el 55% fue dispuesto en vertederos, cuya fracción orgánica recuperada equivale a 85 kg aproximadamente, lo que representa un potencial de generación de biogás del 6.2×10^7 m^3. En ambos casos, la fracción orgánica de los residuos municipales representa la mejor alternativa para la producción de biogás debido a su alto potencial.

Szyba et al. (2023) presentan otro caso de éxito del potencial energético de los residuos municipales de la ciudad de Cracovia, Polonia. En dicho estudio, realizan un análisis comparativo del potencial de producción de biogás entre tres tipos de residuos: residuos de áreas verdes (hierbas, tallos, ramas, hojas, etc.), residuos de cocina (cáscaras de frutas y verduras, frutas y verduras en mal estado, restos de comida, etc.) y residuos de empresas

(productos no aptos para el consumo ni transformación y/o caducados). Como resultado, obtuvieron que los residuos de empresas tienen un potencial de 500 m^3/t, seguido de los residuos de áreas verdes con 250 m^3/t y residuos de cocina con 180 m^3/t. Sin embargo, mencionan que, para lograr un procesamiento biológico adecuado en las plantas de biogás, es necesario que los residuos sean segregados adecuadamente para evitar que sean contaminados.

Romero et al. (2020) realizan una evaluación de la cantidad de biogás (metano y dióxido de carbono) que producen diversos residuos orgánicos. Para la prueba, se utilizaron cáscaras de frutas (papaya, piña y plátano) y verduras (papa, alverjas y frijol), las cuales fueron recolectadas del Mercado "25 de junio" – Machala, Ecuador. Se obtuvo como resultado que las cáscaras de papa son las que alcanzan un mejor equilibrio entre metano y dióxido de carbono (principales componentes del biogás), seguido de las alverjas, papaya, frijol, plátano y piña. En base a los resultados obtenidos, afirman que la forma más sostenible para aprovechar la energía de los residuos es a través de la tecnología de digestión anaeróbica para producir biogás. Sin embargo, depende del contenido de materia prima que se utilice. De esta forma, no solo se aumenta la recuperación de residuos que irían al vertedero, sino también se reducen las emisiones de GEI.

Esto coincide con lo expuesto por Winquist et al. (2019), quienes concluyen que la producción de biogás representa una alternativa de solución ante la cantidad de residuos orgánicos producidos, pues permite el reciclaje de nutrientes, y reduce la generación de GEI. Además, mencionan que el biogás ha alcanzado un nivel representativo en algunos países como Alemania. En 2015, a nivel mundial, la mitad de biogás se produjo en la Unión Europea (UE), en donde la mitad corresponde a la producción alemana (91.3 TWh). En 2018, el biogás representó el 18%, aproximadamente, de la energía renovable producida en Alemania.

Mukisa et al. (2022) determinó que, del total de la población de Uganda, el 60.3% de hogares tienen biogás, quienes lo utilizan para cocinar principalmente (50.9%). La percepción de la población sobre el uso del biogás es que la consideran una fuente de energía limpia, fácil de operar y mantener. De esta forma, Mukisa concluye que, frente a la leña, el uso de biogás

genera mayores beneficios ambientales, sociales, económicos y de salud, además de tener un impacto positivo en ocho ODS[1].

1.2 DESCRIPCIÓN DE LA ORGANIZACIÓN

Área de estudio

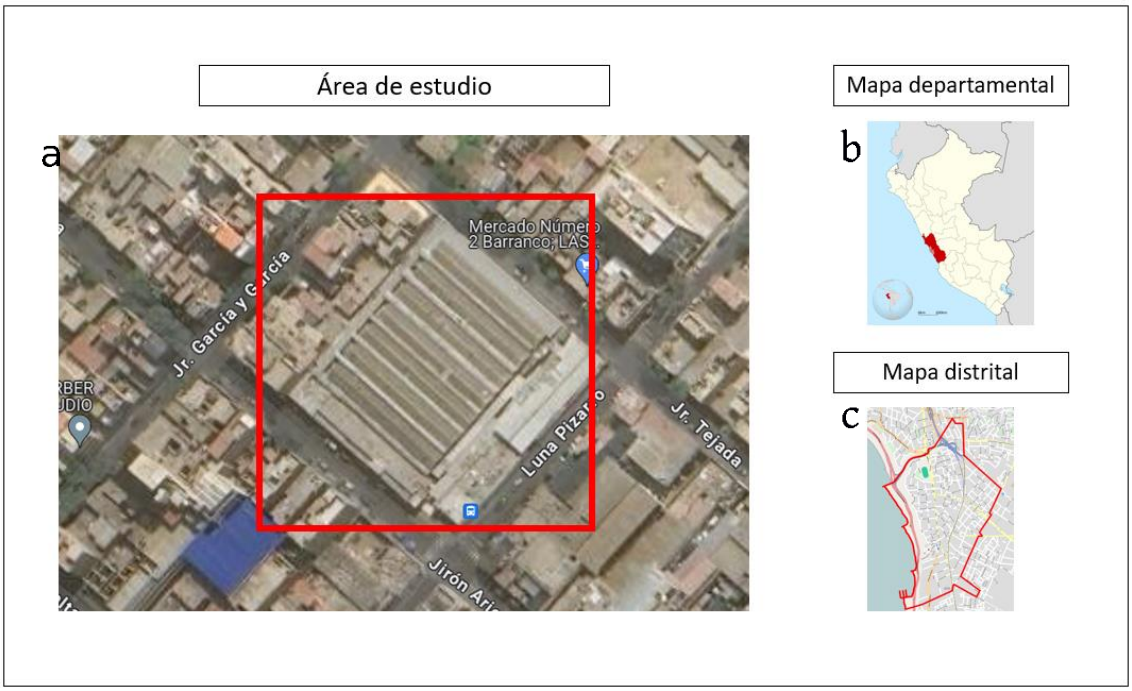
El presente trabajo de suficiencia profesional se llevará a cabo en el Mercado N° 2 ubicado en el distrito de Barranco, Lima, Lima, Perú.

1.2.1 Ubicación

El Mercado N°2 de Barranco está ubicado en el Jirón Arica N° 279, como referencia a dos cuadras de la Plaza Butters, distrito de Barranco, provincia de Lima, en la región de Lima.

Figura 1

Ubicación del Mercado N°2 de Barranco



Nota. [a]Google maps (s.f.). [b]Wikimedia (2009). [c]Wikimedia (2012)

1.2.2 Acceso

El Mercado cuenta con acceso peatonal, por las veredas ubicadas en las calles aledañas, y vehicular por las calles con los límites que se encuentran en la siguiente tabla.

[1] Los siguientes ODS: ODS N°2 Hambre cero, ODS N°3 Salud y Bienestar, ODS N°5 Igualdad de género, ODS N°6 Agua limpia y Saneamiento, ODS N°7 Energía asequible y no contaminante, ODS N°8 Trabajo decente y Crecimiento económico, ODS N°9 Industria, Innovación e Infraestructura, ODS N°13 Acción por el clima.

Tabla 1

Límites del Mercado N°2 de Barranco

ORIENTACIÓN	LÍMITE
Norte	Jirón García y García
Sur	Calle Luna Pizarro
Este	Jirón Tejada
Oeste	Jirón Arica

Nota. La tabla muestra las calles aledañas al Mercado N°2 de Barranco. Adaptado de "[Mercado N°2 de Barranco]", por Google, s.f. (https://acortar.link/KWd9Lq).

1.2.3 Área de desarrollo del trabajo

El Mercado Municipal N°2 de Barranco inició sus operaciones el 05 de noviembre de 1999 y se privatizó en el año 2005, siendo los dueños actuales la Asociación de Comerciantes. El mercado cuenta con 409 puestos fijos de los cuales todos se encuentran activos. En este centro de abastos se encuentran puestos de diversos rubros comerciales, tales como frutería, verdulería, restaurantes, venta de ropa, cosméticos, entre otros (G. Castro, comunicación personal, 27 de marzo de 2024).

1.2.4 Junta Directiva

La junta Directiva del Mercado Municipal es seleccionada mediante elecciones organizadas por el fiscal, el presidente y el secretario de la gestión actual. Las elecciones la realizan los comerciantes y se renuevan cada dos años (G. Castro, comunicación personal, 27 de marzo de 2024).

Figura 2

Organigrama de la Junta Directiva

1.2.5 Entorno urbano

El área de estudio es caracterizada por ser una zona comercial, en donde se puede encontrar iglesias, parques, colegios, entre otros comercios que ofrecen distintos productos y servicios. Del mismo modo cuenta con espacios para estacionarse en los alrededores del mercado.

1.2.6 Infraestructura y mobiliario urbano

El Mercado N°2 de Barranco presenta una estructura básica, la cual consta de pisos de cerámico, separadores de puestos que son removibles y techos altos de calamina. También cuentan con todos los servicios básicos como conexiones eléctricas, abastecimiento de agua y desagüe.

1.2.7 Características

El Mercado N°2 de Barranco cuenta con un punto de acopio de residuos ubicado en la parte externa del mismo, al cual los comerciantes pueden acceder y depositar sus residuos de manera diaria. El punto de acopio cuenta con dos contenedores diferenciados para los residuos orgánicos y biocontaminados. Sin embargo, los usuarios no cumplen con clasificar sus residuos y optan por disponerlos sin considerar el tipo de residuo e incluso los colocan dispersos en el suelo.

1.2.8 Aspecto Ambiental

El mercado no cuenta con un plan de manejo y segregación de residuos sólidos. Esto genera que, principalmente, los comerciantes opten por la disposición en el punto de acopio. Bernache (2011) nos indica que los lugares de disposición final son la etapa más frágil en el proceso de manejo de residuos, puesto que aquí empieza la contaminación ambiental, generando impactos como la proliferación de vectores, propagación de enfermedades. el deterioro de la calidad de aire, entre otros.

Esto concuerda con lo observado durante las visitas realizadas, ya que se evidenció que la mayoría de los comerciantes no cierra la puerta del punto de acopio, lo que ocasiona la proliferación de vectores y dispersión de malos olores, así como la alteración del aspecto paisajístico, puesto que el desorden dentro del punto de acopio se observa desde la vía pública. Un escenario similar se refleja en los alrededores del mercado, donde se pudo visualizar la presencia de residuos dispersos en veredas y postes de alumbrado.

1.3 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

El caótico y apresurado desarrollo de la población generan un aumento en la generación de residuos sólidos, lo cual conlleva al deterioro de la calidad del ambiente (Giraldo et al., 2020). En el 2021, el promedio de generación de residuos per cápita aumentó a 0.58

kg/hab/día en comparación al año anterior, 0.57 kg/hab/día, siendo Lima el departamento que mayor cantidad de residuos genera por día 0.64 kg/hab/día (INEI, 2022).

Tabla 2

Porcentaje de residuos sólidos generados según categoría

CATEGORÍA	2015	2020
Papel, cartón	7.7	8.1
Textiles	1.9	1.2
Plásticos	9.4	6.6
Vidrio	2.8	2.8
Metales	2.0	2.9
Otros	17.8	22.7
Orgánico	58.4	55.7
Total	100.0	100.0

Nota. En esta tabla se observa una comparativa entre los años 2015 y 2020 sobre los porcentajes que se generan según el tipo de residuo. De "Anuario de Estadísticas Ambientales" por INEI, 2022 (https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1877/libro.pdf)

En la tabla anterior, se observa la distribución de los distintos tipos de residuos que se generan de manera diaria en donde, a pesar de los años, los residuos orgánicos son los que presentan mayor porcentaje. Estos residuos son los que más problemas ambientales generan en la comunidad, ya sea aumento de vectores, generación de malos olores, deterioro del aspecto paisajístico, entre otros.

a. Identificación y formulación de problema

El distrito de Barranco se encuentra dentro de los cinco distritos de menor extensión de Lima, con un área de 3.3 km^2 (INEI, 2022). Debido a su tamaño, también se encuentra entre los distritos que menos cantidad de residuos sólidos genera.

Tabla 3

Cantidad de residuos generados en los distritos de San Juan de Lurigancho y Barranco, en ton/día

DISTRITO	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Barranco	54.2 (0.68%)	71.9 (0.83%)	55.0 (0.61%)	54.6 (0.58%)	69.2 (0.70%)	61.5 (0.58%)
San Juan de Lurigancho	733.9 (9.16%)	825.8 (9.5%)	843.5 (9.4%)	946.5 (10%)	980.1 (9.9%)	1001.7 (9.4%)
Total (Lima)	8013.1	8670.1	8977.4	9464.9	9901.1	10632.6

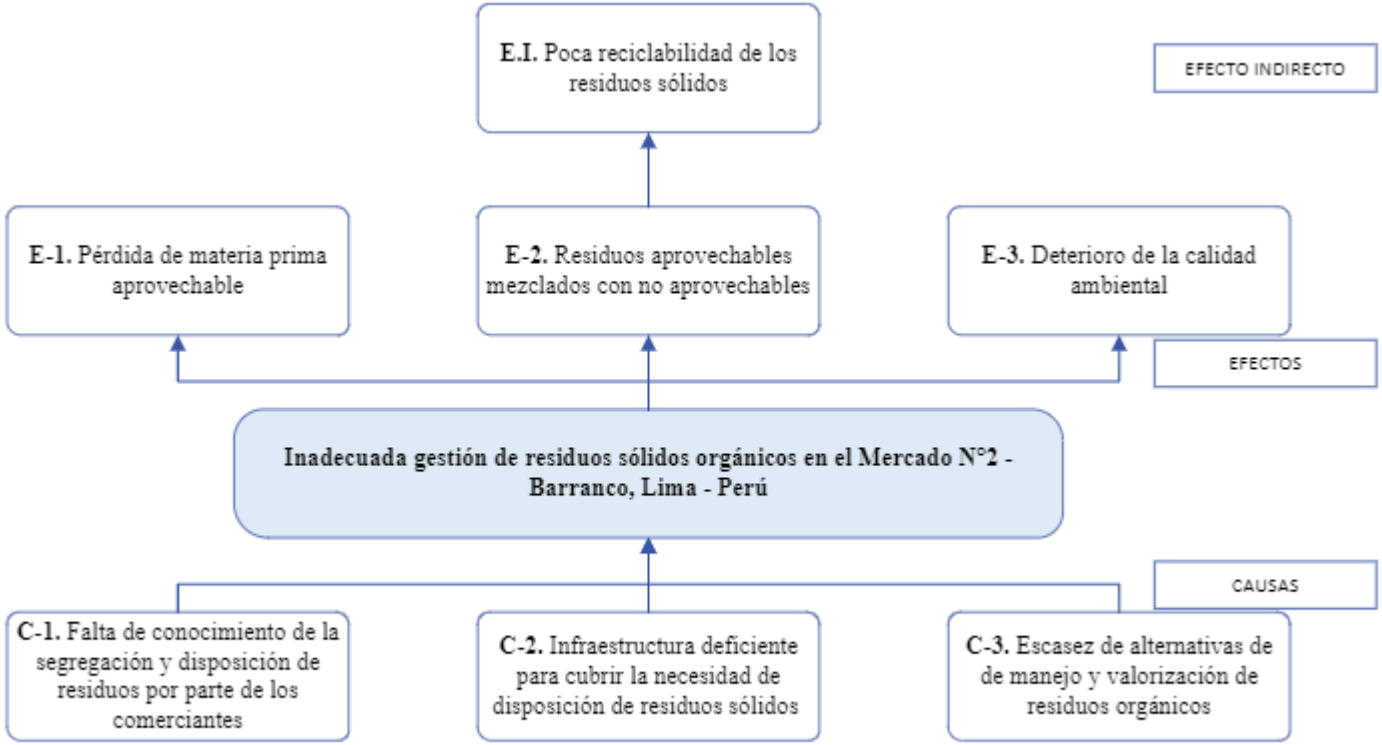
Nota. En la tabla se muestra una comparativa entre el distrito con mayor generación de residuos sólidos con el distrito de Barranco y los porcentajes del total producido en el departamento de Lima. Adaptado de "Anuario de Estadísticas Ambientales" por INEI, 2022 (https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1877/libro.pdf).

A pesar de ello, se evidencia una inadecuada gestión de residuos sólidos, lo cual afecta en distintos aspectos del distrito. En el caso del Mercado N°2 de Barranco, los residuos sólidos son depositados en el punto de acopio el cual cuenta con dos contenedores señalizados para separar residuos orgánicos y biocontaminados (Anexo 2). Sin embargo, los comerciantes no cumplen con segregarlos manera correcta y, por el contrario, los acumulan sin respetar los espacios establecidos. Esto genera malos olores, los cuales son percibidos desde la parte externa del centro de acopio. Además, se presenció a recicladores informales que ingresan al área de almacenamiento temporal de residuos, lo cual pone en riesgo su salud porque no cuentan con ningún equipo de protección personal (EPP).

La Municipalidad de Barranco destina la totalidad de sus residuos sólidos en el relleno sanitario El Zapallal, el cual es propiedad de la empresa Innova Ambiental. Sin embargo, este relleno sanitario pasará a ser un centro de valorización, tratamiento y segregación de residuos sólidos (Ordenanza N° 495-2024/MDC, 2024). Esto ayudará a mejorar el sistema de gestión de residuos sólidos con un enfoque en la valorización.

Figura 3

Árbol del problema



Nota. La presente figura muestra las causas, efectos y efecto indirecto del problema central del proyecto de investigación.

b. Justificación del trabajo

Justificación teórica

El desarrollo del presente trabajo busca estimar el potencial de generación de biogás en base a los residuos orgánicos producidos en el Mercado N°2 de Barranco. Si bien es cierto, existen diversos estudios que analizan el potencial de biogás producido con restos orgánicos, pocos se enfocan en los residuos generados en un centro de abastos, siendo estos establecimientos una fuente de sustratos para su valorización. Sin embargo, se les da la connotación de "desperdicio" y se prioriza su disposición final. Por tal motivo, el presente trabajo presenta otra alternativa de gestión de residuos más sostenible.

Justificación metodológica

Según Pandyaswargo et al. (2019), la producción de biogás es la mejor tecnología para tratar los residuos orgánicos, ya que se pueden utilizar las partes sólidas como el compost; el biol, líquidos segregados durante el proceso de fermentación, como fertilizantes líquidos; y la energía producida por el proceso de digestión anaerobia conocida como biogás. Del mismo modo, al utilizar los residuos orgánicos como sustrato para la producción de biogás, se reduce la cantidad de desechos que tendrían como destino final un relleno sanitario contribuyendo así a la extensión de la vida útil de los mismos, y a minimizar la propagación de GEI y lixiviados al ambiente (Genia Bioenergy, s.f.).

Justificación práctica

Si se logra valorizar energéticamente los residuos orgánicos generados en el Mercado N°2 de Barranco, beneficiaría económicamente a los comerciantes y a la municipalidad del distrito, y reduciría los impactos ambientales por el inadecuado manejo de residuos, así como sus repercusiones en la sociedad.

En cuanto a los beneficios económicos, les permitiría a los comerciantes reducir los costos mensuales de energía eléctrica, puesto que una parte de esta se vería reemplazada por el biogás. Del mismo modo, la Municipalidad disminuiría los costos de recolección, traslado y disposición final de los residuos sólidos debido a que, al aprovechar una parte de estos, se reduciría el volumen de residuos que serían dispuestos.

Asimismo, los beneficios ambientales están relacionados a una adecuada gestión de residuos y su valorización, lo cual guía a la gestión del mercado hacía la sostenibilidad. Esto se evidencia con el aprovechamiento de los residuos al usarlos como materia prima para generar energía, ya que se reduce el consumo de recursos no renovables para este mismo fin. Según Rios et al. (2016), la utilización de biogás, proveniente de residuos orgánicos, como fuente de energía, disminuye los efectos negativos de la descomposición de la materia orgánica,

como la propagación de GEI, que en consecuencia genera el cambio climático, lluvia ácida, daños al ecosistema, entre otros. Del mismo modo, la correcta segregación de residuos impulsa a la valorización material de otros residuos como papel y cartón, plásticos, entre otros. Esto generaría que el punto de acopio sea utilizado solamente para residuos no aprovechables como envolturas o materiales mezclados que son difíciles de clasificar, disminuyendo la cantidad de residuos que serían trasladados al relleno sanitario, contribuyendo a la reducción de la huella de carbono del mercado.

De igual forma, los beneficios sociales serían la disminución de malos olores y la presencia de vectores, los cuales son portadores de enfermedades disminuyendo la propagación de estas. Además, el aumento de los puestos de trabajo enfocados al tratamiento y valorización de los residuos favorecería a la sociedad brindándoles beneficios laborales.

Por último, los resultados presentados pueden servir como base para que la Municipalidad Local implemente políticas públicas que prioricen la valorización de los residuos orgánicos, así como una adecuada gestión de estos y fomente el trabajo en sinergia con los comerciantes. Además, se espera que los resultados expuestos impulsen a que otros centros de abastos con características similares apliquen esta forma de gestionar los residuos en sus procesos.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo general

Analizar el potencial de generación de biogás para afrontar la inadecuada gestión de residuos orgánicos en el Mercado N°2 de Barranco, Lima.

1.4.2 Objetivos específicos

- Interpretar la gestión actual de residuos sólidos en el Mercado N°2 de Barranco.
- Determinar la cantidad de sólidos volátiles en las muestras seleccionadas a través del método de ignición
- Calcular el potencial de generación de biogás.

1.5 INDICADORES DE ÉXITO

En base a los indicadores específicos, se establecen los siguientes indicadores de éxito:

Tabla 4

Indicadores de éxito según objetivo específico

OBJETIVO ESPECÍFICO	INDICADOR DE LOGRO
1. Describir la gestión actual de residuos sólidos en el Mercado N°2 de Barranco	- Gráficos estadísticos extraídos de los resultados de las encuestas - Flujo de gestión de residuos sólidos - Kg de residuos sólidos generados / día
2. Determinar la cantidad de sólidos volátiles en las muestras seleccionadas a través del método de ignición.	- Kg de sólidos volátiles / muestra
3. Calcular el potencial de generación de biogás	- m^3 de biogás / mes

Nota. En la tabla se detallan los indicadores de logro por cada objetivo específico.

1.6 PLANIFICACIÓN DEL PROYECTO

Para el desarrollo del presente trabajo de suficiencia profesional, en primera instancia, se solicitarán los permisos correspondientes a la entidad en la cual se basa el estudio y se evaluará el acceso a información que nos podrían brindar. Una vez definida el área de estudio, se procederá a recopilar la información necesaria a través de fuentes primarias, así como fuentes secundarias, tales como papers y antecedentes.

A la par, mientras se recopila información e investiga sobre el tema, se realizará el trabajo de campo, lo cual implica encuestar a los comerciantes y dirigentes del Mercado N°2, además de realizar la caracterización de residuos orgánicos y las pruebas de laboratorio. Esta información será procesada y analizada según lo establecido por la FAO para obtener el resultado final: potencial de generación de biogás.

Por último, en base a la interpretación de resultados, se elaborarán las conclusiones y recomendaciones del caso.

Figura 4

Diagrama de Gantt del trabajo de suficiencia profesional

ACTIVIDAD	PLANIFICACIÓN DE ACTIVIDADES AÑO 2024															
	Marzo				Abril				Mayo				Junio			
	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4
SOLICITUD DE PERMISOS Y REVISIÓN DE INFORMACIÓN																
Solicitar a la empresa los permisos correspondientes y acceso a la información																
Recopilación y análisis de información de fuentes primarias																
Recopilación y análisis de información de fuentes secundarias																
Determinar los recursos necesario, riesgos y limitaciones																
TRABAJO DE CAMPO Y LABORATORIO																
Encuestar a los comerciantes																
Entrevistar a los dirigentes																
Realizar el estudio de caracterización de residuos sólidos																
Realizar las pruebas de laboratorio																
ANÁLISIS DE RESULTADOS																
Procesamiento de los datos obtenidos, según lo establecido por la FAO.																
Análisis de los resultados obtenidos																
Conclusiones y recomendaciones																
PRESENTACIÓN DE RESULTADOS																
Presentación preliminar																
Presentación final																

2 CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO

2.1 MARCO CONCEPTUAL

2.1.1 Potencial de generación de biogás

El potencial de generación corresponde a la cantidad de biogás que se puede producir dependiendo de la biomasa que se esté utilizando. Para esto cuenta con distintos parámetros de generación como el pH, cantidad de agua de biomasa, cantidad de nutrientes. Sus unidades pueden variar dependiendo de las cantidades de materia orgánica y tiempo de retención en el biodigestor (Aguilar et al. 2011).

El potencial de generación es el resultado final de este trabajo de investigación el cual tiene como objetivo analizar el potencial de producción de biogás generado con residuos orgánicos provenientes del Mercado N° 2 de Barranco.

2.1.2 Residuos sólidos

Son aquellos productos, restos de productos o subproducto, ya sea en estado sólido o semisólido, que son dispuestos por su generador de manera obligatoria siguiendo la normatividad nacional. El manejo de estos tiene procesos que incluyen la minimización de residuos, segregación en la fuente, reaprovechamiento, almacenamiento, recolección, comercialización, transporte, tratamiento, transferencia y culminan con la disposición final (MINAM, 2012). Realizando una comparativa entre los años 2016 a 2021 se evidencia que la producción domiciliaria de residuos sólidos per cápita presenta su valor más alto en el año 2021 con 0.58 kg/hab/día, lo cual indica que con el pasó de los años la generación de residuos irá aumentando hasta que no se realice una correcta segregación de los mismos (INEI, 2022). El aumento de la generación de residuos se encuentra relacionado con el incremento en la población en nuestro país, ya que se tiene una proyección de crecimiento poblacional anual de 1% (Banco Mundial, s.f.)

Según Carranza (2015), la gestión de residuos sólidos y la sensibilidad sobre el recojo de los mismos se encuentra inversamente proporcional a los niveles de pobreza. Esto se debe a la falta de conocimientos sobre manejo de los residuos sólidos y ausencia de los gobiernos regionales en la gestión de estos.

2.1.2.1 Residuos orgánicos

Los residuos orgánicos son los restos biodegradables, ya sea de origen animal o vegetal, que se descomponen de forma natural mediante la intervención de bacterias anaerobias. Este tipo de desechos representan el mayor porcentaje de los residuos municipales generados por domicilios, comercios y centros de abastos (MINAM, 2023). Al respecto, el INEI (2022)

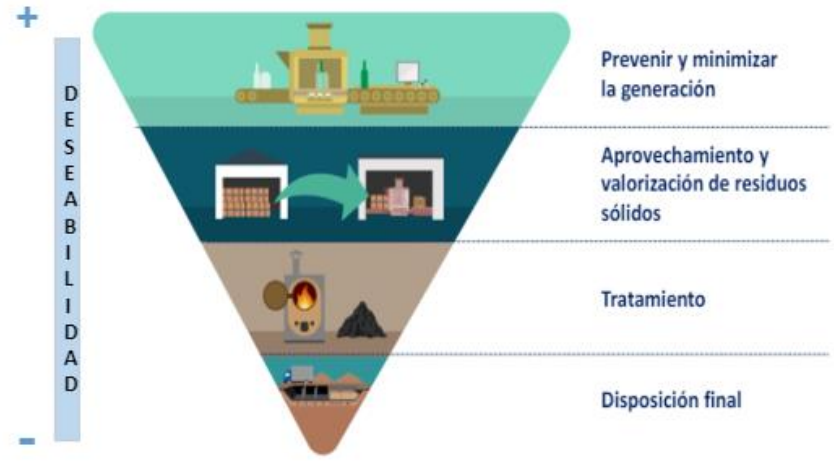
indica que, de la cantidad de residuos sólidos generados durante los años 2011 al 2020, el porcentaje de residuos orgánicos es mayor al 50% en nueve de los diez años mencionados. Sin embargo, este tipo de desechos son los que menos se gestionan, lo cual representa una oportunidad para darles un manejo adecuado y aprovechar su potencial (Organización de las Naciones Unidas [ONU], 2018).

2.1.3 Gestión de residuos sólidos

Se refiere a la técnica administrativa de planificar, diseñar, aplicar, coordinar y evaluar las políticas, planes, estrategias y programas de acción para el correcto manejo de los residuos sólidos dentro de los sectores públicos o privados, ya sea a nivel local, regional o nacional (MINAM, 2012). La gestión de residuos sólidos en el Perú es una parte esencial para la formación de un país sostenible y responsable con el medio ambiente. Enfocarse en la gestión de residuos sólidos se vuelve fundamental para poder preservar los recursos naturales y reducir, de manera significativa, los impactos negativos (SGS, 2023). El MINAM establece la siguiente jerarquía para la gestión de RRSS:

Figura 5

Principios de la Jerarquía en la Gestión de Residuos Sólidos



Nota. Adaptado de Resolución Ministerial N° 089-2023-MINAM. (2023). *Aprobar el "Contenido Mínimo del Plan de Minimización y Manejo de Residuos Sólidos No Municipales"*. Ministerio del Ambiente. (https://acortar.link/4DkkTe)

2.1.3.1 Valorización

Es una alternativa de tratamiento que abarca la gestión y manejo de los residuos sólidos. Esto comprende actividades como reciclaje, reutilización, compostaje mientras se realice en la infraestructura adecuada. Esto abarca la transformación química o biológica de los

residuos sólidos para convertirse en un nuevo producto mediante la recuperación de componentes y materiales (Decreto Legislativo 1278, 2016).

2.1.4 Cambio climático

Se refiere a los cambios de temperatura y de patrones climáticos que se registran a largo plazo. Estas alteraciones se pueden dar de manera natural, ya sea por erupciones volcánicas o aumento de actividad solar. Sin embargo, desde la revolución industrial la mayoría de los impactos negativos son provocados por la actividad humana. Este se debe al uso de combustibles fósiles como el carbón o el petróleo (ONU, s.f.).

a. Mitigación

Implica aplicar medidas, adoptadas por los gobiernos, empresas o las mismas personas, para reducir las emisiones de GEI procedentes de las actividades antropogénicas. Sin embargo, la mitigación se encuentra llena de dificultades, entre ellas la dependencia de los combustibles fósiles que mueven la economía mundial. Esta dependencia y los intereses monetarios supone un obstáculo para la transición a fuentes de energía sostenibles (PNDU, 2014).

b. Prevención

Se refiere a la aplicación de medidas para evitar la emisión de GEI. Estas medidas pueden ser a menor escala como ahorrar energía eléctrica en casa, reducir el consumismo, o acciones a mayor escala como el cambio de fuentes de energía en fábricas por algunas fuentes renovables o la mejora en la gestión de residuos y recursos (ONU,s.f.).

2.1.5 Digestión anaerobia

Es un proceso biológico que se da por la escasez de oxígeno (Figura 6), en el cual forma parte los residuos sólidos, con alto contenido de líquidos, que se transforman mediante las acciones de bacterias anaeróbicas (FAO, 2019). El proceso de digestión anaerobia consta de 3 etapas principales:

a. Hidrólisis:

En esta etapa, la materia orgánica compleja (proteínas, lípidos, etc.) se descompone mediante la acción de bacterias anaerobias, convirtiéndola en materia orgánica soluble como azúcares, ácidos grasos o aminoácidos. Esto genera los sustratos para la próxima etapa (FAO, 2019).

b. Acidogénesis y Acetogénesis:

Los microorganismos acidogénicos y acetogéncios son las que se encargan de procesar la materia orgánica soluble y liberar el hidrógeno molecular (H2O), acetato (CH3COO) y dióxido de carbono (CO2). Por otro lado, la acidogénesis es la etapa más rápida de todo el

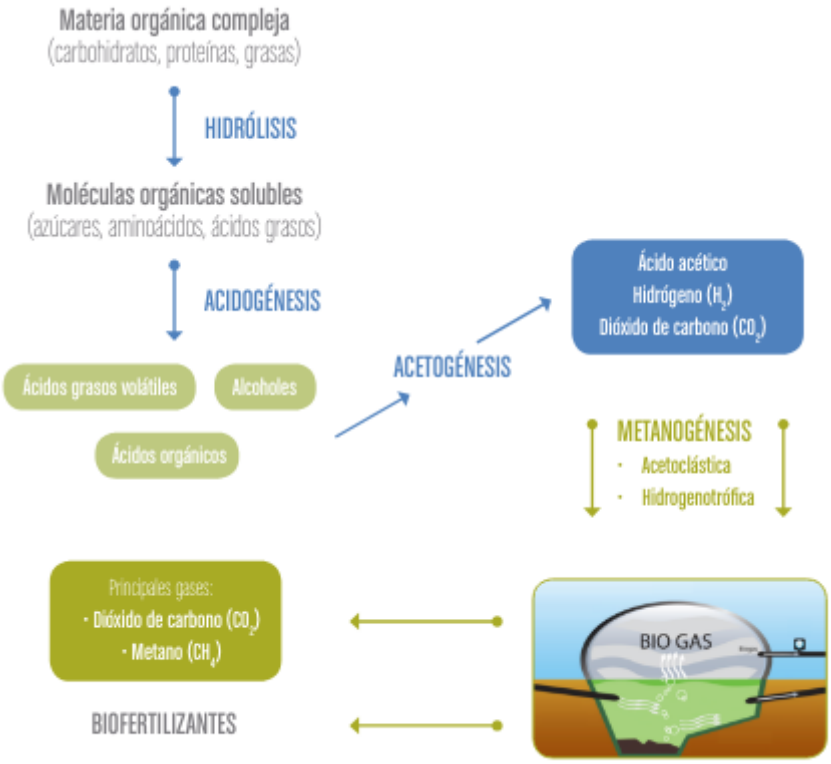
proceso, por lo que es de vital importancia que se controle para así impedir el descenso del pH para que no interfiera con las actividades del consorcio bacteriano (FAO, 2019).

c. Metanogénesis:

Por último, los microorganismos metanogénicos presentan vías metabólicas distintas: la vía acetoclástica, que genera CH4 y CO2 a partir del ácido acético y la vía hidrogenotrófica, que genera CH4 con el H2 y el CO2.

Figura 6

Etapas de la Digestión Anaerobia en un biodigestor



Nota. De "Guía Teórico-Práctica sobre el biogás y los biodigestores", por FAO, 2019 (http://www.probiomasa.gob.ar/_pdf/GuiadeBiogasyBiodigestores-19-08-29.pdf).

2.1.5.1 Biogás

El biogás es un gas, que se genera de manera natural o de manera antropogénica, producido por reacciones de descomposición de materia orgánica, mediante la acción de bacterias metanogénicas y otros factores como la ausencia de oxígeno. El resultado de la descomposición genera metano (CH_4) en un 40% a 70%, dióxido de carbono (CO_2) en un 30% a 55% y pequeñas cantidades de hidrógeno (H_2), nitrógeno (N_2), oxígeno (O_2) y sulfuro de hidrógeno (H_2S) (Figura 7). (Ministerio de Energía et al., 2011)

Figura 7

Características generales del biogás

Composición	55 – 70% metano (CH_4) 30 – 45% dióxido de carbono (CO_2) Trazas de otros gases
Contenido energético	6.0 – 6.5 kW h m^{-3}
Equivalente de combustible	0.60 – 0.65 L petróleo/m^3 biogás
Límite de explosión	6 – 12 % de biogás en el aire
Temperatura de ignición	650 – 750°C (con el contenido de CH_4 mencionado)
Presión crítica	74 – 88 atm
Temperatura crítica	-82.5°C
Densidad normal	1.2 kg m^{-3}
Olor	Huevo podrido (el olor del biogás desulfurado es imperceptible)
Masa molar	16.043 kg $kmol^{-1}$

Nota. De "Manual de biogás", por Ministerio de energía et al. 2011 (https://www.fao.org/4/as400s/as400s.pdf).

2.1.5.2 Sólidos volátiles

Los sólidos volátiles (SV) vienen a ser los sólidos que se volatilizan a temperaturas mayores a 550° C. Este es un dato muy importante, ya que la producción de biogás es directamente proporcional con los SV y conociendo el resultado, se puede realizar la comparación entre diferentes tecnologías y sustratos (FAO, 2019).

2.1.6 Centro de abastos

Se denomina centro de abastos a los locales que pertenecen a una entidad privada o pública, en cuyo interior funcionan puntos de venta individuales los cuales están destinados al comercio de distintos productos o servicios. Estos centros son clasificados de acuerdo a la cantidad de productos vendidos, minoristas y mayoristas. Los centros de abasto minorista ofrecen sus productos como carnes, frutas, verduras, granos, entre otros, a los consumidores finales. Los centros mayoristas ofrecen sus productos a comerciantes minoristas para que se puedan abastecer y seguir operando (Guerrero, 2017).

2.1.7 FAO

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, ONUAA, o Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO por sus siglas en inglés, es una organización de la ONU que se encarga de las actividades internacionales relacionadas a erradicar el hambre en el mundo (FAO, s.f.).

Para el presente trabajo se tomará en cuenta la Guía Teórico-Práctica sobre el biogás y biodigestores, específicamente el Capítulo 5, el cual está enfocado en la estimación de biogás. En principio y partiendo de que son análisis sencillos y de bajo costo, se deberá

intentar identificar como mínimo el contenido de SV del residuo o material orgánico que se quiere utilizar en el biodigestor.

2.1.8 Contaminación

Variación o cambio en las propiedades biológicas, químicas y físicas, que provocan una consecuencia negativa en los distintos componentes del medio ambiente. En la actualidad, estos cambios se producen de manera antropogénica, siendo las actividades extractivas y productivas las más contaminantes (Camacho & Ariosa, 2000).

2.1.9 Impacto ambiental

Alteración positiva o negativa de uno o más componentes del medio ambiente, la cual es provocada por la realización de una actividad. Este impacto muestra una diferencia entre un antes y un después cuando se ejecuta un proyecto (MINAM, 2012).

2.1.10 Salud ambiental

Son todos los aspectos de la salud humana, en donde incluye calidad de vida, los cuales son determinados por los factores ambientales físico, químicos, biológicos, sociales y económicos. (MINAM, 2012).

2.2 ESTÁNDARES, FRAMEWORKS Y BUENAS PRÁCTICAS

En la Figura 8 se visualiza la interacción de los procesos involucrados en el desarrollo del presente trabajo, cuyo objetivo es determinar el potencial de valorización de los residuos generados en el Mercado N°2 de Barranco. El diagrama muestra la relación bilateral entre los procesos direccionales, operacionales y de apoyo, los cuales interactúan entre sí por un mismo objetivo: cumplir las necesidades y expectativas de las partes interesadas y, de esta forma, lograr su satisfacción.

En los procesos direccionales, se encuentra la Junta Directiva del mercado N°2. En la Figura 2 se muestra los miembros que conforman esta junta, quienes son los encargados de la administración del establecimiento. Su rol es sumamente importante en el funcionamiento del mercado. Son quienes convocan a los comerciantes para tomar decisiones y realizan las gestiones correspondientes para ejecutarlas. Asimismo, la Municipalidad de Barranco, como ente fiscalizador, debe inspeccionar que el Mercado cumpla con los lineamientos establecidos para el cuidado del ambiente.

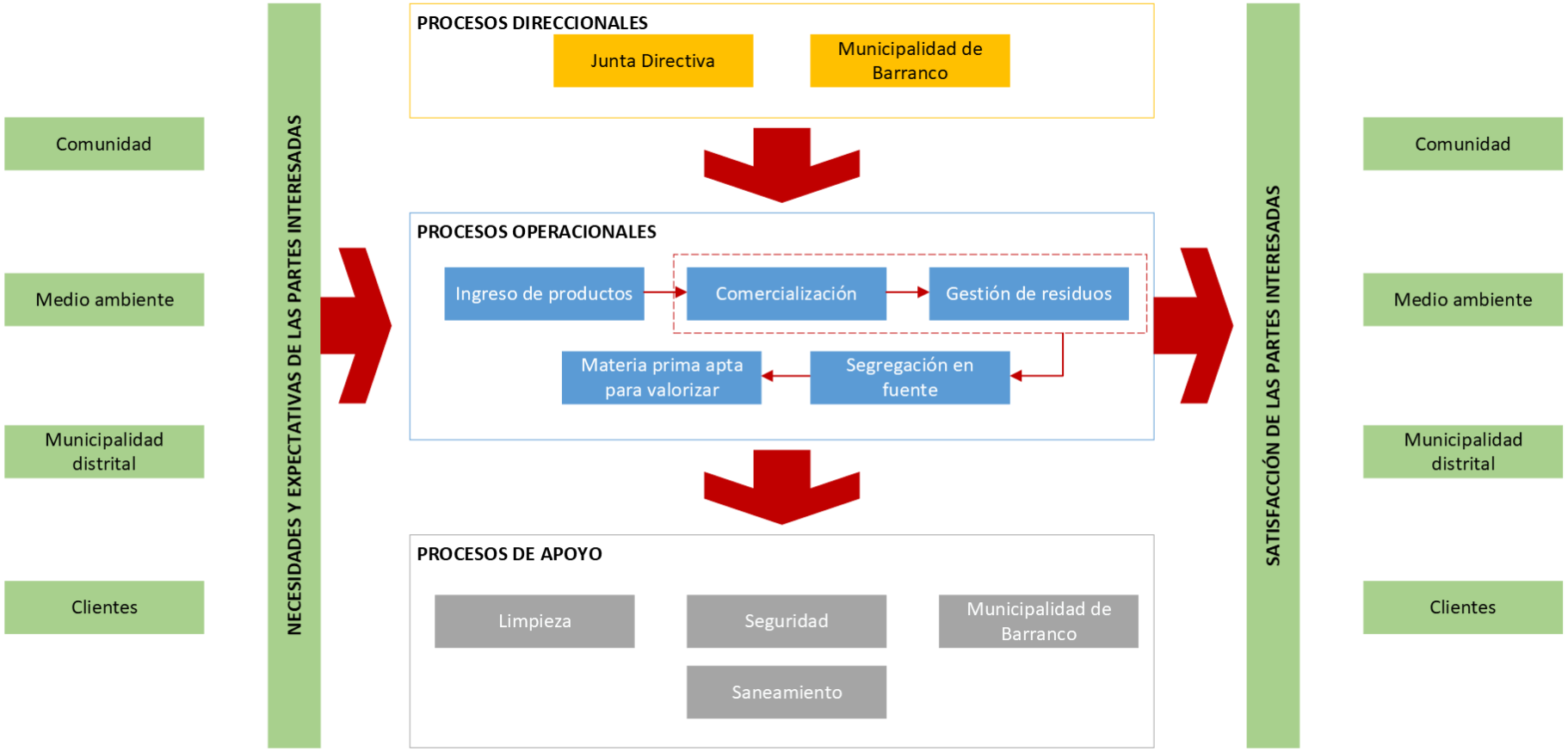
En cuanto a los procesos operacionales, los productos ingresan al mercado, ya sea por medio de los mismos comerciantes o por proveedores. Luego, estos son comercializados. En el caso de las juguerías y restaurantes, los alimentos se preparan en el mercado. A medida que los comerciantes atienden al público, a su vez, generan residuos sólidos, los cuales deben ser

segregados en fuente para asegurar su posterior tratamiento. A partir de las 16:00 horas, los residuos deben ser llevados al punto de acopio y almacenados manteniendo su clasificación. Los dueños de cada puesto son los responsables de este proceso.

Por último, los procesos de apoyo abarcan la limpieza del establecimiento, la cual implica el aseo del punto de acopio de forma diaria, de esta forma se minimiza el riesgo de proliferación de vectores y roedores, los malos olores y mantiene la buena imagen de la entidad; el personal de vigilancia, quienes se encargan de la seguridad del mercado y verifican el proceso de recojo de residuos por parte de la municipalidad durante el horario nocturno; la Municipalidad de Barranco, quienes se encargan del recojo de residuos y realizan diversos programas de capacitación y formación en temas de gestión de residuos; y los procesos de fumigación y desratización, el cual se realiza de forma mensual.

Figura 8

Mapa de Procesos



2.3 BASES LEGALES Y MARCO NORMATIVO

La Ley General del Ambiente establece que toda persona tiene el derecho a desarrollarse en un entorno saludable (Ley 28611, 2005, art. 8). En este caso, el mercado N°2 Barranco tiene la responsabilidad de gestionar adecuadamente sus residuos para no alterar y afectar a la comunidad, ya que un incorrecto manejo de estos, puede ocasionar contaminación odorífera, visual, entre otros como se detallan en la Figura 3.

Además, según la Ley antes mencionada, los municipios locales son responsables del saneamiento básico del distrito, como la gestión de los residuos sólidos (Ley 28611, 2005, art. 67). Sin embargo, no todos los tipos de residuos están bajo su responsabilidad. Los gobiernos locales se encargan de gestionar "residuos sólidos de origen doméstico, comercial o que siendo de origen distinto presenten características similares", tales como los generados en el centro de abastos. (Ley 28611, 2005, art. 119). Esto coincide con lo dispuesto en el Decreto Legislativo N° 1278, el cual establece que es competencia de las municipalidades distritales brindar un adecuado servicio de recolección y transporte de residuos sólidos, así como fomentar la segregación en la fuente para facilitar la valorización de estos (Decreto Legislativo 1278, 2016, art. 24). Para el manejo de residuos, se debe considerar, como primera opción, la prevención y minimización del volumen de residuos generados; como segunda alternativa, optar por la valorización; y, en último lugar, la disposición final (Decreto Legislativo 1278, 2016, art. 2). Al respecto, los generadores de residuos municipales, tales como los centros de abasto, son los responsables de segregar los residuos y entregarlos a la autoridad competente manteniendo la clasificación (Decreto Legislativo 1278, 2016, art. 34). Para realizar una adecuada segregación, el Art. 35 indica que los contenedores para el almacenamiento de residuos deben cumplir con el código de colores establecido en la NTP 900.058:2019[2]. Según el Art. 51, los municipios deben priorizar la valorización de los residuos orgánicos generados en los mercados. Además, las municipalidades deben evaluar los resultados de la gestión que realizan, siendo uno de los aspectos el incremento de residuos valorizados (Decreto Legislativo 1278, 2016, art. 53).

Lo mencionado en el párrafo anterior concuerda con lo expuesto en Ley Orgánica de Municipalidades, la cual establece que, en materia de saneamiento, parte de sus funciones es reglamentar y administrar el servicio de tratamiento de residuos sólidos. (Ley 27972, 2003, art. 73).

---

[2] Código de colores: a) Verde – Residuos aprovechables, b) Negro – Residuos no aprovechables, c) Marrón – Residuos orgánicos, y d) Rojo – Residuos peligrosos. (Resolución Directoral 003-2019-INACAL-DN: art. 1).

El Decreto Supremo N° 023-2021 aprueba la Política Nacional del Ambiente al 2030 (Decreto Supremo 023-2021, art. 1), en la cual se proyecta incorporar la cultura ambiental en la comunidad. Uno de los beneficios de este aspecto, será que, al tener un enfoque ambiental, gestionarán adecuadamente los residuos sólidos, lo cual permitirá un ahorro de costos en el manejo de residuos municipales.

3 CAPÍTULO 3: DESARROLLO DEL PROYECTO

3.1 DISEÑO DE LA SOLUCIÓN

3.1.1 OBJETIVO ESPECÍFICO 1

Para el desarrollo del presente estudio, como primer paso, será necesario conocer el estado actual de la gestión de residuos sólidos en el Mercado N°2 de Barranco, así como el nivel de conocimiento de los comerciantes y la percepción que ellos tienen sobre la forma de manejo de los residuos. Para ello, se recopilará información a través de la encuesta "Los residuos sólidos y su gestión" (Anexo 3) dirigida a un representante por cada puesto del Mercado, de los cuales se espera que, como mínimo, el 50% acceda a resolver las encuestas. Además, se entrevistará a todos los miembros de la Junta Directiva, en base a las preguntas del formato "Gestión de residuos sólidos" (Anexo 4), de los cuales se espera las respuestas de todos los integrantes. Las respuestas obtenidas serán procesadas en la herramienta Excel y se analizarán las tendencias estadísticas de los siguientes aspectos:

- Rubro comercial predominante
- Principal residuo que se genera
- Porcentaje de comerciantes que segregan los residuos
- Qué hacen con los residuos generados
- Percepción respecto a la capacidad de los contenedores ubicados en el punto de acopio
- Percepción respecto a la contaminación por residuos sólidos

Además, en base a la información recopilada, tanto a través de las encuestas como de las entrevistas, se elaborará el flujo de gestión de residuos sólidos generados en el Mercado.

Para determinar la cantidad de RROO generados por día, se realizará un estudio de caracterización. Para ello, diariamente, por dos semanas, se ingresará al punto de acopio de residuos a las 16:00 horas aproximadamente, horario en el cual los comerciantes trasladan sus residuos al almacén temporal. Los residuos generados serán separados en dos grupos: orgánicos e inorgánicos, y se realizará el pesaje del grupo de RROO.

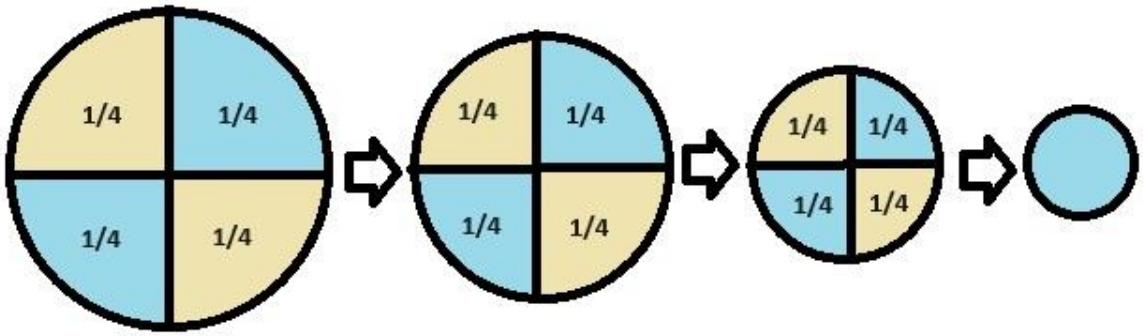
Se optó por realizar la caracterización por dos semanas (14 días) para que el muestreo sea representativo y capture los cambios en el consumo, las ventas y, por ende, los residuos generados que varían por día, así como en quincena. Además, se ingresará al punto de acopio en el rango de 16 a 18 horas, ya que es el horario en el que la mayor cantidad de comerciantes trasladan sus residuos al punto de acopio.

3.1.2 OBJETIVO ESPECÍFICO 2

El MINAM (2019) indica que, cuando se tiene un volumen de residuos significativo, se aplica el método del cuarteo. Esto consiste en que, de la caracterización realizada en el punto anterior, los RROO generados al día serán mezclados entre sí para homogenizar la mezcla, la cual se dividirá en cuartos de forma equitativa. Luego, se seleccionarán dos cuartetos opuestos y los otros dos serán descartados. Los cuartetos seleccionados serán mezclados nuevamente y se realizará un nuevo cuarteo, y así sucesivamente hasta obtener una muestra del peso necesario para ser analizada en laboratorio. Esto se realizará los mismos días de la caracterización mencionada en el punto anterior. Las muestras serán congeladas para retardar su degradación hasta que se realice el estudio respectivo.

Figura 9

Método de cuarteo



Nota. Elaborado a partir de MINAM (2019).

Las muestras extraídas serán trasladadas al laboratorio donde se realizará el ensayo para determinar los sólidos volátiles (SV) por ignición. La FAO (2019) indica que, para obtener los SV, las muestras pasarán por dos secados. Primero, la muestra fresca (MF) será secada a una temperatura de 105.5°C por 24 horas para extraer el agua contenida y, de esta forma, obtener la materia seca (MS). Luego, pasará por un segundo secado a 550°C por 6 horas. La cantidad de SV equivale a la diferencia entre la MS y los restos (cenizas) del segundo secado (ecuación 1), Para realizar ambos pesajes, será necesario enfriar los recipientes con las muestras hasta que estén a temperatura ambiente.

$$SV = MS - Cenizas \quad (1)$$

3.1.3 OBJETIVO ESPECÍFICO 3

Primero, para determinar el potencial de generación de biogás de los RROO del Mercado N°2 de Barranco, es necesario calcular los SV del Mercado. Para ello, se considera una

relación directamente proporcional entre los SV y la materia orgánica. Se realizará el siguiente cálculo:

$$SV\ del\ Mercado = \frac{Promedio\ de\ RROO * Promedio\ de\ SV}{Promedio\ de\ MF} \quad (2)$$

Donde:

- Promedio total de RROO: promedio de la cantidad de RROO generados cada día durante las dos semanas de caracterización, en kg (se extrae del OE1).
- Promedio de SV: promedio de la cantidad de SV de las catorce muestras, en kg (se extrae del OE2).
- Promedio de MF: promedio del peso de MF de las catorce muestras, en kg (se extrae de la prueba de laboratorio).

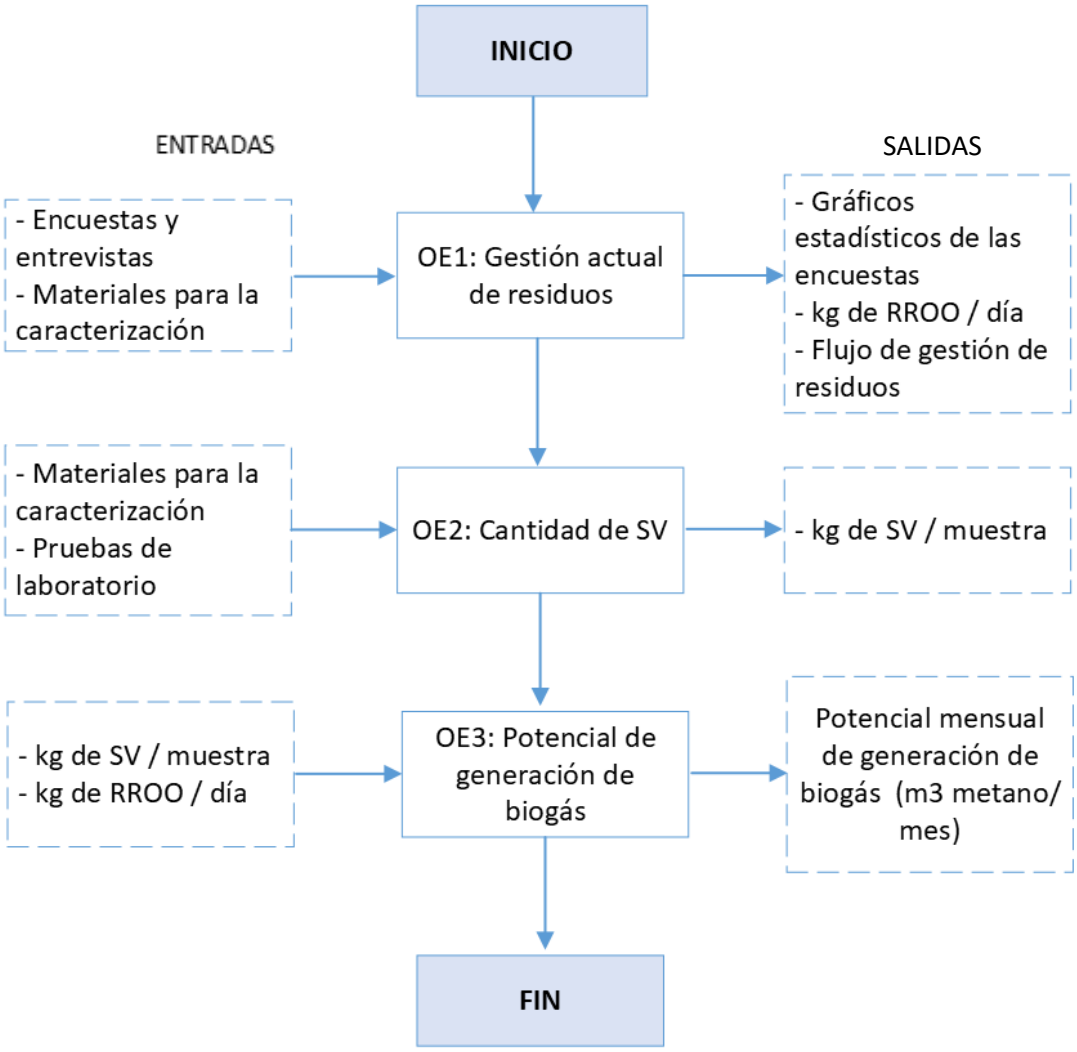
Luego, se calculará el potencial diario de generación de biogás del Mercado N°2 de Barranco. Para ello, la FAO (2019) establece la siguiente fórmula:

$$Potencial\ diario = SV\ del\ Mercado * Equivalente\ de\ producción\ de\ biogás \quad (3)$$

Por último, para determinar el potencial mensual de generación de biogás del Mercado, el resultado obtenido en la ecuación 3 se multiplicará por 30 días.

Figura 10

Flujograma del análisis del potencial de generación de biogás



3.2 DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN

3.2.1 DESARROLLO DEL OBJETIVO ESPECÍFICO 1

La figura 11 muestra un resumen del desarrollo del objetivo específico 1 (ver materiales, instrumentos y herramientas en el Anexo 5):

Figura 11

Resumen del desarrollo del OE1

El primer paso fue solicitar la autorización a la junta directiva del Mercado N° 2 para realizar las encuestas a los comerciantes y entrevistas a los miembros de la Junta Directiva, así como el trabajo de caracterización de residuos.

Por un lado, la encuesta (Anexo 3) se realizó por tres días (25, 27 y 29 de marzo). Se optó por realizar la encuesta más de un día, ya que el objetivo era encuestar a la mayoría de los comerciantes; sin embargo, muchos de los puestos estaban cerrados, otros tenían clientes que atender y otros no estaban dispuestos a responder la encuesta. No obstante, luego de los tres días se logró encuestar a 256 comerciantes que representa el 62.6% del total, superando así las expectativas planteadas (50%). La negativa de algunos comerciantes a completar la encuesta fue un limitante puesto que disminuye la exactitud de los resultados.

Respecto a las entrevistas (Anexo 4), estas fueron realizadas a la par de las encuestas y no se presentaron inconvenientes o negaciones por parte de los miembros de la Junta Directiva.

Figura 12

Desarrollo de encuestas a comerciantes

Respecto al trabajo de caracterización de residuos, esta tarea se realizó por un periodo de dos semanas (4 al 17 de abril), en las cuales ingresamos al punto de acopio del Mercado con los EPPs necesarios, para clasificar los residuos en orgánicos e inorgánicos. Se realizó el pesaje de los RROO y los resultados obtenidos fueron anotados en el formato que muestra la Tabla 5, los cuales nos permitirán conocer la cantidad de RROO generados por día. Se calculará el promedio de los valores obtenidos, puesto que este dato nos servirá para el OE3.

Tabla 5

Formato para el estudio de caracterización

TIPO DE RESIDUO	PESO POR DÍA (kg)				
	04/04	05/04	…	16/04	17/04
Orgánicos					
Promedio de RROO					

Nota. Los puntos suspensivos en la tabla indican la continuidad de los días hasta el 17 de abril.

3.2.2 DESARROLLO DEL OBJETIVO ESPECÍFICO 2

La figura 13 muestra un resumen del desarrollo del objetivo específico 2 (ver materiales, instrumentos y herramientas en el Anexo 5):

Figura 13

Resumen del desarrollo del OE2

Para el desarrollo de la primera parte del objetivo específico 2, se empleó el método del cuarteo. Con este método se buscó homogenizar los RROO para lograr seleccionar muestras uniformes.

Los RROO clasificados en el OE1, se homogenizaron utilizando como herramienta la pala. Cuando los RROO estaban unificados, se procedió con la división de estos en cuartos. Al

tener las cuatro partes iguales, se seleccionaron dos secciones opuestas, mientras que las otras dos se descartaron. Los dos cuartos que fueron seleccionados se volvieron a homogenizar para realizar el cuarteo nuevamente. Este procedimiento se realizó diez veces consecutivamente. Del cuarteo final se obtiene la muestra significativa, la cual se colocó en una bolsa ziploc y fue almacenada en el cooler. Diariamente, por las dos semanas de selección de muestras, estas, luego de su recolección, fueron congeladas para retrasar la degradación de los residuos, ya que las pruebas de laboratorio se realizaron el día quince.

Durante los primeros días de estudio, no se presentaron inconvenientes y se concluyó de manera exitosa la primera semana. Sin embargo, al comenzar la segunda semana varios comerciantes no se encontraban conformes con nuestra presencia dentro del punto de acopio porque se propagaban los malos olores a los puestos más cercanos. A pesar de las dificultades presentadas, se logró obtener las muestras con éxito.

Figura 14

Homogenización, división y selección de muestra

Para la siguiente fase de desarrollo, se solicitaron los permisos al encargado de laboratorio, para poder acceder a los laboratorios de la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC).

Las pruebas de laboratorio se ejecutaron del 22 al 24 de abril. Las muestras recolectadas fueron transportadas al laboratorio en el cooler para mantener la cadena de frío. Luego, se realizó el picado de cada muestra por separado. Una vez picados los residuos, se mezclaron y se realizó, nuevamente, el cuarteo por tres veces, de manera que la cantidad y tamaño de la muestra fresca (en adelante MF) quepa en los crisoles. Con los crisoles ya rotulados, se procedió a pesarlos. Posterior a ello, se colocaron las muestras de MF en cada uno de ellos y se realizó el pesaje de las MF más los crisoles.

Figura 15

Preparación de muestras en laboratorio

Para el primer secado, las MF se colocaron en la estufa a 105.5°C por un periodo de 24 horas. Cuando los crisoles disminuyeron su temperatura, se realizó el pesado de cada uno. Este es el valor de la MS. Luego, se realizó el segundo secado en una mufla a 550°C por un tiempo de 6 horas. Este paso se realizó por dos periodos debido a la capacidad de la mufla. Culminado el tiempo, se realizó el pesaje de cada uno, el cual representa el peso de las cenizas.

Por último, se realizaron los cálculos respectivos para obtener la cantidad de SV, tal como lo indica la ecuación 1. Los valores de SV de cada muestra fueron promediados, puesto que este dato nos servirá para el OE3.

3.2.3 DESARROLLO DEL OBJETIVO ESPECÍFICO 3

Para el desarrollo de este último objetivo, los datos recopilados serán procesados a través de cálculos que se visualizan en el siguiente capítulo.

A continuación, se presentan los datos que serán reemplazados en la ecuación 2 y 3. Respecto a la ecuación 2, los datos de promedio de SV y promedio del peso de MF, se detallarán en el siguiente capítulo en los acápites 3.3.2 y 3.3.1, respectivamente. En cuanto al valor del peso total de RROO, en laboratorio se realizó el pesaje del crisol y del crisol más MF, de lo cual se obtiene que el peso promedio de la MF es de 0.059 kg.

Tabla 6

Cálculo del peso promedio de MF

CÓDIGO DE MUESTRA	CRISOL (g)	CRISOL+MF (g)	MF (g)	MF (kg)
M01	59.52	132.61	73.09	0.073
M02	48.80	97.13	48.33	0.048
M03	49.15	137.45	88.30	0.088
M04	65.86	109.86	44.00	0.044

CÓDIGO DE MUESTRA	CRISOL (g)	CRISOL+MF (g)	MF (g)	MF (kg)
M05	52.09	90.31	38.22	0.038
M06	52.19	101.56	49.37	0.049
M07	55.63	130.72	75.09	0.075
M08	52.41	122.58	70.17	0.070
M09	50.32	119.09	68.77	0.069
M10	54.55	88.16	33.61	0.034
M11	416.44	485.39	68.95	0.069
M12	342.81	407.02	64.21	0.064
M13	418.97	467.90	48.93	0.049
M14	184.10	236.32	52.22	0.052
PROMEDIO				**0.059**

Por otro lado, respecto a los valores de la ecuación 3, el dato de SV del Mercado es el resultado de la ecuación 2; mientras que, para el valor del equivalente de producción de biogás, la FAO (2019) establece los siguientes valores:

Tabla 7

Valor del equivalente de producción de biogás

SUSTRATOS	METANO (l / kg SV)
Residuos sólidos municipales	360
Residuos de frutas y de mataderos	850
Purines de cerdos	337
Paja de arroz	350
Ensilado de maíz	312
Residuos orgánicos ricos en lignina	200
Estiércol de cerdo y aguas residuales	348
Restos de comida	396

Nota. Para efectos de la investigación, se considerará el valor correspondiente a residuos sólidos municipales, ya que los residuos generados en un mercado corresponden a esta categoría. De "Guía teórica-práctica sobre el biogás y los biodigestores", por FAO, 2019.

3.2.4 IMPACTO SOCIOECONÓMICO

- En comparación a otras alternativas de tratamiento de residuos orgánicos, se ha evidenciado que el uso de la materia orgánica como materia prima para crear nuevos productos, mediante la valorización energética de los mismos, genera un impacto positivo en la economía de las municipalidades distritales. Esto se debe a la mejor gestión de los residuos orgánicos, lo cual disminuye los costos de disposición final y

aumenta la generación de puestos de trabajo con relación a la gestión y valorización (Universidad Internacional de Valencia [VIU], 2024).

- La valorización de los residuos es muy provechosa para el planeta debido a que ingresa menos cantidad de residuos sólidos en los rellenos sanitarios. Esto se puede evidenciar en distintos países de Europa como Alemania o Dinamarca que han disminuido el tamaño de sus rellenos sanitarios en un 4% aproximadamente (Innova Ambiental, s.f.). Esto permite minimizar los impactos ambientales relacionados, como la sobresaturación de rellenos sanitarios, proliferación de vectores, así como el incremento de tiraderos clandestinos y a cielo abierto (Zambrano, 2023).
- Según la European Biogas Association (EBA) (2023), para el año 2030, los beneficios económicos de la producción de biogás, en la UE y Reino Unido, oscilarían entre 38000 a 78000 millones de euros, y llegaría a ser el doble para el año 2050. Estos valores pueden ser subestimados, ya que no se han tenido en cuenta las externalidades. También se cuantificó la importancia y los beneficios de utilizar materias primas, provenientes de RROO, para la generación de biogás, puesto que así se logran reducir las emisiones de GEI, así como la recuperación de CO2 biogénico. Estos resultados, más la generación de empleo, el tratamiento de residuos y la seguridad energética desempeñan un rol importante para nuestro desarrollo en los próximos años.

3.3 VALIDACIÓN DEL PROYECTO

3.3.1 RESULTADOS DEL OBJETIVO ESPECÍFICO 1

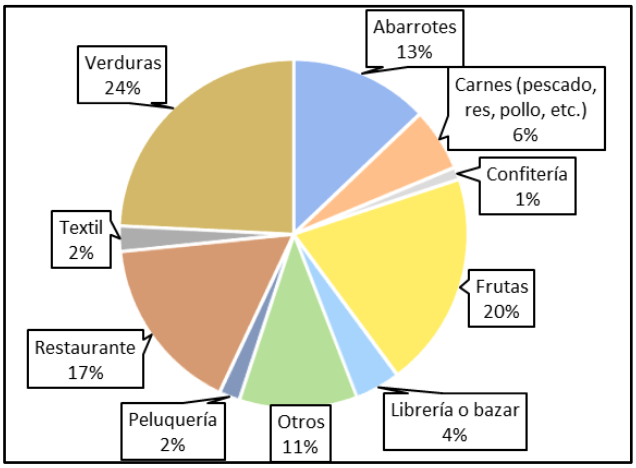
En base a las respuestas recopiladas de las encuestas a los comerciantes y entrevistas a la Junta Directiva, se obtuvo los siguientes resultados:

<u>Rubro comercial predominante</u>

La mayor cantidad de puestos del Mercado N°2 pertenece al rubro de venta de verduras (24%), seguido de puestos de frutas (20%) y restaurantes (17%), lo cual incluye puestos de venta de menús, desayunos, juguerías y cafeterías. Por otro lado, el rubro con menor número de puestos son los dedicados a la venta de confitería, tales como frutos secos, dulces y similares. En cuanto a la categoría “Otros”, esto incluye, por ejemplo, puestos de reparación de equipos eléctricos, vidrierías, etc.

Figura 16

Rubro comercial de los puestos del Mercado N°2 de Barranco

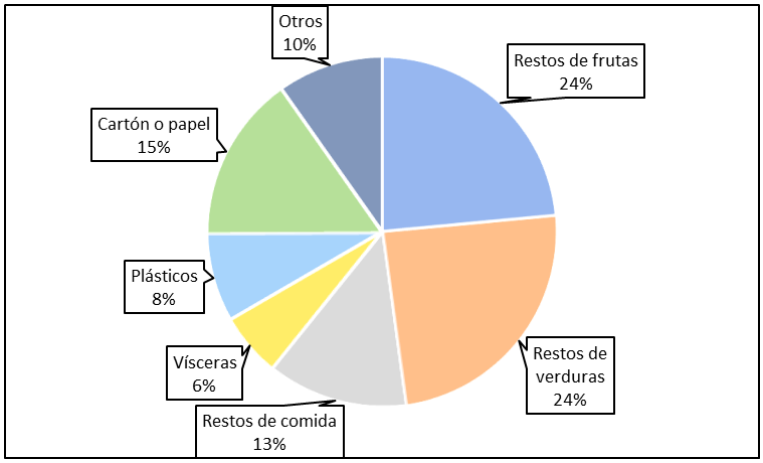


Principal residuo que se genera

Los restos de frutas y verduras son los principales residuos que se generan, con un 24% cada uno; seguido de cartón y papel con 15% y de restos de comida con un 13%; mientras que las vísceras son los residuos que menos se generan. En suma, los residuos orgánicos, lo cual incluye frutas, verduras, restos de comida y vísceras, representan el 67% del total de residuos generados.

Figura 17

Residuos generados en el Mercado N°2 de Barranco



Porcentaje de comerciantes que segregan los residuos

Ante esta pregunta, el 100% de los encuestados indicó que no segrega sus residuos.

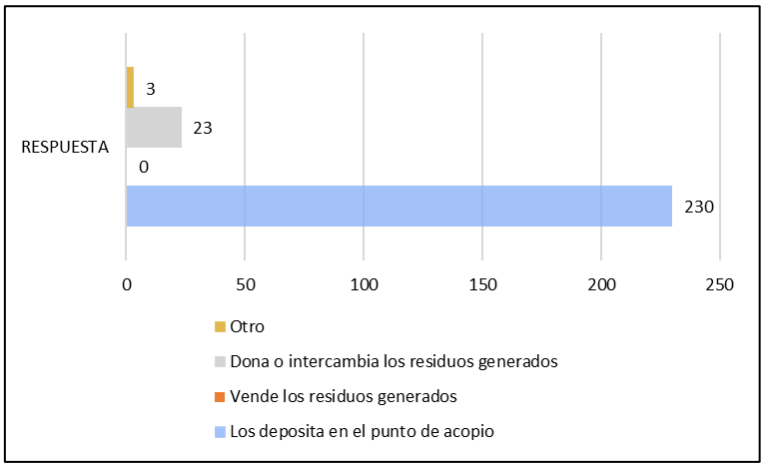
Qué hacen los comerciantes con los residuos generados

De los 256 encuestados, 230 indicaron que los residuos que genera los deposita en el punto de acopio. En segundo lugar, 23 comerciantes optan por donar o intercambiar los residuos que generan. Al respecto, mencionaron que lo intercambian con criadores de porcinos para

que, periódicamente, les de carne de cerdo. Por otro lado, solo 3 manifestaron que tienen otra forma de gestionar sus residuos, tales como reciclarlos o botarlos a la calle. En ninguno de los casos, comercializan los residuos que generan.

Figura 18

Formas de gestionar los residuos



<u>Percepción respecto a la capacidad de los contenedores ubicados en el punto de acopio</u>

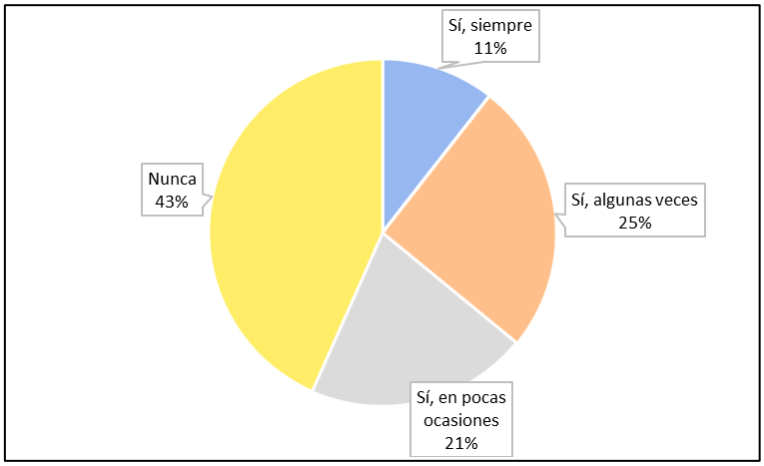
Todos los participantes manifestaron que los contenedores ubicados en el punto de acopio son insuficientes para cubrir la demanda de residuos que se generan en el Mercado.

<u>Percepción respecto a la contaminación por residuos</u>

El 43% de comerciantes encuestados indican que nunca han observado residuos dispuestos en los alrededores del mercado. Sin embargo, el 57% indica que sí ha evidenciado esta práctica inadecuada. Cabe mencionar que se desconoce la proveniencia de los residuos dispuestos en zonas aledañas al Mercado, ya que, en algunos casos, pueden ser los vecinos quienes colocan los residuos en esa zona.

Figura 19

Porcentaje de personas que han visto residuos dispuestos en los alrededores del Mercado



En base a la información recopilada, se estableció el flujograma de la gestión interna de residuos en el Mercado (ver Anexo 7). Este proceso inicia con la generación de residuos sólidos a medida que se va desarrollando el comercio de productos o servicios. Estos residuos son almacenados de forma temporal en el mismo puesto de generación, ya sea en costales, bolsas, baldes, entre otros; todos los residuos en un mismo contenedor sin ser clasificados. A partir de este punto, según la información recolectada, en el Mercado hay tres formas de gestión de residuos: donación o intercambio, reciclaje, o disposición en el punto de acopio.

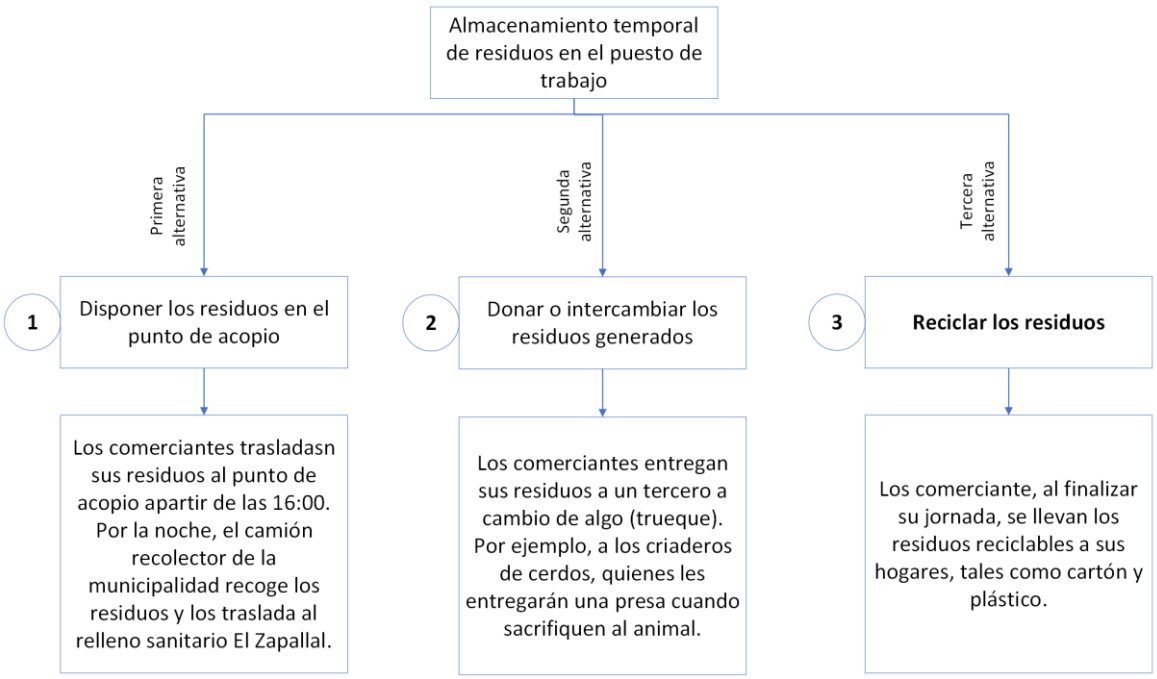
Respecto al primer punto, algunos comerciantes que generan RROO, optan por entregar sus residuos a otra persona a cambio de algo, carne de cerdo, por ejemplo; quien todos los días por la mañana recoge los residuos generados el día anterior.

En cuanto al reciclaje, esta buena práctica la realizan, principalmente, los comerciantes que generan residuos de cartón o plástico, quienes se llevan los residuos al terminar la jornada laboral.

Por último, la disposición de residuos en el punto de acopio es una práctica que la realizan la mayoría de los comerciantes, la cual consiste en que, a partir de las 16 horas, un encargado de cada puesto debe trasladar sus residuos al punto de acopio día a día. Los residuos permanecerán en este lugar hasta la noche, horario en el cual el camión recolector de la Municipalidad de Barranco recoge los residuos y los traslada al relleno sanitario El Zapallal. Cabe mencionar que, a pesar de que en el punto de acopio cuentan con dos contenedores para clasificar los residuos en orgánicos y biocontaminados (ver Anexo 2), los comerciantes no cumplen con segregar los residuos. Además, según la información brindada, la cantidad y capacidad de estos contenedores es insuficiente para los residuos que se generan, por lo que las personas optan por amontonar las bolsas fuera de los contenedores.

Figura 20

Alternativas priorizadas en la gestión interna de residuos del Mercado N°2 de Barranco



Por último, del trabajo de caracterización, se obtuvo los siguientes pesos de RROO por día, cuyo peso promedio es:

Tabla 8

Promedio de RROO por día

TIPO DE RESIDUO	PESO POR DÍA (KG)													
	04/04	05/04	06/04	07/04	08/04	09/04	10/04	11/04	12/04	13/04	14/04	15/04	16/04	17/04
Orgánicos	485.90	529.57	414.01	333.98	371.99	407.14	486.06	521.98	581.31	495.13	312.65	377.92	411.93	392.65
Promedio de RROO	**437.30**													

3.3.2 RESULTADOS DEL OBJETIVO ESPECÍFICO 2

Luego del primer y segundo secado, se tomaron los pesos respectivos y se realizó el cálculo en base a la ecuación 1. De esta forma, por cada muestra, se obtuvo la cantidad de SV en kg.

Tabla 9

Cálculo de SV

CÓDIGO DE MUESTRA	MS (g)	CENIZAS (g)	SV (g)	SV (kg)
M01	80.40	61.96	18.44	0.01844
M02	52.90	50.33	2.57	0.00257
M03	70.10	51.02	19.08	0.01908
M04	74.00	67.67	6.33	0.00633
M05	55.30	54.50	0.80	0.00080

CÓDIGO DE MUESTRA	MS (g)	CENIZAS (g)	SV (g)	SV (kg)
M06	64.50	53.56	10.94	0.01094
M07	77.40	58.12	19.28	0.01928
M08	59.30	54.74	4.56	0.00456
M09	58.60	52.45	6.15	0.00615
M10	60.20	56.34	3.86	0.00386
M11	435.80	417.96	17.84	0.01784
M12	349.80	344.80	5.00	0.00500
M13	424.50	421.11	3.39	0.00339
M14	191.60	186.52	5.08	0.00508
PROMEDIO				**0.00881**

3.3.3 RESULTADOS DEL OBJETIVO ESPECÍFICO 3

Para el cálculo de la cantidad de SV del Mercado, se aplica la ecuación 2. Al reemplazar los valores obtenidos, se obtiene el siguiente resultado:

$$SV\ del\ Mercado = \frac{437.30 * 0.00881}{0.059}$$

$$SV\ del\ Mercado = 65.51\ kg$$

Por último, se aplica la ecuación 3 para determinar el potencial diario de generación de biogás del Mercado N°2 de Barranco:

$$Potencial\ diario\ de\ biogás\ del\ Mercado = 65.51 * 360$$

$$Potencial\ diario\ de\ biogás\ del\ Mercado = 23581.96\ l\ metano/día$$

$$Potencial\ diario\ de\ biogás\ del\ Mercado = 23.58\ m3\ metano/día$$

De esta forma, se obtiene que el potencial de biogás del Mercado N°2 de Barranco en un mes es:

$$\boldsymbol{Potencial\ mensual\ de\ biogás\ del\ Mercado = 23.58 * 30}$$

$$\boldsymbol{Potencial\ mensual\ de\ biogás\ del\ Mercado = 707.40\ m^3\ metano/mes}$$

3.4 INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

3.4.1 INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DE OBJETIVO ESPECIFICO 1

De la totalidad de residuos generados, el 67% de los comerciantes señalan que generan RROO los cuales provienen de los puestos de frutas, verduras, restaurantes y ventas de carne. Esto corresponde a la mayoría de los residuos generados en el Mercado N°2 de Barranco. Este resultado hace alusión al Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos Municipales del distrito de Barranco desarrollado en el año 2019, en donde señala que los RROO generados en los mercados abarca el 7.02% siendo el mayor porcentaje como se aprecia en

el anexo 8. Estos porcentajes, a pesar de no ser exactos, concuerdan en que la mayoría de los residuos sólidos generados corresponde a los RROO.

Con respecto a la disposición de residuos, solo el 1.17% indicó que realiza algún tipo de valorización de residuos, como el reciclaje. Esto nos da a entender la poca conciencia o conocimiento de los comerciantes respecto al correcto manejo de los residuos. Por otro lado, el 8.98% indicó que les brindan sus residuos a los criadores de cerdos. Esto se puede considerar como parte del manejo de RROO. Sin embargo, esto puede representar un problema alimenticio si es que los residuos no cuentan con la calidad correcta para que lo puedan consumir los cerdos que, posteriormente serán consumidos por las personas. Por eso se debería considerar la inclusión de los residuos orgánicos de los mercados en el programa Sinba, Gastronomía #Sinbasura (El Comercio, 2019), en donde se les enseña a los trabajadores como segregar correctamente los residuos para que no se contaminen y luego puedan ser entregados a los criadores de cerdos con los que colaboran. Esto indica una mejora en el producto final, ya que contaría con los estándares de calidad necesarios para el consumo.

Por otro lado, el 89.85% indicó que depositan sus residuos en el punto de acopio, es decir, el principal método de gestión de residuos en el Mercado es la disposición, lo cual difiere de lo establecido por el MINAM (ver figura 5). En cuanto a la cantidad de contenedores en el punto de acopio, todos los comerciantes comentaron que no cuentan con la cantidad necesaria, por lo que casi todos los RRSS son colocados en el piso unos sobre otros. Esto viene a ser una de las causas principales para la inadecuada gestión de RRSS, puesto que, si los comerciantes no cuentan con las herramientas necesarias, no van a segregar adecuadamente. También se aprecia el desinterés por parte de la Junta Directiva para contar con un correcto Sistema de Gestión de Residuos, ya que no realiza capacitaciones sobre el correcto manejo y segregación de residuos dentro del punto de acopio y no incentiva la valorización de estos. Del mismo modo, no cuenta con algunos requerimientos obligatorios como la colorimetría de contenedores (INACAL, 2019).

Asimismo, el 43% de comerciantes ha indicado que nunca ha presenciado residuos depositados en los alrededores del mercado. Por otro lado, el 57% si los ha presenciado ya sea de manera constante o intermitente. Esto se puede deber a distintos factores como la ubicación de los puestos de los comerciantes y los accesos a las calles aledañas. Con estos resultados se puede apreciar el poco conocimiento de los comerciantes sobre el correcto manejo de residuos sólidos.

Del estudio de caracterización, se obtuvo que el día de mayor generación fue el viernes 12 de abril con 581.31 kg/día y el día de menor generación fue el domingo 14 de abril con 312.65 kg/día. La diferencia entre la cantidad de residuos se debe al patrón de compras de los consumidores, ya que, a mayor compra, menor cantidad de residuos. Las compras varían dependiendo del día de la semana, ya sea porque realicen las compras semanales el domingo o el día lunes; por los días festivos, ya sea día de la madre, padre, fiestas patrias, entre otros; o por los días de pago mensual, bien sea quincena o fin de mes.

3.4.2 INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DE OBJETIVO ESPECIFICO 2

En el OE2 se obtuvo que la media de SV de las muestras es de 0.00881 kg, lo cual representa el 81.57% del peso promedio de "MS – CRISOL". Este resultado se obtuvo a través de la ecuación 4, la cual establece la relación entre SV y MS.

$$\%SV\ de\ MS = \frac{Promedio\ de\ SV}{Promedio\ de\ MS - crisol} * 100 \qquad (4)$$

$$\%SV\ DE\ MS = \frac{0.00881}{0.0108} * 100$$

$$\%SV\ DE\ MS = 81.57\%$$

Este resultado coincide con lo expuesto por Mrosso et al. (2023), quien caracterizó los residuos municipales y evaluó los parámetros que influyen en la producción de biogás, siendo los SV uno de estos. Como resultado, obtuvo que la cantidad de SV para las muestras de residuos orgánicos oscila entre 76.59 y 96.36%, de lo cual se infiere que el resultado obtenido en la ecuación 4 coincide con lo expuesto por el autor.

Al respecto, la FAO (2019) indica que la generación de biogás se encuentra asociada con la cantidad de SV de los sustratos, ya que representa la proporción de materia que se convierte en biogás. Esto concuerda con lo mencionado por Mrosso et al. (2023), quien refiere que los SV es uno de los parámetros que influye en la producción de biogás, tanto en cantidad como en eficiencia, mas no es el único. Además, indica que un alto contenido de SV no representa, necesariamente, un alto rendimiento de biogás debido a los SV no disponibles en forma de lignina.

Tabla 10

Promedio de MS-CRISOL

CÓDIGO DE MUESTRA	MS (g)	CRISOL (g)	MS – CRISOL (g)	MS – CRISOL (kg)
M01	80.40	59.52	20.88	0.0209
M02	52.90	48.80	4.10	0.0041

CÓDIGO DE MUESTRA	MS (g)	CRISOL (g)	MS – CRISOL (g)	MS – CRISOL (kg)
M03	70.10	49.15	20.95	0.0210
M04	74.00	65.86	8.14	0.0081
M05	55.30	52.09	3.21	0.0032
M06	64.50	52.19	12.31	0.0123
M07	77.40	55.63	21.77	0.0218
M08	59.30	52.41	6.89	0.0069
M09	58.60	50.32	8.28	0.0083
M10	60.20	54.55	5.65	0.0057
M11	435.80	416.44	19.36	0.0194
M12	349.80	342.81	6.99	0.0070
M13	424.50	418.97	5.53	0.0055
M14	191.60	184.10	7.50	0.0075
		PROMEDIO		**0.0108**

3.4.3 INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DE OBJETIVO ESPECIFICO 3

Estos resultados son los finales del trabajo por lo que vienen a ser los más importantes.

Dhanya et al. (2020) indica que la generación de biogás usando residuos sólidos municipales como materia prima, presenta un rendimiento entre 0.3 a 0.6 m3/kg de sólidos volátiles. Como resultado final se obtuvo que con 65.51 kg de SV se obtiene 23.58 m3 de metano al día. Realizando la conversión, se determinó que 1 kg de SV produce 0.36 m3 de metano. Este resultado se encuentra dentro del rango que detalla el autor, por lo cual se infiere que las características de los residuos que se generan en el Mercado N°2 de Barranco son similares a las expuestas por el autor, así como la factibilidad del uso de estos residuos como sustrato para la producción de biogás.

Por último, se obtuvo que el potencial mensual de biogás del Mercado es 707.40 m^3, el cual, según el contenido energético del biogás (ver Figura 7), equivale a 4669.23 kWh. Respecto al consumo de energía del mercado, el promedio de los últimos doce meses (mayo 2023 a abril 2024) es de 17089.08 kWh/mes (ver Tabla 10 y Anexo 9). Se infiere que el biogás que se produciría en un mes con los residuos orgánicos del Mercado como sustrato lograría abastecer, aproximadamente, el 27.32% del consumo mensual de energía eléctrica.

Tabla 11

Consumo eléctrico del Mercado N°2 de Barranco de los últimos doce meses

Periodo (mes)	May-23	Jun-23	Jul-23	Ago-23	Set-23	Oct-23	Nov-23	Dic-23	Ene-24	Feb-24	Mar-24	Abr-24
Consumo (kWh)	15710	16403	15053	14994	14954	14565	16374	17692	19523	21057	19672	19072
Promedio (kWh)	**17089.08**											

Nota. Resumen del consumo eléctrico del Mercado en el periodo de mayo 2023 a abril 2024. Adaptado de "Consulta en línea de su recibo", por Luz del Sur, (s.f.) (https://zsp1.luzdelsur.com.pe/ofvirtual/Account/ConsultaRecibos).

4 CAPÍTULO 4: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

Luego del estudio realizado, se concluye que los residuos orgánicos generados en el Mercado N°2 de Barranco tienen un potencial importante de generación de biogás y, en función a los cálculos obtenidos, lograría abastecer el 27.32% del consumo de energía eléctrica. Esto se sustenta con las siguientes conclusiones:

- Respecto al OE1, se obtuvo que, actualmente, en el Mercado N°2 de Barranco se ha priorizado la disposición en el punto de acopio como fase final de la gestión interna; sin embargo, MINAM prioriza la valorización e indica que la disposición es la última alternativa y la menos deseada debido a los impactos ambientales que conlleva. Esta jerarquía de gestión de residuos también está estipulada en el DL N°1278 (Decreto Legislativo 1278, 2016, art. 2). El presente escenario representa un reto para el Mercado respecto a la gestión interna de residuos, así como la importancia de proponer y evaluar otras alternativas de gestión, tal como la valorización energética.

  Sumado a ello, se obtuvo que el promedio de RROO generados por día (437.30 kg) representa el tipo de residuo que se produce en mayor cantidad, por lo que refuerza la importancia de darles una gestión adecuada y aprovechar su potencial en lugar de darles la connotación de “desperdicio”.
- En cuanto al OE2, se obtuvo que el promedio de SV de las catorce muestras evaluadas es de 0.00881 kg. Consideramos que, al realizar el muestreo por dos semanas, se ha abarcado las oscilaciones respecto a la cantidad y tipos de residuos que se producen en el Mercado, por lo que el valor obtenido es un buen indicador de lo que se genera. Además, según la FAO (2019), se puede comparar los resultados de una muestra con otros sustratos.

  Por otro lado, en promedio, los SV representan el 81.37% de las MS. En base a este resultado, se concluye que la materia inerte presente en los residuos orgánicos (18.63%) es mínima, lo cual es un buen indicador del potencial de generación de biogás. Además, cabe mencionar que la presencia de materia inerte en un biodigestor no brinda beneficio alguno y, por el contrario, ocupa volumen y podría deteriorar el equipo y disminuir su eficiencia.
- Por último, el resultado obtenido en el OE3 muestra que el potencial de generación de biogás, a partir de residuos orgánicos del Mercado, lograría abastecer el 27.32% del consumo mensual de energía eléctrica. Este resultado nos indica que existe la

posibilidad de cubrir algunos servicios que requieran energía dentro del mercado, como la iluminación, lo cual conllevaría a beneficios económicos, sociales y ambientales. En cuanto al aspecto económico, los comerciantes reducirían sus costos por consumo de energía eléctrica. A su vez, la Municipalidad Distrital también disminuiría su presupuesto por recolección de residuos. Respecto al aspecto socioambiental, esta alternativa permitiría reducir los impactos relacionados a la inadecuada gestión de residuos, tales como la generación de malos olores, proliferación de vectores, deterioro paisajístico, así como la sobresaturación de rellenos sanitarios.

4.2 RECOMENDACIONES

- Si bien el trabajo de campo del presente estudio cubre un periodo de catorce días, se recomienda realizar el estudio de caracterización de residuos por un mayor periodo, de forma que se contemple la generación de residuos, por ejemplo, en días festivos y fin de mes. Esto permitirá obtener mayor exactitud en el resultado, disminuir el margen de error y realizar un mejor análisis respecto la generación de residuos.
- Consideramos que el presente estudio puede servir como base para determinar la viabilidad de la ejecución de un proyecto de valorización de residuos orgánicos en un centro de abastos. En esa línea, recomendamos, para futuros estudios, considerar los costos de inversión y operación, así como la selección de tecnologías de biodigestores.
- Si bien el potencial de biogás del Mercado lograría abastecer, aproximadamente, la cuarta parte del consumo mensual de energía eléctrica, se recomienda mejorar la segregación de los residuos, lo cual redundaría en una mejor valorización de estos. Esto también contribuiría a una mejor calidad de biogás.
- Para lograr una transición sostenida del esquema actual de disposición final hacia una valorización de residuos orgánicos, es imprescindible la labor de la Municipalidad Local, entidad responsable de la recolección y transporte de este tipo de residuos, así como de fomentar la segregación en la fuente para facilitar la valorización de estos (Decreto Legislativo 1278, 2016, art. 24). El Mercado es una fuente de valorización energética, la cual no se está aprovechando. Por ello, es necesario que la Municipalidad realice capacitaciones, actividades de sensibilización, brinde los recursos tanto materiales como intelectuales y trabaje en sinergia con los comerciantes del Mercado. Esto permitiría optimizar la segregación en la fuente de forma que sea más factible la valorización de los residuos.

5 REFERENCIAS

Al-Wahaibi, A., Osman, A. I., Al-Muhtaseb, A. H., Alqaisi, O., Baawain, M., Fawzy, S., & Rooney, D. W. (2020). Techno-economic evaluation of biogas production from food waste via anaerobic digestion [Evaluación tecnoeconómica de la producción de biogás a partir de residuos de alimentos mediante digestión anaeróbia]. *Scientific Reports*, *10* (1). https://doi.org/10.1038/s41598-020-72897-5.

Banco Mundial (s.f.) *Crecimiento de la población (%) anual – Perú.* Recuperado el 29 de abril de 2024, de https://datos.bancomundial.org/indicator/SP.POP.GROW?end=2022&locations=PE&start=2022&view=map

Bernache, G. (2011). *Riesgo de contaminación por disposición final de residuos. Un estudio realizado. Un estudio de la región centro occidente de México*. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992012000500014#:~:text=Los%20sitios%20de%20disposici%C3%B3n%20final,los%20asentamientos%20de%20poblaci%C3%B3n%20aleda%C3%B1os.

Camacho, A. & Ariosa, L. (2000). Contaminación. En *Diccionario de Términos Ambientales.* Recuperado el 16 de abril de 2024, de https://biblio.colsan.edu.mx/arch/especi/lc_otro_007.pdf

Carranza, F. (2015). *Relación entre los niveles de pobreza y los tipos de residuos sólidos domiciliarios en el Distrito de Coishco de Marzo a Octubre de 2012* [Tesis de maestría, Universidad Nacional del Santa]. Repositorio UNS. https://repositorio.uns.edu.pe/handle/20.500.14278/2913

Contentlab (2019, 29 de abril). Sinba: La empresa que convierte residuos en comida para cerdos. *El Comercio*. https://especial.elcomercio.pe/perusostenible/sinba-la-empresa-que-convierte-residuos-en-comida-para-cerdos/

Decreto Legislativo 1278 (2016). *Decreto Legislativo que aprueba la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos.* Ministerio de Energía y Minas. https://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/DGAAH/normas/3_NORMAS_AMBIENTALES_TRANSVERSALES/35.%20Decreto%20Legislativo%20N%C2%BA%201278.pdf

Decreto Supremo N° 023-2021-MINAM. (2021). *Decreto Supremo que aprueba la Política Nacional del Ambiente del 2030*. Ministerio de Ambiente https://spij.minjus.gob.pe/spij-ext-web/#/detallenorma/H1288693

Dhanya, B., Mishra, A., Chandel, A., & Verma, M. (2020). Development of sustainable approaches for converting the organic waste to bioenergy [Desarrollo de enfoques sostenibles para la conversion de residuos orgánicos a la bioenergía]. *Science of the Total Environment*, 723. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138109

Genia Bionergy (s.f.). *Valorización de residuos: qué es y qué beneficios aporta.* Recuperado el 19 de mayo de 2024, de https://geniabioenergy.com/que-es-la-valorizacion-de-residuos/#

Giraldo, M. & Izasa, M. (2020*). El impacto del crecimiento urbano en la gestión de residuos sólidos en el Municipio de Rionegro*. [Tesis de grado, Universidad Pontifica Bolivariana] Repositorio de la UPB. https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/8340/Impacto%20crecimiento%20urbano.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Google (s.f.) [Mercado N° 2 de Barranco]. Recuperado el 15 de abril de 2024, de https://www.google.com/maps/place/Mercado+N%C3%BAmero+2+Barranco;+LAS+VERDURAS+DEL+ANGEL/@-12.1418964,-77.0178703,17z/data=!3m1!4b1!4m6!3m5!1s0x9105b7f749947631:0xe9e41e063e8e5312!8m2!3d-12.1419017!4d-77.0152954!16s%2Fg%2F12qg18_07?entry=ttu

Guerrero, B., Lazarte, M. & Mendez, C. (2017). *Guía para la planificación y diseño de mercados minoristas en las ciudades del Perú*. Lima, FAO. Recuperado el 16 de abril de 2024, de https://transparencia.produce.gob.pe/images/stories/Repositorio/transparencia/proyectos-de-inversion/niveles-de-servicio/2021/PNDP/NC/Guia_para_la_planificacion_y_diseno_de_mercados.pdf

Guidehouse & European Biogas Association (febrero de 2023) *Beyond energy: monetising biomethane´s whole system benefits.* https://www.europeanbiogas.eu/wp-content/uploads/2023/02/20230213_Guidehouse_EBA_Report.pdf

Innova Ambiental (s.f.). *La valorización de residuos: un desafío que requiere del compromiso de todos.* Recuperado el 27 de abril de 2024, de: https://innova.com.pe/la-valorizacion-de-residuos/

Instituto Nacional de Calidad (INACAL). (2019) *Gestión de Residuos. Código de colores para el Almacenamiento de Residuos Sólidos* (Norma Técnica Peruana 900.058.2019). https://www.minam.gob.pe/gestion-de-residuos-solidos/norma-tecnica-peruana-de-colores-ntp-900-058-2019/

Instituto Nacional de Calidad (INACAL). (28 de marzo de 2019). Aprueban Normas Técnicas Peruanas sobre turismo, gestión de residuos, gas natural seco y otros [Resolución Directoral N° 003-2019-INACAL-DN]. Recuperado el 15 de abril de 2024, de https://spij.minjus.gob.pe/spij-ext-web/#/detallenorma/H1232072

Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). (2018). *Provincia de Lima, Resultados definitivos*. Lima: INEI. Recuperado el1 de abril de 2024, de https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1583/15ATOMO_01.pdf

Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). (2022). *Anuario de Estadísticas Ambientales.* Lima: INEI. Recuperado el 1 de abril de 2024, de https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1877/libro.pdf

Ley 27972. (2003). *Ley Orgánica de Municipalidades*. Congreso de la República del Perú.

Ley 28611. (2005). *Ley General del Ambiente*. Congreso de la República del Perú

Luz del Sur. (s.f.). *Consulta en línea de su recibo.* https://zsp1.luzdelsur.com.pe/ofvirtual/Account/ConsultaRecibos

Malmir, T, & Eicker, U. (2020). Energy Recovery Potential from Food Waste and Yard Waste in New York and Montréal [Potencial de recuperación energía a partir de residuos de alimentos y de jardín en Nueva York y Montreal]. *World Academy of Science, Engineering and Technology*, *14* (6), 157-261.

Ministerio de Economía y Finanzas (MEF). (2024). *Implementación de un Sistema Integrado de Manejo de Residuos Sólidos* [Diapositivas de Power Point]. Programa de incentivos a la mejora de la gestión municipal. https://www.mef.gob.pe/index.php?option=com_content&view=article&id=8108&Itemid=101547&lang=es

Ministerio de Energía y Minas (MINEM). (s.f.). *Factores de emisión nacionales asociados con el consumo de electricidad del Sistema Eléctrico Interconectado Nacional*. Lima: MINEM. Recuperado el 15 de abril de 2024, de https://namasenergia.minem.gob.pe/Content/fileman/Uploads/eficienciaenergetica/menueficiencia/Factores%20de%20emisi%C3%B3n%20nacionales%20por%20consumos%20de%20electricidad.pdf

Ministerio de Energía, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura & Global Environment

Facility (2011). *Manual de Biogás*. Recuperado 16 de abril de 2024, de https://www.fao.org/3/as400s/as400s.pdf

Ministerio del Ambiente & Dirección General de Políticas, Normas e Instrumentos de Gestión Ambiental (2012). *Glosario de Términos para la Gestión Ambiental Peruana.* Recuperado el 16 de abril de 2024, de https://sinia.minam.gob.pe/sites/default/files/siar-puno/archivos/public/docs/504.pdf

Ministerio del Ambiente (MINAM). (2018). *En el Perú solo se recicla el 1.9% del total de residuos sólidos reaprovechables.* Recuperado el 16 de abril de 2024, de https://www.minam.gob.pe/notas-de-prensa/en-el-peru-solo-se-recicla-el-1-9-del-total-de-residuos-solidos-reaprovechables/

Ministerio del Ambiente (MINAM). (2023). *Esto debes saber sobre los residuos sólidos orgánicos e inorgánicos aprovechables.* Lima: MINAM. Recuperado el 16 de abril de 2024, de https://www.gob.pe/institucion/minam/noticias/763484-esto-debes-saber-sobre-los-residuos-solidos-organicos-e-inorganicos-aprovechables

Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales (2018). *Guía para elaborar Estudios de Caracterización de Residuos Sólidos Comunes*, por Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales, 2018 (https://www.marn.gob.gt/wpfd_file/guia-para-elaborar-estudios-de-caracterizacion-de-residuos-solidos-comunes/).

Mrosso, R., Mecha, A. & Kiplagat, J. (2023). Characterization of kitchen and municipal organic waste for biogas production: Effect of parameters. [Caracterización de residuos orgánicos municipales y de cocina para la producción de biogas: Efectos de los parámetros]. *Heliyon, 9(2023).* Artículo e16360. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e16360

Mukisa, P. J., Ketuama, C. T., & Roubík, H. (2022). Biogas in Uganda and the Sustainable Development Goals: A Comparative Cross-Sectional Fuel Analysis of Biogas and Firewood [El biogas en Uganda y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: Un análisis transversal comparative de combustibles de biogás y leña]. *Agriculture (Switzerland), 12* (9). https://doi.org/10.3390/agriculture12091482.

Oladejo, O. S., Dahunsi, S. O., Adesulu-Dahunsi, A. T., Ojo, S. O., Lawal, A. I., Idowu, E. O., … Evbuomwan, I. (2020). Energy generation from anaerobic co-digestion of food waste, cow dung and piggery dung [Generación de energía a partir de la codigestión anaeróbica de residuos de alimentos, etiércol de vaca y estiércol de

cerdo]. *Bioresource Technology, 313*. https://doi.org/10.1016/j.biortech.2020.123694.

Ordenanza N° 495-2024/MDC. (2024). *Ordenanza que autoriza la emisión de licencias temporales excepcionales para establecimientos comerciales con zonificación no compatible.* Municipalidad de Carabayllo. https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/6115352/5406739-ordenanza-n-495-2024-mdc.pdf

Organización de las Naciones Unidas (s.f.). *¿Qué es el cambio climático?* Recuperado el 29 de abril de 2024, de https://www.un.org/es/climatechange/what-is-climate-change

Organización de las Naciones Unidas (s.f.). *Acciones por un planeta saludable.* Recuperado el 29 de abril de 2024, de https://www.un.org/es/actnow/ten-actions

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura (s.f.) *Acerca de la FAO*. Recuperado el 29 de abril de 2024, de https://www.fao.org/about/about-fao/es/

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura (2019). *Guía teórico-práctica sobre el biogás y biodigestores*. (Colección de documentos técnicos N° 12). https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/b317eeae-270f-48f4-92d7-3e0fff8a7873/content

Organización de las Naciones Unidas. (2018). *Como la basura afecta el desarrollo de América Latina.* Recuperado el 29 de abril de 2024, de https://news.un.org/es/story/2018/10/1443562

Pnadyaswargo, A., Premakumara, D., Chen, L., Knaus, M., Onoda, H. Mahichi, F. & Guo, Y. (2019). Challenges and an Implementation Framework for Sustainable Municipal Organic Waste Management Using Biogas Technology in Emerging Asian Countries [Desafíos y marco de implementación para la gestión sostenible de residuos orgánicos municipales utilizando tecnología de biogás en países asiáticos emergentes]. *Sustainability,* 11, 6331. https://doi.org/10.3390/su11226331.

Resolución Ministerial N° 089-2023-MINAM. (2023). *Aprobar el "Contenido Mínimo del Plan de Minimización y Manejo de Residuos Sólidos No Municipales".*

Rios,M. & Kaltschmitt, M. (2016). Electricity generation potential from biogas produced from organic waste in Mexico. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 54*, 384-395. https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.10.033

Romero Bonilla, H., Vega, C., Feijoó, V., Villacreses, D., Pesantez, F., & Olivera, L. (2020). Methane gas generation through the anaerobian codigestion of urban solid waste and

biomass [Generación de gas metano mediante la codigestión anaeróbica de residuos sólidos urbanos y biomasa]. *Energy Reports*, *6*, 430–436. https://doi.org/10.1016/j.egyr.2020.11.217.

Société Générale de Surveillance (SGS) (2023, 4 de setiembre). *Gestión de Residuos Sólidos: Un enfoque responsable para un futuro sostenible*. Recuperado el 29 de abril de 2024, de https://www.sgs.com/es-pe/noticias/2023/09/gestion-residuos-solidos

Szyba, M., & Mikulik, J. (2023). Management of Biodegradable Waste Intended for Biogas Production in a Large City [Gestión de residuos biodegradables destinados a la producción de biogas en una gran ciudad]. *Energies*, *16*, 4039. https://doi.org/10.3390/en16104039.

Taboada, S., Clark, L., Lindberg, J., Tonjes, D. J., & Mahajan, D. (2021). Quantifying the potential of renewable natural gas to support a reformed energy landscape: Estimates for New York State [Cuantificación del potencial del gas natural removable para respaldar un panorama energético reformado: estimaciones para el estado de Nueva York]. *Energies*. *14*, 3834. https://doi.org/10.3390/en14133834.

Universidad Internacional de Valencia (2024, 19 de febrero). *Valorización de residuos: ¿Qué es y cuál es su proyección profesional?* Campus virtual. Recuperado el 17 de mayo de 2024, de https://www.universidadviu.com/es/actualidad/nuestros-expertos/valorizacion-de-residuos-que-es-y-cual-es-su-proyeccion-profesional

Wikimedia (2009). *Perú-Lima department* [Fotografía], de https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Peru_Lima_Department_%28locator_map%29.svg

Wikimedia (2012). *Mapa del distrito de Barranco* [Fotografía], de https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Mapa_distrito_de_Barranco.png

Winquist, E., Rikkonen, P., Pyysiäinen, J., & Varho, V. (2019). Is biogas an energy or a sustainability product? - Business opportunities in the Finnish biogas Branch [¿Es el biogas una energía o un producto sostenible? – Oportunidades de negocio en el sector finlandés del biogás]. *Journal of Cleaner Production*, *233* (2019), 1344–1354. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.06.181.

Zambrano, J. (2023, 9 de mayo). Saturación de rellenos sanitarios afecta a municipios. *El Sol de Puebla*. https://www.elsoldepuebla.com.mx/local/saturacion-de-relleno-sanitario-afecta-a-municipios-10035679.html

6 ANEXOS

Anexo 1

Emisiones de GEI por tipo de combustible ($GgCO_2$-eq)

Combustible	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Diesel 2	172.35	199.51	214.66	105.73	48.33	133.67	319.86	557.36	77.06
Biodiesel	0.01	0.021	0.02	0.01	0.01	0.02	0.04	0.06	0.01
Residual 6	46.19	26.90	6.76	2.62	1.31	0.74	1.90	0.85	0.67
R500	479.69	180.60	87.24	105.48	22.67	22.93	145.60	117.09	28.34
Gas natural	6,094.38	6,959.85	7,489.87	7,250.81	8,395.71	8,637.18	9,508.54	7,727.94	7,524.81
Biogás		0.01	0.07	0.07	0.07	0.09	0.11	0.09	0.11
Bagazo	4.21	7.57	11.27	15.90	11.82	8.28	7.50	7.09	7.09
Carbón	997.50	733.48	561.89	813.13	153.05	219.59	748.48	622.86	40.11

Nota. De “Factores de emisión nacionales asociados con el consumo de electricidad del sistema eléctrico interconectado nacional”, por MINEM, Global Environmental Facility y ONU, s.f.

Anexo 2

Contenedores ubicados en el centro de acopio

Anexo 3

Encuesta para los comerciantes

LOS RESIDUOS SÓLIDOS Y SU GESTIÓN

1. Rubro comercial
    a. Textil
    b. Frutas
    c. Carnes (pescado, res, pollo, etc.)
    d. Verduras
    e. Restaurante
    f. Abarrotes
    g. Peluquería
    h. Confitería
    i. Librería o bazar
    j. Otros: _____
2. ¿Cuál es el principal residuo que genera su negocio?
    a. Restos de frutas
    b. Restos de verduras
    c. Restos de comida
    d. Vísceras
    e. Plásticos
    f. Cartón o papel
    g. Otros: _____
3. ¿Usted clasifica o segrega sus residuos sólidos?
    a. Sí
    b. No
    c. No tengo conocimiento en ese tema
4. ¿Ha recibido capacitaciones sobre el manejo adecuado de residuos sólidos?
    a. Sí, solo una vez
    b. Sí, en algunas ocasiones
    c. Nunca
5. ¿Qué entidad le brindó la capacitación?
    a. Municipalidad de Barranco
    b. Mercado N°2 de Barranco
    c. Una ONG
    d. De manera particular, por iniciativa propia

e. Otro: _____
f. No he recibido capacitaciones en el tema

6. ¿Qué hace con los residuos generados?
   a. Los deposita en el punto de acopio
   b. Vende los residuos generados
   c. Dona o intercambia los residuos generados
   d. Otro: _____
7. ¿Considera que los contenedores ubicados en el punto de acopio son suficientes?
   a. Sí
   b. No
8. En alguna ocasión ¿Ha observado residuos sólidos dispuestos en los alrededores del mercado?
   a. Sí, siempre
   b. Sí, algunas veces
   c. Sí, en pocas ocasiones
   d. Nunca
9. En su opinión ¿es importante gestionar adecuadamente los residuos sólidos generados en el mercado?
   a. Sí
   b. No

   ¿Por qué? _____

10. ¿Cómo controlan la presencia de plagas en el mercado?
    a. Se colocan trampas
    b. Saneamiento del mercado (fumigaciones)
    c. Uso de sustancias químicas (veneno, aerosol, otros)
    d. Otro: _____

¡Muchas gracias por su ayuda, estamos completamente agradecidas!

Anexo 4

Entrevista para los Dirigentes

GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS

1. ¿Qué puesto ocupa como parte de la administración del mercado?

   _____

2. ¿Considera que los residuos sólidos generados en el mercado representan una problemática ambiental?

   _____
   _____
   _____
   _____
   _____

3. ¿En qué consiste la gestión de residuos sólidos generados en el mercado? ¿Con qué periodicidad se recogen los residuos sólidos?

   _____
   _____
   _____
   _____
   _____
   _____
   _____

4. ¿Considera que esta forma de gestionar los residuos sólidos es eficiente o deficiente? ¿Por qué?

   _____
   _____
   _____
   _____
   _____

5. ¿El Mercado N°2 de Barranco cuenta con un Plan de Manejo de Residuos Sólidos?

   _____
   _____

¡Muchas gracias por su ayuda, estamos completamente agradecidas!

Anexo 5

Materiales, instrumentos y herramientas para el desarrollo de la solución

MATERIALES, INSTRUMENTOS Y HERRAMIENTAS	DESCRIPCIÓN
EJECUCIÓN DE ENCUESTA Y ENTREVISTA	
Encuestas y entrevistas	Las encuestas y las entrevistas fueron redactadas e impresas para facilitar la realización de estas.
Tablero sujetapapeles	Tablero de madera que fue utilizado para facilitar el desarrollo de las encuestas a los comerciantes.
Lapiceros	Útiles utilizados para marcar las respuestas de los comerciantes.
Chalecos de seguridad	Chalecos con cinta reflectiva utilizados para ser reconocidos por los comerciantes y evitar confusiones.
ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN Y SELECCIÓN DE MUESTRAS	
Traje tyvek	Estos trajes están hechos de un material resistente, lo cual evita el desgaste y funciona como una barrera ante los factores contaminantes del exterior. Se utilizaron para proteger nuestra piel y vestimenta de distintos fluidos.
Guantes anticorte	Estos guantes están hechos de un material resistente y duradero para evitar cualquier tipo de contacto con los residuos o algún tipo de daño en las manos.

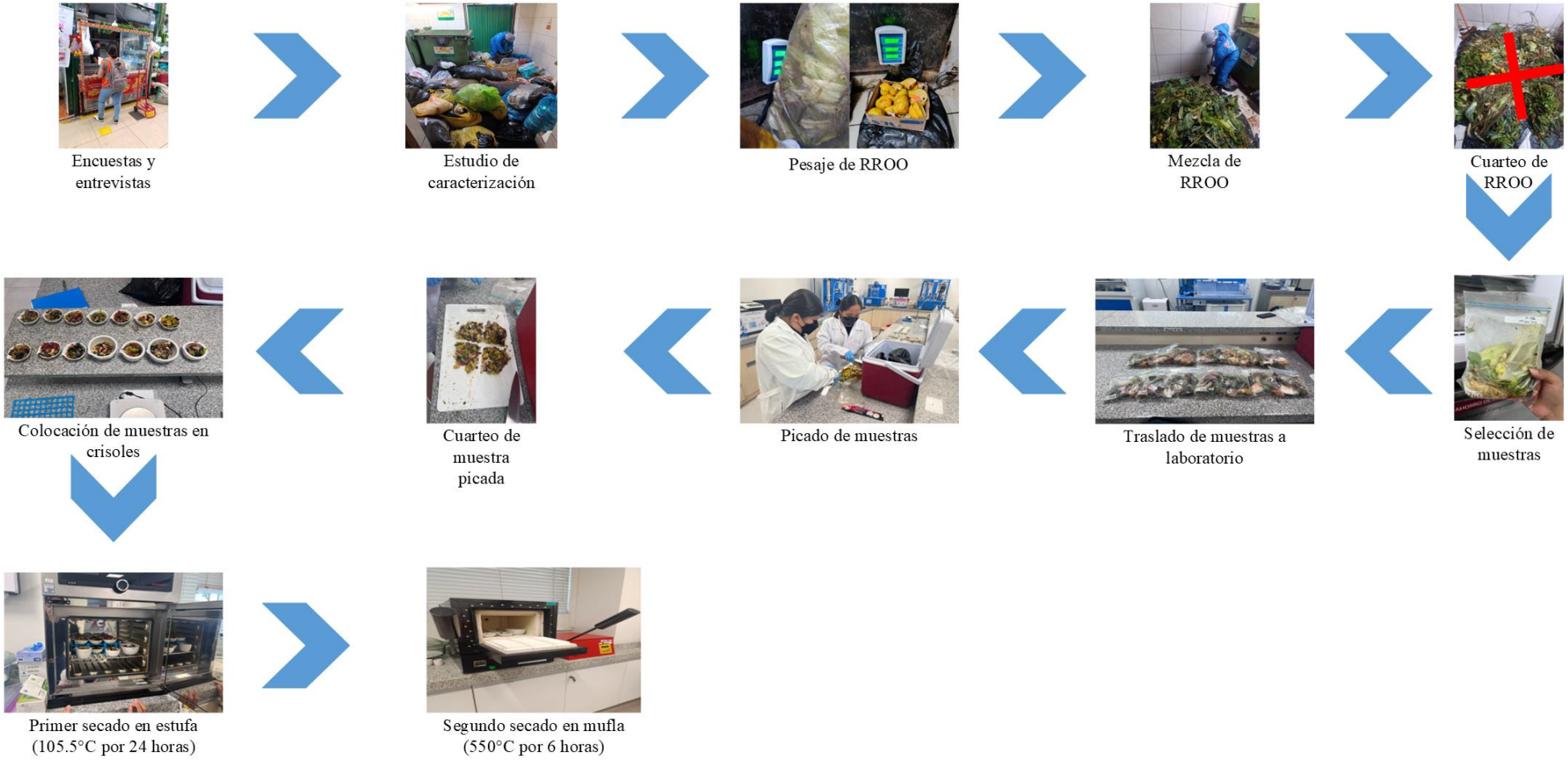
MATERIALES, INSTRUMENTOS Y HERRAMIENTAS	DESCRIPCIÓN
Mascarilla	Las mascarillas son filtros de aire que evitan inhalar los malos olores que se producen en el punto de acopio.
Botas de jebe	Estas botas cuentan con una suela antideslizante y son de un material grueso e impermeable, que evita la filtración de cualquier tipo de líquido.
Cofia	Las cofias sirven para evitar que el cabello interrumpa durante el desarrollo del estudio.
Lentes de seguridad	Estos lentes están diseñados para evitar partículas sólidas o líquidas ingresen a los ojos.
Costales	Están hechos de polipropileno y fueron utilizados para colocar los residuos.
Balanza	Herramienta utilizada para determinar el peso de los RROO

MATERIALES, INSTRUMENTOS Y HERRAMIENTAS	DESCRIPCIÓN
Bolsas Ziploc	Bolsas hechas de plástico con un cierre hermético que facilitan el transporte de los residuos orgánicos. Estas fueron utilizadas para colocar las muestras seleccionadas.
Pala	Herramienta utilizada para la mezcla y división de los residuos orgánicos.
Cooler	El cooler se utilizó para transportar las muestras y aislarlas de la temperatura del ambiente.
Congeladora	Máquina utilizada para mantener las muestras congeladas hasta el momento de las pruebas de laboratorio.
PRUEBA DE LABORATORIO	
Cuchillo	Se utilizaron los cuchillos para realizar el picado de las muestras.
Tabla de picar	Tabla de madera que se utilizó como base para las muestras.

MATERIALES, INSTRUMENTOS Y HERRAMIENTAS	DESCRIPCIÓN
Crisol	Envases de porcelana que se utilizaron para colocar las muestras dentro de la estufa de secado.
Balanza digital	Instrumento utilizado para los pesajes de las muestras antes y después de entrar a la estufa y la mufla.
Estufa de secado	Herramienta que se utilizó para secar la materia fresca
Mufla	Herramienta utilizada para la calcinación y secado de las muestras.

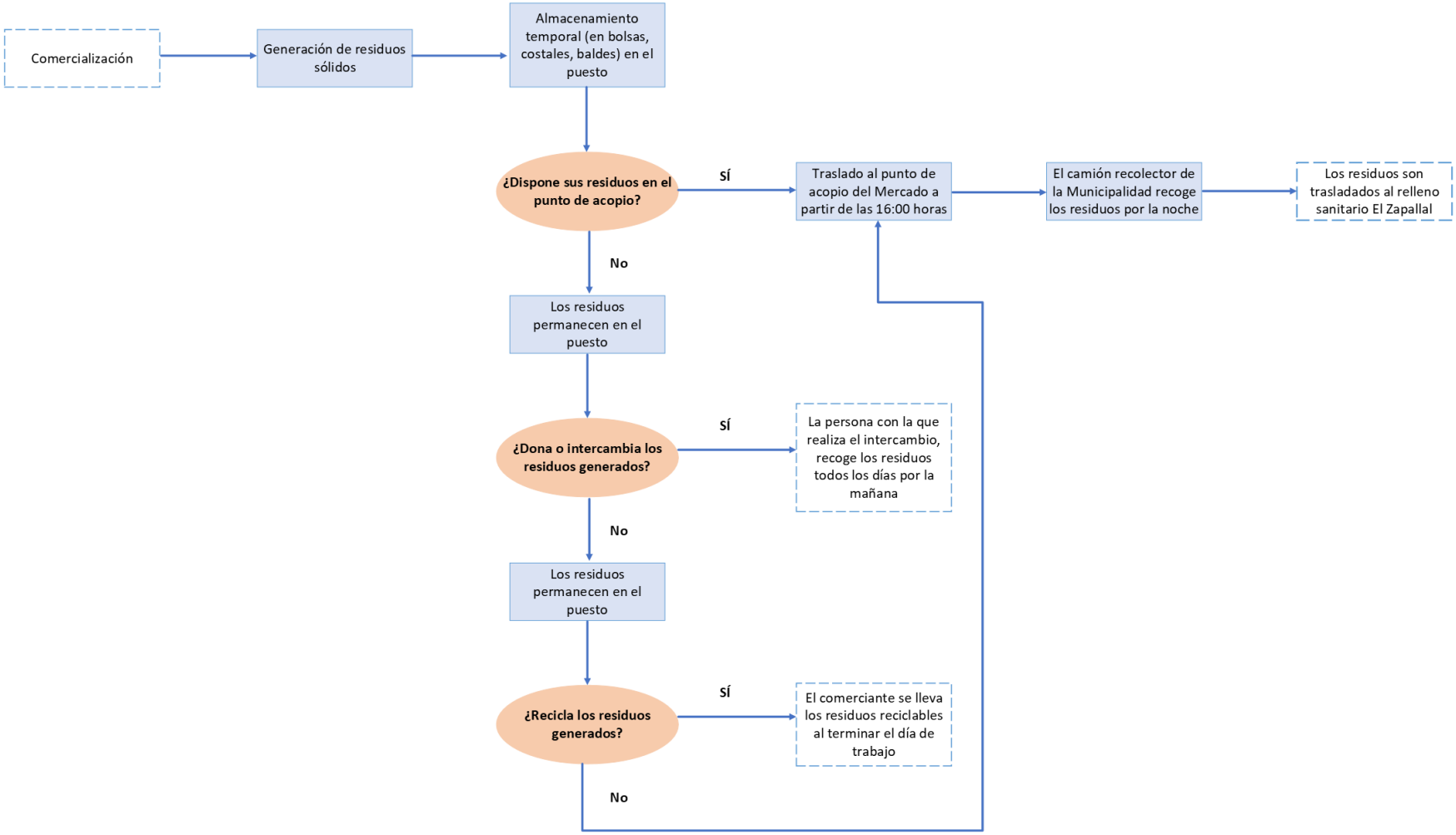
Anexo 6

Desarrollo de la solución



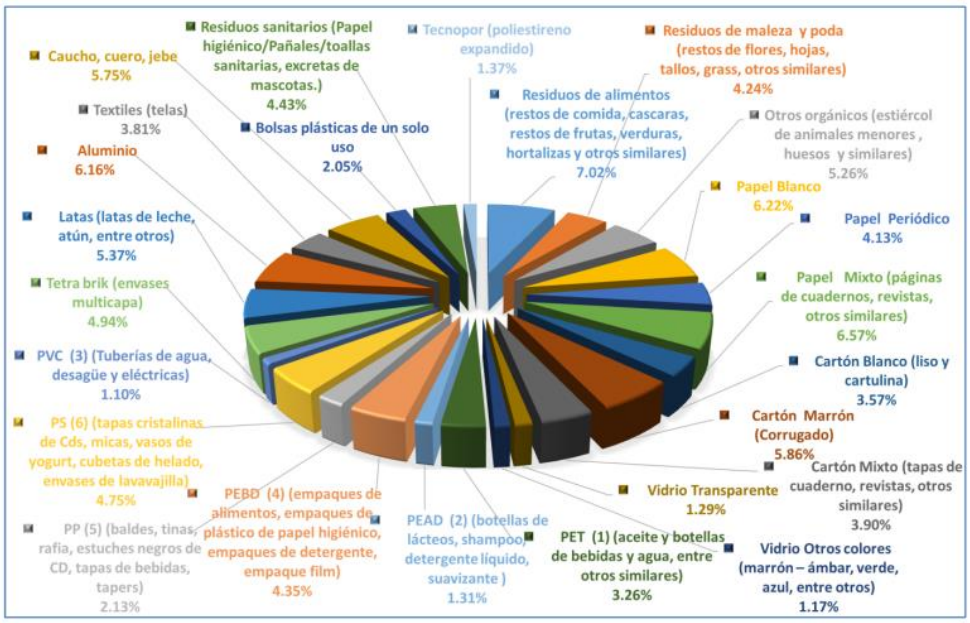
Anexo 7

Flujo de gestión interna de residuos del Mercado N°2 de Barranco



Anexo 8

Composición porcentual de residuos sólidos de mercado



Nota. De “Estudio de caracterización de Residuos Sólidos Municipales-2019", por Municipalidad de Barranco, 2019.

Anexo 9

Recibo de luz correspondiente a abril 2024 del Mercado N°2 de Barranco

ASOCIACION DE COMERCIANTES MERCADO N° 2 DE BARRANC
ARICA 279 / JR. LUNA PIZARRO 615 LT B
BARRANCO - LIMA

RUC 20457086751 TELEFONO: 983420286
Recibo Nro. S002-55776758 M - ENL-15015
014462

LUZ DEL SUR
AV. CANAVAL Y MOREYRA 380 SAN ISIDRO - LIMA
RUC 20331898008 www.luzdesur.com.pe

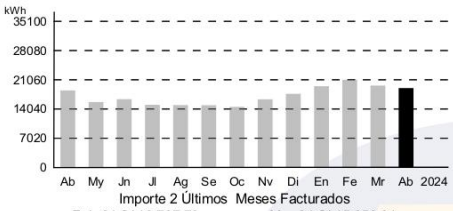
N° SUMINISTRO	193532

DATOS DEL SUMINISTRO

Sucursal	CHORRILLOS	Conexión	Subterránea C4.1
Ruta	30-523-0597	Potencia Contratada	60.21 KW
Tarifa	BT4	Facturación	Variable
Nivel Tensión	220 V	Medidor	Trifásico Electrónico 3 hilos
Sector Típico	1 (SE0133)		

REGISTRO DE DEMANDA / CONSUMO

Historia de Consumo



Importe 2 Últimos Meses Facturados
Feb-24 S/ 16,727.73 Mar-24 S/ 15,856.91

Energía Activa (kW.h)

		Horas Punta	Fuera Punta
Lectura Actual	(25/04/2024)	2353.210	12479.490
Lectura Anterior	(25/03/2024)	2277.320	12078.580
Diferencia entre lecturas		75.890	400.910
Factor de Medición		40.0000	40.0000
Consumo a facturar		3035.60	16036.40

Demanda (kW)

		Horas Punta	Fuera Punta
Lectura Actual	(25/04/2024)	0.9672	1.1790
Lectura Anterior	(25/03/2024)	0.0000	0.0000
Diferencia entre lecturas		0.9672	1.1790
Factor de Medición		40.0000	40.0000
Potencia Registrada		38.6900	47.1600
Calificación		Presente en Punta	
Factor de Calificación		0.51	
N° Hora de punta		125 horas	

Energía Reactiva (kVAR.h)

		Capacitiva	Inductiva
Lectura Actual	(25/04/2024)		5149.130
Lectura Anterior	(25/03/2024)		4968.310
Diferencia entre lecturas			180.820
Factor de Medición			40.0000
Consumo Registrado			7232.80
Consumo a facturar			1511.20

Historia de Consumos y Demandas

	My	Jn	Jl	Ag	Se	Oc	Nv	Di	En	Fe	Mr	Ab
kWh	15710	16403	15053	14994	14954	14565	16374	17692	19523	21057	19672	19072
Max - kW	41.70	40.27	40.08	39.13	39.80	42.43	42.98	46.65	49.48	50.57	48.55	47.16

DETALLE DE LOS IMPORTES FACTURADOS

Descripción	Precio Unitario	Consumo	Importe
Cargo Fijo			5.70
Mant. y Reposición de Conexión			5.84
Consumo de Energía	0.3484	19072.00	6,644.68
Consumo de Energía Reactiva Inductiva	0.0548	1511.20	82.81
Potencia Generación Presente en Punta	57.7900	47.16	2,725.38
Potencia Distribución Presente en Punta	57.8200	50.03	2,892.73
Alumbrado Público			452.70
Interés Compensatorio			148.01
I.G.V.			2,332.42
Electrificación Rural (Ley N° 28749)	0.0103	19072.00	196.44
Interés Moratorio			16.88
SUBTOTAL DEL MES			15,503.59
Deuda Vencida (1)			20,921.60
TOTAL LUZ DEL SUR			36,425.19
Ajuste redondeo mes anterior			0.04
Ajuste redondeo mes actual			-0.03

TOTAL A PAGAR S/	***36,425.20
FECHA EMISIÓN	FECHA VENCIMIENTO
30-ABR-2024	20-MAY-2024

MENSAJES AL CLIENTE

Estimado cliente, protege a tu familia contra el COVID 19 y llévala a los Centros de Vacunación por sus dosis de refuerzo.
Evite el corte por deuda de su servicio, pagando antes de la fecha programada de corte: 24-MAY-2024

El total a pagar incluye: Recargo por FOSE (Ley 27510) S/ 359.74

Secuencia	00170
Suministro	0193532 1
Vencimiento	20-MAY-2024
Cuenta	30-523-0597
Tarifa	BT4
(25/04/2024)	***36,425.20
CHORRILLOS	
Total a Pagar	***36,425.20

S/ ***36,425.20

01935321 04000003642520

LUZ DEL SUR

Impreso por Enotria S.A. R.U.C. 20100117526.