

**UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLAREAL
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA
AMBIENTAL Y ECOTURISMO**



TÍTULO DE TESIS:

**ESTIMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE BIOGÁS PARA LA
GENERACIÓN ENERGÉTICA A PARTIR DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS
ORGÁNICOS GENERADOS EN EL GRAN MERCADO MAYORISTA DE
LIMA.**

PRESENTADO POR:

TATIANA RENE, GALVAN INGA

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Ambiental

LIMA – PERÚ

2017

DEDICATORIA

Con amor y gratitud, a las personas más importantes de mi vida, quienes son la razón, el motor y la fuerza de todos mis logros: mis padres Flavio Galvan y Mirtha Inga.

A mis hermanos Jimy y Atomy, a quienes deseo de todo corazón les sirva de ejemplo para lograr sus propios objetivos.

A mi compañero de vida, que permanece a mi lado y apoya en todas las aventuras emprendidas, Gustavo.

Al pequeño ser que alegra mis días desde que llegó a mi vida, Mailo.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por haberme dado la vida y a unos padres maravillosos, quienes de manera incondicional han velado por mi desarrollo personal y profesional.

A mis padres por la paciencia, comprensión y apoyo durante el desarrollo de mi tesis.

Al Dr. Noé Zamora, por el tiempo brindado para asesorar la presente investigación.

A la Ing. Dulia Araoz y a la Lic. Rosa Pancorbo, por los consejos y apoyo durante mi estadía en IPES., lugar donde nació la idea de investigación.

Al Ing. José Vásquez, quien me ha apoyado durante el trabajo de campo y recopilación de información en EMMSA - GMML.

Al Ing. César Muñoz, por su invaluable apoyo en la FIGAE.

A la Ing. Rosa Cribilleros, por el apoyo en el laboratorio de la FIGAE y al Ing. Omar Vásquez, por el apoyo técnico, tiempo y paciencia durante la etapa experimental de la tesis.

A mis estimadas amigas Lizeth Contreras y Mercedes Benavides, por apoyarme siempre de manera desinteresada e incondicional.

A los ingenieros Aldo Aylas y Javier Gordillo, grandes personas y amigos quienes han confiado en mí y me han brindado su apoyo durante el desarrollo de la tesis.

A Christian Llanos, César Páez y Víctor Berrio, grandes amigos que me brindaron su apoyo desinteresado siempre.

Finalmente a todas las personas que forman parte de mi entorno familiar, amical y profesional y que de alguna manera me apoyaron en el desarrollo de la investigación.

RESUMEN

El objetivo de la presente investigación es determinar el potencial de generación de biogás de los residuos sólidos orgánicos, generados en el Gran Mercado Mayorista de Lima (GMML), a través del Batch test, para su posterior reaprovechamiento energético a partir de la generación de biogás producto de la digestión a anaerobia de dichos residuos.

Para lo cual fueron necesarios los siguientes objetivos específicos: 1) Realizar un diagnóstico situacional del manejo de los residuos sólidos orgánicos en el Gran Mercado Mayorista de Lima. 2) Realizar un Batch test para 3 substratos orgánicos generados en el Gran Mercado Mayorista de Lima, para determinar el volumen de biogás que estos producirán. 3) Determinar la viabilidad ambiental, económica y social de la generación de energía a partir del biogás producido por los residuos sólidos orgánicos.

Del diagnóstico situacional del manejo de los residuos sólidos orgánicos generados en el Gran Mercado Mayorista de Lima, se pudo obtener información relevante para los cálculos posteriores de generación de biogás y energía, se determinó que la generación de residuos sólidos se ha incrementado en los últimos 4 años con una tasa promedio de 12%, teniendo así que la generación promedio diaria, varía según lo identificado, en dos (02) temporadas semestrales de generación, ya que entre junio y noviembre el promedio de generación asciende a 37,76 TM/día, mientras que de diciembre a mayo el promedio resulta 54,65 TM/día, asimismo según el último Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos, realizado por VEOLIA (2016), el 81,2 % \pm 2,4 % de los residuos es de naturaleza orgánica. Así también, del Batch test realizado para 03 substratos orgánicos generados en el Gran Mercado Mayorista de Lima, se pudo estimar el rendimiento de generación de gas metano (CH₄) de cada sustrato analizado, con lo cual se pudo determinar que el sustrato 3, compuesto por residuos orgánicos en general, a través de un proceso de digestión anaerobia podría generar hasta 1 600,35 m³ CH₄ /día según la cantidad de residuos generados por día, con lo cual se obtiene una disponibilidad energética de 4 405,31 kWh a partir de la generación diaria de residuos en la temporada 1(junio – noviembre) y de 6 375,81 kWh a partir de la generación diaria en la temporada 2 (diciembre – mayo), requiriéndose una potencia de instalación de 265,66 kW, por lo que es posible disponer de 1 940 601,73 kWh para el Año 1.

Finalmente se realizó una evaluación ambiental, en la cual se tiene que a generación de energía a partir de biogás generará impactos ambientales negativos no significativos en etapa de construcción e impactos ambientales positivos durante la operación. La evaluación económica realizada resulta en una Taza Interna de Retorno (TIR) de 42,17 % y un Valor Actual Neto (VAN) de S/. 3 626 156,91, resultado que hace a un sistema de generación de biogás con fines energéticos, económicamente viable. Asimismo a nivel social, se tiene una población del área de influencia directa completamente de acuerdo con un sistema de aprovechamiento de residuo sólido; por lo que a nivel social, un proyecto de aprovechamiento energético a partir de biogás, se estima viable.

PALABRAS CLAVES:

Aprovechamiento energético, residuos orgánicos de mercado, diagnóstico de manejo de residuos, *Batch test*, potencial de generación de biogás, disponibilidad bioenergética.

ABSTRACT

The objective of the present investigation is to determine the organic solid waste's biogas generation potential generated in the Lima's Great Wholesale Market (GMML by Spanish acronyms), through the Batch test, for its subsequent energy reuse from the biogas generation, which is the product of the waste anaerobic digestion.

For this purpose, the following specific objectives were necessary: 1) To carry out a situational diagnosis of the management of organic solid waste in the Lima's Great Wholesale Market. 2) Perform a Batch test for 3 organic substrates generated in the Lima's Great Wholesale Market, to determine the volume of biogas that they will produce. 3) To determine the environmental, economic and social viability of the energy generation from biogas produced by organic solid waste.

From the situational diagnosis of the management of the organic solid waste generated in the Lima's Great Wholesale Market, it was possible to obtain relevant information for the subsequent calculations of biogas and energy generation, it was determined that the solid waste generation has increased in the last 4 years with an average rate of 12%, so that, the average daily generation varies according to the identified in two (02) semiannual generation seasons, since between June and November the generation average amounts to 37.76 MT / day , while from December to May the average is 54.65 MT / day.

Likewise, according to the latest Solid Waste Characterization Study conducted by VEOLIA (2016), $81.2\% \pm 2.4\%$ of the waste is from Organic nature.

Also, from the Batch test performed for 03 organic substrates generated in the Lima's Great Wholesale Market, it was possible to estimate the methane gas yield (CH_4) of each substrate analyzed, whereby it was possible to determine that substrate 3, composed of organic waste in general, through an anaerobic digestion process could generate up to 1 600.35 $\text{m}^3 \text{CH}_4$ / day depending on the amount of waste generated per day, resulting in an energy availability of 4 405.31 kWh from the daily generation of waste in season 1 (June - November) and 6 375.81 kWh from the daily generation in season 2 (December - May), requiring an installation power of 265.66 kW, That it is possible to have 1 940 601,73 kWh for Year 1.

Finally, an environmental assessment was carried out, in which the generation of energy from biogas will generate negative environmental impacts that are not significant at construction stage and positive environmental impacts during the operation. The economic evaluation carried out resulted in an Internal Return of Credit (IRR) of 42,17 % and a Net Present Value (NPV) of S / . 3 626 156,91, which results in an economically viable biogas generation system for energy purposes. Also at the social level, there is a population of the direct area of influence completely according to a system of use of solid waste; So at the social level, a project of energy use from biogas, is considered viable.

KEYWORDS:

Energy utilization, market organic waste, waste management diagnosis, Batch test, biogas generation potential, bioenergetic availability.

SIGLAS Y ABREVIATURAS

CITRAR	:	Centro de Investigación en Tratamiento de Aguas Residuales y Residuos Peligrosos
CSTR	:	<i>Continuous Stirred-Tank Reactors</i>
EMMSA	:	Empresa Municipal de Mercados de Lima
GEI	:	Gases de Efecto Invernadero
GMML	:	Gran Mercado Mayorista de Lima
MINAM	:	Ministerio del Ambiente
RAFA	:	Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente (RAFA)
UASB	:	<i>Upflow anaerobic Sludge Bed</i>
UNFV	:	Universidad Nacional Federico Villarreal
UNI	:	Universidad Nacional de Ingeniería

ÍNDICE GENERAL

Descripción	Pág.
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	ii
RESUMEN	iii
ABSTRACT	iv
SIGLAS Y ABREVIATURAS	v
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I ASPECTOS METODOLÓGICOS	2
1.1. ANTECEDENTES	2
1.1.1. NACIONALES	2
1.1.2. INTERNACIONALES	4
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	11
1.2.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	11
1.2.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	13
1.2.2.1. PROBLEMA PRINCIPAL	13
1.2.2.2. PROBLEMA SECUNDARIOS.....	13
1.3. OBJETIVOS	14
1.3.1. OBJETIVO GENERAL.....	14
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
1.4. HIPÓTESIS.....	14
1.5. VARIABLES	15
1.6. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA	16

1.6.1.	JUSTIFICACIÓN	16
1.6.2.	IMPORTANCIA.....	17
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO.....		18
2.1.	BASES TEÓRICAS.....	18
2.1.1.	RESIDUOS SÓLIDOS	18
2.1.2.	RESIDUOS ORGÁNICOS.....	19
2.1.2.1.	Propiedades de los Residuos Orgánicos	19
2.1.3.	DIGESTIÓN ANAEROBIA.....	21
2.1.4.	BENEFICIOS AMBIENTALES DE LA DIGESTIÓN ANAEROBIA.....	21
2.1.5.	ETAPAS DE LA DIGESTIÓN ANAEROBIA.....	23
2.1.5.1.	Hidrólisis.....	24
2.1.5.2.	Acidogénesis	28
2.1.5.3.	Acetogénesis	30
2.1.5.4.	Metanogénesis.....	32
2.1.6.	CONDICIONES DEL PROCESO.....	35
2.1.6.1.	Tipo de Sustrato	35
2.1.6.2.	Superficie específica del sustrato.....	37
2.1.6.3.	Temperatura	38
2.1.6.4.	pH.....	39
2.1.6.5.	Relación C/N.....	40
2.1.6.6.	Tiempo de retención	41
2.1.7.	FACTORES QUE INHIBEN EL PROCESO.....	41
2.1.8.	PRODUCTO RESIDUAL DIGESTADO	42
2.1.9.	BACTH TEST	43

2.1.9.1. Puesta en marcha.....	44
2.1.10. ENERGÍAS RENOVABLES	44
2.2. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS	45
2.2.1. ANAERÓBICO	45
2.2.2. BIOGÁS.....	45
2.2.3. BIOL	45
2.2.4. BIOSOL	45
2.2.5. CALIDAD AMBIENTAL.....	46
2.2.6. DIGESTIÓN <i>BATCH</i>	46
2.2.7. INÓCULO.....	46
2.2.8. IMPACTO AMBIENTAL.....	46
2.2.9. MITIGACIÓN	46
2.2.10. PLANTA DE VALORIZACIÓN DE RESIDUOS	46
2.2.11. PREVENCIÓN	47
2.2.12. SUSTRATO.....	47
2.2.13. TRATAMIENTO.....	47
2.2.14. VALORIZACIÓN	47
2.2.15. VALORIZACIÓN ENERGÉTICA	47
2.2.16. VALORIZACIÓN MATERIAL.....	48
2.3. MARCO LEGAL.....	49
2.4. MARCO TEMPORAL	50
CAPÍTULO III MATERIALES Y METODOLOGÍA	51
3.1. MATERIALES, INSUMOS, EQUIPOS Y SOFTWARES.....	51
3.1.1. MATERIALES	51

3.1.1.1. Materiales de campo	51
3.1.1.2. Materiales de laboratorio	51
3.1.2. INSUMOS.....	54
3.1.3. EQUIPOS.....	54
3.1.4. SOFTWARE.....	55
3.2. DISEÑO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN.....	55
3.2.1. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	55
3.2.2. NIVEL DE INVESTIGACIÓN	56
3.3. METODOLOGÍA.....	56
3.3.1. PARA LA ELABORACIÓN DEL DIAGNÓSTICO SITUACIONAL DEL MANEJO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS EN EL GRAN MERCADO MAYORISTA DE LIMA.	56
3.3.1.1. Recopilación de Información.....	56
3.3.1.2. Inspección <i>In situ</i>	56
3.3.1.3. Toma de encuestas	57
3.3.2. PARA REALIZAR UN BATCH TEST PARA 3 SUBSTRATOS ORGÁNICOS GENERADOS EN EL GRAN MERCADO MAYORISTA DE LIMA, PARA DETERMINAR EL VOLUMEN DE BIOGÁS QUE ESTOS PRODUCIRÁN.	59
3.3.2.1. Obtención y acondicionamiento del Inóculo	60
3.3.2.2. Determinación de las muestras	63
3.3.2.3. Recolección de muestras.....	63
3.3.2.4. Preparación de substratos.....	65
3.3.2.5. Caracterización de los substratos e inóculo	66

3.3.2.6. Preparación de la solución de NaOH.....	69
3.3.2.7. Preparación del Sistema Batch.....	71
3.3.2.8. Medición de Biogás generado.....	75
3.3.3. PARA DETERMINAR LA VIABILIDAD AMBIENTAL, ECONÓMICA Y SOCIAL DE LA GENERACIÓN DE ENERGÍA A PARTIR DEL BIOGÁS PRODUCIDO POR LOS RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS.	76
3.3.3.1. Estimación energética	76
3.3.3.2. Consideraciones para la implementación de una planta de valorización de residuos orgánicos.....	77
3.3.3.3. Evaluación de Impactos Ambientales	77
3.3.3.4. Evaluación económica	84
3.3.3.5. Percepción social	85
CAPÍTULO IV CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	86
4.1. UBICACIÓN	86
4.1.1. UBICACIÓN POLÍTICA	86
4.1.2. LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA	86
4.2. VÍAS DE ACCESO	86
4.3. CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS.....	87
4.4. EXTENSIÓN Y DISTRIBUCIÓN	87
4.5. ASPECTO ADMINISTRATIVO	87
CAPÍTULO V RESULTADOS	89
5.1. DIAGNÓSTICO SITUACIONAL DEL MANEJO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS EN EL GRAN MERCADO MAYORISTA DE LIMA (GMML).	89

5.1.1.	ASPECTOS SOCIO – ECONÓMICOS	89
5.1.1.1.	Distribución de Pabellones	89
5.1.1.2.	Ingreso de productos al GMML.....	91
5.1.1.3.	Actividad que se realiza en el GMML.....	92
5.1.2.	GESTIÓN Y MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS EN EL GMML.....	93
5.1.2.1.	Aspecto administrativo	93
5.1.2.2.	Aspecto Económico	94
5.1.2.3.	Manejo de Residuos Solidos.....	95
5.1.2.4.	Percepción de la población usuaria del establecimiento (comerciantes)...	108
5.2.	DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE BIOGÁS GENERADO POR 3 SUSTRATOS ORGÁNICOS A TRAVÉS DEL “BACTH TEST”.	122
5.2.1.	Caracterización de los sustratos	122
5.2.2.	Composición de los reactores Batch.....	123
5.2.3.	Volumen de biogás generado.....	124
5.3.	VIABILIDAD AMBIENTAL, ECONÓMICA Y SOCIAL DE LA GENERACIÓN DE ENERGÍA A PARTIR DEL BIOGÁS PRODUCIDO POR LOS RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS	126
5.3.1.	Estimación energética	126
5.3.2.	Consideraciones para una planta de valorización de residuos orgánicos ..	130
5.3.2.1.	Ubicación	130
5.3.2.2.	Distribución referencial	131
5.3.2.3.	Área de recepción de residuos sólidos	132
5.3.2.4.	Zona de pretratamiento y mezcla del sustrato.....	132
5.3.2.5.	Biodigestores.....	133

5.3.2.6. Subproductos – Biol y Biosol	137
5.3.2.7. Factores que inhiben la producción de biogás	138
5.3.2.8. Zona de cogeneración	140
5.3.2.9. Antorcha (quemador)	143
5.3.3. Evaluación ambiental	143
5.3.3.1. Identificación de actividades.....	143
5.3.3.2. Matrices de evaluación	149
5.3.3.3. Resumen de impactos	149
5.3.3.4. Descripción de impactos	154
5.3.4. Evaluación económica	159
5.3.4.1. Flujo de Costos	160
5.3.4.2. Ingresos	160
5.3.4.3. Flujo de caja.....	162
5.3.4.4. Datos de financiamiento	163
5.3.4.5. TIR	164
5.3.4.6. VAN.....	164
5.3.5. Percepción social	165
CAPÍTULO VI DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	166
CAPÍTULO VII CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	169
7.1. CONCLUSIONES	169
7.2. RECOMENDACIONES.....	172
CAPÍTULO VIII REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	173

ÍNDICE DE CUADROS

Descripción	Pág.
Cuadro N° 1 Variables dependientes e independientes de cada objetivo	15
Cuadro N° 2 Grupos de enzimas hidrolíticas y sus funciones	26
Cuadro N° 3 Reacciones en la etapa de acetogénesis	31
Cuadro N° 4 Cantidad teórica y composición del biogás formado a partir de carbohidratos, grasas y proteínas	36
Cuadro N° 5 Producción específica de gas para diversos sustratos potenciales en la producción de biogás.....	37
Cuadro N° 6 Distribución de la muestra	57
Cuadro N° 7 Muestras que serán materia de análisis.....	63
Cuadro N° 8 Cantidades de muestra y agua destilada para preparar los sustratos.....	65
Cuadro N° 9 Parámetros analizados a los sustratos e inóculo	66
Cuadro N° 10 Valores de los atributos de evaluación de impactos	81
Cuadro N° 11 Jerarquización de impactos	84
Cuadro N° 12 Coordenada del punto central del área de estudio	86
Cuadro N° 13 Distribución de áreas en el GMML	87
Cuadro N° 14 Pabellones de comercialización de productos	89
Cuadro N° 15 Ingreso real mensual de productos (años 2014-2015) y proyectado mensual 2016 del GMML	91
Cuadro N° 16 Generación mensual de RR.SS. y promedio diario (2013-2014)	96
Cuadro N° 17 Generación mensual de RR.SS. y promedio diario (2015-2016)	96
Cuadro N° 18 Generación promedio de RR.SS. en el GMML	97
Cuadro N° 19 Intervalo de confianza de los porcentajes obtenidos	99

Cuadro N° 20 Frecuencia y turno de barrido	101
Cuadro N° 21 Frecuencia y turno de lavado	103
Cuadro N° 22 Frecuencia de lavado de infraestructura de puestos de venta	105
Cuadro N° 23 Cantidad de contenedores de RR.SS. distribuidos en el GMMML.....	105
Cuadro N° 24 Características de los sustratos e inóculo.....	122
Cuadro N° 25 DQO de las muestras analizadas.....	123
Cuadro N° 26 Contenido de los reactores Batch.....	123
Cuadro N° 27 pH de los reactores al inicio del proceso	124
Cuadro N° 28 Volumen promedio generado por los sustratos.....	124
Cuadro N° 29 Porcentajes respecto a la generación total de residuos sólidos.....	126
Cuadro N° 30 Energía eléctrica disponible a partir de residuos de tomate.....	126
Cuadro N° 31 Energía eléctrica disponible a partir de residuos de hortalizas.....	127
Cuadro N° 32 Energía eléctrica disponible a partir de residuos orgánicos en general	127
Cuadro N° 33 Potencia a considerar para instalación	128
Cuadro N° 34 Generación energética anual proyectada	129
Cuadro N° 35 Coordenada del punto central de la “Planta energética de residuos sólidos”.....	131
Cuadro N° 36 Dimensión del área de recepción y almacenamiento de residuos orgánicos	132
Cuadro N° 37 Dimensión del biodigestor	134
Cuadro N° 38 Cantidad de biol y biosol a generar	138
Cuadro N° 39 Factores Inhibidores.....	140
Cuadro N° 40 Actividades de las etapas de construcción y operación de la planta.	144

Cuadro N° 41 Identificación de impactos – Etapa de construcción.....	145
Cuadro N° 42 Identificación de impactos – Etapa de operación	147
Cuadro N° 43 Matriz de evaluación de impactos ambientales – Etapa de Construcción	150
Cuadro N° 44 Matriz de evaluación de impactos – Etapa de Operación.....	151
Cuadro N° 45 Resumen de impactos – Etapa de Construcción	152
Cuadro N° 46 Resumen de impactos – Etapa de Operación.....	153
Cuadro N° 47 Flujo de costos	160
Cuadro N° 48 Generación de energía y subproductos	161
Cuadro N° 49 Ingresos proyectados por la venta y/o valorización de energía y subproductos	161
Cuadro N° 50 Proyección de la venta de Biol y Biosol*	161
Cuadro N° 51 Flujo de caja.....	162
Cuadro N° 52 Base de cálculo - Financiamiento	163
Cuadro N° 53 Financiamiento.....	163
Cuadro N° 54 Cálculo de la TIR.....	164
Cuadro N° 55 Cálculo del VAN	164
Cuadro N° 56 Comparación de resultados - ALCÁNTAR, I (2014).....	166
Cuadro N° 57 Comparación de resultados - SANCHEZ, C. et all (2015).....	167
Cuadro N° 58 Comparación de resultados BROWNE, J. D. (2014)	168

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Descripción	Pág.
Gráfico N° 1 El rendimiento de biogás de heno con y sin molienda en un molino de bolas agitado.....	38
Gráfico N° 2 Variación anual de ingreso de productos al GMML	92
Gráfico N° 3 Generación mensual promedio de RR.SS. en el GMML	98
Gráfico N° 4 Composición de residuos sólidos generados en el GMML.....	99
Gráfico N° 5 Composición de los residuos orgánicos	100
Gráfico N° 6 Número de trabajadores por puesto de venta	109
Gráfico N° 7 Condición del encuestado.....	110
Gráfico N° 8 Día(s) de mayor venta en el GMML	110
Gráfico N° 9 Día(s) de menor venta en el GMML	111
Gráfico N° 10 Residuo que más genera el encuestado	111
Gráfico N° 11 Razones por las que genera residuos.....	112
Gráfico N° 12 Giro que genera mayor cantidad de residuos sólidos según los encuestados	113
Gráfico N° 13 Almacenamiento de residuos sólidos en los puestos de venta	113
Gráfico N° 14 Veces que llena el recipiente de almacenamiento	114
Gráfico N° 15 Calificación a la ubicación de los contenedores.....	115
Gráfico N° 16 Suficiencia de la cantidad de contenedores	115
Gráfico N° 17 Calificación al mantenimiento de los contenedores	116
Gráfico N° 18 Calificación al servicio de limpieza	116
Gráfico N° 19 Calificación al servicio de recolección.....	117
Gráfico N° 20 Acciones que se toman cuando se encuentra un contenedor lleno...	117
Gráfico N° 21 Conocimiento del destino final de los residuos sólidos	118
Gráfico N° 22 Credibilidad en el reaprovechamiento de los residuos sólidos.....	118
Gráfico N° 23 Opciones de reaprovechamiento según los encuestados	119

Gráfico N° 24 Encuestados que recibieron capacitación en temas relacionados al manejo de RR.SS.	120
Gráfico N° 25 Disposición a participar en charlas sobre el manejo de los RR.SS. .	120
Gráfico N° 26 Disposición a separar residuos por tipo.....	121
Gráfico N° 27 Existencia de segregadores informales de RR SS.....	121
Gráfico N° 28 Resultados comparativos de ST, SV y SF de las muestras analizadas.	122
Gráfico N° 29 Curvas de acumulación de CH ₄ generado	125
Gráfico N° 30 Población a favor de un proyecto de aprovechamiento energético de residuos sólidos orgánicos en el GMML	165

ÍNDICE DE FIGURAS

Descripción	Pág.
Figura N° 1 Etapas de la digestión anaerobia y microorganismos que intervienen en cada etapa	24
Figura N° 2 Etapas de la hidrólisis enzimática	25
Figura N° 3 Vías diferentes de producción de metano a partir del acetato.....	33
Figura N° 4 Etapas para el desarrollo del Batch Test	60
Figura N° 5 Esquema del sistema Batch a instalar	74
Figura N° 6 Actividades que se realizan en el GMML.....	93
Figura N° 7 Organigrama de la Empresa Municipal de Mercados S.A.	94
Figura N° 8 Ciclo del Manejo de RR.SS. en el GMML	95
Figura N° 9 Esquema del proceso de producción de biogás, energía y subproductos	131

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Descripción	Pág.
Fotografías N° 1 Encuesta a comerciantes.....	58
Fotografía N° 2 Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente (RAFA) o UASB (Upflow anaerobic Sludge Bed) – CITRAR-FIA-UNI	61
Fotografía N° 3 Recolección de lodo anaerobio del reactor UASB.....	62
Fotografía N° 4 Recipiente hermético de almacenamiento de inóculo.....	62
Fotografía N° 5 Recolección de muestra (Substrato N° 2)	64
Fotografía N° 6 Pesado de muestra (Substrato N° 1).....	64
Fotografías N°7 Acondicionamiento de las muestras para su traslado en la caja de tecnopor.....	64
Fotografía N° 8 Licuado de muestras diluidas con agua destilada	65
Fotografía N° 9 Medición de pH.....	66
Fotografías N°10 Determinación de Sólidos Totales, Volátiles y Fijos	67
Fotografía N°11 Determinación de DQO	68
Fotografías N°12 Preparación de la solución de NaOH [2N].....	71
Fotografía N°13 Preparación del sistema Batch	73
Fotografía N° 14 Sistema Batch instalado	74
Fotografías N°15 Medición de biogás generado.....	75
Fotografía N° 16 Vista del interior del Pabellón D (papa y camote).....	90
Fotografía N° 17 Vista del Pabellón C (cebolla, ajo y yuca).....	91
Fotografía N° 18 Personal de limpieza del GMML.....	103
Fotografía N° 19 Almacenamiento de RR.SS. en contenedores de 1 100 litros.....	106
Fotografía N° 20 Almacenamiento de RR.SS. en contenedores de 240 litros.....	106

Fotografía N° 21 Presencia de segregadores informales	107
Fotografía N° 22 Segregación informal en contenedores	107
Fotografía N° 23 Unidad de recolección y transporte de RR. SS.....	108
Fotografía N° 24 Distribución del GMML	130

ÍNDICE DE ECUACIONES

Descripción	Pág.
Ec. 1.- Determinación de la muestra	57
Ec. 2.- Energía eléctrica disponible por día	76
Ec. 3.- Potencia a instalar ⁶⁹	76
Ec. 4.- Determinación de la Importancia (I)	82
Ec. 5.- Cálculo del VAN	84
Ec. 6.- Cálculo de la TIR.....	85

LISTA DE ANEXOS

Anexo N° 1 – Formato de encuesta

Anexo N° 2 – Mapa de Ubicación

Anexo N° 3 - Resultado de encuestas

Anexo N° 4 - Registro diario de generación de CH₄

Anexo N° 5 - Distribución del GMML

Anexo N° 6 -Datos generales sobre calidad y composición del Biol y Biosol

Anexo N° 7 - Matriz de evaluación ambiental - Etapa de operación

Anexo N° 8 - Matriz de evaluación ambiental - Etapa de construcción

INTRODUCCIÓN

La generación de residuos sólidos, producto de las actividades que desarrolla el hombre, constituyen desde sus inicios un gran problema cuya solución convencional en nuestro país es la disposición final a través de rellenos sanitarios; sin embargo este sistema de disposición final ocupa extensas áreas de terreno en donde se encapsulan los residuos generados esperando su descomposición en el corto mediano y largo plazo, sin descartar posibles impactos ambientales irreversibles como la infiltración de lixiviados que podrían contaminar acuíferos, emisión de gases de efecto invernadero producto de la descomposición de los residuos, entre otros.

En el Gran Mercado Mayorista de Lima se generan entre 37,76 TM/día y 54,65 TM/día de residuos sólidos que son dispuestos en un relleno sanitario, además en los últimos cuatro (04) años la cifra ha crecido en razón de una tara de 12%, ya que el volumen de productos comercializados en dicho establecimiento también se ha incrementado; asimismo la generación de residuos orgánicos, resultado de la comercialización de productos de pan llevar (perecibles), genera costos por la disposición final de los mismos, así como la aparición de segregadores informales de estos residuos, quienes de manera insegura recolectan aquellos productos recuperables para su posterior consumo,.

La situación descrita plantea la necesidad de conocer cuan viable es convertir, los residuos sólidos generados, en materia prima para la digestión anaerobia (DA), el cual es un proceso biológico que en ausencia de oxígeno descompone materia orgánica y cuyo producto principal es el biogás, que puede ser utilizado para diversos fines, así como para la generación de energía limpia y renovable. Por lo tanto, la presente investigación consta de ocho (08) capítulos, en los cuales se desarrollan los aspectos metodológicos, marco teórico, materiales y metodología, características del área de estudio, resultados, discusión de resultados, conclusiones y recomendaciones, y las referencias bibliográficas utilizadas en el proceso de su elaboración.

CAPÍTULO I ASPECTOS METODOLÓGICOS

1.1. ANTECEDENTES

1.1.1. NACIONALES

Según el Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos del “**Gran Mercado Mayorista de Lima**”, realizado por **VEOLIA PERÚ** en agosto de **2016**, señalan que el 81,2 % ($\pm 2,4\%$) de los residuos generados en el GML son de naturaleza orgánica, los cuales constituyen la mayor fracción de residuos así como la mayor fracción de residuos reaprovechables; por el contrario respecto al 18,8 % de naturaleza inorgánica, concluyen que los materiales inorgánicos como el cartón y el papel no presentaron las características propias para el comercio a través del reciclaje, ya que dichos residuos se encontraron con un grado de deterioro y contaminación que los limita para el comercio, a diferencia de las botellas de plástico que sí presentan cualidades para el reciclaje, pero cuya mínima cantidad también sería una limitante.

Según el “**Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos del Gran Mercado Mayorista de Lima**” realizado por **IPES PROMOCIÓN DEL DESARROLLO SOSTENIBLE** en el periodo del 20 hasta el 27 de julio del **2013**, señalan que, del total de residuos orgánicos generados; el 20% corresponde a residuos de tomate, seguido de un 15% de residuos de hortalizas, y la diferencia corresponden a los residuos de los demás productos que se comercializan en dicho mercado.

En el año **2009**, **Mery Paola Quispe Ramos**, profesional de la Universidad Nacional de Ingeniería, realizó la tesis de pregrado **“Estudio de la eficiencia de generación de biogás y su relación con la segregación de residuos recuperables en un relleno sanitario”** donde concluye que la producción de biogás a través de la digestión anaerobia, depende de las características de la materia orgánica y de la cantidad de la misma, además afirma que la segregación de residuos orgánicos previa a la disposición final resulta un factor catalizador de las distintas fases del proceso de digestión anaeróbica, acelerando el proceso de estabilización de la materia orgánica.

En la tesis de pregrado, titulada: **“Tratamiento de Residuos Sólidos Domésticos mediante Biodigestores para la obtención de Biogás y Bioabonos”**, presentada por **Víctor Palomino Aranda**, profesional de la Universidad Nacional Agraria La Molina en el año **2007**, se propone el aprovechamiento de los residuos sólidos domésticos utilizándolos como materia prima para la generación de biogás. El autor, a través de su investigación, concluye que existe una mayor generación de gases cuando la materia prima (residuos sólidos domésticos) es mezclada con estiércol de vacuno o de cuy, así también respecto a los residuos sólidos (Biosol) y líquidos (Biol) que se obtienen del proceso de biodigestión, señala que durante el proceso se elimina o inhibe la actividad de las bacterias aeróbicas, tales como los coliformes fecales y totales, haciendo viable el uso de los subproductos para la agricultura.

Henry Pala Reyes, profesional de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, en el año **2006** en la tesis de pregrado titulada: **“Estudio del potencial energético a partir de los residuos sólidos en algunos distritos del cono norte de Lima**

Metropolitana”, calcula el potencial energético de los residuos sólidos en función de su composición química (carbono, hidrogeno, oxígeno, nitrógeno, azufre y cenizas), de lo que concluye que los residuos sólidos urbanos del Cono Norte de Lima Metropolitana generan en promedio 2635 Kcal./Kg. Además señala que el aprovechamiento energético de estos residuos puede realizarse por dos vías: mediante procesos micro-biológicos: fermentación anaerobia o biogasificación, y mediante procesos térmicos: pirolisis, gasificación y combustión.

Rafael Oswaldo Castro Veramendi, profesional de la Universidad Nacional de Ingeniería, en el año **2004**, desarrolló la tesis de pregrado titulada **“Estudio del comportamiento de un motor Diesel con suministro de Biogás”**, cuyo objetivo era el de analizar la factibilidad técnica de generar energía mecánica utilizando biogás en un motor Diesel y concluye que es posible utilizar combustible dual petróleo Diesel – Biogás en un motor Diesel, este estudio experimental se realizó con el biogás generado en la planta de tratamiento de aguas residuales de la Universidad Nacional de Ingeniería.

1.1.2. INTERNACIONALES

SANCHEZ C. et all (México-2015), en el artículo científico denominado **“Determinación del Potencial Bioquímico de Metano (PBM) de Residuos de Frutas y Verduras en Hogares”**, realizó ensayos con relaciones sustrato:inóculo (S:I) 1:2 y 1:3, en términos de sólidos volátiles, con tiempo de residencia de 15 días, siendo el sustrato una mezcla de residuos de frutas y verduras y el inóculo un lodo proveniente de una planta de tratamiento de aguas residuales; de lo cual concluyen la

estabilización de la etapa de metanogénesis se presenta en los días 11 a 15, lo que está relacionado con el mayor aumento en la producción de volumen de biogás en este periodo; Asimismo, determinan que la relación S:I que genera mayor volumen de biogás es de 1:3.

En octubre de **2014**, **ALCÁNTAR I. (México)**, en la tesis de maestría denominada **“Potencial de Generación de Biogás de la Codigestión Anaerobia de Residuos Sólidos Orgánicos Urbanos con Aceite Comestible Usado”**, concluye que mediante la prueba de potencial bioquímico de metano, realizada para conocer la relación sustrato/microorganismo, fue posible determinar que la relación 0.5 generó la mayor producción de metano y por el contrario la relación 2, ocasionó la inhibición del tratamiento.

En ese mismo año (**2014 - México**), **AGUILAR A. et al.**, en la publicación titulada **“Potencial Bioquímico de Metano en la Co-Digestión Anaerobia de Estiércol Porcino, con Residuos Agroindustriales Reactores por Lote”**, concluye que en la generación de metano por la vía biológica en ausencia de oxígeno se considera una alternativa de las energías renovables, por la generación de energía limpia y mitigación de impactos ambientales generados por los residuos orgánicos. Siendo importante la revaloración de todos los residuos orgánicos para un desarrollo sostenible.

En el año **2013**, **BROWNE J. D. (Irlanda)** en la tesis doctoral denominada **“*Biomethane production from food waste and organic residues*”**, sostiene que la digestión anaeróbica de los residuos biodegradables es una solución ambiental y

económicamente sostenible que incorpora el tratamiento de residuos y recuperación de energía. La fracción orgánica de los residuos sólidos municipales, que comprende la mayoría de los residuos de alimentos, es altamente degradable en condiciones anaeróbicas. Además investiga el potencial de recursos energéticos de una amplia gama de flujos de residuos orgánicos a través de investigaciones de campo y de laboratorio sobre muestras reales. Concluyendo que las muestras recogidas de diversas fuentes generan rendimientos de metano que van desde 75 a 160 m³ por tonelada. Asimismo concluye que de las muestras de residuos de comida analizadas se obtuvo un rendimiento de generación de biogás de un rango de 314 a 529 l CH₄/kg SV.

En el año 2013, RAHUALA A. M. (Finlandia) en la tesis de Maestría denominada *“Feasibility study on the biogas production from organic wastes generated at the University of Jyväskylä”* realiza el estudio de factibilidad de la producción de biogás en tres escenarios. De lo que concluye que todos los escenarios producen más energía de la que consumen durante las operaciones de planta haciéndolos autosuficientes, además que producen energía extra que puede ser utilizada para cubrir parte de la demanda de energía de la Universidad (escenario para el cual se realizó la investigación). Así también todos los escenarios permiten la reducción de emisiones cuando la energía renovable (biogás) sustituye a la energía de fuentes fósiles.

ESPOSITO G. et all en el año 2012 (Italia) en el artículo científico titulado *“Bio-Methane Potential Tests To Measure The Biogas Production From The Digestion and Co-Digestion of Complex Organic Substrates”*, señalan que en las últimas décadas, el uso de la digestión anaerobia como un proceso para el tratamiento de

residuos sólidos orgánicos se hizo más y más frecuentes debido a una nueva tendencia en tratamientos de residuos sólidos, lo que puede explicarse teniendo en cuenta principalmente tres factores:

- a) La necesidad de aplicar un proceso para eliminar los desechos sólidos orgánicos más respetuosos del medio ambiente que los vertederos según lo solicitado por las últimas normas relativas la protección del medio ambiente en muchos países del mundo.
- b) La posibilidad de obtener de este proceso un combustible renovable alternativo llamado biogás a los fósiles.
- c) La ventaja de costos relativamente bajos en la puesta en marcha y gestión de este proceso.

Por otro lado señalan que este proceso puede permitir ganar dinero mediante la eliminación de los desechos sólidos orgánicos, así como la venta del biogás generado o la potencia generada por la combustión del mismo, así también en la medida de lo posible con la venta del digestato como abono para la agricultura. Por tanto, este proceso ha abierto perspectivas interesantes no sólo para el tratamiento de los residuos sólidos orgánicos, sino también para la producción de una fuente de energía renovable, que es barato y fácil de obtener.

BOSCH, A. (España) en su Proyecto de fin de carrera presentado en setiembre de **2011**, el cual se denomina **“Estudio de viabilidad de la instalación de una planta de metanización en un buque crucero”**, concluye que al fermentar los residuos en el digestor se obtienen dos subproductos que de una manera u otra beneficiarán económicamente los intereses del crucero para el cual planteó el proyecto. Asimismo

señala que el biogás que se produce generará una parte de la energía que necesita el buque, por lo que se reducirá la cantidad de fuel-oil (combustible utilizado por el crucero) necesario. Además, indica que el otro subproducto obtenido es el biol, que se puede vender a empresas agropecuarias, generando ingresos económicos adicionales. Finalmente, concluye, pues, que se trata de un proyecto viable que además aporta beneficios económicos y medioambientales.

En el mismo año **2011**, **GARAY O. A. (Chile)** en la Memoria técnica denominada **“Análisis Técnico-Económico de una Planta de Generación Eléctrica en Base a Biogás”**, concluye que respecto a los generadores usados en la transformación de biogás en energía eléctrica, los comúnmente usados son adaptaciones de generadores a gas natural que son capaces de operar con un contenido menor de metano en el gas. Si bien existen tecnologías orientadas principalmente al biogás, hace hincapié que es posible adaptar los generadores a gas natural. Esta última opción es más factible, debido a que la tecnología en gas natural ya está consolidada, mientras que los equipos que funcionan únicamente con biogás aún no logran su consolidación.

En el artículo publicado por **AGUILAR Q., TABOADA P. A., OJEDA S. (México)** en el año **2011** para la revista Ingeniería, titulado **“Modelo mexicano para la estimación de la generación de biogás”**, concluyen que hay una gran variedad de modelos que se van ajustando a los requerimientos de cada región, debido a que la composición de residuos es diferente para cada sitio. Además que Tomando en cuenta que los modelos pueden subestimar y sobreestimar la generación de biogás proyectada,

se considera que la determinación de los parámetros de generación de gas in situ es la mejor opción.

En el mismo año **BRAUNER, C. (Austria)** en la tesis de maestría titulada: ***“China biogas potential and its estimated contribution to climate change mitigation”***, realiza una evaluación del potencial de biogás teórico a partir de: residuos domésticos y los desechos agrícolas, donde señala que el potencial teórico actual de biogás anual es de 290 millones de m³ que se estima podría constituir un 6,9 % de la demanda total de energía en ese país. Además, el potencial anual podría aumentar a 439,4 billones de m³ para el año 2030 incluyendo los cultivos de materia prima energética de tierras marginales. Además respecto al digestato, un subproducto del proceso, indica que es un abono verde sostenible, el cual reemplazará casi el 30% del fertilizante inorgánico y exceder la demanda actual de China de biofertilizante. Entonces utilizando el proceso de digestión anaerobia como la principal opción de tratamiento para la materia prima seleccionada, el actual potencial de reducción total de CO₂ equivalentes es 4,75 billones de toneladas, y para el año 2030 podrían salvarse incluso 7 billones toneladas equivalentes de CO₂.

SABALZA RAMOS O. y VILLAMIZAR NAVAS O. (Colombia) en el año **2009** en el proyecto de grado, para obtener el título de Ingeniero Químico, denominado **“Evaluación del Potencial Energético de los Residuos Sólidos Orgánicos Urbanos Provenientes de las Plazas de Mercado y Diseño Conceptual de una Planta de Digestión Anaerobia para su Aprovechamiento Industrial en Colombia”**, determinaron el potencial energético de los residuos sólidos orgánicos urbanos

(RSOU) de cinco ciudades colombianas, utilizando un modelo matemático basado en la aplicación específica para la producción de biogás (CH_4 y CO_2), para ello realizaron una caracterización fisicoquímica de los residuos sólidos, cuyos datos fueron utilizados en el desarrollo del modelo matemático para el cálculo del potencial. Del desarrollo del modelo, concluyeron que las 120,205 Ton/año de RSOU procedentes de CA (Centros de Acopio) y PM (Plazas se Mercados) de las principales ciudades en Colombia, ofrecen 72,48 TJ/año de energía, que equivalen a reemplazar 19,8 GW/año, 2474Tec y 36 barriles de petróleo/día. Además la producción de biogás y de energía a partir de los RSOU, mediante un proceso de digestión anaerobia, se simuló en el software Hysys 3.2 reportando una potencia de 1,092 KW, flujo de biogás de 34.33 Kg/h con fracción másica de 0.47 CH_4 , 0.37 CO_2 y trazas de otros componentes como H_2O y H_2S . Así también los valores reportados por la simulación muestran un biogás con una cantidad mínima de H_2S , según señalan debido a las características de los residuos utilizados, este parámetro representa una gran ventaja de la producción de biogás a partir de RSOU, ya que no es necesaria un procedimiento especial para la separación de este Gas.

En el año 2009 el **Dr. Bogomir Muršec**, y el **Ing. Peter Vindiš**, (Eslovenia) en su investigación titulada *“Building of a Mini Digester for Mesophilic Anaerobic Digestion”*, analizan a través de un análisis experimental la biomasa vegetal de tres tipos de maíz 35 días, con el fin de generar biogás. Las mediciones se llevaron a cabo según la norma DIN 38 414 parte 8, dicho estudio señala que en el rango de temperatura mesófilas, la mayor cantidad de biogás se produce en los primeros diez

días del experimento, después de dos semanas termina la digestión anaeróbica y después de 35 días, la cantidad de biogás es muy baja.

En el 2007 CHAMY R. y VIVANCO E. (Chile) en la publicación, titulada **“Potencial de Biogás - Identificación y Clasificación de los distintos tipos de Biomasa disponibles en Chile para la generación de Biogás”**, consideraron dentro de los tipos de biomasa, una fracción de residuos orgánicos provenientes de industrias procesadoras de frutas y vegetales, concluyendo que es factible la transformación de biomasa en metano como fuente de energía renovable no convencional. Además que estiman que el potencial técnicamente implementable en la actualidad es de aproximadamente 400 MW de capacidad instalable para generación eléctrica lo que significa alrededor del 3,5% de la capacidad actual del país. Así también, en sistemas de cogeneración sería posible obtener energía térmica que, de ser utilizada, aumentaría en alrededor de un 100% la energía aprovechada. A medida que los precios de la energía en los mercados nacionales e internacionales aumentan, el potencial factible también aumentará.

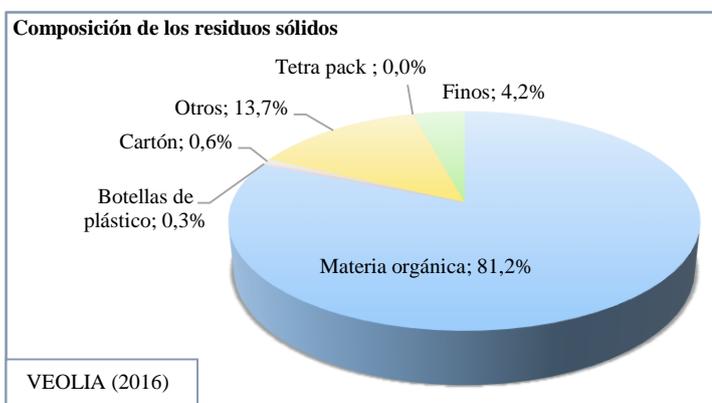
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.2.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

El crecimiento de las poblaciones a nivel mundial viene acompañado del incremento en la generación de residuos sólidos además de la problemática que trae su inadecuado manejo.

En nuestro país, el manejo de los residuos sólidos como parte de la gestión municipal, se viene conduciendo sin ninguna planificación, según se Indica en el Quinto Informe

Nacional de Residuos Sólidos (2012)¹, Asimismo el Sexto Informe Nacional de Residuos Sólidos (2013)² señala que la generación anual de residuos urbanos en el año 2013 sumó aproximadamente 6,8 millones de toneladas, de las cuales el 73 % corresponde a residuos sólidos domiciliarios y el 27 % restante a los residuos no domiciliarios; dentro de los residuos sólidos no domiciliarios, se encuentran aquellos generados en los centros comerciales y de abastos, tal es el caso del Gran Mercado Mayorista de Lima ubicado en el distrito de Santa Anita, donde se genera un promedio de 50,2 ton/día de residuos sólidos (no domiciliarios) según el registro diario de información de dicho establecimiento, cifra que incrementa en los meses de verano; a su vez el porcentaje de residuos sólidos orgánicos según el



último Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos³ asciende al 81,2 %, esto último como resultado del saneado y/o merma de los productos que se comercializan,



los cuales son dispuestos en un relleno sanitario sin el menor reaprovechamiento, por otro lado, las características de estos residuos orgánicos (restos de vegetales) trajo consigo la aparición de segregadores informales (hombres, mujeres y niños),

¹ MINISTERIO DEL AMBIENTE (2013)

² MINISTERIO DEL AMBIENTE (2014)

³ VEOLIA (2016)

quienes en condiciones insalubres reutilizan los vegetales desechados por los comerciantes, siendo esta una posible fuente de propagación de enfermedades.



Así mismo la cantidad de residuos sólidos que genera dicho establecimiento conlleva a un manejo especial de los residuos, por lo que la municipalidad local no realiza la recolección de los

mismos sino más bien se hace necesaria la contratación de una EPS-RS que se encarga de la recolección y disposición final de los residuos sólidos, generando costos al área administrativa de dicho establecimiento, además por la naturaleza de los residuos generados, así como por la cantidad obtenida diariamente, una vez dispuestos en el relleno sanitario y en condiciones anaerobias debido al recubrimiento y compactación de los mismos, estos residuos generan un gran impacto al ambiente por la generación de gases de efecto invernadero durante el proceso de descomposición.

1.2.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.2.1. PROBLEMA PRINCIPAL

¿En qué medida es posible la generación energética a partir del biogás producido por los residuos sólidos orgánicos generados en el Gran Mercado Mayorista de Lima?

1.2.2.2. PROBLEMA SECUNDARIOS

- ¿Cuál es la situación actual del manejo de residuos sólidos orgánicos en el Gran Mercado Mayorista de Lima?
- ¿Qué tipo de sustrato orgánico, generado en el Gran Mercado Mayorista de Lima, en función a sus propiedades, generará mayor volumen de biogás?

- ¿En qué medida es viable la generación de energía a partir de la producción de biogás?

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar el potencial de generación de biogás de los residuos sólidos orgánicos, generados en el Gran Mercado Mayorista de Lima, a través del Batch test, para su posterior reaprovechamiento energético.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar un diagnóstico situacional del manejo de los residuos sólidos orgánicos en el Gran Mercado Mayorista de Lima.
- Realizar un Batch test para 3 sustratos orgánicos generados en el Gran Mercado Mayorista de Lima, para determinar el volumen de biogás que estos producirán.
- Determinar la viabilidad ambiental, económica y social de la generación de energía a partir del biogás producido por los residuos sólidos orgánicos.

1.4. HIPÓTESIS

La generación de biogás de los sustratos evaluados en el *Batch test*, mostraría un rendimiento adecuado de generación de biogás para el aprovechamiento energético, por lo que la generación de energía a partir del biogás producido por los residuos orgánicos sería viable.

1.5. VARIABLES

En el siguiente Cuadro N° 1 Variables dependientes e independientes de cada objetivo, se presentan las variables dependientes e independientes, así como los indicadores de la investigación:

Cuadro N° 1 Variables dependientes e independientes de cada objetivo

Categoría	Variable Dependiente	Variable Independiente	Indicador
Objetivo N° 1	Manejo de los Residuos Sólidos orgánicos	- Cantidad de residuos sólidos generados.	Ton/día
		- Frecuencia de recolección de residuos.	Viajes/día
		- Mecanismo de almacenamiento de residuos	N° de contenedores/ Pabellón
Objetivo N° 2	Estimación de la generación de Biogás	- Cantidad de muestra empleada	Relación sustrato/inóculo
		- Cantidad promedio generado	N° repeticiones/muestra
		- Cantidad de metano (CH ₄) producido	ml CH ₄ /g SV
		- Temperatura del Reactor (matraz de 500 ml)	C°
Objetivo N° 3	Viabilidad de aprovechamiento energético.	- Cantidad de metano (CH ₄) producido	ml CH ₄ /g SV
		- Aceptación de la población usuaria y comerciante	Percepción según encuestas
		- Cantidad de energía probable	kWh

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

1.6. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

1.6.1. JUSTIFICACIÓN

Actualmente en el Gran Mercado Mayorista de Lima se genera un promedio de 50,2 toneladas de residuos sólidos por día, de las cuales más del 80% es materia orgánica producto del saneado y/o merma de los productos que se comercializan en dicho establecimiento, estos residuos actualmente son manejados por una EPS-RS que se encarga de la recolección, transporte y disposición final de los mismos, sin embargo por las características de dichos residuos, estos pueden ser reaprovechados previa disposición final a través de un tratamiento anaerobio, el cual ofrece varias ventajas además de la reducción de materia orgánica; tal es el caso de la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero, el olor, reducción de patógenos y la conversión del nitrógeno orgánico en nitrógeno disponible para el crecimiento vegetal (mejorador de suelo); además, ofrece la posibilidad de valorizar el biogás generado a partir de dicho tratamiento, permitiendo la producción de energía renovable. Por otro lado, al realizar mencionado tratamiento, se tendrá que optimizar el manejo de los residuos sólidos generados, reduciendo la aparición de segregadores informales, quienes a su vez pueden ser partícipes del proceso de mejora y optimización. Para ello es necesario el análisis experimental de los residuos sólidos orgánicos a través del Batch test, que permitirá conocer el potencial de generación de biogás de los mismos, de acuerdo al tipo de residuos que se genera en el mercado, es decir, se podrá determinar si es o no viable realizar el tratamiento anaerobio de los residuos sólidos generados en el Gran Mercado Mayorista de Lima.

1.6.2. IMPORTANCIA

El desarrollo de la presente investigación, contribuye a mejorar la calidad de vida de la población comerciante y usuaria del Gran Mercado Mayorista de Lima, a través de la mejora del manejo de los residuos sólidos orgánicos, así como con la generación energética que puede ser empleada para suministrar de energía a las instalaciones habilitadas en el Gran Mercado Mayorista de Lima, además permitirá contar con una herramienta técnica fehaciente que determine la viabilidad de llevar a cabo o no el reaprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos, a través del tratamiento anaerobio para la producción de biogás y la posterior generación de energía renovable, transformando de esta manera los residuos en recursos que servirán para satisfacer necesidades, el cual permitirá reducir costos por la disposición final de los mismos, además de generar un impacto positivo al ambiente por la reducción de la emisión de gases de efecto invernadero como son el metano (CH_4) y el dióxido de carbono (CO_2). Por otro lado a través de la presente investigación, se desarrollará un método experimental que ayuda a determinar la generación de biogás (Batch test), método que puede llevarse a cabo con otros tipos de sustrato, lo que contribuye a la población estudiantil a desarrollar una línea de investigación basada en la generación de energía renovable a partir del biogás.

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

A continuación, se presentan las bases teóricas relacionadas al tema desarrollado en la presente investigación, con la finalidad de mostrar el contexto científico sobre el cual se ha llevado a cabo la estimación de la generación de biogás a partir de los residuos sólidos generados en el Gran Mercado Mayorista de Lima; asimismo se definen los términos básicos utilizados en el desarrollo de la investigación.

2.1. BASES TEÓRICAS

2.1.1. RESIDUOS SÓLIDOS

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

Los residuos sólidos incluyen todo residuo o desecho en fase sólida o semisólida. También se considera residuos aquellos que siendo líquido o gas se encuentran contenidos en recipientes o depósitos que van a ser desechados, así como los líquidos o gases, que por sus características fisicoquímicas no puedan ser ingresados en los sistemas de tratamiento de emisiones y efluentes y por ello no pueden ser vertidos al ambiente. En estos casos los gases o líquidos deben ser acondicionados de forma segura para su adecuada disposición final.⁴

Residuos sólidos son todos los residuos que surgen de las actividades humanas y animales, que normalmente son sólidos y que se desechan como inútiles o no deseados.

⁴ Decreto Legislativo N° 1278 (2016)

Se denominan así, a aquellas sustancias, productos o subproductos en estado sólido o semisólido de los que su generador dispone, o está obligado a disponer, en virtud de lo establecido en la normatividad nacional o de los riesgos que causan a la salud y el ambiente.⁵

2.1.2. RESIDUOS ORGÁNICOS

Son el conjunto de desechos provenientes de vegetales o animales o subproductos. Forman parte de más de la mitad de nuestros desperdicios y tienen la particularidad de poder desintegrarse o descomponerse, bajo condiciones especiales de temperatura, humedad, acidez y oxígeno suficiente para favorecer el crecimiento y la actividad de los microorganismos.⁶

2.1.2.1. Propiedades de los Residuos Orgánicos

La materia prima que puede ser utilizada para la generación de biogás debe ser material orgánica natural, generalmente celulósico y que contenga adecuada cantidad de nutrientes esenciales para el crecimiento y metabolismo de las metano bacterias que van a efectuar dicha descomposición. Estos materiales pueden ser residuos o desechos producidos por las plantas y animales vivos, o productos de procesamiento de estos, así como basuras domésticas orgánicas.

La digeribilidad de los desechos orgánicos depende de las características físico-químicas de estos, estas son:

- Carbohidratos: es la materia orgánica digerible que actúa como sustrato en la digestión anaeróbica, proporcionando el carbón necesario para la producción de biogás. En desechos agrícolas, el principal carbohidrato es la celulosa.

⁵ Ley General de Residuos Sólidos N° 27314, (2000)

⁶ CANTONIN. (2010)

- Proteínas y contenido de Nitrógeno: es la materia orgánica digerible que actúa como sustrato en la digestión anaeróbica, proporcionando el nitrógeno necesario para la acción bacterial.
- Grasas: es materia orgánica digerible que actúa también como sustrato, aunque en algunos casos como en los desechos agrícolas, son un obstáculo para la solubilización de la materia orgánica cruda.
- Lignina: es un material orgánico no digerible y generalmente está presente en los desechos agrícolas. Un alto contenido de lignina inhibe la digestión anaeróbica encerrando a los materiales digeribles, como la celulosa. La lignina, insoluble en agua y ácidos orgánicos, constituye el principal componente de la espuma o nata de la digestión.
- Sólidos fijos: es el peso que queda después de quemar la materia orgánica. Este valor representa el material biológicamente inerte, no digerible.
- Sólidos totales: es el peso del material seco que queda expresado en (%) después del secado mencionado. Está formado de sólidos digeribles y no digeribles.
- Humedad: es la cantidad de agua perdida en (%) al secar la materia orgánica a 104°C, hasta peso constante.
- Sólidos volátiles: es el peso de materia prima orgánica quemada cuando se somete a un calentamiento de alrededor de 500°C. Está constituido por sólidos biológicamente digeribles.

El contenido de sólidos, celulosa, lignina, proteínas y grasas, varía considerablemente de un desecho a otro, y aun en un mismo tipo de desecho de procedencia diversa. En

los desechos de animales, como el estiércol, la variación se da de acuerdo al tipo de animal, peso, calidad y cantidad de alimentación de estos.⁷

2.1.3. DIGESTIÓN ANAEROBIA

Es un proceso al que se someten los residuos sólidos urbanos para obtener de ellos biogás y compost. Esta degradación implica la actuación en serie de unas determinadas familias de bacterias. Posee tres fases: hidrolítica, acetogénica y metanogénica.⁸

La descomposición anaerobia (en ausencia total de oxígeno o nitratos) de la materia orgánica produce un gas combustible. Este gas contiene una alta proporción en metano (CH_4 en concentración superior al 60% en el gas). Con una potencia calorífica inferior del orden de $5,500 \text{ Kcal/m}^3$, y se designa usualmente como biogás. Todo proceso de digestión anaerobia lleva parejo una eliminación/depuración de la carga orgánica y la producción de este gas. Las instalaciones especialmente diseñadas para optimizar este proceso se designan como “digestores de metano”, “plantas de biogás” o simplemente “reactores anaerobios”.⁹

2.1.4. BENEFICIOS AMBIENTALES DE LA DIGESTIÓN ANAEROBIA

Al igual que el gas natural, el biogás tiene una amplia variedad de usos, pero al ser un derivado de la biomasa, constituye una fuente de energía renovable. Existen diversos beneficios derivados del proceso de conversión de residuos orgánicos en biogás.

Permite una gestión mejorada de nutrientes, reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y a la captura y uso de biogás

⁷ VERÁSTEGUI, J. y M. MATERO. (1979)

⁸ FRAUME RESTREPO N. J. (2007)

⁹ ELIAS CASTELLS X. et al (2012)

Cuando los residuos orgánicos se someten a una degradación aeróbica, se generan compuestos de bajo poder energético como CO₂ y H₂O. Gran parte de la energía se pierde y se libera a la atmósfera. Se estima que la pérdida de energía de un proceso aeróbico es aproximadamente veinte veces superior al de un proceso anaeróbico.

En el caso de la degradación anaeróbica, se generan productos del metabolismo con alto poder energético (por ejemplo, alcoholes, ácidos orgánicos y metano), los cuales sirven como nutrientes de otros organismos (alcoholes, ácidos orgánicos), o bien son utilizados con fines energéticos por la sociedad (biogás).

Otro beneficio ambiental importante de las plantas de biogás es la significativa reducción de la presión sobre los rellenos sanitarios; de esta forma se reducen significativamente los costos de la disposición final de residuos orgánicos, e incluso se obtienen sub-productos con valor agregado (bioabono).

Además, el tratamiento anaeróbico de los residuos orgánicos contribuye a la protección de las aguas subterráneas, reduciendo el riesgo de lixiviación de nitratos. Por otra parte, la digestión anaeróbica elimina el problema de emisión de olores molestos.

La digestión anaerobia se puede llevar a cabo con uno o más residuos con las únicas premisas de que sean líquidos, contengan material fermentable, y tengan una composición y concentración relativamente estable. Asimismo la co-digestión es una variante tecnológica que puede solucionar problemas o carencias de un residuo, si son compensadas por las características de otro.¹⁰

¹⁰ VARNERO ROMERO, M. T. (2011)

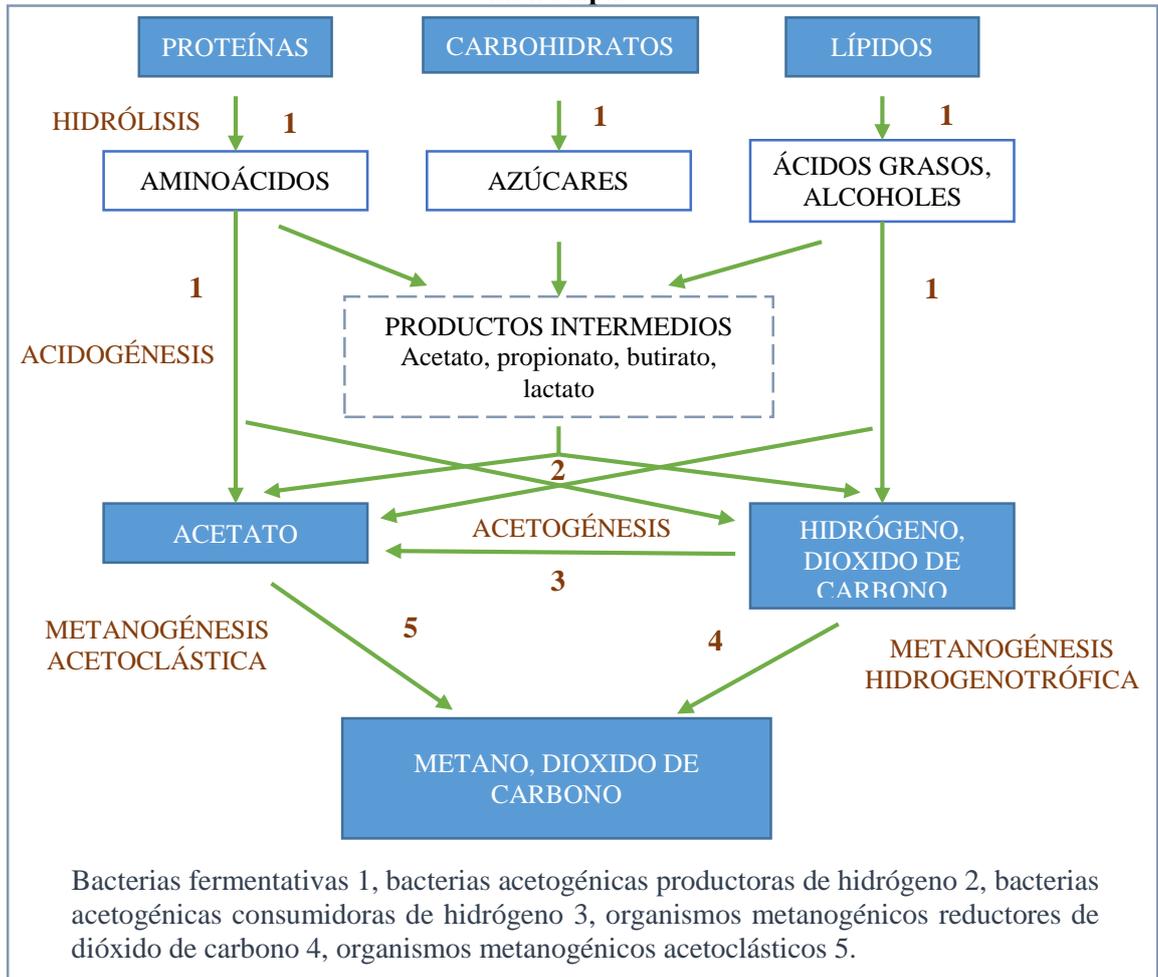
2.1.5. ETAPAS DE LA DIGESTIÓN ANAEROBIA

Se describe la digestión anaerobia como un proceso que se lleva a cabo en 4 etapas; hidrólisis, acidogénesis, acetogénesis y metanogénesis, durante las cuales ocurre la transformación de la materia biodegradable a biogás, como se muestra en la Figura N° 1 Etapas de la digestión anaerobia y microorganismos que intervienen en cada etapa.¹¹

Los productos de la degradación de estas reacciones son el hidrógeno y el acetato, y compuestos como ácidos volátiles (propionato, butirato), los cuales pueden también ser degradados a acetato e H₂, los principales precursores de las archaeas metanogénicas. Durante la etapa de hidrólisis se logra la solubilización de las partículas y los substratos que no pueden ser utilizados directamente por los microorganismos, por medio de la etapa acidogénica o fermentación se realiza la conversión de los substratos solubles como aminoácidos y azúcares en ácidos orgánicos y alcoholes. La acetogénesis sintrófica es la degradación o fermentación de productos a acetato usando iones hidrógeno o bicarbonato como aceptor de electrones externo. La metanogénesis acetoclástica es la escisión del acetato a metano y dióxido de carbono.

¹¹ FOSTER CARNEIRO (2005), citado por ALCÁNTAR I. (2014)

Figura N° 1 Etapas de la digestión anaerobia y microorganismos que intervienen en cada etapa

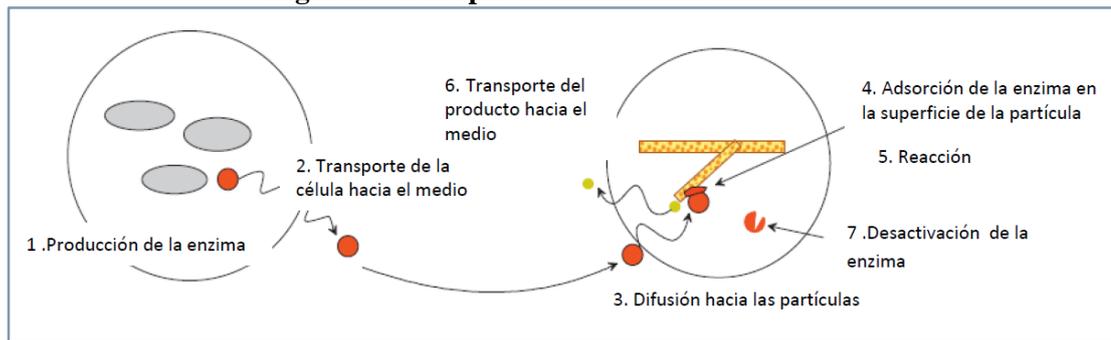


FUENTE: Modificado de PAVLOSTATHIS S. G. y GIRALDO GÓMEZ E. (1991) citado por ALCÁNTAR I. (2014).

2.1.5.1. Hidrólisis

En esta fase las moléculas orgánicas complejas y no disueltas se rompen en compuestos más simples (aminoácidos, azúcares y ácidos grasos, alcoholes, CO₂ e H₂), mediante la acción de enzimas extracelulares, Figura N° 2 Etapas de la hidrólisis enzimática, secretadas por los microorganismos. En el Cuadro N° 2 Grupos de enzimas hidrolíticas y sus funciones se hace referencia al sustrato sobre el que actúan algunas enzimas y sus correspondientes productos.

Figura N° 2 Etapas de la hidrólisis enzimática



FUENTE: Adaptación de BATSTONE, D. J. y JENSEN, P. D. (2011)

Los compuestos solubles, diferentes tipos de oligosacáridos y azúcares, alcoholes, aminoácidos y ácidos grasos, atraviesan la pared celular y constituyen las principales fuentes de carbono y energía para las células de los microorganismos.

Se considera que esta etapa es decisiva para la biodegradación de los residuos sólidos, convirtiéndose en la etapa limitante para los residuos con gran cantidad de sólidos volátiles. La velocidad de descomposición durante la etapa de hidrólisis depende de la naturaleza del sustrato. La transformación de la celulosa y hemicelulosa generalmente es más lenta que la descomposición de las proteínas¹².

En un digestor de mezcla continua, sin retención de sólidos, la hidrólisis puede ser la etapa limitante cuando la velocidad de carga orgánica es muy alta, ya que no hay tiempo de hidrolizar los sólidos presentes. Por otra parte, en el caso de un sistema por lotes, la hidrólisis puede ser la etapa limitante, si el tiempo de retención por lote es insuficiente y en el caso de un sistema de flujo pistón, la hidrólisis será limitante si el volumen del reactor es inadecuado.¹³

¹² SCHNÜRER, A. y JARVIS, Å. (2009)

¹³ BATSTONE, D. J. y JENSEN, P. D. (2011) citado por ALCÁNTAR, I. (2014)

Cuadro N° 2 Grupos de enzimas hidrolíticas y sus funciones

ENZIMA	SUSTRATO	PRODUCTOS FINALES
Proteinasa	Proteínas	Aminoácidos
Celulasa	Celulosa (componentes importantes de plantas, se encuentran en frutas, granos, vegetales, etc)	Celobiosa y glucosa
Hemicelulolasa	Hemicelulosa (componentes importantes de plantas, se encuentran en frutas, granos, vegetales, etc)	Azúcar como glucosa, xilosa manosa y arabinosa
Amilasa	Almidón	Glucosa
Lipasa	Grasas	Ácidos grasos y glicerol
Pectinasa	Pectina (se encuentra principalmente en frutas, tienen estructura compleja)	Azúcar galactosa, arabinosa, y ácido poligalacturónico

FUENTE: SCHNÜRER, A. y JARVIS, A. (2009)

A. Hidrólisis de Polisacáridos (carbohidratos)

Los polisacáridos son compuestos formados por cadenas de azúcares, los más comunes son la celulosa, hemicelulosa, almidón, pectina y glucógeno. La celulosa, hemicelulosa y almidón son componentes importantes de varios elementos entre otros, de las plantas, frutas, granos y vegetales. Otro polisacárido es el glucógeno, que funciona como azúcar de reserva, primordialmente en animales, y la pectina que está presente en las frutas, posee una estructura muy compleja la cual varía dependiendo del fruto y de su grado de madurez.¹⁴ Algunos microorganismos tienen diferentes tipos de enzimas combinadas, denominadas celulosomas, que están situadas en la pared celular del organismo, estas enzimas contienen proteínas con la capacidad de unirse a la celulosa, lo que facilita la descomposición de este sustrato.¹⁵

¹⁴ SCHNÜRER, A. y JARVIS, A. (2009)

¹⁵ BATSTONE, D. J. y JENSEN, P. D. (2011) citado por ALCÁNTAR, I. (2014)

B. Hidrólisis de proteínas

Las proteínas son cadenas de aminoácidos, que se encuentran en grandes concentraciones por ejemplo en: sustratos derivados de carne y estiércol de pollos y cerdos. Estos polímeros están compuestos por cadenas de aminoácidos, cadenas de menos de 50 aminoácidos son denominadas péptidos o cadenas de péptidos; los aminoácidos son el primer producto final de la hidrólisis de las proteínas y péptidos. Algunas proteínas contienen en su estructura algunos carbohidratos, éstas se denominan glicoproteínas, las cuales se encuentran en las membranas celulares y corresponden a 80% de su peso.¹⁶ La hidrólisis de proteínas puede ser limitante en el proceso general, dependiendo de la facilidad para degradar su estructura, siendo éste uno de los principales factores que afectan la velocidad de hidrólisis. Las proteínas globulares son fácilmente hidrolizables, mientras que las proteínas fibrosas son difíciles de degradar.¹⁷

C. Hidrólisis de lípidos

Las grasas difieren en su composición, dependiendo del origen de las mismas. La estructura general de las grasas consiste en una molécula de glicerol a la cual están unidos diferentes ácidos grasos de cadena larga mediante un enlace éster o éter. La hidrólisis es catalizada por las éster hidrolasas, mejor conocidas por lipasas. Una característica particular de las lipasas es que estas enzimas incrementan su actividad con las grasas insolubles en comparación con las grasas solubles, lo que significa que existe una gran actividad cuando la concentración de triglicéridos alcanza la saturación

¹⁶ SCHNÜRER, A. y JARVIS, Å. (2009)

¹⁷ BATSTONE, D. J. y JENSEN, P. D. (2011) citado por ALCÁNTAR, I. (2014)

y forma una segunda fase.¹⁸ Las bacterias que producen estas enzimas son microorganismos en su mayoría anaerobios obligados y la minoría son facultativos.¹⁹

D. Bacterias que participan en la etapa de Hidrólisis

Microorganismos de diferentes géneros están presentes en la etapa de hidrólisis, entre estos destacan:

Bacterioide, Lactobacillus, Propionibacterium, Sphingomonas, Sporobacterium, Megasphaera Bifidobacterium.²⁰

2.1.5.2. Acidogénesis

En esta etapa de fermentación o acidogénesis, se metabolizan los productos de la hidrólisis en el interior celular y se obtienen compuestos de peso molecular intermedio tales como los ácidos orgánicos (acetato, propionato, butirato, lactato, etc.) y alcoholes, además de otros subproductos importantes para etapas posteriores (amoníaco, hidrógeno, dióxido de carbono, etc.). En esta etapa se encuentran activos más organismos en comparación con el resto de las etapas²¹.

La fermentación se define como la conversión de compuestos orgánicos sin un aceptor específico de electrones, para producir compuestos oxidados o reducidos. Los dos mayores grupos sujetos a la fermentación bajo condiciones anaerobias son los azúcares y los aminoácidos.²²

¹⁸ BATSTONE, D. J. y JENSEN, P. D. (2011) citado por ALCÁNTAR, I. (2014)

¹⁹ JUANGA, J.P. (2005)

²⁰ VARNERO ROMERO, M. T. (2011)

²¹ SCHNÜRER, A. y JARVIS, Å. (2009)

²² BATSTONE, D. J. y JENSEN, P. D. (2011) citado por ALCÁNTAR, I. (2014)

Después de la hidrólisis de lípidos, se producen largas cadenas de Ácidos Grasos, que son descritos como inhibidores de la población de bacterias acidogénicas y metanogénicas, dependiendo del pH.²³

Los azúcares son fermentados vía Embden-Meyerhof-Parnas a piruvato y subsecuentemente a moléculas de 3 carbonos (propionato o lactato), o compuestos de 2 a 6 carbonos vía acetilCoA.

Estas reacciones son reguladas por las condiciones del medio, incluyendo el pH, concentración de hidrógeno en fase gas, temperatura, tiempo de retención celular. Las reacciones ricas en hidrógeno pueden verse favorecidas a bajas concentraciones de hidrógeno, asimismo la producción de alcoholes, se favorece en un pH bajo.²⁴

Por otra parte, la fermentación de aminoácidos puede ser por oxidación directa o por fermentación en pares, mediante una vía acoplada, denominada “Digestión Stickland” la cual presenta las siguientes características:

- Los aminoácidos son degradados en pares
- Uno de los aminoácidos del par actúa como electrón aceptor y el otro como electrón donador.
- El aminoácido donador es oxidado a NH₃, CO₂ y un ácido carboxílico con un átomo de carbono, más corto que el aminoácido donador.
- El aminoácido aceptor es reducido a NH₃ y a ácido carboxílico con una cadena de longitud igual a la del aminoácido original.
- En general, hay una deficiencia del 10% en aminoácidos aceptores de electrones en las proteínas que se encuentran comúnmente.

²³ NEVES, L., GONÇALO, E., OLIVEIRA, R. y ALVES, M.M. (2008)

²⁴ BATSTONE, D. J. y JENSEN, P. D. (2011) citado por ALCÁNTAR, I. (2014)

A. Bacterias que participan en la etapa de Acidogénesis

La mayoría de los microorganismos acidogénicos también participan de la hidrólisis.

El género *Clostridium*, *Paenibacillus* y *Ruminococcus* están presentes en todas las fases del proceso de fermentación, pero son dominantes en la fase acidogénica.

El grupo *Cytophaga-Flavobacterium-Bacteroides* representa el segundo grupo más grande de microorganismos durante las dos primeras fases de la descomposición. Sin embargo, en la fase metanogénica representan menos del 5% del total de microorganismos. Esto indica que estos grupos son los principales responsables de la degradación de compuestos monoméricos.²⁵

2.1.5.3. Acetogénesis

En esta etapa los productos finales de la etapa acidogénica se transforman en acetato, así la actividad principal de los microorganismos presentes en esta fase, es la de proporcionar donantes de hidrógeno, dióxido de carbono y acetato a las archaeas metanogénicas. Estos microorganismos son capaces de convertir los productos finales de la microbiota acidogénica en acetato a partir de dos rutas diferentes:

A. Deshidrogenación acetogénica

Como producto de la fermentación de ácidos grasos volátiles o lactato y alcoholes; estas reacciones dependen de la concentración de hidrógeno existente, por lo tanto para que la acetogénesis tenga lugar en los digestores anaerobios, es necesario que el hidrógeno generado en la misma sea utilizado y consumido con igual velocidad a la que se produce.

²⁵ VARNERO ROMERO, M. T. (2011)

Cuando la producción de hidrógeno en el gas es muy baja (5-50 ppm), las reacciones que ocurren son termodinámicas favorables, existirá mayor formación de acético y su energía libre será suficiente para permitir la síntesis de ATP y el crecimiento bacteriano. Al contrario, cuando la eliminación de hidrógeno es menos eficiente, aumenta su concentración y, por lo tanto, la proporción de ácidos grasos de cadena corta, como el ácido propiónico, butírico, valérico, isovalérico, heptanóico, etc., lo que puede llevar a una acidificación de reactores anaerobios.

B. Hidrogenación acetogénica

Algunos autores admiten la existencia de otras bacterias denominadas homoacetogénicas, que pueden crecer autotróficamente con dióxido de carbono e hidrógeno para producir acetato (reacciones de hidrogenación acetogénica) cuando las metanogénicas utilizadoras de H₂ están inhibidas debido a un pH bajo. Así, se considera que el intercambio de hidrógeno es tan rápido en el digestor que originan diferentes micro ambientes con diferentes presiones de hidrógeno, donde ambas reacciones (acetogénicas y homoacetogénicas) se dan conjuntamente.²⁶

En el Cuadro N° 3 Reacciones en la etapa de acetogénesis, se presentan las posibles reacciones de acetogénesis que tienen lugar en la DA.

Cuadro N° 3 Reacciones en la etapa de acetogénesis

Sustrato	Reacción Química
Dióxido de carbono/hidrógeno	$2\text{CO}_2 + 4\text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}^+ + 2\text{H}_2\text{O}$
Ácido Fórmico	HCOOH
Ácido Acético	CH_3COOH
Ácido Propiónico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)\text{COOH} + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CH}_3\text{COOH} + \text{CO}_2 + 3\text{H}_2$
Ácido Butírico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_2\text{COO}^- + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}^+ + 2\text{H}_2$
Ácido Valérico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{COOH} + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH} + \text{H}^+ + 2\text{H}_2$

²⁶ ALCÁNTAR I. (2014)

Sustrato	Reacción Química
Ácido Isovalérico	$(\text{CH}_3)_2\text{CHCH}_2\text{COO}^- + \text{HCO}_3^- + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 3\text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}_2 + \text{H}^+$
Ácido Caproico	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{COOH} + 4\text{H}_2\text{O} \rightarrow 3\text{CH}_3\text{COO}^- + \text{H}^+ + 5\text{H}_2$
Glicerina	$\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CH}_3\text{COOH} + 3\text{H}_2 + \text{CO}_2$
Ácido Láctico	$\text{CH}_3\text{CHOHCOO}^- + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CH}_3\text{COO}^- + \text{HCO}_3^- + \text{H}^+ + 2\text{H}_2$
Etanol	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)\text{OH} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CH}_3\text{COOH} + 2\text{H}_2$

FUENTE: DEUBLEIN, D. y STEINHAUSER, A. (2008).

C. Bacterias que participan en la etapa de Acetogénesis

Estas bacterias sólo pueden sobrevivir en simbiosis con el género que consume hidrógeno.

Todos los microorganismos acetogénicos tienen un período de regeneración de hasta 84 h. Las bacterias acetogénicas reductoras de sulfato son capaces de degradar lactato y etanol, pero no son capaces de degradar ácidos grasos y compuestos aromáticos.

Representantes de los microorganismos acetogénicos son *Syntrophomonas wolfei* y *Syntrophobacter wolini*.²⁷

A esta altura del proceso, la mayoría de las bacterias anaeróbicas han extraído todo el alimento de la biomasa y, como resultado de su metabolismo, eliminan sus propios productos de desecho de sus células. Estos productos, ácidos volátiles sencillos, son los que van a utilizar como sustrato las bacterias metanogénicas en la etapa siguiente.²⁸

2.1.5.4. Metanogénesis

La metanogénesis es el último paso del proceso de descomposición anaerobia de la materia orgánica donde los microorganismos metanogénicos completan el proceso de digestión anaeróbica mediante la formación de metano a partir de sustratos

²⁷ VARNERO ROMERO, M. T. (2011)

²⁸ VARNERO ROMERO, M. T. (2011)

monocarbonados o con dos átomos de carbono unidos por un enlace covalente: acetato, H_2/CO_2 , formiato, metanol y algunas metilaminas.

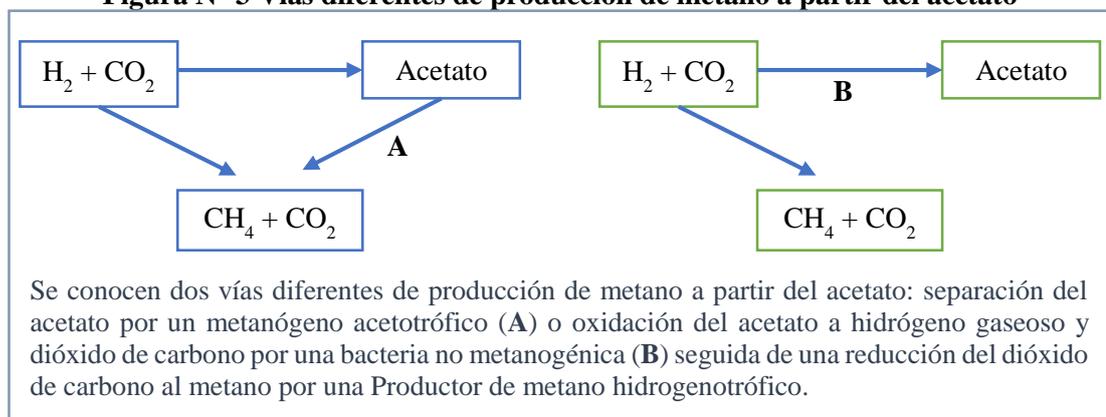
Los organismos metanogénicos se clasifican dentro del dominio *Archaea* y tienen características comunes que los diferencian del resto de procariontas.

Se pueden establecer dos grandes grupos de microorganismos, en función del sustrato principal que metabolizan:²⁹

- Hidrogenotróficos, que consumen H_2/CO_2 y ácido fórmico.
- Acetoclásticos, que consumen acetato, metanol y algunas aminas.

Se ha demostrado que un 70% del metano producido en los reactores anaeróbicos se forma a partir de la descarboxilación de ácido acético, a pesar de que, mientras todos los organismos metanogénicos son capaces de utilizar el H_2 como aceptor de electrones, sólo dos géneros pueden utilizar acetato. Los dos géneros que tienen especies acetotróficas son *Methanosarcina* y *Methanothrix*. El metano restante proviene de los sustratos ácido carbónico, ácido fórmico y metanol. El más importante es el carbónico, el cual es reducido por el hidrógeno, también producido en la etapa anterior.

Figura N° 3 Vías diferentes de producción de metano a partir del acetato



FUENTE: SCHNÜRER, A. y JARVIS, Á. (2009)

²⁹ VARNERO ROMERO, M. T. (2011)

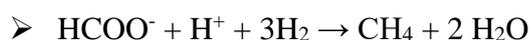
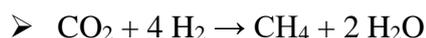
Durante la transformación de metano por esta última vía, el biogás no es generado directamente del acetato, ya que esta molécula es primero convertida en hidrógeno y CO₂ por bacterias no productoras de metano, los productos resultantes son entonces asimilados por las bacterias metano hidrogenotróficas (consumidoras de hidrógeno), para formar biogás.

Esta cooperación entre los microorganismos, es llamada oxidación sintrófica de acetato (SAO por sus siglas en inglés).³⁰ Para que la conversión de acetato en hidrógeno y CO₂ se lleve a cabo, la presión de hidrógeno debe mantenerse baja para evitar la inhibición de las archeas metanogénicas. Esta vía de transformación de metano, es más lenta que la vía acetotrófica, lo que resulta en una digestión de materia orgánica y producción de biogás más lenta.³¹

Aproximadamente el 70% del CH₄ producido en un digestor, se obtiene por la vía acetotrófica, mediante la actividad de los metanógenos acetoclásticos.³²

Hay por lo menos diez sustratos que se convierten en metano por la acción de una u otra bacteria metanogénica, todos los cuales liberan energía adecuada para la síntesis de ATP, incluyendo formiato (HCOO⁻), acetato (CH₃COO⁻), metanol (CH₃OH), metilmercaptano (CH₃SH) y metilamina (CH₃NH₃⁺).³³

En la siguiente reacción se observa que el metano es formado por la reducción del dióxido de carbono debido al hidrógeno proveniente de varios sustratos usados por la bacteria o por el cultivo mixto con bacterias sintróficas.



³⁰ SCHNÜRER, A. y JARVIS, Å. (2009)

³¹ ALCANTÁR, I. (2014)

³² SCHNÜRER, A. y JARVIS, Å. (2009)

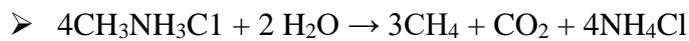
³³ CARRILLO, L. (2004).

Otro sustrato es el acetato, cuya reacción es la siguiente:

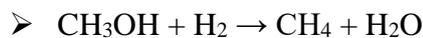


La conversión de acetato a metano aparece como un proceso ecológico muy importante en digestores de residuos y en medios anóxicos de agua dulce, donde no hay una competencia excesiva por el acetato con otras bacterias.

En los sustratos con un grupo metilo, éste se reduce a metano, siendo la reacción:



En estas reacciones, algunas moléculas del sustrato funcionan como donantes de electrones y se oxidan a CO_2 , mientras que otras se reducen y son por tanto aceptores de electrones. Durante el crecimiento sobre compuestos de metilo, el poder reductor también puede provenir del H_2 .



A. Bacterias que participan en la etapa de Metanogénesis

El número de Arqueas metanogénicas aumenta en la fase metanogénica, siendo las principales especies representadas por: *Methanobacterium*, *Methanospirillum hungatii* y *Methanosarcina*.³⁴

2.1.6. CONDICIONES DEL PROCESO

2.1.6.1. Tipo de Sustrato

Sustrato es un término genérico para designar, en general el alimento de los microorganismos.³⁵

³⁴ VARNERO ROMERO, M. T. (2011)

³⁵ TCHOBANGLIOUS, G; THEISEN, H; VIGIL. (1994)

Los diversos componentes de material orgánico tienen diferentes contenidos energéticos y por lo tanto generan cantidades variables de gas y con contenido variable de metano. Dado que los microorganismos activos durante la descomposición anaeróbica utilizan cantidades muy pequeñas de energía para su propio crecimiento, la mayor parte de la energía disponible del sustrato se convierte en metano. El Cuadro N° 4 Cantidad teórica y composición del biogás formado a partir de carbohidratos, grasas y proteínas, muestra los volúmenes aproximados de biogás y los contenidos de metano que pueden formarse a partir de carbohidratos, proteínas y grasas. Usando estos valores para un material mixto, es posible hacer un cálculo teórico de la cantidad de gas que se puede formar.³⁶

Cuadro N° 4 Cantidad teórica y composición del biogás formado a partir de carbohidratos, grasas y proteínas

Sustrato	Biogás generado (m ³ /kg SV)	Composición del biogás: CH ₄ :CO ₂ (%)
Carbohidratos	0,38	50:50
Grasas	1,0	70:30
Proteínas	0,53	60:40

FUENTE: BERGLUND, M. y BÖRJESSON, P. (2003)³⁷

El sustrato determina la velocidad de la degradación anaeróbica y debe tenerse en cuenta en la tecnología del proceso y en la operación del proceso. Si un componente de sustrato de vital importancia se agota, los microorganismos detienen su metabolismo. Por lo tanto, a menudo es necesario alimentar aquellas posiblemente carentes sustancias (carbohidratos, grasas, proteínas, sustancias minerales y oligoelementos), según el sustrato que sea.³⁸

³⁶ SCHNÜRER, A. y JARVIS, Å. (2009).

³⁷ Citado por SCHNÜRER, A. y JARVIS, Å. (2009).

³⁸ DEUBLEIN, D. y STEINHAUSER, A. (2008).

Otra forma de evaluar un sustrato, que da resultados ligeramente más precisos, es realizar experimentos discontinuos o continuos en el laboratorio. En experimentos de digestión por lotes (*Batch tests*), se evalúa y calcula el potencial de formación de metano de un sustrato. Estos experimentos permiten evaluar mejor el valor de un material dado para la producción de biogás. El Cuadro N° 5 Producción específica de gas para diversos sustratos potenciales en la producción de biogás muestra el potencial aproximado de rendimiento de metano de diversos sustratos, determinado por experimentos de digestión por lotes a temperaturas mesófilas.³⁹

Cuadro N° 5 Producción específica de gas para diversos sustratos potenciales en la producción de biogás

Sustrato	Rendimiento aproximado de biogás (CH ₄ m ³ /ton VS)
Residuos de comida	400-600
Residuos de frutas y hortalizas	200-500
Estiércol de ganado vacuno, cerdo o pollo	100-300
Residuos de camales	700
Cereales	300-400
Remolachas	300-800
Ensilado de hierba	350-390
Césped	200-400
Paja	100-320
Lodos municipales	160-350
Residuos de destilerías	300-400

FUENTE: Valores aproximados recopilados por SCHNÜRER, A. y JARVIS, Å. (2009).

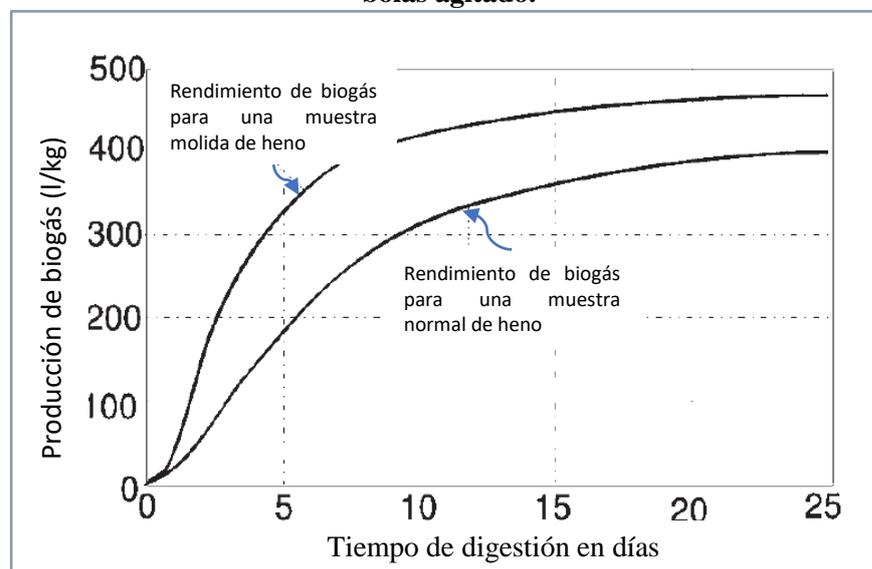
2.1.6.2. Superficie específica del sustrato

Para soportar una reacción bioquímica es necesaria una superficie de material lo más grande posible. Con el fin de aumentar la superficie del material, la fragmentación de la biomasa se recomienda en muchos casos antes de la fermentación.

³⁹ SCHNÜRER, A. y JARVIS, Å. (2009).

El Gráfico N° 1 El rendimiento de biogás de heno con y sin molienda en un molino de bolas agitado., demuestra claramente las ventajas de la trituración en un molino de bolas agitado para la producción de biogás. El proceso de degradación se acelera en los primeros días como resultado del tratamiento mecánico y el rendimiento de biogás durante todo el tiempo de digestión es mayor. Ya en los primeros días el desarrollo del biogás es más vigoroso y la diferencia resultante del rendimiento del biogás se mantiene hasta el final de la degradación.⁴⁰

Gráfico N° 1 El rendimiento de biogás de heno con y sin molienda en un molino de bolas agitado.



FUENTE: DEUBLEIN, D. y STEINHAUSER, A. (2008).

2.1.6.3. Temperatura

La digestión anaerobia puede desarrollarse en un amplio intervalo de temperaturas: entre los 10°C y los 70°C. Así, se han identificado dos intervalos de máxima actividad: Condiciones mesófilas que incluyen las temperaturas de 30°C y 40°C y las condiciones termófilas, entre 45°C y 60°C. En cada uno de ellos predominan grupos distintos de

⁴⁰ DEUBLEIN, D. y STEINHAUSER, A. (2008).

bacterias, siendo las bacterias termofílicas más sensibles a las variaciones térmicas con lo que requieren un control del sistema más preciso y costoso.⁴¹

2.1.6.4. pH

Con la degradación de los hidratos de carbono, la presión parcial del hidrógeno aumenta más fácilmente, como con otras sustancias. Esto ocurre en combinación con la formación de productos intermedios ácidos reducidos. Incluso cuando la hidrólisis y la acidificación se producen en diferentes etapas y se separan de la metanación, la supresión completa de la metanación es casi imposible.

El pH óptimo del microorganismo formador de metano está a pH = 6,7 - 7,5. Sólo la *Methanosarcina* es capaz de soportar valores de pH más bajos (pH = 6.5 e inferior). Con las otras bacterias, el metabolismo se suprime considerablemente a pH <6.7.

Si el valor del pH se hunde por debajo de pH = 6,5, entonces la producción de ácidos orgánicos conduce a una disminución adicional del valor del pH por las bacterias hidrolíticas y posiblemente al cese de la fermentación. En la realidad, el valor de pH se mantiene dentro del rango neutro mediante procedimientos naturales en el fermentador.⁴²

La acumulación de ácidos grasos volátiles por un desequilibrio entre su producción y su consumo, y la consecuente acidificación del reactor, es un ejemplo frecuente de este tipo de fenómenos.⁴³

⁴¹ BLANCO, D. (2011).

⁴² DEUBLEIN, D. y STEINHAUSER, A. (2008).

⁴³ BLANCO, D. (2011).

2.1.6.5. Relación C/N

Se puede distinguir entre macronutrientes (carbono, nitrógeno, fósforo, potasio y azufre) y micronutrientes (cobalto, cobre, hierro, molibdeno, níquel, selenio, tungsteno y cinc).

En tanto que el carbono es el elemento constituyente básico del material celular y la principal fuente de energía, siendo abundante en los sustratos orgánicos, éste no suele ser el nutriente limitante. Sí puede ser fácilmente limitante el nitrógeno, utilizado por los microorganismos en su forma amino para la síntesis de proteínas (Kayhanian y Rich, 1995). Si la relación carbononitrógeno (C/N) es demasiado baja, los microorganismos no podrán metabolizar la materia orgánica, y si es demasiado alta, hay un exceso de N que se acumula en forma amoniacal e inhibe el proceso (Jarabo, 1999).⁴⁴

Las relaciones C/N óptimas en digestores anaeróbicos oscilan entre 20 y 30. La alta relación C/N es una indicación del rápido consumo de nitrógeno por la metogénesis y produce una menor producción de gas. Si bien, una baja relación C/N causa acumulación de amoníaco y valores de pH superiores a 8,5, que es tóxico para los metanógenos. Se pueden conseguir relaciones C/N óptimas de los materiales digeridos mezclando relaciones C/N altas y bajas, tales como residuos sólidos orgánicos mezclados con aguas residuales o estiércol animal.⁴⁵

⁴⁴ BLANCO, D. (2011).

⁴⁵ JUANGA, J.P. (2005)

2.1.6.6. Tiempo de retención

Otro de los parámetros de operación de un reactor de digestión anaerobia, es el tiempo de retención, que se define como el tiempo que se requiere para reemplazar el contenido total del reactor. El volumen de material sólido agregado es en ocasiones mayor que el volumen de sólidos removido, ya que otra cantidad de gas se remueve durante el proceso.

El tiempo de retención es usualmente referido como tiempo de retención hidráulico (TRH) y para la producción de biogás se requiere un periodo de 10 a 25 días o en ocasiones se prolonga el tiempo de retención.

Este parámetro también depende en cierta medida del tipo de sustrato, ya que un sustrato de fácil degradación requerirá tiempos de retención cortos, por el contrario los microorganismos necesitarán más tiempo para degradar sustratos menos biodegradables como el material lignocelulósico.⁴⁷

2.1.7. FACTORES QUE INHIBEN EL PROCESO

El proceso de digestión anaeróbica es inhibido por la presencia de sustancias tóxicas en el sistema. Estas sustancias pueden formar parte de las materias primas que entran al digestor o pueden ser subproductos de la actividad metabólica de los microorganismos anaeróbicos.⁴⁶

La principal sustancia tóxica de la digestión anaerobia es el oxígeno. Los microorganismos metanogénicos se encuentran entre los más estrictamente anaerobios que se conocen y concentraciones de 0.01 ppm de oxígeno inhiben completamente su crecimiento. El resto de inhibidores más frecuentes son el NH₃ libre, los ácidos grasos

⁴⁶ VARNERO ROMERO, M. T. (2011)

y el sulfuro de hidrógeno (H₂S). Algunas sustancias que pueden acompañar a los residuos (disolventes, pesticidas, detergentes, etc.) también pueden ser tóxicas para el proceso.⁴⁷

La inhibición depende de la concentración de los inhibidores, de la composición del sustrato y de la adaptación de las bacterias al inhibidor. Las bacterias anaerobias necesitan una baja concentración de los inhibidores como elementos traza y degradan un alto porcentaje de los inhibidores. Por lo que normalmente, los procesos anaeróbicos parecen ser relativamente insensibles a los inhibidores y sobre todo adaptables, incluso a concentraciones que son tóxicas en otras circunstancias.⁴⁸

2.1.8. PRODUCTO RESIDUAL DIGESTADO

La degradación del material orgánico en un proceso de generación de biogás produce además de un residuo (el digestato) que, si es de buena calidad, puede ser utilizado como fertilizante. La nutrición mineral disponible en el material orgánico (sustrato) se libera y se concentra en el producto final digerido. Si la digestión se realiza con sustratos relativamente "puros" tales como estiércol, residuos de alimentos separados en la fuente y material vegetal, el residuo puede ser utilizado como fertilizante (bio-estiércol) en la producción de alimentos.

Este producto no debe confundirse con el residuo, conocido como lodo, obtenido de la digestión de lodos en las plantas de tratamiento de aguas residuales. Debido a su contenido en metales y / o contaminantes orgánicos, el lodo digerido no siempre es apropiado para su aplicación en tierras agrícolas.

⁴⁷ ALCÁNTAR, I. (2014)

⁴⁸ DEUBLEIN, D. y STEINHAUSER, A. (2008)

La calidad y el contenido nutricional del digestato están influenciados por varios factores, incluyendo el tipo de sustrato, el método de pretratamiento, las condiciones del proceso (temperatura, tiempo de retención, etc.), post-digestión y almacenamiento.⁴⁹

El digestato líquido tiene un contenido de sólidos de 2-10%, aproximadamente el mismo contenido de sólidos que el estiércol líquido, y también puede ser extendido usando las mismas técnicas y el mismo equipo usado para el estiércol líquido.⁵⁰

Asimismo el digestato líquido ya digerido, que ha producido todo el biogás que podía, y que se convierte en un excelente fertilizante, en algunos documentos diferencian entre su parte más líquida y su parte más sólida, llamando a la primera Biol y a la segunda Biosol. El fertilizante producido tiene un contenido en nitrógeno de 2 a 3%, de fósforo de 1 a 2%, de potasio entorna al 1% y un 85% de materia orgánica con un pH de 7,5.⁵¹

2.1.9. BACTH TEST

Es una prueba de Potencial Bioquímico de Metano (PBM), comúnmente utilizada para determinar el grado de biodegradabilidad de los sustratos que pueden ser utilizados en el proceso de digestión anaerobia. Asimismo, a través de esta prueba se analiza la calidad de la materia orgánica y del inóculo utilizados en la digestión anaerobia.⁵²

La prueba puede usarse como un índice del potencial de biodegradación anaeróbica, ya que es el valor experimental de la cantidad máxima de metano producida por gramo de VS, ya que consiste en medir el biometano o el biogás producido por una cantidad

⁴⁹ SCHNÜRER, A. y JARVIS, Å. (2009).

⁵⁰ AVFALL SVERIGE (2005) citado por SCHNÜRER, A. y JARVIS, Å. (2009).

⁵¹ MARTÍ HERRERO J. (2008)

⁵² SCHIEVANO ET AL, (2010).

conocida de residuos en condiciones discontinuas y anaerobias. El enfoque del experimento es simple, un sustrato orgánico se mezcla con un inóculo anaeróbico en condiciones operativas definidas y el gas que se desarrolla se cuantifica mediante un método de medición específico.

En la literatura hay diferentes intentos de definir un protocolo estándar con el fin de obtener resultados comparables, pero hasta el momento esta normalización no se ha alcanzado.⁵³

2.1.9.1. Puesta en marcha

Los microorganismos que degradan el sustrato orgánico en la prueba de digestión se recogen de un proceso de biogás en funcionamiento; una muestra del contenido de un reactor, denominado inoculante, que contiene todos los microorganismos necesarios para degradar diferentes tipos de materia orgánica. Es más apropiado tomar material de un sistema alimentado con un sustrato mixto para obtener comunidades de microorganismos con una amplia capacidad para descomponer materia orgánica. Si se va a evaluar un sustrato para su uso en una instalación específica, se debe preferir un inoculante de este proceso particular de biogás.⁵⁴

2.1.10. ENERGÍAS RENOVABLES

Podría definirse como aquella que no consume recursos y además no contamina (en el sentido clásico de la palabra), es decir, que se trata de unas fuentes de suministro que pueden hacer de la energía un elemento sostenible.⁵⁵

⁵³ ESPOSITO G., FRUNZO L., LIOTTA F., PANICO A., y PIROZZI F. (2012)

⁵⁴ SCHNÜRER, A. y JARVIS, Å. (2009).

⁵⁵ CASTELLS X., FLOATS X. y CAMPOS E. (2012)

Algunos tipos de energía renovable permiten suministrar electricidad y energía térmica y mecánica, y producir combustibles capaces de cubrir las múltiples necesidades de los servicios energéticos.⁵⁶

2.2. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

2.2.1. ANAERÓBICO

Libre de oxígeno.⁵⁷

2.2.2. BIOGÁS

Producto gaseoso de la fermentación, que se compone principalmente de metano y dióxido de carbono y, dependiendo del sustrato también puede contener amoníaco, sulfuro de hidrógeno, vapor de agua y otros componentes gaseosos o vaporizables.⁵⁸

2.2.3. BIOL

Es la fracción líquida resultante del fango proveniente del fermentador o biodigestor. Este “fango” es decantado o sedimentado obteniéndose una parte líquida a la cual se le llama “Biol”. Aproximadamente el 90% del material que ingresa al Biodigestor se transforma a Biol. Esto depende naturalmente del tipo de material a fermentar y de las condiciones de fermentación.⁵⁹

2.2.4. BIOSOL

El Biosol es el resultado de separar la parte sólida del “fango” resultante de la fermentación anaeróbica dentro del Fermentador o Biodigestor. Dependiendo de la tecnología a emplear, este Biosol tratado puede alcanzar entre 25% a sólo 10% de

⁵⁶ IPCC (2011)

⁵⁷ SCHNÜRER, A. y JARVIS, Å. (2009)

⁵⁸ GEORG LORBER (2014)

⁵⁹ APARCANA, S. y JANSEN, A. (2008)

humedad (de hecho esa humedad principalmente es Biol residual). Su composición depende mucho de los residuos que se emplearon para su fabricación (en el fermentador). Se puede emplear sólo o en conjunto con compost o con fertilizantes químicos.⁵⁹

2.2.5. CALIDAD AMBIENTAL

Presencia de elementos, sustancias y tipos de energías que le confieren una propiedad específica al ambiente y a los ecosistemas.⁶⁰

2.2.6. DIGESTIÓN *BATCH*

Proceso durante el cual, el material se digiere sin ningún material añadido o retirado.⁵⁷

2.2.7. INÓCULO

Biomasa microbial, que se inserta al principio de la fermentación o con el fin de acelerar dicho proceso.⁵⁸

2.2.8. IMPACTO AMBIENTAL

Alteración positiva o negativa de uno o más de los componentes del ambiente, provocada por la acción de un proyecto.⁶⁰

2.2.9. MITIGACIÓN

Medidas o actividades orientadas a atenuar o minimizar los impactos negativos que un proyecto puede generar sobre el ambiente.⁶⁰

2.2.10. PLANTA DE VALORIZACIÓN DE RESIDUOS

Infraestructura destinada a reaprovechar material o energéticamente los residuos, previo tratamiento.⁶¹

⁶⁰ MINAM (2001) Ley del SEIA

⁶¹ Decreto Legislativo N° 1278 (2016)

2.2.11. PREVENCIÓN

Diseño y ejecución de medidas, obras o acciones dirigidas a prevenir, controlar o evitar, eliminar o anular la generación de los impactos y efectos negativos sobre el ambiente derivados de un proyecto.⁶²

2.2.12. SUSTRATO

Término genérico para designar, en general el alimento de los microorganismos.⁶³

Es el término empleado para indicar la materia orgánica o los nutrientes que sufren una conversión o que pueden ser un factor limitante en el tratamiento biológico.⁶⁴

2.2.13. TRATAMIENTO

Cualquier proceso, método o técnica que permita modificar la característica física, química o biológica del residuo sólido, a fin de reducir o eliminar su potencial peligro de causar daños a la salud y el ambiente, con el objetivo de prepararlo para su posterior valorización o disposición final.⁶⁵

2.2.14. VALORIZACIÓN

Cualquier operación cuyo objetivo sea que el residuo, uno o varios de los materiales que lo componen, sea reaprovechado y sirva a una finalidad útil al sustituir a otros materiales o recursos en los procesos productivos. La valorización puede ser material o energética.⁶⁵

2.2.15. VALORIZACIÓN ENERGÉTICA

Constituyen operaciones de valorización energética, aquellas destinadas a emplear residuos con la finalidad de aprovechar su potencial energético, tales como:

⁶² MINAM (2001) Ley del SEIA

⁶³ TCHOBANGLIOUS et all (1994)

⁶⁴ SANS R. y RIBAS J. (1989)

⁶⁵ Decreto Legislativo N° 1278 (2016)

Coprociamiento, coincineración, generación de energía en base a procesos de biodegradación, biochar, entre otros. ⁶⁵

2.2.16. VALORIZACIÓN MATERIAL

Constituyen operaciones de valorización material: reutilización, reciclado, compostaje, recuperación de aceites, bio-conversión, entre otras alternativas que a través de procesos de transformación física, química, u otros demuestren su viabilidad técnica, económica o ambiental. ⁶⁵

2.3. MARCO LEGAL

➤ *Constitución Política del Perú.*

Constitución política del Perú de 1993 reconoce en el inciso 22 del artículo 2º, como uno de los derechos fundamentales el gozar de un ambiente equilibrado y adecuado para el desarrollo de la vida de la persona.

➤ *Ley General del Ambiente – N° 28611.*

Establece los principios y normas básicas para el cumplimiento del deber de contribuir a una efectiva gestión ambiental y de proteger el ambiente, así como sus componentes.

➤ *Política Nacional Ambiental - D.S. N°012-2009-MINAM.*

Establece es tu ítem de energía que se debe promover la inversión, desarrollo y uso de biocombustibles, energía renovables y gas metano derivado de rellenos sanitarios, como una oportunidad para la sustitución de petróleo y gas y la reducción de las emisiones de carbono, en el marco de diseño de una nueva matriz energética, así también el fomentar le eficiencia energética, mediante el uso de tecnologías modernas incentivos económico y sistemas transparentes de información.

➤ *Ley N° 27314, Ley General de Residuos Sólidos y su Reglamento (D.S. N°057-2004-PCM)*

Establece derechos, obligaciones, atribuciones y responsabilidades de la sociedad en su conjunto, para asegurar una gestión y manejo de los residuos sólidos, sanitaria y ambientalmente adecuada, con sujeción a los principios de minimización, prevención de riesgos ambientales y protección de la salud y el bienestar de la persona humana.

➤ *Decreto Legislativo N° 1002 (“DL 1002”), 02/05/2008*

Declara de interés nacional y necesidad pública el desarrollo de la generación de electricidad mediante recursos renovables.

➤ *D.S. N° 012-2011-EM*

Aprobó Reglamento de la Generación de Electricidad con Energías Renovables, que en su Artículo 23 – Investigación sobre energías renovables, señala que tendrán prioridad en la utilización de los fondos financieros señalados en el artículo 12 de la Ley el desarrollo de proyectos e investigación sobre energías renovables, aquellos proyectos que cumplan cualquiera de las siguientes condiciones:

- Se basen en recursos energéticos renovables con mayor seguridad de suministro.
- Cuenten con financiamiento parcial de otras fuentes, incluyendo el presupuesto aprobado por los Gobiernos Regionales.
- Sea pionero de su desarrollo en el país.

2.4. MARCO TEMPORAL

La presente investigación, considera datos de generación de residuos sólidos del Gran Mercado Mayorista de Lima (GMML), el cual se encuentra localizado a la altura de los km. 3,376 y 4,000 de la Carretera Central en el distrito de Santa Anita, ciudad de Lima y que se encuentra emplazado en un área aproximada de 58,9 ha; el periodo analizado es de agosto de 2015 a octubre de 2016. Asimismo la etapa de recolección de muestras, preparación de inóculo y trabajo de laboratorio se llevó a cabo en el transcurso de 35 días, dentro de los cuales se analizó la generación de biogás de 3 substratos seleccionados.

CAPÍTULO III MATERIALES Y METODOLOGÍA

3.1. MATERIALES, INSUMOS, EQUIPOS Y SOFTWARES

3.1.1. MATERIALES

Para el desarrollo de la presente investigación se ha utilizado lo siguiente:

3.1.1.1. Materiales de campo

- Fichas de encuesta.- Utilizadas para el levantamiento de información etnográfica.
- Bolsas Ziplock.- Utilizadas para la recolección de muestras.
- Caja de tecnopor.- Fue empleado para trasladar las muestras al laboratorio.
- Cuchilla.- Utilizado para cortar parte de algunas muestras.
- Galonera de 3 gal.- Utilizado para recolectar el lodo solicitado al CITRAR – UNI.

3.1.1.2. Materiales de laboratorio

- 12 Matraz de vidrio de 500 ml.- Utilizados como reactor anaerobio.
- 04 Matraz de vidrio de 1000 ml.- Utilizados para contener la solución de NaOH.
- 08 Frascos de plástico de 1000 ml.- Utilizados para contener la solución de NaOH.
- 12 Frascos de plástico de 1000 ml.- Utilizados para contener el agua que sería desplazado por el volumen de gas generado.
- 12 Vasos de plástico con tapa monohoradada.- Utilizados para recolectar el agua desplazada equivalente al volumen de gas generado.
- 12 Tapones Monohoradado N° 7.- Utilizados para tapar el matraz de 500ml (reactor anaerobio).

- 24 Tapones Bihoradados N° 7.- Utilizados para tapar los frascos con contenido de NaOH y agua.
- 36 Varillas de vidrio ($\varnothing = 7$ mm) de 8 cm de longitud.- Fueron introducidos en los orificios de los tampones monohoradado y bihoradados.
- 24 Varillas de vidrio ($\varnothing = 7$ mm) de 20 cm de longitud.- Fueron introducidos en los orificios de los tampones bihoradados.
- 12 Mangueras de silicona (4 mm espesor) de 35 cm para conectar el reactor con el frasco de solución de NaOH.
- 24 Mangueras de silicona (2 mm de espesor) de 30 cm para conectar el frasco de solución de NaOH con el frasco de agua.
- 12 Mangueras de silicona (2 mm de espesor) de 10 cm para conectar el frasco de agua con una varilla en forma de “T”.
- 12 Varillas en forma de “T”.- utilizado para interconectar mangueras de 10 y 20 cm.
- 12 Mangueras de silicona (2 mm de espesor) de 20 cm.- interconectada con la varilla “T” que conduce el agua desplazada hacia un vaso de plástico con tapa monohoradada.
- Conexión de mangueras en forma de “T “.- Forma parte de la intersección previa al paso del agua hacia la botella de recolección.
- Cintillos de plástico.- Para ajustar la manguera al tubo de vidrio y evitar la fuga de los fluidos.
- Probetas de 10 ml, 25 ml, 50 ml y 100 ml.- Utilizadas para las mediciones del agua recolectada.

- Probeta de 1 000 ml.- Utilizada para la medición del volumen de agua destilada durante la preparación de la solución de NaOH 2N.
- Recipiente para el pesado del NaOH sólido.
- Vasos de precipitado de 500ml y 1 000ml.- Para coleccionar la muestra licuada previa inserción en el reactor.
- Baguetas o varillas de agitación.- Para mezclar las muestras.
- Embudos de plástico o vidrio.- Utilizados para añadir el lodo y la muestra licuada al reactor.
- 01 recipiente de 28 litros de plástico.- Utilizado para colocar en baño maría los matraces de 500 ml (reactores).
- 01 Termómetro.- Para registrar la temperatura del agua sobre el cual reposaban los reactores.
- 01 Termostato de 20 Watts.- Empleado para mantener la temperatura del agua por encima de los 30 °C.
- Luna de reloj.- Para realizar el pesado y secado de las muestras durante el análisis de humedad.
- Crisol.- Utilizados para la determinación de Sólidos volátiles y totales de las muestras.
- Pinzas de metal.- Utilizados para sujetar las lunas de reloj y crisoles después del proceso de secado y calcinación.
- Desecador.- Utilizados para enfriar las muestras después de su salida de la estufa y mufla.
- 04 Tubos de ensayo con tapa rosca.- Para realizar la digestión y análisis de DQO de las muestras

- 01 Gradilla de metal.- Para posar los tubos de ensayo.
- Pipetas de 5 ml y 10 ml.- Para la medición de las muestras y aditivos durante la determinación del DQO.
- Bombillas.- Para la succión de aditivos a través de las pipetas.
- Pizetas de 500 ml.- Utilizadas para adicionar agua destilada durante la preparación de la muestra.

3.1.2. INSUMOS

- 01 kg de NaOH sólido.- Para la preparación de la solución de NaOH 2N.
- 05 litros de Lodo del reactor anaerobio UASB (*Upflow anaerobic Sludge Bed*) del CITRAR – UNI.- Utilizado como inóculo de los reactores.
- 14 litros de agua destilada.- Para la preparación de la solución de NaOH 2N.

3.1.3. EQUIPOS

- Balanza Analítica (BAMERSAC AS220/C/2).- Utilizada para pesar las muestras e insumos.
- Potenciómetro.- Utilizado para registrar el pH de los sustratos e inóculo que ingresan al reactor.
- Licuadora.- Utilizada para reducir el tamaño del sustrato en análisis.
- Agitador magnético.- Utilizado para homogenizar el contenido del reactor (inoculo + sustrato).
- Estufa marca Steel Products.- Utilizada para el secado de las muestras durante la determinación de la humedad.
- Mufla *THERMOLYNE*.- Utilizada para la calcinación de las muestras
- Calentador DRB 200.- Utilizado para la digestión de las muestras previa lectura de DQO.

- Colorímetro DR/890 marca HACH.- Utilizado para la lectura de la DQO de las muestras
- Cámara fotográfica (LG Stylus Plus 2 - 16 MP).- para el registro fotográfico correspondiente.
- Computadora portátil (Ultrabook Sony Vaio 14", Intel core i5).- para el procesamiento de datos así como para la elaboración del informe final de la investigación.
- Impresora/scaner (Konica Minolta Bizhub C220).- Utilizada para la impresión y escaneo de documentos.

3.1.4. SOFTWARE

- Microsoft Office 2013 (Word y Excel). - Empleado para la edición del informe así como para los cálculos respectivos.
- Arc Gis 10.3.- Empleado para la elaboración de mapas

3.2. DISEÑO Y NIVEL DE INVESTIGACIÓN

3.2.1. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

El presente trabajo de investigación utiliza un método de investigación mixta (Cualitativa y cuantitativa), por lo tanto el diseño de la investigación es la siguiente:

Diseño exploratorio secuencial: El cual implica una fase inicial de recolección y análisis de datos cualitativos seguida de otra donde se recaban y analizan datos cuantitativos; la que a su vez es de **modalidad comparativa**, en este caso, en una primera fase se recolectan y analizan datos cualitativos para explorar un fenómeno, generándose una base de datos; posteriormente, en una segunda etapa se recolectan y

analizan datos cuantitativos y se obtiene otra base de datos, que finalmente se comparan e integran en la interpretación de resultados⁶⁶.

3.2.2. NIVEL DE INVESTIGACIÓN

Asimismo la investigación es de tipo **Correlacional** ya que se analiza la relación o grado de asociación que exista entre las variables de estudio y los diferentes factores que originan el problema en estudio y la influencia de estos.

3.3. METODOLOGÍA

En el presente ítem se detallan los procedimientos llevados a cabo para el cumplimiento de los objetivos planteados.

3.3.1. PARA LA ELABORACIÓN DEL DIAGNÓSTICO SITUACIONAL DEL MANEJO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS EN EL GRAN MERCADO MAYORISTA DE LIMA.

3.3.1.1. Recopilación de Información

- Se recopilaron los datos necesarios a través de entrevistas personales con los funcionarios de la Empresa Municipal de Mercados S.A. (EMMSA) quienes a su vez proporcionaron información adicional en formato digital y físico.

3.3.1.2. Inspección *In situ*

- Se realizó inspecciones in situ para verificar cada uno de los procesos del manejo de los residuos sólidos en el Gran Mercado Mayorista de Lima, asimismo se hizo un registro fotográfico durante las inspecciones.

⁶⁶ HERNANDEZ SAMPIERI et all (2010)

3.3.1.3. Toma de encuestas

Se llevó a cabo una encuesta a los comerciantes de los pabellones donde se tiene distribuido 1 100 puestos de venta.

A. Determinación de la muestra:

Tomando como referencia la fórmula empleada para la determinación de número de muestras calculada en el 1er Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos, se obtuvo un total de 70, según se muestra a continuación:

Ec. 1.- Determinación de la muestra

$$n = \frac{v^2}{\frac{E^2}{Z^2} + \frac{v^2}{N}}$$

$$n = \frac{(Z)^2 \cdot (N) \cdot \sigma^2}{(N-1) \cdot (E^2) + (Z)^2 \cdot (E^2)}$$

Datos	
V = Desviación estándar =	0,2
E = Error permisible =	0,05
Z = Coeficiente de confianza (95%)=	1,96
N = Número de puestos =	1100
n = Muestra a tomar	58,213
	n = 58,21
	n + 20% = 70

Datos	
σ = Desviación estándar =	0,2
E = Error permisible =	0,05
Z = Coeficiente de confianza (95%)=	1,96
N = Número de puestos =	1100
n = Muestra a tomar	58,263
	n = 58,26
	n + 20% = 70

Adicionamos 20% por contingencia

B. Distribución de la muestra:

Considerando el número de puestos de venta por cada uno de los pabellones, se distribuyó el total de la muestra, tal como se muestra en el siguiente Cuadro N° 6

Distribución de la muestra:

Cuadro N° 6 Distribución de la muestra

Giro	Cantidad de puestos	%	Cantidad de encuestados
A	160	14,55%	10
B	160	14,55%	10
C	160	14,55%	10
D	160	14,55%	10
E	60	5,45%	4
F	40	3,64%	3
G	50	4,55%	3
I	50	4,55%	3

Giro	Cantidad de puestos	%	Cantidad de encuestados
J	50	4,55%	3
JT	50	4,55%	3
A1	160	14,55%	10
TOTAL	1100,00	100%	70

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Finalmente se llevó a cabo la encuesta a los comerciantes del GMML (ver Fotografías N° 1 Encuesta a comerciantes), según el formato de encuesta que se encuentra adjunto a la presente investigación (Anexo N° 1 – Formato de encuesta).

Fotografías N° 1 Encuesta a comerciantes



Comerciante de hortalizas (Pabellón A)



Comerciante de papa (Pabellón D)

FUENTE: TRABAJO DE CAMPO

3.3.2. PARA REALIZAR UN BATCH TEST PARA 3 SUBSTRATOS ORGÁNICOS GENERADOS EN EL GRAN MERCADO MAYORISTA DE LIMA, Y DETERMINAR EL VOLUMEN DE BIOGÁS QUE ESTOS PRODUCIRÁN.

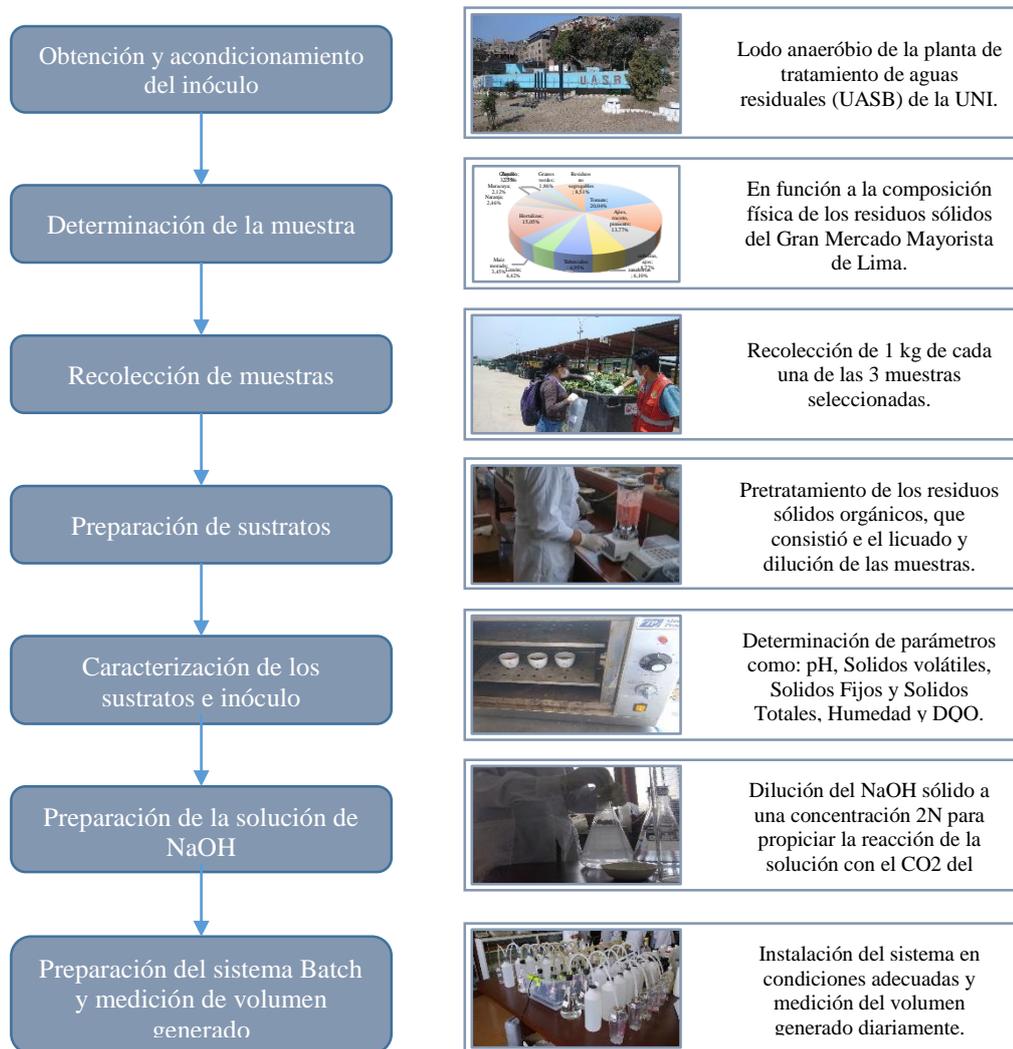
Para determinar el volumen de biogás, se llevó a cabo un experimento a nivel de laboratorio, en un sistema Batch, denominado también prueba de Potencial Bioquímico de Metano (PBM), comúnmente utilizada para determinar el grado de biodegradabilidad de los sustratos que pueden ser utilizados en el proceso de digestión anaerobia.

El desarrollo de la metodología incluyó las siguientes etapas:

- Obtención y acondicionamiento del inóculo.
- Determinación de las muestras
- Recolección de muestras
- Preparación de sustratos
- Caracterización de los sustratos e inóculo
- Preparación de la solución de NaOH
- Preparación del sistema Batch y medición de volumen generado

En la Figura N° 4, se muestran de manera esquemática cada una de estas etapas:

Figura N° 4 Etapas para el desarrollo del Batch Test



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

A continuación se detalla cada una de las etapas mencionadas:

3.3.2.1. Obtención y acondicionamiento del Inóculo

- Se realizó una solicitud para la recolección de lodo anaerobio, al Centro de Investigación en Tratamiento de Aguas Residuales y Residuos Peligrosos, de la Facultad de Ingeniería Ambiental de la Universidad Nacional de Ingeniería, donde se cuenta con una Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente (RAFA) o UASB (*Upflow anaerobic Sludge Bed*) por sus siglas en inglés (ver Fotografía N° 2); lodo que por sus características contienen a las bacterias

metanogénicas que hicieron posible la generación de biogás a partir de los substratos empleados (muestras de residuos sólidos).

- Posteriormente se accedió a las instalaciones para la recolección respectiva a cargo de uno de los operadores de la planta; asimismo se utilizó una galonera de plástico de 3 gal para la recolección respectiva.

Fotografía N° 2 Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente (RAFA) o UASB (Upflow anaerobic Sludge Bed) – CITRAR-FIA-UNI



FUENTE TRABAJO DE CAMPO

Durante la recolección se tuvo en cuenta que para obtener microorganismos activos en el inoculante, es importante dejar que el contenido del reactor fluya durante un tiempo antes de que se recoja la muestra; de lo contrario, existe el riesgo de que se recolecte material que ha estado estancado en la tubería, de modo que los microorganismos pueden ser menos activos debido a condiciones ambientales desfavorables.⁶⁷ En la Fotografía N° 3, se aprecia el procedimiento de recolección del inóculo empleado.

⁶⁷ SCHNÜRER, A. y JARVIS, Å. (2009).

Fotografía N° 3 Recolección de lodo anaerobio del reactor UASB



FUENTE TRABAJO DE CAMPO

- Posteriormente, se trasladó el lodo al laboratorio para que durante 3 días se establezca en condiciones anaerobias y pueda ser utilizado como inóculo; para lo cual, se mantuvo la galonera herméticamente cerrada para propiciar las condiciones anaerobias, tal como se muestra en la siguiente fotografía:

Fotografía N° 4 Recipiente hermético de almacenamiento de inóculo



FUENTE: TRABAJO DE LABORATORIO

3.3.2.2. Determinación de las muestras

- Se tuvo en cuenta el Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos realizado en el 2013⁶⁸, en el cual se señala que del total de residuos orgánicos generados, el 20% corresponde a los residuos de tomate seguido de un 15% de residuos de hortalizas; es por ello que se ha considerado como substratos de análisis a los que se muestran en el Cuadro N° 7 Muestras que serán materia de análisis:

Cuadro N° 7 Muestras que serán materia de análisis

Ítem	Muestra	Descripción	Tamaño de muestra
1	Substrato N° 1	Residuos de Tomate	1 kg
2	Substrato N° 2	Residuos de Hortalizas	1 kg
3	Substrato N° 3	Residuos Orgánicos en general (Mezcla aleatoria de residuos)	1 kg

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

3.3.2.3. Recolección de muestras

- Utilizando elementos básicos de protección personal tales como Mascarillas y guantes de latex, se realizó la recolección de 1 kg de muestra de residuos sólidos orgánicos, según lo detallado en el ítem anterior, los cuales fueron pesados en las balanzas de los comerciantes para luego ser trasladados, dentro de una caja de tecnopor, hacia el laboratorio de la FIGAE – UNFV, tal como se observa en las siguientes fotografías:

⁶⁸ IPES (2013)

Fotografía N° 5 Recolección de muestra (Substrato N° 2)



FUENTE TRABAJO DE CAMPO

Fotografía N° 6 Pesado de muestra (Substrato N° 1)



FUENTE TRABAJO DE CAMPO

Fotografías N°7 Acondicionamiento de las muestras para su traslado en la caja de tecnopor



FUENTE TRABAJO DE CAMPO

3.3.2.4. Preparación de sustratos

- Del total de residuos recolectado, se llevó a cabo la trituración y posterior licuado adicionando agua destilada en diferentes proporciones para facilitar la digestión, según el tipo de muestra, tal como se observa en el siguiente Cuadro N° 8 Cantidades de muestra y agua destilada para preparar los sustratos:

Cuadro N° 8 Cantidades de muestra y agua destilada para preparar los sustratos

Ítem	Substrato	Descripción	Cantidad de muestra (g)	Cantidad de agua destilada (ml)
1	Sustrato N° 1	Residuos de tomate	500	150
2	Sustrato N° 2	Residuos de hortalizas	350	400
3	Sustrato N° 3	Residuos orgánicos en general	400	400

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Asimismo en la siguiente Fotografía N° 8, se observa el licuado de la muestra como parte del acondicionamiento del sustrato de digestión.

Fotografía N° 8 Licuado de muestras diluidas con agua destilada



FUENTE: TRABAJO DE LABORATORIO

- Una vez preparados los sustratos fueron almacenados en vasos de precipitado de 1 000 ml para la caracterización respectiva así como para el empleo posterior dentro de los reactores.

3.3.2.5. Caracterización de los substratos e inóculo

Se realizó la determinación de los siguientes parámetros:

Cuadro N° 9 Parámetros analizados a los substratos e inóculo

Ítem	Parámetro	Unidad
1	pH	Unid. De pH
2	Humedad	%
3	Sólidos Volátiles (SV)	g SV/kg Muestra
4	Sólidos Fijos (SF)	g SF/kg Muestra
5	Sólidos Totales (ST)	g ST/kg Muestra
6	Demanda Química de Oxígeno (DQO)	g DQO/L

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Para la determinación de cada uno de los parámetros mencionado se utilizaron los equipos del Laboratorio Ambiental de la Facultad de Ingeniería Geográfica Ambiental y Ecoturismo (UNFV)

A. Determinación de pH

Para la determinación del pH de cada una de las muestras se utilizó un Potenciómetro tipo pluma (ver Fotografía N° 9), el cual fue introducido en un recipiente contenido de la muestra respectiva para tomar lectura luego de su estabilización.

Fotografía N° 9 Medición de pH



FUENTE: TRABAJO DE LABORATORIO

B. Determinación de Sólidos Volátiles, Fijos y Totales

Los sustratos e inóculo fueron pesados en la Balanza Analítica (BAMERSAC AS220/C/2) utilizando un crisol para cada uno, luego se utilizó la Estufa marca Steel Products para el secado durante 2 horas ($105 \pm 5^\circ\text{C}$), una vez secas se procedió a enfriar las muestras dentro del desecador para nuevamente ser pesadas con el cual se obtiene la cantidad de Sólidos Totales (ST) de la muestra ingresada, posteriormente la muestra seca se introdujo a la Mufla *THERMOLYNE* para la calcinación durante 4 horas (550°C), finalmente las muestras fueron enfriadas dentro del desecador para evitar la captación de humedad del ambiente y luego fueron pesadas por última vez; la diferencia en peso determinará a los Sólidos Volátiles (SV) que se perdieron producto de la calcinación, quedando en el crisol los Sólidos Fijos (SF). En las siguientes fotografías, se observa el procedimiento aplicado para la determinación de los parámetros mencionados:

Fotografías N°10 Determinación de Sólidos Totales, Volátiles y Fijos



Pesado de muestras



Secado en Estufa a $105 \pm 5^\circ\text{C}$



Calcinación en Mufla a 550 °C



Enfriamiento en desecador

FUENTE: TRABAJO DE LABORATORIO

C. Determinación de la Demanda Química de Oxígeno

Finalmente para la determinación de la Demanda Química de Oxígeno se empleó el Colorímetro DR/890 marca HACH, para lo cual se tuvo que diluir cada una de los substratos así como el inóculo al 0,5 %; las muestras fueron digeradas con soluciones patrón en el Calentador DRB 200 para luego tomar lectura en el Colorímetro; en las siguientes fotografías se aprecia el procedimiento que se llevó a cabo para la determinación del parámetro mencionado.

Fotografías N°11 Determinación de DQO



Dilución de muestras al 0,5 %



Reactor DBR 200



Colorímetro DR/890



Lectura de muestra digestada



Lectura de Substrato 1

FUENTE: TRABAJO DE LABORATORIO

3.3.2.6. Preparación de la solución de NaOH

- Parte del sistema utilizado, se consideró una solución de Hidróxido de Sodio (NaOH) de concentración 2N, con la finalidad de captar el Dióxido de Carbono (CO₂) que forma parte del biogás, para que finalmente se obtenga el volumen

generado de metano (CH_4); por lo tanto se utilizó NaOH sólido para preparar la solución, de la siguiente manera:

- Se considera que el peso molecular (g-mol g) del NaOH es de 40, el mismo que equivale al Peq-g.

Por lo tanto:

$$40\text{g NaOH} \text{ ----- } 1000 \text{ ml} \text{ ----- } 1\text{N}$$

$$\rightarrow X \text{ g NaOH} \text{ ----- } 1000 \text{ ml} \text{ ----- } 2\text{N}$$

$$\therefore X = (40 \text{ g NaOH}) (1000 \text{ ml}) (2 \text{ N})$$

$$(1000 \text{ ml}) (1 \text{ N})$$

$$X = 80 \text{ g NaOH}$$

- Por lo tanto se realizó el pesado de 80 g de NaOH los cuales fueron diluidos en 1 000 ml de agua destilada y luego almacenados en frascos de 1 000 ml con tapón hermético para evitar la interacción con el CO_2 del ambiente, ver las siguientes fotografías:

Fotografías N°12 Preparación de la solución de NaOH [2N]



Pesado de NaOH



Enrasado de 1000 ml de agua destilada



Dilución



Dilución (Matraz de 1000 ml)

FUENTE: TRABAJO DE LABORATORIO

3.3.2.7. Preparación del Sistema Batch

- Teniendo en cuenta una relación respecto al contenido de sólidos volátiles del sustrato: inóculo de 1:2 (0,5) que según señala Alcantár (2014) genera mayor

producción de metano; se llevó a cabo la preparación del reactor en un Matraz de 500 ml.

- Asimismo, se adicionó de 2 a 3 gotas de solución de NaOH (solución alcalina) para evitar la acidificación del reactor; dicho matraz fue conectado a través de una manguera de silicona de 35 cm hacia un frasco de 1 000 ml de solución de NaOH dentro del cual quedaría atrapado el CO₂ que forma parte del Biogás, haciendo posible el paso del metano hacia un siguiente frasco contenido de agua, donde por desplazamiento volumétrico el gas empujará el agua hacia el ultimo frasco (vaso monohoradado) de recolección donde se midió la generación de metano (CH₄), que equivale a la cantidad de agua que sale del sistema.
- Cada uno de los substratos ha sido analizado por triplicado; así mismo, se tuvo un sistema por triplicado para el inóculo sin adición de substrato (Blanco), con la finalidad de comparar la generación de Biogás de parte de los substratos empleados.
- Cabe señalar que los reactores fueron a condicionados en baño maría para mantener una temperatura superior a los 30°C, para mantener esta temperatura se utilizó un termostato de 20W el cual estuvo conectado durante el periodo de análisis. Asimismo se introdujo un magneto en 4 reactores (1 de cada substrato y 1 del inóculo) para realizar la agitación mecanizada 1 vez por día, los demás reactores fueron agitados manualmente.

En las siguientes fotografías, se observa el trabajo realizado para la preparación del sistema *Batch*; así mismo la Fotografía N° 14, muestra el sistema instalado.

Fotografías N°13 Preparación del sistema Batch



Volumen de inóculo a utilizar



Adición de sustrato



Conexión del frasco de NaOH



Colocación de los reactores en baño María (30°C aprox)

FUENTE: TRABAJO DE LABORATORIO

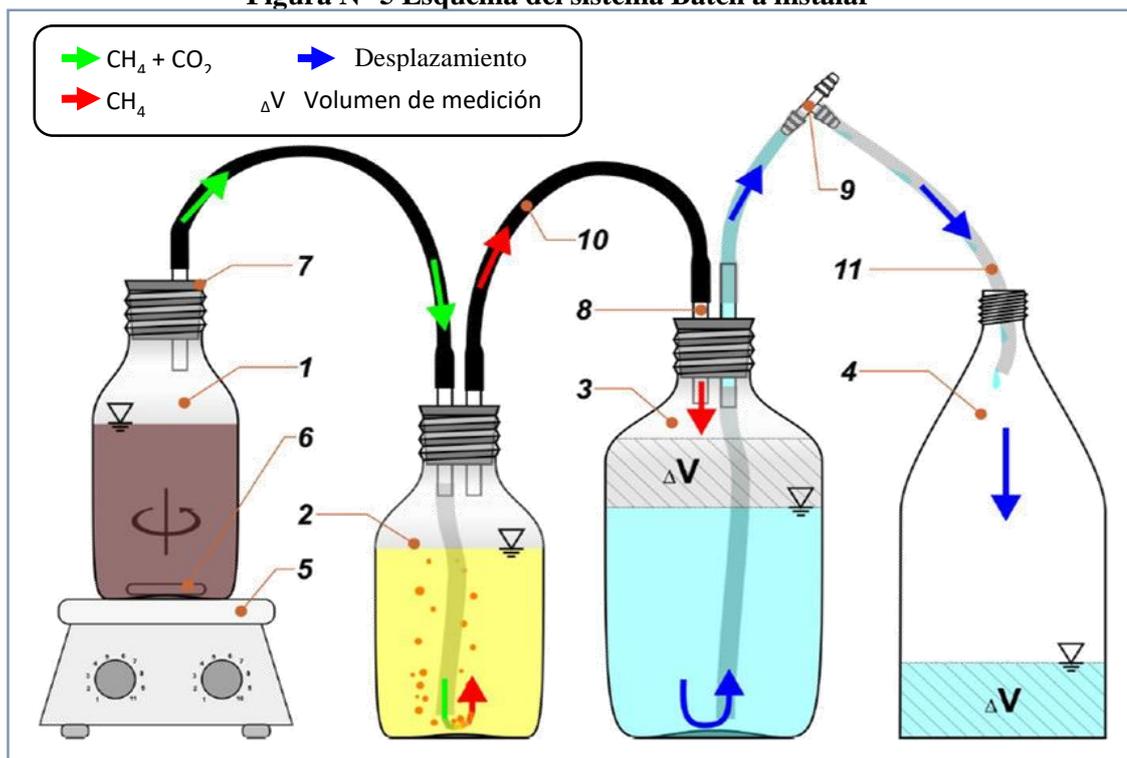
Fotografía N° 14 Sistema Batch instalado



FUENTE: TRABAJO DE LABORATORIO

En la siguiente figura, se puede apreciar de forma esquemática una adaptación de LORBER G. (2014), respecto a la instalación del sistema Batch:

Figura N° 5 Esquema del sistema Batch a instalar



Las flechas de colores representan el camino del gas producido.

- 1 = Fermentador (matraz de 500ml)
- 2 = Matraz de 1 litro de NaOH [2N] para la absorción de CO₂
- 3 = Botella de desplazamiento de agua
- 4 = Recipiente de recolección de agua
- 5 = Agitador magnético

- 6 = Magneto
- 7 = Tapón de caucho
- 8 = Tubo de vidrio
- 9 = Conexión de mangueras en forma de T
- 10 = Manguera de silicona desplazamiento de Gas
- 11 = Manguera de silicona de desplazamiento de agua.

FUENTE: Adaptación de LORBER G. (2014)

3.3.2.8. Medición de Biogás generado

- Finalmente, tal como se mencionó líneas arriba, se llevó a cabo la medición del biogás generado utilizando probetas de distintos tamaños, tal como se muestra en las siguientes fotografías:

Fotografías N°15 Medición de biogás generado



Volumen recolecta en vaso monohoradado



Medición del volumen generado

FUENTE: TRABAJO DE LABORATORIO

3.3.3. PARA DETERMINAR LA VIABILIDAD AMBIENTAL, ECONÓMICA Y SOCIAL DE LA GENERACIÓN DE ENERGÍA A PARTIR DEL BIOGÁS PRODUCIDO POR LOS RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS.

3.3.3.1. Estimación energética

Una vez conocidos los valores obtenidos en el *Batch test* para cada uno de los sustratos analizados (Sustrato N° 1, Sustrato N° 2 y Sustrato N° 3), es posible determinar la energía disponible, haciendo uso de las siguientes ecuaciones:

Ec. 2.- Energía eléctrica disponible por día⁶⁹

$$E_{\text{Total}} (\text{kWh}) = Q_{\text{CH}_4} \times PC_{\text{CH}_4} \times \eta$$

Donde:

E_{Total} (kWh) = Energía eléctrica disponible por día

Q_{CH_4} ($\text{m}^3 \text{ día}^{-1}$) = Volumen de CH_4 ($\text{m}^3 \text{ día}^{-1}$)

PC_{CH_4} = Poder calorífico del CH_4 ($9,96 \text{ kWh m}^{-3}$)

η = Eficiencia eléctrica (0,4)

Ec. 3.- Potencia a instalar ⁶⁹

$$PE (\text{kW}) = \frac{E_{\text{Total}}}{24}$$

Donde:

PE = Potencia a instalar (kW)

3.3.3.2. Consideraciones para la implementación de una planta de valorización de residuos orgánicos

Conforme a la estimación energética, así como a las características de los sustratos evaluados se propuso las consideraciones mínimas para una posible planta de generación energética a partir del procesamiento anaerobio de los residuos sólidos orgánicos.

⁶⁹ MUÑOZ, N. (2015)

3.3.3.3. Evaluación de Impactos Ambientales

Para la identificación y evaluación de los impactos se optó por utilizar metodologías basadas en la comparación de escenarios a corto, mediano y largo plazo. Es decir, se ha tomado las previsiones para el análisis de cada una de las etapas de construcción, operación y cierre de una Planta de Valorización de Residuos Orgánicos, desarrollándolas bajo una concepción integral que permite identificar los impactos socio - ambientales desde un análisis general a uno específico.

Previo a la identificación de los impactos ambientales y sociales del presente estudio, se elaboró una lista de las actividades que podrían causar impactos ambientales. Estas actividades fueron dispuestas en una matriz que permitió identificar los impactos ambientales de la planta.

Para la evaluación de los impactos se ha considerado como criterio principal el uso de metodologías de análisis de interacción de Causa - Efecto de impactos socio-ambientales, a partir de la cual se identificaron los principales impactos. La interacción de cada actividad con los factores ambientales se logrará con ayuda de la matriz de Leopold, la cual incluirá criterios de evaluación y coeficientes de ponderación y las adaptaciones de Vicente Conesa (Conesa Fdez - Vítora, 2010 / Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental), determinando la evaluación cualitativa y cuantitativa.

A. Identificación de impactos

La identificación de los posibles impactos potenciales se basó en definir las actividades que se ejecutarán o desarrollarán durante las etapas de construcción, operación y cierre de la Planta de Valorización Energética de Residuos Orgánicos; luego realizar la interacción de estas actividades con los componentes ambientales susceptibles para

finalmente identificar las acciones o agentes que pueden generar cambio o cambios en uno o varios componentes ambientales.

A.1. Identificación según su naturaleza

Para identificar los impactos ambientales y determinar su carácter favorable o adverso, se realizó el análisis de causa-efecto para la interacción de las actividades de construcción, operación y cierre versus el medio afectado. La identificación de los impactos según su naturaleza permitió determinar la condición positiva o negativa de estos sobre el ambiente, lo que se interpreta como la mejora o reducción de la calidad ambiental del área de estudio. En la matriz de análisis de interacción de causa-efecto de impactos socio - ambientales, los impactos se clasificaron de la siguiente manera: Empleando la letra “P” para los impactos positivos (+) y la letra “N” para aquellos impactos que son negativos (-) para el ambiente.

B. Evaluación de impactos

Una vez realizada la identificación de las actividades de construcción, operación y cierre, y los factores ambientales que podrían ser impactados durante la etapa de construcción y perforación, se procedió a elaborar la matriz de importancia de impactos socio-ambientales, la cual permite obtener una valoración cuantitativa de los impactos previamente identificados, mediante la interacción de cada actividad con los factores ambientales; esto se logró con la ayuda de la matriz s de Vicente Conesa, determinando la evaluación cualitativa de los impactos.

La matriz empleada para la evaluación de los impactos identificados permite la interrelación de los factores ambientales que pueden ser impactados con las actividades que se desarrollarán; evaluándose así los efectos generados sobre los componentes físicos, biológicos y socioeconómicos del área de estudio.

B.1. Descripción de los atributos de los impactos

Considerando el uso de los atributos ambientales de la metodología aplicada para el cálculo de la importancia de los impactos ambientales, a continuación, se describen cada uno de los atributos empleados en la fórmula del índice de importancia (I).

B.1.1. Naturaleza o carácter del impacto (N)

Este atributo hace referencia a la naturaleza del impacto expresado en signos. El signo del impacto hace alusión al carácter beneficioso (+) o perjudicial (-) de las distintas acciones que van a actuar sobre los distintos factores considerados.

B.1.2. Intensidad (IN)

Expresa el grado de intervención del factor impactado en el área en el que se produce el efecto.

B.1.3. Extensión (EX)

Define el área afectada por el impacto con respecto a su representación espacial.

B.1.4. Momento (MO)

Se refiere al plazo de manifestación del impacto, alude al tiempo que transcurre entre la aparición de la acción y el inicio del efecto sobre el factor del medio considerado.

B.1.5. Persistencia (PE)

Se refiere al tiempo que permanecería el efecto a partir de su aparición.

B.1.6. Reversibilidad (RV)

Refiere a la posibilidad de retornar a las condiciones iniciales previas a la acción, por medios naturales.

B.1.7. Sinergia (SI)

Se refiere a la acción de dos o más causas cuyo efecto es superior a la suma de los efectos individuales.

B.1.8. Acumulación (AC)

Se refiere al incremento progresivo de la manifestación del efecto, cuando persiste de forma continua la acción que lo genera.

B.1.9. Efecto (EF)

El impacto de una acción sobre el medio puede ser “directo” -es decir impactar en forma directa-, o “indirecto” -es decir se produce como consecuencia del efecto primario el que, por tanto, devendría en causal de segundo orden.

B.1.10. Periodicidad (PR)

Se refiere a la regularidad de manifestación del efecto, bien sea de manera continua (las acciones que lo producen permanecen constantes en el tiempo), o discontinua (las acciones que lo producen actúan de manera regular (intermitente), o irregular o esporádica en el tiempo.

B.1.11. Recuperabilidad (MC)

Se refiere a la posibilidad de recuperar total o parcial, del factor afectado como consecuencia del desarrollo de la planta, por medio de la aplicación de medidas correctoras y restauradoras.

Los atributos se valoran con un número que se indica en cada celda que cruza una actividad con el componente ambiental, y que se estima se verá impactada. Los valores de los atributos se presentan en el siguiente cuadro.

Cuadro N° 10 Valores de los atributos de evaluación de impactos

Índices	Valoración	
Naturaleza o carácter del impacto	Positivo (+): beneficioso	
	Negativo (-): perjudicial	
Intensidad (IN)	Baja o mínima	1
	Media	2
	Alta	4
	Muy alta	8
	Total	12
Extensión (EX)	Puntual	1
	Parcial/Local	2
	Extenso/general	4
	Total/regional	8
	Crítico/global	12
Momento (MO)	Largo plazo	1
	Mediano plazo	2
	Corto plazo	3
	Inmediato	4
	Crítico	8
Persistencia (PE)	Fugaz o efímero / momentáneo	1
	Temporal o transitorio	2
	Persistente o pertinaz	3
	Permanente y constante	4
Reversibilidad (RV)	Corto plazo	1
	Medio plazo	2
	Largo plazo	3
	Irreversible	4
Sinergia (SI)	Sin sinergismo o simple	1
	Sinergismo moderado	2
	Muy sinérgico	4
Acumulación (AC)	Simple	1
	Acumulativo	4
Efecto (EF)	Indirecto o secundario	1
	Directo o primario	4
Periodicidad (PR)	Irregular o aperiódico	1
	Periódico	2
	Continuo o constante	4

Índices	Valoración	
Recuperabilidad (MC)	Recuperable de manera inmediata	1
	Recuperable a corto plazo	2
	Recuperable a medio plazo	3
	Recuperable a largo plazo	4
	Irrecuperable	8

FUENTE: CONESA, V (2010)

B.2. Importancia (I)

La importancia del impacto de una acción sobre un factor ambiental es la estimación del impacto en base al grado de manifestación cualitativa del efecto, y se calcula mediante la aplicación de la siguiente expresión.

Ec. 4.- Determinación de la Importancia (I)

$$I = +/- (3*IN+2*EX+MO+PE+RV+SI+AC+EF+PR+MC)$$

FUENTE: CONESA, V (2010)

La importancia del impacto calculado con la anterior ecuación puede tomar valores entre 13 y 100.

- Los impactos con valores de importancia inferiores a 25 son “No significativo”.
- Los impactos “Moderados presentan una importancia entre 25 y 50”.
- Los impactos se consideran “Significativos” cuando la importancia se encuentre entre 51 y 75
- “Muy significativos” cuando la importancia del impacto rebase los 75 puntos.

Por lo tanto estos valores numéricos obtenidos se agrupan en cuatro (04) rangos de significancia, según se aprecia en el siguiente cuadro:

Cuadro N° 11 Jerarquización de impactos

Medida del impacto	Rango	Simbología	
		+	-
Bajo No significativo	<25		
Moderado	25 – 50		
Significativo	51 – 75		
Muy significativo	>75		

FUENTE: CONESA, V (2010)

C. Descripción de los impactos socio ambientales

Una vez identificados y evaluados los impactos ambientales, se procedió a describir cada uno de estos impactos. Este proceso descriptivo se ha desarrollado teniendo como base de análisis a los tres componentes ambientales del área de estudio (componente físico, biológico y social).

3.3.3.4. Evaluación económica

Se tuvo en cuenta los indicadores para la evaluación del desempeño económico, siendo los principales indicadores los siguientes:

A. Valor actual neto (VAN)

Este indicador corresponde a la suma de los flujos de efectivo del proyecto para un tiempo cero (actual). Para un proyecto en el que se están evaluando N periodos el VAN se calcula según:

Ec. 5.- Cálculo del VAN

$$VAN = -I_0 + \sum_{i=0}^N \frac{F_i}{(1+r)^i}$$

Donde r representa la tasa de descuento del proyecto (para el presente caso consideramos 10%) que aumenta para sistemas más riesgosos y representa el valor del dinero en el tiempo.

Un proyecto que retorne flujos de efectivo posee un VAN mayor a cero.

B. Tasa interna de retorno (TIR)

Este indicador se define como la tasa de descuento a la que el proyecto posee VAN igual a cero. Luego la TIR se puede calcular igualando a cero la ecuación:

Ec. 6.- Cálculo de la TIR

$$0 = -I_0 + \sum_{i=0}^N \frac{F_i}{(1 + TIR)^i}$$

Otra forma de entender la TIR es como la tasa que entrega un monto equivalente a la inversión del proyecto en el tiempo de evaluación.

Cabe indicar que, si bien se muestran las fórmulas de cálculo de ambos indicadores, estos serán calculados utilizando la herramienta informática de cálculo EXCEL 2013.

3.3.3.5. Percepción social

En la encuesta realizada como parte del diagnóstico del manejo de residuos, a 70 comerciantes, se incluyó preguntas respecto a la aceptación de la posible implementación de una planta de aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos a través de la generación de biogás.

CAPÍTULO IV CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA DE ESTUDIO

4.1. UBICACIÓN

4.1.1. UBICACIÓN POLÍTICA

El área de estudio de la presente investigación es el Gran Mercado Mayorista de Lima, la misma que se encuentra ubicada en la Av. La Cultura 808, en el Distrito de Santa Anita, en la Provincia y Departamento de Lima.

4.1.2. LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA

El área de estudio, se encuentra localizado entre los paralelos 12° 02' 01,44" y 12° 02' 37,44" Latitud Sur, así como entre los meridianos 76° 02' 09,38" y 76° 56' 20,37" Longitud Oeste.

Asimismo el área de estudio, se en la Zonas 18 Sur de las coordenadas UTM (Universal Transverse Mercator) WGS 84 a 300 m s.n.m. aproximadamente; en el Cuadro N° 12 se muestra la coordenada de un punto central del área de estudio.

Cuadro N° 12 Coordenada del punto central del área de estudio

Datum	Zona	Coordenadas UTM		Altitud (m s.n.m.)
		Este (m)	Norte (m)	
WGS 84	18 S	288 423,63	8 668 233,64	300

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Finalmente se adjunta el Mapa de Localización del área de estudio (Anexo N° 2 – Mapa de Localización).

4.2. VÍAS DE ACCESO

La vía principal de acceso es a través de la carretera central, ya que el área de estudio se encuentra a la altura de los Kms. 3,376 y 4,000, tomando como referencia el paradero peatonal “Volvo”; asimismo una vía alterna es la Avenida Metropolitana, a la altura de la Avenida la Cultura.

Las vías de acceso también se pueden visualizar en el Mapa de Ubicación adjunto.

4.3. CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS

En Santa Anita el clima suele ser templado, en temporada de invierno la temperatura puede llegar hasta los 10°C con presencia de neblina, garúas y una humedad Relativa considerable, y en verano hasta los 28°C, teniendo una media de 19°C.⁷⁰

4.4. EXTENSIÓN Y DISTRIBUCIÓN

Ocupa un área de 58,9 Has. Las cuales se encuentran distribuidas de la siguiente manera (Ver Cuadro N° 13):

Cuadro N° 13 Distribución de áreas en el GMML

Descripción	Área (ha)
Zona de mercados	26,75
Zona para actividades complementarias	13,16
Zona para actividades conexas	4,43
Edificaciones	1,62
Centro Comercial	0,2
Edificio administrativo	0,09
“Puerto Seco”	0,77
Zona de gremios	0,56
Áreas de tratamiento urbano (Accesos, pistas, veredas y jardines)	12,94
TOTAL	58,9

FUENTE: IPES (2013)

4.5. ASPECTO ADMINISTRATIVO

El Gran Mercado Mayorista de Lima (GMML), es administrado por la Empresa Municipal de Mercados S.A. “EMMSA”, quienes tienen por objeto dedicarse a la administración, control, supervisión y dirección de los mercados públicos, sean estos mayoristas o minoristas, existentes en la Provincia de Lima; promocionar y participar

⁷⁰ MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE SANTA ANITA (2015)

en la construcción de nuevos mercados con la finalidad que se garantice el abastecimiento de productos alimenticios en general para la ciudad de Lima.

La actividad empresarial de EMMSA a nivel operativo está referida a la administración del GMML, otorgando en concesión los puestos de comercialización a nivel mayorista y asegurando los servicios básicos y el mantenimiento al interior de dicho mercado.

Asimismo EMMSA es la unidad ejecutora del proyecto “Ampliación y Remodelación del Gran Mercado Mayorista de Lima”.⁷¹

⁷¹ EMMSA (2016)

CAPÍTULO V RESULTADOS

5.1. DIAGNÓSTICO SITUACIONAL DEL MANEJO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS EN EL GRAN MERCADO MAYORISTA DE LIMA (GMML).

5.1.1. ASPECTOS SOCIO – ECONÓMICOS

5.1.1.1. Distribución de Pabellones

Dentro del GMML podemos diferenciar actualmente once (11) pabellones codificados según lo que se indica en el siguiente cuadro; asimismo se cuenta con un áreas provisional denominada “Plataforma N° 1”, denominada así debido a que en dicha área se inició el comercio a través de la plataforma de los camiones que diariamente ingresan con productos. En el Cuadro N° 14 Pabellones de comercialización de productos, se muestran los pabellones distribuidos en el Gran Mercado Mayorista de Lima.

Cuadro N° 14 Pabellones de comercialización de productos

Ítem	Código	Producto que se comercializa	Cantidad de puestos de venta
1	A	Hortalizas, ají, zanahoria y zapallo.	160
2	B	Tomate, limo y choclo.	160
3	C	Cebolla, ajo y yuca.	160
4	D	Papa y camote.	160
5	E	Papa	60
6	F	Camote, cebolla, choclo y granos verdes	40
7	G	Limón	50
8	I	Frutas	50
9	J	Ajo y choclo	50
10	JT	Hortalizas	50
11	A1	Camote	160

FUENTE: ENCUESTA EMMSA

Finalmente, en dichos pabellones se encuentran distribuidos un total de 1 100 puestos de venta, dentro de los cuales los comerciantes almacenan sus productos, que ingresan y se comercializan diariamente, tal como se muestra en la Fotografía N° 16 y Fotografía N° 17. Asimismo en la zona de la Plataforma N° 1, diariamente ingresa un promedio de 185 camiones desde donde se realiza la venta de productos, principalmente hortalizas, zapallo y tomates⁷².

Fotografía N° 16 Vista del interior del Pabellón D (papa y camote)



FUENTE: TRABAJO DE CAMPO

⁷² IPES (2013)

Fotografía N° 17 Vista del Pabellón C (cebolla, ajo y yuca)



FUENTE: TRABAJO DE CAMPO

5.1.1.2. Ingreso de productos al GMML

Según lo señala el Plan Operativo Institucional EMMSA Periodo Fiscal 2016, en el año 2015 ingresaron al Gran Mercado Mayorista de Lima 1 862 909 ton de productos, con una variación anual de 7,64% respecto al año anterior. En el Cuadro N° 15 Ingreso real mensual de productos (años 2014-2015) y proyectado mensual 2016 del GMML se muestran los volúmenes registrados durante los años 2014 y 2015 y la proyección para el año 2016.

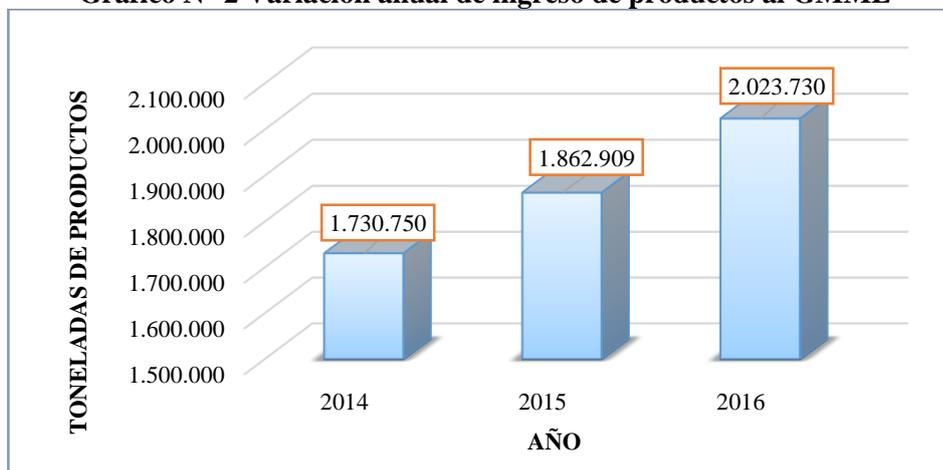
Cuadro N° 15 Ingreso real mensual de productos (años 2014-2015) y proyectado mensual 2016 del GMML

Meses	Toneladas de productos alimenticios		
	Año 2014	Año 2015	Año 2016
Enero	143 530	159 908	172 914
Febrero	128 221	153 660	166 158
Marzo	159 605	170 983	184 889
Abril	154 366	166 442	179 979
Mayo	150 330	162 482	175 697
Junio	135 803	148 859	160 966
Julio	137 339	148 650	160 740
Agosto	143 806	151 574	163 902
Setiembre	135 962	148 006	154 961
Octubre	148 344	153 700	169 074
Noviembre	142 716	144 079	162 659

Diciembre	150 728	154 566	171 791
Total	1 730 750	1862 909	2 023 730
Variación % anual		7,64	8,63

FUENTE: EMMSA (2016)

Gráfico N° 2 Variación anual de ingreso de productos al GMML



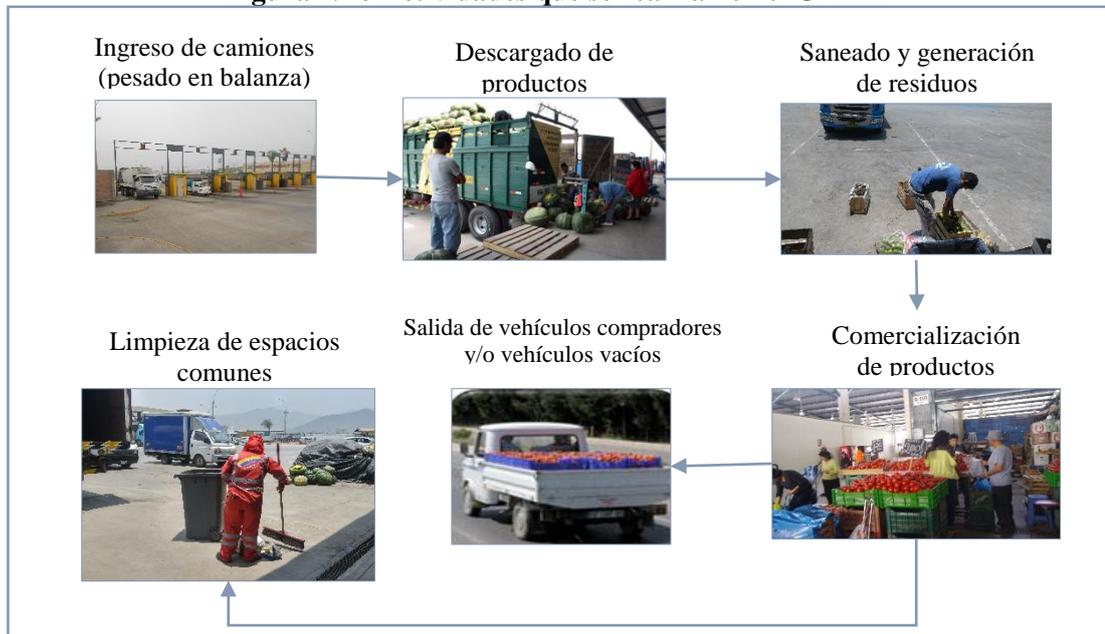
FUENTE: EMMSA 2016

5.1.1.3. Actividad que se realiza en el GMML

Cabe señalar que la función principal del Gran Mercado Mayorista de Lima es la comercialización mayorista de alimentos a nivel Lima Metropolitana; en general las actividades que se realizan en el Gran Mercado Mayorista de Lima se presentan en la siguiente Figura N° 6 Actividades que se realizan en el GMML, en la cual se observa que los camiones proveedores de productos ingresan a través de una balanza especial para camiones, permitiendo así el registro diario de la cantidad de producto que ingresa a dicho mercado, luego los camiones se dirigen a los pabellones según el tipo de producto que transporten para descargado de los productos en los puestos de venta correspondientes, acto seguido los comerciantes realizan el saneado de los productos, que consiste en descartar aquellos productos que se encuentren en mal estado o próximos a malograrse; es en esta etapa en la cual se generan la mayor cantidad de residuos sólidos que en su mayoría son orgánicos, posteriormente o en paralelo se lleva

a cabo la comercialización de los productor al por mayor y menor, finalmente los compradores se retiran mientras se lleva a cabo la limpieza de las áreas comunes.

Figura N° 6 Actividades que se realizan en el GMML



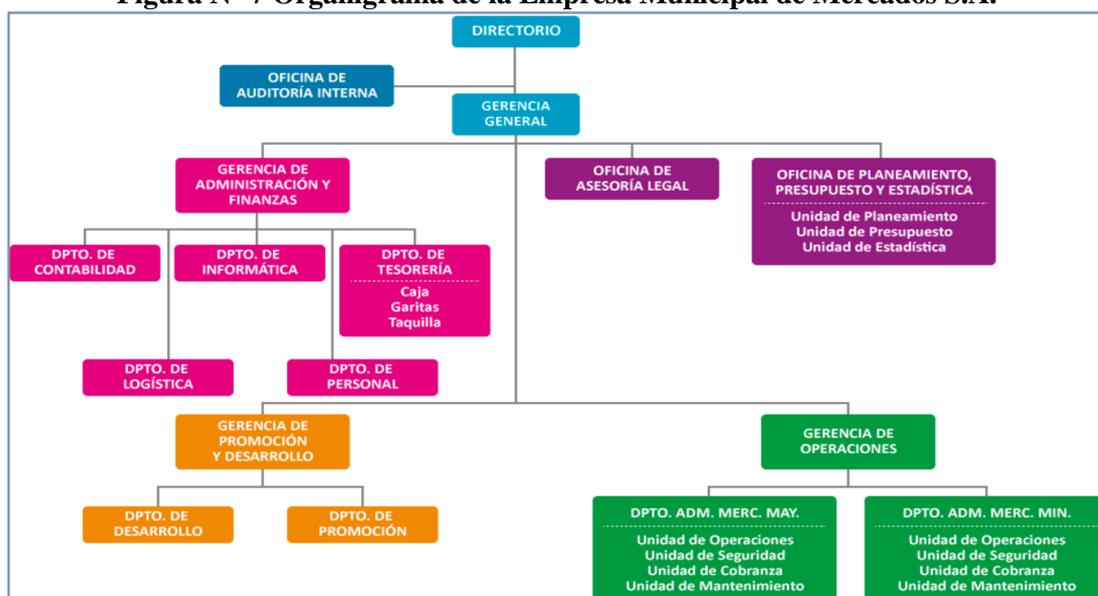
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

5.1.2. GESTIÓN Y MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS EN EL GMML

5.1.2.1. Aspecto administrativo

Según el organigrama de la institución (Ver Figura N° 7), la Gestión de los Residuos Sólidos en el Gran Mercado Mayorista de Lima, se lleva a cabo desde la Gerencia de Operaciones, a través del Departamento de Administración de Mercados Mayoristas y la Unidad de Mantenimiento y Servicios Generales; quienes a través de un coordinador de Mantenimiento y Servicios generales, se encargan de supervisar a las empresas encargadas de la limpieza y la evacuación de residuos sólidos.

Figura N° 7 Organigrama de la Empresa Municipal de Mercados S.A.



FUENTE: www.emmsa.com

Asimismo, en febrero de 2016 se otorgó la buena pro del concurso público N° 003-2015-EMMSA/CE, el mismo tuvo como objeto la contratación del “Servicio de Limpieza, Recojo, Transporte y Disposición Final de Residuos Sólidos del GMML”, mediante el cual el consorcio integrado por Proactiva Medio Ambiente Perú S.A.C. – Proactiva Servicios Urbanos S.A. fue seleccionado para realizar el Manejo de los Residuos Sólidos durante 730 días desde la firma del contrato.

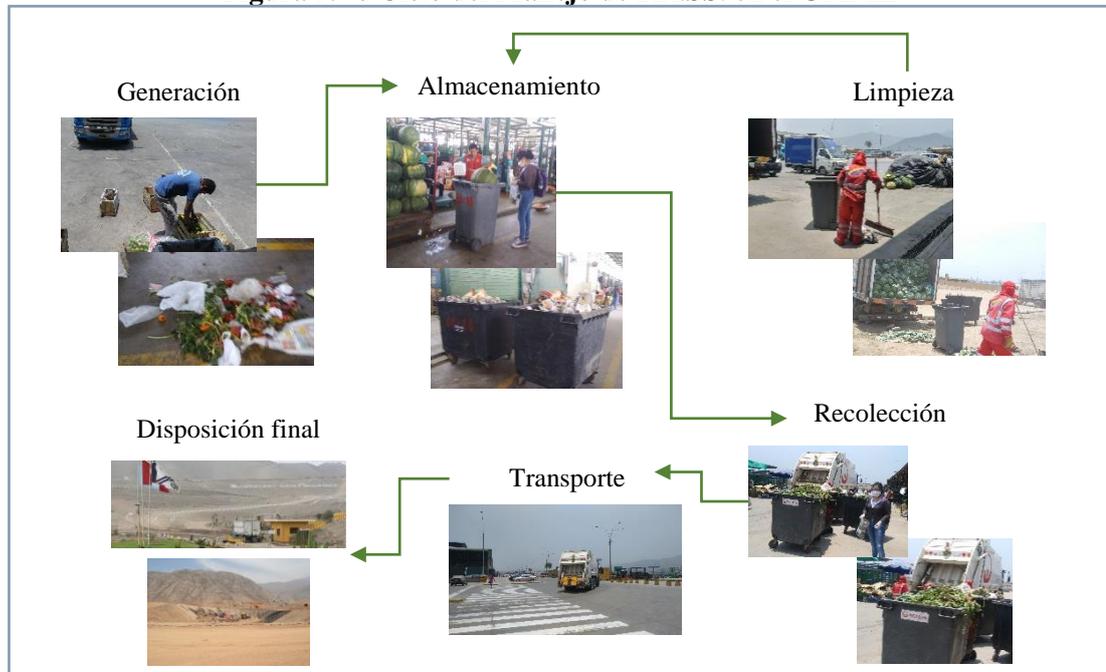
5.1.2.2. Aspecto Económico

Según el cuadro valorizado de la buena pro otorgada en febrero de 2016, el monto total del servicio contratado es de S/ 15 702 000,00 (Quince millones setecientos dos mil con 00/100 soles), considerando este monto total del servicio que incluye la limpieza, recojo, transporte y disposición final de los residuos sólidos, se tiene que mensualmente se paga aproximadamente S/ 645 287,67 por el manejo de los residuos sólidos en el GMML.

5.1.2.3. Manejo de Residuos Sólidos

Actualmente, el manejo de los residuos sólidos en el GMML se lleva a cabo tal como se muestra en la siguiente Figura N° 8:

Figura N° 8 Ciclo del Manejo de RR.SS. en el GMML



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

A continuación, en los siguientes ítems se describen cada uno de las etapas del Manejo de los Residuos Sólidos.

A. Generación de Residuos Sólidos

Actualmente se puede observar la generación de residuos sólidos en los pabellones, el área de Plataforma N° 1, áreas administrativas, restaurantes, servicios higiénicos y otras áreas conexas.

A través de un sistema de almacenamiento de datos que se utiliza actualmente, es posible administrar los pesos registrados en la balanza de ingreso, por el cual pasan todos los camiones al ingreso y salida, y permite por diferencia de pesos, conocer para la cantidad de residuos sólidos que están transportando diariamente; por lo tanto se tienen registros diarios de la generación total/día de residuos sólidos.

Se tienen registros en dicho sistema desde el 19 de febrero de 2013, se pudo acceder a la información de la generación mensual y promedio diario mensual, el cual se presenta a continuación en el Cuadro N° 16 y Cuadro N° 17.

Cuadro N° 16 Generación mensual de RR.SS. y promedio diario (2013-2014)

	Año 2013		Año 2014	
	Kg /mes	Kg/día	Kg /mes	Kg/día
ENERO			1 631 440,00	52 627,00
FEBRERO	521 860,00	52 186,00	1 335 660,00	47 702,00
MARZO	1 429 990,00	46 129,00	1 729 400,00	55 787,00
ABRIL	1 314 380,00	43 813,00	1 623 280,00	54 109,00
MAYO	1 058 670,00	34 151,00	1 628 920,00	52 546,00
JUNIO	914 330,00	30 478,00	1 170 640,00	39 021,00
JULIO	731 040,00	23 582,00	1 004 800,00	32 413,00
AGOSTO	804 510,00	25 952,00	1 134 170,00	36 586,00
SETIEMBRE	978 070,00	32 602,00	1 083 120,00	36 104,00
OCTUBRE	997 270,00	32 170,00	1 252 050,00	40 389,00
NOVIEMBRE	995 500,00	33 183,00	1 405 520,00	46 851,00
DICIEMBRE	1 327 680,00	43 828,00	1 546 350,00	49 882,00
Total Anual Kg	11 073 300,00		14 913 910,00	

FUENTE: EMMSA (2016)

Cuadro N° 17 Generación mensual de RR.SS. y promedio diario (2015-2016)

	Año 2015		Año 2016	
	Kg /mes	Kg/día	Kg /mes	Kg/día
ENERO	1 844 060,00	59 4869,00	1 880 030,00	60 646,00
FEBRERO	1 755 750,00	62 705,00	2 106 930,00	72 653,00
MARZO	2 046 340,00	66 011,00	2 122 360,00	68 463,00
ABRIL	2 053 060,00	68 435,00	1 894 510,00	63 150,00
MAYO	1 792 130,00	57 811,00	1 491 330,00	48 107,00
JUNIO	1 333 480,00	44 449,00	1 189 330,00	39 644,00
JULIO	1 167 210,00	37 652,00	1 180 290,00	38 074,00
AGOSTO	1 221 100,00	39 390,00	1 280 790,00	42 693,00
SETIEMBRE	1 281 500,00	42 717,00	1 363 190,00	45 440,00
OCTUBRE	1 184 470,00	38 209,00	1 447 590,00	46 696,00
NOVIEMBRE	1 240 290,00	41 343,00		
DICIEMBRE	1 455 520,00	46 952,00		
Total Anual	16 530 850,00		14 076 320,00	

FUENTE: EMMSA (2016)

De los cuadros anteriores, podemos obtener el siguiente Cuadro N° 18 Generación promedio de RR.SS. en el GMML, que muestra el resumen de la generación promedio mensual y promedio diario de residuos sólidos.

Cuadro N° 18 Generación promedio de RR.SS. en el GMML

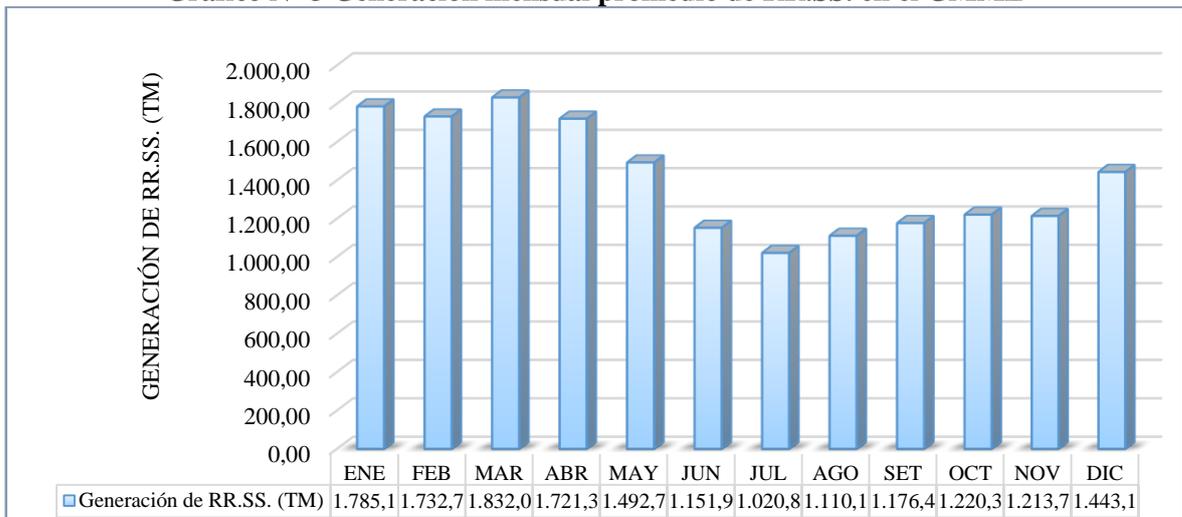
	Promedio mensual TM	Promedio diario TM
ENERO	1 785,18	57,59
FEBRERO	1 430,05	58,81
MARZO	1 832,02	59,10
ABRIL	1 721,31	57,38
MAYO	1 492,76	48,15
JUNIO	1 151,95	38,40
JULIO	1 020,84	32,93
AGOSTO	1 110,14	36,16
SETIEMBRE	1 176,47	39,22
OCTUBRE	1 220,35	39,37
NOVIEMBRE	1 213,77	40,46
DICIEMBRE	1 443,18	46,89

TM: Toneladas Métricas

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Según los datos analizados, se puede observar en el Gráfico N° 3 Generación mensual promedio de RR.SS. en el GMML, que existe una variación estacional de la generación de residuos sólidos, evidenciándose un incremento significativo en los meses de verano, ya que en esta temporada los productos comercializados, por ser perecibles tienden a deteriorarse más rápido; caso contrario sucede en los meses de invierno (junio-setiembre) donde la cantidad generada de residuos sólidos es menor.

Gráfico N° 3 Generación mensual promedio de RR.SS. en el GMLL



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Teniendo en cuenta la variación anual de la generación de residuos sólidos, debemos identificar dos (02) temporadas semestrales de generación, siendo que de junio a noviembre el promedio de generación asciende a 37,76 TM/día, mientras que de diciembre a mayo el promedio resulta 54,65 TM/día.

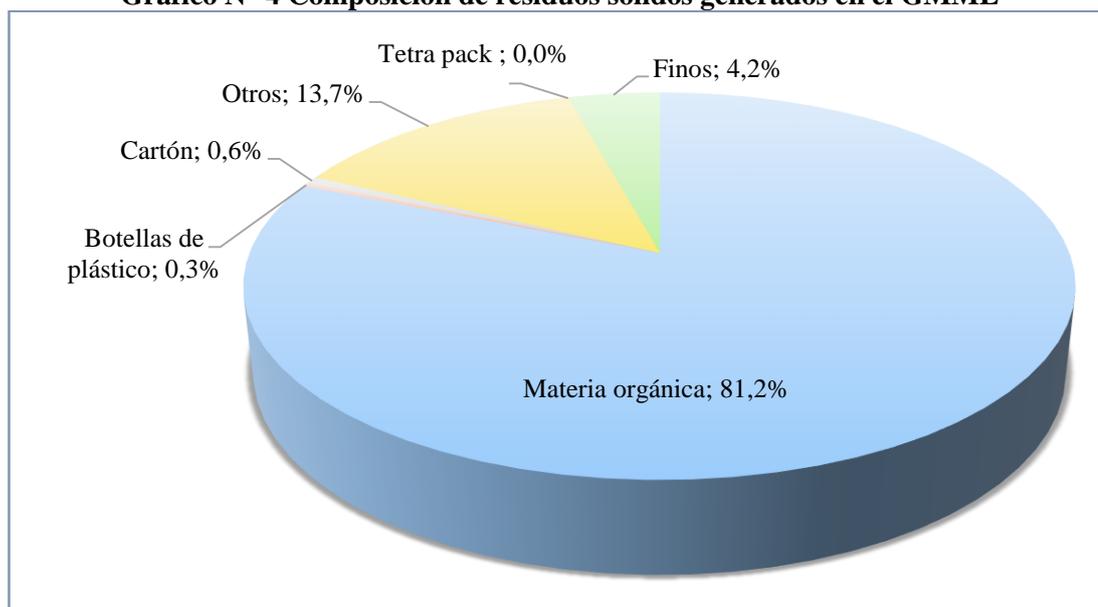
B. Composición de los Residuos Sólidos

Al respecto se debe mencionar que EMMSA cuenta con dos (02) Estudios de Caracterización de Residuos Sólidos, realizados en julio de 2013 y setiembre de 2016; la primera realizada por IPES Promoción del Desarrollo Sostenible y la segunda realizada por VEOLIA PERÚ; según estos estudios realizados podemos determinar la composición de los residuos sólidos generados en el GMLL, cabe señalar que en general se tendrá en cuenta el último estudio realizado en el presente año, sin embargo es necesario citar la información generada en el primer estudio.

B.1. Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos (ECSR) 2016

El presente estudio se llevó a cabo en setiembre de 2016, considerando como muestra los residuos generados en los Pabellones A, B, C y D; asimismo el estudio se llevó a cabo en 10 series durante tres (03) días; a continuación Gráfico N° 4 muestra el resultado obtenido en dicho estudio.

Gráfico N° 4 Composición de residuos sólidos generados en el GMLL



FUENTE: VEOLIA PERÚ (2016)

Cabe indicar que según la metodología empleada en el ECSR realizado por VEOLIA PERÚ, los resultados tienen un nivel de confianza de 95%, por lo que cada uno de los resultados obtenidos presenta un intervalo de confianza según se detalla en el siguiente Cuadro N° 19:

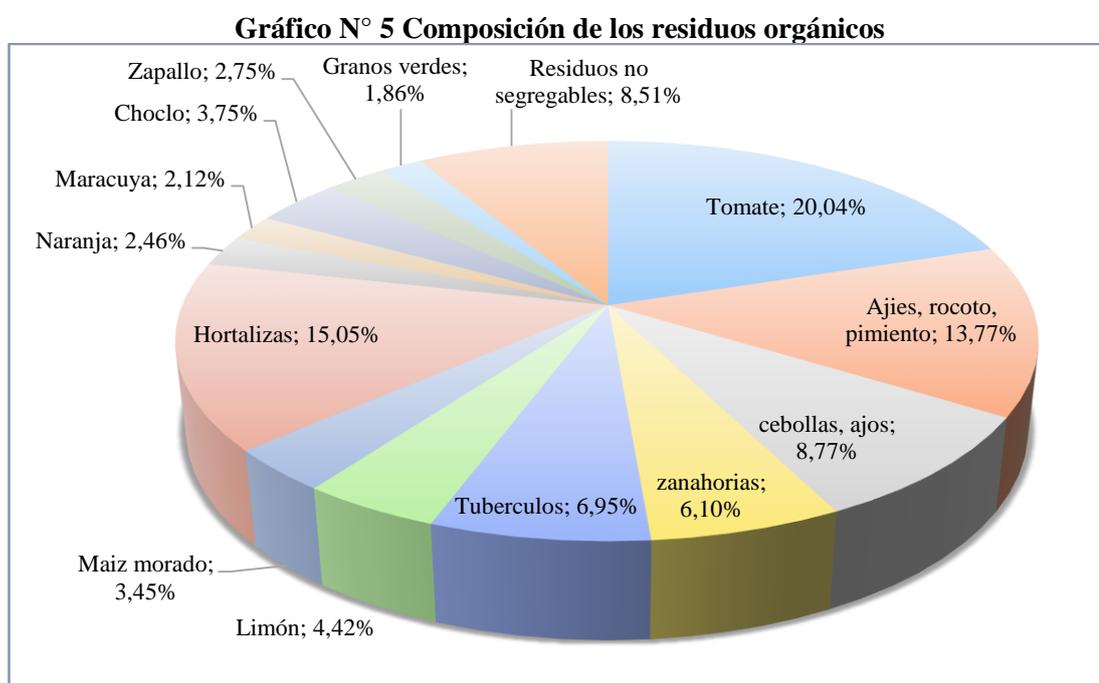
Cuadro N° 19 Intervalo de confianza de los porcentajes obtenidos

Ítem	Descripción	Porcentaje
1	Materia orgánica	$81,2\% \pm 2,4\% = [78,8\%; 83,6\%]$
2	Otros	$13,7\% \pm 2,8\% = [10,9\%; 16,5\%]$
3	Finos	$4,2\% \pm 1,9\% = [2,3\%; 6,1\%]$
4	Cartón	$0,6\% \pm 0,4\% = [0,2\%; 1,0\%]$
5	Botellas de plástico	$0,3\% \pm 0,1\% = [0,2\%; 0,4\%]$
6	Tetra pack	$0,0\% \pm 0,0\% = 0,0\%$

FUENTE: VEOLIA PERÚ (2016)

B.2. Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos (ECRS) 2013

El estudio realizado en julio de 2013 refleja una composición diferente a la del 2016, en dicho documento se indica que los residuos sólidos generados en los pabellones contiene un 89,77% de residuos de origen orgánico y la diferencia (10,23%) de residuos inorgánicos. Cabe señalar que la importancia de citar este estudio radica en que se determinó la composición de los residuos orgánico, siendo esta tal como se muestra en el Gráfico N° 5.



FUENTE: IPES (2013)

Del gráfico se observa que el 20,04 % de los residuos orgánicos está conformado por residuos de tomate, seguido de los residuos de hortalizas (15,05%), residuos de ajíes, rocoto y pimiento (13,77%).

Debemos indicar que la variación en los porcentajes obtenidos entre ambos estudios realizados es de 8,57 % \pm 2,4%; debido posiblemente al incremento de la actividad comercial en el GMMML, que a su vez genera más residuos.

C. Limpieza de áreas comunes

La limpieza de las áreas comunes consiste en el barrido manual y el lavado de los espacios públicos; en los siguientes ítems se describen dichos servicios.

C.1. Barrido Manual

El barrido manual de los espacios públicos de las diferentes zonas e infraestructuras del GMLL, se realiza con escobillones, según el siguiente detalle presentado en el Cuadro N° 20:

Cuadro N° 20 Frecuencia y turno de barrido

Espacios públicos		Área (m ²) a barrer por turno	Frecuencia	Turnos
Pabellón A,B,C y D.	Área de circulación y maniobra interna	3 238,00	De lunes a domingo	Mañana y tarde
	Anden de carga y descarga incluido estacionamiento	6 143,61	De lunes a domingo	Mañana y tarde
Pabellón E	Área de circulación y maniobra interna	1 436,40	De lunes a domingo	Mañana y tarde
Pabellón J y JT	Área de circulación y maniobra interna	507,60	De lunes a domingo	Mañana y tarde
Pabellón F temporal	Área de influencia	1 797,15	De lunes a domingo	Mañana, tarde y noche
Pabellón G temporal	Área de influencia	672,77	De lunes a domingo	Mañana y tarde
Pabellón I temporal	Área de influencia	677,75	De lunes a domingo	Mañana y tarde
	03 (tres) puertas de acceso al GMLL (1,3 y 4) y veredas	1 658,70	De lunes a domingo	Un turno (mañana y/o tarde)
	Calles avenidas y estacionamientos	92 091,29	De lunes a domingo	Un turno (mañana y/o tarde)
Plataforma N° 1	Área de circulación y zona de estacionamiento temporal	10 419,27	De lunes a domingo	Mañana, tarde y noche

FUENTE: EMMSA (2016)

Asimismo, se cuenta con 06 (seis) operarios de lunes a domingo en el turno noche, para el servicio especial de recojo de residuos voluminosos, que obstaculizan la libre y segura circulación de los usuarios.

C.1.1. Personal de servicio

El personal operativo de barrido, cuenta con uniformes de color rojo y herramientas necesarias para el buen desempeño de sus funciones, entre ellos se tienen los siguientes:

- Uniforme completo de color rojo con cintas reflectivas
- Gorro
- Par de guantes
- Mascarilla de protección para el polvo
- Botas

C.1.2. Herramientas para el servicio

Entre las herramientas con las que cuentan para la prestación del servicio se encuentran las siguientes:

- Escobillones de paja tipo pizarra (grandes y chicos)
- Escobillo de cerda dura de nylon
- Recogedores del tipo municipal
- Rastrillo o escoba metálica
- Pala o lampa tipo carbonera
- Conos de seguridad (para quienes realizan limpieza de pistas y avenidas)

En la Fotografía N° 18 Personal de limpieza del GMML se aprecia a un trabajador del servicio de limpieza ejerciendo sus labores dentro de las instalaciones del Gran Mercado Mayorista de Lima.

Fotografía N° 18 Personal de limpieza del GMML



FUENTE: TRABAJO DE CAMPO

C.2. Lavado de espacios públicos

Consiste principalmente en el lavado mediante abastecimiento de agua con camiones cisterna y personal encargado del lavado, asimismo se realiza el lavado de las rejillas y canales de drenaje ubicadas en las áreas de circulación y maniobra interna y externa de los pabellones A,B,C y D.

Dicho procedimiento se realiza según el siguiente detalle (Cuadro N° 21):

Cuadro N° 21 Frecuencia y turno de lavado

Espacios públicos		Área (m ²) a barrer por turno	Frecuencia	Turnos
Pabellón A,B,C y D.	Área de circulación y maniobra interna	3 238,00	De lunes a domingo	Tarde
	Anden de carga y descarga incluido estacionamiento	6 143,61	2 veces a la semana	Tarde
Pabellón E	Área de circulación y maniobra interna	1 436,40	2 veces a la semana	Tarde
Pabellón J y JT	Área de circulación y maniobra interna	507,60	2 veces a la semana	Tarde
Pabellón F temporal	Área de influencia	1 797,15	2 veces a la semana	Tarde
Pabellón G temporal	Área de influencia	672,77	2 veces a la semana	Tarde

Espacios públicos		Área (m ²) a barrer por turno	Frecuencia	Turnos
Pabellón I temporal	Área de influencia	677,75	2 veces a la semana	Tarde
	03 (tres) puertas de acceso al GMLL (1,3 y 4) y veredas	1 658,70	2 veces a la semana	Tarde
	Calles avenidas y estacionamientos	92 091,29	1 vez por mes	Tarde
Plataforma N° 1	Estacionamiento temporal	10 419,27	2 veces a la semana	Tarde

FUENTE: EMMSA (2016)

C.2.1. Personal de servicio

Este servicio de limpieza se realiza con personal debidamente uniformado, los mismos que cuentan con las herramientas necesarias para el buen desempeño de sus funciones, entre los implementos básicos son los que cuentan tenemos los siguientes:

- Uniforme de color rojo con cintas reflectivas
- Par de guantes de jebe
- Botas de jebe
- Mascarillas para gases (en el caso del lavado de las rejillas de desagüe).

C.2.2. Herramientas y equipos para el lavado

Se utilizan los siguientes:

- Camiones medianos con capacidad de 4 000 o 5 000 galones de agua y máquinas hidrolavadoras de 5,5 HP de potencia aproximadamente.
- Escobillones de cerda gruesa de nylon
- Insumos para el lavado (detergente y/o similares)

C.3. Limpieza de la infraestructura de los puestos de venta

Esta consiste en la limpieza manual y lavado de los techos, canaletas pluviales, vigas longitudinales, tijerales, luminarias, paredes laterales y longitudinales y las puertas enrollables de los puestos de venta; según lo indican los funcionarios de EMMSA, este se lleva a cabo según el siguiente detalle (Cuadro N° 22):

Cuadro N° 22 Frecuencia de lavado de infraestructura de puestos de venta

Ítem	Descripción	Pabellón	Frecuencia	m ²
1	Techos	Únicamente en los pabellones A,B,C y D	Anual	40 984
2	Paredes		Semestral	2 120
3	Luminarias		Semestral	5 952
4	Mallas		Semestral	
5	Canaletas pluviales		Semestral	
6	Vigas longitudinales		Anual	

FUENTE: EMMSA (2016)

D. Almacenamiento temporal de Residuos Sólidos

Una vez realizado el barrido los residuos son almacenados de manera temporal en contenedores de 240 y 1 100 litros (ver Fotografía N° 19 y Fotografía N° 20), asimismo los generadores de residuos (comerciantes) utilizan dichos contenedores para el almacenamiento temporal de los mismos; en el siguiente cuadro se detalla la cantidad de contenedores con los que se cuenta en el GMML, los mismos que son de propiedad de EMMSA y han sido complementados por la EPS-RS para cubrir la demanda de los generadores. El Cuadro N° 23 muestra la cantidad de contenedores distribuidos en el Gran Mercado Mayorista de Lima.

Cuadro N° 23 Cantidad de contenedores de RR.SS. distribuidos en el GMML

Descripción	Capacidad (L)	De propiedad de EMMSA	De la EPS-RS	Total
Contenedor de plástico duro (HDPE) color plomo y verde	240	300	150	450
	1 100	100	85	185

FUENTE: EMMSA (2016)

Fotografía N° 19 Almacenamiento de RR.SS. en contenedores de 1 100 litros



FUENTE: TRABAJO DE CAMPO

Fotografía N° 20 Almacenamiento de RR.SS. en contenedores de 240 litros



FUENTE: TRABAJO DE CAMPO

E. Segregadores Informales

Según lo mencionado líneas arriba, los residuos generados en el GMML son almacenados en contenedores de 240 y 1 100 L a los que cualquier persona tiene acceso por lo que se ha podido observar la presencia de “Segregadores” quienes seleccionan productos “recuperables” que son posiblemente utilizados para consumo directo, alimento de animales o incluso para la venta en mercados minoristas.

Este acto está prohibido, sin embargo en la actualidad aún se observa tal como lo muestran las siguientes fotografías:

Fotografía N° 21 Presencia de segregadores informales



FUENTE: TRABAJO DE CAMPO

Fotografía N° 22 Segregación informal en contenedores



FUENTE: TRABAJO DE CAMPO

F. Recolección y transporte de Residuos Sólidos

Se cuenta con 02 (dos) unidades compactaras de recolección con capacidad aproximada de 11 – 15 toneladas, estos camiones compactadores recogen los residuos sólidos almacenados en el contenedores de 240 y 1 100 L, asimismo no se tiene un

circuito definido para la recolección ya que se lleva a cabo en función a la prioridad de recojo según lo designe el coordinador correspondiente.

Seguidamente se realiza el transporte de los residuos recolectados para su disposición final adecuada, tal como se aprecia en la siguiente fotografía (Fotografía N° 23 Unidad de recolección y transporte de RR. SS.):

Fotografía N° 23 Unidad de recolección y transporte de RR. SS.



FUENTE: TRABAJO DE CAMPO

La frecuencia de recolección es diaria de lunes a domingo en turnos mañana, tarde y/o noche, previa coordinación con el responsable.

G. Disposición Final de Residuos Sólidos

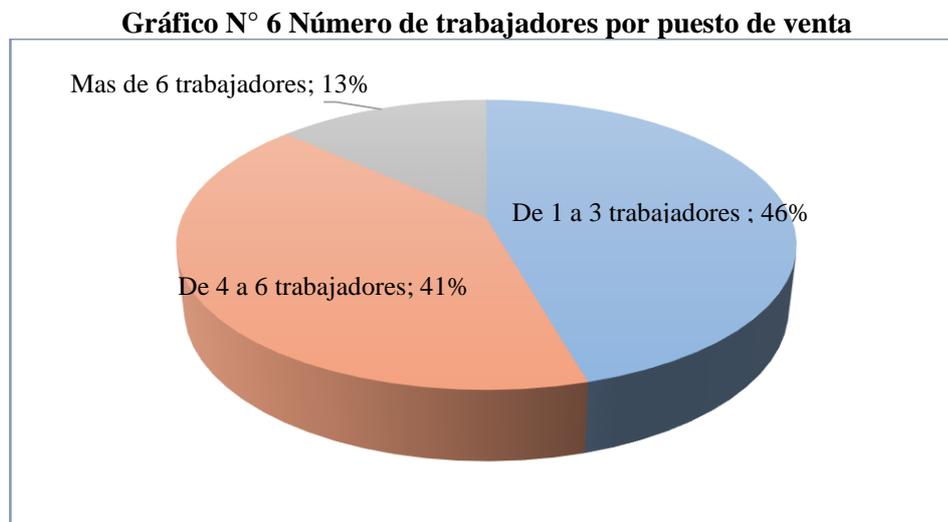
Finalmente los residuos son transportados al relleno sanitario ubicado en la quebrada Huaycoloro, perteneciente a la empresa Petramás.

5.1.2.4. Percepción de la población usuaria del establecimiento (comerciantes)

La encuesta aplicada busca conocer la percepción de los comerciantes respecto a actividades relacionadas al manejo de los residuos sólidos, cabe reiterar que el modelo de las encuestas aplicadas así como los datos registrados se encuentra adjuntados (ver

Anexo N° 3 Resultado de encuestas), a continuación se muestran los resultados puntuales:

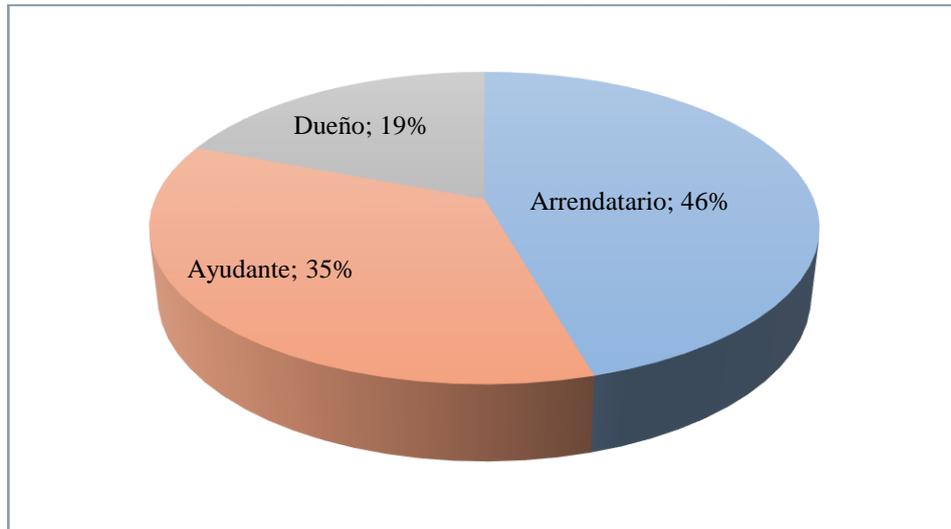
- **Número de trabajadores por puesto de venta.-** Tal como lo muestra el Gráfico N° 6, el 46% de los puestos de venta está conformado por un rango de 1 a 3 personas, entre ayudantes y dueño, asimismo el 41% señala que cuenta con un rango de 4 a 6 personas y el 13% con más de 6, este último caso se presenta debido a que la magnitud de la actividad comercial ha hecho que en algunos puestos de venta se contrate más personas para el saneado, descargado y venta propiamente dicha de productos.



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

- **Condición del encuestado.-** Según el Gráfico N° 7, del total de encuestados el 46% señala ser arrendatario del puesto de venta, mientras que el 35% eran ayudantes y solo el 19% de los encuestados eran los dueños de los puestos de venta, dicho resultado se debió posiblemente a que las encuestas fueron realizadas durante el día y la mayor actividad comercial se lleva a cabo a primeras horas del día (madrugada) quedando en los puestos de venta solo los ayudantes y en otros casos los dueños y arrendatarios.

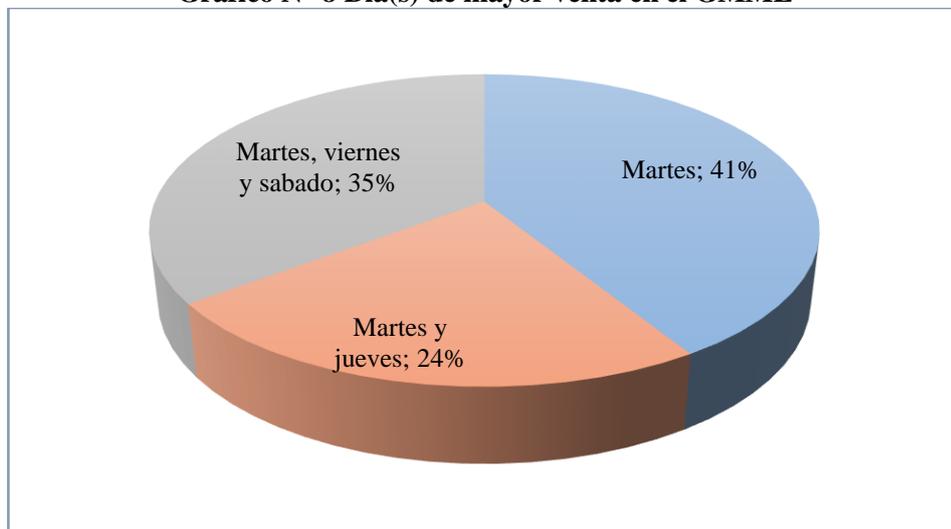
Gráfico N° 7 Condición del encuestado



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

- **Día(s) de mayor venta.-** Respecto a esta pregunta, todos los encuestados coinciden en que los días martes son los días de mayor venta, sin embargo un 35% considera también los días viernes y sábados, mientras que un 24% considera también los días jueves (Gráfico N° 8).

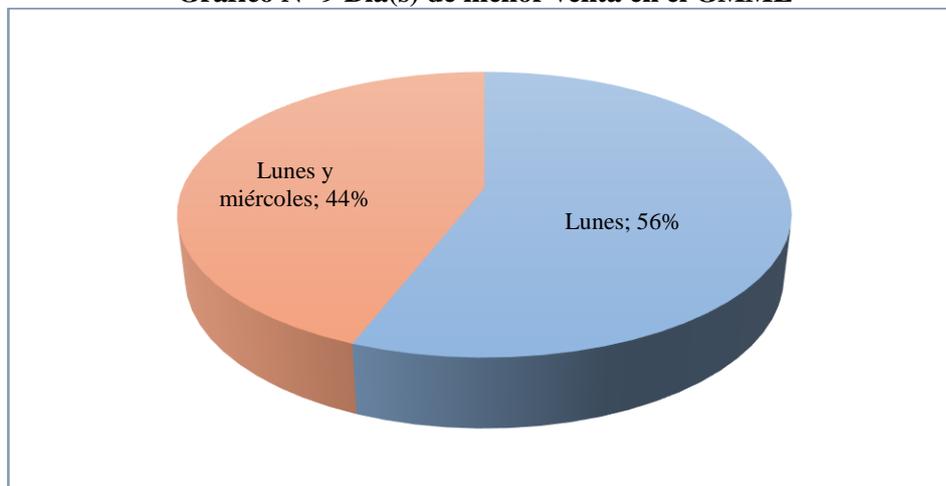
Gráfico N° 8 Día(s) de mayor venta en el GMML



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

- **Día(s) de menor venta.-** Tal como lo muestra el Gráfico N° 9, todos los encuestados consideran que el día de menor venta es el día lunes, asimismo un 44% considera también los días miércoles.

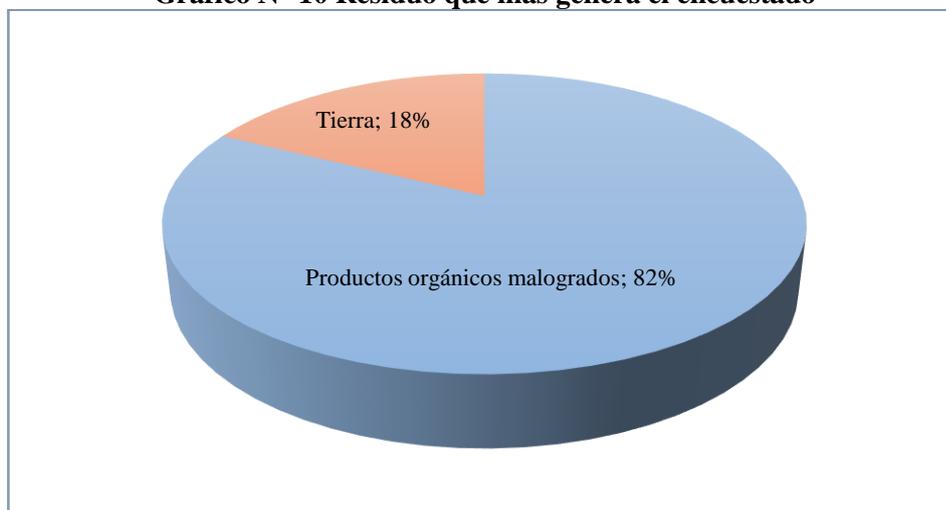
Gráfico N° 9 Día(s) de menor venta en el GMML



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

- **Residuo que más genera.-** Al respecto, el 82% de los encuestados manifestaron que los residuos sólidos que más generan son productos orgánicos malogrados, mientras un 18% mencionó que generan más tierra; este último dato se registró en los puestos de venta de papa y camote (Gráfico N° 10).

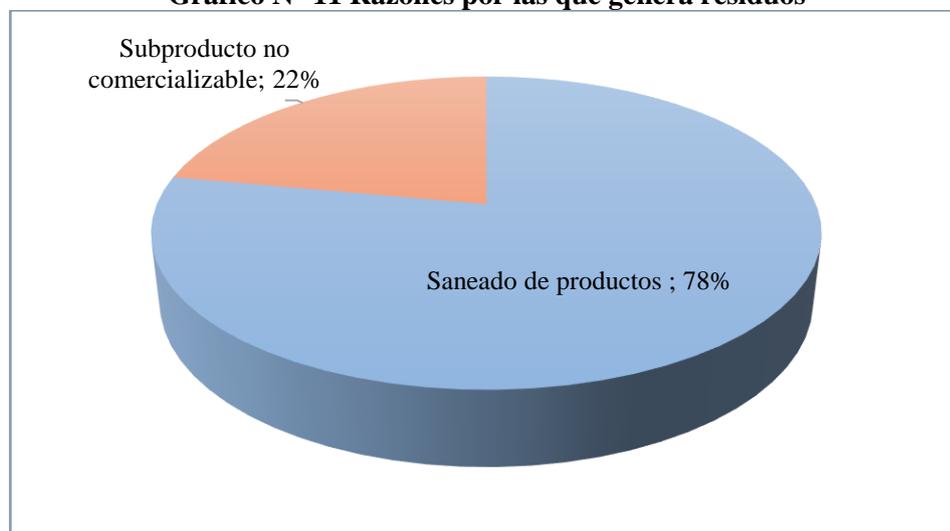
Gráfico N° 10 Residuo que más genera el encuestado



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

- **Razones por las que genera residuos.-** Respecto a la presente interrogante el 78% de los encuestados señalaron que se debe al saneado de los productos que comercializan; por otro lado un 22% señala que genera residuos a partir de los subproductos no comercializables que llegan con el producto principal, tal es el caso por ejemplo de la hojarasca que cubre los ajíes, los cajones de madera en mal estado, tierra, costales, etc. (Gráfico N° 11).

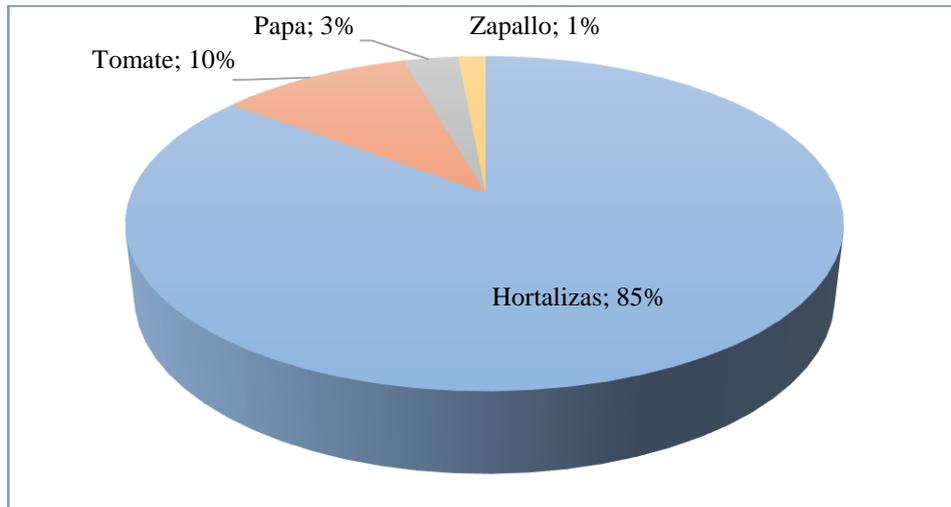
Gráfico N° 11 Razones por las que genera residuos



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

- **Giro que genera mayor cantidad de residuos sólidos.-** Ante esta pregunta, un 85% de los encuestados señalan al giro de hortalizas como responsables de la mayor cantidad de residuos que se generan en el GMML, asimismo un 10% considera que se generan más residuos del giro de tomates, seguido de las papas (10%) y el zapallo (1%) (Ver Gráfico N° 12).

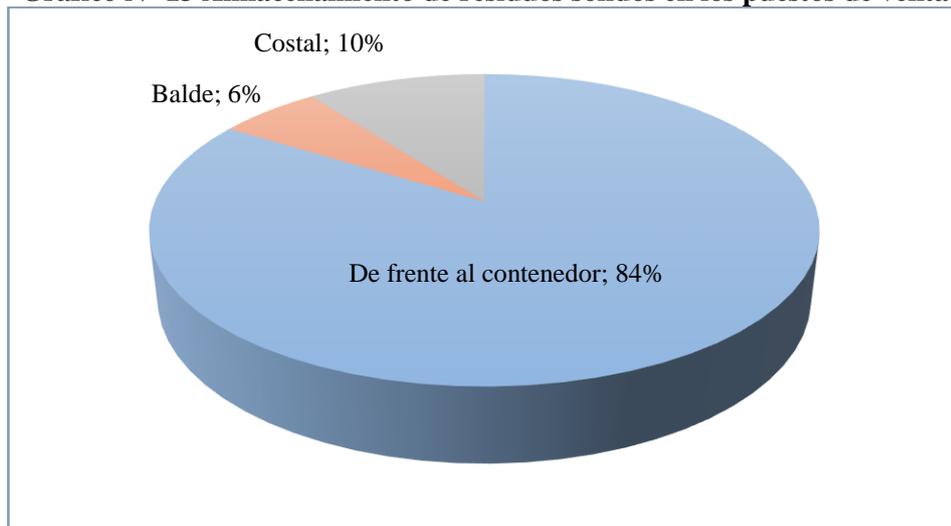
Gráfico N° 12 Giro que genera mayor cantidad de residuos sólidos según los encuestados



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

- **Almacenamiento de residuos en el puesto de venta.-** Según lo muestra el Gráfico N° 13, un 84% de los encuestados señala que una vez generados sus residuos son dispuestos directamente en el contenedor; asimismo, un 10% utiliza un costal (caso de los puestos de venta de papas u otros tubérculos) y un 6% utiliza baldes (caso de algunos puestos de tomates).

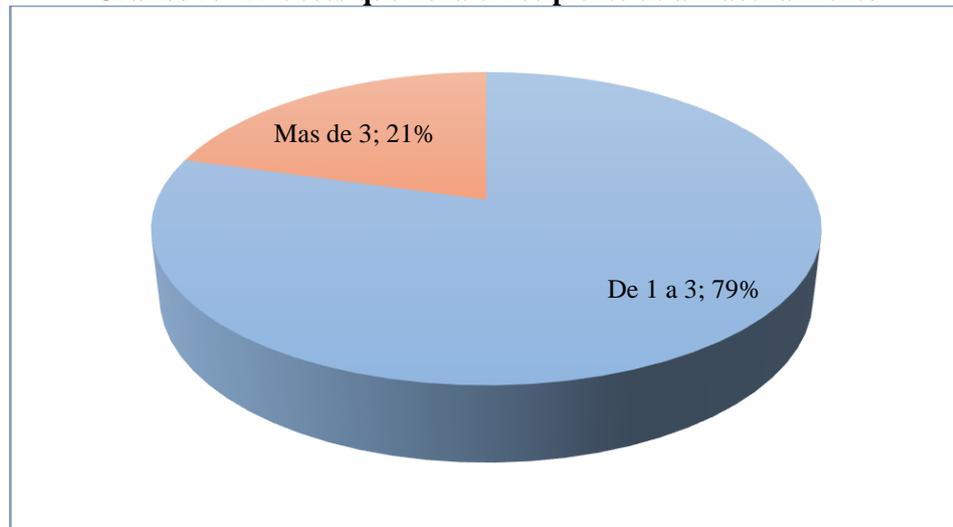
Gráfico N° 13 Almacenamiento de residuos sólidos en los puestos de venta



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

- **Veces que llena el recipiente utilizado.-** A consecuencia de la pregunta anterior, se les hizo la consulta respecto a las veces que se llena el recipiente, a lo que el 79% de los encuestados indicó, que esto sucede de 1 a 3 veces durante el día, asimismo un 21% señala que esto sucede más de 3 veces al día.

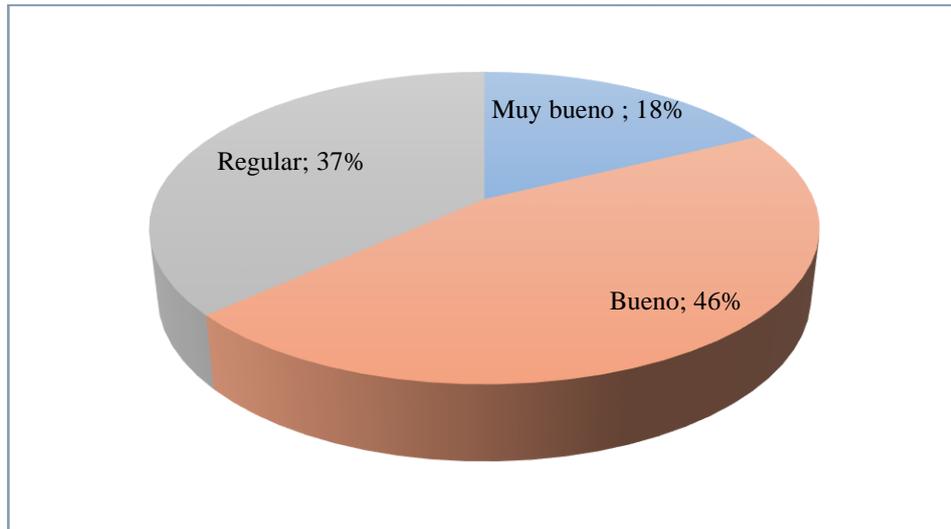
Gráfico N° 14 Veces que llena el recipiente de almacenamiento



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

- **Calificación a la ubicación de contenedores.-** Respecto a la ubicación de los contenedores alrededor de las instalaciones del GMML, el 18% de los encuestados indicaron que es muy bueno y un 46% indicó que es bueno, frente a un 37% que considera la distribución de los contenedores como regular, debido a que no tienen cerca los contenedores cuando los necesitan (Ver Gráfico N° 15).

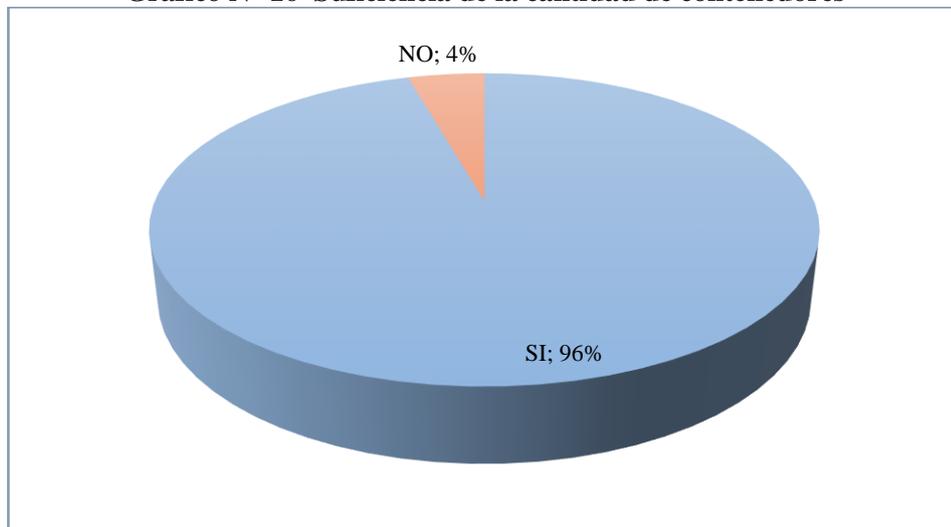
Gráfico N° 15 Calificación a la ubicación de los contenedores



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

- **Suficiencia de la cantidad de contenedores.-** Respecto a la cantidad de contenedores distribuidos en el GMML, el 96 % de los encuestados dijo que eran suficientes, frente a un 4% que manifiesta lo contrario, debido a que a veces no encuentran un contenedor cercano (Gráfico N° 16).

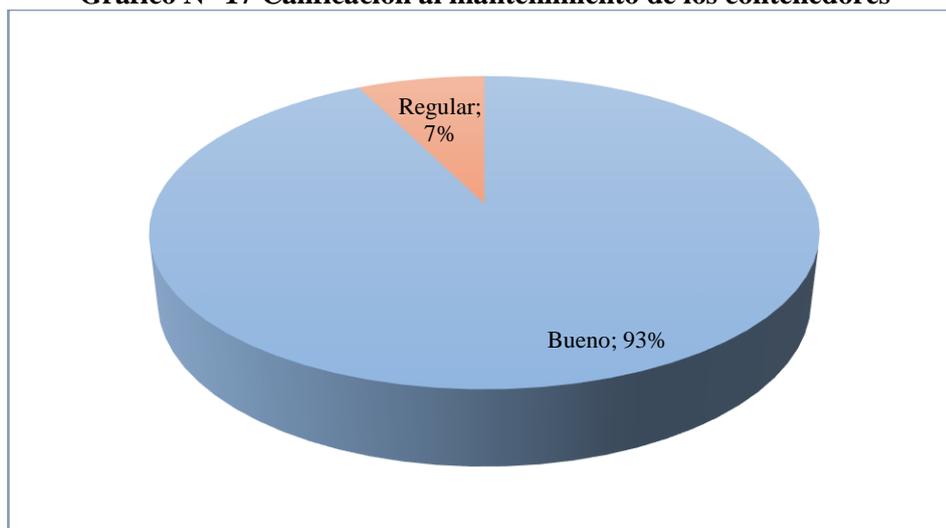
Gráfico N° 16 Suficiencia de la cantidad de contenedores



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

- **Calificación al mantenimiento de los contenedores.-** Al respecto los encuestados señalan que en la actualidad el mantenimiento de contenedores se realiza de forma permanente, por lo que el 93 % señala que es Bueno, frente a un 7 % que consideran Regular (Gráfico N° 17).

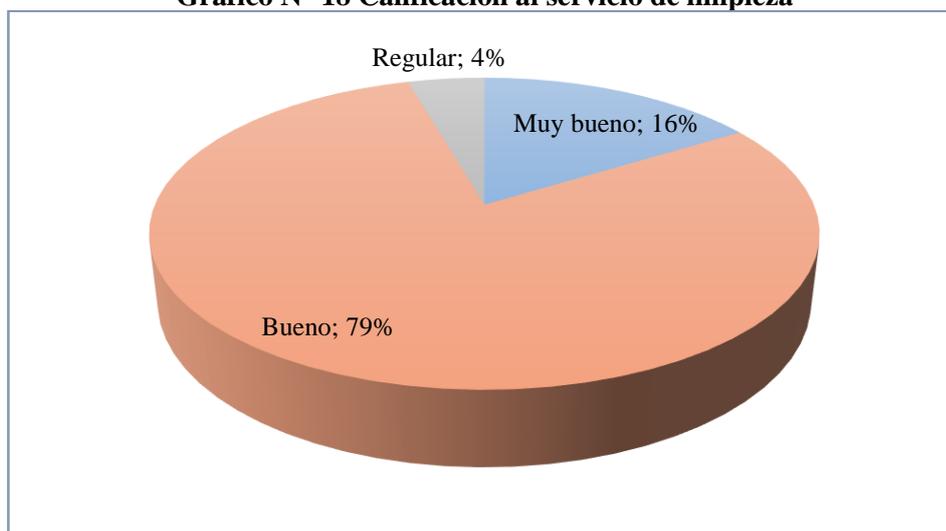
Gráfico N° 17 Calificación al mantenimiento de los contenedores



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

- **Calificación al servicio de limpieza.-** El 96% de los encuestados califica el servicio de limpieza entre Bueno y Muy bueno, frente a solo un 4 % que lo considera regular (Gráfico N° 18).

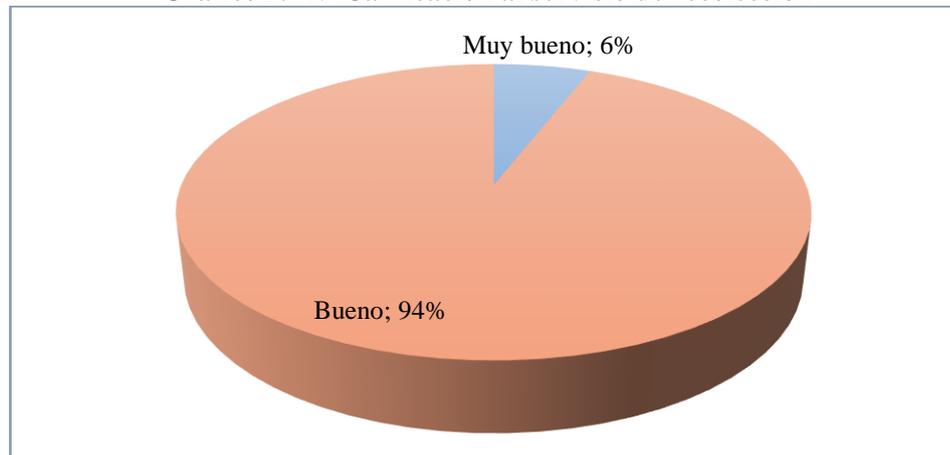
Gráfico N° 18 Calificación al servicio de limpieza



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

- **Calificación al servicio de recolección.-** El 94% de los encuestados califica el servicio de limpieza entre Bueno y un 6 % considera que es muy bueno (Gráfico N° 19).

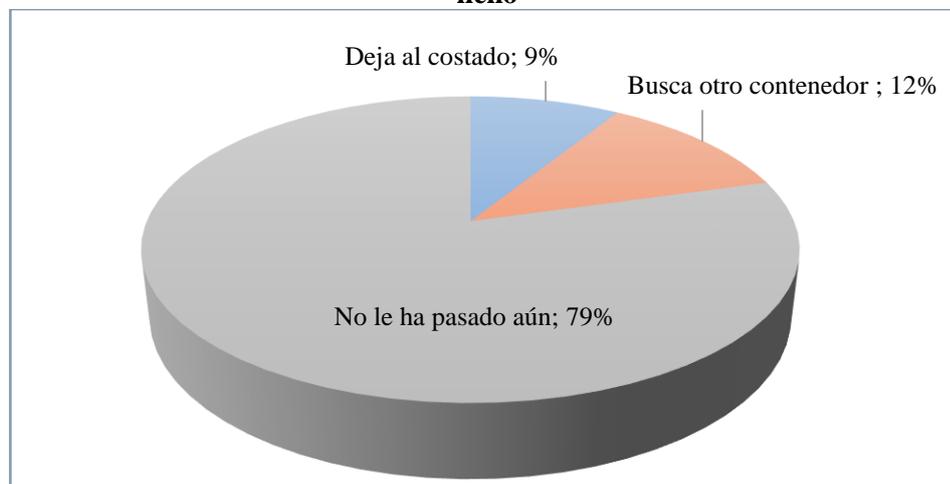
Gráfico N° 19 Calificación al servicio de recolección



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

- **Acciones que se toman cuando se encuentra un contenedor lleno.-** Al respecto el 79 % de los encuestados manifiesta que no se ha encontrado con esta situación, dato que coincide con la suficiencia de los contenedores distribuidos en el GMML, asimismo un 12 % señala que va en busca de otro contenedor y un 9 % indica que deja sus residuos sólidos al constado del contenedor lleno (Gráfico N° 20).

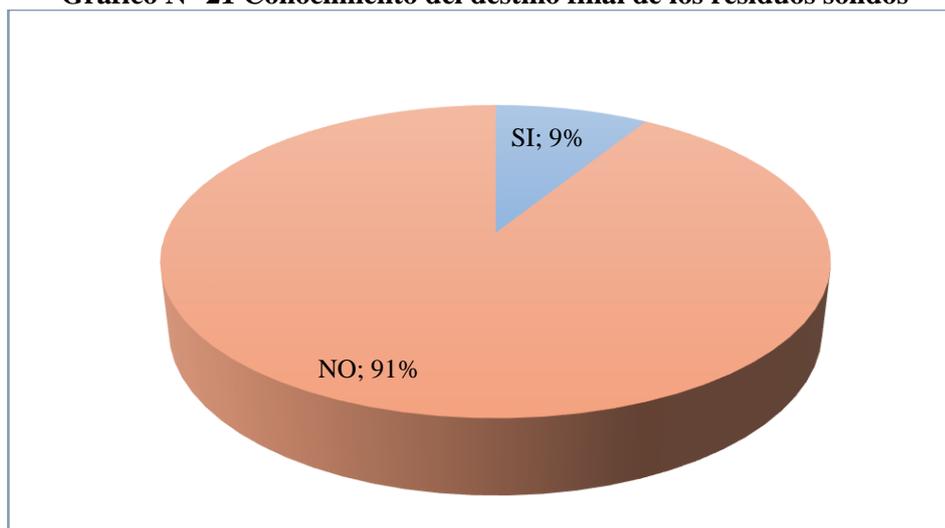
Gráfico N° 20 Acciones que se toman cuando se encuentra un contenedor lleno



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

- **Conocimiento del destino final de los residuos sólidos.-** Un 91 % de los encuestados, desconoce el destino final de los residuos sólidos, frente a un 9% de encuestados que mencionaron al relleno sanitario como sitio de disposición final de los residuos (Gráfico N° 21).

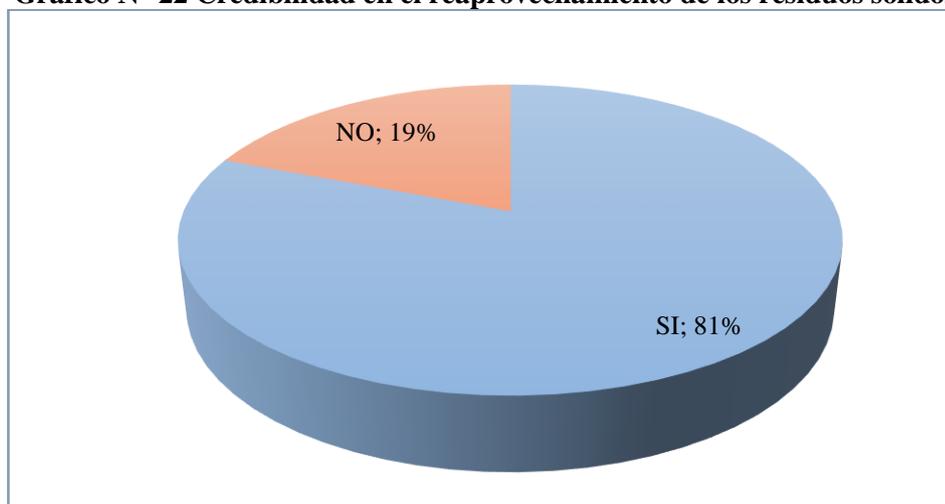
Gráfico N° 21 Conocimiento del destino final de los residuos sólidos



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

- **Credibilidad en el reaprovechamiento de los residuos sólidos.-** Ante la pregunta, el 81% de los encuestados cree que si se puede reaprovechar los residuos sólidos generados en el GML, sin embargo un 19% cree que no se puede reaprovechar (Gráfico N° 22).

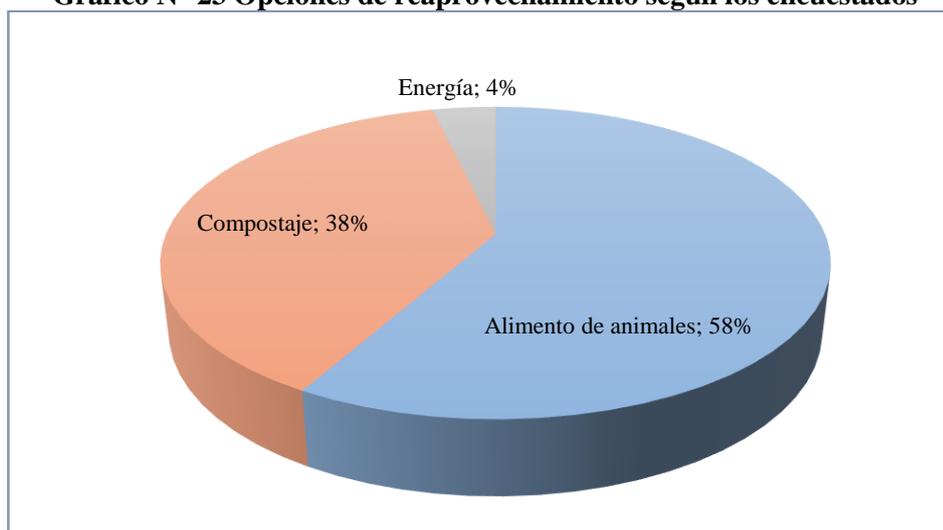
Gráfico N° 22 Credibilidad en el reaprovechamiento de los residuos sólidos



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

- **Opciones de reaprovechamiento de RR. SS. según los encuestados.-** Del 81% de los encuestados que cree que si se pueden aprovechar, un 58% considera que los residuos generados en el GMML pueden aprovecharse para alimento de animales, asimismo un 38% considera como una opción al compostaje, y un 4% menciona la generación de energía (Gráfico N° 23).

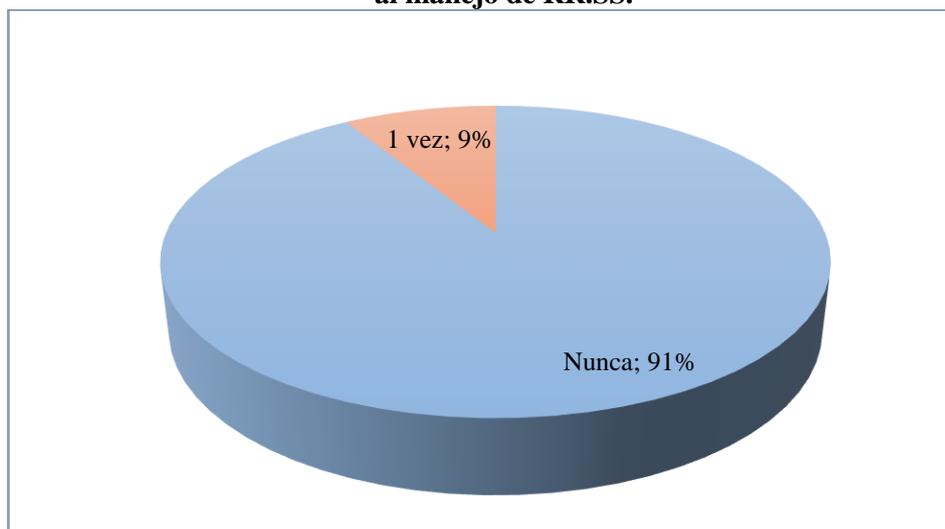
Gráfico N° 23 Opciones de reaprovechamiento según los encuestados



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

- **Encuestados que recibieron capacitación en temas relacionados al manejo de RR.SS.-** Al respecto el 91% de los encuestados señala no haber recibido ningún tipo de capacitación en temas relacionados al manejo de los RR. SS., mientras un 9% señala que sí ha recibido folletos o charlas relacionadas a la limpieza en sus puestos de venta (Ver Gráfico N° 24).

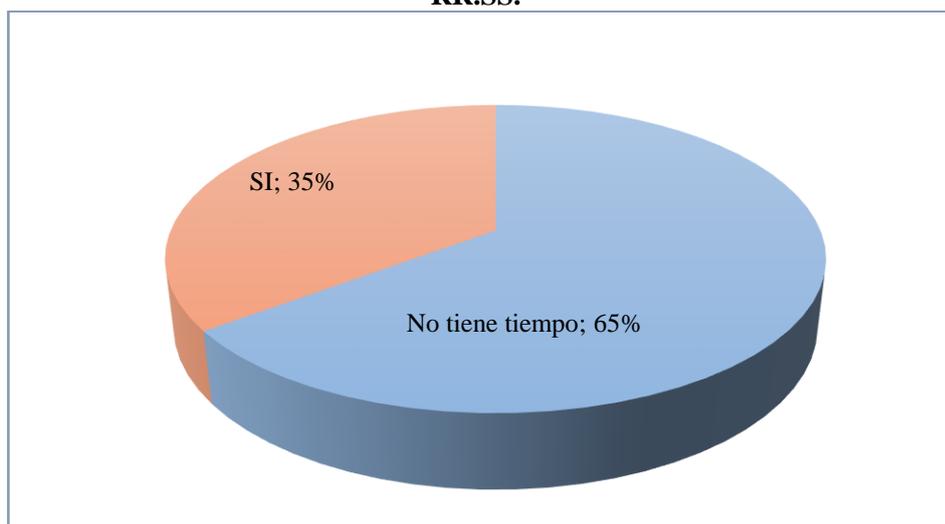
Gráfico N° 24 Encuestados que recibieron capacitación en temas relacionados al manejo de RR.SS.



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

- **Disposición a participar en charlas sobre el manejo de los RR.SS.-** Ante la pregunta el 65% de los encuestados manifestó que no sedaría el tiempo para asistir a una charla de capacitación en temas de manejo de residuos sólidos, frente a un 35% que si se encuentra dispuesto a asistir (Gráfico N° 25).

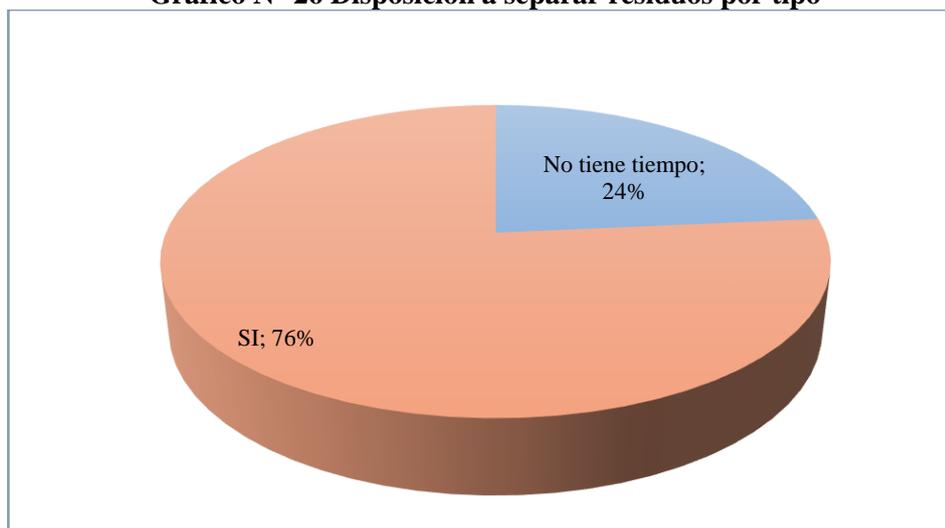
Gráfico N° 25 Disposición a participar en charlas sobre el manejo de los RR.SS.



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

- **Disposición a separar residuos por tipo.-** Se observa en el Gráfico N° 26, que un 76 % de los encuestados está dispuesto a separar sus residuos sólidos por tipo, mientras un 24 % señala que no estaría dispuesto por que no tiene tiempo para hacerlo.

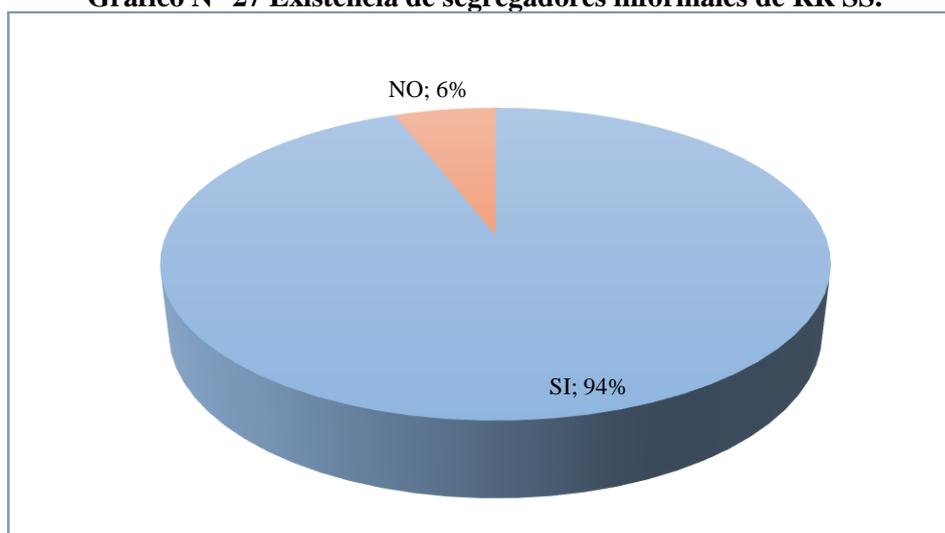
Gráfico N° 26 Disposición a separar residuos por tipo



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

- **Existencia de segregadores informales de RR SS.-** Un 94% señala haber visto personas que de manera inadecuada realizan la segregación de residuos en los contenedores de residuos sólidos (Gráfico N° 27).

Gráfico N° 27 Existencia de segregadores informales de RR SS.



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

5.2. DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE BIOGÁS GENERADO POR 3 SUSTRATOS ORGÁNICOS A TRAVÉS DEL “BACTH TEST”.

5.2.1. Caracterización de los sustratos

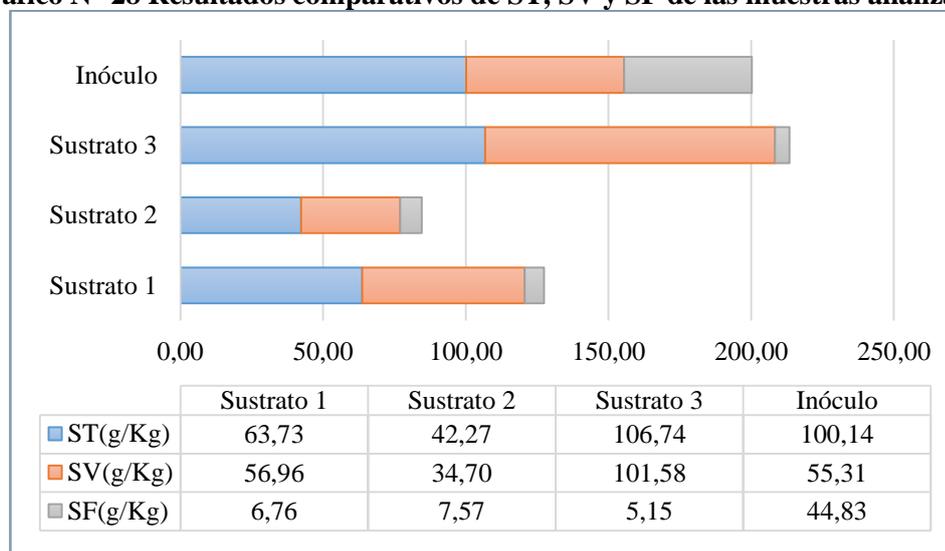
El análisis de los sustratos así como del inóculo empleado, permite identificar diferencias apreciables entre cada una de ellas, tal como se presenta en el Cuadro N° 24, mientras que el Gráfico N° 28, muestra los resultados comparativos:

Cuadro N° 24 Características de los sustratos e inóculo

Parámetro Muestra	pH	Humedad (%)	Densidad (Kg/L)	ST (g/Kg)	SV (g/Kg)	SF (g/Kg)
Sustrato 1	4,70	93,63%	1,07	63,73	56,96	6,76
Sustrato 2	5,67	95,77%	1,36	42,27	34,70	7,57
Sustrato 3	4,72	89,33%	1,06	106,74	101,58	5,15
Inóculo	6,92	89,99%	1,11	100,14	55,31	44,83

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Gráfico N° 28 Resultados comparativos de ST, SV y SF de las muestras analizadas.



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Asimismo, se determinó la DQO de cada una de las muestras obteniendo lo siguiente (Cuadro N° 25):

Cuadro N° 25 DQO de las muestras analizadas

Muestra	DQO mg/L (0,5%)	DQO (mg/L)	DQO (g/L)
Sustrato 1	204	40 800	40,8
Sustrato 2	66	13 200	13,2
Sustrato 3	117	23 400	23,4
Inóculo	168	33 600	33,6

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

5.2.2. Composición de los reactores Batch

Los reactores estuvieron compuestos por una parte de sustrato y dos de inóculo respecto a su contenido de sólidos volátiles (relación SV 1:2); según los resultados obtenidos de la caracterización de los sustratos así como del inóculo, se pudo hallar los volúmenes necesarios de cada uno de ellos para cada reactor, en el Cuadro N° 26 se muestran los datos del contenido de cada uno de los reactores:

Cuadro N° 26 Contenido de los reactores Batch

Código de Reactor	Descripción	Volumen de sustrato (ml)	Volumen de inóculo (ml)	Enrazado (ml de agua destilada)	Volumen de mezcla (ml)	Volumen del reactor (ml)
S1 (3 rept.)	Sustrato 1 + Inóculo (Relación SV 1:2)	101	200	49	350	500
S2 (3 rept.)	Sustrato 2 + Inóculo (Relación SV 1:2)	130	200	20	350	500
S3 (3 rept.)	Sustrato 3 + Inóculo (Relación SV 1:2)	57	200	93	350	500
I (3 rept.)	Inóculo (blanco)	-	200	150	350	500

Las muestras fueron analizadas por triplicado

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Por otro lado, tal como se muestra en el Cuadro N° 24 Características de los sustratos e inóculo, el pH de los sustratos se encontró debajo de la media neutral, a diferencia del pH del inóculo que se encuentra casi neutro y en la escala recomendada para el desarrollo de los microorganismos anaerobios (debido a que proviene de un medio anaerobio), por tal motivo, tal como se describió en la metodología desarrollada; una vez realizada la mezcla sustrato + inóculo con relación respecto a los Solidos Volátiles (SV) de 1:2, se adicionó una solución de NaOH (2N) para evitar la acidificación del reactor, obteniendo como resultado, previo al inicio del proceso de digestión anaerobia, los siguientes datos de pH (Cuadro N° 27).

Cuadro N° 27 pH de los reactores al inicio del proceso

Código de Reactor	Descripción	pH
S1	Sustrato 1 + Inóculo (Relación SV 1:2)	7,10
S2	Sustrato 2 + Inóculo (Relación SV 1:2)	7,15
S3	Sustrato 3 + Inóculo (Relación SV 1:2)	7,05
I	Inóculo (blanco)	7,01

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

5.2.3. Volumen de biogás generado

Cada una de las muestras fue analizada por triplicado para obtener un resultado promedio, que evite la incertidumbre respecto al volumen generado; en el Cuadro N° 28 se aprecia el volumen promedio generado por los sustratos analizados:

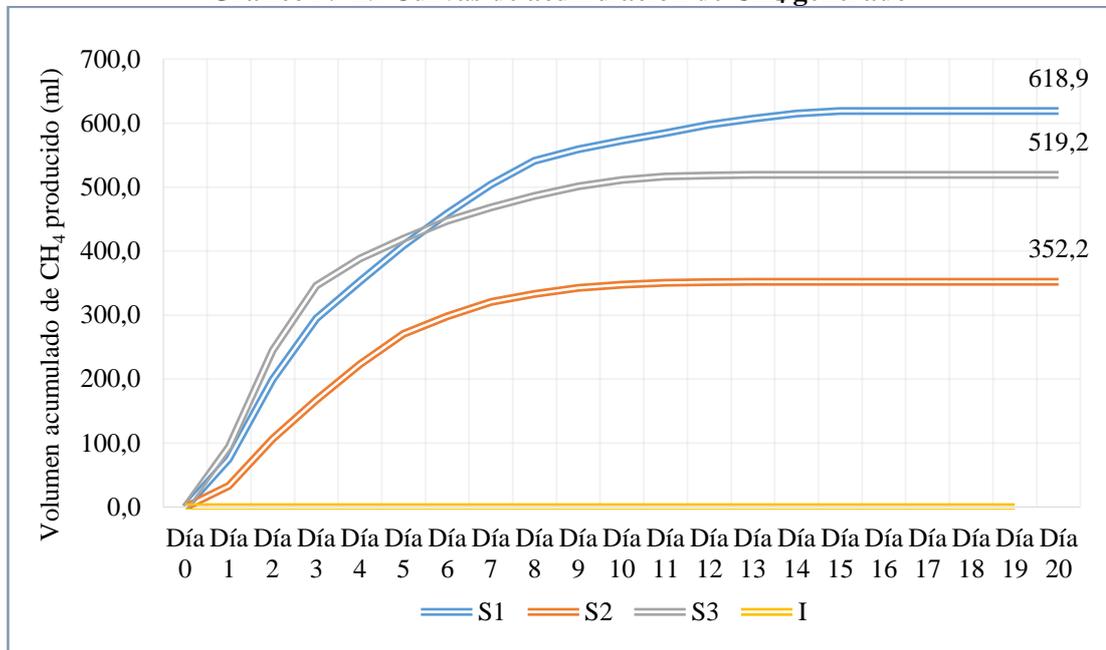
Cuadro N° 28 Volumen promedio generado por los sustratos

Parámetro Código de reactor	SV (g)	CH ₄ (ml)	Rendimiento (ml CH ₄ /g SV)
S1	6,15	618,90	100,69
S2	6,15	352,20	57,30
S3	6,15	519,17	84,47
I	12,29	0,00	0,00

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Asimismo, en el Gráfico N° 29 Curvas de acumulación de CH₄ generado se aprecia la curva de acumulación de la generación del gas CH₄ durante el proceso de digestión.

Gráfico N° 29 Curvas de acumulación de CH₄ generado



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Los registros diarios de la generación de gas CH₄, así como los promedios acumulados se encuentran adjuntos a la presente investigación (ver Anexo N° 4).

5.3. VIABILIDAD AMBIENTAL, ECONÓMICA Y SOCIAL DE LA GENERACIÓN DE ENERGÍA A PARTIR DEL BIOGÁS PRODUCIDO POR LOS RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS

5.3.1. Estimación energética

De acuerdo a la metodología planteada en la presente investigación, a continuación se calcula la generación energética promedio de cada uno de los sustratos analizados, teniendo en cuenta el volumen de CH₄ que genera cada uno de los sustratos, así como el promedio de generación diaria de residuos sólidos, de las dos (02) temporadas identificadas, según el Cuadro N° 18 Generación promedio de RR.SS. en el GMML.

Consideraciones:

Cuadro N° 29 Porcentajes respecto a la generación total de residuos sólidos

Materia orgánica	81,20%
Residuos de tomate (*)	20,04%
Residuos de hortalizas(*)	15,05%

(*) Respecto al porcentaje de materia orgánica.

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Cuadro N° 30 Energía eléctrica disponible a partir de residuos de tomate

Generación promedio diario (TM/día)		Sustrato 1 (Residuos de tomate)		Volumen de CH ₄		m ³ CH ₄ /día	Energía eléctrica disponible (kWh/día)
		Fracción de residuos (TM/día)	SV (TM/día)	m ³ /TM SV Sustrato 1	m ³ /TM SV de residuos de tomate		
Temporada 1 (Junio - Noviembre)	37,76	6,14	0,51	100,69	130,90	66,63	265,47
Temporada 2 (Diciembre - Mayo)	54,65	8,89	0,74	100,69	130,90	96,44	384,21

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Cuadro N° 31 Energía eléctrica disponible a partir de residuos de hortalizas

Generación promedio diario (TM/día)		Sustrato 2 (Residuos de hortalizas)		Volumen de CH ₄		Residuo de Hortalizas (m ³ CH ₄ /día)	Energía eléctrica disponible (kWh/día)
		Fracción de residuos (TM/día)	SV (TM/día)	m ³ /TM SV Sustrato 2	m ³ /TM SV de residuos de hortalizas		
Temporada 1 (Junio - Noviembre)	37,76	4,61	0,42	57,30	122,79	51,32	204,47
Temporada 2 (Diciembre - Mayo)	54,65	6,68	0,60	57,30	122,79	74,28	295,94

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Cuadro N° 32 Energía eléctrica disponible a partir de residuos orgánicos en general

Generación promedio diario (TM/día)		Sustrato 3 (Residuos orgánicos en general)		Volumen de CH ₄		Residuo de Orgánicos (m ³ CH ₄ /día)	Energía eléctrica disponible (kWh/día)
		Fracción de residuos (TM/día)	SV (TM/día)	m ³ /TM SV Sustrato 3	m ³ /TM SV de Residuos orgánicos		
Temporada 1 (Junio - Noviembre)	37,76	30,66	6,55	84,47	168,94	1 105,75	4 405,31
Temporada 2 (Diciembre - Mayo)	54,65	44,38	9,47	84,47	168,94	1 600,35	6 375,81

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Tal como se observa en los cuadros precedentes (Cuadro N° 30, Cuadro N° 31 y Cuadro N° 32), se tiene una disponibilidad eléctrica mayor, si tratamos los residuos orgánicos en general, por lo que determinaremos la potencia respecto al promedio de generación diaria más alta, para la posible habilitación de una planta de generación energética (Ver Cuadro N° 33).

Cuadro N° 33 Potencia a considerar para instalación

Generación promedio diario (TM/día)	Energía eléctrica disponible (kWh/día)	Potencia a instalar kW
44,38	6 375,81	265,66

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Se puede verificar que se tendría una potencia de 265,66 kW de potencia para la instalación de un generador eléctrico.

Cabe mencionar, que según los registros de generación de residuos obtenidos desde el año 2013, se tiene un incremento anual de 12% en la generación de residuos sólidos, por lo tanto debemos prever un incremento similar de energía disponible para los próximos años, por lo tanto, en el siguiente cuadro se presenta la energía disponible por año de realizarse un proyecto de Valorización Energética de residuos sólidos orgánicos:



Cuadro N° 34 Generación energética anual proyectada

Generación Anual	Residuos orgánicos (TM/Año)	Energía eléctrica disponible (kWh/año)									
		Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Temporada 1 (Junio - Noviembre)	6 796,80	792 956,62	888 111,42	994 684,79	1 114 046,96	1 247 732,60	1 397 460,51	1 565 155,77	1 752 974,46	1 963 331,40	2 198 931,16
Temporada 2 (Diciembre - Mayo)	9 837,00	1 147 645,11	1 285 362,52	1 439 606,03	1 612 358,75	1 805 841,80	2 022 542,82	2 265 247,95	2 537 077,71	2 841 527,03	3 182 510,28
TOTAL Anual	16 633,80	1 940 601,73	2 173 473,94	2 434 290,81	2 726 405,71	3 053 574,40	3 420 003,32	3 830 403,72	4 290 052,17	4 804 858,43	5 381 441,44

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



En el Cuadro N° 35 se presenta la coordenada del punto central del área destinada a la implementación de una “PLANTA ENERGÉTICA DE RESIDUOS SÓLIDOS”:

Cuadro N° 35 Coordenada del punto central de la “Planta energética de residuos sólidos”

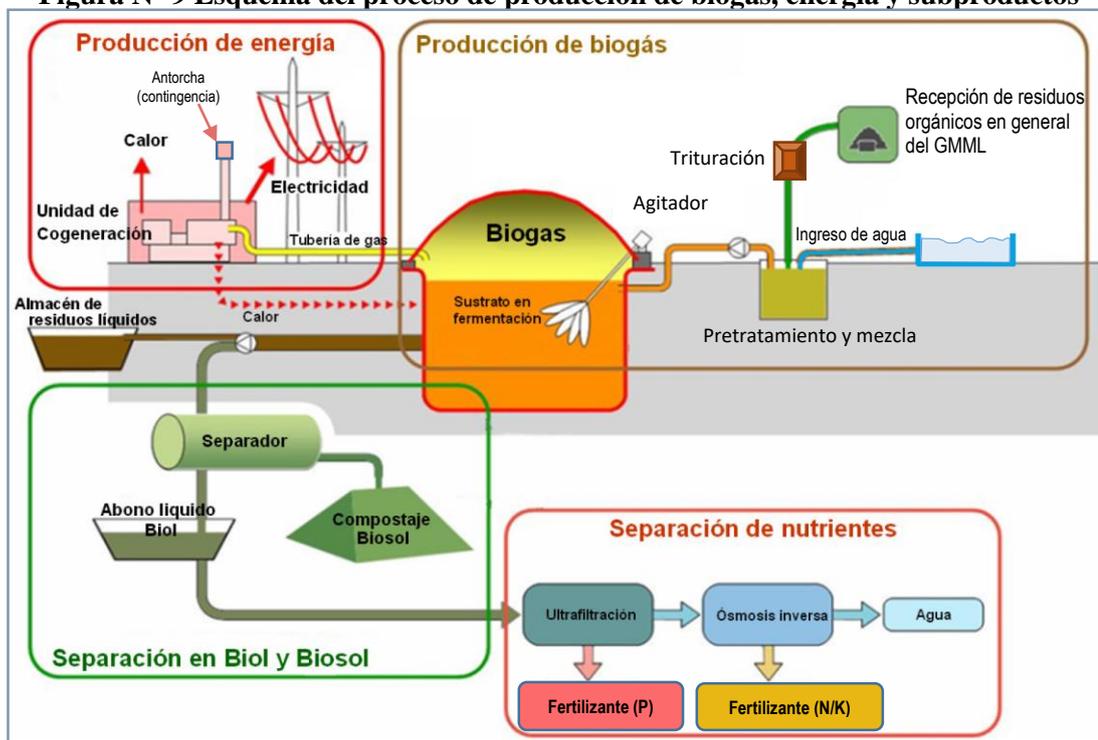
Datum	Zona	Coordenadas UTM		Altitud (m.s.n.m.)
		Este (m)	Norte (m)	
WGS 84	18 S	288 715,95	8 668 302,01	307

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

5.3.2.2. Distribución referencial

A continuación, en el Figura N° 9 Esquema del proceso de producción de biogás, energía y subproductos se presenta la distribución referencial de una planta de valorización de residuos con producción de energía a partir de la producción de biogás, el cual se emplazaría en el área destinada a la “Planta energética de residuos sólidos” según el plano de distribución del Gran Mercado Mayorista de Lima:

Figura N° 9 Esquema del proceso de producción de biogás, energía y subproductos



FUENTE: Adaptado de APARCANA, A y JANSEN, A. (2008)



5.3.2.3. Área de recepción de residuos sólidos

El área de recepción de los residuos sólidos (materia prima del proceso) tiene la finalidad de almacenar y equilibrar variaciones entre la demanda y la producción de biomasa (generación de residuos sólidos). La forma y tamaño de esta área dependerá del flujo de aprovechamiento.

Considerando el promedio máximo de generación diaria de residuos sólidos orgánicos del GMML, así como la densidad promedio de los residuos generados se estima que para el almacenamiento y recepción de los residuos se requerirá un área aproximada de 46,42 m² (Cuadro N° 36):

Cuadro N° 36 Dimensión del área de recepción y almacenamiento de residuos orgánicos

Generación diaria (TM/día)	Densidad del residuo (TM/m ³)*	Volumen (m ³ /día)	Área de almacenamiento efectivo (m ²)	Área de contingencia (10%)	Área de almacenamiento (m ²)
44,38	0,35	126,61	42,20	4,22	46,42

* Dato según EC-RS IPES (2013)

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

5.3.2.4. Zona de pretratamiento y mezcla del sustrato

Mediante la recepción, selección, separación y reducción de tamaño a través del triturado los residuos serían transportados a través de una faja transportadora, que a su vez garantice la alimentación constante del sistema, hacia un área de mezcla donde se adicionará una corriente de agua en la proporción sugerida de 1:1 respecto a la adición del residuo.

Dependiendo de la condición en la que se encuentre el residuo sólido recolectado, se deberá higienizar antes de su alimentación al biodigestor, para eliminar bacterias, parásitos, virus u otras sustancias que puedan inhibir el proceso. La higienización se realiza calentando los sustratos a una temperatura de 70 °C durante una hora. Después



de la higienización hay que reducir la temperatura del sustrato hasta la temperatura de proceso antes de introducirlo al biodigestor.

La energía térmica usada durante el proceso de higienización puede ser suministrada desde de la unidad de cogeneración de la propia planta.

5.3.2.5. Biodigestores

El flujo resultante del mezclador, previo enfriamiento, pasará a los biodigestores respectivos, donde se llevará a cabo el proceso de digestión anaerobia. Que según lo citado en el marco teórico de la presente tesis (ver ítem 2.1.5), es un proceso que consiste en la transformación de la materia orgánica a través de una serie de reacciones bioquímicas, la misma que consta de tres etapas: Hidrólisis, Acidogénesis y Metanogénesis (acetoclástica e hidrogenotrófica).

A. Biodigestor tipo CSTR

El tipo de biodigestor propuestos para un sistema de alimentación continua, es el reactor de tanque con agitación continua (*Continuous Stirred-Tank Reactors - CSTR* por sus siglas en inglés) el cual involucra un proceso de digestión anaeróbica de tasa moderada y mezclado completo. Esta tecnología comprobada maximiza el contacto entre la biomasa anaeróbica y el material orgánico degradable, lo cual la convierte en una buena opción para la digestión. Además, el fango activado se puede digerir en el CSTR para aumentar la producción de biogás.

El volumen mínimo de la cámara de digestión será de 113,05 m³, según el siguiente detalle ():



Cuadro N° 37 Dimensión del biodigestor

Fracción orgánica de residuo generado (TM)	Agua de mezcla del sustrato de digestión* (m³)	Peso de sustrato (TM)	Densidad del sustrato (TM/m³)	Volumen efectivo ** (m³/día)	Volumen total (m³/TRH)	Volumen total (m³)
44,38	44,38	88,75	1,06	94,21	1 884,21	2 355,26

* Considerando la relación de 1:1 para la mezcla del sustrato

** Volumen considerando un 25% para la acumulación del Biogás.

TRH: Tiempo de Retención Hidraulica.

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Cabe indicar que se podría habilitar más de un biodigestor para la digestión de los residuos orgánicos generados, teniendo en cuenta el volumen mínimo que albergará la generación promedio diaria de los residuos, así como el tiempo de retención hidráulica que para el tipo de sustrato que se maneja será entre 15 a 20 días.



B. Consideraciones específicas

Se deberá considerar lo siguiente:

- Deben ser herméticamente sellados y no permitir el escape de biogás ni filtraciones de biomasa.
- Se debe instalar un sistema de calefacción para mantener la temperatura del proceso.
- Deben tener un sistema de agitación para la mezcla de la biomasa al interior del digestor.
- Se debe prever instalaciones o tuberías de descarga de biol y biosol.
- Debe tener una tubería de rebose.
- Debe tener un sistema de captación de biogás y las respectivas válvulas de seguridad de sobrepresión y supresión.
- Se debe instalar un sistema para la medición de temperatura, nivel, pH, y un sistema para el control de todo el proceso.
- Además, se debe prever que los materiales que se utilicen para la construcción sean adecuados para el medio en que van a operar. Por lo general digestores de estas características se construyen de material noble, hormigón o acero, sin embargo tratándose de un medio acuoso, con alta humedad en donde se forman gases que pueden ser agresivos, se deberá utilizar acero inoxidable. Asimismo, los gases y partículas ácidas pueden ser muy corrosivos, por lo tanto hay que prever revestimientos epóxicos o esmaltados para los materiales de ciertas zonas de las instalaciones del sistema.



B.1. Temperatura

Para lograr una óptima degradación de la materia orgánica en el interior del digestor y dependiendo de las temperaturas seleccionadas para el proceso y el tipo de biomasa que se utiliza, es necesaria la instalación de sistemas de calefacción en el interior del digestor para mantener una temperatura casi constante. Por lo tanto es muy importante que no se produzcan cambios bruscos de temperatura ni bajas de duraciones mayores a 4 horas ya que pueden inhibir y paralizar el proceso de digestión. Los sistemas de calefacción consisten en un conjunto de tuberías en el interior del digestor que actúan como intercambiadores de calor. Se aprovecha el calor que se produce por el enfriamiento de los motores y se recircula por el interior de los tubos. Para los sistemas de calefacción se puede utilizar tuberías de PVC o PE o acero inoxidable; normalmente se utilizan tuberías de PE ya que los costos de construcción son inferiores a las de acero inoxidable, pero estas últimas tienen un mayor coeficiente de transferencia de calor.

Para evitar las pérdidas de calor en el digestor, de ser necesario se deberá revestir las paredes con materiales aislantes, que impidan la pérdida de temperatura, sobre todo en temporadas de invierno.

B.2. Agitación

Los sistemas de agitación son necesarios para lograr una mejor distribución de la temperatura, de los nutrientes, la remoción de las burbujas de biogás producidas por las bacterias metanogénicas y un mezclado del sustrato fresco que ingresará diariamente con la población bacteriana existente en el digestor. Además se evita la formación de costras sobre la superficie de la biomasa y la formación de espacios muertos sin actividad biológica.



Se podría utilizar un agitador sumergible de baja velocidad de hélices inatascables (de 2 palas). Asimismo, otro sistema de agitación posible, consiste en introducir parte del biogás generado para que la biomasa del interior del digester burbujee y se desprenda el metano, donde el biogás introducido terminará saliendo otra vez por la parte superior de la cubierta.

B.3. Tuberías, válvulas y desagües

El sustrato homogenizado en el tanque de mezcla o de alimentación se conduce al biodigestor por medio de tuberías. La impulsión se puede realizar por medio de bombas o por gravedad, dependiendo de la colocación del tanque de alimentación respecto al digester. Las tuberías deben dimensionarse hidráulicamente para los volúmenes de carga máxima y considerando todas las pérdidas del sistema. El diámetro que se seleccione para las tuberías depende también del tipo de biomasa que se va a conducir; además las tuberías deben instalarse con una pendiente mínima del 0,5% para permitir que se vacíen por gravedad.

Se debe prever la instalación de accesorios para limpieza en caso de obstrucción; asimismo, es imprescindible que cada cierto tramo de tuberías se instale llaves de paso de cierre rápido y de media vuelta para el cierre del flujo, así como válvulas antiretorno antes y después de cada elemento de la instalación, para que de esta manera se pueda llevar a cabo cualquier tarea de limpieza o reparación.

5.3.2.6. Subproductos – Biol y Biosol

Como resultado del proceso de digestión anaerobia de los residuos, se obtiene un “fango” con alta calidad fertilizante. Este “fango” es separado en dos componentes: el componente líquido conocido como “Biol”, el cual representa la mayor parte del fango resultante y el componente sólido conocido como “Biosol”.



En promedio el “fango” saliente del Biodigestor representa aproximadamente entre el 85–90% de la materia entrante. De esto, aproximadamente el 90% corresponde al Biol y el 10% al Biosol. Estos porcentajes varían según los residuos a fermentar y del método de separación empleado.⁷³

Teniendo en cuenta lo mencionado; a continuación se muestra la cantidad aproximada de subproductos a manejar:

Cuadro N° 38 Cantidad de biol y biosol a generar

Peso de sustrato (TM)	Biosol (TM)	Biol (TM)
88,75	7,99	71,89*

Considerando una densidad aproximada de 1,06 g/l se dispondrá de 76,2 m³ de biol por día aprox.

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Del cuadro se muestra que se dispondrá de 7,99 toneladas de biosol por día, siendo este una posible fuente de ingreso, ya que por sus características favorables para el enriquecimiento de nutrientes del suelo, servirá como abono. Asimismo, se prevé la generación de 76,2 m³ de biol.

A. Aplicaciones generales de los subproductos

Los subproductos generados, tal como se menciona líneas arriba, puede ser reutilizado para fines agrícolas, ya que representan materia con alto contenido de nutrientes, que ayudaran a mejorar notablemente las condiciones del suelo y por ende el de las plantas cultivadas convencionalmente; se adjunta las características generales así como las ventajas de estos subproductos del proceso de digestión anaerobia (ver Anexo N° 6).

5.3.2.7. Factores que inhiben la producción de biogás

Si disminuye la producción de biogás o se inhibe el proceso, puede deberse a varias razones, ya sea por factores operativos o de mantenimiento o debido a la intervención

⁷³ APARCANA, S. y JANSEN, A. (2008)



de algunos elementos inhibidores, que pudieron ingresar al biodigestor por medio del sustrato o pudieron desarrollarse como parte del proceso anaeróbico.

Tal como lo señala Bosch, A. (2011), durante el proceso de producción de biogás se puede formar amoníaco NH_3 que actúa como elemento inhibidor si existe en bajas concentraciones en el interior del digestor. Este elemento debe estar en equilibrio con el contenido de amonio NH_4^+ . El amonio reacciona con agua y se transforma en amoníaco; esto significa que si la biomasa se vuelve alcalina se rompe el equilibrio de estos elementos y empieza a subir la concentración de amoníaco. Mientras el amonio sirve a las bacterias como fuente de nitrógeno, el amoníaco ya en pequeñas concentraciones, mayores a 0,15 g/l actúan como elemento inhibidor.

Otro elemento que se puede formar durante el proceso anaeróbico es el H_2S . Este elemento puede actuar como inhibidor del proceso en concentraciones mayores a 500 mg/l. Por estas razones es importante realizar comprobaciones periódicas del estado de la biomasa del interior del digestor. A través de uno de los desagües del digestor se puede extraer una muestra para examinarla y asegurar que el proceso cumple con los valores máximos de concentración de elementos inhibidores.

Se deberá tener en cuenta el monitoreo periódico de dichos elementos; a continuación, en el Cuadro N° 39 Factores Inhibidores se presenta las concentraciones máximas y mínimas de elementos necesarias para la metanogénesis; si estos valores no se cumplen puede inhibirse el proceso y dejar de generar biogás.



Cuadro N° 39 Factores Inhibidores

Elemento	Valor
pH	6,5 – 8,0
Contenido en sales	2,5 – 25 mS/cm
Oxígeno	< 1ppm
Hidrógeno	6 Pa
Carbono total	0,2 – 50 g/l DQO
Magnesio	10 – 40 ppm
Azufre	50 – 100 ppm
Hierro	10 – 200 ppm
Níquel	0,5 – 30 ppm
Cobalto	0,5 – 20 ppm
Molibdeno	0,1 – 0,35 ppm
Cinc	0 – 3 ppm
Fosfatos	50 – 150 ppm
Relación C : N : P : S	2000 : 15 : 5 : 3

FUENTE: BOSCH, A. (2011)

5.3.2.8. Zona de cogeneración

El biogás producido, tal y como sale del digestor no puede ser utilizado para su combustión ya que todavía contiene partículas de agua (H₂O) y partículas de otros gases contaminantes. Por eso es necesario un acondicionamiento previo a su aprovechamiento en las unidades de producción de energía eléctrica.

A continuación se indican las características del biogás que deben acondicionarse:

- Captación y transporte del biogás
- Eliminación de condensados (H₂O)
- Reducción y/o eliminación del H₂S
- Corrección, calibración y control de presión

Por lo general los generadores a emplearse, tienen requerimientos mínimos para la calidad del biogás, los cuales permiten garantizar la vida útil de los equipos y sus intervalos de mantenimiento.



A. Captación y transporte del biogás

La instalación de las tuberías de biogás debe realizarse con mucho cuidado por personal especializado ya que alrededor del 60% del mal funcionamiento de los biodigestores se debe a fallos en esta parte de la instalación.

Los problemas que presenta son los mismos que cualquier instalación de gas, con el inconveniente adicional de que el biogás está saturado de vapor de agua, debido a que la temperatura de funcionamiento del digestor evapora el agua contenida por el sustrato, además que también contiene ácido sulfhídrico. Por tanto no se pueden utilizar otro tipo de tuberías que no sean de acero inoxidable, galvanizadas de acero (HG) y/o de PVC rígido o de caucho, para evitar la corrosión del material de conducción. Todas las tuberías deben tener una pendiente de mínimo un 0,5% para que puedan ser drenadas las aguas de condensado que se forman en su interior.

En cada tramo con cambio de pendiente se deberá instalar una llave de cierre para la eliminación de agua de condensados. Se debe sellar bien las zonas de paso o cruce de tuberías para evitar fugas de gas.

Para evitar presiones mayores a 2-5 mbar y presiones negativas dentro del digestor, es importante la instalación de válvulas de control de presiones para evitar estos dos casos. Si la presión interna del digestor es negativa podría llegar a aspirarse oxígeno al interior y causar explosiones si es que el biogás alcanza niveles críticos de mezcla.

B. Eliminación de H₂O

El agua es un componente no combustible y que al estar unido al metano no permite que éste prenda correctamente pudiendo suprimir la combustión, por lo tanto es necesario eliminarla para obtener un biogás con la mayor proporción de metano posible. La manera de eliminar el agua saturada es haciendo pasar la tubería que



transporta el biogás por recipiente a bajas temperaturas que permita en condensado del agua presente en el biogás.

C. Eliminación de H₂S

Extraer el sulfhídrico (H₂S) del biogás es imprescindible para evitar problemas de corrosión en equipos y generadores, además de cumplir con las normativas de emisión medioambientales (reducir emisiones de SO₂ al quemar el biogás). Por lo general el biogás, contiene una concentración de ácido sulfhídrico (H₂S), producido por proteínas y sulfatos.

Existen distintos métodos de eliminación del H₂S:

- Lavados químicos (NaOH, FeCl₃)
- Adición de óxidos metálicos
- Tratamientos biológicos

Se recomienda el tratamiento biológico por ser el de menor coste de mantenimiento.

D. Corrección, calibración y control de presión

Una vez eliminadas las partículas de agua y sulfhídrico indeseables, el biogás sale prácticamente sin presión, por lo que deberá ser comprimido a la presión necesaria para la posterior combustión. Esta presión nunca debe superar los 5 mbar ya que el riesgo de explosión en caso de fuga es muy elevado.

Una vez comprimido, el biogás se deberá analizar continuamente de forma automática por unos dispositivos que pueden ser instalados a lo largo de las tuberías posteriores al tratamiento de desulfurización y compresión. Estos dispositivos se encargan de analizar el contenido de metano, ácido sulfhídrico, dióxido de carbono y oxígeno del biogás, esto garantiza un alto grado de eficiencia y fiabilidad de funcionamiento.



5.3.2.9. Antorcha (quemador)

Se deberá utilizar como elemento de seguridad para quemar el exceso de biogás; sin embargo en la medida de lo posible, esto se deberá evitar, puestos que se estaría perdiendo energía que puede ser generada y utilizada, asimismo la quema de biogás propicia la emisión de gases producto de la combustión, por lo que no se debiera utilizar; en ese sentido se recomienda en la medida de lo posible disponer de un generador en *stand by* de emergencia que entraría en operación en estos casos de exceso del biogás.

Considerando la habilitación de antorchas para quema de biogás, estos se construyen generalmente en acero inoxidable, e incorporan en la misma unidad un medidor de caudal y un sistema corta llamas; asimismo deben ser de encendido automático y de combustión encapsulada.

5.3.3. Evaluación ambiental

Mediante el desarrollo de la metodología detallada previamente se realizó, la identificación de actividades para un Proyecto de habilitación de una Planta de Valorización Energética de Residuos Orgánicos y la evaluación correspondiente, la misma que se detalla a continuación:

5.3.3.1. Identificación de actividades

Antes de proceder con la evaluación de los potenciales impactos ambientales de la Planta, es necesario definir las actividades inherentes al proyecto, que interactúan con el ambiente.

Para el análisis de las actividades, se ha hecho una diferenciación de las etapas que lo conforman, por una parte, la fase de preparación del sitio, obras de construcción e instalación de la maquinaria y puesta en marcha de la planta, denominada “etapa de



construcción”; por otra parte, la fase más prolongada y que define la vida del proyecto, en la cual se realizarán las tareas que son el objeto principal de la planta y que implican la entrada de materiales, insumos y energía dando como resultado la producción de biogás (principalmente CH₄ y CO₂) que se aprovechará para la generación de energía eléctrica a través de cogeneradores; además se obtendrá un residuo líquido (biol) el cual puede ser utilizado como fertilizante directamente en el riego de la plantaciones, así como la parte sólida (biosol), la cual podrá ser utilizada como mejorador de suelo; esta es la denominada “etapa de operación”.

A continuación el Cuadro N° 40, detalla las actividades que tienen incidencia probable y significativa sobre los diversos componentes ambientales y sociales.

Cuadro N° 40 Actividades de las etapas de construcción y operación de la planta

Etapa	Actividades
Construcción	Compra de Materiales y Equipos
	Contratación de mano de obra
	Nivelación y pavimentación de terreno
	Construcción de instalaciones temporales de obra
	Desplazamiento de vehículos, maquinarias y equipos
	Construcción de estructuras
	Desmontaje y montaje de equipos y dispositivos
	Instalación de líneas de conducción (GAS)
	Desmantelamiento de estructuras temporales
Operación	Contratación de mano de obra
	Recepción de residuos sólidos orgánicos
	Operación mantenimiento del equipo de pretratamiento
	Mezcla y homogenización de sustrato
	Operación y mantenimiento de biodigestores
	Captación y Limpieza de Biogás
	Manejo de residuos digeridos
	Consumo y generación de energía
	Control de condiciones de operación

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



Cuadro N° 41 Identificación de impactos – Etapa de construcción

IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES ETAPA DE CONSTRUCCIÓN														
Principales componentes de la Planta de Valorización Energética de Residuos Sólidos Orgánicos del GMML.			1	Área de recepción de Residuos Orgánicos					6	Zona de almacenamiento del residuo digerido				
			2	Zona de pretratamiento y mezcla					7	Antorcha de contingencia				
			3	Biodigestor(es)										
			4	Área de tratamiento y compresión de Gas										
			5	Antorcha de contingencia										
			N:	Negativos			P:	Positivos						
Medio	Componente	Factores ambientales	Actividad	Compra de Materiales y Equipos	Contratación de mano de obra	Nivelación y pavimentación de	Construcción de instalaciones temporales de obra	Desplazamiento de vehículos, maquinarias y equipos	Construcción de estructuras	Desmontaje y montaje de equipos y dispositivos	Instalación de líneas de conducción (GAS)	Desmantelamiento de estructuras temporales	Total negativos	Total positivos
			Comp.	1-5	1-5	1-5	1, 3, 4	1, 2	1-5	1-4	1-5	1-5		
Físico	Aire	Calidad de aire				N		N	N			N	4	0
		Nivel sonoro				N		N	N	N	N	N	6	0
	Suelo	Capacidad de uso mayor											0	0
		Calidad de suelo											0	0
		Uso actual de la tierra							N				1	0
	Agua	Calidad de agua superficial y/o subterránea											0	0
		Disponibilidad del recurso											0	0
Fisiografía	Relieve											0	0	
	Estético	Paisaje visual				N	N		N			P	3	1
Biológico	Terrestre	Flora											0	0
		Fauna											0	0
		Especies protegidas											0	0



IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES														
ETAPA DE CONSTRUCCIÓN														
Principales componentes de la Planta de Valorización Energética de Residuos Sólidos Orgánicos del GMML.				1	Área de recepción de Residuos Orgánicos				6	Zona de almacenamiento del residuo digerido				
				2	Zona de pretratamiento y mezcla				7	Antorcha de contingencia				
				3	Biodigestor(es)									
				4	Área de tratamiento y compresión de Gas									
				5	Antorcha de contingencia									
			N:	Negativos			P:	Positivos						
Medio	Componente	Factores ambientales	Actividad	Compra de Materiales y Equipos	Contratación de mano de obra	Nivelación y pavimentación de	Construcción de instalaciones temporales de obra	Desplazamiento de vehículos, maquinarias y equipos	Construcción de estructuras	Desmontaje y montaje de equipos y dispositivos	Instalación de líneas de conducción (GAS)	Desmantelamiento de estructuras temporales	Total negativos	Total positivos
			Comp.	1-5	1-5	1-5	1, 3, 4	1, 2	1-5	1-4	1-5	1-5		
	Acuático	Recurso hidrobiológico											0	0
	Demográfico	Población											0	0
Socio económico y cultural	Económico	PEA		P	P								0	2
		Actividades económicas		P									0	1
	Social	Costumbres locales						N					1	0
	Interés humano	Restos arqueológicos											0	0
Total				2	1	3	1	3	4	1	1	3	15	4
Porcentaje de negativos y positivos													79	21
													%	%

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



Cuadro N° 42 Identificación de impactos – Etapa de operación

IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES ETAPA DE OPERACIÓN															
Principales componentes de la Planta de Valorización Energética de Residuos Sólidos Orgánicos del GMML.			1	Área de recepción de Residuos Orgánicos				6	Zona de almacenamiento del residuo digerido						
			2	Zona de pretratamiento y mezcla				7	Antorcha de contingencia						
			3	Biodigestor(es)											
			4	Área de tratamiento y compresión de Gas											
			5	Área de cogeneración											
			N:	Negativos				P:	Positivos						
Medio	Componente	Factores ambientales	Actividad	Contratación de mano de obra	Recepción de residuos sólidos orgánicos	Operación mantenimiento del equipo de pretratamiento	Mezcla y homogenización de	Operación y mantenimiento de biodigestores	Captación y Limpieza de Biogás	Manejo de residuos digeridos	Consumo y generación de energía	Control de condiciones de operación	Total negativos	Total positivos	
			Comp.	1	2	3	3	3	4	6	5	1-7			
Físico	Aire	Calidad de aire						P	P				0	1	
		Nivel sonoro			N	N						P	2	1	
	Suelo	Capacidad de uso mayor											0	0	
		Calidad de suelo		P						P			0	2	
	Agua	Uso actual de la tierra												0	0
		Calidad de agua superficial y/o subterránea												0	0
Fisiografía	Estético	Disponibilidad del recurso				N							1	0	
		Relieve											0	0	
		Paisaje visual											0	0	
Biológico	Terrestre	Flora											0	0	
		Fauna											0	0	



IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES														
ETAPA DE OPERACIÓN														
Principales componentes de la Planta de Valorización Energética de Residuos Sólidos Orgánicos del GMML.		1	Área de recepción de Residuos Orgánicos					6	Zona de almacenamiento del residuo digerido					
		2	Zona de pretratamiento y mezcla					7	Antorcha de contingencia					
		3	Biodigestor(es)											
		4	Área de tratamiento y compresión de Gas											
		5	Área de cogeneración											
		N:	Negativos				P:	Positivos						
Medio	Componente	Factores ambientales	Actividad	Contratación de mano de obra	Recepción de residuos sólidos orgánicos	Operación mantenimiento del equipo de pretratamiento	Mezcla y homogenización de	Operación y mantenimiento de biodigestores	Captación y Limpieza de Biogás	Manejo de residuos digeridos	Consumo y generación de energía	Control de condiciones de operación	Total negativos	Total positivos
			Comp.	1	2	3	3	3	4	6	5	1-7		
Acuático		Especies protegidas											0	0
		Recurso hidrobiológico											0	0
Socio económico y cultural	Económico	PEA		P									0	1
		Actividades económicas			P					P	P		0	3
	Social	Generación de Residuos sólidos			P					P			0	2
		Calidad de vida			P							P	0	2
Interés humano	Restos arqueológicos											0	0	
Total			1	4	1	2	1	1	3	1	2	3	12	
Porcentaje de negativos y positivos													20 %	80 %

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



5.3.3.2. Matrices de evaluación

Una vez identificados los posibles impactos ambientales, se realizó la valoración de los mismos. Se adjuntan las matrices detalladas de evaluación para cada una de las etapas del proyecto “Planta de Valorización Energética de Residuos Orgánicos del GMML” (Ver Anexo N° 7 y 8).

5.3.3.3. Resumen de impactos

Los resúmenes de los impactos ambientales, tanto para la etapa de construcción, operación, se muestran en los siguientes cuadros:



Cuadro N° 43 Matriz de evaluación de impactos ambientales – Etapa de Construcción

MEDIO	COMPONENTE	Actividades Factores ambientales	Compra de Materiales y Equipos	Contratación de mano de obra	Nivelación y pavimentación de terreno	Construcción de instalaciones temporales de obra	Desplazamiento de vehículos, maquinarias y equipos	Construcción de estructuras	Desmontaje y montaje de equipos y dispositivos	Instalación de líneas de conducción (GAS)	Desmantelamiento de estructuras temporales
Físico	Aire	Calidad de aire	0,0	0,0	-20,0	0,0	-17,0	-16,0	0,0	0,0	-14,0
		Nivel sonoro	0,0	0,0	-20,0	0,0	-20,0	-20,0	-20,0	-20,0	-20,0
	Suelo	Capacidad de uso mayor	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		Calidad de suelo	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		Uso actual de la tierra	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-16,0	0,0	0,0
	Agua	Calidad de agua superficial y/o subterránea	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		Disponibilidad del recurso	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Fisiografía	Relieve	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Estético	Paisaje visual	0,0	0,0	-25,0	-16,0	0,0	-15,0	0,0	0,0	26,0
	Biológico	Terrestre	Flora	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Fauna			0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Especies protegidas			0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Acuático		Recurso hidrobiológico	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Socio económico	Demográfico	Población	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Económico	PEA	20,0	23,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		Actividades económicas	20,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Social	Costumbres locales	0,0	0,0	0,0	0,0	-14,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Interés humano	Restos arqueológicos	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



Cuadro N° 44 Matriz de evaluación de impactos – Etapa de Operación

MEDIO	COMPONENTE	Actividades	Contratación de mano de obra	Recepción de residuos sólidos orgánicos	Operación mantenimiento del equipo de	Mezcla y homogenización de sustrato	Operación y mantenimiento de biodigestores	Captación y Limpieza de Biogás	Manejo de residuos digeridos	Consumo y generación de energía	Control de condiciones de operación
		Factores ambientales									
Físico	Aire	Calidad de aire	0,0	0,0	0,0	0,0	23,0	35,0	0,0	0,0	0,0
		Nivel sonoro	0,0	0,0	-20,0	-20,0	0,0	0,0	0,0	0,0	18,0
	Suelo	Capacidad de uso mayor	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		Calidad de suelo	0,0	21,0	0,0	0,0	0,0	0,0	15,0	0,0	0,0
		Uso actual de la tierra	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Agua	Calidad de agua superficial y/o subterránea	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		Disponibilidad del recurso	0,0	0,0	0,0	-16,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Fisiografía	Relieve	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Estético	Paisaje visual	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Biológico	Terrestre	Flora	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		Fauna	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		Especies protegidas	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Acuático	Recurso hidrobiológico	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Socio económico	Económico	PEA	20,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
		Actividades económicas	0,0	23,0	0,0	0,0	0,0	0,0	19,0	16,0	0,0
	Social	Generación de Residuos sólidos	0,0	36,0	0,0	0,0	0,0	0,0	22,0	0,0	0,0
		Calidad de vida	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	16,0
	Interés humano	Restos arqueológicos	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



Cuadro N° 45 Resumen de impactos – Etapa de Construcción

Medio	Componente ambiental	Factor	Impactos	Actividades	Jerarquización del Impacto	
Físico	Aire	Calidad de aire	Variación de la calidad del aire por emisión de gases de combustión y material particulado	Nivelación y pavimentación de terreno	Bajo No significativo	
				Desplazamiento de vehículos, maquinarias y equipos	Bajo No significativo	
				Construcción de estructuras	Bajo No significativo	
				Desmantelamiento de estructuras temporales	Bajo No significativo	
		Nivel sonoro	Incremento de los niveles de ruido	Nivelación y pavimentación de terreno	Bajo No significativo	
				Desplazamiento de vehículos, maquinarias y equipos	Bajo No significativo	
				Construcción de estructuras	Bajo No significativo	
				Desmontaje y montaje de equipos y dispositivos	Bajo No significativo	
	Suelo	Uso actual de la tierra	Modificación del uso actual de la tierra	Instalación de líneas de conducción (GAS)	Bajo No significativo	
				Desmantelamiento de estructuras temporales	Bajo No significativo	
	Estético	Paisaje visual	Variación del paisaje	Construcción de estructuras	Bajo No significativo	
				Nivelación y pavimentación de terreno	Moderado	
				Construcción de instalaciones temporales de obra	Bajo No significativo	
				Desmantelamiento de estructuras temporales	Moderado	
Socio económico	Económico	PEA	Incremento de puestos de trabajo	Compra de Materiales y Equipos	Bajo No significativo	
				Contratación de mano de obra	Moderado	
	Social	Costumbres locales	Alteración del tráfico vehicular y consecuente incomodidad de la población	Desplazamiento de vehículos, maquinarias y equipos	Compra de Materiales y Equipos	Bajo No significativo
					Desplazamiento de vehículos, maquinarias y equipos	Bajo No significativo

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



Cuadro N° 46 Resumen de impactos – Etapa de Operación

Medio	Componente ambiental	Factor	Impactos	Actividades	Jerarquización del Impacto	
Físico	Aire	Calidad de aire	Mitigación de la emisiones de gases de efecto invernadero (CH ₄ y CO ₂)	Operación y mantenimiento de biodigestores	Bajo No significativo	
				Captación y Limpieza de Biogás	Moderado	
		Nivel sonoro	Incremento de los niveles de ruido	Operación y mantenimiento del equipo de pretratamiento	Bajo No significativo	
				Mezcla y homogenización de sustrato	Bajo No significativo	
	Suelo	Calidad de suelo	Disminución del riesgo de contaminación en rellenos sanitarios	Recepción de residuos sólidos orgánicos	Bajo No significativo	
				Mejoramiento de la calidad del suelo	Manejo de residuos digeridos	Bajo No significativo
		Agua	Disponibilidad del recurso	Posible Agotamiento del recurso	Mezcla y homogenización de sustrato	Bajo No significativo
	Socio económico	Económico	PEA	Incremento de puestos de trabajo	Contratación de mano de obra	Bajo No significativo
Actividades económicas			Dinamización de actividades económicas debido al aprovechamiento de los residuos	Recepción de residuos sólidos orgánicos	Bajo No significativo	
				Manejo de residuos digeridos	Bajo No significativo	
Social		Manejo de Residuos sólidos	Mejoramiento del sistema de disposición final	Recepción de residuos sólidos orgánicos	Bajo No significativo	
				Generación de valor agregado a los residuos sólidos orgánicos	Manejo de residuos digeridos	Moderado
				Incremento de la disponibilidad de energía renovable	Consumo y generación de energía	Bajo No significativo
		Calidad de vida	Mejoramiento del sistema de aprovechamiento de los residuos orgánicos.	Control de condiciones de operación	Bajo No significativo	

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



5.3.3.4. Descripción de impactos

A continuación se describen los impactos evaluados en cada una de las etapas consideradas:

A. Etapa de Construcción

En esta etapa se prevé los siguientes impactos positivos y/o negativos:

A.1. Ambiente físico

A.1.1. Aire

Impacto: Variación de la calidad del aire por emisión de gases de combustión y material particulado.

Se ha evaluado la posibilidad de alterar la calidad de aire debido a las actividades de: nivelación y pavimentación de terreno, desplazamiento de vehículos, maquinarias y equipos, construcción de estructuras y al desmantelamiento de estructuras temporales. Cabe indicar que según lo muestra el cuadro resumen (Cuadro N° 45 Resumen de impactos – Etapa de Construcción), el impacto será bajo según la escala de jerarquización del método utilizado, sin embargo se prevé que la actividad de desplazamiento de vehículos, maquinarias y equipos podría generar un impacto moderado, debido que además de generar material particulado, emiten gases de combustión al ambiente.

Impacto: Incremento de los niveles de ruido

Durante el desarrollo de las actividades de construcción el nivel de ruido se verá incrementado por las siguientes actividades: nivelación y pavimentación de terreno, desplazamiento de vehículos, maquinarias y equipos, construcción de estructuras, desmontaje y montaje de equipos y dispositivos, instalación de líneas de conducción



(GAS) y el desmantelamiento de estructuras temporales. De acuerdo a la escala de jerarquización utilizada el impacto a generar sería Bajo, ya que las actividades serán temporales y localizadas.

A.1.2. Suelo

Impacto: Modificación del uso actual de la tierra

Se considera que la actividad de construcción de estructuras, modificará el Uso actual de la tierra, ya que a la fecha el terreno es un terreno baldío, asimismo el cambio será permanente por lo que de la evaluación resulta que el impacto será bajo.

A.1.3. Estético

Impacto: Variación del paisaje

Se ha considerado que se producirá una modificación moderada del paisaje debido a las siguientes actividades: nivelación y pavimentación de terreno, construcción de instalaciones temporales de obra, construcción de estructuras; cabe señalar que se prevé un impacto mayor debido a la nivelación y pavimentación del terreno ya que esta actividad es permanente y la recuperabilidad sería a largo plazo.

Asimismo, se considera que el desmantelamiento de estructuras temporales generaría impacto positivo moderado debido a que de alguna manera se contrarrestará el cambio inicial ocasionado.

A.2. Socio económico



A.2.1. Económico

Impacto: Incremento de puestos de trabajo

Se prevé que las actividades de compra de materiales y equipos así como la contratación de mano de obra, generará impacto positivo moderado en la Población Económicamente Activa (PEA) principalmente.

Impacto: Dinamización de actividades económicas

Asimismo, la compra de materiales y equipos generará que la actividad económica se dinamice, lo que significa un impacto positivo bajo.

A.2.2. Social

Impacto: Alteración del tráfico vehicular y consecuente incomodidad de la población

Se considera que la actividad de desplazamiento de vehículos, maquinarias y equipos; podría ocasionar impactos sociales negativos bajos, debido a la alteración del tráfico vehicular. Sin embargo tal como se menciona, este impacto será bajo ya que las actividades serán temporales y localizadas.

B. Etapa de Operación

En la etapa de operación se prevé los siguientes impactos positivos y/o negativos:

B.1. Ambiente físico

B.1.1. Aire

Impacto: Mitigación de las emisiones de gases de efecto invernadero (CH₄ y CO₂)

En esta etapa de operación, se prevé un impacto positivo moderado y bajo generado por las actividades de operación y mantenimiento de biodigestores, y captación y



limpieza de Biogás respectivamente, ya que se dejara de emitir Gases de Efecto Invernadero a la atmosfera, puesto que estos serán captados, tratados y aprovechados.

Impacto: Incremento de los niveles de ruido

De la evaluación realizada, se tiene que las actividades de operación y mantenimiento del equipo de pretratamiento, y la mezcla y homogenización de sustrato ocasionarían un incremento de los niveles de ruido. Sin embargo se prevé que la actividad de control de condiciones de operación contribuya a la reducción de este impacto, con lo que se puede contrarrestar el impacto por incremento de niveles de ruido.

B.1.2. Suelo

Impacto: Disminución del riesgo de contaminación en rellenos sanitarios

Tal como se muestra en el cuadro resumen (Cuadro N° 46 Resumen de impactos – Etapa de Operación), en la etapa de operación se prevé un impacto positivo en la calidad del suelo, ya que se tiene un impacto moderado por la actividad de recepción y tratamiento de residuos sólidos orgánicos; pues se evitará el envío de los residuos a un relleno sanitario (lugar de disposición final convencional con riesgo de percolación de contaminantes).

Impacto: Mejoramiento de la calidad del suelo

Asimismo se prevé un impacto positivo bajo por el manejo de residuos digerido (biosol), el cual se convierte en un mejorador de suelo que correctamente utilizado contribuirá a la mejora de la calidad de suelos.

B.1.3. Agua

Impacto: Posible Agotamiento del recurso

Debido a que en la etapa de operación se requiere la preparación del sustrato a base del residuo orgánico mezclado con agua, se prevé que la actividad de mezcla y



homogenización de sustrato ocasionará un impacto negativo bajo respecto a la disponibilidad del recurso hídrico.

B.2. Socio económico

B.2.1. Económico

Impacto: Incremento de puestos de trabajo

Se considera que la contratación de mano de obra en la etapa de operación incrementará los puestos de trabajo por lo que la PEA se verá beneficiada con impacto positivo, ya que será permanente.

Impacto: Dinamización de actividades económicas debido al aprovechamiento de los residuos

Se prevé que la recepción de residuos sólidos orgánicos y el manejo de residuos digeridos generarán un movimiento económico a favor de la organización a cargo del GMML, ya que se cambiará el sistema convencional de disposición final y se generará subproductos reaprovechables que podrán ser comercializados.

B.2.2. Social

Impacto: Mejoramiento del sistema de disposición final

La recepción de residuos sólidos orgánicos ocasionará el mejoramiento del manejo en general de los residuos sólidos, ya que se podrá hacer partícipes a los segregadores informales que a la fecha circundan los contenedores de residuos en busca de productos recuperables para consumo, específicamente el sistema de disposición final se verá impactado de manera positiva.



Impacto: Generación de valor agregado a los residuos sólidos orgánicos

Asimismo, se indica que el manejo de los residuos digeridos (biol y biosol) contribuirá a generar valor agregado a los residuos sólidos orgánicos generados en el GMML, siendo este un impacto positivo moderado.

Impacto: Incremento de la disponibilidad de energía renovable

La actividad consumo y generación de energía, ocasionará un impacto positivo bajo, ya que se podrá disponer de energía para que la población usuaria (estibadores y otros que hacen uso de duchas en horas de madrugada) se vea beneficiada.

Impacto: Mejoramiento del sistema de aprovechamiento de los residuos orgánicos.

La actividad de control de condiciones de operación permitirá mejorar el sistema de aprovechamiento instalado, con lo que se logrará mejorar la calidad de vida de la población usuaria, evitando generar incomodidad por un posible mal funcionamiento de algún componente del sistema.

5.3.4. Evaluación económica

Para la evaluación económica, se tuvo en cuenta la tasa de crecimiento de los valores de generación de residuos sólidos, con lo cual se proyectó la generación de residuos sólidos así como el consecuente incremento de la generación de biogás y subproductos para 10 años del Proyecto de Valorización Energética de los Residuos, para lo cual se hizo una simulación de datos (estimación de costos e ingresos), obteniendo los siguientes resultados:



5.3.4.1. Flujo de Costos

A continuación, en el Cuadro N° 47 se muestran el flujo de costos que requerirá un proyecto de aprovechamiento energético de residuos sólidos.

Cuadro N° 47 Flujo de costos

	Cantidad	Capacidad	Unidad	Costo unitario	Costo	Proveedor*
FASE I : PRE INVERSION	S/.20 000,00					
Estudio de Pre - factibilidad	1	-	-	S/.15 000,00	S/.15 000,00	EMMSA
Evaluación y planeamiento	1	-	-	S/.5 000,00	S/.5 000,00	EMMSA
FASE II : INVERSION	S/.1 107 843,74					
<i>COMPONENTES</i>						
1. Construcción e Implementación de Biodigestor (incluidos reservorios de biol y entradas)	1	2 355,26	m ³	S/.200 000,00	S/.200 000,00	CIDELSA
Motor B4T-5 000	1	300	kW	S/.60 000,00	S/.60 000,00	BIO SOLUCIONES
Medidor de Humedad HH2 con WET sensor	1			S/.9 016,95	S/.9 016,95	TECFRESH
Medidor de pH y T° de contacto para suelos	1			S/.2 325,43	S/.2 325,43	TECFRESH
Equipo de Molido	1			S/.7 000,00	S/.7 000,00	CIDELSA
SUBTOTAL COSTO FIJO						S/.278 342,38
<i>SERVICIOS</i>	-	-	-	-		
Asesoría de Implementación	-	-	-	-	S/.60 000,00	CIDELSA
Movimiento de tierras	-	-	-	-	S/.200 000,00	
Construcción de infraestructuras	-	-	-	-	S/.400 000,00	
Instalación de equipos	-	-	-	-	S/.5 000,00	
Instalación eléctrica y de tuberías de conducción	-	-	-	-	S/.20 000,00	
Contingencia 15%	-	-	-	-	S/.144 501,36	
SUBTOTAL COSTO VARIABLE						S/.829 501,36

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

5.3.4.2. Ingresos

Respecto a los ingresos, se debe mencionar que se tuvo en cuenta la tasa de incremento anual que tiene la generación de residuos sólidos en el GMML, obteniendo lo siguiente (Cuadro N° 48, Cuadro N° 49 y Cuadro N° 50):



Cuadro N° 48 Generación de energía y subproductos

Concepto	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Energía (kWh)	1 940 601,7	2 173 473,9	2 434 290,8	2 726 405,7	3 053 574,4	3 420 003,3	3 830 403,7	4 290 052,2	4 804 858,4	5 381 441,4
Biol (m ³)	76,0	85,1	95,4	106,8	119,6	134,0	150,1	168,1	188,2	210,8
Biosol (kg)	7 890,0	8 836,8	9 897,2	11 084,9	12 415,1	13 904,9	15 573,5	17 442,3	19 535,3	21 879,6

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Cuadro N° 49 Ingresos proyectados por la venta y/o valorización de energía y subproductos

Concepto	Costo unitario	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Energía	S/.0,15	S/.291 090,26	S/.326 021,09	S/.365 143,62	S/.408 960,86	S/.458 036,16	S/.513 000,50	S/.574 560,56	S/.643 507,83	S/.720 728,76	S/.807 216,22
Biol	S/.30,00	S/.2 280,60	S/.2 554,27	S/.2 860,78	S/.3 204,08	S/.3 588,57	S/.4 019,20	S/.4 501,50	S/.5 041,68	S/.5 646,68	S/.6 324,28
Biosol	S/.0,30	S/.2 367,00	S/.2 651,04	S/.2 969,16	S/.3 325,46	S/.3 724,52	S/.4 171,46	S/.4 672,04	S/.5 232,68	S/.5 860,60	S/.6 563,88

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Cuadro N° 50 Proyección de la venta de Biol y Biosol*

	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Venta del total	65%	85%	85%	90%	90%	100%	130%	125%	120%	110%
STOCK	35%	50%	65%	75%	85%	85%	55%	30%	10%	0%

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



5.3.4.3. Flujo de caja

Según los datos obtenidos, a continuación el Cuadro N° 51 presenta un flujo de caja estimado para un Proyecto de Aprovechamiento Energético de los residuos orgánicos generados en el Gran Mercado Mayorista de Lima.

Cuadro N° 51 Flujo de caja

N°	Parámetros y supuestos del cálculo de beneficios	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
I	INGRESOS										
1.1	Ingreso por suministro de energía	S/. 388 120,35	S/. 434 694,79	S/. 486 858,16	S/. 545 281,14	S/. 610 714,88	S/. 684 000,66	S/. 766 080,74	S/. 858 010,43	S/. 960 971,69	S/. 1 076 288,29
1.2	Ingresos por venta de Biol	S/. 1 482,39	S/. 2 171,13	S/. 2 431,67	S/. 2 883,67	S/. 3 229,71	S/. 4 019,20	S/. 5 851,95	S/. 6 302,10	S/. 6 776,02	S/. 6 956,71
1.3	Ingresos por venta de Biosol	S/. 1 538,55	S/. 2 253,38	S/. 2 523,79	S/. 2 992,92	S/. 3 352,07	S/. 4 171,46	S/. 6 073,65	S/. 6 540,85	S/. 7 032,73	S/. 7 220,27
1.4	Costo evitado de disposición final de residuos	S/. 249 507,00	S/. 279 447,84	S/. 312 981,58	S/. 350 539,37	S/. 392 604,09	S/. 439 716,59	S/. 492 482,58	S/. 551 580,49	S/. 617 770,14	S/. 691 902,56
	Total de ingresos	S/. 640 648,29	S/. 718 567,14	S/. 804 795,20	S/. 901 697,10	S/. 1 009 900,75	S/. 1 131 907,91	S/. 1 270 488,92	S/. 1 422 433,87	S/. 1 592 550,57	S/. 1 782 367,83
II	COSTOS										
2,1	Fase I: Pre-inversión	S/. 20 000,00	S/. 0,00	S/. 0,00	S/. 0,00	S/. 0,00	S/. 0,00	S/. 0,00	S/. 0,00	S/. 0,00	S/. 0,00
2,2	Fase II: Inversión										
	Construcción	S/. 1 107 843,74	S/. 0,00	S/. 0,00	S/. 0,00	S/. 0,00	S/. 0,00	S/. 0,00	S/. 0,00	S/. 0,00	S/. 0,00
2,3	Fase III: Post-inversión										
	Mantenimiento de equipos	S/. 300 000,00	S/. 300 000,00	S/. 300 000,00	S/. 300 000,00	S/. 300 000,00	S/. 300 000,00	S/. 300 000,00	S/. 300 000,00	S/. 300 000,00	S/. 300 000,00
	Costo por consumo de agua	S/. 80 673,93	S/. 90 354,80	S/. 101 197,38	S/. 113 341,06	S/. 126 941,99	S/. 142 175,03	S/. 159 236,03	S/. 178 344,36	S/. 199 745,68	S/. 223 715,16
	Mano de obra										
	Ingeniero (01)	S/. 4 500,00	S/. 4 725,00	S/. 4 961,25	S/. 5 209,31	S/. 5 469,78	S/. 5 743,27	S/. 6 030,43	S/. 6 331,95	S/. 6 648,55	S/. 6 980,98
	Técnico(01)	S/. 3 000,00	S/. 3 150,00	S/. 3 307,50	S/. 3 472,88	S/. 3 646,52	S/. 3 828,84	S/. 4 020,29	S/. 4 221,30	S/. 4 432,37	S/. 4 653,98
	Obreros (02)	S/. 1 800,00	S/. 1 845,00	S/. 1 891,13	S/. 1 938,40	S/. 1 986,86	S/. 2 036,53	S/. 2 087,45	S/. 2 139,63	S/. 2 193,13	S/. 2 247,95
	Total de costos	S/. 1 517 817,67	S/. 400 074,80	S/. 411 357,25	S/. 423 961,65	S/. 438 045,15	S/. 453 783,68	S/. 471 374,20	S/. 491 037,24	S/. 513 019,72	S/. 537 598,08
	Flujo Económico	-S/. 604 669,38	S/. 591 117,34	S/. 666 194,20	S/. 750 629,51	S/. 844 894,37	S/. 951 314,94	S/. 1 072 464,96	S/. 1 204 914,38	S/. 1 353 224,49	S/. 1 518 648,07
4,1	Aporte Inversión Capital	S/. 877 169,38									
4,2	Amortizaciones de la Deuda.		S/. 0,00	S/. 76 703,21	S/. 84 373,54	S/. 92 810,89	S/. 102 091,98	S/. 112 301,18	S/. 123 531,29	S/. 135 884,42	S/. 149 472,87
4,3	Intereses.		S/. 0,00	S/. 87 716,94	S/. 80 046,62	S/. 71 609,26	S/. 62 328,17	S/. 52 118,98	S/. 40 888,86	S/. 28 535,73	S/. 14 947,29
	Flujo Financiero	S/. 0,00	S/. 318 492,34	S/. 229 017,80	S/. 313 315,30	S/. 407 435,45	S/. 513 704,08	S/. 634 694,57	S/. 766 976,48	S/. 915 110,70	S/. 1 080 349,60

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



5.3.4.4. Datos de financiamiento

En el Cuadro N° 52, se muestran los datos considerados para el flujo de caja, los mismos que permitieron calcular los indicadores de rentabilidad del Proyecto:

Cuadro N° 52 Base de cálculo - Financiamiento

Inversión Total	S/.1 517 817,67
Crédito (soles)	S/.877 169,38
Plazo años	8,00
Numero de Cuotas al año	1,00
Numero de Cuotas préstamo	8,00

Periodos de gracia	2,00
Tasa de interés efectiva anual	10%
Tasa de Interés efectiva	10%

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Cuadro N° 53 Financiamiento

Fecha	Préstamo	Amortización	Interés	Cuota	Saldo
		CAPITAL			DEUDA
Año 1	S/. 877 169,38	S/. 0,00	S/. 0,00		S/. 877 169,38
Año 2	S/. 877 169,38	S/. 0,00	S/. 0,00		S/. 877 169,38
Año 3	S/. 877 169,38	S/. 76 703,21	S/. 87 716,94	S/. 164 420,15	S/. 800 466,17
Año 4	S/. 800 466,17	S/. 84 373,54	S/. 80 046,62	S/. 164 420,15	S/. 716 092,63
Año 5	S/. 716 092,63	S/. 92 810,89	S/. 71 609,26	S/. 164 420,15	S/. 623 281,74
Año 6	S/. 623 281,74	S/. 102 091,98	S/. 62 328,17	S/. 164 420,15	S/. 521 189,76
Año 7	S/. 521 189,76	S/. 112 301,18	S/. 52 118,98	S/. 164 420,15	S/. 408 888,58
Año 8	S/. 408 888,58	S/. 123 531,29	S/. 40 888,86	S/. 164 420,15	S/. 285 357,29
Año 9	S/. 285 357,29	S/. 135 884,42	S/. 28 535,73	S/. 164 420,15	S/. 149 472,87
Año 10	S/. 149 472,87	S/. 149 472,87	S/. 14 947,29	S/. 164 420,15	S/. 0,00
		S/. 877 169,38	S/. 438 191,84	S/. 1 315 361,22	

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



5.3.4.5. TIR

A continuación, en el Cuadro N° 54, se presentan los datos de cálculo de la Tasa Interna de Retorno, de donde se obtiene que el Proyecto tendría una tasa de 42,17%, lo cual significa que es económicamente viable:

Cuadro N° 54 Cálculo de la TIR

Año	Flujo de Fondo	Factor	Flujo Actual
1	-S/. 877 169,38		
2	S/. 318 492,34	0,49477126	S/. 157 580,86
3	S/. 229 017,80	0,34802200	S/. 79 703,23
4	S/. 313 315,30	0,24479860	S/. 76 699,15
5	S/. 407 435,45	0,17219128	S/. 70 156,83
6	S/. 513 704,08	0,12111931	S/. 62 219,48
7	S/. 634 694,57	0,08519530	S/. 54 072,99
8	S/. 766 976,48	0,05992635	S/. 45 962,10
9	S/. 915 110,70	0,04215219	S/. 38 573,92
10	S/. 1 080 349,60	0,02964984	S/. 32 032,19
TIR =	42,17%		S/. 617 000,76

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

5.3.4.6. VAN

Del mismo modo, se presenta el Cuadro N° 55. Con el Valor Actual Neto, que por regla general debe de ser mayor a 0 para ser rentable, el mismo que resulta en S/. 3 626 156,91, lo cual hace muy rentable la ejecución de un Proyecto de valorización de residuos sólidos orgánicos.

Cuadro N° 55 Cálculo del VAN

Año	Flujo de Fondo	Factor	Flujo Actual
1	S/. 877 169,38		
2	S/. 318 492,34	0,91	S/. 289 538,49
3	S/. 229 017,80	0,83	S/. 189 270,91
4	S/. 313 315,30	0,75	S/. 235 398,42
5	S/. 407 435,45	0,68	S/. 278 283,89
6	S/. 513 704,08	0,62	S/. 318 969,82
7	S/. 634 694,57	0,56	S/. 358 268,54



Año	Flujo de Fondo	Factor	Flujo Actual
8	S/. 766 976,48	0,51	S/. 393 580,21
9	S/. 915 110,70	0,47	S/. 426 905,90
10	S/. 1 080 349,60	0,42	S/. 458 173,69
VAN = S/.	S/. 3 626 156,91		S/. 4 503 326,29

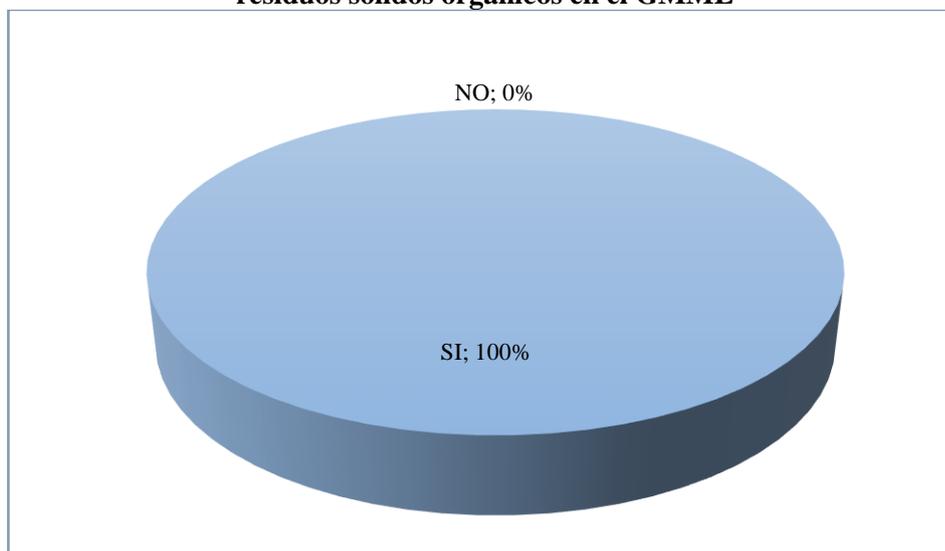
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

5.3.5. Percepción social

Tal como se mencionó líneas arriba, durante la encuesta realizada como parte del Diagnóstico del Manejo de Residuos Sólidos en el GMML, se incluyó una pregunta relacionada a la puesta en marcha de una Planta de Valorización Energética de los residuos sólidos orgánicos, de donde se tiene que el 100 % de la población encuestada, se muestra de acuerdo con el proyecto.

Por lo tanto, se puede afirmar que a nivel social, la población del área de influencia directa (comerciantes y usuarios del GMML) se encuentra de acuerdo con la habilitación de una planta de valorización energética de residuos sólidos orgánicos.

Gráfico N° 30 Población a favor de un proyecto de aprovechamiento energético de residuos sólidos orgánicos en el GMML



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Asimismo, a nivel social se deberá considerar al grupo de segregadores informales para su inclusión en el proceso de tratamiento.



CAPÍTULO VI DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La presente investigación realizada, permite mostrar una alternativa de aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos que según los señalan los autores citados, se ha venido desarrollando desde hace muchos años; es así que se concuerda con las afirmaciones de muchos de ellos; tal como lo señala BOSCH, A. (2011), además del biogás los subproductos obtenidos, generarán ingresos adicionales que permitirán generar un flujo positivo a un próximo proyecto de aprovechamiento energético.

Se concuerda con lo señalado con ALCÁNTAR, I. (2014), en que con una relación de 1:2 equivalente a 0,5 respecto a la cantidad de sólidos volátiles del sustrato versus el inóculo, el proceso no se ve interrumpido y se logra obtener resultados estables. A continuación, se presenta el cuadro comparativo de los parámetros y resultados obtenidos:

Cuadro N° 56 Comparación de resultados - ALCÁNTAR, I (2014)

Título de la Investigación:	POTENCIAL DE GENERACIÓN DE BIOGÁS DE LA CODIGESTIÓN ANAEROBIA DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS URBANOS CON ACEITE COMESTIBLE USADO	
Autor (a) (es):	IRAZEMA ALCÁNTAR GONZÁLEZ	
Institución:	Universidad Nacional Autónoma De México	
Comparación de datos y resultado		
Parámetros comparativos	AICÁNTAR, I. (2014)	GALVAN, T. (2017) *
Inóculo utilizado:	Lodos granulares anaerobios de un reactor UASB de la planta de tratamiento de aguas residuales de la cervecera Grupo Modelo SA de CV	Lodos anaerobios del reactor UASB de la planta de tratamiento del CITRAR - UNI
Sustrato:	Aceite comestible + Fracción orgánica de residuos sólidos urbanos	Residuos sólidos orgánicos del Gran Mercado Mayorista de Lima
Relación Sustrato:Inóculo:	0,5	1/2 = 0,5
Tiempo de evaluación:	12 días	13 - 15 días
Rendimiento:	Volumen normalizado: 196,6 mlCH ₄ /gSV	Sustrato 2 : 84,47 mlCH ₄ /gSV

FUENTE: Elaboración propia

(*) La presente Tesis.



Si bien, SANCHEZ, C. et all (2015). Señalan que el mayor rendimiento de generación de biogás se produce con una relación S:I de 1:3, se realiza la comparación del análisis realizado con una relación de 1:2 (0,5), de lo cual se discute que el resultado obtenido en dicha investigación, ya que si se realiza la diferencia de resultados obtenidos en dicha investigación, del análisis del sustrato versus la muestra o reactor “blanco”, se tendría un rendimiento del sustrato , relativamente bajo, de 12,88 mlCH₄/gSV

Cuadro N° 57 Comparación de resultados - SANCHEZ, C. et all (2015)

Título de la Investigación:	DETERMINACIÓN DEL POTENCIAL BIOQUÍMICO DE METANO (PBM) DE RESIDUOS DE FRUTAS Y VERDURAS EN HOGARES	
Autor (a) (es):	SÁNCHEZ C., PATIÑO M.E., ALCÁNTARA J.L., REYES Y. PÉREZ M.A. y ORTÍZ E. (2015)	
Institución:	Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (México)	
Comparación de datos y resultado		
Parámetros comparativos	SANCHEZ, C. et all (2015)	GALVAN, T. (2017) *
Inóculo utilizado:	Lodo activado anaerobio obtenido de un biodigestor mesofílico de la planta de tratamiento de aguas residuales “Atoyac Sur” de la ciudad de Puebla.	Lodos anaerobios del reactor UASB de la planta de tratamiento del CITRAR - UNI
Sustrato:	Mezcla de desechos de cocina de hogares en la ciudad de Puebla.	Residuos sólidos orgánicos del Gran Mercado Mayorista de Lima
Relación Sustrato:Inóculo:	1:2 = 0,5	1:2 = 0,5
Tiempo de evaluación:	15 días	13 días
Rendimiento:	Análisis con sustrato: 116,27 mlCH ₄ /gSV Análisis del blanco: 103,39 mlCH ₄ /gSV	Sustrato 2 : 84,47 mlCH ₄ /gSV

FUENTE: Elaboración propia

(*) La presente Tesis.

Por otro lado, si bien el análisis de residuos de comida realizado por BROWNE J. D.(2014), se lleva a cabo en diferentes condiciones y proporciones, se discute el rendimiento obtenido, ya que según señala la muestra de comida analizada genera en promedio 529 l CH₄/kg SV, sin embargo, no considera el análisis de una muestra



“blanco” que permita diferenciar el rendimiento del inóculo propiamente dicho y obtener el rendimiento efectivo del sustrato (residuo de comida), el cual posiblemente sea menor al obtenido en dicho estudio. A continuación, el cuadro muestra los datos comparados con los empleados y obtenidos en la presente tesis.

Cuadro N° 58 Comparación de resultados BROWNE, J. D. (2014)

Título de la Investigación:	<i>BIOMETHANE PRODUCTION FROM FOOD WASTE AND ORGANIC RESIDUES</i>	
Autor (a) (es):	JAMES D. BROWNE B.E	
Institución:	University College Cork, Irlanda	
Comparación de datos y resultado		
Parámetros comparativos	BROWNE, J. D. (2014)	GALVAN, T. (2017) *
Inóculo utilizado:	Lodo activado de un biodigestor estable de una granja	Lodos anaerobios del reactor UASB de la planta de tratamiento del CITRAR - UNI
Sustrato:	Restos de comida	Residuos sólidos orgánicos del Gran Mercado Mayorista de Lima
Relación Sustrato:Inóculo:	1:3	1:2 = 0,5
Tiempo de evaluación:	25 días	13 días
Rendimiento:	Promedio: 529 mlCH ₄ /gSV	Sustrato 2 : 84,47 mlCH ₄ /gSV

FUENTE: Elaboración propia

(*) La presente Tesis.

Finalmente, se evidencia que los resultados obtenidos, presentan similitud con los obtenidos en investigaciones previas, lo cual permite a su vez dar soporte a dichos resultados; asimismo, se observa que el rendimiento obtenido es relativamente bajo respecto a las otras investigaciones, cuyas razones podrían estar relacionadas a las limitaciones durante la etapa de laboratorio y materiales empleados.



CAPÍTULO VII CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1. CONCLUSIONES

- A raíz del diagnóstico del manejo de los residuos sólidos en el Gran Mercado Mayorista de Lima, se concluye que el manejo de los residuos sólidos se encuentra tercerizado bajo un contrato público por aproximadamente S/. 645 287,67 mensuales; el ciclo del manejo de los residuos sólidos comprende las etapas de: generación, limpieza (barrido y baldeo), almacenamiento, recolección, transporte y disposición final.

La generación promedio diaria, varía según lo identificado en dos (02) temporadas semestrales de generación, ya que entre junio y noviembre el promedio de generación asciende a 37,76 TM/día, mientras que de diciembre a mayo el promedio resulta 54,65 TM/día, asimismo el promedio anual es de 16 633,8 TM de residuos sólidos, además la generación de residuos se ha incrementado en los últimos 4 años con una tasa promedio de 12%.

Asimismo, según el último EC-RS el 81,2 % \pm 2,4 % de los residuos sólidos es de naturaleza orgánica; para el almacenamiento de los residuos sólidos, se cuenta con contenedores de 240 y 1 100 litros distribuidos en el GMML.

Se ha identificado la presencia de “Segregadores” quienes de manera informal acceden a los contenedores de residuos y seleccionan productos “recuperables” que son posiblemente utilizados para diversos fines no saludables.

La recolección de los residuos sólidos se realiza de manera adecuada con dos (02) unidades compactadoras de capacidad aproximada de 11 -15 TM; y son dispuestos en el relleno sanitario de la empresa PETRAMÁS.



- Del test realizado (*Batch test*), se concluye que de los tres (03) sustratos evaluados, el sustrato 1 (residuos de tomate) genera 100,69 ml de gas metano (CH_4) por gramo de sólido volátil (g SV), el sustrato 2 (residuos de hortalizas) genera 57,3 ml $\text{CH}_4/\text{g SV}$ y el sustrato 3 genera 84,47 ml $\text{CH}_4/\text{g SV}$. Cabe indicar que durante la prueba realizada en el laboratorio, la muestra blanco (inóculo de bacterias) no ha generado volumen alguno de biogás. Finalmente se concluye que el sustrato idóneo para el aprovechamiento energético es el Sustrato 3, debido a la cantidad disponible para su aprovechamiento y a su rendimiento obtenido.
- Considerando que el 81,20% de los residuos generados son de naturaleza orgánica, se estima una disponibilidad energética a partir del sustrato 3 (residuos orgánicos en general) es de 4 405,31 kWh a partir de la generación diaria de residuos en la temporada 1 (junio – noviembre) y de 6 375,81 kWh a partir de la generación diaria en la temporada 2 (diciembre – mayo), requiriéndose una potencia de instalación de 265,66 kW, por lo tanto se dispone de 1 940 601,73 kWh para el Año 1.

Se considera que el aprovechamiento energético es ambientalmente viable, ya que según la evaluación realizada, en la etapa de construcción del proyecto, se generarán impactos negativos no significativos, que a su vez durante la etapa de operación se verán compensados por los impactos positivos relacionados a la reducción de emisiones de GEI, reducción de riesgo de contaminación por lixiviados de rellenos sanitarios, entre otros beneficios ambientales y la mejora de la calidad de vida de la población involucrada.



Asimismo a nivel económico según la evaluación realizada un proyecto de esta naturaleza tendría una Taza Interna de Retorno (TIR) de 42,17 % y un Valor Actual Neto (VAN) de S/. 3 626 156,91, resultado que lo hace completamente viable. Finalmente a nivel social, la población del área de influencia directa (comerciantes mayoristas), se muestran a favor de un proyecto de aprovechamiento de residuos orgánicos, que además permitiría la inclusión de los segregadores informales identificados.



7.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda iniciar un programa de segregación de residuos sólidos en origen, con la finalidad de priorizar la valorización de los residuos sólidos de naturaleza orgánica e inorgánica, generados en el GMMML.
- Se recomienda evaluar alternativas de reducción de residuos sólidos a través de la evaluación de los mismos, para un posible aprovechamiento de consumo directo, ya que la existencia de segregadores informales evidencia la posibilidad de destinar dichos productos al consumo masivo en albergues, comedores populares u otros establecimiento; asimismo, se recomienda incluir a dichos segregadores como colaboradores del proceso, ya sea para brindar información o para laborar en las instalaciones de la Planta de Valorización Energética.
- Los cálculos y evaluación experimental realizada brindan una idea sustentada de la viabilidad del proceso, sin embargo debido a las limitaciones de la investigación (en materiales de laboratorio, reactivos, etc.) se recomienda iniciar el aprovechamiento energético a nivel de plan piloto que permitan confirmar los beneficios económicos, ambientales y sociales que representa esta alternativa de tratamiento de los residuos sólidos.
- Para el correcto funcionamiento del proceso de digestión anaerobia se recomienda el monitoreo y control constante de la presencia de sustancias y parámetros de funcionamiento que en niveles inadecuados puedan inhibir el proceso.



CAPÍTULO VIII REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] AGUILAR Q., TABOADA P. A., OJEDA S. (2011) “Modelo mexicano para la estimación de la generación de biogás”. Ingeniería – Revista Académica de la Facultad de Ingeniería. 15, 37-45.
- [2] AGUILAR A., PÉREZ S., CABRERA S. y YÁÑEZ G. (2014) “Potencial Bioquímico de Metano en la Co-Digestión Anaerobia de Estiércol Porcino, con Residuos Agroindustriales Reactores por Lote”. REVISTA AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales: Investigación, desarrollo y práctica. Vol. 7, No. 2, 125 – 133.
- [3] ALCÁNTAR I. (2014) “Potencial de Generación de Biogás de la Cogestión Anaerobia de Residuos Sólidos Orgánicos Urbanos con Aceite Comestible Usado”, Tesis de maestría, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- [4] APARCANA, S. y JANSEN, A. (2008) “Estudio sobre el Valor Fertilizante de los Productos del Proceso - Fermentación Anaeróbica- para Producción de Biogás”. Reporte No.: BM-4-00-1108-1239. GERMAN PROFEC. Lima – Perú.
- [5] BATSTONE, D. J. y JENSEN, P. D. (2011). *Anaerobic Processes*. QLD Australia: Elsevier, 615-637.
- [6] BLANCO, D. (2011). “Tratamiento biológico aerobio-anaerobio-aerobio de residuos ganaderos para la obtención de biogás y compost”. Tesis de doctorado. Universidad de León. Nuevo León. España.



- [7] BERGLUND, M. y BÖRJESSON, P. (2003). “*Energianalys av biogassystem*”. Report no 44. Dept. teknik och samhälle, Universidad de Lund. Suecia.
- [8] BOSCH, A. (2011). “Estudio de viabilidad de la instalación de una planta de metanización en un buque crucero”. Proyecto de fin de carrera. Universidad Politécnica de Cataluña. Barcelona. España.
- [9] BROWNE, J. D. (2014). “*Biomethane production from food waste and organic residues*”, Tesis de Doctorado, University College Cork, Irlanda.
- [10] BRAUNER, C. (2011). “*China biogas potential and its estimated contribution to climate change mitigation*”, Tesis de Maestría, Universidad de Bodenkultur, Viena - Austria.
- [11] CANTONI, N. (2010) “Reciclado – Una solución al problema de la basura” Albatros. 1ra ed. Buenos Aires. Argentina.
- [12] CARRILLO, L. (2004). “Energía de Biomasa”. 1era ed. S.S Jujuy, 16-64. ISBN 987-43-8679-7
- [13] CASTRO R, O. (2004) “Estudio del comportamiento de un motor Diesel con suministro de Biogás, Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Ingeniería Lima – Perú.
- [14] CHAMY, R. y VIVANCO, E. (2007) “Potencial de Biogás - Identificación y Clasificación de los distintos tipos de Biomasa disponibles en Chile para la generación de Biogás”, Proyecto Energías Renovables, Chile.
- [15] CASTELLS, X., FLOATS, X. y CAMPOS, E. (2012) “PROCESOS BIOLÓGICOS. La digestión anaerobia y el compostaje: Tratamiento y



- valorización energética de residuos”. Madrid, España: Ed. Díaz de Santos.
ISBN: 978-84-9969-133-6
- [16] CONESA, V. (2010) “Guía Metodológica para la Evaluación del Impacto Ambiental”, Madrid España: Multi-Prensa.
- [17] Decreto Legislativo N° 1278 (2016) “Decreto Legislativo que Aprueba la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólido”. Diario El Peruano. Lima. Perú.
- [18] DEUBLEIN, D. y STEINHAUSER, A. (2008). “*Biogas from Waste and Renewable Resources*”. Weinheim, Alemania: WILEY-VCH, 93-137. ISBN 978-3-527-31841-4
- [19] ELIAS CASTELLS, X. et all (2012) “Energías Renovables”. Madrid, España: Ed. Díaz de Santos.
- [20] Empresa Municipal de Mercados S.A. EMMSA (2016) “Plan Operativo Institucional EMMSA Periodo Fiscal 2016”. Oficina de Planeamiento Presupuesto y Estadística (OPPE). Lima. Perú.
- [21] ESPOSITO, G., FRUNZO, L., LIOTTA, F., PANICO, A., y PIROZZI, F. (2012) “*Bio-Methane Potential Tests To Measure The Biogas Production From The Digestion and Co-Digestion of Complex Organic Substrates*”. The Open Environmental Engineering Journal, 5, 1-8 doi: 10.2174/1874829501205010001
- [22] FORSTER-CARNEIRO T., PÉREZ M., ROMERO L. y SALES D. (2007). *Dry-thermophilic anaerobic digestion of organic fraction of the municipal solid waste: Focusing on the inoculum sources*. Bioresource Technology, 98, 3195-3203. Cádiz. España.



- [23] FRAUME RESTREPO, N. J. (2007) “Diccionario Ambiental” Ecoe Ediciones. Bogotá. Colombia.
- [24] GARAY GARCÍA, O.A. (2011) “Análisis Técnico-Económico de una Planta de Generación Eléctrica en Base a Biogás”, Memoria para obtener el título de ingeniero civil electricista, Universidad de Chile, Santiago de Chile.
- [25] HERNANDEZ SAMPIERI, R. et all (2010) “Metodología de la investigación” Mc Graw hill 5ta ed. México.
- [26] IPCC (2011) “Fuentes de energía renovables y mitigación del cambio climático”.
- [27] IPES PROMOCIÓN DEL DESARROLLO SOSTENIBLE (2013) “Diagnóstico de la Gestión y Manejo de Residuos Sólidos en el Gran Mercado Mayorista de Lima”. Lima. Perú.
- [28] IPES PROMOCIÓN DEL DESARROLLO SOSTENIBLE (2013) “Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos en el Gran Mercado Mayorista de Lima”. Lima - Perú.
- [29] JUANGA, J.P. (2005). “*Optimizing dry anaerobic digestion of organic fraction of municipal solid waste*”. Tesis de maestría. Instituto Asiático de Tecnología Tailandia.
- [30] LORBER, G. (2014) “Guía *Batch Test* (basado en *DIN 38 414-8*)” BOKU Universität. IFA-Tulln. Austria.
- [31] MARTÍ HERRERO J. (2008) “BIODIGESTORES FAMILIARES – Guía de diseño y manual de instalación”. GTZ-Energía. La Paz. Bolivia.
- [32] MINAM (2001) “Ley N° 27446, Ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental y su Reglamento”. Lima. Perú.



- [33] MINISTERIO DEL AMBIENTE – VICEMINISTERIO DE GESTIÓN AMBIENTAL (2013) Quinto Informe anual de residuos sólidos municipales y no municipales en el Perú – Gestión 2012. AMBIDES SAC. Lima – Perú
- [34] MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE SANTA ANITA (2015) “Plan de Manejo de Residuos Sólidos del Distrito de Santa Anita” aprobado con Ordenanza N° 00170/MDSA.
- [35] MUÑOZ, N. (2015) “Valorización de Residuos de la Industria Agroalimentaria. Codigestión de estiércol de vacuno lechero y suero de quesería”, Tesis doctoral en Ingeniería Industrial, Universidad de Cantabria, Santander – España.
- [36] MURSEC, B. y VINDIS, P. (2009) “*Building of a Mini Digester for Mesophilic Anaerobic Digestion*”, *Professional paper*, Universidad de Maribor, Eslovenia
- [37] NEVES, L., GONÇALO, E., OLIVEIRA, R. y ALVES, M.M. (2008). “*Influence of composition on the biomethanation potential of restaurant waste at mesophilic temperatures*”. *Waste Management*, 28, 965-972. disponible en www.sciencedirect.com.
- [38] PALA, H. (2006), “Estudio del potencial energético a partir de los residuos sólidos en algunos distritos del cono norte de Lima Metropolitana”. Tesis de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima - Perú.
- [39] PALOMINO, V.A. (2007) “Tratamiento de Residuos Sólidos Domésticos mediante Biodigestores para la obtención de Biogás y Bioabonos”. Tesis de pregrado. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima - Perú.



- [40] PAVLOSTATHIS S. G. y GIRALDO GÓMEZ E. (1991). *Kinetics of anaerobic treatment*. *Water Science and Technology*, 24, 35-59. Massachusetts. USA.
- [41] QUISPE, M. P. (2009) “Estudio de la eficiencia de generación de biogás y su relación con la segregación de residuos recuperables en un relleno sanitario”. Tesis de pregrado Universidad Nacional de Ingeniería, Lima – Perú.
- [42] RAUHALA, A.M. (2013) “*Feasibility study on the biogas production from wastes generated at the University of Jyväskylä*”, Tesis de Maestría, Universidad de Jyväskylä, Finlandia.
- [43] SABALZA, O. y VILLAMIZAR, O. (2009): “Evaluación del potencial energético de los residuos sólidos orgánicos urbanos provenientes de las plazas de mercado y diseño conceptual de una planta de digestión anaerobia para su aprovechamiento industrial en Colombia”. Tesis de grado, Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga – Colombia.
- [44] SÁNCHEZ C., PATIÑO M.E., ALCÁNTARA J.L., REYES Y. PÉREZ M.A. y ORTÍZ E. (2015), “Determinación del Potencial Bioquímico de Metano (PBM) de Residuos de Frutas y Verduras en Hogares”: *Revista Internacional de Contaminación Ambiental* 32 (2) 191-198, doi: 10.20937/RICA.2016.32.02.05
- [45] SANS, R. y RIBAS, J. (1989) “Ingeniería Ambiental: Contaminación y tratamientos”, s/e, MARCOMBO S.A., Barcelona. España.
- [46] SCHIEVANO, A., D’IMPORZANO, G., MALAGUTTI, L., FRAGALI, E., RUBONI, G. y ADANI, F. (2010). “*Evaluating inhibition conditions in high-*

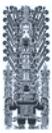


solids anaerobic digestion of organic fraction of municipal solid waste”.

Bioresource Technology, 101, 5728-5732. Milán. Italia.

doi: 10.1016/j.biortech.2010.02.032

- [47] SCHNÜRER, A. y JARVIS, Å. (2009). *Microbiological Handbook for Biogas Plants*. Malmö, Suecia: Avfall Sverige/SGC.
- [48] TCHOBANGLIOUS, G; THEISEN, H y VIGIL, S. (1994). *Gestión Integral de Residuos Sólidos*, s/e, Ed McGraw-Hill. Madrid, Cap. 2.
- [49] VERÁSTEGUI, J. Y M. MATERO. (1979). “Producción de biogás a partir de desechos orgánicos”. *Investigación Tecnológica Industrial y de Normas Técnicas (ITINTEC)*, Lima, Perú.
- [50] VARNERO ROMERO, M. T. (2011). “Manual de Biogás”. Santiago de Chile, Chile: MINENERGIA / PNUD / FAO / GEF, 9-114. ISBN 978-95-306892-0



Anexo N° 1 – Formato de encuesta

**ESTIMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE BIOGÁS PARA LA GENERACIÓN ENERGÉTICA A PARTIR DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS GENERADOS EN EL GRAN MERCADO MAYORISTA DE LIMA.
ENCUESTA N°1- Comerciantes**



DATOS GENERALES		
1.- Pabellón:	2.- Código de puesto/Giro :	3.- N° de trabajadores:
4.- Condición del encuestado:	a)Dueño b)Ayudante c) Arrendatario	
5.- Día de mayor venta:	6.- Día de menor venta:	

GENERACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE RS	
7.- ¿Qué residuo genera más?	a) Productos orgánicos malogrados. b)tierra c)madera d) otros
8.- ¿Cuáles son las razones por la que genera sus residuos?	a) Saneado de productos b) subproducto no comercializable c) otro:
9.- ¿Qué giro cree usted que genera mayor residuo?	a) Hortalizas b) Tomates c) Ajíes d) otros
10.- ¿Cómo almacena sus residuos?	a) De frente al contenedor b)costal c) balde d)caja e) otro
11.- ¿Cuántas veces llena su recipiente?	a) 1 vez al día b)1 a 3 veces x día c)más de 3 veces
12.- Ubicación de los contenedores	a)muy bueno b)bueno c)regular d)malo
13.- ¿El # de contenedores son suficientes?	a) Si b)No
14.- ¿Cómo califica el mantenimiento de los contenedores?	a)muy bueno b)bueno c)regular d)malo

DEL SERVICIO DE LIMPIEZA Y RECOLECCIÓN DE RESIDUOS	
15.- Como califica Ud. El servicio de limpieza	a)muy bueno b)bueno c)regular d)malo
16.- Como califica Ud. El servicio de recolección	a)muy bueno b)bueno c)regular d)malo
17.- ¿Qué acciones toma si encuentra un contenedor lleno?	

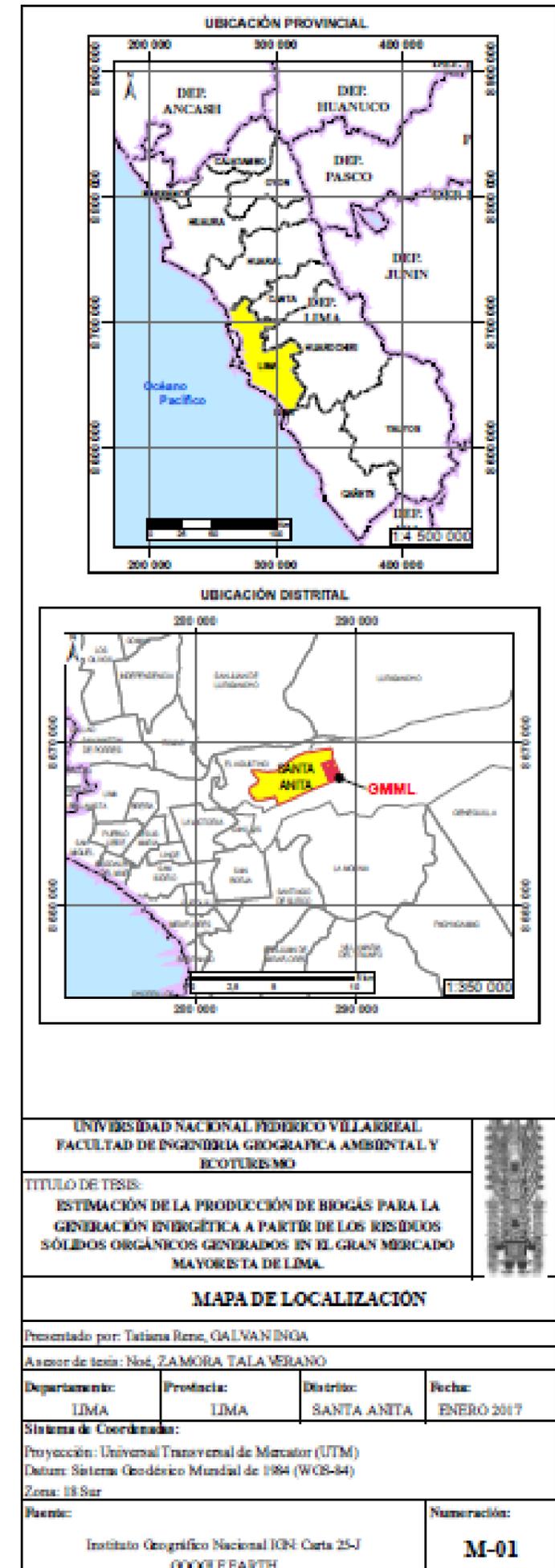
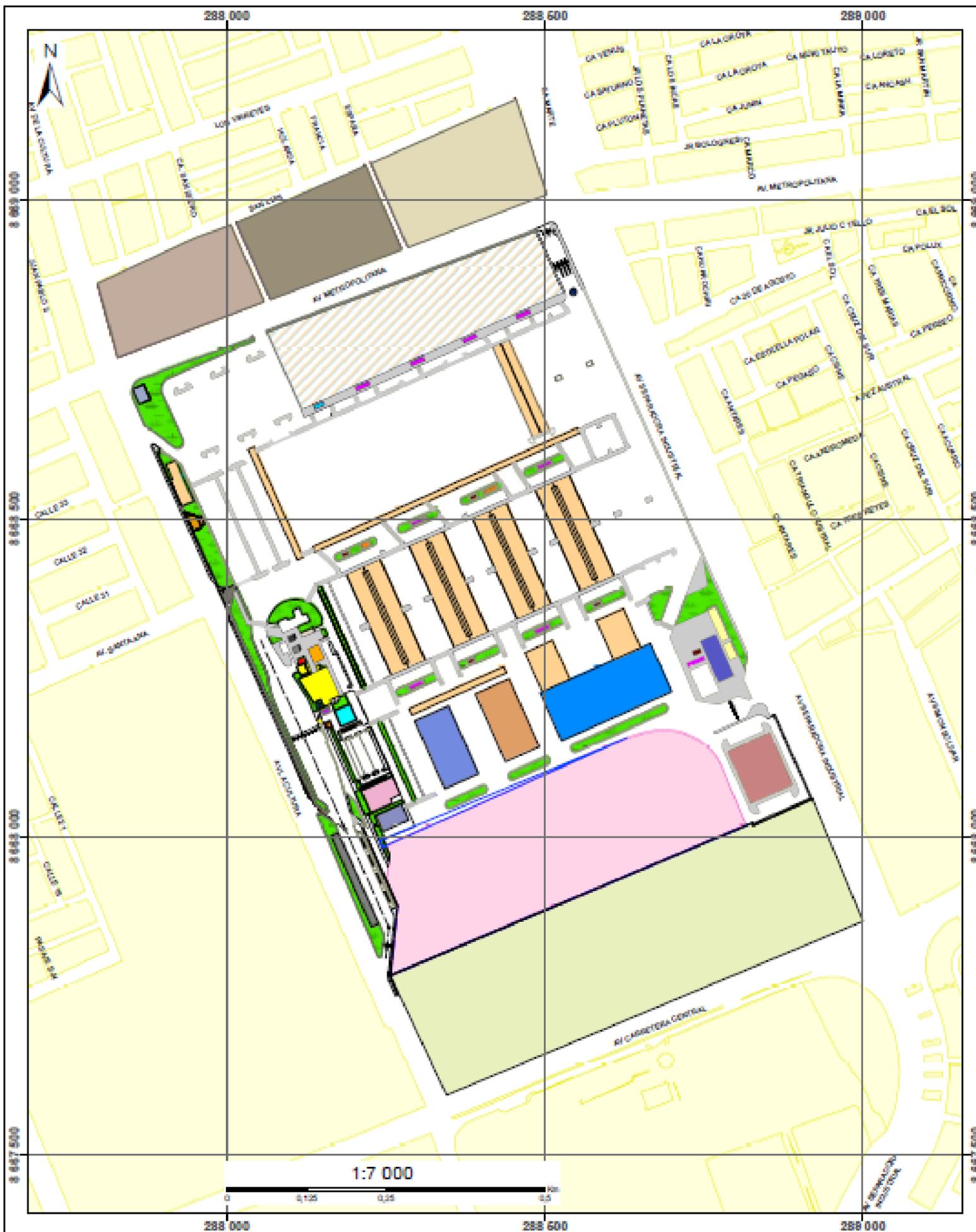
DISPOSICIÓN FINAL Y APROVECHAMIENTO	
18.- ¿Sabe Ud. A donde van estos residuos?	a) NO b) SI ¿A dónde?
19.- ¿Cree Ud. Que se puede reaprovechar?	a) NO b) SI ¿Cómo?
20.- ¿De qué manera?	a) Para generar energía b) Alimento de animales c) Compostaje d) Otro:
21.- ¿Estaría de acuerdo si se iniciara un proyecto de aprovechamiento de los residuos orgánicos para generar energía a partir del biogás?	a) SI b) NO ¿Por qué?

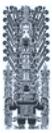
CAPACITACIÓN	
22.- ¿Ha recibido Ud. Capacitación sobre el manejo de sus residuos?	a) 1 vez b) más de una vez c) Nunca
23.- ¿Estaría dispuesto a participar de charlas de capacitación sobre el manejo de RS?	a) SI b) NO ¿Por qué?

CAPACITACIÓN	
24.- ¿Estaría dispuesto a separar sus residuos por tipo?	a) NO b) SI
RECICLADORES INFORMALES	
25.- Ha visto Ud. Personas que rebuscan los productos de los contenedores.	a) NO b) SI



Anexo N° 2 – Mapa de Localización





Anexo N° 3 - Resultado de encuestas



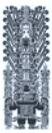
Ítem	Pregunta realizada según encuentra N° 1 - Comerciantes																									
	Pabellón	Código	Giro	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1	A	A-007	Hortalizas	de 1-3	Dueño	Martes	Lunes	Productos orgánicos malogrados	Saneado de productos	Hortalizas	De frente al contenedor	de 1-3	Muy Bueno	SI	Bueno	Bueno	Bueno	Deja al costado	NO	SI	Alimento de animales	SI	1 vez	SI	SI	SI
2	A	A-070	Ají	de 4-6	Dueño	Martes y Jueves	Lunes	Productos orgánicos malogrados	Saneado de productos	Hortalizas	De frente al contenedor	de 1-3	Regular	SI	Bueno	Bueno	Bueno	no le ha pasado	NO	NO		SI	Nunca	No tiene tiempo	SI	SI
3	A	A-056	Ají	de 1-3	Arrendatario	Martes, Viernes y sábado	Lunes y miércoles	Productos orgánicos malogrados	Saneado de productos	Hortalizas	Balde	Más de 3	Regular	SI	Bueno	Bueno	Bueno	Busca otro contenedor	NO	SI	Compostaje	SI	1 vez	No tiene tiempo	No tiene tiempo	SI
4	A	A-135	Zapallo	de 4-6	Arrendatario	Martes, Viernes y sábado	Lunes y miércoles	Productos orgánicos malogrados	Saneado de productos	Hortalizas	De frente al contenedor	de 1-3	Regular	SI	Bueno	Bueno	Bueno	no le ha pasado	SI	SI	Alimento de animales	SI	Nunca	SI	SI	NO
5	A	A-025	Hortalizas	de 1-3	Dueño	Martes y Jueves	Lunes	Productos orgánicos malogrados	Saneado de productos	Hortalizas	De frente al contenedor	de 1-3	Regular	SI	Bueno	Regular	Bueno	Busca otro contenedor	NO	NO		SI	Nunca	SI	SI	SI
6	A	A-10	Hortalizas	de 1-3	Ayudante	Martes	Lunes y miércoles	Productos orgánicos malogrados	Saneado de productos	Hortalizas	De frente al contenedor	de 1-3	Bueno	NO	Bueno	Bueno	Bueno	no le ha pasado	NO	SI	Alimento de animales	SI	Nunca	No tiene tiempo	SI	SI
7	A	A-130	Zapallo	de 4-6	Arrendatario	Martes	Lunes	Productos orgánicos malogrados	Saneado de productos	Tomate	De frente al contenedor	de 1-3	Bueno	SI	Bueno	Muy bueno	Bueno	no le ha pasado	SI	SI	Alimento de animales	SI	Nunca	SI	SI	SI
8	A	A-060	Ají	de 4-6	Ayudante	Martes	Lunes	Productos orgánicos malogrados	Saneado de productos	Hortalizas	De frente al contenedor	de 1-3	Bueno	SI	Bueno	Bueno	Bueno	no le ha pasado	NO	SI	Compostaje	SI	Nunca	No tiene tiempo	No tiene tiempo	SI
9	A	A-045	Maíz morado	de 1-3	Dueño	Martes, Viernes y sábado	Lunes y miércoles	Productos orgánicos malogrados	Saneado de productos	Hortalizas	De frente al contenedor	de 1-3	Muy Bueno	SI	Bueno	Bueno	Bueno	no le ha pasado	NO	SI	Alimento de animales	SI	Nunca	SI	SI	SI
10	A	A-120	Zapallo	de 4-6	Ayudante	Martes	Lunes y miércoles	Productos orgánicos malogrados	Saneado de productos	Hortalizas	De frente al contenedor	de 1-3	bueno	SI	Regular	Bueno	Bueno	Busca otro contenedor	NO	NO		SI	Nunca	No tiene tiempo	SI	SI
11	B	B-112	Ají	de 1-3	Arrendatario	Martes	Lunes y miércoles	Productos orgánicos malogrados	Saneado de productos	Hortalizas	De frente al contenedor	de 1-3	Bueno	SI	Bueno	Bueno	Bueno	Busca otro contenedor	NO	SI	Compostaje	SI	Nunca	No tiene tiempo	SI	SI
12	B	B-102	Tomate	de 1-3	Arrendatario	Martes	Lunes y miércoles	Productos orgánicos malogrados	Saneado de productos	Zapallo	De frente al contenedor	de 1-3	Bueno	SI	Bueno	Muy bueno	Muy bueno	no le ha pasado	NO	SI	Energía	SI	Nunca	SI	SI	SI
13	B	B-110	Tomate	de 1-3	Ayudante	Martes	Lunes y miércoles	Productos orgánicos malogrados	Saneado de productos	Hortalizas	Balde	Más de 3	Muy Bueno	SI	Bueno	Bueno	Bueno	Deja al costado	NO	NO		SI	1 vez	SI	SI	SI
14	B	B-089	Limón	de 1-3	Dueño	Martes	Lunes	Productos orgánicos malogrados	Saneado de productos	Hortalizas	De frente al contenedor	de 1-3	Bueno	SI	Bueno	Bueno	Bueno	no le ha pasado	NO	SI	Compostaje	SI	Nunca	No tiene tiempo	SI	SI
15	B	B-130	Choclo	de 4-6	Ayudante	Martes, Viernes y sábado	Lunes	Productos orgánicos malogrados	Saneado de productos	Hortalizas	De frente al contenedor	de 1-3	Muy Bueno	SI	Bueno	Bueno	Bueno	no le ha pasado	NO	SI	Alimento de animales	SI	Nunca	No tiene tiempo	SI	SI
16	B	B-134	Choclo	de 1-3	Arrendatario	Martes, Viernes y sábado	Lunes	Productos orgánicos malogrados	Saneado de productos	Hortalizas	De frente al contenedor	de 1-3	Bueno	SI	Bueno	Bueno	Bueno	no le ha pasado	SI	SI	Alimento de animales	SI	Nunca	No tiene tiempo	SI	SI
17	B	B-140	Choclo	de 4-6	Arrendatario	Martes, Viernes y sábado	Lunes y miércoles	Productos orgánicos malogrados	Saneado de productos	Hortalizas	De frente al contenedor	de 1-3	Bueno	SI	Bueno	Bueno	Bueno	no le ha pasado	NO	SI	Alimento de animales	SI	Nunca	No tiene tiempo	No tiene tiempo	SI
18	B	B-010	Ají	de 4-6	Arrendatario	Martes, Viernes y sábado	Lunes	Productos orgánicos malogrados	Saneado de productos	Tomate	De frente al contenedor	de 1-3	Bueno	SI	Bueno	Bueno	Bueno	no le ha pasado	NO	SI	Alimento de animales	SI	Nunca	No tiene tiempo	SI	SI
19	B	B-050	Limón	de 1-3	Dueño	Martes, Viernes y sábado	Lunes y miércoles	Productos orgánicos malogrados	Saneado de productos	Hortalizas	Balde	Más de 3	Bueno	SI	Bueno	Bueno	Bueno	no le ha pasado	NO	SI	Compostaje	SI	Nunca	No tiene tiempo	SI	SI
20	B	B-045	Maracuyá	de 1-3	Ayudante	Martes, Viernes y sábado	Lunes	Productos orgánicos malogrados	Saneado de productos	Hortalizas	Balde	Más de 3	Bueno	SI	Bueno	Bueno	Bueno	no le ha pasado	NO	SI	Alimento de animales	SI	Nunca	No tiene tiempo	SI	SI
21	C	C-035	Tomate	de 1-3	Arrendatario	Martes y Jueves	Lunes	Productos orgánicos malogrados	Saneado de productos	Tomate	De frente al contenedor	de 1-3	Bueno	NO	Bueno	Regular	Bueno	no le ha pasado	NO	SI	Alimento de animales	SI	Nunca	SI	No tiene tiempo	SI
22	C	C-125	Choclo	de 4-6	Ayudante	Martes y Jueves	Lunes	Productos orgánicos malogrados	Saneado de productos	Hortalizas	De frente al contenedor	de 1-3	Bueno	SI	Bueno	Bueno	Bueno	no le ha pasado	NO	SI	Compostaje	SI	Nunca	No tiene tiempo	SI	SI
23	C	C-078	Cebolla	de 1-3	Dueño	Martes, Viernes y sábado	Lunes	Productos orgánicos malogrados	Saneado de productos	Hortalizas	De frente al contenedor	de 1-3	Bueno	SI	Bueno	Bueno	Bueno	no le ha pasado	SI	SI	Alimento de animales	SI	Nunca	No tiene tiempo	SI	SI



Ítem	Pregunta realizada según encuentra N° 1 - Comerciantes																									
	Pabellón	Código	Giro	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
24	C	C-029	Ajo	de 4-6	Arrendatario	Martes, Viernes y sábado	Lunes	Productos orgánicos malogrados	Saneado de productos	Hortalizas	De frente al contenedor	de 1-3	Regular	SI	Bueno	Bueno	Bueno	no le ha pasado	NO	SI	Alimento de animales	SI	1 vez	No tiene tiempo	SI	SI
25	C	C-005	Kion	de 1-3	Arrendatario	Martes, Viernes y sábado	Lunes y miércoles	Productos orgánicos malogrados	Saneado de productos	Hortalizas	De frente al contenedor	de 1-3	Regular	SI	Regular	Bueno	Bueno	no le ha pasado	NO	SI	Compostaje	SI	Nunca	No tiene tiempo	No tiene tiempo	SI
26	C	C-030	Ajo	de 1-3	Arrendatario	Martes	Lunes y miércoles	Productos orgánicos malogrados	Saneado de productos	Tomate	De frente al contenedor	de 1-3	Regular	SI	Bueno	Bueno	Bueno	no le ha pasado	NO	NO		SI	Nunca	SI	SI	SI
27	C	C-070	Cebolla	de 4-6	Arrendatario	Martes	Lunes	Productos orgánicos malogrados	Saneado de productos	Hortalizas	De frente al contenedor	de 1-3	Regular	SI	Bueno	Bueno	Bueno	no le ha pasado	NO	SI	Compostaje	SI	Nunca	No tiene tiempo	SI	SI
28	C	C-020	Ajo	de 4-6	Arrendatario	Martes	Lunes y miércoles	Productos orgánicos malogrados	Saneado de productos	Hortalizas	De frente al contenedor	de 1-3	Bueno	SI	Bueno	Bueno	Bueno	no le ha pasado	NO	SI	Compostaje	SI	Nunca	SI	No tiene tiempo	SI
29	C	C-120	Cebolla	de 4-6	Arrendatario	Martes, Viernes y sábado	Lunes y miércoles	Productos orgánicos malogrados	Saneado de productos	Tomate	De frente al contenedor	de 1-3	Bueno	SI	Regular	Bueno	Bueno	no le ha pasado	SI	SI	Alimento de animales	SI	Nunca	SI	SI	SI
30	C	C-102	Cebolla	más de 6	Dueño	Martes, Viernes y sábado	Lunes y miércoles	Productos orgánicos malogrados	Saneado de productos	Hortalizas	De frente al contenedor	de 1-3	Regular	SI	Bueno	Regular	Bueno	no le ha pasado	NO	SI	Compostaje	SI	Nunca	SI	SI	NO
31	D	D-045	Maíz morado	de 1-3	Ayudante	Martes, Viernes y sábado	Lunes y miércoles	Productos orgánicos malogrados	Saneado de productos	Hortalizas	De frente al contenedor	de 1-3	Muy Bueno	SI	Bueno	Bueno	Bueno	no le ha pasado	NO	SI	Compostaje	SI	Nunca	No tiene tiempo	SI	SI
32	D	D-080	Cebolla	de 4-6	Arrendatario	Martes, Viernes y sábado	Lunes	Productos orgánicos malogrados	Saneado de productos	Hortalizas	De frente al contenedor	de 1-3	Bueno	SI	Bueno	Bueno	Bueno	no le ha pasado	NO	SI	Alimento de animales	SI	Nunca	SI	SI	SI
33	D	D-115	Cebolla	de 4-6	Ayudante	Martes, Viernes y sábado	Lunes	Productos orgánicos malogrados	Saneado de productos	Hortalizas	De frente al contenedor	de 1-3	Regular	SI	Bueno	Bueno	Bueno	no le ha pasado	NO	SI	Compostaje	SI	Nunca	SI	SI	SI
34	D	D-018	Papa	de 1-3	Dueño	Martes, Viernes y sábado	Lunes y miércoles	Tierra	Subproducto no comercializable	Tomate	De frente al contenedor	de 1-3	Bueno	SI	Bueno	Bueno	Bueno	no le ha pasado	NO	SI	Alimento de animales	SI	Nunca	SI	SI	SI
35	D	D-036	Papa	de 1-3	Arrendatario	Martes	Lunes	Tierra	Subproducto no comercializable	Hortalizas	De frente al contenedor	de 1-3	Bueno	SI	Bueno	Muy bueno	Bueno	no le ha pasado	NO	SI	Alimento de animales	SI	Nunca	No tiene tiempo	No tiene tiempo	SI
36	D	D-010	Papa	de 4-6	Arrendatario	Martes	Lunes	Tierra	Subproducto no comercializable	Hortalizas	De frente al contenedor	Más de 3	Regular	SI	Bueno	Bueno	Bueno	no le ha pasado	NO	SI	Alimento de animales	SI	Nunca	SI	SI	NO
37	D	D-015	Papa	de 4-6	Arrendatario	Martes	Lunes	Tierra	Subproducto no comercializable	Hortalizas	De frente al contenedor	de 1-3	Regular	SI	Bueno	Bueno	Bueno	no le ha pasado	NO	SI	Compostaje	SI	Nunca	SI	SI	SI
38	D	D-0145	Camote	de 1-3	Dueño	Martes	Lunes	Productos orgánicos malogrados	Saneado de productos	Hortalizas	De frente al contenedor	de 1-3	Bueno	SI	Bueno	Bueno	Bueno	no le ha pasado	NO	SI	Alimento de animales	SI	Nunca	SI	SI	SI
39	D	D-049	Camote	de 1-3	Ayudante	Martes	Lunes y miércoles	Tierra	Subproducto no comercializable	Hortalizas	De frente al contenedor	de 1-3	Bueno	SI	Bueno	Bueno	Bueno	no le ha pasado	NO	SI	Compostaje	SI	Nunca	SI	No tiene tiempo	SI
40	D	D-130	Papa	de 4-6	Ayudante	Martes	Lunes	Productos orgánicos malogrados	Saneado de productos	Hortalizas	Costal	Más de 3	Regular	SI	Bueno	Bueno	Bueno	no le ha pasado	NO	SI	Alimento de animales	SI	1 vez	No tiene tiempo	SI	SI
41	E	E-005	Ajo	más de 6	Ayudante	Martes	Lunes	Tierra	Subproducto no comercializable	Hortalizas	Costal	Más de 3	Bueno	SI	Bueno	Bueno	Bueno	no le ha pasado	NO	NO		SI	Nunca	No tiene tiempo	SI	SI
42	E	E-015	Ajo	de 4-6	Dueño	Martes, Viernes y sábado	Lunes y miércoles	Tierra	Subproducto no comercializable	Hortalizas	De frente al contenedor	de 1-3	Regular	SI	Bueno	Bueno	Bueno	no le ha pasado	NO	NO		SI	Nunca	No tiene tiempo	SI	NO
43	E	E-025	Papa	de 4-6	Dueño	Martes, Viernes y sábado	Lunes	Tierra	Subproducto no comercializable	Papa	Costal	Más de 3	Bueno	SI	Bueno	Muy bueno	Muy bueno	no le ha pasado	NO	NO		SI	Nunca	SI	No tiene tiempo	SI
44	E	E-030	Papa	más de 6	Ayudante	Martes, Viernes y sábado	Lunes	Tierra	Subproducto no comercializable	Hortalizas	De frente al contenedor	de 1-3	Muy Bueno	SI	Bueno	Bueno	Bueno	no le ha pasado	NO	NO		SI	Nunca	No tiene tiempo	SI	SI
45	F	F-005	Granos verdes	de 4-6	Ayudante	Martes y Jueves	Lunes y miércoles	Productos orgánicos malogrados	Saneado de productos	Hortalizas	Costal	Más de 3	Bueno	SI	Bueno	Bueno	Bueno	no le ha pasado	NO	SI	Alimento de animales	SI	Nunca	No tiene tiempo	No tiene tiempo	SI



Ítem	Pregunta realizada según encuentra N° 1 - Comerciantes																									
	Pabellón	Código	Giro	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
46	F	F-015	Cebolla	de 1-3	Ayudante	Martes y Jueves	Lunes	Productos orgánicos malogrados	Saneado de productos	Hortalizas	De frente al contenedor	de 1-3	Muy Bueno	SI	Bueno	Muy bueno	Bueno	no le ha pasado	NO	SI	Compostaje	SI	Nunca	No tiene tiempo	SI	SI
47	F	F-025	Limón	más de 6	Ayudante	Martes y Jueves	Lunes	Tierra	Subproducto no comercializable	Hortalizas	Costal	Más de 3	Regular	SI	Bueno	Bueno	Bueno	no le ha pasado	NO	SI	Alimento de animales	SI	Nunca	No tiene tiempo	SI	SI
48	G	G-030	Limón	más de 6	Arrendatario	Martes y Jueves	Lunes	Productos orgánicos malogrados	Subproducto no comercializable	Hortalizas	Costal	de 1-3	Regular	SI	Bueno	Bueno	Bueno	Busca otro contenedor	NO	NO		SI	Nunca	No tiene tiempo	No tiene tiempo	SI
49	G	G-035	Limón	de 4-6	Arrendatario	Martes	Lunes y miércoles	Productos orgánicos malogrados	Subproducto no comercializable	Papa	Costal	de 1-3	Bueno	SI	Regular	Bueno	Bueno	no le ha pasado	NO	NO		SI	Nunca	No tiene tiempo	SI	SI
50	G	G-040	Limón	más de 6	Arrendatario	Martes, Viernes y sábado	Lunes	Tierra	Subproducto no comercializable	Hortalizas	De frente al contenedor	de 1-3	Regular	SI	Bueno	Muy bueno	Muy bueno	no le ha pasado	NO	SI	Alimento de animales	SI	Nunca	SI	SI	SI
51	I	I-013	Fruta	de 4-6	Ayudante	Martes	Lunes	Productos orgánicos malogrados	Saneado de productos	Tomate	De frente al contenedor	de 1-3	Regular	SI	Bueno	Bueno	Bueno	no le ha pasado	NO	NO		SI	Nunca	No tiene tiempo	No tiene tiempo	SI
52	I	I-010	Fruta	más de 6	Dueño	Martes	Lunes	Productos orgánicos malogrados	Saneado de productos	Hortalizas	De frente al contenedor	de 1-3	Muy Bueno	SI	Bueno	Bueno	Bueno	no le ha pasado	NO	SI	Compostaje	SI	1 vez	SI	SI	SI
53	I	I-012	Fruta	de 1-3	Ayudante	Martes	Lunes y miércoles	Productos orgánicos malogrados	Saneado de productos	Hortalizas	De frente al contenedor	de 1-3	Regular	SI	Bueno	Bueno	Bueno	no le ha pasado	NO	SI	Alimento de animales	SI	Nunca	No tiene tiempo	SI	SI
54	J	J-036	Ajo	más de 6	Ayudante	Martes y Jueves	Lunes y miércoles	Tierra	Subproducto no comercializable	Hortalizas	De frente al contenedor	de 1-3	Regular	SI	Bueno	Bueno	Bueno	no le ha pasado	NO	SI	Compostaje	SI	Nunca	No tiene tiempo	SI	SI
55	J	J-039	Choclo	de 4-6	Ayudante	Martes, Viernes y sábado	Lunes	Productos orgánicos malogrados	Subproducto no comercializable	Hortalizas	De frente al contenedor	de 1-3	Regular	SI	Bueno	Bueno	Bueno	no le ha pasado	NO	SI	Alimento de animales	SI	Nunca	SI	SI	SI
56	J	J-033	Ajo	de 1-3	Arrendatario	Martes, Viernes y sábado	Lunes	Productos orgánicos malogrados	Saneado de productos	Hortalizas	De frente al contenedor	de 1-3	Regular	SI	Bueno	Bueno	Bueno	Deja al costado	NO	SI	Alimento de animales	SI	Nunca	No tiene tiempo	SI	SI
57	JT	67	Hortalizas	de 4-6	Arrendatario	Martes y Jueves	Lunes y miércoles	Productos orgánicos malogrados	Saneado de productos	Hortalizas	De frente al contenedor	de 1-3	Regular	SI	Bueno	Bueno	Bueno	no le ha pasado	NO	SI	Alimento de animales	SI	Nunca	No tiene tiempo	SI	SI
58	JT	69	Hortalizas	de 1-3	Arrendatario	Martes y Jueves	Lunes y miércoles	Productos orgánicos malogrados	Saneado de productos	Hortalizas	De frente al contenedor	Más de 3	Muy Bueno	SI	Bueno	Bueno	Bueno	Busca otro contenedor	NO	SI	Alimento de animales	SI	Nunca	No tiene tiempo	SI	SI
59	JT	80	Hortalizas	más de 6	Arrendatario	Martes y Jueves	Lunes	Productos orgánicos malogrados	Saneado de productos	Hortalizas	De frente al contenedor	de 1-3	Regular	SI	Bueno	Muy bueno	Bueno	no le ha pasado	SI	SI	Alimento de animales	SI	Nunca	No tiene tiempo	No tiene tiempo	SI
60	A1	S/C	Camote	de 1-3	Arrendatario	Martes	Lunes	Productos orgánicos malogrados	Saneado de productos	Hortalizas	De frente al contenedor	de 1-3	Regular	SI	Bueno	Bueno	Bueno	Busca otro contenedor	NO	NO		SI	Nunca	No tiene tiempo	No tiene tiempo	SI
61	A1	S/C	Camote	de 1-3	Arrendatario	Martes y Jueves	Lunes y miércoles	Productos orgánicos malogrados	Saneado de productos	Hortalizas	De frente al contenedor	Más de 3	Bueno	SI	Bueno	Muy bueno	Bueno	Deja al costado	NO	SI	Alimento de animales	SI	Nunca	No tiene tiempo	No tiene tiempo	SI
62	A1	S/C	Camote	de 4-6	Ayudante	Martes y Jueves	Lunes	Productos orgánicos malogrados	Saneado de productos	Hortalizas	De frente al contenedor	de 1-3	Muy Bueno	SI	Bueno	Bueno	Bueno	no le ha pasado	NO	SI	Compostaje	SI	Nunca	No tiene tiempo	SI	SI
63	A1	S/C	Camote	de 1-3	Arrendatario	Martes y Jueves	Lunes y miércoles	Productos orgánicos malogrados	Saneado de productos	Hortalizas	De frente al contenedor	de 1-3	Muy Bueno	SI	Regular	Muy bueno	Bueno	Busca otro contenedor	NO	SI	Compostaje	SI	Nunca	No tiene tiempo	SI	SI
64	A1	S/C	Camote	de 4-6	Arrendatario	Martes y Jueves	Lunes	Productos orgánicos malogrados	Saneado de productos	Hortalizas	De frente al contenedor	Más de 3	Muy Bueno	SI	Bueno	Bueno	Bueno	Deja al costado	NO	SI	Compostaje	SI	Nunca	No tiene tiempo	No tiene tiempo	SI
65	A1	S/C	Camote	de 4-6	Ayudante	Martes	Lunes	Productos orgánicos malogrados	Saneado de productos	Hortalizas	De frente al contenedor	de 1-3	Bueno	NO	Bueno	Bueno	Bueno	no le ha pasado	NO	SI	Energía	SI	Nunca	No tiene tiempo	SI	SI
66	A1	S/C	Camote	de 1-3	Ayudante	Martes	Lunes y miércoles	Productos orgánicos malogrados	Saneado de productos	Hortalizas	De frente al contenedor	de 1-3	Bueno	SI	Bueno	Muy bueno	Bueno	no le ha pasado	NO	SI	Compostaje	SI	Nunca	SI	SI	SI
67	A1	S/C	Camote	de 1-3	Ayudante	Martes	Lunes y miércoles	Productos orgánicos malogrados	Saneado de productos	Hortalizas	De frente al contenedor	Más de 3	Bueno	SI	Bueno	Muy bueno	Muy bueno	Deja al costado	NO	SI	Alimento de animales	SI	Nunca	No tiene tiempo	SI	SI
68	A1	S/C	Camote	de 1-3	Arrendatario	Martes	Lunes y miércoles	Productos orgánicos malogrados	Saneado de productos	Hortalizas	De frente al contenedor	de 1-3	Bueno	SI	Bueno	Bueno	Bueno	no le ha pasado	NO	SI	Alimento de animales	SI	Nunca	No tiene tiempo	SI	SI
69	A1	S/C	Camote	de 1-3	Ayudante	Martes	Lunes y miércoles	Productos orgánicos malogrados	Saneado de productos	Hortalizas	De frente al contenedor	Más de 4	Bueno	SI	Bueno	Muy bueno	Muy bueno	Deja al costado	NO	SI	Alimento de animales	SI	Nunca	No tiene tiempo	SI	SI
70	A1	S/C	Camote	de 1-3	Arrendatario	Martes	Lunes y miércoles	Productos orgánicos malogrados	Saneado de productos	Hortalizas	De frente al contenedor	de 1-4	Bueno	SI	Bueno	Bueno	Bueno	no le ha pasado	NO	SI	Alimento de animales	SI	Nunca	No tiene tiempo	SI	SI



Anexo N° 4 - Registro diario de generación de CH₄



Registro diario del volumen generado de CH₄

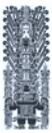
Código de Reactor	Volumen de CH ₄ generado (ml)																					
	Día 0	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7	Día 8	Día 9	Día 10	Día 11	Día 12	Día 13	Día 14	Día 15	Día 16	Día 17	Día 18	Día 19	Día 20	
S1	Repetición 1	0,0	75,5	141,0	95,0	57,5	56,7	50,3	45,6	36,7	18,0	12,0	11,0	14,0	10,0	8,0	5,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Repetición 2	0,0	73,0	111,0	96,3	57,0	55,8	50,1	44,8	37,0	17,0	14,0	13,0	12,0	9,0	7,5	4,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Repetición 3	0,0	76,8	121,0	94,8	60,0	56,0	49,0	45,3	36,8	18,7	15,0	12,0	13,0	9,5	8,0	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Promedio	0,0	75,1	124,3	95,4	58,2	56,2	49,8	45,2	36,8	17,9	13,7	12,0	13,0	9,5	7,8	4,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
S2	Repetición 1	0,0	34,3	75,0	61,0	55,0	48,0	27,0	25,0	15,0	10,0	4,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Repetición 2	0,0	31,0	72,0	62,0	56,0	47,0	28,0	22,1	12,0	8,0	5,3	3,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Repetición 3	0,0	34,0	73,7	59,7	56,4	47,8	26,0	21,0	11,0	9,3	6,0	4,0	2,5	1,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Promedio	0,0	33,1	73,6	60,9	55,8	47,6	27,0	22,7	12,7	9,1	5,1	3,0	1,2	0,5	0,0						
S3	Repetición 1	0,0	97,0	151,0	101,3	41,5	32,0	29,0	19,0	17,0	15,0	11,0	6,0	2,0	1,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Repetición 2	0,0	93,0	150,2	99,8	43,0	31,0	28,0	22,0	18,0	15,3	10,0	7,0	3,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Repetición 3	0,0	92,0	150,8	103,2	42,0	30,0	27,6	21,6	18,7	14,0	9,0	4,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Promedio	0,0	94,0	150,7	101,4	42,2	31,0	28,2	20,9	17,9	14,8	10,0	5,7	1,7	0,8	0,0						
I	Repetición 1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Repetición 2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Repetición 3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Promedio	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

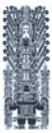
Promedio acumulado del volumen generado de CH₄

Código de Reactor	Volumen de CH ₄ generado (ml)																				
	Día 0	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7	Día 8	Día 9	Día 10	Día 11	Día 12	Día 13	Día 14	Día 15	Día 16	Día 17	Día 18	Día 19	Día 20
S1	0,0	75,1	199,4	294,8	353,0	409,1	458,9	504,2	541,0	558,9	572,6	584,6	597,6	607,1	614,9	618,9	618,9	618,9	618,9	618,9	618,9
S2	0,0	33,1	106,7	167,6	223,4	271,0	298,0	320,7	333,3	342,4	347,5	350,5	351,7	352,2	352,2	352,2	352,2	352,2	352,2	352,2	352,2
S3	0,0	94,0	244,7	346,1	388,3	419,3	447,5	468,3	486,2	501,0	511,0	516,7	518,3	519,2	519,2	519,2	519,2	519,2	519,2	519,2	519,2
I	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA



Anexo N° 5 - Distribución del GMML



Anexo N° 6 -Datos generales sobre calidad y composición del Biol y Biosol



CAPÍTULO IX Datos Generales sobre Calidad y Composición del Biol y Biosol

A. Biol

Es la fracción líquida resultante del fango proveniente del biodigestor. Este “fango” es decantado o sedimentado obteniéndose una parte líquida a la cual se le llama “Biol”. Aproximadamente el 90% del material que ingresa al biodigestor se transforma a Biol. Sus características químicas dependen naturalmente del tipo de material a fermentar y de las condiciones de fermentación. A continuación se presentan las composiciones de 4 tipos diferentes de Biol, que servirán de referencia.

Cuadro N° 5 - 1 Características generales del Biol

Componente	Fuente 1	Fuente 2	Fuente 3	Fuente 4
pH	7,96	8,1	No menciona	6,7 - 7,9
Materia seca	0,0418	4,2	No menciona	0,014
Nitrógeno total	2,63 g/Kg	2,4 g/Kg	0,2 g/Kg	0,9 g/Kg
NH4	1,27 g/Kg	1,08 g/Kg	No menciona	No menciona
Fósforo	0,43 g/Kg	1,01 g/Kg	0,0076 g/Kg	0,048 mg/Kg
Potasio	2,66 g/Kg	2,94 g/Kg	4,2 g/kg	0,29 mg/Kg
Calcio	1,05 g/Kg	0,5 g/Kg	0,056 g/Kg	2,1 g/Kg
Magnesio	0,38 g/Kg	No menciona	0,131 g/Kg	0,00135
Sodio	0,404 g/Kg	No menciona	2,1 g/Kg	No menciona
Azufre	No menciona	No menciona	6,4 mg/Kg	0,33 mg/l
Carbono	No menciona	No menciona	1,1 g/Kg	0,23 - 0,30
Aluminio	No menciona	No menciona	0,04 mg/Kg	No menciona
Boro	No menciona	No menciona	0,56 mg/Kg	No menciona
Zinc	No menciona	No menciona	No menciona	0,05 mg/l

Fuente 1: Biol de estiércol de vacuno (Pötsch, 2004)

Fuente 2: Biol de mezcla de sustratos: estiércol de vacunos y restos de comida casera (Zethner, G.,2002)

Fuente 3: Biol de banano promedio hojas, tallos y frutos Clark et. Al (2007)

Fuente 4: Biol de Estiércol de vacuno. ITINTEC, 1980.

REFERENCIA: APARCANA, S. y JANSEN, A. (2008)

El uso del Biol es principalmente como promotor y fortalecedor del crecimiento de la planta, raíces y frutos, gracias a la producción de hormonas vegetales, las cuales son desechos del metabolismo de las bacterias típicas de este tipo de fermentación anaerobia



(que no se presentan en el compost). Estos beneficios hacen que se requiera menor cantidad de fertilizante mineral u otro empleado.

Ventajas del Biol (Fertilizante líquido)

- El uso del Biol permite un mejor intercambio catiónico en el suelo, con ello se amplía la disponibilidad de nutrientes del suelo.
- También ayuda a mantener la humedad del suelo y a la creación de un microclima adecuado para las plantas.
- El Biol se puede emplear como fertilizante líquido, es decir para aplicación por rociado; también se puede aplicar junto con el agua de riego en sistemas automáticos de irrigación.
- Siendo el BIOL una fuente orgánica de fitoreguladores en pequeñas cantidades es capaz de promover actividades fisiológicas y estimular el desarrollo de las plantas, sirviendo para: enraizamiento (aumenta y fortalece la base radicular), acción sobre el follaje (amplía la base foliar), mejora la floración y activa el vigor y poder germinativo de las semillas, traduciéndose todo esto en un aumento significativo de las cosechas.
- Prueba realizadas con diferentes cultivos muestran que usar Biol sólo sería suficiente para lograr la misma o mayor productividad del cultivo que empleando fertilizantes químicos.⁷⁴

B. Biosol

Dependiendo de la tecnología a emplear, este Biosol tratado puede alcanzar entre 25% a sólo 10% de humedad (de hecho esa humedad principalmente es Biol residual). Su composición depende mucho de los residuos que se emplearon para su fabricación (en el biodigestor). Se puede emplear sólo o en conjunto con compost o con fertilizantes químicos.⁷⁴

Cuadro N° 5 - 2 Características generales del biosol

Componente	%
Agua	15,7
Sustancias orgánica seca	60,3
pH	7,6

⁷⁴ APARCANA, S. y JANSEN, A. (2008)



Componente	%
Nitrógeno total	2,7
Fósforo (P ₂ O ₅)	1,6
Potasio (K ₂ O)	2,8
Calcio (CaO)	3,5
Magnesio (MgO)	2,3
Sodio (Na)	0,3
Azufre (S)	0,3
Boro (B) (ppm)	64

FUENTE: APARCANA, S. y JANSEN, A. (2008)

Normalmente el Biosol se aplica de la misma manera que se emplea el compost; sin embargo la dosificación varía. Las cantidades de Biosol usualmente empleadas se encuentran entre 2 a 4 Toneladas/ha (dependiendo del tipo de cultivo y el tipo de suelo). Con esta dosificación se obtienen los mismos resultados y beneficios que con las cantidades notablemente mayores requeridas para el caso de Compost (10 – 20 Ton/ha.) y guano (15 – 30 Ton/ha), las cuales dependen también de las condiciones del suelo y los requerimientos de la planta.

Luego de la germinación y crecimiento de la planta se puede seguir abonando el suelo con el Biosol, el cual puede ser reforzado con fertilizantes químicos; en este caso las cantidades de fertilizantes químicos a emplear son mucho menores a las que se usan normalmente. Para la agricultura orgánica el Biosol es empleado sin fertilizantes químicos.

Ventajas en el uso del Biosol (fertilizante sólido)

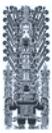
- El uso de este abono hace posible regular la alimentación de la planta. Los cultivos son fortalecidos y ocurre una mejora del rendimiento. El uso del Biosol permite el uso intensivo del suelo mejorando a la vez la calidad del mismo, El Biosol confiere a los suelos arenosos una mayor cohesión mejorando con ello la retención de los nutrientes en el suelo.
- El Biosol mejora la estructura del suelo y la capacidad de retención de la humedad del mismo, esto favorece la actividad biológica en el suelo. Mejora la porosidad, y por consiguiente la permeabilidad y ventilación.



- También el Biosol puede ser combinado con la materia que va a ser compostada, con el fin de acelerar el proceso de compostaje.
- Una de las ventajas de usar el Biosol como fertilizante es que se reduce la necesidad del abono, es decir solo se necesita de 2 – 4 Toneladas/ha. Si se empleara sólo estiércol se necesitaría 15 – 30 Toneladas/ha y si se empleara compost se necesitaría 10 – 20 Toneladas/ha. No hay que olvidar que estas cantidades son relativas y dependen mucho del tipo de suelo y del cultivo.
- Inhibe el crecimiento de hongos y bacterias que afectan a las plantas.
- Reduce la erosión del suelo.
- El Biosol cuenta con una mayor disponibilidad de nutrientes (nitrógeno, fósforo, potasio, hierro y azufre) a comparación con el estiércol, entonces esto mejora la disponibilidad del nutriente para la planta.



Anexo N° 7 - Matriz de evaluación ambiental - Etapa de operación



Anexo N° 8 - Matriz de evaluación ambiental - Etapa de construcción

