

	UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA			
	Documento	Código	Fecha	Revisión
	FORMATO HOJA DE RESUMEN PARA TRABAJO DE GRADO	F-AC-DBL-007	10-04-2012	A
Dependencia	Aprobado		Pág.	
DIVISIÓN DE BIBLIOTECA	SUBDIRECTOR ACADEMICO		i(137)	

RESUMEN – TRABAJO DE GRADO

AUTORES	CRISTHIAN REINEL BAYONA GUERRERO GABRIEL LOZANO GÓMEZ		
FACULTAD	CIENCIAS AGRARIAS Y DEL AMBIENTE		
PLAN DE ESTUDIOS	INGENIERIA AMBIENTAL		
DIRECTOR	LUIS AUGUSTO JACOME GÓMEZ		
TÍTULO DE LA TESIS	DISEÑO EN UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS ORGÁNICOS POR DIGESTIÓN ANAEROBIA, GENERADOS EN EL CENTRO COMERCIAL EL MERCADO PROPIEDAD HORIZONTAL (P.H) DE OCAÑA, NORTE DE SANTANDER		
RESUMEN			
<p>LA DIGESTIÓN ANAEROBIA ALTERNATIVA PARA EL APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS, DÁNDOSE UN MANEJO ADECUADO, PRODUCIENDO COMO RESULTADO FINAL ABONO PARA USO AGRÍCOLA, BIOGÁS QUE PUEDE SER USADO DE DIFERENTES MODALIDADES: GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA, BIOGÁS DOMICILIARIO, APROVECHAMIENTO DEL CALOR Y DEMÁS. EN ESTE PROYECTO SE REALIZÓ UN DIAGNÓSTICO DE LOS RESIDUOS GENERADOS DEL MERCADO, CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS; PARA FORMULAR EL DISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS ORGÁNICOS POR BIODIGESTOR.</p>			
CARACTERÍSTICAS			
PÁGINAS: 137	PLANOS:	ILUSTRACIONES:	CD-ROM:1

DISEÑO EN UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS ORGÁNICOS POR
DIGESTIÓN ANAEROBIA, GENERADOS EN EL CENTRO COMERCIAL EL MERCADO
PROPIEDAD HORIZONTAL (P.H) DE OCAÑA, NORTE DE SANTANDER

AUTORES:

CRISTHIAN REINEL BAYONA GUERRERO
GABRIEL LOZANO GÓMEZ

Trabajo de Grado para optar el título de Ingeniero Ambiental

Director

LUIS AUGUSTO JACOME GOMEZ

Ingeniero Agrónomo Especialista en Microbiología Ambiental
Msc. (c) en Pedagogía

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y DEL AMBIENTE
INGENIERIA AMBIENTAL

Ocaña, Colombia

Octubre, 2018

DEDICATORIA

Dedicamos este trabajo a Dios primordialmente que nos dio la oportunidad y favor de poder llevar a cabo este trabajo.

A nuestras familias guadoras de nuestro futuro, siendo el soporte y apoyo, resaltando siempre su esfuerzo incondicional para nuestro porvenir.

A nuestros amigos por su acompañamiento, dándonos su ayuda incondicional y buenos consejos.

A nuestros docentes, principalmente a nuestro director de trabajo, que nos guio e influyo en nuestra formación.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por su gracia y favor.

A nuestros padres por su perseverancia, consejo y disposición que hicieron posible este trabajo.

A nuestro director de trabajo Esp. Luis Augusto Jácome Gómez, por su constante apoyo, dirección y acompañamiento en todas las fases del trabajo.

A Ligia Fernanda Lemus Jiménez gerente del Centro Comercial el Mercado Propiedad Horizontal (P.H), por su atención prestada, y su colaboración para el desarrollo del trabajo, permitiéndonos trabajar en las instalaciones del mercado.

A nuestros amigos, en especial a María Camila Madariaga Martínez por su cariño, participación y apoyo incondicional para la finalización del trabajo.

RESUMEN

Los residuos sólidos orgánicos sin una buena gestión producen grandes contaminaciones al medio por su acumulación, generando malos olores, presencias de vectores y roedores, provocan infecciones y enfermedades; sin ningún aprovechamiento se da un aumento de la capacidad de carga del relleno sanitario aumentando su volumen, contribuyendo a la producción de gases de efecto invernadero. La digestión anaerobia es una alternativa para el aprovechamiento de la generación de grandes cantidades de residuos orgánicos, dándose un manejo adecuado de estos, produciendo como resultado final abono para uso agrícola, biogás que puede ser usado de diferentes modalidades: generación de energía eléctrica, uso del biogás domiciliario, aprovechamiento del calor y demás. En este proyecto se realizó un diagnóstico de los residuos generados del mercado y una caracterización de los residuos almacenados en el centro de acopio; con el fin de usar la información obtenida, para formular el diseño del sistema de tratamiento de residuos orgánicos por un biodigestor.

INDICE

CAPÍTULO 1. “DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS ORGÁNICOS POR DIGESTIÓN ANAEROBIA, GENERADOS EN EL CENTRO COMERCIAL EL MERCADO PH DE OCAÑA, NORTE DE SANTANDER”	1
1.1 Problema de investigación	1
1.2 Planteamiento del problema	1
1.3 Formulación del problema	2
1.4. OBJETIVOS.....	3
1.4.1 Objetivo general:.....	3
1.4.2 Objetivo específico:	3
1.5 JUSTIFICACIÓN	4
1.6 DELIMITACIONES.....	5
1.6.1 Delimitación conceptual.....	5
1.6.2 Delimitación geográfica	6
1.6.3 Delimitación temporal.....	6
1.6.4 Delimitación operativa	6
CAPÍTULO 2. MARCO REFERENCIAL	7
2.1 Antecedentes.....	7
2.2 MARCO HISTÓRICO.....	8
2.2.1 Reseña histórica:	8
2.2.2 Evolución de la tecnología	10
2.3 MARCO CONTEXTUAL	11
2.4 MARCO CONCEPTUAL.....	13
2.4.1 Residuos sólidos.....	13
2.4.2 GIRS (Gestión Integral de Residuos Sólidos)	14
2.4.3 Biodigestor.....	15
2.4.4 Tipos de digestores.....	15
2.4.5 Componentes de los digestores.....	17
2.4.4. Digestión anaerobia.....	18
2.4.5 Factores que influyen en la digestión anaerobia	23
2.4.6 Tipos de procesos anaerobios para los residuos sólidos orgánicos.....	28
2.4.7 Tipos de diseños de digestión anaerobia para los residuos sólidos orgánicos.....	29

2.5 MARCO TEÓRICO.....	30
2.6 MARCO LEGAL.....	31
CAPÍTULO 3: DISEÑO METODOLÓGICO	37
3.1 Tipo de investigación.....	37
3.2 Población.....	39
3.3 Muestra.....	39
3.4 Recolección de información.....	40
3.5 Análisis de información	41
CAPÍTULO 4: RESULTADOS	42
4.1 DIAGNÓSTICO AMBIENTAL	42
4.1.1 Contextualización del municipio de Ocaña	42
4.1.2 División político administrativa.....	43
4.1.2.1 Límites del municipio.....	43
4.1.2.2 Extensión de municipal	44
4.1.3 Línea ambiental.....	45
4.1.3.1 Clima	45
4.1.3.2 Economía	45
4.1.3.3 Producción Agrícola.....	45
4.1.3.4 Producción Pecuaria	45
4.1.3.5 Comercio.....	46
4.1.4 Descripción del área de estudio	47
4.1.4.1 Misión.....	48
4.1.4.2 Visión	48
4.1.4.3 Localización geográfica.....	49
4.1.4.4 Uso del suelo	50
4.1.4.5 Estructura básica de organización	52
4.1.4.6 Reseña histórica	53
4.1.5 Descripción general del Centro Comercial el Mercado P.H y listado de actividades, descripción de características del mercado	56
4.1.5.1 Planos del Centro Comercial el Mercado P.H	58
4.1.5.2 Áreas de infraestructura.....	61
4.1.5.3 Áreas comerciales	62
4.1.5.3 Manejo de residuos.....	65

4.1.5.4 Identificación de actores	66
4.2 Caracterización de residuos orgánicos	71
4.2.1 Prueba de densidad.....	71
4.2.2 Estimación semanal de residuos solidos	75
4.2.3 Caracterización semanal.....	83
4.3 Parámetros del sistema.....	91
4.3.1 Factores de diseño	91
4.3.1.1 Factores de planificación	91
4.3.1.2 Parámetros básicos de funcionamiento	94
4.3.2 Dimensionamiento	99
5. CONCLUSIONES	113
6. RECOMENDACIONES.....	116
REFERENCIAS	119

Lista de figuras

Figura 1 Ubicación del mercado.	12
Figura 2 Biodigestor de domo flotante.....	15
Figura 3 Biodigestor de domo fijo.	16
Figura 4 Procesos de la digestión anaerobia.....	18
Figura 5 Cronograma	41
Figura 6 Presupuesto.....	41
Figura 7 Delimitación del mercado.....	49
Figura 8 Uso del suelo del mercado.....	50
Figura 9 Leyenda del mapa modelo de ocupación urbano.	51
Figura 10 Estructura Orgánica.....	52
Figura 11 Mercado planta 1.....	58
Figura 12 Mercado planta 2.....	59
Figura 13 Vistas del mercado.	60
Figura 14 Sección de venta de carnes de res.	62
Figura 15 Sección de venta de pollo.	63
Figura 16 Sección cafeterías.....	64
Figura 17 Sección de ventas de verduras.	64
Figura 18 Restaurantes del mercado.	65
Figura 19 Entrevista.....	67
Figura 20 Gráfico de resultados de entrevista	68
Figura 21 Encuesta.....	69
Figura 22 Gráfico de resultados de encuesta	70
Figura 23 Balanza de pie.....	71
Figura 24 Pesaje de la caneca.	72
Figura 25 Prueba de densidad.....	72
Figura 26 Evidencia de peso.....	73
Figura 27 Generación de residuo semana 1.....	76
Figura 28 Generación de residuo semana 2.....	77
Figura 29 Generación de residuo semana 3.....	79
Figura 30 Generación de residuo semana 4.....	80
Figura 31 Generación de residuo semana 5.....	81
Figura 32 Caracterización semana 1.	84
Figura 33 Caracterización semana 2.	85
Figura 34 Caracterización semana 3.	86
Figura 35 Caracterización semana 4.	88
Figura 36 Caracterización semana 5.	89
Figura 37 Caracterización del mes.....	90
Figura 38 Sistema formulado de digestión anaerobia	98
Figura 39 Digestor.	100
Figura 40 Gasómetro.....	107
Figura 41 Tanque de carga del digestor	108
Figura 42 Tanque de carga del digestor	109
Figura 43 Tanque de almacenamiento del digestato.	110
Figura 44 Esquema del sistema de tratamiento de residuos orgánicos.	111

Lista de tablas

Tabla 1 Rangos óptimos de pH para los diferentes microorganismos	24
Tabla 2 Actividades del mercado	56
Tabla 3 Áreas del mercado	61
Tabla 4 Identificación de locales productores de residuos orgánicos	66
Tabla 5 Manejo de residuos sólidos de los entrevistados	67
Tabla 6 Temática ambiental evaluada en los encuestados.....	69
Tabla 7 Producción de residuos orgánicos en la semana 1	76
Tabla 8 Producción de residuos orgánicos en la semana 2.....	77
Tabla 9 Producción de residuos orgánicos en la semana 3.....	78
Tabla 10 Producción de residuos orgánicos en la semana 4	79
Tabla 11 Producción de residuos orgánicos en la semana 5	80
Tabla 12 Relación semanal de residuos.....	81
Tabla 13 Caracterización semana 1	83
Tabla 14 Caracterización semana 2.....	84
Tabla 15 Caracterización semana 3.....	86
Tabla 16 Caracterización semana 4.....	87
Tabla 17 Caracterización semana 5.....	88
Tabla 18 Caracterización del mes	90
Tabla 19 Aspectos climáticos de Ocaña	94
Tabla 20 Características físicas/químicas comunes de los componentes de desperdicio de sólido	96
Tabla 21 Parámetros de cálculo de digestor	112

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo contiene elementos para el desarrollo de un sistema de tratamiento de residuos orgánicos, generados en el mercado público de Ocaña, Norte de Santander. El tema a tratar es la digestión anaerobia es un proceso ampliamente conocido y en la actualidad posee una amplia aplicabilidad en el mundo.

La característica principal de este tipo de tratamiento de residuos orgánicos de la digestión anaerobia consiste en la degradación de la materia orgánica en ausencia de oxígeno y por medio de la acción de determinados microorganismos. Como resultado de este proceso, la biomasa se descompone dando lugar a un producto gaseoso denominado biogás y a un subproducto líquido conocido como digestato. El biogás está compuesto principalmente de metano (CH_4) y dióxido de carbono (CO_2), por lo que presenta gran interés como biocombustible. El digestato está formado por compuestos inorgánicos ricos en nitrógeno, fósforo y potasio, por lo que puede ser empleado como abono para el campo o para la fabricación de fertilizantes.

Para analizar este tipo de tratamiento de los residuos es necesario de mencionar sus causas. Una de ellas es que es una tecnología para tratar y al mismo tiempo aprovechar las grandes cantidades de residuos sólidos que se generan en todas las actividades humanas, ya que la digestión anaerobia es efectiva en cuanto a que trata en gran porcentaje los componentes peligrosos que contengan estos residuos.

La digestión anaerobia es una técnica como tal innovadora en cuanto a implementarse en Colombia, de lo cual no es ningún impedimento de realizarse ya que es de por si flexible su aplicación ya que existen diferentes tipos de diseño para esta técnica.

La investigación se orienta a generar un sistema de tratamiento de residuos innovadora por así decirlo en aplicarse en Ocaña, se realizó con el interés de afectar positivamente la población ofreciendo esta metodología de la cual podemos de ella obtener biogás, fertilizantes para las actividades agrícolas de la región y demás productos, de los cuales los podemos obtener de los residuos que generamos; por consiguiente también con el fin de determinar o evaluar la situación actual que tiene la población del mercado en cuanto cuál es su perspectiva ambiental o que conocimiento tiene acerca del manejo de los residuos sólidos. Esto permitió identificar las posibilidades de cómo llevar una gestión adecuada de los residuos a través de la educación ambiental y de métodos de aprovechamiento.

El desarrollo de este sistema de tratamiento de residuos orgánicos, además de ser por interés académico y profesional, asimismo nos interesamos por aportar nuevas metodologías y la oportunidad de aplicarlas, ya que podemos y está a nuestro alcance. En el ámbito profesional, como ingenieros ambientales, el interés verso en el conocer el contexto ambiental y social actual que se desarrolla en nuestra región, principalmente en nuestro mercado público Ocaña como reconocer las variables de estudio para una buena gestión de los residuos sólidos que se desarrollan en las actividades diarias comerciales.

La metodología que se aplicó para la aplicación fue descriptiva en el desarrollo del diagnóstico de la situación actual del mercado, a través de la aplicación de entrevistas, encuestas dirigidas a los vendedores y compradores además de principalmente el uso de la observación de aspectos distintivos y significativos que representan el manejo actual de los residuos sólidos orgánicos.

En el ejercicio de las entrevistas y encuestas se dieron conversaciones con diferentes figuras sociales de la comunidad del mercado, como personal de gerencia, personal de seguridad, personal de aseo y finalmente los vendedores y dueños de los locales comerciales que aportaron gran valor a nuestra investigación y concluir en los aspectos ambientales de gran relevancia para la formulación de nuestro diseño.

Durante la investigación de campo, uno de nuestros obstáculos en la ejecución de realización de las entrevistas, y encuestas y como tal en el desarrollo de el pesaje y caracterización de residuos orgánicos fue el temor de los vendedores por creer que tendrían algún inconveniente en salud pública o algo que los comprometiera.

La caracterización de los residuos sólidos generados del mercado que se disponen en el centro de acopio fue uno de los más relevantes de nuestra investigación ya que de ella dependería el desarrollo del diseño; no se empleó ninguna técnica como tal, se dispuso de una caneca representativa cada día por el mes de agosto, de esta caneca se clasificaban en su totalidad todos los residuos que esta contenía, los cuales todos los datos se registraban en tablas para su posterior análisis.

El diseño como tal se formuló de la siguiente manera, con proceso semicontinuo de una sola etapa, proceso de vía seca debido a que posee más del 70% de la concentración de los residuos es sólido, mediante un diseño de baja tecnología, el tipo de reactor es de mezcla completa, con un pre tratamiento de picado o reducción del tamaño del residuo; se siguió el modelo de lecho fijo hindú un biodigestor con tanque de almacenamiento tradicional a excepción del uso cúpula de polietileno. Con el fin de reducir costos y materiales, teniendo en cuenta su facilidad de mantenimiento y seguimiento.

En cuanto al uso bibliográfico o uso de referencias se trabajó mediante tesis o maestrías sustraídas de internet, además del uso de libros proporcionados por la biblioteca de la UFPSO.

Finalmente, este proceso, nos dio el conocimiento adecuado para el planteamiento de este tipo de tecnología como lo es el tratamiento de residuos orgánicos mediante la digestión anaerobia que se está convirtiendo en los últimos años en una tecnología muy eficiente para el tratamiento de los mismo; su bajo costo de ejecución que tienen estos tipos de proyectos lo convierten en un atractivo para las empresas, aprovechando este tipo de residuos y así poder contribuir a mejorar las condiciones ambientales.

CAPÍTULO 1. “DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS ORGÁNICOS POR DIGESTIÓN ANAEROBIA, GENERADOS EN EL CENTRO COMERCIAL EL MERCADO PH DE OCAÑA, NORTE DE SANTANDER”

1.1 Problema de investigación

Pocas alternativas de manejo y aprovechamiento de los residuos orgánicos.

1.2 Planteamiento del problema

El manejo de los residuos sólidos en el país, históricamente, se ha hecho en función de la prestación del servicio de aseo. La preocupación por los residuos generados en los centros urbanos ha partido de consideraciones de tipo higiénico y sanitario, por lo tanto el problema se abordó desde el momento en que la comunidad presentaba los residuos en la vía pública para que alguien los retirara; en dicho momento apareció la necesidad de establecer un proceso de recolección, como parte fundamental de un servicio público, sin importar donde irían a parar dichos residuos, y se establecieron como métodos de disposición la descarga al aire libre o a cuerpos de agua sin considerar las externalidades de tipo ambiental, lo cual propició una cultura hacia la disposición incontrolada. (Rosa, 1998, pág. 9)

Ocaña con aproximadamente 98.229 habitantes, según Censo 2005, y el cual cuenta con un relleno sanitario, denominado La Madera, encargada de brindar el servicio de disposición final de residuos sólidos procedentes de todas las actividades diarias, a pesar de ello no es suficiente ni el mejor manejo que se da a los residuos especialmente a los orgánicos que se generan en mayor magnitud, no habiendo un aprovechamiento de estos; por lo tanto, se considera

como punto crítico generador en mayor nivel el mercado público, entre otros; el aumento exponencial de residuos y los insuficientes servicios de saneamiento provocan impactos ambientales que afectan a la población, especialmente la del mercado público y su área de influencia.

La pésima disposición de los residuos por parte de la comunidad tanto de usuarios como de propietarios de los establecimientos públicos del mercado, genera acumulación de estos en lugares no autorizados, generando olores ofensivos, presencia indeseada de vectores, roedores y animales callejeros. No existe en la actualidad estudio serio que permita el manejo técnico de estos residuos, que den una solución a los mismos y prometan unos recursos extras a su tratamiento adecuado. (Díaz, 2018)

A respuesta frente a esta problemática tomamos como ejemplo el proyecto a desarrollar propuesto en el relleno sanitario Guayabal, por parte de la empresa de aseo de Cúcuta, en camino a la construcción de una planta de aprovechamiento de la descomposición de residuos con producción de energías limpias y amigables con el medioambiente. (Aseo Urbano de Cúcuta, 2017)

1.3 Formulación del problema

¿Qué alternativa de solución habría frente a la disposición y manejo de los residuos orgánicos, generados por las actividades propias de su gestión comercial en el mercado público de Ocaña, Norte de Santander?

1.4. OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo general:

Diseñar un modelo viable de un sistema anaerobio para el manejo de residuos orgánicos, en el Centro Comercial el Mercado pH de Ocaña, norte de Santander.

1.4.2 Objetivo específico:

- Diagnóstico ambiental de la situación actual de los residuos orgánicos del Centro Comercial el Mercado P.H de Ocaña.
- Realizar una caracterización de los residuos producidos en el Centro Comercial el Mercado P.H de Ocaña.
- Determinar los parámetros para el diseño de un biodigestor en el tratamiento de materia orgánica, de los residuos orgánicos del Centro Comercial el Mercado P.H de Ocaña.

1.5 JUSTIFICACIÓN

La generación de residuos sólidos y su manejo adecuado es un desafío actual para cualquier sociedad. Los efectos negativos derivado de un mal manejo de los residuos sobre el entorno crea la necesidad de su tratamiento ambientalmente y socialmente adecuado y económicamente sostenible.

Entendemos como residuos sólidos, todos los residuos que surgen de las actividades humanas y animales, que normalmente son sólidos y que se desechan como inservibles o no queridos. Sin embargo, los materiales de los residuos desechados a menudo son reutilizables y se pueden considerar como un nuevo recurso manejable.

De tipo ambiental se lograra dar una adecuada disposición final a los residuos orgánicos generados durante las actividades comerciales del mercado, como meta gestionar los residuos de la sociedad de tal forma que esta sea compatible con las aspiraciones a poseer una calidad ambiental adecuada y una buena salud pública; además de conseguir que la población participe activamente en la gestión de los residuos sólidos, ya sea desde la selección en el lugar de origen como con las actividades de reutilización y el reciclaje de materiales residuales.

Enfocándonos en el comportamiento de la población, vemos que desarrollan comportamientos inadecuados con respecto al manejo de los residuos sólidos. Estos comportamientos inadecuados se expresan en el arrojado de residuos a las calles, fuera del mercado los cuales generan presencia de animales de calle, vectores y roedores generando problemáticas de salubridad pública, como posibles infecciones, contagios y disgustos por malos olores.

Adicionalmente con la propuesta de diseño se pretende lograr beneficios de tipo ambiental, socio-económico y tecnológico.

Se generaría un aprovechamiento total de los residuos orgánicos producto de las labores de comercio del mercado público, mediante el método de digestión anaerobia, con el fin de afectar positivamente la reducción de emisiones de efecto invernadero, dándose un manejo adecuado de los residuos. (Biodisol, 2018)

Se apoyaría la producción agrícola promoviendo buenas prácticas de cultivo, al aplicar el abono producido, dejando a un lado los abonos y fertilizantes agroindustriales, al diseñar y poner en práctica el sistema anaerobio planteado.

Al diseñar y poner en práctica el uso de los abonos que se producirán favoreceremos la vida útil del relleno, al disminuir considerablemente el volumen de sólidos, producción de gases y lixiviados. Siendo tal práctica aceptable en la gestión de residuos sólidos ya que se ve aumentada la degradación orgánica, con una emanación mínima de gases u olores ofensivos.

1.6 DELIMITACIONES

1.6.1 Delimitación conceptual Marco que referencien los aspectos fundamentales de los procesos de la digestión anaerobia, guías ambientales que nos permita el buen desarrollo de los planes de gestión integral de los residuos sólidos y el soporte en la normativa legal vigente.

1.6.2 Delimitación geográfica Este proyecto se llevará a cabo en el Centro Comercial el Mercado PH de Ocaña, Norte de Santander.

1.6.3 Delimitación temporal. El presente proyecto se planea realizar en tres (4) meses, a partir de la aceptación de la propuesta de investigación.

1.6.4 Delimitación operativa. La ejecución de este proyecto puede ser afectado por diferentes externalidades debido a que se realizará en un sector de bajo nivel educativo, poco tolerante y con desinterés de cultura ambiental. Descripción de los procesos concernientes a los sistemas de digestión anaerobia para conocer un uso eficiente de los residuos orgánicos generados en el mercado público.

CAPÍTULO 2. MARCO REFERENCIAL

2.1 Antecedentes

La digestión anaerobia es un proceso biológico cuyo proceso natural son el reciclado de materiales, nutrientes, propios del ambiente anóxico, es un modo adecuado de reducir el contenido orgánico de los biorresiduos.

En el diseño de plantas para el aprovechamiento de residuos orgánicos, hay un caso de satisfactorios resultados realizado en Heesen, Alemania, donde existe una planta de digestión anaerobia solo para purines que trata los purines del ganado y vacuno y el estiércol; en esta planta se cuenta con 290 vacas lecheras, 300 cabezas de vacuno joven, y unos 50 toros para reproducción, además la granja cuenta con 400 ha cultivables donde se obtienen los residuos orgánicos (Biogas3, 2014).

Otra de las experiencias exitosa se encuentra en la ciudad de Bogotá, Colombia en la PTAR el Salitre donde tiene un proceso para el tratamiento de residuos orgánicos, a partir de la etapa de floculación que se realiza al agua residual, de ese proceso se obtienen los lodos. En los lodos se concentra la materia orgánica retirada del agua residual; es donde los lodos son llevados a los

tanques de digestión anaerobia donde se obtiene 180m³ de biogás al día y bioabono que es utilizado en procesos de restauración (Acueducto, aguas y alcantarrillado de bogota, 2018).

En el municipio de Ocaña tenemos varios conjuntos o propiedad horizontales campestres que están implementando el sistema de digestión anaerobia para el tratamiento de sus aguas residuales, como un mecanismo eficaz y eficiente para el tratamiento de las mismas, un ejemplo muy fehaciente es de la parcelación campestre Algodonal Club de Campo, donde utiliza el tratamiento de digestión anaerobia para tratar la agua residuales generadas en las viviendas, así poder remover un porcentaje de contaminación y aprovechar los lodos que se derivan de este procedimiento para el mejoramiento de suelos de jardines y partes que tengan bajas cantidades de materia orgánica.

2.2 MARCO HISTÓRICO

2.2.1 Reseña histórica: 1682 Boyle: Predijo “la posibilidad de obtener gas a partir de residuos animales y vegetales en descomposición”. (Carreras, 2017)

1875 Propoff. Establece que la formación del biogás se lleva a cabo bajo condiciones anaerobias. (Zuñiga, 2007)

1884 Pasteur: Fue el primero en descubrir los microorganismos anaerobios (tipo *Clostridium spp.*) al realizar un estudio sobre la fermentación butírica. “Comprobó que pequeñas cantidades de oxígeno eran tóxicas para estos microorganismos y propuso la posibilidad de obtener metano a partir de estiércol”. (Zuñiga, 2007)

1890 Van Senus: Descubrió la relación de actividades de los microorganismos. (Carreras, 2017)

1896 Gran Bretaña: En este país el biogás obtenido de la digestión de lodos fue utilizado para el alumbrado de la calle. (Carreras, 2017)

1900 India: Se construyen digestores para la producción de biogás a partir de residuos orgánicos. (Carreras, 2017)

1906 Alemania. Se contribuye la primera planta de tratamiento anaerobio de aguas residuales. (Zuñiga, 2007)

1906 Soehngen: Realizó su tesis doctoral sobre “el proceso microbiológico de la digestión anaerobia”, llevando a cabo la demostración de la formación de metano a partir de H_2 y CO_2 . (Carreras, 2017)

1911 Gran Bretaña: Se comenzó a operar los digestores. (Zuñiga, 2007)

1913 Primer digestor anaerobio con uso de calentamiento. (Zuñiga, 2007)

1927 Castellini: Estudio las relaciones simbióticas entre los diversos microorganismos. (Carreras, 2017)

1927-1950: Se realizaron trabajos experimentales sobre producción de gas a partir de residuos ganaderos, en los años 40 se produce mayor interés por la Digestión Anaerobia en Europa cuando, a raíz de la II guerra mundial, las fuentes de energía escaseaban. (Carreras, 2017)

1940 Adición del uso de residuos orgánicos a la depuración de aguas residuales para aumentar la producción del biogás. (Zuñiga, 2007)

1951 Alemania: Se construyó un digestor que generó más de 16 millones de m³ de biogás a partir de lodos de depuradora, que fueron empleados para diferentes usos. (Zuñiga, 2007)

1950-1970: La digestión anaerobia se desarrolló en gran medida en China e India, en ambos países las materias primas eran los excrementos animales y humanos, desperdicios domésticos y algunos residuos agrícolas. (Carreras, 2017)

1973: Se impulsaron programas de investigación y desarrollo, y se construyeron plantas industriales; debido a la crisis petrolera, en países como USA, Canadá y parte de Europa se vio como un tratamiento para reducir las altas cargas orgánicas de algunos residuos, sin ningún aprovechamiento. (Tamayo, 2009)

1977 China: ya había 5 millones de digestores en funcionamiento debido, al parecer, a la mayor economía de los materiales usados lo que reducía los costes de inversión. (Carreras, 2017)

Actualmente, Alemania con más de 8000 plantas de digestión anaerobia es el país europeo con mayor producción de biogás.

2.2.2 Evolución de la tecnología. La transformación en energía de los residuos orgánicos mediante la fermentación anaerobia es un proceso que se viene practicando desde hace más de cien años en países como China o India, donde hay instalados millones de digestores familiares. (Carreras, 2017, pág. 14)

La tecnología utilizada en aquellos años era muy primitiva, tenía bajos rendimientos y no se llevaban a cabo las impermeabilizaciones adecuadas por no existir la concienciación medioambiental que hay actualmente, sin embargo cumplía una función energética muy importante. (Carreras, 2017, pág. 14)

Con el paso de los años la tecnología ha ido evolucionando gracias a los avances en la investigación llegando a un conocimiento más profundo del proceso, tanto a nivel microbiológico como de los parámetros que regulan esta fermentación, lo que ha permitido progresar notablemente en aspectos tecnológicos y mejorar considerablemente su eficacia. (Carreras, 2017, pág. 14)

Existe en la actualidad un gran número de tecnologías adaptadas al tratamiento de residuos por digestión anaerobia, la selección de una u otra depende principalmente de las características del vertido a tratar. (Carreras, 2017, pág. 14)

2.3 MARCO CONTEXTUAL

En el proceso de obtención de datos, caracterización y evaluación de datos, la zona a trabajar será en el Centro Comercial el Mercado PH de Ocaña, con coordenadas 8°14'14.8"N 73°21'22.0"W a 1220 msnm.

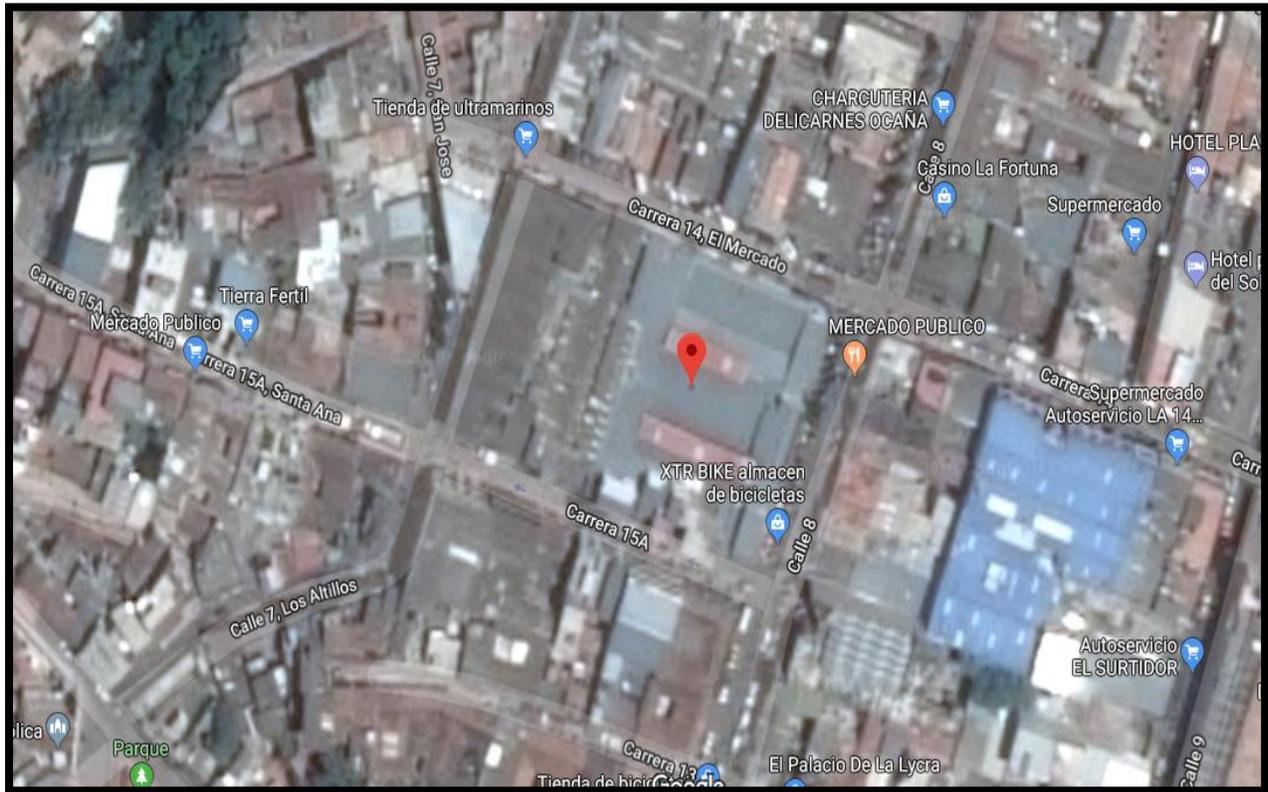


Figura 1 Ubicación del mercado.

Fuente: Google Maps.

El proyecto se ejecutará dentro del Centro Comercial el Mercado PH de Ocaña debido a evidenciar las grandes cantidades de residuos que se generan de su actividad económica principal como los son la comercialización: de verduras, productos de la canasta familiar y al almacenamiento de grandes cantidades de productos para ser comercializados al interior del país; por estas actividades comerciales se genera una gran problemática por la gran cantidad de residuos generados y que ve afectado en gran medida al relleno sanitario La Madera, debido a la acumulación de grandes cantidades de residuos orgánicos que pueden ser aprovechados y utilizados de una mejor manera y obtener productos derivados.

Se llevarán a cabo entrevistas y encuestas para el reconocimiento del área de estudio y sacar los objetivos propuestos en este proyecto, como bien se conoce el ambiente que se maneja es un sector un poco tenso debido a las problemáticas de inseguridad que se vienen presentando en la ciudad, también al bajo grado de escolaridad de las personas que laboran en esos sectores, así que la comunicación con la comunidad será un poco tediosa debido a todas las circunstancias que se expusieron, pero se espera llevar las actividades normalmente con los permisos respectivos de la administración para la culminación de las actividades propuestas para poder lograr los objetivos propuestos y presentar esta alternativa para atender la problemática de residuos.

2.4 MARCO CONCEPTUAL

2.4.1 Residuos sólidos. Se entienden por residuos sólidos todos aquellos materiales resultantes de procesos de fabricación, transformación, utilización, consumo o limpieza (pulido, 2012) los residuos se clasifican de diversas maneras, estructuralmente mantienen una misma composición desde su origen hasta su disposición final, los residuos sólidos se clasifican según su biodegradabilidad, combustibilidad, reciclabilidad y aprovechamiento

Los **residuos orgánicos** son materiales residuales, que en algún momento tuvieron vida y que se pueden descomponer fácilmente (pulido, 2012). Los residuos orgánicos encontramos los putrescibles y los no putrescibles.

Los **putrescibles** son los residuos que mantienen un grado alto de humedad y por ello mantienen un alto grado de biodegradabilidad. Entre los que podemos mencionar residuos forestales o de jardín, residuos animales, residuos de comidas, heces de animales, residuos agropecuarios y agroindustriales entre otros

Los **no putrescibles** son los que cuya característica biológica han sido modificados, hasta el punto que pierden las condiciones de biodegradabilidad. Comúnmente los que son combustibles

Los **residuos sólidos inertes** estos residuos aquellos no biodegradables ni combustibles, generalmente provienen de la extracción, procedimientos, o utilización de los recursos minerales por ejemplo el vidrio, el metal, los residuos de construcción entre otros.

Los **residuos sólidos urbanos** conocidos popularmente como basuras que se producen al interior de la población, estos se han convertido en un problema para el hombre desde el momento que la generación alcanza grandes cantidades de volúmenes. En estos incluyen todos los residuos que generan en la actividad doméstica, comercial, industrial, también se producen en limpiado de calles, jardines y parques, según el lugar de generación estos residuos los podemos clasificar: **domiciliarios** procedentes de actividades domésticas, **comerciales** procedentes de actividades empresariales, residuos **de limpieza** generado por la limpieza de calles y adecuación de parques (pulido, 2012).

2.4.2 GIRS (Gestión Integral de Residuos Sólidos). La serie de conjuntos que se articulan, e interrelación de normas y acciones operativas, financieras, de planeación, administrativas, sociales educativas, de monitoreo, supervisión y evaluación para el manejo de los residuos sólidos, desde su generación hasta su disposición final, a fin de lograr ciertos beneficios ambientales para la optimización de los recursos y lograr la aceptación social, respondiendo a las necesidades y circunstancias (Zapata & Jaramillo, 2008).

El **aprovechamiento de residuos son** acciones cuyo objetivo es recuperar el valor económico de los residuos mediante su reutilización, rediseño, reciclado y recuperación de materiales o de energía (Zapata & Jaramillo, 2008)

2.4.3 Biodigestor. Son contenedores cerrados herméticamente, los cuales en condiciones anaerobias optimizan y se proliferan bacterias que ayudan a descomponer los residuos orgánicos depositados (corona, 2007). Podemos encontrar diferentes clases de digestores los más comunes biodigestor de domo flotante, biodigestor de domo fijo, biodigestor horizontal.

2.4.4 Tipos de digestores: Biodigestor de domo flotante. Este biodigestor consiste en un tambor, originalmente construido en acero para más adelante suplirlo por fibra de vidrio reforzado, se caracteriza por un digestor construido en concreto y un almacenamiento de gas móvil en forma de campana (Olaya & Gonzáles, 2009).

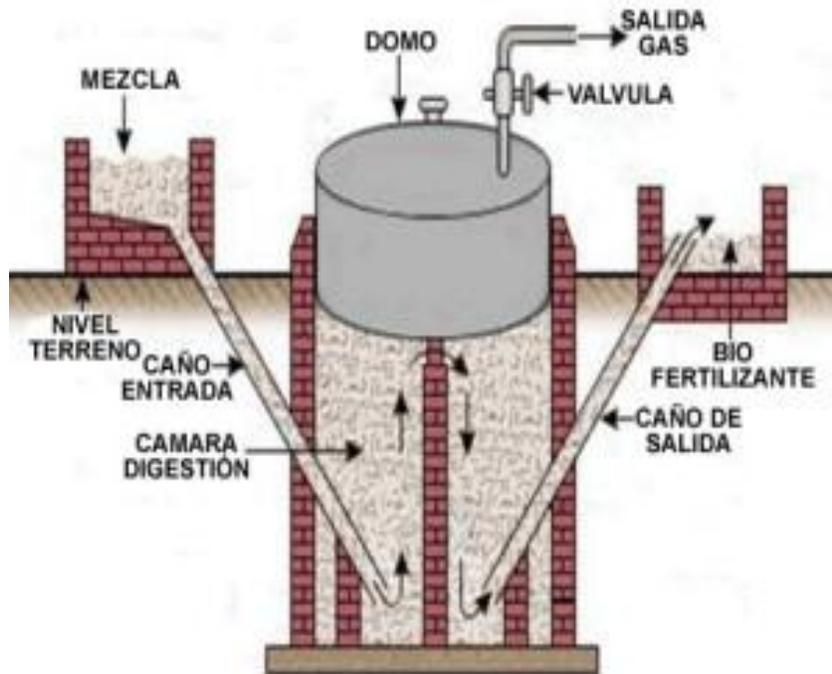


Figura 2 Biodigestor de domo flotante.
Fuente: (Olaya & Gonzáles, 2009)

Biodigestor de domo fijo. Está compuesto por un digestor construido en mampostería y un domo fijo e inmóvil cerrado donde se almacena todo el gas (Olaya & Gonzáles, 2009).

Entre sus ventajas tiene un largo tiempo de duración aproximadamente 20 años; no tiene en su estructura partes móviles o piezas metálicas que puedan oxidarse (Olaya & Gonzáles, 2009).

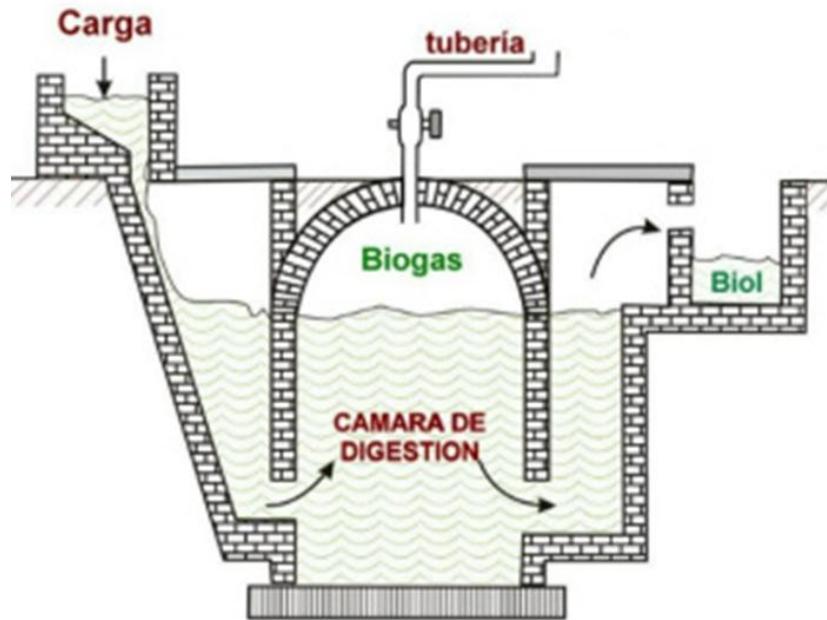


Figura 3 Biodigestor de domo fijo.
Fuente: (Olaya & Gonzáles, 2009)

Biodigestor horizontal. Este tipo de digestor se construye en poca profundidad, son alargados y son semejantes a una canal, entrando los residuos por un extremo y saliendo los lodos por el otro extremo (FAO, 2011).

2.4.5 Componentes de los digestores: Tanque de carga o recolección. Su función principal es el almacenamiento de los residuos orgánicos, una segunda función de esta etapa es el almacenamiento del sustrato un tiempo prudente para después introducirse al digestor a una temperatura prudente (Bolívar & Ramírez, 2012)

Tanques de descarga. Esta etapa se encarga de recolectar la mezcla digerida y que puede ser dirigida tiempo después como material de abono.

Agitado. Es una parte de vital importancia para los digestores de tipo carga por lotes o semicontinuos, ya que la cantidad de volumen constante de carga requiere de agitación para la digestión (Bolívar & Ramírez, 2012) la importancia del agitador es preservar la homogeneidad de los residuos depositados.

Reservorio de gas. El reservorio o cúpula de gas se utiliza para el almacenamiento del gas producido por la digestión de los residuos; estas cúpulas pueden ser rígidas o móviles, en algunas oportunidades se encuentran apartadas del digestor y reciben el nombre de gasómetros (FAO, 2011)

Tanque de digestión. En este proceso se realiza la digestión bajo el principio de ausencia de oxígeno, en esta etapa se degrada los residuos depositados con unos tiempos de retención y unas condiciones óptimas para el debido funcionamiento.

2.4.4. Digestión anaerobia. Es un proceso que se da naturalmente descomponiendo la materia orgánica en ausencia de aire a través de bacterias (solarizate , 2018). Son realizados por microorganismos cuyo metabolismo se desarrolla en ausencia de oxígeno. Los productos finales mayoritariamente son metano (CH_4) y dióxido de carbono (CO_2), la reacción para sintetizar se utiliza con poca extensión lo que conlleva a utilizar un sistema de retención microorgánica (carreras , 2017) en las cuales encontramos dos fases: no metanogénica y la fase metanogénica.

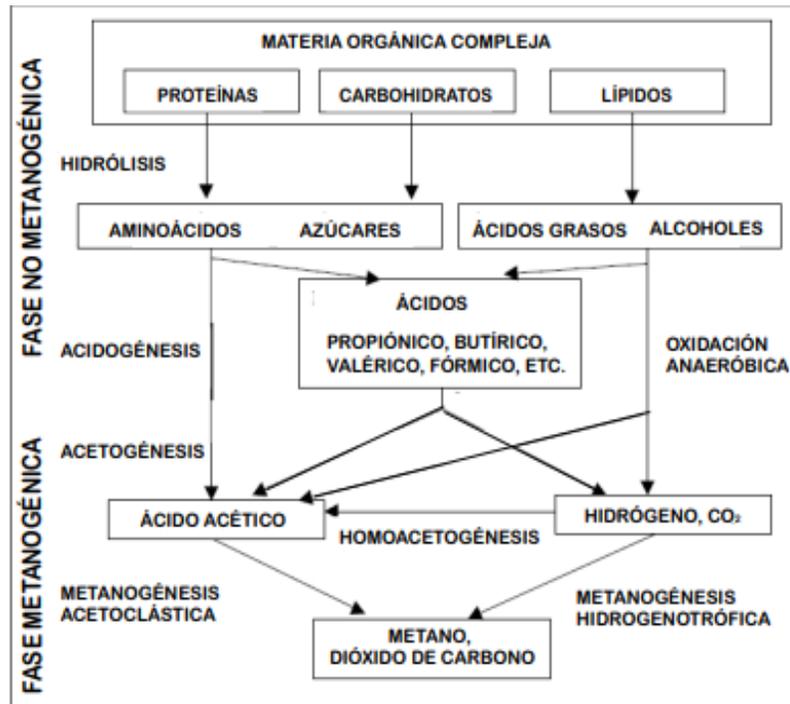


Figura 4 Procesos de la digestión anaerobia.
Fuente: (Cendales, 2011)

Fase no metanogénica: En esta fase los constituyentes complejos de la materia orgánica biodegradable son desintegrados en moléculas más simples como los carbohidratos

(polisacáridos), las proteínas y los lípidos, los cuales posteriormente sirven como materia prima para el desarrollo de los procesos subsecuentes. En esta fase tienen lugar dos subprocesos que se realizan de forma simultánea; en primer lugar, ocurre el hidrólisis de los carbohidratos, proteínas y lípidos. Seguidamente ocurre la fermentación (acidogénesis) de los metabolitos generados durante la hidrólisis; como producto de la fermentación se obtienen los ácidos grasos volátiles y dióxido de carbono, los cuales son transformados posteriormente en acetato (acetogénesis) y finalmente a metano durante la fase metanogénica del proceso de digestión anaerobia (Cendales, 2011, pág. 12).

Fase metanogénica: La primera parte de esta fase es acetogénesis, donde básicamente las bacterias convierten los compuestos resultantes de la acidogénesis en acetato, en esta etapa una serie de microorganismos anaerobios, someten a un proceso de fermentación el substrato de la etapa no metanogénica convirtiéndola en hidrógeno y dióxido de carbono.

Por último, menciona que las bacterias convierten el ácido acético en metano y dióxido de carbono, donde se trata de bacterias metanogénicas las cuales son estrictamente anaerobias. Se considera que aproximadamente el 70% del metano generado durante el proceso de digestión anaeróbica es producto de la metabolización del acetato.

Al final del proceso de degradación, se puede decir que, con la digestión anaerobia de los desechos orgánicos, al final se obtiene un gas rico en metano llamado “biogás” y residuo rico en nitrógeno el cual es el bioabono, ambos efluentes importantes recuperados e integrados de nuevo al proceso productivo (Bolívar & Ramírez, 2012, pág. 25).

Procesos biológicos: La digestión anaerobia es un proceso muy complejo tanto por el número de reacciones bioquímicas que tienen lugar, como por la cantidad de grupo de bacterias involucradas en ellas. De hecho, muchas de estas reacciones ocurren de forma simultánea.

El proceso de degradación de la materia orgánica se divide en cuatro etapas:

Hidrólisis: en esta fase se descomponen las cadenas largas de materia orgánica en otras más cortas, obteniéndose productos intermedios. La materia orgánica es descompuesta por la acción de un grupo de bacterias hidrolíticas que hidrolizan las moléculas solubles en agua, tales como grasas, proteínas y carbohidratos y las transforman en polímeros más simples. Los compuestos orgánicos son solubilizados por enzimas excretadas por bacterias hidrolíticas que actúan el exterior celular por lo que se consideran exoenzimas. (Biogás AD3Energy, 2018)

La hidrólisis es, por tanto, la conversión de polímeros en sus respectivos monómeros.

Durante la hidrólisis ya hay producción de dióxido de carbono.

El valor óptimo del pH en la etapa de la hidrólisis es de 5.3 y 6.7. Dependiendo del tipo de sustrato y del tiempo de retención, el pH puede bajar hasta 4.5. (Aqualimpia Engineering e.K., 2017)

Acidogénesis: en esta fase se convierte los productos intermedios en ácido acético, hidrógeno y dióxido de carbono. Estas dos primeras fases son realizadas por un primer grupo de bacterias, las hidrolíticas-acidogénicas y las acetogénicas que hidrolizan y fermentan las cadenas complejas de la materia orgánica en ácidos orgánicos simples (acético mayormente). Son bacterias anaerobias facultativas que pueden consumir oxígeno molecular para su metabolismo, no crecen en presencia de oxígeno molecular, el oxígeno resulta tóxico en mínimas cantidades.

El consumo del oxígeno molecular del aire produce el ambiente anaerobio ideal para el desarrollo de las bacterias. El crecimiento bacteriano en esta etapa es rápido. En esta primera etapa no hay una reducción significativa de la demanda química de oxígeno del sustrato, puesto que las cadenas orgánicas más complejas se transforman en cadenas más cortas, sin consumo o reducción de la materia orgánica presente.

El valor óptimo del pH para que se desarrolle la etapa de acidogénesis está alrededor de 5,5-6,7. Según algunos autores el pH en esta fase puede estar en el orden de 6-7,5. Dependerá siempre del tiempo de retención y del tipo de sustrato. En esta etapa se empiezan a formar los gases como hidrógeno de sulfuro, dióxido de carbono y amoníaco. (Aqualimpia Engineering e.K., 2017)

Acetogénesis: esta etapa es desarrollada por bacterias acetogénicas que realizan la degradación de los ácidos orgánicos donde los alcoholes, ácidos grasos y compuestos aromáticos se degradan produciendo ácido acético, llevándolos al grupo acético $\text{CH}_3\text{-COOH}$ y liberando como productos hidrógeno y dióxido de carbono que son los elementos precursores de las bacterias metanogénicas que sustraen los productos finales del medio minimizando la concentración de los mismos en la cercanía de las bacterias acetogénicas. Las bacterias acetogénicas convierten ácido propiónico y butírico en ácido acético.

Estas tienen un crecimiento relativamente lento (tiempo de duplicación mínimo de 1,5 a 4 días). Las reacciones que producen son muy complicadas energéticamente y se interrumpen fácilmente por acumulación de gas hidrógeno disuelto en el medio acuoso. (AGRO WASTE, 2018)

Metanogénesis: es la última etapa en la descomposición de la materia orgánica en condiciones anaerobias. Durante este proceso, aceptores de electrones (como el oxígeno, hierro, sulfato, nitrato y manganeso) se reducen, mientras que se acumula hidrógeno y dióxido de carbono. También se acumulan compuestos orgánicos ligeros debido a la fermentación. Durante las fases avanzadas de la descomposición orgánica, todos los aceptores de electrones quedan reducidos excepto el dióxido de carbono.

La metanogénesis elimina con efectividad los productos casi finales de la descomposición: el hidrógeno, los compuestos orgánicos pequeños y el dióxido de carbono. Sin la metanogénesis se acumularía una gran cantidad de carbono (en forma de productos de la fermentación) en los ambientes anaeróbicos.

Este es un proceso que lo realizan microorganismos conocidos como metanógenos (archaeas anaerobias estrictas) que usan el carbono (dióxido de carbono) como aceptor final de electrones para producir metano. $\text{CO}_2 + 4\text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$

En esta fase un segundo grupo de bacterias convierte los ácidos orgánicos en metano y dióxido de carbono. Se trata de bacterias metanogénicas estrictamente anaerobias, es decir que no sobreviven en presencia de oxígeno molecular. Las más importantes son las que transforman los ácidos propanoico y acético, denominadas bacterias metanogénicas acetoclásticas.

En esta fase se produce el 90% del total del metano que se produce en el biodigestor. Las tasas de crecimiento de las bacterias metanogénicas son cinco veces menores que las de la fase acetogénesis, por ello, son las que limitarán el proceso de degradación anaerobia. Son también las que condicionarán el tiempo de retención de la biomasa en el digestor, así como la temperatura del proceso.

Las bacterias metanógenicas sólo pueden multiplicarse cuando está avanzada la fermentación de los sustratos primarios por acción de las bacterias anaerobias facultativas (por ejemplo, *Escherichia*, *Enterobacter*, *Klebsiella* o *Bacillus*) y se haya consumido todo el oxígeno disuelto, de manera que el potencial redox haya alcanzado en un valor entre .350 y 550 mV. El valor óptimo del pH para que ocurra esta reacción está en el rango de 6,8 – 7,5 llegando en algunos casos hasta valores de pH de hasta 8. (AGRO WASTE, 2018)

2.4.5 Factores que influyen en la digestión anaerobia. En los procesos de digestión anaerobia se necesita de unas condiciones óptimas que intervienen en el desarrollo de bacterias que permiten que el proceso funcione adecuadamente (Agrowaste, 2018)

El **pH** es uno de los parámetros que ejercen gran influencia sobre la estabilidad en el procedimiento de degradación, puesto que una variable que regula coexistencia población bacteriana que ayudara la fermentación de los residuos (Bolívar & Ramírez, 2012).

Esta variable es de gran importancia pues ayuda a determinar la fase del proceso e identifica cortos circuitos por exceso de ácidos grasos volátiles o de amonio (el proceso debe estar entre 6.8 y 7.2 unidades de pH). Por debajo de un nivel de pH de 6,6, la población metanogénica disminuye. Una alcalinidad excesiva también resulta en el deterioro del proceso de digestión por la desintegración de los gránulos microbianos. El aumento de pH en el tanque de lixiviación de 7.2 indica el comienzo de la metanogénesis y la producción de metano (Bolívar & Ramírez, 2012).

Tabla 1

Rangos óptimos de pH para los diferentes microorganismos

Etapas	Tipo de bacterias	Rango óptimo pH
Hidrólisis	Hidrolíticas acidogénicas	7,2-7,4
Acidogénesis	Hidrolíticas acidogénicas	7,2-7,4
Acetogénesis	Acetogénicas y homoacetogénicas	7,0-7,2
Metanogénesis	Metanogénicas hidrogenófilas y acetoclásticas	6,5-7,5

Fuente: (Burgos, 2013)

Temperatura. La digestión anaerobia puede ocurrir en grandes márgenes de temperaturas, las sensibilidades de la bacteria metagénicas es mayor que los otros microorganismos que encontramos en un tanque de digestión. El sistema de digestión no se ve afectado si la temperatura se eleva un poco, sin embargo, la disminución de la misma puede afectar la producción del metano (Rivas, Faith, & Gillen, 2009).

La temperatura es uno de los parámetros más importantes en la digestión anaerobia, ya que determina la velocidad de degradación del proceso anaerobio, principalmente las de las etapas de hidrólisis y metanogénesis. Existen tres rangos de temperatura en los que la digestión anaerobia puede llevarse a cabo:

- Psicrófilo: por debajo de 25 °C
- Mesófilo: entre 30 y 40 °C
- Termófilo: entre 50 y 60 °C

Las bacterias que crecen en cada uno de estos intervalos de temperatura son organismos diferentes. Si el intervalo de temperatura en el reactor cambia, es necesario arrancar el reactor de nuevo y una nueva población bacteriana tendrá que ser cultivada. La temperatura de operación efectiva en los reactores de lecho fijo es de 37°C (intervalo mesofílico), la actividad y el crecimiento de las bacterias disminuyen en un 50% por cada 10°C de descenso por debajo de

35°C (Medel, 2010). Tampoco se recomienda aumentar la temperatura del reactor de lecho fijo por encima de 42°C ya que a temperaturas más altas ocurre deterioro de las bacterias (Burgos, 2013).

Nutrientes. Como en el resto de sistemas de tratamiento biológicos, los nutrientes son necesarios para satisfacer los requerimientos de crecimiento de los microorganismos. Los principales nutrientes necesarios para el crecimiento de estos son el carbono (C), nitrógeno (N) y fósforo (P), así como trazas de algunos elementos minerales (S, K, Ca, Na, Mg, Fe), necesarios para la activación de enzimas para la metanogénesis. La relación C/N debe estar comprendida entre 15/1 y 45/1, con un valor recomendable de 30/1, mientras que para el fósforo la relación óptima C/P es 150/1 (Burgos, 2013).

Potencial redox. Conviene mantener el valor del potencial redox por debajo de -300 mV o -330 mV para asegurar el ambiente fuertemente reductor que las bacterias metanogénicas necesitan para su óptima actividad (Hernández, 2015).

El **Tiempo de retención hidráulica**. Es el tiempo que permanecerá la biomasa dentro del digestor hasta su descarga. El (THR) para un digestor de tipo continuo coincide con el tiempo de biomasa al interior del digestor. En los sistemas de digestión semi-continua el tiempo de retención se define por la división del volumen del digestor y el volumen de la carga diaria (Salamanca, 2009).

La **velocidad de carga orgánica (VCO)** se define como la cantidad de materia orgánica alimentada por volumen de biodigestor en un determinado periodo de tiempo. En ausencia de inhibidores, altas cargas orgánicas proporcionan altas producciones de metano, aunque también

aumenta el riesgo de sobrecargas puntuales que conllevan a la acidificación del reactor provocando un descenso del pH y el posible fallo del sistema (Burgos, 2013).

Biogás. Para hacerle seguimiento a la generación de biogás se emplean varios métodos: como el método volumétrico, el método por indicador de combustión de gas, y el método por análisis cromatográfico, uno de los métodos más usados es el método volumétrico. Este método que también se usa como absorción y desplazamiento de volumen se hace utilizando una botella de mariotte. El gas es alimentado por fondos a la botella que contiene agua como medio de absorción (de gases como ácido sulfhídrico y dióxido de carbono) con el fin de determinar predominantemente el volumen del metano (Burgos, 2013).

Sustancias inhibitoras. El proceso de digestión anaerobia es inhibido por la presencia de tóxicos en el sistema. El nitrógeno amoniacal, el ácido sulfhídrico y los ácidos grasos volátiles son inhibidores importantes de las bacterias metanogénicas, así como los metales pesados a altas concentraciones. Este tipo de sustancias pueden encontrarse como componentes del sustrato de alimentación o como subproductos de la actividad metabólica de los microorganismos del reactor que realizan una revisión de la bibliografía en la inhibición del proceso de digestión anaerobia, hablan de la variación que existe en los niveles de inhibición/toxicidad reportados para la mayoría de sustancias. Según autores, la mayor razón para que existan estas variaciones es la complejidad del proceso de digestión anaerobia donde los mecanismos como el antagonismo, sinergismo y aclimatación pueden afectar significativamente a la inhibición (Burgos, 2013).

Ácidos grasos volátiles. La operación eficiente implica el control en el digester de una adecuada capacidad buffer del sistema que asegure el mantenimiento del pH entre el rango de 6.8 - 7; siendo este un rango de pH óptimo para el buen funcionamiento del reactor de lecho fijo. La

capacidad amortiguadora está dada por la existencia en el lixiviado de compuestos carbonatados y/o acetatos que impiden las fluctuaciones bruscas de pH. Por lo tanto, una buena aproximación al estado óptimo en relación con la acumulación de ácido grasos volátiles puede hacerse en base a la determinación de la capacidad buffer existente en el medio. El método de seguimiento por destilación y titulación son técnicas de recuperación de ácidos que contienen hasta seis átomos de carbono. La recuperación fraccional de cada ácido aumenta al ir aumentando el peso molecular. Los cálculos y los resultados se hacen sobre la base de ácido acético. El método a menudo es aplicable para fines de control, y debido a que es empírica, se debe llevar a cabo exactamente como lo describe la norma (Burgos, 2013).

DQO soluble. Permite determinar la fase del proceso y las modificaciones en el caudal de recirculación de lixiviado. Es un indicador del aumento en la degradación del medio. El evento más importante durante la degradación anaerobia, que contribuye al efecto del tratamiento, es la conversión de la DQO del lixiviado y del residuo de poda a gas metano. Si hay una reducción en la DQO soluble, es un indicador que existe inhibición de algún tipo en el biodigestor.

Sólidos volátiles. Los sólidos volátiles se definen como el porcentaje o porción que tiene un determinado material que es susceptible de ser biodegradado ya que el principio fundamental (o de las primeras etapas del proceso de digestión) es el aumento en la materia soluble disponible para la flora microbiana.

Relación inóculo – sustrato (I/S). Wu Yuanyuan y colaboradores (2013) estudiaron tres relaciones de inóculo - sustrato (I/S) con aguas lixiviadas (0,6; 1,2 y 6,0 separadamente) hasta obtener un aumento significativo en el potencial bioquímico de metano (Obtuvo valores de 169,8; 183,8 y 361,8 LCH₄ KgSV-1 respectivamente). Este trabajo recomienda que la relación I/S se

debe mantener en un rango adecuado y sugieren no menos de 0,2 y no más de 6,0. Basado en esta investigación se escogieron las condiciones de carga manteniendo una relación inóculo-sustrato de 6,0 (Burgos, 2013).

2.4.6 Tipos de procesos anaerobios para los residuos sólidos orgánicos. Los sistemas de digestión anaerobia de los residuos sólidos orgánicos suelen diferenciarse en:

- El tipo de carga del sustrato: continuo (una o varias etapas) o discontinuo
- La concentración de sólidos del sustrato (vía húmeda o seca)
- El tipo de reactor: de mezcla completa o de flujo pistón
- La agitación
- La recirculación del efluente
- La temperatura: psicrófilos, mesófilos o termófilos

Procesos continuos y discontinuos

Se utilizan generalmente dos tipos de procesos para llevar a cabo la digestión anaerobia de los residuos sólidos orgánicos: los continuos y los discontinuos. En los sistemas discontinuos, los reactores se llenan una vez con sustrato y se cierran durante todo el tiempo de retención para finalmente abrirse y vaciarse el efluente del reactor. En los sistemas continuos, en cambio, el sustrato se introduce continuamente en el reactor, saliendo de este la misma cantidad introducida.

Procesos de vía húmeda y seca

Los procesos de digestión anaerobia pueden considerarse vía húmeda o seca dependiendo de la concentración de sólidos en el residuo de alimentación. Los sistemas húmedos son aquellos en los que el valor de los sólidos totales es un 16 % o menos, mientras que los sistemas secos

tienen entre 22 y 40 % de sólidos totales, considerándose los que se encuentran entre ambos valores de sistemas semi-secos.

2.4.7 Tipos de diseños de digestión anaerobia para los residuos sólidos orgánicos.

Debido al incremento en la demanda de la digestión anaerobia de los residuos sólidos orgánicos, en las últimas dos décadas se han implementado diferentes diseños de plantas de digestión anaerobia, tanto de alta como de baja tecnología.

Diseños de alta tecnología

Incluyen en sus procesos soluciones que hacen que estos sistemas sean más sofisticados y costosos (pre-tratamiento, agitación, calentamiento, recirculación con bombeo, etc.) suelen realizarse en los países industrializados, ya que el encarecimiento de los sistemas hace que no sea favorable su implementación en los países en vías de desarrollo. Aun así, estas soluciones de alta tecnología también han sido implementadas en países como China, India y Tailandia. Por lo tanto, estas tecnologías también pueden ser consideradas como una posible opción para ciudades grandes en otros países de bajos y medios ingresos (Burgos, 2013).

Diseños de baja tecnología

En algunos países en vías de desarrollo como China, India y Nepal la digestión anaerobia tiene una larga tradición, pero mayoritariamente se emplea en áreas rurales y para el tratamiento de excrementos de animales. La biometanización de los residuos sólidos orgánicos es algo que únicamente se ha llevado a cabo en los últimos años, desarrollándose diversos reactores de baja tecnología. No obstante, la información sobre este tipo de tecnología es bastante escasa (Burgos, 2013).

2.5 MARCO TEÓRICO

El crecimiento del comercio a nivel local y mundial ha conllevado a la sobreproducción de residuos orgánicos, generando con esto un grave problema de ocupación de volumen a la hora de su disposición final, siendo que estos residuos pueden ser aprovechando eficientemente en un sistema anaeróbico de residuos orgánicos que nos darían varios subproductos como: biogás compost y en muchos casos la generación de energía eléctrica.

Los residuos orgánicos se han convertido en un problema en su manejo a la hora de su disposición final siendo los más afectados las poblaciones aledañas a los rellenos sanitarios, que en últimas son las personas que viven cerca a los rellenos las más afectadas por el mal manejo de este tipo de residuos.

Existen diferentes técnicas para el aprovechamientos de residuos orgánicos ente los encontramos el aprovechamientos biológicos como compostajes, lombriculturas y biodigestión; la digestión anaerobia se está convirtiendo en una medida alternativa para el tratamiento de residuos orgánicos y muy beneficioso para la obtención de biogás (Aistizábal, Vanegas, Mariscal, & Camargo, 2015)

La digestión anaerobia son una serie de procesos biológicos, que en ausencia de oxígeno por actividad de unos microorganismos específicos degrada la materia orgánica transformándola en gas que contiene elevado contenido energético llamado biogás (Reyes, 2017)

La digestión anaerobia es una síntesis de procesos complejos tanto por las múltiples reacciones bioquímicas que tienen lugar como por la cantidad de microorganismos que interactúan en el proceso; los estudios bioquímicos y microbiológicos realizados hasta hoy en día, fraccionan las etapas en hidrólisis, etapas de fermentación o acidogénesis, acetogénica y metagénica (Marti, 2006)

Los residuos sólidos que tienen un gran contenido de materia orgánica no deberían ser considerados como un problema, sino como una fuente de energía renovable amigable con el ambiente y una medida eficiente para la reducción de gases de efecto invernadero (Reyes, 2017).

2.6 MARCO LEGAL

Art 79 Constitución Política de Colombia. Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano.

Ley 99 de 1993. Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos

naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA y se dictan otras disposiciones.

Ley 9 de 1979. Código Sanitario Nacional. Establece criterios a ser considerados en el almacenamiento de los residuos. Art. 22, al 35 define disposición final de los residuos, mediante el almacenamiento (recipiente, condiciones) y la recolección; además que las empresas de aseo deberán ejecutar la recolección de las basuras con una frecuencia tal que impida la acumulación o descomposición en el lugar.

Ley 632 del 2000. Por la cual se modifican parcialmente la ley 142 por la cual se establece el régimen de servicios Públicos y Domiciliarios. Art. 5 Define competencia de los municipios en cuanto a la prestación de servicios públicos.

Ley 388 de 1997. Plan de Ordenamiento Territorial. Art. 8 Localizar y señalar las características de la infraestructura para el transporte, los servicios públicos domiciliarios, la disposición y tratamiento de los residuos sólidos, líquidos, tóxicos y peligrosos y los equipamientos de servicios de interés público y social, tales como centros docentes y hospitalarios, aeropuertos y lugares análogos.

Ley 511 de 1999. Establece el día del reciclador

Ley 430 de 1998. Se dictan normas prohibitivas, eferentes a los desechos peligrosos y se dictan otras disposiciones.

Ley 1259 de diciembre 12 de 2008. Aplicación del comparendo ambiental a los infractores de las normas de aseo, limpieza y recolección de escombros.

Decreto 605 de 1996. Por medio del cual se establecen los lineamientos para la adecuada prestación de un servicio de aseo desde su generación, almacenamiento, recolección y transporte, transferencia hasta su disposición final y las prohibiciones y sanciones en relación con la prestación del servicio público domiciliario de aseo (Capítulo I del título IV).

Decreto 1077 de 2015. Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Vivienda, Ciudad y Territorio, en el cual se encuentra compilado el decreto 2981 del 2013 en el cual se reglamenta la prestación del servicio público de aseo.

Decreto 1076 de 2015. Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible, en el cual se encuentra compilados el decreto 1609 de 2002 y el decreto 4741 de 2005.

Decreto 2811 de 1974. Código de Recursos Naturales. Art. 34 al 38 se regula lo relacionado con el manejo de residuos sólidos su procesamiento, la obligación de los municipios a organizar la recolección, transporte y disposición final de basuras y establece la posibilidad de exigir el manejo de estos residuos a quien los produce.

Decreto 351 de 2014. Se reglamenta la gestión integral de los residuos generados en la atención en salud y otras actividades.

Decreto 605 del 1996. Reglamenta Ley 142 de 1994 relacionada a la Prestación del Servicio Público Domiciliario de Aseo. Título II, III, art 114 Cap.II, Titulo IV Art. 43 define “Para la recolección de los residuos generados por las plazas de mercado del municipio se utilizarán contenedores ubicados estratégicamente. La recolección de los residuos sólidos en estos lugares se debe efectuar en horas que no comprometan el adecuado flujo vehicular y peatonal de la zona, ni el funcionamiento de las actividades normales la plaza”

Decreto 1713 de 2002. Prestación del servicio público de aseo, en relación con la Gestión Integral de Residuos Sólidos.

Decreto 1505 del 4 de junio de 2003. Elaborado por la Presidencia de la República de Colombia. Por el cual se modifica parcialmente Decreto 1713 de 2002 en relación con los planes de gestión integral de residuos sólidos y se dictan otras disposiciones.

Decreto 838 de 2005. Elaborado por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Por el cual se modifica el Decreto 1713 de 2002 sobre disposición final de residuos sólidos, consideraciones ambientales sobre rellenos sanitarios, fomento a la regionalización de los rellenos sanitarios y se dictan otras disposiciones.

Resolución 2309 de 1986, se dictan las normas en cuanto al uso de residuos sólidos especiales.

Resolución 1045 del 2003. Establece la guía para la elaboración de los planes de gestión Integral de Residuos Sólidos PGIRS.

Política Nacional para la gestión Integral de Residuos, 1997. Elaborada por el Ministerio del Medio Ambiente. Contiene el diagnóstico de la situación de los residuos, los principios específicos (Gestión integrada de residuos sólidos, análisis del ciclo del producto, gestión diferenciada de residuos aprovechables y basuras, responsabilidad, planificación y gradualidad), los objetivos y metas, las estrategias y el plan de acción. Plantea como principio la reducción en el origen, aprovechamiento y valorización, el tratamiento y transformación y la disposición final controlada, cuyo objetivo fundamental es "impedir o minimizar" de la manera más eficiente, los riesgos para los seres humanos y el medio ambiente que ocasionan los residuos sólidos y peligrosos, y en especial minimizar la cantidad o la peligrosidad de los que llegan a los

sitios de disposición final, contribuyendo a la protección ambiental eficaz y al crecimiento económico.

Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS 2000, publicado por el Ministerio de Desarrollo Económico.

Guía Ambiental para la selección de tecnologías de Manejo Integral de Residuos Sólidos, Ministerio del Medio Ambiente, 2002.

Proyectos de Gestión Integral de Residuos Sólidos, Guía Práctica de Formulación, Ministerio del Medio Ambiente, 2002.

Norma técnica colombiana (NTC 5167), productos para la industria agrícola. Materiales orgánicos usados como fertilizantes y acondicionadores del suelo. Establece requisitos que deben cumplir y los ensayos a los cuales deben ser sometidos los productos orgánicos usados como fertilizantes o como acondicionadores del suelo. Reglamenta los limitantes actuales para el uso de materiales orgánicos, los parámetros físico químicos de los análisis de las muestras de materia orgánica, los límites máximos de metales y enuncia algunos parámetros para los análisis microbiológicos.

Manejo Integral de los Residuos Sólidos Municipales, UNICEF-SENA-Min Desarrollo- Min ambiente - SSPD-CRA-IDEA- Embajada de Holanda, medio magnético, 2001.

GTC 24: 98-12-16. Guía para la separación en la fuente. Establece directrices para realizar la separación de residuos en las diferentes fuentes generadoras: doméstica, industrial, comercial, institucional y de servicios con el fin de facilitar su posterior aprovechamiento.

GTC 35: 97-04-16. Guía para la recolección selectiva de residuos sólidos. Suministra pautas para efectuar una recolección selectiva como parte fundamental en el proceso que permite mantener la calidad de los materiales aprovechables.

Manejo Integral de los Residuos Sólidos Municipales, UNICEF-SENA-Min

Desarrollo- Min ambiente - SSPD-CRA-IDEA- Embajada de Holanda, medio magnético, 2001.

CAPÍTULO 3: DISEÑO METODOLÓGICO

3.1 Tipo de investigación

Investigación Científica. Es un proceso que, mediante la aplicación del método científico de investigación, procura obtener información relevante y fidedigna, para entender, verificar, corregir o aplicar el conocimiento (EcuRed, 2018).

En el desarrollo de los procesos de diseño del sistema, se dispondrá de las siguientes metodologías de investigación de profundización:

- Descriptiva, ya que se realizará una medición y observación de la situación actual del mercado.
- Explicativa, ya que se dirá el porqué de la situación y manejo de los residuos sólidos hasta el momento.

Mediante el uso o empleo de datos será de manera cuantitativa, ya que dispondremos de datos exactos de medición de cantidad de residuos, por peso, cantidad, lo que genera un uso de los datos más estadístico; en la cual se dará un tiempo determinado de un mes en el desarrollo de la caracterización de los residuos (Anonimo, 2018).

El diseño del sistema se desarrollará mediante parámetros en función a la realidad, disponiendo de investigación cuasi-experimental, ya que se manipularán los datos y se evaluará la técnica más viable en la ejecución de la digestión anaerobia (Mimenza, 2018).

En el diseño metodológico como tal constará de las siguientes fases:

Fase I. Diagnóstico ambiental de la situación actual de los residuos orgánicos del Mercado Público de Ocaña. Mediante el seguimiento a las actividades realizadas más significativas en el mercado, mediante la recopilación de información o datos históricos, proporcionados directamente de la población al igual que la empresa prestadora del servicio de aseo público, respectivamente ESPO S.A. Contando con técnicas básicas de recolección de información tales como:

- Determinación de actores
- Entrevistas a vendedores y empleados
- Encuestas a clientes y dueños de establecimientos
- Registros fotográficos actual pertinente
- Observaciones por recorridos o en base a puntos críticos
- Identificación de problemáticas

Fase II. Realizar una caracterización de los residuos producidos en el sector comercial del mercado público, de Ocaña. Este proceso es de vital importancia ya que repercute en el direccionamiento del diseño del tratamiento de los residuos, determinando su viabilidad y

efectividad, para en lo cual se debe de tener el registro de la cantidad de solidos orgánicos producidos. Mediante las siguientes etapas a desarrollar:

- Muestreo de sólidos
- Pesaje
- Cuantificación
- Representación gráfica y tabulada de los datos

Fase III. Determinar los parámetros para el diseño del biodigestor. De acuerdo con las cantidades de residuos orgánicos producidos, se determina las dimensiones y el tipo de biodigestor adecuado para el tratamiento de los residuos orgánicos.

3.2 Población

La población enmarcada en el desarrollo del trabajo se encuentran los comerciantes del mercado público al igual que su personal administrativo, además de los compradores y todos los cuales se desarrollen comercialmente, mediante las labores de venta de bienes y productos alimenticios.

3.3 Muestra

La zona delimitada a trabajar mediante la caracterización respectiva se da mediante la designación de 10 locales representativos de cada dependencia o actividad económica, los cuales son venta de frutas y verduras; venta de carne de res; venta carne de cerdo; venta de pescado; venta de pollo, queso, huevos; cafeterías; restaurantes y demás actividades mixtas comerciales.

3.4 Recolección de información

Como lo señala Hurtado (2000), las técnicas de recolección de datos, son los procedimientos y actividades que le permiten al investigador obtener la información necesaria para dar cumplimiento a su objetivo de investigación. Para Ander-Egg (1995), la técnica indica cómo hacer, para alcanzar un fin o hechos propuestos; tiene un carácter práctico y operativo. Mientras que un instrumento de recolección de datos es cualquier recurso que usa el investigador para acercarse a los fenómenos y extraer de ellos la información para su investigación. Es el recurso que él utiliza para registrar información o datos sobre las variables. El instrumento sintetiza toda la labor previa de investigación, resumen los aportes del marco teórico al seleccionar datos que correspondan a los indicadores, y por tanto a la variable o conceptos utilizados (Hernández y otros, 2003) (Contreas & D, 2018)

Para el manejo de la muestra, para la obtención de datos se realizará, mediante:

- ❖ La observación de los establecimientos de la plaza de mercado.
- ❖ Recopilación documental de lo pertinente de la gestión ambiental de la plaza de mercado para la interpretación actual, generando un diagnóstico.
- ❖ Entrevista, será un dialogo entre los dueños de los establecimientos de mayor magnitud en cuanto a la producción de residuos sólidos de la plaza de mercado.
- ❖ Encuesta, acerca de la gestión de los residuos sólidos a la comunidad demandante de los servicios-productos y a los establecimientos pertinentes de la muestra representativa de la plaza de mercado.

3.5 Análisis de información

El manejo de la información obtenida se realizará a través de tablas, diagramas y gráficas, en lo cual nos ayudará a tener una valoración cuantitativa y además cualitativa, a través de esto se tendrán resultados necesarios en la identificación de las problemáticas, cantidad de residuo orgánico promedio generado y principalmente como eje principal del diseño del sistema en cuanto al flujo de entrada de residuos, su tipo, características necesarias para la planeación factible de este.

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES																	
FASES		JULIO				AGOSTO				SEPTIEMBRE				OCTUBRE			
Diagnóstico	Identificación de actores	■															
	Entrevista		■	■	■												
	Encuesta		■	■	■												
	Observación	■	■	■	■												
Caracterización	Muestreo					■											
	pesaje					■	■	■	■	■							
	Tabulación de información								■								
Diseño del sistema	Determinación de parámetros									■	■						
	Dimensionamiento									■	■	■	■	■			

Figura 5 Cronograma
Fuente: Autores del proyecto

PRESUPUESTO								TOTAL
FASES	ACTIVIDADES	TRANSPORTE	PAPELERIA	MERIENDA	IMPLEMENTOS	RECURSOS TECNOLOGICOS	RECURSO PROFESIONAL	
Diagnóstico	Identificación de actores	100000	10000	60000		10000	500000	
	Entrevistas							
	Encuestas							
	Observación							
Caracterización	Muestreo	40000		40000	100000	30000	300000	
	Pesaje							
	Tabulación de información							
Diseño del sistema	Determinación de parámetros					50000	800000	
	Dimensionamiento							
	SUBTOTAL	140000	10000	100000	100000	90000	1600000	2040000

Figura 6 Presupuesto
Fuente: Autores del proyecto

CAPÍTULO 4: RESULTADOS

4.1 DIAGNÓSTICO AMBIENTAL

4.1.1 Contextualización del municipio de Ocaña. Ocaña está situada a 8° 14' 15"

Latitud Norte y 73° 2' 26" Longitud Oeste del departamento de Norte de Santander, en la zona nororiental y está conectado por carreteras nacionales con Bucaramanga, Cúcuta y Santa Marta. Poblacionalmente, se constituye como el segundo municipio del departamento después de Cúcuta con 97.479 habitantes (a 2014), incluida el área rural. Su extensión territorial es de 460 km², que representa el 2,2% del departamento. La Provincia de Ocaña tiene un área de 8.602 km². Su altura máxima es de 1 202 msnm y la mínima de 761 m (Alcaldía Municipal de Ocaña, 2009).

El municipio se encuentra ubicado en toda la cordillera oriental, está rodeada por montañas que alcanzan alturas de 2600 msnm; el municipio limita al norte con los municipios de Gonzales, Teorama, el Carmen, en oriente limita con los municipios de la playa, san Calixto y Hacari, en el sur con el municipio de Abrego (Alcaldía Municipal de Ocaña, 2009).

4.1.2 División político administrativa. Administrativamente el municipio de Ocaña se divide en 18 corregimientos: Otaré (antes Borotaré y luego Brotaré), Quebrada de la Esperanza, Mariquita, El Puente, Las Lizcas, Espíritu Santo, El Palmar, Venadillo., Las Chircas, Llano de los Trigos, Aguas Claras, La Floresta, Portachuelo, La Ermita, Agua de la Virgen, Buenavista, Pueblo Nuevo, Cerro de las Flores. Por su parte, el Casco Urbano se divide en 6 Comunas: Comuna 1 central: José Eusebio Caro (1.07 Km²), Comuna 2 nor-oriental: Cristo Rey (1.51 Km²), Comuna 3 sur-oriental: Olaya Herrera (2.63 Km²), Comuna 4 suroccidental: Adolfo Milanés (1.07 Km²), Comuna 5: Francisco Fernández de Contreras (1.14 Km²), Comuna 6: Ciudadela Norte (0.80 Km²). (Cámara de Comercio de Ocaña, 2018)

El casco urbano cuenta con un área 6.96 km² conformadas por (6) comunas que son : comuna 1 central (José Eusebio Caro) superficie 1.07 km², comuna nor-oriental (CRISTO REY) superficie 1.51km² , comuna 3 sur-oriental (OLAYA HERRERA) superficie 2.63 km² , comuna 4 sur –occidente (ADOLFO MILANEZ) superficie 1.07 km², comuna 5 (FRANCISCO DE FERNARNADEZ DE CONTRERAZ) superficie 1.43 km² , comuna 6 (CIUDADELA NORTE) superficie 0,80 km² (Alcaldia Municipal de Ocaña, 2009)

4.1.2.1 Límites del municipio

a) Límites Departamentales

La interacción de los aspectos ambientales, económicos y sociales del territorio constituye la base primordial para establecer el uso, ocupación y aprovechamiento del suelo; además de la

caracterización y valoración de los ecosistemas como base para la zonificación ambiental y el establecimiento del uso sostenible de la tierra. (Cámara de Comercio de Ocaña, 2018)

- Por el Norte. Limita con el municipio de González (Departamento del Cesar).
- Por el Occidente. Limita con el municipio de Río de Oro (Departamento del Cesar).
- Por el sur. Limita con el municipio de San Martín (Departamento del Cesar).

b) Límites Municipales

- Por el Oriente. Limita con los municipios de San Calixto, La Playa y Abrego.
- Por el Norte. Limita con los municipios de Teorama, Convención y El Carmen.
- Por el sur. Limita con el municipio de Abrego.

4.1.2.2 Extensión de municipal

- Extensión total: 672.27 Km²
- Extensión área urbana: 6.96 Km²
- Extensión área rural: 620.76 Km²

4.1.3 Línea ambiental

4.1.3.1 Clima. La temperatura promedio de Ocaña es de 22 °C. Piso térmico templado, con una temperatura no menor a los 8 °C y no mayores a los 30 °C. Precipitaciones entre los 1.000 y 2.000 mm anuales, las lluvias durante el primer semestre son escasas. Los meses de lluvia son, agosto, septiembre, octubre y noviembre, este último es aprovechado para los cultivos semestrales. (Alcaldía Municipal de Ocaña, 2009)

4.1.3.2 Economía. Ocaña tiene como actividades económicas fundamentales la agricultura, la ganadería, el comercio, la pequeña industria y la minería, con explotación de plata, cobre, hierro y el turismo el cual es conformado principalmente por Ocañeros que se han trasladado a otras regiones del país y visitan la ciudad durante las festividades locales de Navidad, año nuevo y carnavales. (Alcaldía Municipal de Ocaña, 2009)

4.1.3.3 Producción Agrícola. Este sistema de producción predomina en zonas de tierras quebradas a planas, precipitaciones entre 800 y 2.500 mm anuales, el uso del suelo se encuentra bajo agricultura intensiva en especial cebolla Ocañera en relevo con fríjol y/o rotación con tomate, que representan el 94.30% del área sembrada; Otro tipo de utilización lo constituye pequeñas áreas de cultivos permanentes de café, frutales y pastos, y semipermanentes de caña, piña, plátano y yuca. (Cámara de Comercio de Ocaña, 2018)

4.1.3.4 Producción Pecuaria

- Ganadería. La explotación ganadera en el municipio de Ocaña es de tipo extensivo no tecnificada. Actualmente existe una población de 5.492 de cabezas en la cual se estima

que un 70 % corresponde al sistema de doble propósito. (Cámara de Comercio de Ocaña, 2018)

- **Avicultura.** La avicultura es una actividad importante en el municipio. De acuerdo con cifras de la URPA, la población avícola actual es de 100.000 aves de los cuales el 60% corresponde a aves de postura y reproducción y el 40% a pollos de engorde. Esta actividad se concentra principalmente en el corregimiento de Venadillo, las veredas Guayabal, Aguas Claras y la Rinconada. (Cámara de Comercio de Ocaña, 2018)
- **Piscicultura.** En la actualidad se está implementando el cultivo de las especies de mojarra roja, cachama, carpa y bocachico en forma intensiva a través de la oficina de la UMATA, sirviendo de puente con la Comunidad para la compra y la Asistencia Técnica para la producción. (Cámara de Comercio de Ocaña, 2018)

4.1.3.5 Comercio. El comercio se constituye en la segunda actividad económica de la región destacándose los municipios de Ocaña, Tibú, Convención y Ábrego; él mismo gira en relación a la comercialización de la producción agropecuaria, insumos, víveres y demás artículos correspondientes a la canasta familiar y a las necesidades de los hogares. (ESTUDIO ECONÓMICO , 2016)

Actualmente, las centrales de abastos son los más importantes focos de comercialización, distribuyendo en promedio 3 millones de toneladas de alimentos, que generan ingresos estimados en 35 mil millones de pesos anuales en todas las centrales mayoristas. (ESTUDIO ECONÓMICO , 2016)

En cuanto al proceso de comercialización regional, Ocaña es considerada la capital de la Provincia, por lo que posee una alta dinámica comercial frente a los demás municipios, en ella se encuentra ubicado el mercado principal, al cual llegan todos los productos que se cosechan en la

región, además de todos los intermediarios, debido a que no se cuenta con un canal de distribución directo con el comercializador de las ciudades o regiones consumidoras de los mismos, afectando la economía de los productores por el alto costo de la intermediación.

(ESTUDIO ECONÓMICO , 2016)

Como se mencionó anteriormente, el municipio de Ocaña es considerando la capital de la Provincia por su ubicación estratégica, la cual tiene como principal renglón de su economía el sector comercial con cerca de 2.499 establecimientos registrados ante la Cámara de Comercio, aunque, de acuerdo al censo realizado por dicha institución, se encontraron un total de 3.358 establecimientos, lo que muestra el alto grado de informalidad presente en la zona (859 establecimientos). (ESTUDIO ECONÓMICO , 2016)

4.1.4 Descripción del área de estudio

Razón social

Nombre: CENTRO COMERCIAL EL MERCADO P.H (Propiedad Horizontal)

NIT: 807004746.1

Dirección: cra 13 A14 / calle 7 y 8

Teléfono: 5692839

En Centro Comercial el Mercado P.H es una zona de comercio de venta de productos y alimentos, que ofrece sus servicios a la comunidad ocañera y sus veredas, en cual se da una población circundante aproximadamente de 2600 personas diariamente según la gerente del

mercado, teniendo en cuenta a tenderos como a compradores; con un total de sus instalaciones de 414 locales, en donde se ofrecen diferentes actividades de comercio.

4.1.4.1 Misión. Es propósito de la propiedad horizontal centro comercial el mercado prestar un servicio adecuado y eficiente de ventas al público de primera necesidad, teniendo como carta de presentación los principios de honestidad comercial, excelente calidad de los artículos, cumplimiento de las normas de higiene, sanidad y seguridad con el fin de ofrecer una atención al público óptima.

4.1.4.2 Visión. La propiedad horizontal centro comercial el mercado, ofrece condiciones aptas para la compra y ventas de artículos de primera necesidad, con el fin de consolidarse como el centro más grande de comercialización del nororiente colombiano.

4.1.4.3 Localización geográfica. El Centro Comercial el Mercado P.H, se encuentra ubicado en la comuna 1 central José Eusebio Caro, en el barrio el Mercado, cuenta con una extensión de 1000 m². Delimitado entre la calle 7 y 8, con carrera 13 – 14.



Figura 7 Delimitación del mercado.
Fuente: Google maps.

4.1.4.4 Uso del suelo

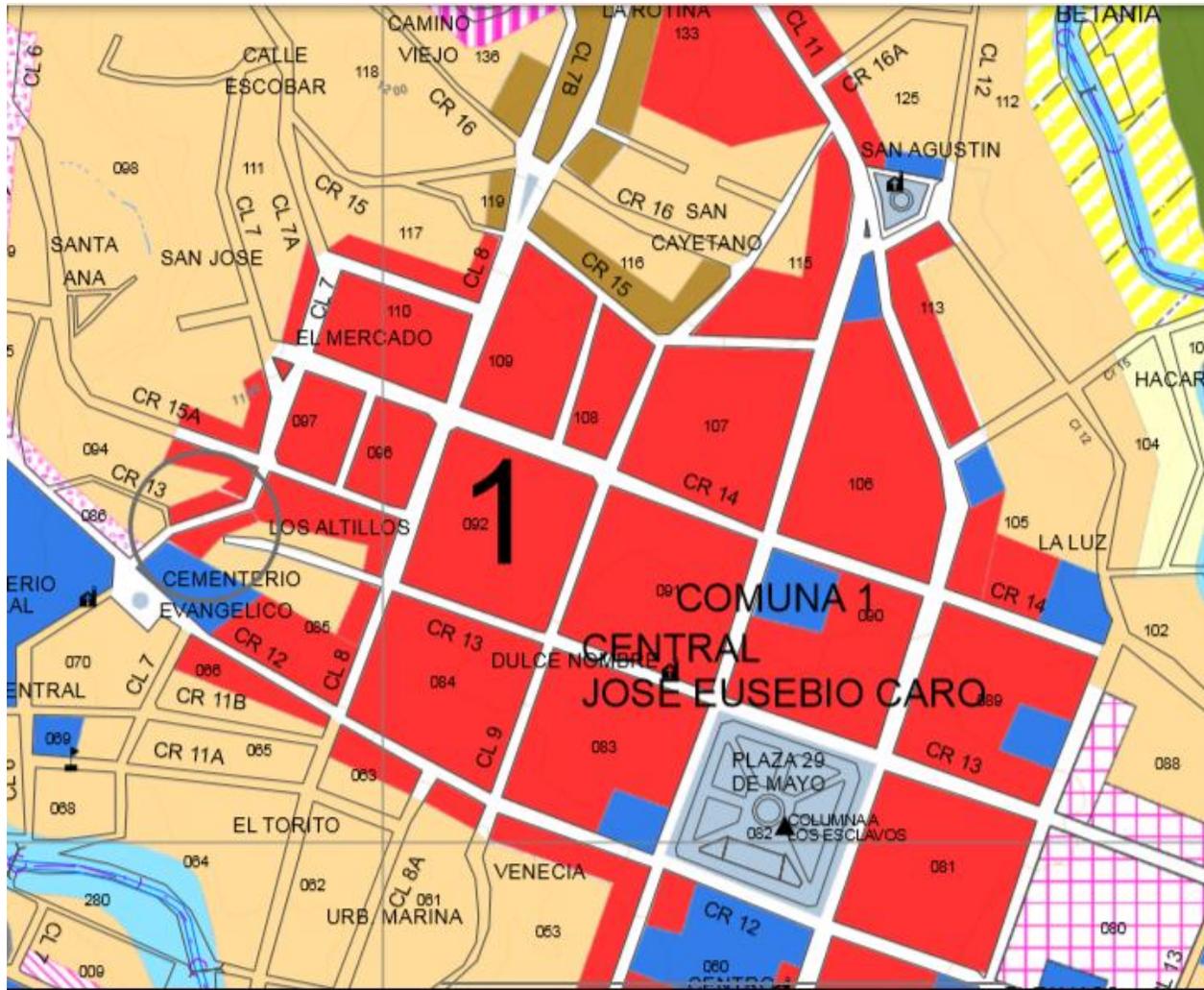


Figura 8 Uso del suelo del mercado.
Fuente: Mapa modelo de ocupación urbano.

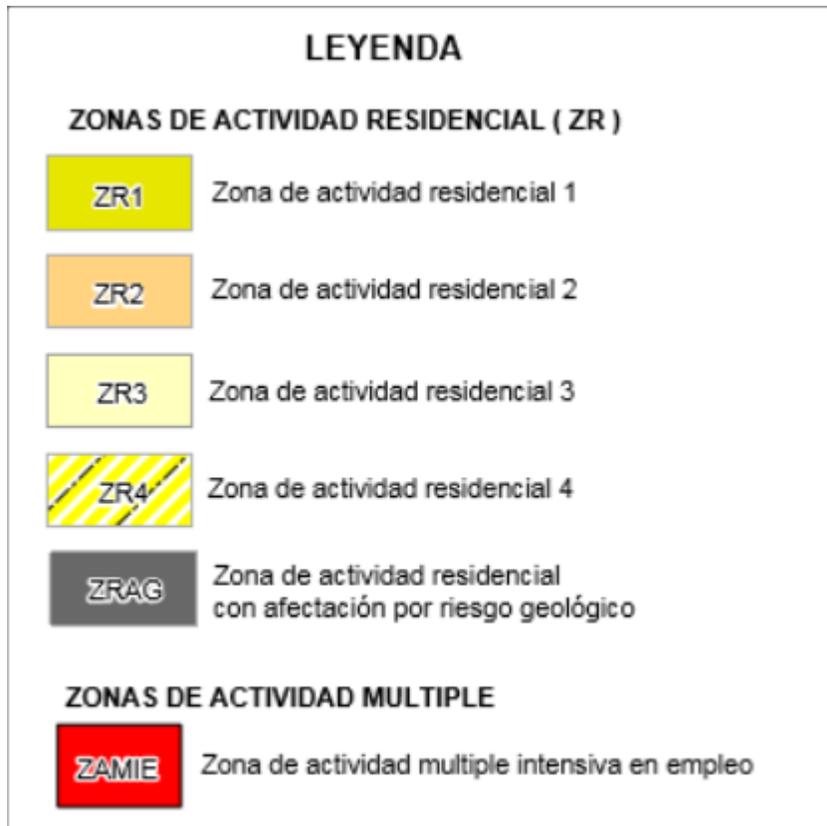


Figura 9 Leyenda del mapa modelo de ocupación urbano.
Fuente: Mapa modelo de ocupación urbano.

Según el Plan Básico de ordenamiento territorial, el mapa modelo de ocupación en el que se encuentra el Centro Comercial el Mercado P.H, se define como una zona de actividad múltiple intensiva en empleo.

4.1.4.5 Estructura básica de organización

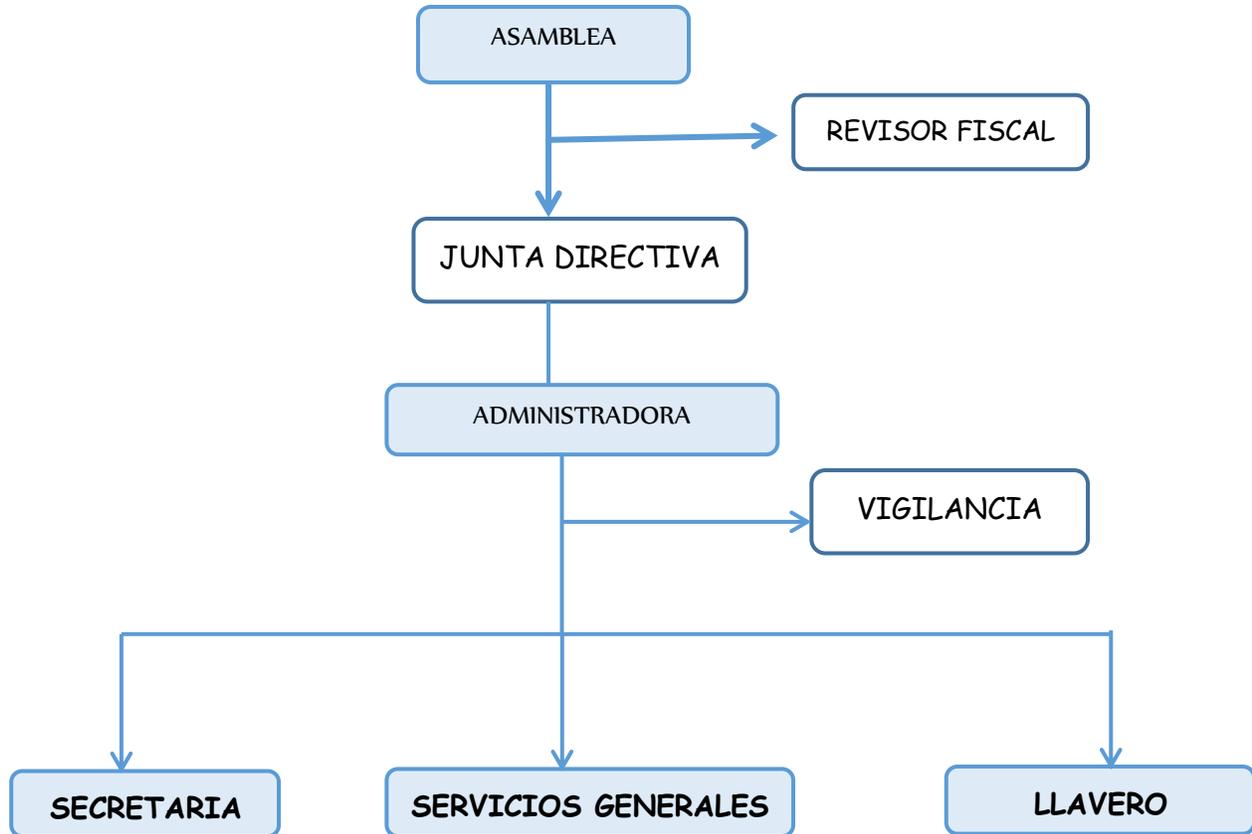


Figura 10 Estructura Orgánica

Fuente: Gerencia

El Centro Comercial el Mercado PH es un importante eje de la economía del municipio de Ocaña, norte de Santander, cuenta con un total de 264 dueños de locales comerciales y un personal Administrativo de 7 personas: 4 aseadoras, 1 llavero, 1 secretaria 1 administradora; dando un total 274 personas que laboran diariamente en sus instalaciones.

4.1.4.6 Reseña histórica. El centro comercial el mercado, surgió con la idea de centralizar el comercio en la ciudad de Ocaña ya que este estaba disperso por los barrios populares como lo son la Piñuela, Villa Nueva, El Carretero, pues esta gran obra tuvo su inicio en 1941 cuando el arquitecto italiano Aladino Benigni en compañía del maestro de construcción Carlos Mazile, unieron esfuerzos para realizar la construcción en un terreno perteneciente al señor Jesús San Juan que también se conocía como el Llano de Jesús San Juan donde se realizaba las corralejas y se instalaban los circos.

Esta construcción vio la luz en el mes de diciembre del año siguiente, 1942 y se inauguró con el nombre de MERCADO CUBIERTO DE OCAÑA propiedad de la alcaldía municipal. Sin embargo, no se lograba hacer llegar toda la ciudadanía a realizar sus compras en el nuevo mercado por eso, utilizaron como estrategias las retretas en la plaza, con lo que se atrajo la población. Para aquel tiempo no existían locales, era solo mesones de concreto que servían para exhibir los productos de cada de los comerciantes.

Con el tiempo, los camiones de Convención empezaron a aparcarse en esta zona, trayendo panela, banano y otros productos, luego camión lechero de Don Hernán Torres también hizo su arribo desde Sanín Villa y también los burros con las cargas de los campesinos de los corregimientos aledaños como Las Chircas, Las Liscas, en otros. Con esto, el MERCADO CUBIERTO DE OCAÑA, empezó dando frutos para los cuales estaba diseñado.

Algunos personajes que se podrían destacar de esta época, los señores Abraham Trigos, quien llevo al centro comercial el mercado, al tercer día de su apertura y el local costo la suma de 300 pesos, para aquel entonces era una liquidación de un trabajo que había realizado, en estas mismas condiciones llegaron Atilio Angarita, José Apino, el popular CHANGUA, Marcos Jiménez, Ramón Amaya, Ángel Carrascal, y muchos otros que apostaron a esta plaza como centro de comercialización.

Llego a ser tan grande el impacto del MERCADO CUBIERTO DE OCAÑA, que en un sector que le llamaban “EL GARRAPATERO” (ahora barrio San José), funciono una escuela de la cual no se tiene nombre exacto, porque quienes asistían a dicha escuela decían que estudiaban en el garrapatero, y sirvió para que los hijos que trabajaban en el mercado, asistieron a clases una vez que terminaban el trabajo que les asignaban sus padres. También era curioso ver que solo había un policía que cuidaba el mercado y sus alrededores, el correctivo para las personas que hacían alborotos, era barrer el interior del mercado y sus calles aledañas para eso el policía pedía prestada as escobas y recogedores en los locales y así mantenían el orden en la zona.

Como en todas las clases de mercado siempre se encontraban personajes algo especiales a quienes dieron apodos como “JUANCHO PALETAS”, a una señora la conocían como “ZAPATILLA” porque caminaba en la punta de su pie derecho, al señor Rufino Pacheco lo apodaban “MILLON Y MEDIO” porque el dinero lo llevaba en un pollero (una especie de costal) y tuvieron sus superhéroes conocido como Elias “EL DIABLO” quien tenía la fantástica habilidad de levantar en sus hombros 2 bultos de papa que pesaban 125 libras cada una.

En este diario vivir el mercado de Ocaña se posicionaba, pasaron muchas administraciones locales, y el mercado seguía en pie hasta el año 1988 en la administración de José Aquiles Rodríguez Martínez (QEPD), se hace a la venta a cada uno de los dueños del local las acciones del mercado, convirtiéndolos en copropietarios, la alcaldía conservo la segunda planta de la propiedad y desde entonces se conoce como CENTRO COMERCIAL EL MERCADO P.H; las cosas seguían igual el modo de comercio de comercio no cambio solo la razón social y la estructura organizacional.

En 2007 quizás se vivió una de las situaciones que puso en riesgo la edificación, un incendio arrebató con gran parte de las instalaciones, afectando a los comerciantes, al comercio y la arquitectura histórica de nuestro municipio, no obstante, con la pujanza y el espíritu de los copropietarios se logró reconstruir lo que se había perdido y se dejó de lado aquel suceso y se inició la nueva era del CENTRO COMERCIAL EL MERCADO.

Ahora cuenta con mejores instalaciones y conservando la estructura y el diseño original, se encuentra en un proceso de mejoramiento de imagen, y pretenden incursionan en el comercio a nivel nacional, con lo que demuestran las ganas y el deseo de ser cada día mejor, porque EL CENTRO COMERCIAL EL MERCADO, no es solo un punto de comercio, es historia, es cultura, es tradición para el pueblo ocañero. (QUIN & T.A)

4.1.5 Descripción general del Centro Comercial el Mercado P.H y listado de

actividades, descripción de características del mercado. La jornada de

comercialización del mercado público tiene una duración de 14 horas, que inician a las

4:00 am y finaliza las 6:00 pm aproximadamente.

Tabla 2

Actividades del mercado

ACTIVIDAD	DESCRIPCION	PROBLEMATICA
Cargue y descargue de alimentos	Esta actividad comienza con la llegada de los camiones abastecedores después del cual, los productos son llevados hasta el punto de venta. Según lo establecido en el decreto 079 del 10 de marzo del 2016, se estableció el horario respectivo para estas actividades el cual se extiende de 4:00 am – 9:00 am y 7:00 pm – 1:00 am.	Congestión vehicular Espacio público ocupado Reducción de vía Daños de la vía Dificultades en operación del comercio No se cumplen los horarios establecidos Generación de residuos sólidos
Venta de verduras y frutas	Se realiza la adecuación del producto a vender (limpieza, adecuación del producto, presentación)	Generación de residuos sólidos y vertimientos por el lavado de estos
Venta de hierbas y plantas	Se realiza la adecuación del producto a vender (limpieza, adecuación del producto, presentación)	Generación de residuos sólidos, además de tierra y material de recorte
Venta de tubérculos	Corresponde a la venta de papa, yuca y demás.	Genera residuos sólidos en gran cantidad cuando se daña el producto
Venta de abarrotes	Venta de empacados, alimentos ya arreglados	Generan principalmente envases, bolsas plásticas, cajas
Venta de alimentos procesados	Esta actividad incluye los restaurantes, cafeterías, etc. Venta de alimentos preparados tales como pueden ser (ensaladas de frutas, salpicón, jugos, sopas, etc.)	Genera residuos orgánicos e inorgánicos Vertimientos Gases, emisiones atmosféricas por las cocinas
Venta de carnes	Adecuación de las carnes (deshuesado, despellejado, lavado) exposición, venta y eliminación del material no conforme por parte del cliente.	Problemas con vectores Presencia de perros callejeros Generación de residuos orgánicos Vertimientos

Venta de pescado fresco y seco	Adecuación del pescado (descamado, lavado, se retiran la cola, agallas, limpieza)	Grandes cantidades de sal marina del pesado seco Generación de residuos orgánicos Vertimientos
Venta de pollo y huevos	Adecuación del pollo y presentación de los huevos	Generación de residuos sólidos Vertimientos Olores
Venta de lácteos y derivados	Adecuación, limpieza y presentación	Atracción de insectos y roedores Vertimientos Generación de residuos sólidos Olores
Venta de ropa y calzado Venta de equipos tecnológicos Droguerías		Generación de residuos sólidos y reciclables
Operación de limpieza	Esta operación incluye todos los lavados internos de áreas comunes, los cuales se dan los días martes y viernes, se asea y trapea. El personal asignado a esta actividad se divide en 2 jornadas mañana y tarde, 2 personas en cada jornada.	Generación de residuos sólidos Vertimientos
Operación de manejo de residuos sólidos	Presentación de los residuos que se disponen en un total de 24 canecas, recolección sin ningún tipo de selección, almacenamiento temporal en el centro de acopio de residuos, entrega al recolector del servicio de aseo ESPO S.A	Generación de residuos sólidos Vertimientos

Fuente: Autor del proyecto

4.1.5.1 Planos del Centro Comercial el Mercado P.H

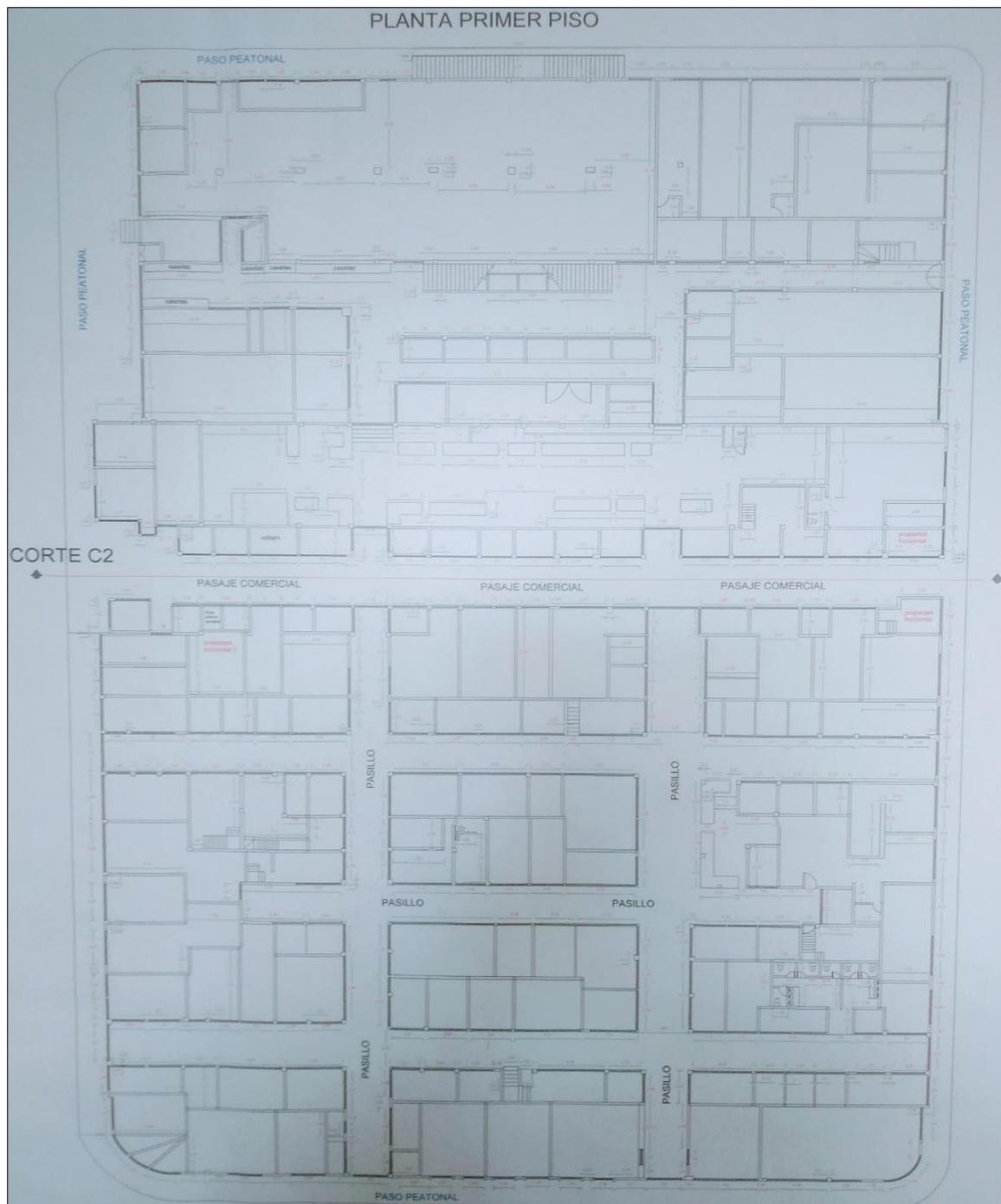


Figura 11 Mercado planta 1.

Fuente: Gerencia.

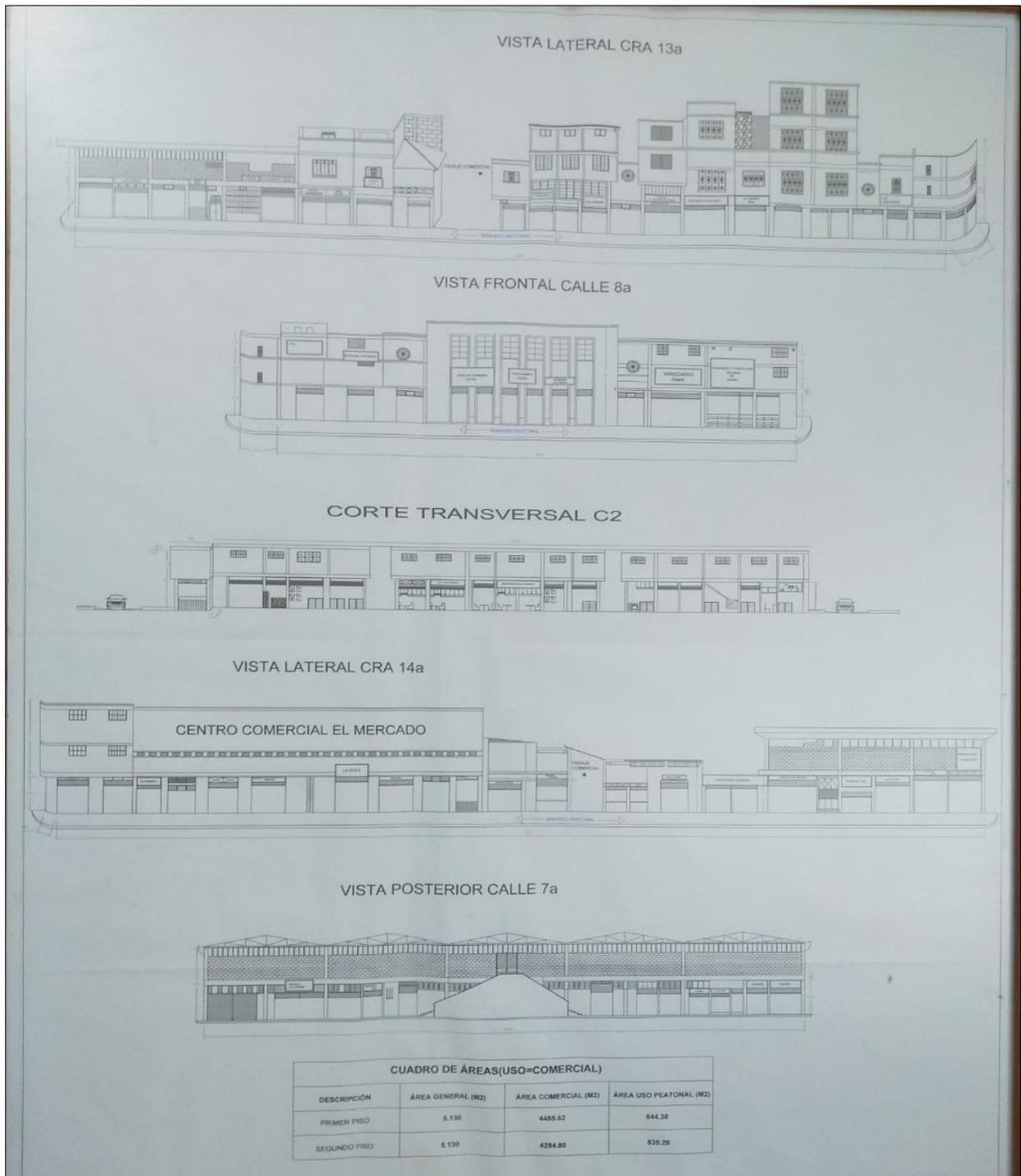


Figura 13 Vistas del mercado.

Fuente: Gerencia.

El mercado público consta de 2 plantas, la cual una es propiedad de la alcaldía y la otra parte es propiedad privada. En total el mercado tiene 414 locales distribuidos en las 2 plantas.

En el primer piso están los locales de venta de carnes, pollo, pescado, cafeterías, droguerías, venta de ropa y calzado, venta de verduras, abarrotes, etc.

En el segundo piso se encuentra la administración, los restaurantes, venta de verduras y demás.

4.1.5.2 Áreas de infraestructura

Tabla 3

Áreas del mercado

Área	Actividad desarrollada
ADMINISTRATIVA	Esta área en la encargada de organizar y administrar todo el recurso humano, económico para el debido funcionamiento del establecimiento comercial.
LOCALES COMERCIALES	Aquí encontramos todo lo que tiene que ver con la comercialización de alimentos, productos para el hogar y también en esta área encontramos droguerías, panaderas, depósitos, ventas de zapatos etc.
BODEGAS	En esta área se encarga el almacenamiento de productos y alimentos.

Fuente: Autor del proyecto

4.1.5.3 Áreas comerciales

Área de venta carnes



Figura 14 Sección de venta de carnes de res.

Fuente: autores del proyecto

Observaciones: se realiza un aprovechamiento de los residuos productos de la venta de estos alimentos, tales como, hueso, trozos de carne y cebo; en el que estos son recolectados y vendidos con el fin de hacer purinas y suplementos de calcio.

Área de venta pollo



Figura 15 Sección de venta de pollo.
Fuente: Autores del proyecto.

Observaciones: de las actividades de comercialización se reciclan los cartones de huevos, la cascara del huevo el cual se vende, los restos de la limpieza del pollo nos son manejados adecuadamente ya que se disponen a la basura sin ninguna selección adecuada; al igual que los plásticos, empaques, cajas quedan contaminadas de los restos de pollo, se disponen también en la basura.

Cafeterías



Figura 16 Sección cafeterías.

Fuente: Autores del proyecto.

Observaciones: se realizan algunas acciones de reciclaje, como podemos ver de plásticos, vidrios, cartones, los que son recolectados por usuarios.

Área de frutas y verduras



Figura 17 Sección de ventas de verduras.

Fuente: Autores del proyecto.

Observaciones: el restante de la adecuación de los alimentos la mayoría es dispuesta en la basura solo un poco porcentaje, es tomado para la elaboración de abono y alimento para animales de granja.

Área de restaurantes



Figura 18 Restaurantes del mercado.

Fuente: Autores del proyecto

Observaciones: los sobrantes de comida se recolectan por algunas personas con el fin de usar estos como alimentos para animales de granja, ya sean cerdos, gallinas y demás.

4.1.5.3 Manejo de residuos

Recolección: se realiza mediante el uso del servicio público prestado por la empresa ESPO S.A

Frecuencia: 1 vez al día

Días de recolección: todos los días de la semana

Horario: en la mañana

Presentación: mediante el uso de canecas, baldes, y bolsas cada establecimiento, dispone de sus residuos hasta el momento en que los encargados de la limpieza, disponen de estos llevándolos al centro de acopio.

4.1.5.4 Identificación de actores

Locales comerciales que generan gran cantidad de residuos orgánicos se representa en la siguiente tabla:

Tabla 4

Identificación de locales productores de residuos orgánicos

Locales	N° de locales
Frutas y verduras	39
Carne de res	52
Carne de cerdo	5
Pollo	19
Restaurantes	24
Total	139

Fuente: Autor del proyecto en colaboración con gerencia del mercado.

Para la identificación de actores se realizó las respectivas entrevistas teniendo en cuenta la muestra estipulada en el desarrollo de trabajo se realizó a 50 puntos de venta, en el cual se dispusieron de 5 preguntas, con respuestas abiertas, teniéndose en cuenta la perspectiva del propietario o tendero del local. En lo cual se pretendía con esta actividad evaluar el manejo que se dan a los residuos.

Modelo de entrevista

 Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña - Colombia Vigilada Mineducación	
REQUISITOS LEGALES	
Nombre del representante legal: Ligia Fernanda	
Razón Social: Centro Comercial el Mercado P.H	NIT: 807004746.1
Revision realizada por: Cristhian Reinel Bayona - Gabriel Lozano Gómez	Dirección: cra 13 A14 / calle 7 y 8
Entrevista	Respuesta
¿Realiza alguna clasificación de los residuos que genera?	No
¿Cuántos residuos orgánicos produce de sus labores o actividades diarias?	10 kg
¿Cómo realiza la presentación de los residuos al momento de la respectiva recolección?	canecas
¿Conoce el proceso de disposición final de los residuos sólidos?	No
¿A presentado algún conflicto socio-ambiental por sus residuos producidos?	No
Entrevistado:	Uriel Martinez
Entrevistador:	Cristhian Reinel Bayona-Estudiante de Ingeniería Ambiental

Figura 19 Entrevista.
Fuente: Autores del proyecto.

Tabla 5

Manejo de residuos sólidos de los entrevistados

Manejo de residuos sólidos		
	# locales	%
Uso adecuado	15	30
Uso inadecuado	35	70
Total	50	100

Fuente: autores del proyecto

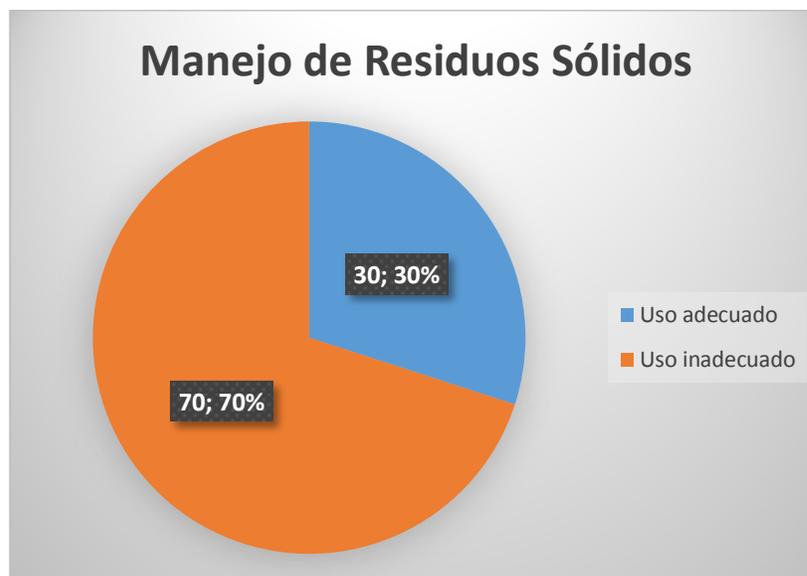


Figura 20 Gráfico de resultados de entrevista

Fuente: Autores del proyecto.

Los resultados que arrojaron estas entrevistas podemos precisar que solo un 30% tiene un uso adecuado y responsable de la producción de sus residuos que generan sus actividades comerciales; debido a que ciertos locales o personas realizan la correcta selección de los residuos separándolos en bolsas, con el fin de reciclar para dar a la venta y disponiendo de los residuos orgánicos como alimento de animales de granja y abono.

Aspectos positivos encontrados en la entrevista:

- Sensibilización ambiental en ascenso
- Curiosidad por la temática ambiental
- Participación en el manejo de los residuos sólidos
- Aprovechamiento de residuos a través de técnicas de reciclaje y producción de abono

Aspectos negativos encontrados en la entrevista:

- Desinterés total sobre las buenas practicas con el manejo de los residuos
- Falta de educación ambiental

Modelo de encuesta

	
REQUISITOS LEGALES	
Nombre del representante legal: Ligia Fernanda	
Razón Social: Centro Comercial el Mercado P.H	NIT: 807004746.1
Revisión realizada por: Cristhian Reinel Bayona - Gabriel Lozano Gómez	Dirección: cra 13 A14 / calle 7 y 8
Encuesta	Respuesta
¿Qué son los residuos orgánicos?	Desechos o restos de comida
¿De qué actividades se pueden generar los residuos orgánicos?	Cocina, barridos y podas de arboles
¿Cómo maneja los residuos orgánicos?	Se disponen en el aseo directamente
Aspectos que dificultan la clasificación de residuos sólidos	Disposición y tiempo
Sabe de alguna técnica de aprovechamiento de residuos orgánicos	Sí, abono
Aproximadamente que cantidad de residuos orgánicos produce por día.	20 kilogramos
Entrevistado:	Rafael Salazar
Entrevistador:	Gabriel Lozano Gómez-Estudiente de Ingeniería Ambiental

Figura 21 Encuesta
Fuente: Autores del proyecto

Tabla 6

Temática ambiental evaluada en los encuestados

Temática ambiental			
Respuestas acertadas	Nivel de conocimiento	# personas	%
5 y 6	Excelente	5	10
4	Bueno	3	6
3	Aceptable	10	20
2	Regular	12	24
0 y 1	Malo	20	40
Total		50	100

Fuente: autores del proyecto

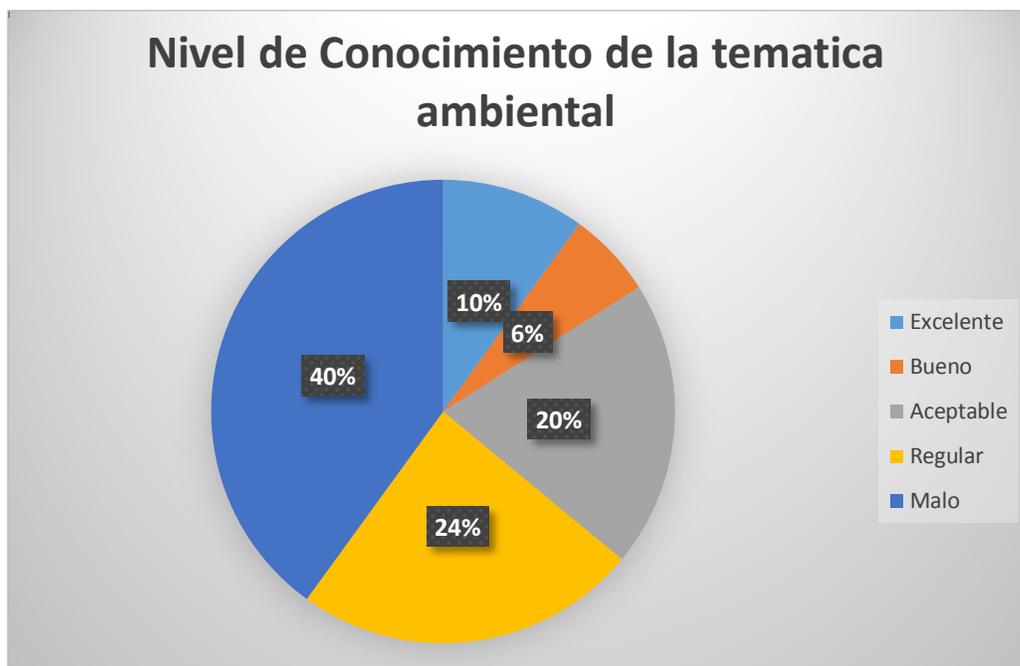


Figura 22 Gráfico de resultados de encuesta

Fuente: Autores del proyecto

La encuesta se realizó a 50 personas con el fin de evaluar los conocimientos acerca de la temática de residuos sólidos y residuos sólidos orgánicos, esta encuesta se dio a conocer a vendedores y compradores, con el fin de conocer a manera general si la población del mercado tiene en cuenta o conoce sobre los aspectos básicos de los residuos orgánicos. La encuesta se conformó de 6 preguntas sencillas, de tal manera que se respondieran de manera abierta, de tal forma que se evaluaría además el conocimiento del tema en la forma a responder.

Resultados de la encuesta:

- Poco conocimiento básico sobre los residuos orgánicos
- Desconocimiento sobre las técnicas de aprovechamiento de residuos orgánicos
- No hay un interés sobre la temática ambiental.

4.2 Caracterización de residuos orgánicos

El tipo de sustrato que se emplea para alimentar los digestores tiene una gran importancia en el proceso de digestión anaerobia. Con el objeto de conocer las diferentes propiedades se realiza una caracterización física del residuo.

El biodigestor desarrollado en este trabajo se alimentará con residuo sólido orgánico proveniente del mercado público de Ocaña.

4.2.1 Prueba de densidad. Medición de la densidad para obtener una medida estándar:

- Se prepara el recipiente de 220 litros es la caneca que se utiliza para el almacenamiento y una balanza de pie.



Figura 23 Balanza de pie.

Fuente: Autores del proyecto

- Se tara el peso del recipiente o se pesa el recipiente vacío.

Peso del recipiente vacío= 8.75 kg



Figura 24 Pesaje de la caneca.

Fuente: Autores del proyecto

- Se pone los residuos en el recipiente sin hacer presión y se remece de manera que queden llenos los espacios vacíos.



Figura 25 Prueba de densidad.

Fuente: Autores del proyecto.

- Se pesa el recipiente lleno y se obtiene el peso con la diferencia del peso recipiente lleno menos el recipiente vacío.

Peso del residuo = peso del recipiente lleno – peso del recipiente vacío

Peso del residuo = 57.6 kg – 8.75kg

Peso del residuo = 48.85kg



Figura 26 Evidencia de peso.

Fuente: Autores del proyecto.

- Se obtiene la densidad de los residuos al dividir el peso en kilogramos entre el volumen del recipiente en metros cúbicos.

Volumen del recipiente = 220 Lts

Conversión $220 \text{ Lts} * \left(\frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ lts}} \right) = 0.22 \text{ m}^3$

Peso de los residuos = 48.85 kg

Densidad = masa/volumen

$$\text{Densidad} = 48.85 \text{ kg} / 0.22 \text{ m}^3$$

$$\text{Densidad} = 221.8181 \text{ kg} / \text{m}^3$$

$$\text{Densidad} \cong 222 \text{ kg} / \text{m}^3$$

Prueba de densidad 2

- Se prepara el recipiente de 220 lts es la caneca que se utiliza para el almacenamiento y una balanza de pie.
- Se tara el peso del recipiente o se pesa el recipiente vacío.
- Se ponen los residuos en el recipiente sin hacer presión y se remece de manera que queden llenos los espacios vacíos.
- Se pesa el recipiente lleno y se obtiene el peso con la diferencia del peso recipiente lleno menos el recipiente vacío.

Peso neto = peso de los residuos en el recipiente lleno – el peso del recipiente vacío

$$\text{Peso neto} = 56.7 \text{ kg} - 8.75 \text{ kg}$$

$$\text{PESO} = 47.95$$

- Se obtiene la densidad de los residuos al dividir el peso en kilogramos entre el volumen del recipiente en metros cúbicos.

Volumen del recipiente = 220 Lts

$$\text{Conversión } 220 \text{ Lts} * \left(\frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ lts}} \right) = 0.22 \text{ m}^3$$

Densidad = masa/volumen

$$\text{Densidad} = 47.95 \text{ kg} / 0.22 \text{ m}^3$$

$$\text{Densidad} = 217.95 \text{ kg} / \text{m}^3$$

$$\text{Densidad} \cong 218 \text{ kg} / \text{m}^3$$

Nota: cómo podemos apreciar en las dos pruebas de densidades que realizamos el peso no tuvo fluctuaciones considerables, por consiguiente, trabajaremos con una densidad estándar de $222 \text{ kg} / \text{m}^3$ y un peso de 48.85 kg para la estimación de residuos que se generan en el Centro Comercial el Mercado P.H.

4.2.2 Estimación semanal de residuos sólidos. Metrología de cálculo para estimación de cantidad de residuos generados:

- Teniendo como resultando una densidad $222 \text{ kg} / \text{m}^3$ a un peso $48,85 \text{ kg}$ y un volumen de los recipientes de $0,22 \text{ m}^3$, se procede a contar los recipientes que se generan por día para obtener el resultado de los kilogramos de residuos generados.

Ejemplo: estimación de la cantidad de residuos de la primera semana del día lunes

$$\text{Cantidad de recipientes} = 22$$

$$\text{Peso neto basura} = 48,85 \text{ kg}$$

$$\text{Total de residuos generados del día lunes} = \text{cantidad de recipientes} * \text{peso neto de residuo}$$

$$\text{Total de residuos generados del día lunes} = 22 * 48,85 \text{ kg}$$

$$\text{Total de residuos generados del día lunes} = 1074,7 \text{ Kg}$$

Como nos muestra el ejemplo, de esa forma se repite el procedimiento con los demás días para obtener la estimación de la cantidad de residuos que se producen.

Tabla 7

Producción de residuos orgánicos en la semana 1

DIA	CANTIDAD GENERADA	PORCENTAJE
LUNES	1074,7 Kg	20,17%
MARTES	785,6 kg	14,74%
MIERCOLES	879,3 kg	16,50%
JUEVES	683,9kg	12,83%
VIERNES	732,75kg	13,75%
SÁBADO	1172,4kg	22,00%
TOTAL	5328,65 kg	100%

Fuente: Autores del proyecto.

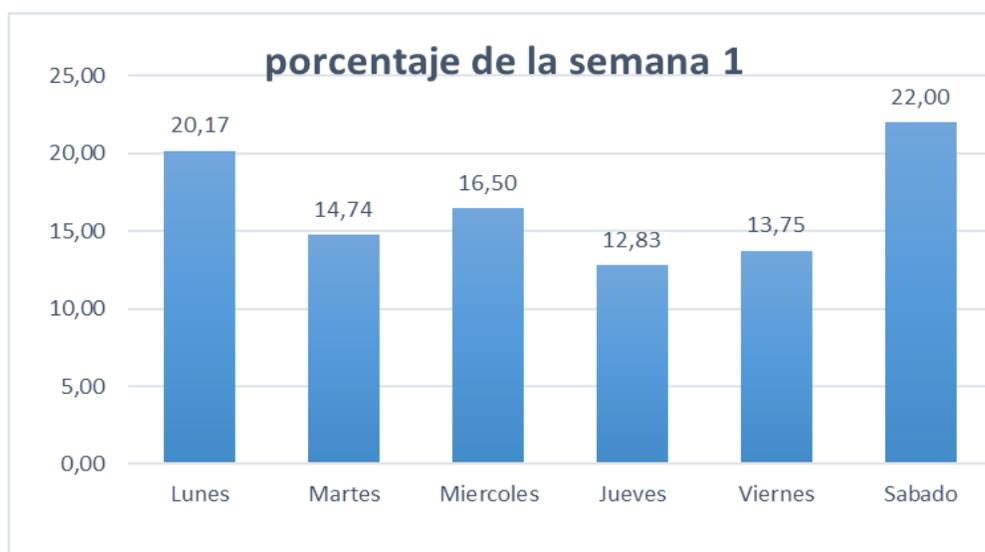


Figura 27 Generación de residuo semana 1.

Fuente: Autores del proyecto.

En la gráfica muestra claramente que los días que se generan más cantidad de residuos son los días lunes con un 20,17% y el día sábado con un 22%, el miércoles también presenta un pico, pero en menor proporción, esto se debe a que estos días es donde hay más cantidad de personas y en estos días llega una cantidad elevada de carga que surten a los locales comerciales.

Tabla 8

Producción de residuos orgánicos en la semana 2

DIA	CANTIDAD GENERADA (kg)	PORCENTAJE (%)
LUNES	977	19,05
MARTES	488,5	9,52
MIERCOLES	830,45	16,19
JUEVES	928,15	18,10
VIERNES	879,3	17,14
SÁBADO	1025,85	20
TOTAL	5129,25	100

Fuente: Autores del proyecto.

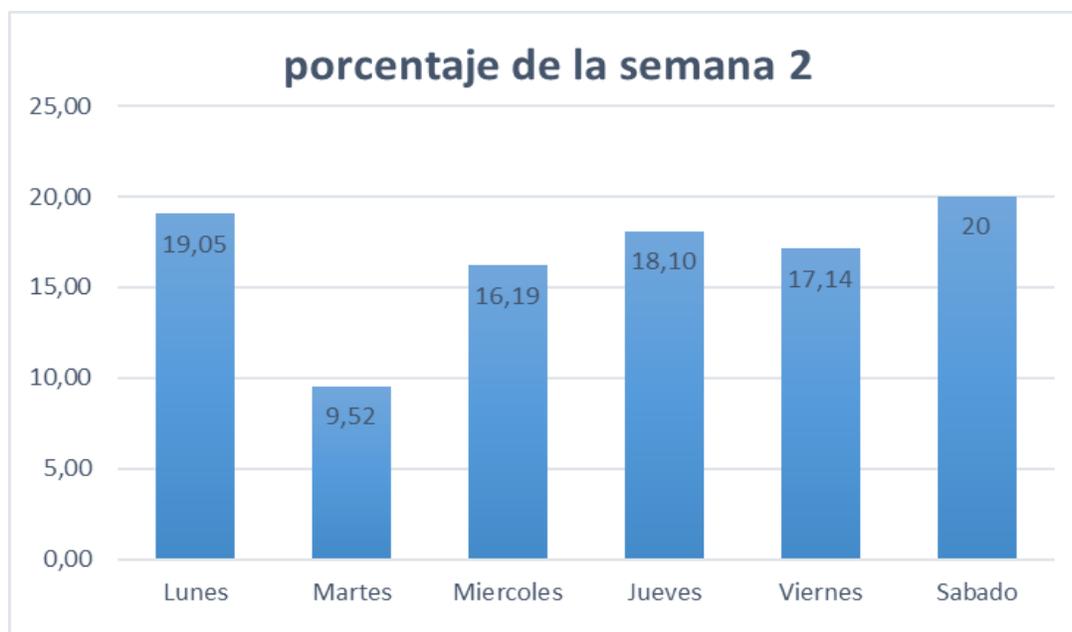


Figura 28 Generación de residuo semana 2.

Fuente: Autores del proyecto

En la gráfica podemos analizar que los días donde se siguen generando mayor cantidad de residuos son el día lunes con 19,05%, el sábado con 20%, el martes bajo la cantidad de residuos generados debido a que fue un día feriado y el centro mercado recibe poca gente funcionando medio día.

Tabla 9

Producción de residuos orgánicos en la semana 3

DIA	CANTIDAD GENERADA (kg)	PORCENTAJE (%)
LUNES	879,3	15,93
MARTES	830,45	15,04
MIERCOLES	830,45	15,04
JUEVES	977	17,70
VIERNES	879,3	15,93
SÁBADO	1123,55	20,35
TOTAL	5520,05	100

Fuente: Autores del proyecto.

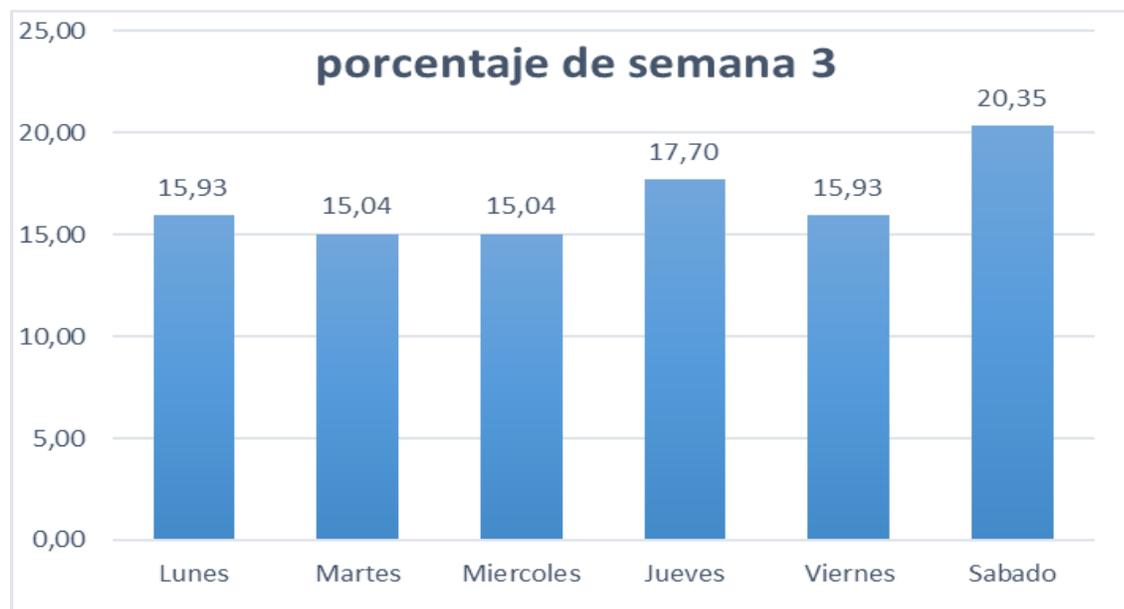


Figura 29 Generación de residuo semana 3.

Fuente: Autores del proyecto.

En la gráfica podemos apreciar que el día donde se presenta más residuos son los días jueves con 17,70%, el sábado con 20,35%, el fenómeno presente esta semana donde arroja que el día jueves presenta más cantidad de residuos generados es debido que fue un jueves 16 de agosto donde en el municipio se celebran las fiestas de la virgen de la Torcoroma, llegando grandes cantidades de visitantes en la hora de la mañana al centro comercial el mercado.

Tabla 10

Producción de residuos orgánicos en la semana 4

DIA	CANTIDAD GENERADA (kg)	PORCENTAJE (%)
LUNES	732,75	14,71
MARTES	830,45	16,67
MIERCOLES	781,6	15,69
JUEVES	879,3	17,65
VIERNES	781,6	15,69
SÁBADO	977	19,61
TOTAL	4982,7	100

Fuente: Autores del proyecto.

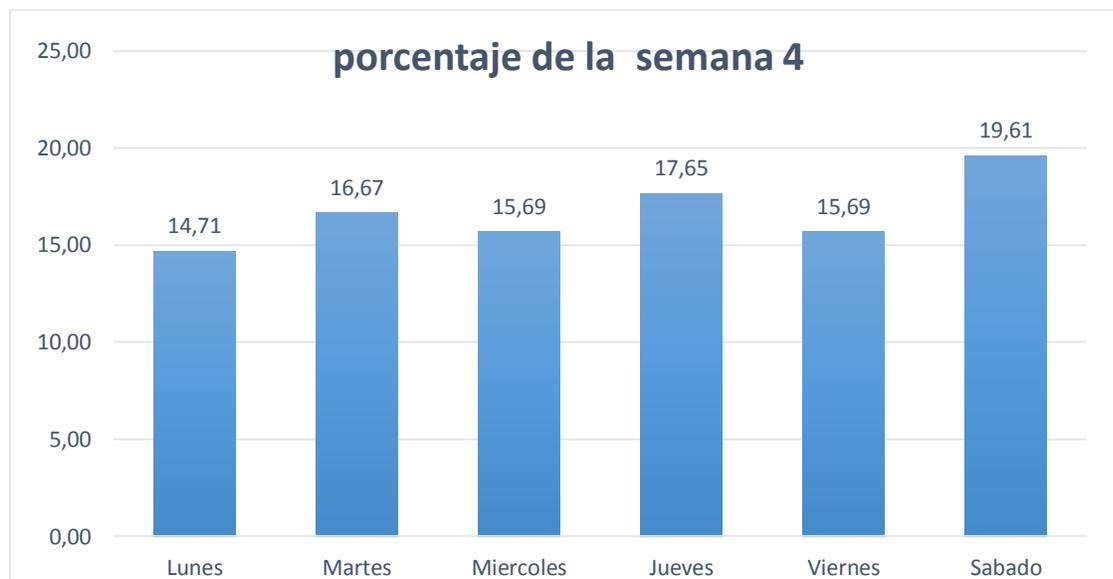


Figura 30 Generación de residuo semana 4.

Fuente: Autores del proyecto

En la gráfica observamos que la generación durante la semana fue en igual proporción durante la mayoría de los días, el día que hubo una elevación en la generación de residuos es el sábado con 19,61%; si nos referimos a la tabla podemos observar que en esta semana disminuye la cantidad de residuos generados con relación a las anteriores semanas.

Tabla 11

Producción de residuos orgánicos en la semana 5

DIA	CANTIDAD GENERADA (kg)	PORCENTAJE (%)
LUNES	1025,85	18,26
MARTES	781,6	13,91
MIERCOLES	879,3	15,65
JUEVES	830,45	14,78
VIERNES	879,3	15,65
SÁBADO	1221,25	21,74
TOTAL	5,617,75	100

Fuente: Autores del proyecto.

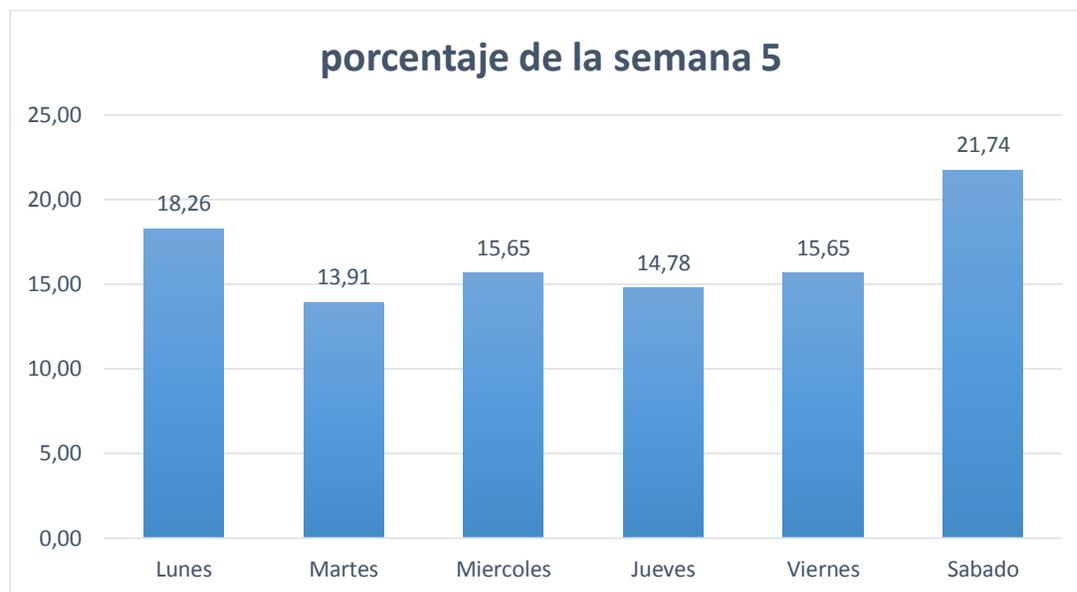


Figura 31 Generación de residuo semana 5.

Fuente: Autores del proyecto

En la gráfica analizamos que esta semana los días que más cantidad de residuos se generó fueron los días lunes con 18,26%, sábado con 21,74% los días restantes presentaron una igualada proporción en la generación de residuos, los días sábados y lunes es donde hay más flujo de personas en el centro mercado por esa razón son los días de más cantidad de residuos se generan.

Tabla 12

Relación semanal de residuos

SEMANA	CANTIDAD GENERADA (kg)	PORCENTAJE (%)
1	5328,65	20,05
2	5129,25	19,30
3	5520,05	20,77
4	4982,7	18,75
5	5617,75	21,14
TOTAL	26578,4	100

Fuente: Autores del proyecto.

En la tabla podemos observar que las semanas donde se generan más cantidad de residuos son las semanas 3 con 5520,05 kg, y la semana 5 con 5617,75 kg, esto se debe a que estas semanas son las de quincenas y también es donde los comerciantes de tiendas, supermercados surten sus negocios.

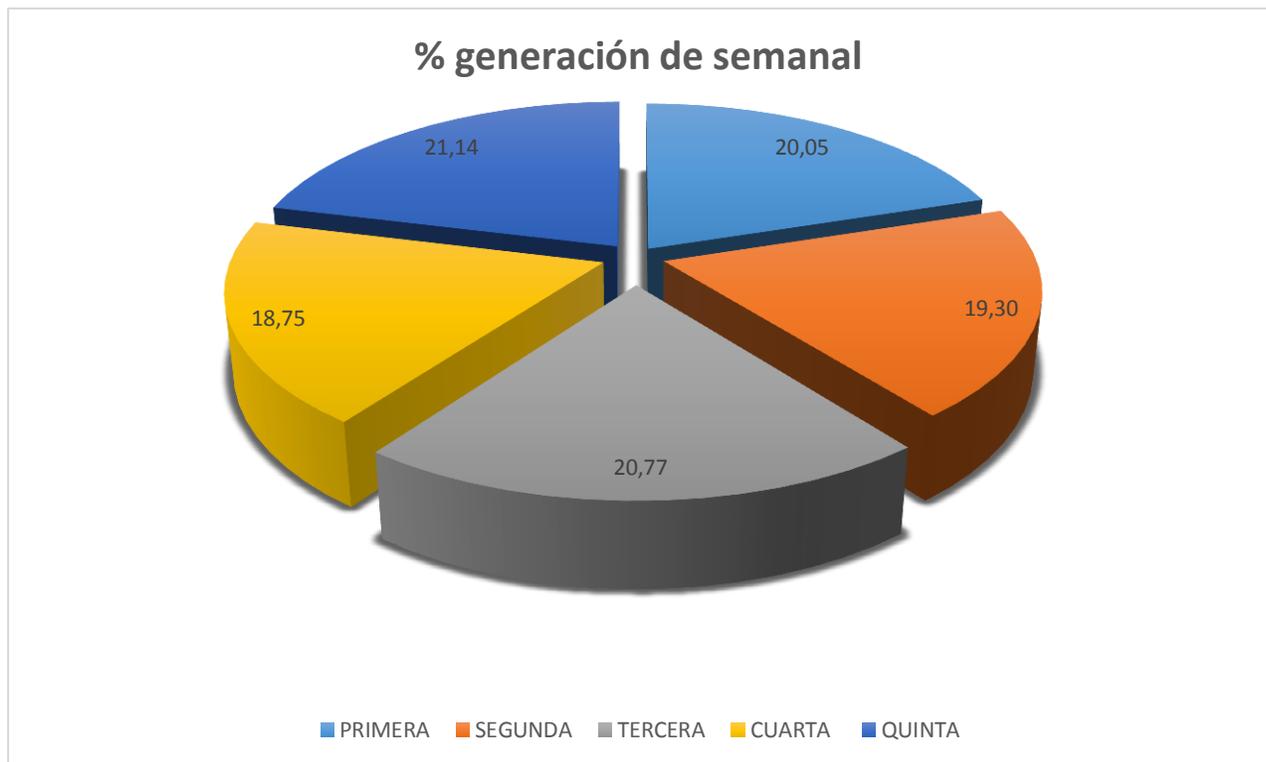


Figura 32 Producción de residuo semanal.
Fuente: Autores del proyecto.

En la gráfica podemos analizar que las generaciones de residuos se producen de manera constante durante todo el mes.

4.2.3 Caracterización semanal. Metodología implementada para la caracterización fue tomar los recipientes por día y se procedió a pesarlos, después se hizo la respectiva segregación para conocer la cantidad porcentual que se produce por cada residuo de estudio durante las cinco semanas.

Tabla 13

Caracterización semana 1

SEMANA 1								
PESO EN KG								
CLASIFICACIÓN	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	PESO TOTAL	PORCETAJE %
VIDRIO				3,3	4,2	5,2	12,7	3,96
PLASTICO	2,1	1,8	2,1	2,4	3,4	4,3	16,1	5,02
PAPEL/CARTON		3,4	0,8	1,2	1		6,4	1,99
METALES/LATAS				3,2	3,1	3,2	9,5	2,96
ORGANICOS	45,3	45,6	49,2	39,7	38,5	35,7	254	79,13
OTROS	10		1	3	5,2	3,1	22,3	6,95
TOTAL	57,4	50,8	53,1	52,8	55,4	51,5	321	100

Fuente: Autores del proyecto.

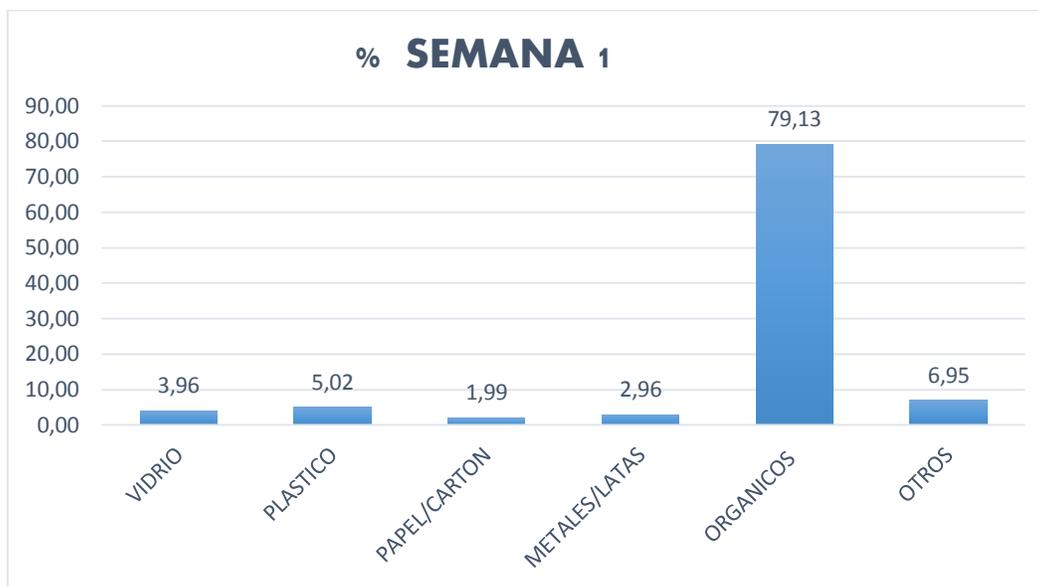


Figura 32 Caracterización semana 1.

Fuente: Autores del proyecto.

La grafica muestra claramente que el tipo de residuo que presenta más generación en la primera semana es los residuos orgánicos con 79,13%, si analizamos con respecto a los otros residuos estos no exceden el 7%, dando como resultado en mayor proporción los residuos orgánicos.

Tabla 14

Caracterización semana 2

SEMANA 2								
PESO EN KG								
CLASIFICACIÓN	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	PESO TOTAL	PORCETAJE %
VIDRIO	1,2		1,1	3,3		5,1	10,7	3,53
PLASTICO	3,2	1,2	2	1	5,3	4,5	17,2	5,67
PAPEL/CARTON	4,5	3,7	0,5	3		1,2	12,9	4,26
METALES/LATAS				8,9			8,9	2,94
ORGANICOS	41,2	33,1	43,1	30	35,2	39,1	221,7	73,14
OTROS	5,3	10,4	5	5,7	2,3	3	31,7	10,46
TOTAL	55,4	48,4	51,7	51,9	42,8	52,9	303,1	100

Fuente: Autores del proyecto.

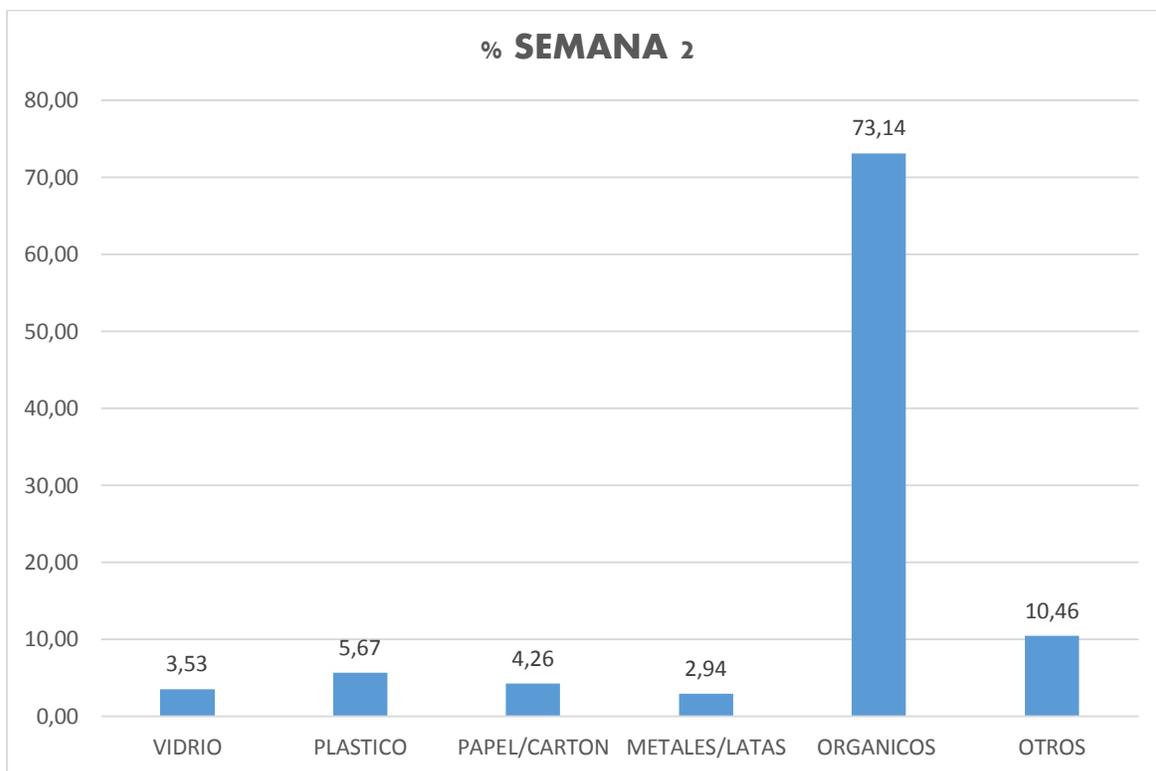


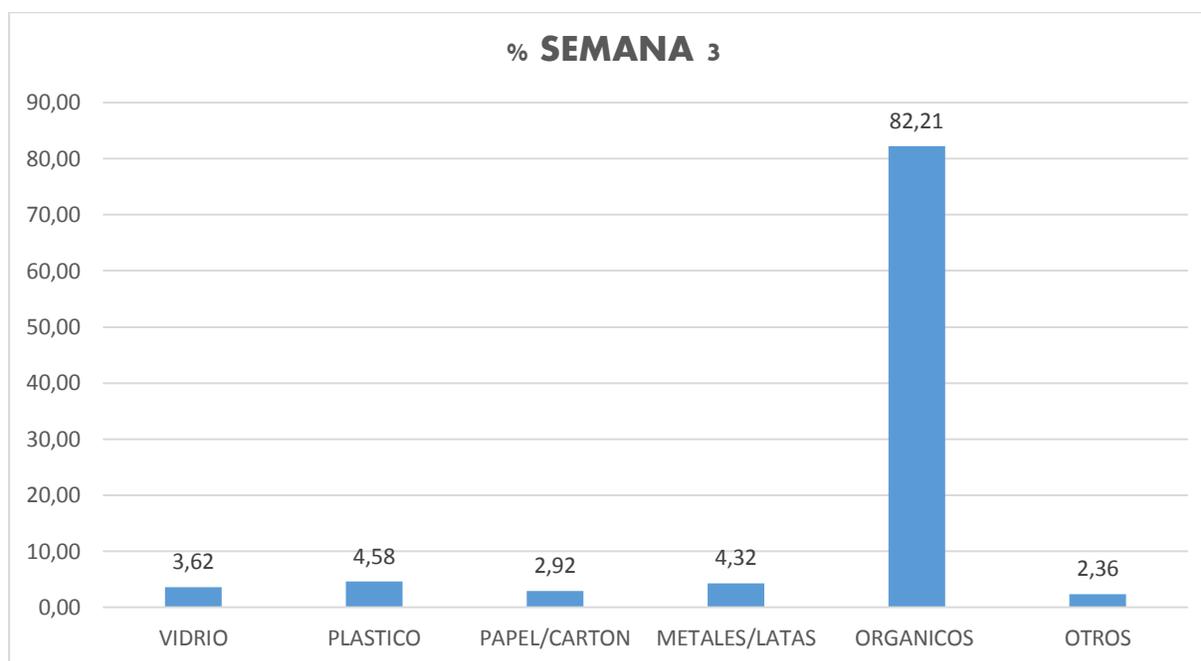
Figura 33 Caracterización semana 2.

Fuente: Autores del proyecto

En la gráfica podemos analizar que los residuos que se generan en mayor proporción son los orgánicos con 73,14%, en esta segunda semana de trabajo podemos evidenciar que los residuos de clasificación otros incrementaron con respecto a la semana anterior con 10,46%.

Tabla 15*Caracterización semana 3*

SEMANA 3								
PESO EN KG								
CLASIFICACIÓN	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	PESO TOTAL	PORCETAJE %
VIDRIO				3,3	2,3	4,2	9,8	3,62
PLASTICO	3,1		2,3	0,7	5,3	1	12,4	4,58
PAPEL/CARTON	1,2	1	3,1	0,5		2,1	7,9	2,92
METALES/LATAS	1,1			5,6		5	11,7	4,32
ORGANICOS	45,1	36,5	39,1	32,1	37,1	32,8	222,7	82,21
OTROS		2,4	1	1		2	6,4	2,36
TOTAL	50,5	39,9	45,5	43,2	44,7	47,1	270,9	100

Fuente: Autores del proyecto**Figura 34 Caracterización semana 3.****Fuente:** Autores del proyecto

En la gráfica podemos observar que el residuo que se genera en mayor proporción en el Centro Mercado PH son los orgánicos con 82,21%, realizando una comparación con los demás residuos de estudios estos no superan un 5% de generación en esta semana, por consiguiente, podemos decir que centro comercial en esta semana produce grandes cantidades de residuos orgánicos.

Tabla 16

Caracterización semana 4

SEMANA 4								
CLASIFICACIÓN	PESO EN KG						TOTAL PESO	PORCENTAJE %
	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO		
VIDRIO	2,2	3,3	1,2	2	3,4	1,6	13,7	4,69
PLASTICO	0,9	1,2		0,8	1,8	1,4	6,1	2,09
PAPEL/CARTON	3,8	4,3	3,3	2,2	4,2	3,2	21	7,19
METALES/LATAS	1,7	3,2	2,8	3,4	3	2,2	16,3	5,58
ORGANICOS	37,5	37,1	37,8	41,3	37,5	37,1	228,3	78,13
OTROS	1,6	1,3	1,2	1,8		0,9	6,8	2,33
TOTAL	47,7	50,4	46,3	51,5	49,9	46,4	292,2	100

Fuente: Autores del proyecto

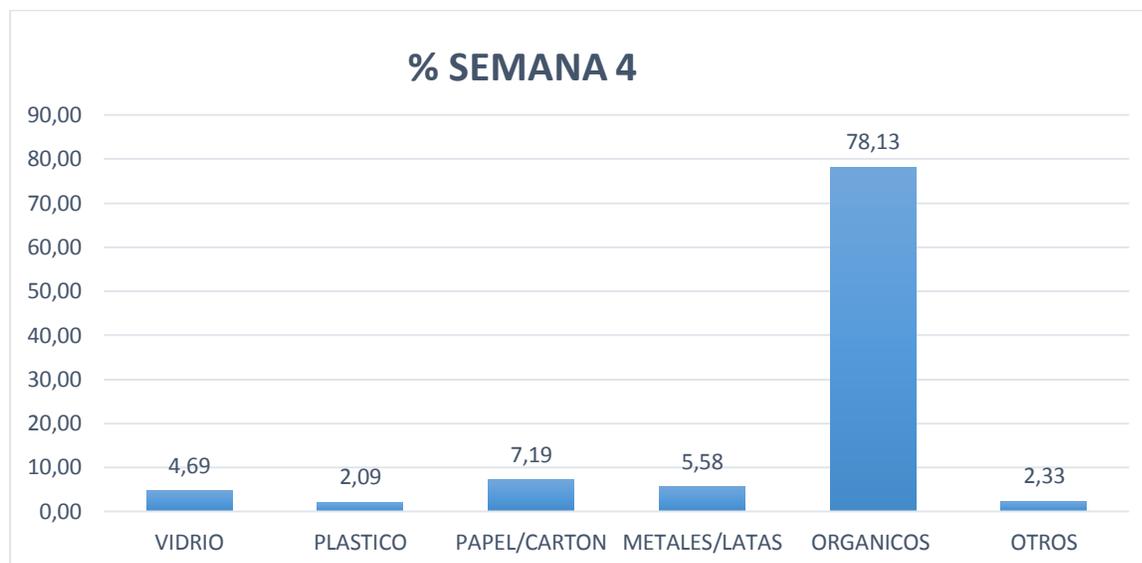


Figura 35 Caracterización semana 4.

Fuente: Autores del proyecto

En la gráfica de la semana 4 podemos considerar teniendo en cuenta los datos obtenidos que los residuos que en mayor proporción se generan son los orgánicos con 78,13%, siendo los residuos orgánicos que predominan en generación esta semana.

Tabla 17

Caracterización semana 5

SEMANA 5								
PESO EN KG								
CLASIFICACION	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	PESO TOTAL	PORCETAJE %
VIDRIO	2,3	2,9	2,7	1,8	0,7	1,2	11,6	3,89
PLASTICO		2,2	1,3	1,6	0,3	0,9	6,3	2,11
PAPEL/CARTON	2,5	1,8	2	2,7	3,6	3,8	16,4	5,50
METALES/LATAS	3,4	3	4,2	3,6	5,1	4,3	23,6	7,91
ORGANICOS	36,4	40,6	38,2	40,4	37,4	41,6	234,6	78,67
OTROS	0,7	1,3	1,2	1,1	0,6	0,8	5,7	1,911
TOTAL	45,3	51,8	49,6	51,2	47,7	52,6	298,2	100

Fuente: Autores del proyecto

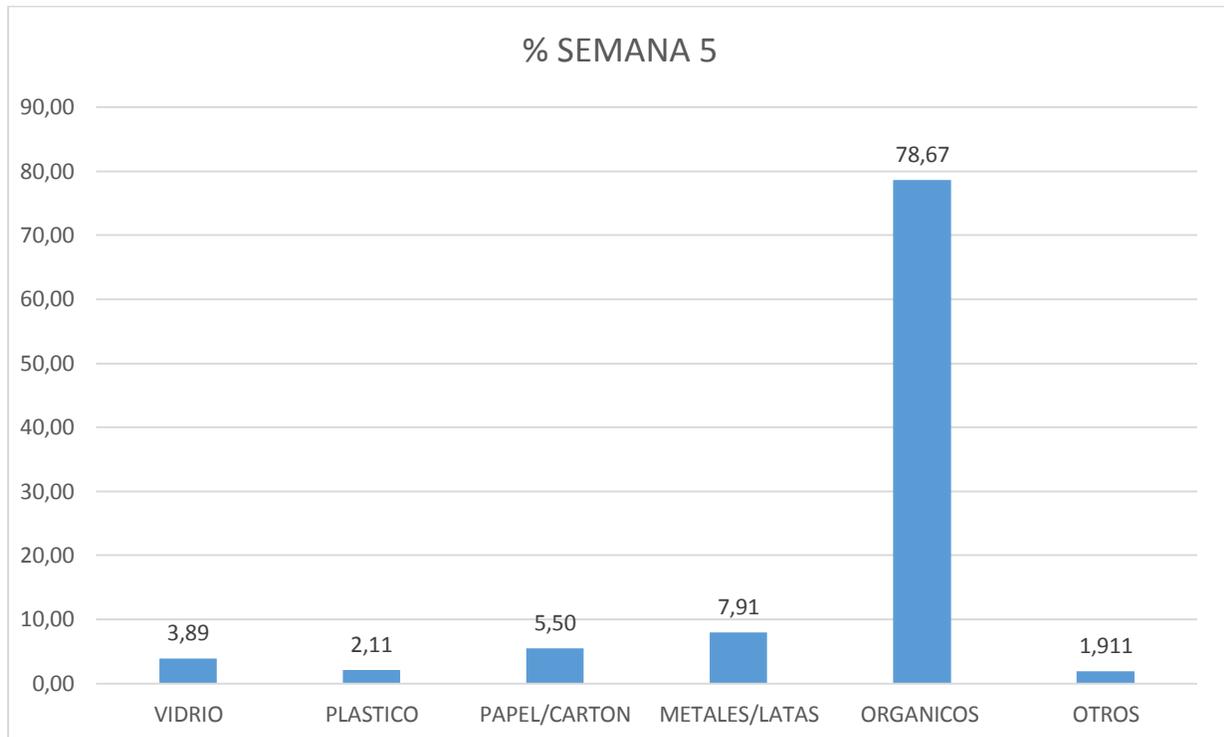
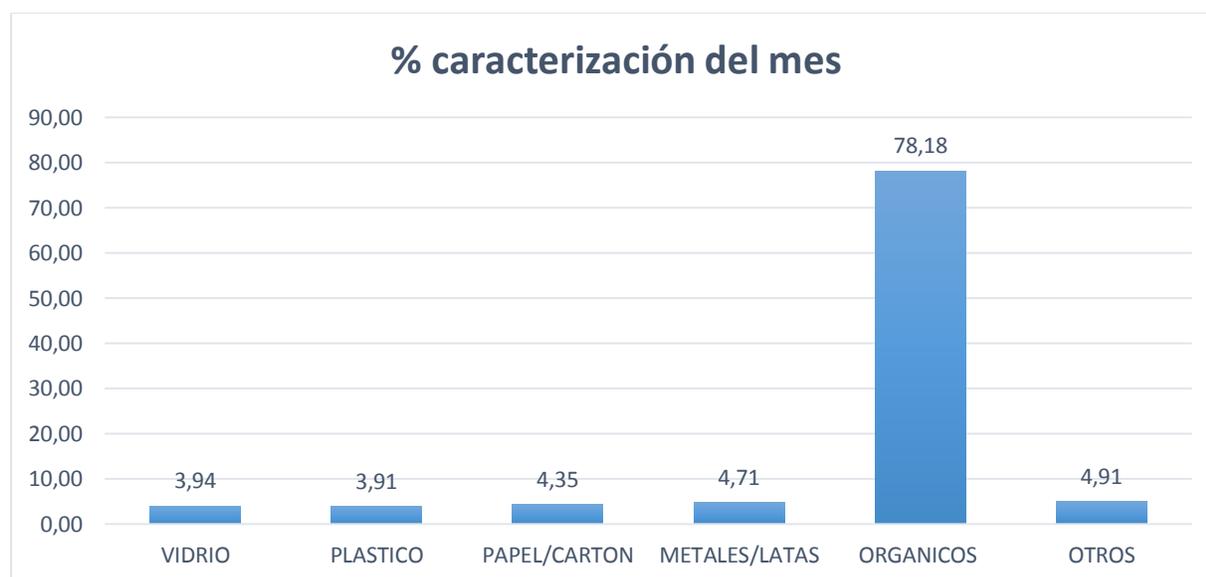


Figura 36 Caracterización semana 5.
Fuente: Autores del proyecto

Analizando los resultados presentados en la gráfica de la semana 5 podemos decir que los residuos que se generan en mayor proporción son los orgánicos con 78,67%, en esta semana se presentó un incremento los metales con 7,91%.

Tabla 18*Caracterización del mes*

Clasificación	Peso mensual					Peso Total	%
	Peso en kg						
	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5		
Vidrio	12,70	10,7	9,8	13,7	11,6	58,50	3,94
Plástico	16,10	17,2	12,4	6,1	6,3	58,10	3,91
Papel/Cartón	6,40	12,9	7,9	21	16,4	64,60	4,35
Metales/Latas	9,50	8,9	11,7	16,3	23,6	70,00	4,71
Orgánicos	254,00	221,7	222,7	228,3	234,6	1161,30	78,18
Otros	22,30	31,7	6,4	6,8	5,7	72,90	4,91
Total	321,00	303,1	270,9	292,2	298,2	1485,40	100

Fuente: Autores del proyecto**Figura 37 Caracterización del mes.****Fuente:** Autores del proyecto

Analizando los resultados en una comparación de las semanas trabajadas los residuos que se generaron en mayor proporción son los orgánicos con 78,18%, podemos afirmar según los

resultados proporcionados que los demás tipos de residuos se produjeron en igual proporción, casi o tuvieron fructificaciones considerables. Según la caracterización podemos afirmar que los residuos que se generan en mayor proporción en el mercado son los orgánicos debido a que la mayoría de ventas que se presentan en el centro comercial es la venta de frutas y verduras, restaurantes que son los que producen grandes cantidades de residuos orgánicos.

4.3 Parámetros del sistema

4.3.1 Factores de diseño

4.3.1.1 Factores de planificación. Los siguientes son los aspectos a tener en cuenta en el diseño, planificación y construcción de un Biodigestor:

Factores humanos

- Idiosincrasia
- Necesidad, la cual puede ser sanitaria, energía y de fertilizantes.
- Recursos disponibles de tipo económicos, materiales de construcción, mano de obra, utilización del producto, área disponible.
- Disponibilidad de materia prima, si se cuentan con desechos agrícolas, desechos pecuarios, desechos domésticos, desechos urbanos, desechos industriales.

Factores biológicos

- Enfermedades y plagas tanto humanas como pecuarias y agrícolas

Factores físicos

- Localización, la ubicación si es en zona urbana, rural o semi-urbana y la geografía aspectos como la latitud, longitud y altitud.
- Climáticos dentro de estos aspectos están las temperaturas máximas y mínimas, la precipitación pluvial, la humedad ambiental, la intensidad solar, los vientos su intensidad y dirección.
- Vías de acceso.
- Topografía, teniendo en cuenta el declive del suelo: si es plano, ondulado, o quebrado.
- Suelos con sus características como la textura, estructura, nivel freático y capacidad agrológica.

Factores de construcción

- Técnicas de construcción si es de tierra compactada, cal y canto o ladrillo (barro cocido, suelo-cemento, silico-calcáreo), planchas prefabricadas, ferrocemento, concreto, módulos prefabricados.

Factores utilitarios

- Función principal, si se construye de manera experimental, demostrativa o productiva.
- Usos, si el uso es de tipo sanitario, energético, fertilizante, integral.
- Organizativo si el biodigestor se va a construir a escala doméstica, para grupo familiar, comunitario o empresas.
- Capacidad, si es pequeño de 3 a 12 m³ / digestor; si es mediano de 12 a 45 m³ digestor y si es grande de 45 a 100 m³ / digestor.
- Operación de la instalación contemplando aspectos como el funcionamiento del pretratamiento, la mezcla, la carga, y controles de PH, obstrucciones de líquidos, sólidos y gases: las descargas de efluentes tanto líquidas como gaseosas y de lodos; el almacenamiento de los líquidos, sólidos y gases; la aplicación de líquidos por bombeo, por tanques regadores o arrastre por riego; los sólidos que están disueltos en el agua y los sólidos en masa y por último los gases utilizados para la cocción, iluminación e indirectamente en los motores. (Mannise, 2011)

Con el objetivo de disminuir el tamaño de los digestores se han utilizado los productos orgánicos que brindan mayor cantidad de biogás por unidad de volumen; algunos de ellos son: la excreta animal, la cachaza de la caña de azúcar, los residuales de mataderos, destilerías y fábricas de levadura, la pulpa y la cáscara del café, así como la materia seca vegetal. (Mannise, 2011)

Selección del sitio de implementación

- Debe ser de acceso fácil durante todo el año
- Verificar de no estar expuesto a fuertes y continuas corrientes de vientos
- Evitar áreas de posibles inundaciones
- Evitar sitios con nivel freáticos, alto
- Se debe evitar terrenos inestables y con fuertes pendientes
- Debe procurarse un sitio con bastante insolación
- Se aprovecharán sitios con cierto declive, para que facilite la posible carga y descarga automática.

4.3.1.2 Parámetros básicos de funcionamiento

Estos sirven para el funcionamiento operacional de los procesos anaerobios:

Tabla 19

Aspectos climáticos de Ocaña

	Alto	bajo	Promedio
Temperatura			23 °C
Punto de rocío			10,4 °C
Humedad			45,6 %
Precipitación	215,9 mm		
Velocidad del viento	237,5 km/ h		9,8 km/ h
Ráfaga de viento	237,5 km/ h		
Dirección del viento			sur
Presión	888,1 hPa		

Fuente: Autores del proyecto

Teniendo en cuenta las condiciones meteorológicas de Ocaña, se tendrá como referencia la temperatura y el tiempo de insolación de Ocaña, que se da debido a que ayudará en el calentamiento y continuo proceso del digestor.

Tiempo de retención hidráulica:

El tiempo de retención de material seco varía dependiendo de la temperatura y el % de remoción de agentes o compuestos volátiles que se dan en los residuos orgánicos, por el cual se dispuso de un tiempo de 25 días para que haya una mayor acción de los procesos anaerobios en el digester, en lo cual se dispondrá de más cantidad del biogás que se genera.

En la tabla 20 se darán a conocer las características principales de los residuos que se van a disponer en el digester ya que esto permitirá el balance que se tiene que tener en cuenta con la relación carbono-nitrógeno de los residuos, ya que a partir de estos se producirán los diferentes tipos de compuestos y gases del proceso anaerobio.

Tabla 20*Características físicas/químicas comunes de los componentes de desperdicio de sólido*

	Humedad (% por masa húmeda)	Valor de energía recibido (MJ/kg)	Valor de energía después del secado (MJ/kg)	Carbón (% por masa seca)	Hidrógeno (% por masa seca)	Oxígeno (% por masa seca)	Nitrógeno (% por masa seca)	Azufre (% por masa seca)	Ceniza (% por masa seca)
Desperdicios de alimentos	70	42	13.9	48	6.4	37.6	26	0.4	5
Desperdicios vegetales	60	6	15.1	46	6	38	3.4	0.3	63

Fuente: (Mihelcic & Zimmerman, 2018)

En la figura 39 se tiene el diagrama de flujo del desarrollo del sistema, en el cual se tendrán en cuenta las siguientes etapas a desarrollarse:

1. Zona de descarga: es el sitio de disposición de los residuos orgánicos, en donde el camión recolector realiza la descarga de estos.
2. Banda transportadora: se hará uso de este equipo con el fin de agilizar el proceso, para el movimiento más ágil de los residuos.
3. Pretratamiento: esta fase es el tratamiento primario que constara de la reducción de área de los residuos orgánicos, con el fin de acelerar la descomposición de los residuos en el digestor, siendo más efectiva esta práctica.
4. Banda transportadora: ya pasados por el pretratamiento los residuos se transportan directamente al tanque de carga.
5. Tanque de carga del digestor: donde se disponen los residuos ya triturados, para dar paso a la tubería que surte al digestor.
6. Digestor: es la estructura principal y más importante donde ocurre todo el proceso de tratamiento de los residuos, en el cual se descomponen generando como producto final el digestato y biogás.
7. Tanque de almacenamiento: en este se dispondrá el producto final del digestato.

Diagrama de flujo del sistema de digestión anaerobia

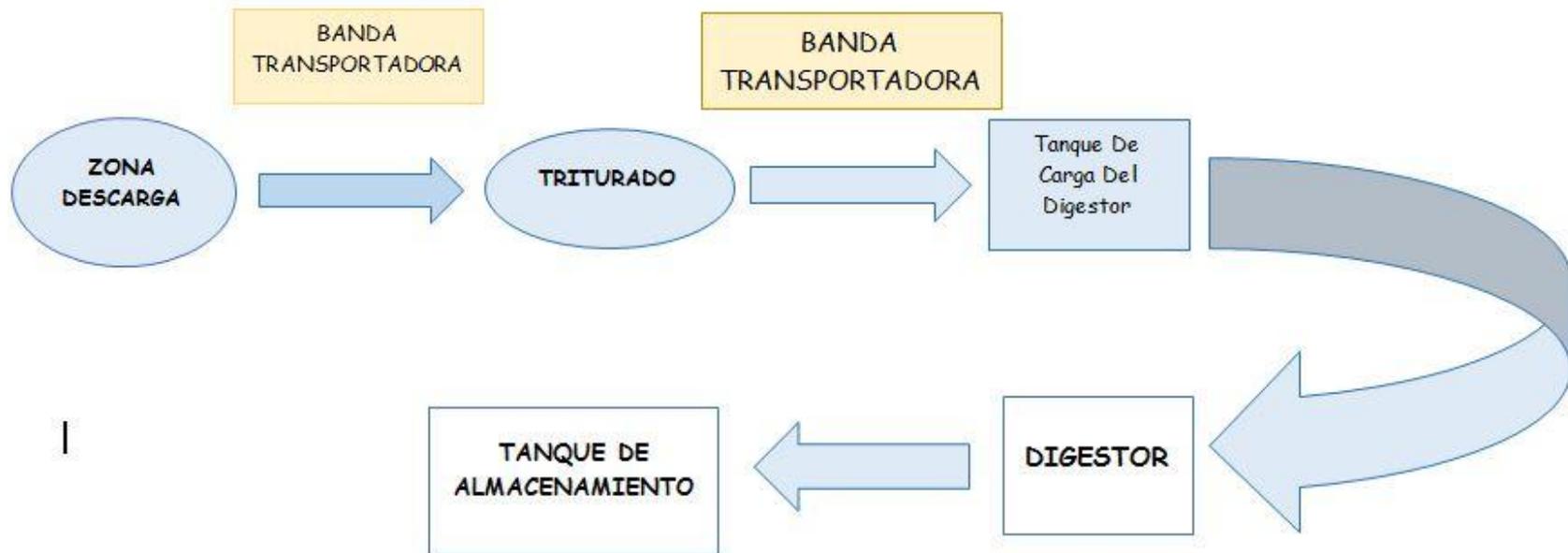


Figura 38 Sistema formulado de digestión anaerobia

Fuente: Autores del proyecto

4.3.2 Dimensionamiento. En el desarrollo del diseño del sistema se escogió el tipo de digestor en lecho fijo modelo hindú por las condiciones físicas del residuo.

Teniendo en cuenta las siguientes características:

- Flujo semicontinuo; debido a que se recargara el digestor aproximadamente cada 12 horas, de una sola etapa.
- De baja tecnología: el cual sería de materiales de menos costo, y con sistemas más sencillos.
- Proceso de vía seca
- Tipo de reactor de mezcla completa
- Pretratamiento: reducción del tamaño de los residuos, a través de una picadora.

Biodigestor con tanque de almacenamiento tradicional y cúpula de polietileno, es el digestor propuesto a desarrollarse o aplicarse en el diseño del sistema, debido a sus propiedades adecuadas ya que es de materiales no tan complejos, acarrea un costo financiero no tan elevado, de fácil mantenimiento, no presentan fugas



Figura 39 Digestor.

Fuente: (Vorarlberg, 2018)

Ventajas:

- ✓ Bajo costo de instalación
- ✓ Fácil de reparar.

Desventajas:

- ✓ Vida útil corta

Calculo de zona de descarga de los residuos orgánicos:

Largo del tanque de carga = 1.7 m

Ancho del tanque de carga = 1.7 m

Profundidad del tanque de carga = 1.7 m

En el desarrollo del diseño del sistema tendremos en cuenta la producción diaria de residuo orgánico que es aproximadamente es de 692.63 kg/día según la caracterización realizada que pertenece a un 80% de estos de los residuos totales producidos del mercado.

Calculo del kg residuo diario total (R_t)

$$R_t = 26578.4 \text{ kg/mes}$$

Calculo de la producción por día

$$\frac{26578.4 \text{ kg/mes}}{30 \text{ días}} = 885.95 \text{ kg/día}$$

Calculo de residuo orgánico diario (R_o)

Teniendo en cuenta los datos de la caracterización realizada global nos arrojó que los residuos orgánicos equivalen a un 78.18% de los residuos totales generados, por lo cual se procede al siguiente cálculo:

$$R_o = 885.95 \text{ kg/día} * 78.18\%$$

$$R_o = 692.63 \text{ kg/día}$$

Calculo de la carga diaria (C)

$$C = R_o + \frac{RO}{2}$$

$$C = 692.63 \text{ kg/día} + \frac{692.63 \text{ kg}}{2}$$

$$C = 1038.945 \text{ kg}$$

Calculo del volumen de la carga diaria

Usamos la ecuación de la densidad

$$D \text{ de la muestra de sólidos} = \frac{M \text{ carga diaria}}{V \text{ carga diaria}}$$

$$222 \text{ kg/m}^3 = \frac{1038.945 \text{ kg}}{V \text{ carga diaria}}$$

Reemplazamos V

$$V \text{ carga diaria} = \frac{1038.945 \text{ kg}}{222 \text{ kg/m}^3}$$

$$V \text{ carga diaria} = 4.67 \text{ m}^3 \Rightarrow 5 \text{ m}^3$$

Calculo del volumen del digestor (V_d)

$$V_d = V_c * \text{Tiempo de Retención Hidráulica}$$

$$V_d = 1038.945 \text{ kg} * 25 \text{ días}$$

$$V_d = 25973.625 \text{ litros}$$

$$25973.625 \text{ litros} \frac{1 \text{ metro cúbico}}{1000 \text{ litros}} = 25.97 \Rightarrow 26 \text{ m}^3$$

Calculo del volumen de la cámara de fermentación (V_{cf})

$$V_{cf} = V_d * 0.75 \text{ m}^3$$

$$V_{cf} = 26 \text{ m}^3 * 0.75 \text{ m}^3$$

$$V_{cf} = 19.5 \text{ m}^3$$

Calculo del diámetro del digestor

Conociendo el volumen calculamos la altura del digestor tipo vertical (h), considerando que se trata de un biodigestor cilíndrico vertical de diámetro (d), igual a la altura (h), ya que tiene que ser proporcional debido a que la estructura tenga una estabilidad, es decir **d = h**.

$$d = h \quad \text{ecuación 1}$$

$$\text{sabemos que } V_d = \frac{(\pi * d^2)}{4} * h \quad \text{ecuación 2}$$

Reemplazamos d en 2

$$V_d = \frac{(\pi * d^2)}{4} * d$$

$$V_d = \frac{(\pi * d^3)}{4}$$

Despejamos d

$$d = \sqrt[3]{\frac{Vd * 4}{\pi}}$$

Reemplazamos valores

$$d = \sqrt[3]{\frac{26 \text{ m}^3 * 4}{\pi}}$$

$$d = 3.21 \text{ m}$$

Por temas de diseño el diámetro a usar es de 3.5 m.

Calculo de altura del digestor

$$V_d = \frac{(\pi * d^2)}{4} * h$$

Despejamos h

$$h = \frac{(Vd*4)}{\pi*d^2}$$

Reemplazamos valores

$$h = \frac{(26m^3 * 4)}{\pi*(3.5m)^2}$$

$$h = 2.7 \text{ m}$$

Calculo de producción del volumen del biogás por día (V_g)

1kg residuo vegetal produce 0.040 m^3 de biogás

$$\text{Entonces } V_g = R_o * 0.040 \text{ m}^3$$

$$V_g = 692.63 \text{ kg/día} * 0.040 \text{ m}^3$$

$$V_g = 27.71 \text{ m}^3/\text{día}$$

Se debe añadir un 5 al 10 % del total por margen de seguridad esto es:

Factor de seguridad del 10%

$$V_g = 27.71 \text{ m}^3/\text{día} + (0.1 * 27.71 \text{ m}^3/\text{día})$$

$$V_g = 30.48 \text{ m}^3/\text{día}$$

Calculo de la capacidad de almacenamiento de biogás dentro de la campana

$$V_{\text{campana}} = \frac{30.48 \text{ m}^3/\text{día}}{2}$$

$$V_{\text{campana}} = 15.24 \text{ m}^3/\text{día}$$

El digestor es de 3.5 m de diámetro por lo que serán para la campana 3.2 m de diámetro para dejar 0.3 m de holgura entre el digestor y la campana. Necesitamos conocer la altura (h) de la campana.

Calculo de la altura de la campana

$$V_{\text{campana}} = \frac{(\pi * d^2)}{4} * h$$

Despejamos h

$$h = \frac{(V_{\text{campana}} * 4)}{\pi * d^2}$$

Reemplazamos valores

$$h = \frac{\left(15.24 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} * 4\right)}{\pi * (3.2 \text{ m})^2}$$

$$h = 1.89 \text{ m} \Rightarrow 1.9 \text{ m}$$

Calculo de perímetro del cuerpo del gasómetro

Diámetro del gasómetro = 3.2 m

$$\text{Perímetro} = D_g * \pi$$

$$\text{Perímetro} = 3.2 \text{ m} * \pi$$

$$\text{Perímetro} = 10.05 \text{ m}$$

Calculo de la cabeza del gasómetro

Por factores de diseño el radio de la cabeza campana es de 1,9 metros y un diámetro de 3.2 metros que es el mismo diámetro del cuerpo de la campana, la cabeza tiene forma de semiesfera.

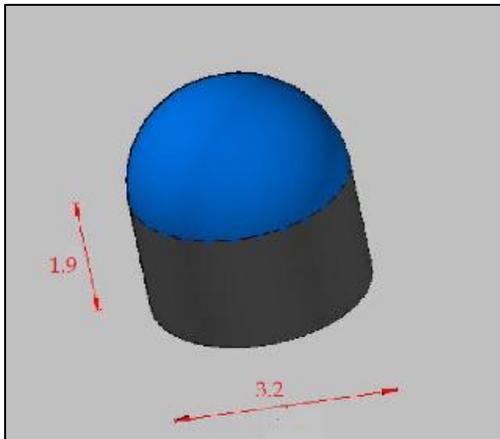


Figura 40 Gasómetro

Fuente: Autores del proyecto

Diseño del tanque y tubería de carga

El tanque de carga debe de tener una capacidad del volumen casi a la carga diaria producida, el cual sería de 5 m³. Teniendo un leve desnivel para en el cual por acción de gravedad se

desciendan el material por la tubería el cual tendría un diámetro de 40 cm ya que el sustrato es de material fibroso, por lo cual sería de 15 pulgadas el tubo de carga.

Calculo de tanque de carga de digestor

Largo del tanque de carga = 1.7 m

Ancho del tanque de carga = 1.7 m

Profundidad del tanque de carga = 2 m

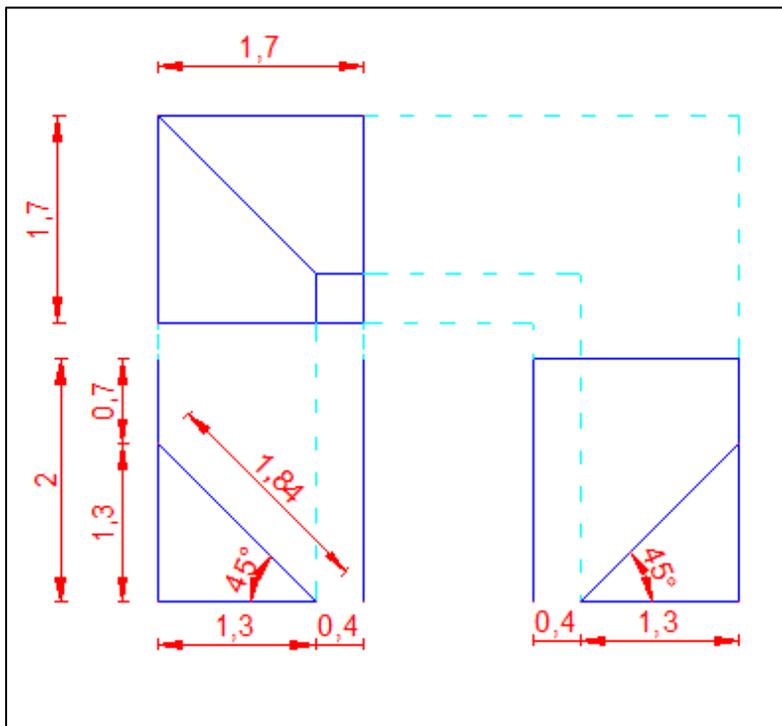


Figura 41 Tanque de carga del digestor

Fuente: Autores del proyecto.

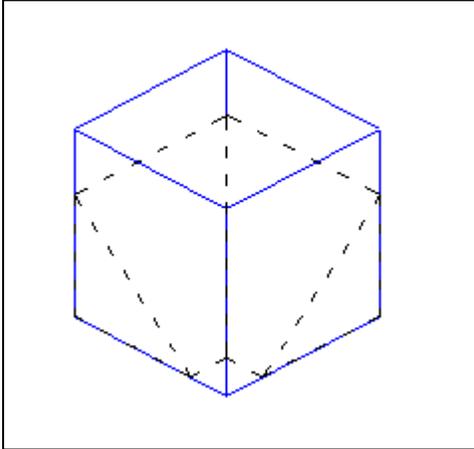


Figura 42 Tanque de carga del digestor

Fuente: Autores del proyecto

Tanque de almacenamiento del digestato

En este se dispondrá de un tanque de polietileno de capacidad de 8 m^3 , teniendo en cuenta la carga diaria es de 5 m^3 que supla el volumen dispuesto y un poco más de este para evitar saturación o colmatación.



Figura 43 Tanque de almacenamiento del digestato.

Fuente: (Lubmix, 2018)

Calculo del reservorio de gas (R_g)

Este se dará de forma esférica

$$V_{\text{biogás}} = 30.48 \text{ m}^3/\text{día} * 30 \text{ días}$$

$$R_g = 914,4 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen de la esfera} = \frac{4 * \pi * r^3}{3}$$

Despejamos r^3

$$r = \sqrt[3]{\frac{V_{\text{esfera}} * 3}{4 * \pi}}$$

Reemplazamos valores

$$r = \sqrt[3]{\frac{914,4 * 3}{4 * \pi}}$$

$$r = 6,02 \text{ m}$$

Como resultado final en la figura 42 se muestra la esquemización del sistema formulado para el tratamiento de los residuos orgánicos generados en el Centro Comercial el Mercado P.H.

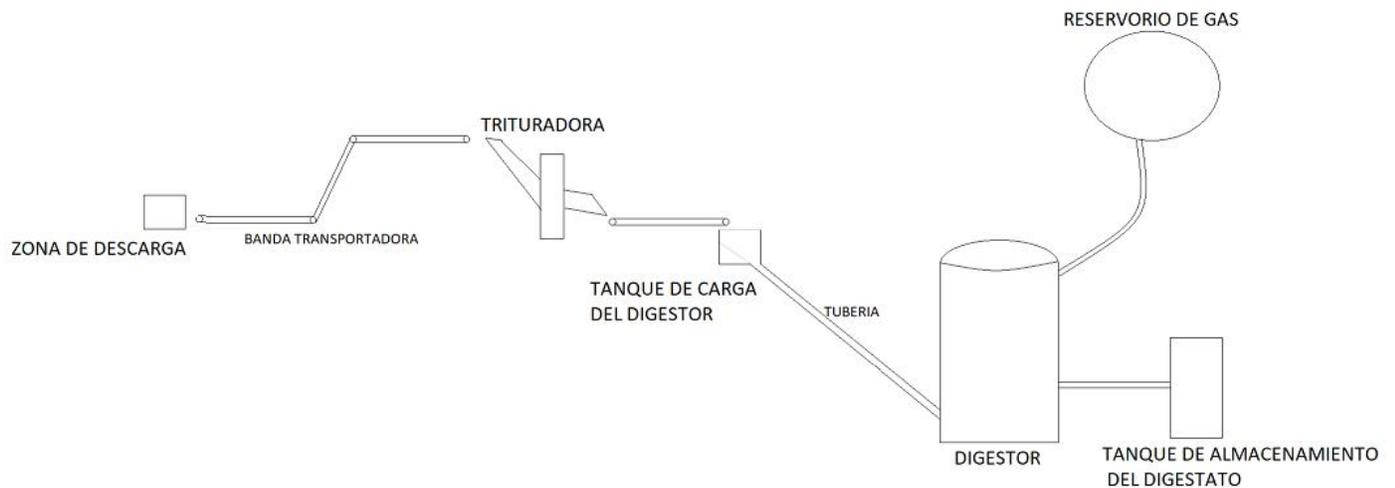


Figura 44 Esquema del sistema de tratamiento de residuos orgánicos.

Fuente: Autores del proyecto

Tabla 21*Parámetros de cálculo de digestor*

#	Parámetros o características	Cantidad	Unidad
1	Volumen de zona de descarga	5	m ³
2	Residuo orgánicos diario	692.63	Kg/ día
3	Carga diaria	1038.945	Kg
4	Volumen de carga diaria	5	m ³
5	Volumen del digestor	26	m ³
6	Diámetro del digestor	3,5	m
7	Altura del digestor	2,7	m
8	Producción de biogás por día	30,48	m ³ / día
9	Altura de la campana	1,9	m
10	Diámetro del gasómetro	3,2	m
11	Tubería de carga y descarga	15	pulgadas
12	Volumen de tanque de carga del digestor	5	m ³
13	Volumen de tanque de almacenamiento del digestato	8	m ³
14	Volumen del reservorio de gas	914,4	m ³

Fuente: Autores del proyecto

5. CONCLUSIONES

Los sistemas de digestión anaerobia se están posicionando cada día como unas de las alternativas más eficientes para el tratamiento de residuos sólidos, ayudando a darles un mejor tratamiento a los residuos orgánicos producidos en el Centro Comercial el Mercado P.H.

Se pudo evidenciar que en el centro comercial no se da un aprovechamiento de los residuos que allí se generan, convirtiéndose en una problemática ambiental debido a las grandes cantidades de residuos que se producen, tampoco se cuenta con un plan de manejo de residuos sólidos, debido a la falta de un profesional que se encargue de la situación ambiental que se presenta dentro del centro comercial. Podemos precisar que solo un 30% tiene un uso adecuado y responsable de la producción de sus residuos que generan sus actividades comerciales; debido a que ciertos locales o personas realizan la correcta selección de los residuos separándolos en bolsas, con el fin de reciclar para dar a la venta y disponiendo de los residuos orgánicos como alimento de animales de granja y abono. Por lo tanto, tenemos un 70% por parte de los establecimientos comerciales que no realizan un uso adecuado de los residuos, ya que esperan por parte del servicio de aseo, que estos realicen todas estas actividades de manejo de los residuos.

Un pequeño porcentaje en comparación de los residuos generados es reciclado y reutilizado aplicándose técnicas de composta para generar abono, alimento para animales de finca, esto se da por particulares, compradores y empleados.

El lugar donde se acomodan las canecas en las cuales se almacenan los residuos, es el centro de acopio donde se disponen los residuos hasta su pronta recolección, cuenta con su respectiva señalización, iluminación básica, rejilla de vertimientos, llave de agua para el lavado

de las canecas; sus dimensiones son muy pequeñas, no abastecen y no suplen todo el procedimiento adecuado para el almacenamiento de los residuos. En cuanto a la recolección de los residuos no se cumple el horario establecido por parte del servicio público de aseo, debido a que por conflictos en el tránsito vial se generan atrasos en el horario.

En cuanto a la generación de residuos el mercado produce grandes cantidades hasta 27 toneladas al mes aproximadamente, de los cuales en mayor proporción son residuos orgánicos con 78,18%, debido a la actividad principal del mercado es la venta, comercialización de verduras y frutas, restaurantes y demás locales comerciales que producen grandes cantidades de residuos orgánicos.

El diseño como tal se formuló de la siguiente manera, con proceso semicontinuo de una sola etapa, proceso de vía seca debido a que posee más del 70% de la concentración de los residuos es sólido, mediante un diseño de baja tecnología, el tipo de reactor es de mezcla completa, con un pretratamiento de picado o reducción del tamaño del residuo; se siguió el modelo de lecho fijo hindú un biodigestor con tanque de almacenamiento tradicional a excepción del uso cúpula de polietileno. Con el fin de reducir costos y materiales, teniendo en cuenta su facilidad de mantenimiento y seguimiento.

El volumen de la carga diaria es de 5 m^3 el cual este valor se plantea un tanque de carga a partir de este volumen, con las dimensiones de 2 m de alto por temas de diseño, 1.7 m de ancho, 1.7 m largo; a partir del volumen de la carga diaria también se dispuso del tanque de descarga, el cual se propuso un tanque de material de polietileno de 8 m^3 , para así abastecer el efluente producto de la degradación de los residuos.

Se planteó la implementación de una tubería de 15 pulgadas para que no se dieran obstrucciones de paso, en material de PVC ya que no aplica resistencia a los residuos, la cual sirve de conducción de estos al tanque digester y en la salida al tanque de descarga.

Debido a la gran producción de residuos orgánicos es factible el planteamiento de un digester anaerobio; produciendo el mercado una carga diaria de material 692, 63 kilogramos los cual se formula un digester de 26 m³ de esta forma darle un mejor aprovechamiento a los residuos orgánicos que se están generando en el Centro Comercial el Mercado P.H.

6. RECOMENDACIONES

Para el mejor funcionamiento del sistema anaerobio se debe procurar plantear y formular un plan de manejo de residuos orgánicos en el Centro Comercial el Mercado P.H

Formulación de un manejo de residuos sólidos en el Centro Comercial el Mercado P.H

Teniendo en cuenta la caracterización que se realizó con anterioridad, se necesita de un manejo más adecuado de los residuos producidos de las actividades comerciales, con el fin de haber una gestión apropiada de los residuos.

Programa de formación y educación ambiental

Se necesita generar capacitaciones en conjunto de todos los comerciantes y el personal que se desempeña en el mercado, para que haya un trabajo en conjunto y coordinado en cuanto al manejo de los residuos, del cual se necesita la participación de la gerencia del mercado primordialmente.

Los temas a tratar en los programas de educación son:

- Legislación ambiental vigente
- Que son planes de manejo integral de residuos de sólidos, exponiendo los programas y actividades respectivas
- Riesgos ambientales por el inadecuado manejo de los residuos sólidos
- Socialización de los organigramas y responsabilidades asignadas

- Técnicas apropiadas de limpieza
- Segregación de residuos, movimiento interno, almacenamiento y planes de contingencia.

Segregación en la fuente

Esta es la base fundamental del buen manejo de los residuos, en lo que se requiere una participación activa de todo el personal del mercado en lo cual se requieren de las siguientes técnicas a aplicar:

- Uso y disposición de baldes, bolsas o cajas respectivas en cada local, donde se dispone de manera selectiva los residuos hasta su próxima recolección interna
- Los residuos contaminados deberán de ser lavados
- Se dispondrá de 5 canecas situadas en cada planta, con los colores respectivos para su selección según la GTC 24, siendo este un punto ecológico con las respectivas señalizaciones.

Recolección interna de los residuos

El personal que realiza la recolección de los residuos deberán de disponer cada tipo de residuo y llevarlo hasta la caneca respectivas de disposición, para después guardarlos en el centro de acopio.

Se pretende que los comerciantes y la comunidad circundante también participe en la disposición de los residuos hasta el punto ecológico.

Almacenamiento de los residuos

Todos los residuos se disponen en el centro de acopio que posee el Centro Comercial el Mercado P.H.

En esto se propone la ampliación del centro de acopio en sus dimensiones, para un mejor procedimiento de almacenamiento de los residuos.

Apoyo institucional

La alcaldía se debe responsabilizar de los residuos sólidos que se generan en el Centro Comercial el Mercado PH, debido a que este establecimiento se está convirtiendo en un punto crítico en la generación de residuos para el municipio, aportando estrategia que mejoren la gestión integral de los residuos sólidos.

Por parte de la empresa de aseo público en su transporte, recolección y disposición final, para su mejor desarrollo de sus procesos operacionales, debe mejorar en cumplir los horarios establecidos para la recolección de los residuos del Centro Comercial el Mercado PH para no afectar en los procesos de alimentación del digestor formulado, para no alentar los procesos de degradación de los residuos orgánicos.

REFERENCIAS

- Acueducto, aguas y alcantarrillado de bogota. (2018). *tratamiento de aguas residuales*.
- AGRO WASTE. (2018). *Digestion Anaerobia* . Agrupal.
- Agrowaste. (2018). *Digestion anaerobia* .
- Aistizábal, Z., Vanegas, C., Mariscal, M., & Camargo, V. (2015). *Digestión anaerobia de residuos de poda como alternativa para disminuir emisiones de gases de efecto invernadero en rellenos sanitarios*. MANIZALES : UNIVERSIDAD NACIONAL SEDE DE MANNIZALES .
- Alcaldía Municipal de Ocaña. (2009).
- Aqualimpia Engineering e.K. (08 de 2017). *Aqualimpia Engineering*. Obtenido de <https://www.aqualimpia.de/digestion-anaerobica/>
- Aseo Urbano de Cúcuta. (10 de 08 de 2017). *El tiempo*. Recuperado el 09 de 03 de 2018, de <http://www.eltiempo.com/colombia/otras-ciudades/construyen-planta-de-tratamiento-para-generar-energias-con-las-basuras-118322>
- Biodisol. (09 de 03 de 2018). *Biodisol*. Recuperado el 09 de 03 de 2018, de <http://www.biodisol.com/que-es-el-biogas-digestion-anaerobia-caracteristicas-y-usos-del-biogas/digestion-anaerobia-proceso-de-produccion-de-biogas-biocombustibles-energias-renovables/>
- Biogás AD3Energy. (26 de 09 de 2018). *AD3Energy*. Obtenido de <http://www.ad3energy.com/biogas/digestion-anaerobia/>
- Biogas3. (2014). *Digestion anaerobia a pequeña escala. Modelos de colaboración empresarial* .
- Bolívar, F., & Ramírez, H. (2012). *PROPUESTA PARA EL DISEÑO DE UN BIODIGESTOR PARA EL APROVECHAMIENTO DE LA MATERIA ORGÁNICA GENERADA EN LOS*. Bogota .
- Burgos, B. (2013). *Diseño, construcción y puesta en marcha de un biodigestor anaerobio on residuos orgánicos generados en el mercado de Tiquipaya (Bolivia)*. Tiquipaya: Escola de Camins.
- Cámara de Comercio de Ocaña. (2018). *INFORME ECONÓMICO DE LOS MUNICIPIOS DE LA JURISDICCIÓN DE LA CÁMARA DE COMERCIO DE OCAÑA*. Ocaña.
- carreras , n. (2017). *la digestion anaerobia o biometizacion* .
- Carreras, N. (2017). *Tratamientos biológicos: la digestion anaerobia o biometanización*. Madrid: Universidad Autónoma de Madrid.
- Cendales, L. (2011). *Produccion de biogas mediante la codigestion anaerobica de la mezcla de residuos citricos y estiércol bovino para la utilización como fuente de enrgia* . Bogotá.

- Contreas, J., & D, A. (06 de 05 de 2018). *TECNICAS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN*.
Obtenido de <http://metodelainv.blogspot.es/>
- corona, z. (2007). *biodigestor* .
- Diaz, A. A. (09 de 03 de 2018). *PRIMER NOMBRE*. Recuperado el 09 de 03 de 2018, de <https://primernombre.com/2016/12/28/mercado-publico-de-ocana-en-medio-de-toneladas-de-basura-y-dinero-desechado/>
- EcuRed. (05 de 06 de 2018). *EcuRed*. Obtenido de https://www.ecured.cu/Investigaci%C3%B3n_Cient%C3%ADfica
- (2016). *ESTUDIO ECONÓMICO* . Ocaña.
- FAO. (2011). *MANUAL DE BIOGAS* .
- Hernández, C. (2015). *Estudio preliminar de factibilidad y dimensionamiento de una planta de tratamiento anaerobio de residuos organicos a nivel urbano*. Bogotá D.C: Universidad Santo Tomas.
- Lubmix. (09 de 29 de 2018). *Lubmix*. Obtenido de <https://www.lubmix.com.br/tanque-cilindrico-vertical-de-fundo-plano-lubmix-capacidade-8000-litros-em-poli-etileno.html>
- Mannise, R. (10 de 08 de 2011). *Ecocosas*. Obtenido de <https://ecocosas.com/energias-renovables/biodigestor/>
- Marti, O. (2006). *Phosphorus precipitation in anaerobic digestion process*. boca raton .
- Medel, P. (2010). *Estudio y diseño de un biodigestor para aplicacion en pequeños ganaderos y lecheros*. Santiago de Chile: Universidad de Chile.
- Mihelcic, R., & Zimmerman, B. (2018). *Ingeniería ambiental: fundamentos, sustentabilidad, diseño*. Alfaomega.
- Mimenza, O. C. (06 de 05 de 2018). *Psicología y mente*. Obtenido de <https://psicologiaymente.net/miscelanea/tipos-de-investigacion>
- Olaya, A., & Gonzáles, S. (2009). *FUNDAMENTO PARA EL DISEÑO DE BIODIGESTORES*. Palmira.
- pulido, P. (13 de 8 de 2012). Obtenido de <http://paopulido.blogspot.com.co/>
- QUIN, M., & T.A, J. (s.f.). *MANUAL DE CONVIVENCIA CENTRO COMERCIAL EL MERCADO*. Ocaña.
- Reyes, A. (2017). *Generación de biogás mediante el proceso de digestión anaerobia, a partir del aprovechamiento de sustratos orgánicos*.
- Rivas, S., Faith, V., & Gillen, W. (2009). *Biodigestores: factores químicos, físicos y biológicos relacionados consu productividad*.

- Rosa, E. V. (1998). *Politica para la Gestion Integral de Residuos*. Santafe de Bogota: Ministerio del Medio Ambiente.
- Salamanca, T. (2009). *Diseño, Construcción y Puesta en Marcha de un Biodigestor a Escala Piloto*.
- solarizate . (2018). *La biomasa*. greenpeace .
- Tamayo, J. A. (2009). *Diseño, Construcción y Puesta en Marcha de un Biodigestor a Escala Piloto para la Generación de Biogás y Fertilizante Orgánico*. Quito: UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO .
- Universidad Nacional de Colombia. (06 de 2002). *uneditoial*. Recuperado el 20 de 04 de 2018, de http://www.uneditorial.net/uflip/Digestion_Anaerobia_una_aproximacion_a_la_tecnologia/pubData/source/Digestion_anaerobia_unal.pdf
- Vorarlberg. (26 de 09 de 2018). *Vorarlberg j unser Land*. Obtenido de https://www.vorarlberg.at/vorarlberg/wirtschaft_verkehr/wirtschaft/maschinenbauundeletrotec/weitereinformationen/maschinenwesen/gase/biogas/biogasanlagen.htm
- Zapata, M., & Jaramillo, H. (2008). *Aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos en Colombia*. medellin : univerisadad de antioquia .
- Zuñiga, I. C. (2007). *Biodigestores*. Estado de Hidalgo: Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.