

	<b>UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA</b>			
	Documento	Código	Fecha	Revisión
	<b>FORMATO HOJA DE RESUMEN PARA TRABAJO DE GRADO</b>	<b>F-AC-DBL-007</b>	<b>10-04-2012</b>	<b>A</b>
	Dependencia	Aprobado		Pág.
<b>DIVISIÓN DE BIBLIOTECA</b>	<b>SUBDIRECTOR ACADEMICO</b>		<b>1 (188)</b>	

### RESUMEN – TRABAJO DE GRADO

<b>AUTORES</b>	YASNELLY VILLAMIZAR GUERRERO JESÚS LEONARDO TORRES TORRES		
<b>FACULTAD</b>	CIENCIAS AGRARIAS Y DEL AMBIENTE		
<b>PLAN DE ESTUDIOS</b>	INGENIERÍA AMBIENTAL		
<b>DIRECTOR</b>	LINA PAOLA ANGARITA CARRASCAL		
<b>TÍTULO DE LA TESIS</b>	DISEÑO DE UNA ALTERNATIVA TECNOLÓGICO AMBIENTAL PARA EL TRATAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS DEL CONJUNTO COMERCIAL CENTRO MERCADO EN LA CIUDAD DE OCAÑA, NORTE DE SANTANDER.		
<b>RESUMEN</b> (70 palabras aproximadamente)			
<p><b>LA ALTERNATIVA TECNOLÓGICO AMBIENTAL PARA EL TRATAMIENTO DE RESIDUOS, REALIZANDO EL APROVECHAMIENTO ADECUADO Y OBTENIENDO COMO RESULTADO FINAL COMPOST; EN ESTE PROYECTO SE REALIZÓ EL DIAGNÓSTICO, CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS GENERADOS EN EL CONJUNTO COMERCIAL CENTRO MERCADO; CON EL PROPÓSITO DE FORMULAR EL DISEÑO DE UN COMPOSTADOR ELÉCTRICO CONVENCIONAL OPERADO CON ENERGÍA FOTOVOLTAICA Y ASÍ MODELAR EL SISTEMA DE TRANSFORMACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS PARA VERIFICAR SU FUNCIONALIDAD.</b></p>			
<b>CARACTERÍSTICAS</b>			
PÁGINAS: 169	PLANOS:	ILUSTRACIONES:	CD-ROM: 1



**DISEÑO DE UNA ALTERNATIVA TECNOLÓGICO AMBIENTAL PARA EL  
TRATAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS DEL CONJUNTO  
COMERCIAL CENTRO MERCADO EN LA CIUDAD DE OCAÑA, NORTE DE  
SANTANDER**

**YASNELLY VILLAMIZAR GUERRERO**

**Cod: 161515**

**JESÚS LEONARDO TORRES TORRES**

**Cod: 161551**

**Trabajo de grado para optar el título de Ingeniera Ambiental**

**Directora**

**LINA PAOLA ANGARITA CARRASCAL**

**Esp. Gestión Ambiental**

**UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y DEL AMBIENTE**

**INGENIERÍA AMBIENTAL**

## **Dedicatoria**

El presente trabajo de grado se lo dedicamos primordialmente a Dios y la Virgen, quienes nos han dado no solo la fortaleza para continuar con este anhelado sueño sino la oportunidad de vivir esta experiencia e iluminar nuestra mente y haber puesto en nuestro camino a aquellas personas que han sido nuestro soporte y compañía durante todo el período de estudio. A nuestros padres, quienes, por su amor, trabajo, sacrificio y apoyo incondicional, han sido los que nos han impulsado a cumplir con nuestros sueños y a convertirnos en las personas que hoy en día somos. Y no puede faltar a todas las personas que hicieron parte en este camino, nuestras familias a las cuales siempre les dedicaremos el alcance de nuestras metas y triunfos, así también a nuestros amigos, que por su confianza, apoyo y fe han creído en nosotros y hecho que este sueño se lograra hacer realidad.

## Agradecimientos

Agradecemos primeramente a Dios y la Virgen por bendecirnos y guiarnos en el transcurso de esta gran experiencia, por apoyarnos y darnos la fuerza en los momentos de dificultad y debilidad. A nuestros padres, por ser el motor de nuestras vidas, quienes nos impulsaron a ser unos profesionales íntegros, gracias por todo el apoyo, por creer en nosotros y por sus consejos los cuales han sido importantes en este camino. A nuestras familias, por ser los pilares que han hecho que en cada paso que damos y escalón que subimos nos sentimos acompañados, gracias por sus oraciones, consejos y por tener esa confianza en nosotros y hacer lo posible por ayudarnos a salir adelante. A nuestros amigos, que estuvieron apoyándonos y dándonos consejos para que cada día fuéramos mejores personas, gracias por hacer de este camino más divertido y por las experiencias vividas, las cuales son inolvidables. A la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, gracias por ser nuestra alma mater, la que nos abrió las puertas para conocer este enriquecedor camino de la universidad y por habernos brindado todos los conocimientos necesarios para poder ser unos grandes profesionales.

## Índice

Capítulo 1. Diseño de una alternativa tecnológico ambiental para el tratamiento de residuos sólidos orgánicos del conjunto comercial centro mercado en la ciudad de Ocaña, Norte de Santander.....	1
1.1. Planteamiento del problema. ....	1
1.2. Formulación del problema. ....	3
1.3. Objetivos. ....	3
1.3.1 Objetivo general .....	3
1.3.2 Objetivos específicos .....	3
1.4. Justificación.....	4
1.5. Delimitaciones.....	4
1.5.1 Delimitación operativa .....	4
1.5.2 Delimitación conceptual .....	5
1.5.3 Delimitación geográfica. ....	5
1.5.4 Delimitación temporal .....	5
Capítulo 2. Marco Referencial.....	6
2.1 Antecedentes. ....	6
2.2 Marco histórico. ....	6
2.2.1 Reseña histórica del compostaje.....	6
2.2.2 Generación de residuos sólidos orgánicos a nivel mundial.....	9
2.2.3 Generación de residuos sólidos orgánicos a nivel nacional .....	15
2.3 Marco contextual.....	17
2.3.1 Antecedentes históricos .....	17
2.3.2 Localización.....	17
2.3.3 Límites municipales.....	18
2.3.4 Climatología .....	18
2.3.5 División político administrativo .....	19
2.3.6 Hidrografía.....	19
2.3.7 Economía y Desarrollo .....	20
2.3.8 Instituciones presentes en el municipio .....	21
2.4 Marco conceptual. ....	22
2.4.1 Residuos.....	22
2.4.2 Residuos sólidos .....	22

2.4.3 Residuos orgánicos .....	23
2.4.5 Residuos Sólidos Urbanos (RSU).....	23
2.4.6 Gestión Integral de Residuos Sólidos (GIRS).....	23
2.4.7 Aprovechamiento de los residuos.....	24
2.4.8 Biodegradable.....	24
2.4.9 Basuras.....	24
2.4.10 Compostaje.....	25
2.4.11 Lixiviados.....	25
2.4.12 Relleno sanitario.....	25
2.4.13 Abono orgánico.....	25
2.4.14 Tecnologías ambientales.....	26
2.4.15 Paneles solares.....	26
2.4.16 Celdas solares.....	26
2.4.17 Mercado.....	26
2.4.18 Compostadores.....	27
2.4.19 Compostadores comerciales.....	27
2.4.20 Factibilidad.....	27
2.5 Marco teórico.....	27
2.6 Marco legal.....	29
Capítulo 3. Diseño Metodológico.....	36
3.1 Tipo de investigación.....	36
3.2 Población.....	38
3.3 Muestra.....	38
3.5 Análisis de información.....	40
Capítulo 4. Administración del proyecto.....	41
4.1 Recursos humanos.....	41
4.2 Recursos institucionales.....	41
4.3 Recursos financieros.....	41
Capítulo 5. Resultados.....	42
5.1 Diagnóstico Ambiental.....	42
5.1.1 Contextualización del municipio de Ocaña.....	42
5.1.2 División político administrativa.....	42

5.1.3 Línea ambiental .....	44
5.1.4 Descripción del área de estudio .....	47
5.1.5 Descripción general del Conjunto Comercial Centro Mercado, listado de actividades y descripción de características del mercado.....	49
5.2 Caracterización de los residuos sólidos orgánicos .....	57
5.2.1 Prueba de densidad .....	58
5.2.2 Estimación semanal de residuos sólidos orgánicos .....	60
5.2.3 Caracterización mensual.....	69
5.3 Diseño del compostador eléctrico convencional.....	70
5.3.1 Volumen del cilindro de fermentación. ....	71
5.3.2 Volumen de bandeja de maduración .....	78
5.3.3 Volumen de reservorio de lixiviados.....	83
5.3.4 Dimensionamiento.....	85
5.3.5 Identificación de espacios.....	88
5.4 Parámetros de la alternativa tecnológico ambiental .....	89
5.4.1 Factores de diseño .....	89
5.4.2 Parámetros básicos de funcionamiento.....	94
5.4.3 Diagrama de flujo del sistema de tratamiento .....	97
5.5 Componentes del compostador eléctrico convencional .....	97
5.5.1 Componentes mecánicos .....	98
5.5.2. Componentes electrónicos.....	113
5.5.3. Componentes energético-alternativos.....	118
5.5.4. Ventajas y Desventajas de las instalaciones fotovoltaicas .....	123
5.5.5 Descripción de un sistema solar fotovoltaico .....	125
5.5.6 Componentes de un sistema solar fotovoltaico conectado a red .....	126
5.6 Modelación del compostador eléctrico convencional .....	141
Conclusiones .....	144
Recomendaciones .....	146
Referencias.....	148
Apéndices.....	152

## Lista de Tablas

Tabla 1. Composición de los residuos sólidos municipales en diversos países de América Latina (Porcentaje en peso) .....	25
Tabla 2. Marco Legal .....	39
Tabla 3. Presupuesto general del proyecto .....	50
Tabla 4. Actividades del Conjunto Comercial Centro Mercado.....	58
Tabla 5. Áreas del Conjunto Comercial Centro Mercado.....	59
Tabla 6. Número de locales identificados.....	60
Tabla 7. Identificación de locales comerciales productores de RSO.....	60
Tabla 8. Cantidad de RSO de los locales en la semana 1 .....	68
Tabla 9. Cantidad de RSO de los restaurantes en la semana 1 .....	69
Tabla 10. Cantidad de RSO de los locales en la semana 2 .....	69
Tabla 11. Cantidad de RSO de los restaurantes en la semana 2 .....	70
Tabla 12. Cantidad de RSO de los locales en la semana 3 .....	70
Tabla 13. Cantidad de RSO de los restaurantes en la semana 3 .....	71
Tabla 14. Cantidad de RSO de los locales en la semana 4 .....	71
Tabla 15. Cantidad de RSO de los restaurantes en la semana 4 .....	72
Tabla 16. Relación semanal de RSO de los locales .....	73
Tabla 17. Relación semanal de RSO de los restaurantes .....	74
Tabla 18. Caracterización mensual de los RSO de los locales .....	74
Tabla 19. Dimensiones del cilindro de fermentación .....	81
Tabla 20. Volúmenes correspondientes al cilindro de fermentación .....	89
Tabla 21. Aspectos climáticos de Ocaña .....	95
Tabla 22. Características físicas/químicas de los componentes de desperdicio sólido.....	96
Tabla 23. Especificaciones físicas y eléctricas del panel solar a utilizar.....	129
Tabla 24. Consumo diario de energía de los componentes mecánicos y eléctricos .....	132
Tabla 25. Características físicas y eléctricas del panel solar .....	134
Tabla 26. Parámetros de cálculo del compostador.....	136

## Lista de Figuras

Figura 1. Composición física de los residuos sólidos en Colombia .....	27
Figura 2. Cronograma de actividades .....	49
Figura 3. Delimitación del Conjunto Comercial Centro Mercado.....	56
Figura 4. Ubicación del Conjunto Comercial Centro Mercado .....	56
Figura 5. Estructura Orgánica del Conjunto Comercial Centro Mercado .....	57
Figura 6. Conjunto Comercial Centro Mercado 1er piso.....	58
Figura 7. Conjunto Comercial Centro Mercado 3er piso.....	59
Figura 8. Sección de ventas de frutas y verduras.....	61
Figura 9. Restaurantes.....	62
Figura 10. Recolección de los RSO en los locales.....	63
Figura 11. Presentación de los RSO .....	63
Figura 12. Recolección de los residuos por la Empresa de Aseo ESPO S.A. ....	64
Figura 13. Balanza de pie.....	65
Figura 14. Pesaje de la canastilla .....	66
Figura 15. Prueba de peso y densidad del residuo .....	67
Figura 16. Porcentaje de generación de RSO en la semana 1 .....	68
Figura 17. Porcentaje de generación de RSO en la semana 2.....	69
Figura 18. Porcentaje de generación de RSO en la semana 3.....	71
Figura 19. Porcentaje de generación de RSO en la semana 4.....	72
Figura 20. Porcentaje de generación de RSO semanal .....	73
Figura 21. Porcentaje de caracterización de los RSO generados en el mes.....	75
Figura 22. Compostador.....	88
Figura 23. Espacios identificados para la ubicación del compostador .....	91
Figura 24. Sistema formulado de digestión aerobia.....	98
Figura 25. Esquema del compostador eléctrico convencional, vista frontal.....	99
Figura 26. Esquema del compostador eléctrico convencional, vista derecha.....	99
Figura 27. Esquema del compostador eléctrico convencional, vista izquierda .....	100
Figura 28. Esquema del compostador eléctrico convencional, vista interna .....	100

Figura 29. Diseño del armazón para dobleces y soldadura.....	101
Figura 30. Armazón del compostador eléctrico convencional.....	102
Figura 31. Cilindro de fermentación del compostador eléctrico convencional .....	103
Figura 32. Bandeja de maduración del compostador comercial .....	104
Figura 33. Bandeja de lixiviados del compostador comercial .....	105
Figura 34. Volteador con cuchillas del compostador comercial.....	105
Figura 35. Barra perforada de acero inoxidable.....	106
Figura 36. Perfil estructural (ángulo) de acero inoxidable .....	106
Figura 37. Cuchillas .....	106
Figura 38. Manijas del compostador comercial.....	107
Figura 39. Motor de volteo del compostador comercial .....	107
Figura 40. Bridas del compostador comercial .....	108
Figura 41. Bocín del compostador comercial .....	108
Figura 42. Volante de transferencia del compostador comercial.....	109
Figura 43. Sistema de ventilación del compostador .....	109
Figura 44. Filtro de carbón activado .....	110
Figura 45. Tapas superiores e inferiores del compostador comercial.....	111
Figura 46. Tubo estructural rectangular del compostador comercial .....	112
Figura 47. Control electrónico del compostador comercial.....	113
Figura 48. Esquema de los cilindros de fermentación invertidos indicando la niquelina y el sensor de temperatura.....	114
Figura 49. Vista superior del compostador comercial. Nótese la posición del extractor y del ventilador .....	115
Figura 50. Modem del sistema Arduino del compostador comercial .....	116
Figura 51. Computador portátil.....	116
Figura 52. De izquierda a derecha, panel de silicio monocristalino, panel de silicio policristalino y panel de silicio amorfo.....	120
Figura 53. Esquema de una instalación fotovoltaica .....	123
Figura 54. Elementos de un panel fotovoltaico .....	124
Figura 55. Estructura soporte para paneles solares .....	125

Figura 56. Inversor solar .....	126
Figura 57. Edificio Conjunto Comercial Centro Mercado.....	127
Figura 58. Polígono Conjunto Comercial Centro Mercado .....	128
Figura 59. Valores promedios de las horas del sol al día de las estaciones cercanas al área de estudio .....	133
Figura 60. Perfil frontal externo del compostador eléctrico convencional.....	144
Figura 61. Perfil frontal interno del compostador eléctrico convencional.....	144
Figura 62. Perfil lateral derecho interno del compostador eléctrico convencional.....	145
Figura 63. Perfil lateral izquierdo interno del compostador eléctrico convencional. ....	145

## Lista de Apéndices

Apéndice A. Carta de solicitud para realizar visitas y toma de información en el Edificio Conjunto Comercial Centro Mercado.....	144
Apéndice B. Bitácora de campo para realizar la recolección de datos en los establecimientos comercializadores de frutas y verduras.....	145
Apéndice C. Etiquetas para el marcado de las bolsas a utilizar en el área de estudio .....	146
Apéndice D. Planos en 2D de diseño del Colectricomposter .....	147
Apéndice E. Presupuesto del Compostador Eléctrico Convencional .....	160

## Resumen

La producción de residuos sólidos orgánicos va en incremento cada día, causando problemas ambientales como la producción de malos olores, proliferación de vectores y acumulación de grandes cantidades de residuos en el relleno sanitario, lo cual provoca la disminución de la vida útil, mayor producción de lixiviados y aumento de eliminación de gases a la atmosfera por la descomposición de la materia orgánica. La producción de compost es una de las alternativas que brinda un aprovechamiento de manera positiva a los residuos generados por las actividades comerciales de compra y venta de productos de la canasta familiar, frutas y verduras, el producto obtenido luego de su transformación por sus características puede ser utilizado como suplemento agrícola con fines de aporte de materia orgánica a suelos pobres para mejorar su productividad. Durante el proceso se realizó la identificación, caracterización y selección de los residuos sólidos a trabajar, siendo estos los parámetros principales para el plantear el diseño de una alternativa tecnológica ambiental que permita el tratamiento de los residuos y a su vez promueva la implementación de energías limpias a través de un compostador eléctrico convencional.

## Introducción

El presente estudio brinda los parámetros fundamentales para la implementación de un sistema de tratamiento de residuos sólidos orgánicos de origen vegetal como frutas y verduras, los cuales son producidos por la actividad comercial del Conjunto Comercial Centro Mercado del Municipio de Ocaña, Norte de Santander. El tema a trabajar es el compostaje, el cual es un proceso de transformación de los residuos muy conocido e implementado en diversas metodologías para aprovechamiento y el retorno de la materia prima al ciclo productivo.

Este proceso consiste en la degradación de la materia orgánica a través de mecanismos biológicos con presencia de oxígeno, brindando las condiciones adecuadas para que los microorganismos realicen la descomposición natural de materia. En este proceso se contemplan los parámetros de temperatura, humedad, aireación y pH, como factores primordiales para que se lleve a cabo de manera exitosa el compostaje; un buen compost aporta los nutrientes y microorganismos necesarios para fortalecer un suelo pobre, volviendo éste un recurso productivo capaz de ser un sustrato óptimo para el sostenimiento de cultivos y así para la producción de alimentos indispensables de la canasta familiar.

La investigación se orienta hacia el diseño de una alternativa tecnológica para el tratamiento de los residuos sólidos, que permita transformarlos en un producto donde promueva de manera positiva al mejoramiento del medio ambiente, logrando que por medio de este, que ingresen menos cantidad de residuos al relleno sanitario; el implementar de manera eficiente el uso de energías alternativas que brinde un incentivo beneficioso de manera económica a los

comerciantes puesto que estos residuos no se les da un aprovechamiento adecuado. En el proyecto se implementó una metodología mixta, la cual nos permitió conocer a fondo y de manera detalla cada uno de los aspectos a tener en cuenta para la formulación adecuada del diseño, donde se hizo un diagnóstico del estado actual del Conjunto Comercial Centro Mercado, mediante la observación y el intercambio de dialogo con el personal presente, los cuales brindaron apoyo durante todo el proceso de estudio.

El diseño se formuló mediante un proceso continuo, este se llevara a cabo a través de fases que iniciara con el llenado de las bandejas de fermentación en la cual se realizaran las etapas de picado y secado de los residuos sólidos de origen vegetal y se hará aplicación de material (aserrín), para homogenizar la mezcla; seguidamente inicia la fase de maduración en la cual el material previamente secado y homogenizado inicia su proceso maduración donde serán eliminados los microorganismos de manera natural ya que no será adicionado nuevo material y por consiguiente no tendrán el alimento necesario para sobrevivir, y finalmente después del tiempo planteado se obtendrá el material compostado. El diseño tiene como finalidad aportar una alternativa que permita integrar los aspectos tecnológicos con los procesos biológicos de los microorganismos y obtener los mejores resultados en la fabricación del compostaje.

La información plasmada durante la investigación fue obtenida de medios bibliográficos sustraídos de internet, libros e información brindada por parte del administrador del Conjunto Comercial Centro Mercado.

Finalmente, el resultado obtenido nos permitió plantear el diseño para proporcionar una alternativa que brinde una solución a la problemática ambiental, de la producción de residuos sólidos orgánicos de origen vegetal, brindando un mecanismo tecnológico que permitirá darles un aprovechamiento de manera adecuada y generar beneficios para todos, contribuyendo a la conservación de los recursos naturales.

# **Capítulo 1. Diseño de una alternativa tecnológico ambiental para el tratamiento de residuos sólidos orgánicos del conjunto comercial centro mercado en la ciudad de Ocaña, Norte de Santander.**

## **1.1. Planteamiento del problema.**

Ocaña Norte de Santander, es un municipio que ha ido en constante crecimiento poblacional durante los últimos años y generando así un continuo incremento en la producción de residuos de origen orgánico como inorgánico, lo que provoca una gran cantidad de residuos que ingresa diariamente al relleno sanitario, el cual es el sitio de disposición final para el volumen de residuos que se genera en todo el casco urbano y la zona rural de Ocaña, siendo en su gran mayoría residuos orgánicos, en los que mediante procesos de transformación se podría dar una reutilización y aprovechamiento en otras actividades que contribuyan al desarrollo socioeconómico de la población.

La inadecuada utilización de las instalaciones del mercado público, ha dejado de ser el centro de interacción entre los diferentes comerciantes y la comunidad, ya que este se ha venido expandiendo hacia barrios cercanos, todo esto ha conllevado a que se generen y se intensifiquen los problemas sanitarios por causa del incremento en la producción de residuos en esta zona. Según datos suministrados por la Empresa de Servicios Públicos de Ocaña, ESPO S.A., el Mercado Público produce aproximadamente 7 toneladas diarias de desechos sólidos en la plaza comercial, viene acompañada de una mala gestión de los residuos provocando dos grandes problemas, dentro de estos se destacan principalmente los inconvenientes sanitarios por su

afectación a la salud pública dada por los productos en mal estado, esto va relacionado con las graves dificultades de higiene y la proliferación de vectores; otro problema a resaltar es la reducción de la vida útil del relleno sanitario regional “La Madera”, por la cantidad de residuos que se vienen generando diariamente en el mercado público. (Arenas y Díaz, 2016)

En los últimos años, la crisis energética, el agotamiento de los recursos naturales, el crecimiento y movilidad del movimiento ambientalista y las organizaciones de recolectores informales, han generado además un aumento en la búsqueda de soluciones alternativas para el tratamiento de los RSU. Así, la reducción, el reciclaje y la recuperación de los componentes de los residuos, hoy son parte sustancial de cualquier propuesta que se elabore sobre el tema. (Unicef, s.f.)

El diseño de una alternativa ambiental para el manejo de los residuos sólidos orgánicos del conjunto comercial centro mercado en el municipio de Ocaña Norte de Santander, ha sido la principal prioridad para el posterior tratamiento de esta problemática, debido que actualmente no se cuenta con ningún sistema tecnológico de transformación y aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos RSO lo cual hace que los residuos procedentes del mercado público ingresen de manera directa a las instalaciones del relleno sanitario “La Madera”, que actualmente es el sitio de disposición final de residuos con el que cuenta el municipio, incrementando los costos en el tratamiento, manejo y su posterior disposición final; sin dejar de lado los impactos ambientales que estos generan después de ser sepultados debido a su proceso natural de descomposición.

## **1.2. Formulación del problema.**

¿Cuál sería la factibilidad ambiental para el tratamiento de los residuos sólidos orgánicos del conjunto comercial centro mercado en la ciudad de Ocaña, Norte de Santander basado en el diseño de una alternativa tecnológico ambiental?

## **1.3. Objetivos.**

**1.3.1 Objetivo general.** Diseñar una alternativa tecnológico ambiental factible para el tratamiento de residuos sólidos orgánicos del conjunto comercial centro mercado en la ciudad de Ocaña, norte de Santander.

**1.3.2 Objetivos específicos.** Diagnosticar el manejo de los residuos sólidos orgánicos producidos por la actividad comercial del conjunto comercial centro mercado.

Diseñar un compostador eléctrico convencional operado con energía fotovoltaica con base en el volumen de residuos generados en los distintos locales seleccionados.

Modelar el sistema de transformación de los residuos sólidos orgánicos para verificar que la funcionalidad del compostador sea eficaz y eficiente.

#### **1.4. Justificación.**

La importancia del manejo adecuado de los residuos sólidos orgánicos radica en la preservación del medio ambiente teniendo en cuenta que este abarca todo lo que está relacionado con elementos biológicos, físicos, sociales, entre otros, y las interrelaciones que puedan existir entre ellos, además que se deben tratar para realizar un mejor análisis, evaluación y así lograr un entendimiento del medio ambiente; cabe resaltar que todo aquello que tiene que ver con medio ambiente va ligado directamente a la preservación de los recursos naturales que es todo lo aquello que nos ofrece la naturaleza y lo que en ella existe.

El proyecto va enfocado al aprovechamiento de estos residuos y disminuir la cantidad que ingresan al relleno sanitario “La Madera” brindando un proceso de transformación y convirtiendo estos productos en una alternativa no solo amigable con el medio ambiente sino que a su vez generar un impacto socioeconómico en el territorio; adicionalmente se busca lograr que los suelos de la región sean enriquecidos con material orgánico lo cual beneficiara a los pequeños agricultores para mejorar sus producciones agrícolas ya que el producto obtenido, es decir, el compost es uno de las fuentes orgánicas ricas en nutrientes beneficiosos al suelo lo que promueve mejor desarrollo y producción al momento de utilizarlos en procesos de labranza.

#### **1.5. Delimitaciones.**

**1.5.1 Delimitación operativa.** Este proyecto de investigación está determinado por una metodología mixta. Se recolectará la información realizando una inspección visual de las fuentes generadoras y así determinar la cantidad de residuos sólidos orgánicos.

**1.5.2 Delimitación conceptual.** En la ejecución del proceso investigativo se tendrán en cuenta conceptos utilizados en la aplicación a la ingeniería ambiental como: residuos sólidos orgánicos, conservación, preservación, abono orgánico, relleno sanitario y otros conceptos como: disposición final, lixiviados, mercado público.

**1.5.3 Delimitación geográfica.** El proyecto se realizará en el municipio de Ocaña Norte de Santander, abarcando el edificio del conjunto comercial centro mercado ubicado en el sector del mercado publico lugar de interacción de los comerciantes y población en general.

**1.5.4 Delimitación temporal.** Para la culminación exitosa del proyecto se establece una duración de 4 meses, contados a partir de la aprobación del anteproyecto, para así cumplir con lo propuesto en los objetivos.

## Capítulo 2. Marco Referencial.

### 2.1 Antecedentes.

El compost es el abono formado por la mezcla fermentada de residuos orgánicos y materias minerales. Se cree que su inventor fue sir Albert Howard, primero en experimentar sobre el modo de prepararlo en Indore (India) en los años anteriores a la Primera Guerra Mundial. Sin embargo, la verdad es que el compost existe por sí mismo desde que hay plantas verdes sobre la tierra. Cualquier vegetal que caiga al suelo y se pudra de forma aeróbica, con participación del oxígeno como parte del proceso de putrefacción-, se transforma en compost. (Muy Interesante, 2016)

### 2.2 Marco histórico.

Para la realización de este proyecto se requiere conocer los antecedentes históricos del compostaje y de la generación de los residuos sólidos orgánicos nivel mundial, nacional y local, con el objetivo de ubicar la investigación en los diferentes espacios.

**2.2.1 Reseña histórica del compostaje.** El compostaje era practicado en la Antigüedad. Desde hace miles de años, los chinos han recogido y compostado todas las materias de sus jardines de sus campos y de sus casas, incluyendo materias fecales. En el Oriente Próximo, en las puertas de Jerusalén había lugares dispuestos para recoger las basuras urbanas: unos residuos se quemaban y con los otros se hacía compost. El descubrimiento, después de la Primera Guerra

Mundial, de los abonos de síntesis populariza su utilización en la agricultura. En los últimos años se ha puesto de manifiesto que tales abonos químicos empobrecen la tierra a medio plazo. En Baleares, existía asimismo la práctica de "sa bassa" como forma tradicional de producir compost, que desgraciadamente se ha perdido. (Corazon Verde.org/talleres, 2011)

De forma tradicional, durante años, los agricultores han reunido los desperdicios orgánicos para transformarlos en abono para sus tierras. Compostar dichos restos no es más que imitar el proceso de fermentación que ocurre normalmente en un suelo de un bosque, pero acelerado y dirigido. El abono resultante proporciona a las tierras a las que se aplica prácticamente los mismos efectos beneficiosos que el humus para una tierra natural. (Corazon Verde.org/talleres, 2011)

El desarrollo de la técnica de compostaje a gran escala tiene su origen en la India con las experiencias llevadas a cabo por el inglés Albert Howard desde 1905 a 1947. Su éxito consistió en combinar sus conocimientos científicos con los tradicionales de los campesinos. Su método, llamado método Indore, se basaba en fermentar una mezcla de desechos vegetales y excrementos animales, y humedecerla periódicamente. La palabra compost viene del latín componere, juntar; por lo tanto, es la reunión de un conjunto de restos orgánicos que sufre un proceso de fermentación y da un producto de color marrón oscuro, es decir, que en él el proceso de fermentación está esencialmente finalizado. El abono resultante contiene materia orgánica, así como nutrientes: nitrógeno, fósforo, potasio, magnesio, calcio y hierro, necesarios para la vida de las plantas. (Corazon Verde.org/talleres, 2011)

Fue en el año 1925 cuando en Europa comenzó a estudiarse la posibilidad de descomponer a gran escala las basuras de las ciudades con la puesta en marcha del método indú Indore. En la ciudad holandesa de Hanmer se instaló en 1932 la primera planta de compost hecho con las basuras urbanas, A principios de la década de los 60, había en Europa 37 plantas, Dicho número aumentó considerablemente durante dicha década y a primeros de los 70 se llegó a 230 plantas, destacando el Estado Francés y el Estado Español, instalándose en este último sobre todo plantas de compost en el Levante Y Andalucía. Sin embargo, a partir de mediados de los setenta la evolución se estancó y se cerraron numerosas plantas. Una de las causas de este estancamiento fue la deficiente calidad del compost producido (no se hacía separación previa en origen de la materia orgánica de los residuos sólidos urbanos) y el poco interés de los agricultores en utilizarlos. (Corazon Verde.org/talleres, 2011)

En la actualidad, según el Ministerio de Medio Ambiente, las plantas de compost existentes en España son 24, que tratan 1.770.061 Tm y el compost producido es de 365.239 Toneladas/año, con lo cual el rendimiento compost/RSU es de 21,98%. La calidad del producto es variable, pero puede afirmarse que su tendencia es a mejorar por la implantación de modernas -instalaciones de refinado y por la mejora de las condiciones de fermentación. En general, según datos de los antiguos ministerios MAPA y MOPTMA, difícilmente se puede absorber la actual producción de compost de R.S.U., sin hacer un esfuerzo serio por mejorar la calidad del producto (con la creación de modelos mínimos de calidad), y por establecer todo ello con las necesarias campañas de promoción. (Corazon Verde.org/talleres, 2011)

Esencialmente, se trata de enriquecer la tierra del jardín o del huerto y al mismo tiempo, defender el medio ambiente. El jardín se enriquece y aporta un suelo más vivo en microbios e invertebrados y más rico en minerales, si reproducimos racionalmente el ciclo de degradación de los elementos vegetales que tiene lugar en la naturaleza. (Corazon Verde.org/talleres, 2011)

Defenderemos el medio ambiente si aprovechamos el 30% de las materias orgánicas que contienen los residuos sólidos urbanos o residuos domésticos, éstos se transformarán en minerales y humus (sustancia marrón resultante de la descomposición de vegetales y animales microscópicos). La base esencial del suelo fértil consiste en la mezcla de arcillas y humus. Sus partículas en la superficie llevan cargas eléctricas que retienen los elementos nutrientes y el agua. Evitaremos también que la parte más pesada de la basura sea enterrada en vertederos o incinerada. Todo ellos, con el consiguiente despilfarro de energía y generación de gases, causas principales del cambio climático. (Corazon Verde.org/talleres, 2011)

**2.2.2 Generación de residuos sólidos orgánicos a nivel mundial.** Los residuos sólidos existen desde los albores de la humanidad, como subproducto de la actividad de los hombres. Desde luego, su composición física y química ha ido variando de acuerdo con la evolución cultural y tecnológica de la civilización (MALLUK MARENCO, 2010; Docentes La Estación, 2012; Rodríguez, 2013; Berrezueta, Bonilla y Bonilla, 2015 citado en Díaz y Valera, 2016). La forma más fácil que encontró el hombre primitivo de disponer los desechos no comibles por los animales fue arrojarlos en un sitio cercano a su vivienda; así nació el botadero a cielo abierto, práctica que se ha mantenido hasta nuestros días. Los residuos sólidos se convirtieron en un

problema a medida que el hombre se hizo gregario y se concentró en ciudades (Docentes La Estación, 2012; Rodríguez, 2013; Berrezueta, Bonilla y Bonilla, 2015 citado en Díaz y Valera, 2016). El alejar de su vista los residuos no fue tan fácil, las guerras y la acumulación de desperdicios en las ciudades propiciaron que el hombre aprendiera a vivir con su propia basura con todas las consecuencias que esto acarrea. (Docentes La Estación, 2012; Rodríguez, 2013 citado en Díaz y Valera, 2016)

Abreu, María de Fátima indica que: “La revolución industrial, la ciencia y la tecnología nos han traído, además de fabulosos cambios, el desarrollo científico tecnológico; hábitos de consumo: el novedoso sistema de cosas desechables, tarros desechables, frascos, pañales, vestidos de usar y botar, doble, triple y cuádruple empaque, platos para usar y dejar; en fin, sistemas que, aunque cómodos exigen que para el simple uso de un objeto sea necesario generar varias veces su peso en basura”. (Say, 2008; Docentes La Estación, 2012; Rodríguez, 2013 citado en Díaz y Valera, 2016)

Por lo tanto, se puede establecer que, a lo largo de la historia, el primer problema de los residuos sólidos ha sido su eliminación, pues su presencia resulta molesta. La sociedad solucionó este problema quitándolo de la vista, arrojándolo a las afueras de las ciudades, cauces de los ríos o en el mar u ocultándolo mediante enterramiento. (Docentes La Estación, 2012; Rodríguez, 2013 citado en Díaz y Valera, 2016)

El crecimiento acelerado de la población en los últimos años, así como el proceso de industrialización han aumentado la generación de residuos. Hace 30 años, la generación de residuos por persona era de unos 200 a 500 gr/hab/día, mientras que hoy se estima entre 500 y 1000 gr/hab/día. En los países desarrollados, esta cifra es dos a cuatro veces mayor. Pero también en la calidad o composición que pasó de ser densa y casi completamente orgánica a ser voluminosa, parcialmente no biodegradable y con porcentajes crecientes de materiales tóxicos. (Docentes La Estación, 2012; Rodríguez, 2013 citado en Díaz y Valera, 2016)

Al contrario de lo que sucede con otros servicios de saneamiento básico, como el del agua potable, el manejo de los residuos sólidos siempre ha permanecido en manos de los municipios. Por esto, los procesos de descentralización y municipalización no han afectado tanto. Por otro lado, la mano de obra calificada en el aseo urbano es 10% comparada con los servicios de agua y alcantarillado, lo que se traduce en serias deficiencias en el campo técnico y gerencial. (Rodríguez, 2013 citado en Díaz y Valera, 2016)

Especialmente en los últimos cinco años, el impacto más espectacular que ha tenido el servicio de residuos sólidos, ha sido el proceso de privatización o concesión de la operación de los mismos, como parte de un proceso más amplio que está ocurriendo en todas las ciudades del país. (Rodríguez, 2013 citado en Díaz y Valera, 2016)

El aseo urbano puede consumir de 15 a 20% del presupuesto municipal, la debilidad institucional y la falta de educación sanitaria y participación comunitaria han conducido a esta situación de manejo escaso e inadecuado de los residuos sólidos municipales, que aflige a todo el país. (Rodríguez, 2013 citado en Díaz y Valera, 2016)

Según el informe El medio ambiente en Europa: tercera evaluación (2003 citado en Jaramillo y Zapata, 2008, p.31), la cantidad total de residuos municipales que se recoge es cada vez mayor en un gran número de los países europeos. En Europa se generan cada año más de 3.000 millones de toneladas de residuos. Esto equivale a 3,8 toneladas por persona en Europa Occidental, 4,4 toneladas por persona en Europa Central y Oriental y 6,3 toneladas en los países de EECCA (Europa del Este, Cáucaso y Asia Central).

La generación de residuos municipales varía considerablemente entre países, desde los 685 kg per cápita (Islandia) a los 105 kg per cápita (Uzbekistán). Esto representa aproximadamente un 14 % de los residuos totales recogidos en Europa. De acuerdo a la composición de los mismos, el porcentaje en peso de la fracción orgánica en países subdesarrollados es del 40% al 55% y en países desarrollados del 58% al 80,20%. (SEOÁNEZ, 2000 citado en Jaramillo et al., 2008, p.31)

DANTE (1997 citado en Jaramillo et al., 2008, p.31) enuncia que, en la mayoría de los países de América Latina y el Caribe, la cantidad de materia orgánica presente en los residuos

sólidos urbanos supera el 50% del total generado, como se muestra en la Tabla 1. Composición de los residuos sólidos municipales en diversos países de América Latina (porcentaje en peso). De los cuales aproximadamente el 2% recibe tratamiento adecuado para su aprovechamiento; el resto es confinado en vertederos o rellenos sanitarios; otro porcentaje es dispuesto inadecuadamente en botaderos o es destinado a la alimentación de cerdos, sin un debido control y procesamiento sanitario.

**Tabla 1.** *Composición de los residuos sólidos municipales en diversos países de América Latina (porcentaje en peso).*

<b>PAÍS</b>	<b>% de MATERIA ORGÁNICA</b>
México	43
Costa Rica	58
El Salvador	42
Perú	50
Chile	49
Guatemala	63,3
Colombia	52,3
Uruguay	56
Bolivia	59,5
Ecuador	71,4
Paraguay	56,6
Argentina	53,2
Trinidad y Tobago	27

**Fuente:** Diagnóstico de la situación del manejo de los Residuos Sólidos Municipales en América Latina y El Caribe. BID, OPS/OMS, 1997.

Otros estudios, indican que la proporción de generación de residuos orgánicos alcanza valores alrededor del 76%, como es el caso de la ciudad de Ibadán (Nigeria); en una medida

similar, tenemos a Asunción (Paraguay) con el 60,8% de generación de orgánicos. (ACURIO, 1997 citado en Jaramillo et al., 2008, p.32)

En el marco del tratamiento de los residuos generados, hasta mediados del siglo pasado fue muy importante el aprovechamiento agrícola como fertilizante y el ganadero como alimento, ya que la mayor parte de los residuos eran orgánicos. En España, hasta 1945, no se empezaron a realizar controles a los vertederos, siendo habituales los vertidos incontrolados y los quemaderos. Finalmente, en los años 60 y 70, se crearon las primeras instalaciones de compostaje e incineración, iniciándose un panorama más próximo al actual. (Rueda, 2016)

Durante las últimas décadas se ha realizado un progreso importante en los sistemas de integración de la gestión de residuos. Los tratamientos térmicos, la deposición en vertederos, la reutilización mediante reciclaje o compostaje y las medidas de mitigación son elementos integrales del sistema. En particular, estas medidas están destinadas a la minimización de peligros para nuestra salud y el medio ambiente. (Rueda, 2016)

En España, la importancia de la gestión de residuos ha sido clave en la última década. Esta legislación corresponde a las comunidades autónomas, que priorizan un tipo de gestión sobre otra, creando diferencias bastante notorias entre ellas. Según los datos del Eurostat, en España el destino de los residuos es principalmente a vertedero en más de un 50% seguido del compostaje, reciclaje e incineración. En Andalucía, los residuos sólidos urbanos han sido destinados

tradicionalmente a vertederos, priorizando la alternativa del compostaje, que genera un compost de baja calidad, o el reciclado. (Rueda, 2016)

**2.2.3 Generación de residuos sólidos orgánicos a nivel nacional.** En las cuatro grandes ciudades del país, como manifiesta el Ministerio de Medio Ambiente, Vivienda y desarrollo territorial (2004). La generación de residuos sólidos, es la siguiente:

- Cuatro grandes ciudades (Medellín, Bogotá, Cali y Barranquilla): 11.275 Ton/día, lo que equivale al (41%) de residuos generados, solo Bogotá genera 6500 ton/día.
- En las 28 ciudades capitales se generan 5.142 Ton/día (18.7%).
- En los 1054 municipios se generan 11.083 ton/ día (40.3%).

En resumen, en Colombia se generan 27.500 toneladas/día de residuos sólidos (1086 municipios 32 departamentos) y de acuerdo a la composición de los mismos, el 65% son residuos sólidos orgánicos.

Otros estudios dicen que en Colombia se genera alrededor del 81% de residuos sólidos orgánicos, como se evidencia en la siguiente Gráfica:

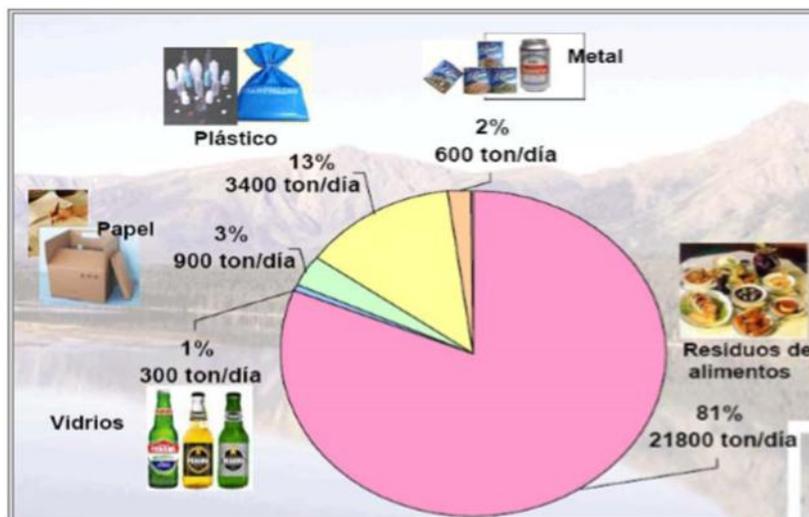


Figura 1. Composición física de los residuos sólidos en Colombia.

Fuente: MARMOLEJO, R. En: Presentación Sistemas de aprovechamiento de residuos sólidos domiciliarios en Colombia. Procuraduría delegada para asuntos agrarios. Cali 2004, p.3.

Con relación al estudio realizado por el ministerio de Ambiente, Vivienda y desarrollo territorial y el presentado por Marmolejo se observa que la generación de residuos sólidos orgánicos va en ascenso con relación a años anteriores. (Jaramillo et al., 2008, p.33)

Según la Alcaldía de Santiago de Cali (2008 citado en Chacón y Tulcán, 2012, p.24) Colombia cuenta con 32 departamentos que comprenden 1.120 municipios, que generan alrededor de 27.500 toneladas diarias de residuos sólidos, de los cuales sólo un 7% son aprovechados por los recicladores informales y un 5% se reincorpora a los ciclos productivos. Teniendo en cuenta este contexto es importante reconocer que se deben fortalecer los sistemas de recuperación desde los generadores, por ello el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial ha buscado poner en marcha alternativas de mejoramiento ambiental, basadas en la

reducción de residuos que se llevan a los rellenos sanitarios, con el propósito de disminuir los impactos negativos producidos por el mal manejo de los residuos en el país.

## **2.3 Marco contextual.**

**2.3.1 Antecedentes históricos.** La ciudad se fundó con el nombre de Ocaña, como homenaje del fundador a don Pedro Fernández de Bustos, originario de Ocaña, en España. El nombre de SANTA ANA se le dio a la Provincia. Posteriormente, y durante la gobernación de don Luis Rojas Guzmán, se cambió el nombre de Ocaña por el de MADRID, pero dicha denominación no subsistió, retornando nuevamente al nombre original de Ocaña. No existe documentación alguna que nos demuestre que Ocaña primitivamente fue fundada en lugar distinto al que se encuentra actualmente. (Academia de historia de Ocaña, 2011)

Ocaña surge como un "puerto terrestre" y ruta comercial obligada entre Pamplona, el centro del virreinato y la Costa Caribe a través del río Magdalena. Su vocación fue básicamente comercial y agrícola, introduciéndose luego la ganadería en las tierras bajas de su jurisdicción. Sus primeros vecinos fueron en su mayoría originarios de Pamplona, estableciéndose entre ésta y Ocaña una dinámica relación comercial (Academia de historia de Ocaña, 2011).

**2.3.2 Localización.** El Municipio de Ocaña se encuentra ubicado en la zona Centro Occidental del departamento, y pertenece a la sub-región noroccidental, limita por el Oriente con

los Municipios de San Calixto, La Playa y Abrego. Por el Norte con los municipios de Teorama, Convención y El Carmen. Por el Sur con el Municipio de Ábrego. Por el Occidente con los Municipios de San Martín y Río de Oro (Alcaldía de Ocaña, 2016).

En el contexto nacional Ocaña hace parte del Norte de Santander ubicado sobre la cordillera Oriental en una zona completamente montañosa, tiene una extensión aproximada de 627.72 Km<sup>2</sup> que representa el 2.76 % del área total del Departamento, la cabecera municipal se encuentra a una distancia de 203 Km. de la capital del Departamento por la vía Ocaña-Cúcuta, además se comunica con el Departamento del Cesar en la vía Río de Oro-Aguachica, empalmando con la carretera que va a la Costa Atlántica y hacia el centro del país, de igual manera se comunica con la capital del Departamento por la vía Convención – Tibú – Cúcuta (Alcaldía de Ocaña, 2016).

**2.3.3 Límites municipales.** Por el Oriente limita con los municipios de San Calixto, La Playa y Abrego, por el Norte con los municipios de Teorama, Convención y El Carmen por el sur con el municipio de Ábrego; posee una altitud 1202 metros sobre el nivel del mar con coordenadas geográficas: 8° 14' 15'' de Latitud Norte y 73° 2' 26'' al oeste de Greenwich (Bienestar familiar, 2017).

**2.3.4 Climatología.** El Municipio por encontrarse en las estribaciones de la cordillera oriental tiene un clima muy variado, que va desde los 12°C hasta temperaturas superiores a los

22°C, en el sector urbano, la temperatura baja en las primeras horas del día, aumentando hacia el mediodía hasta alcanzar una temperatura promedio de 21°C (Alcaldía de Ocaña, 2016).

**2.3.5 División político administrativo.** La zona urbana tiene una división político administrativa, está dividida en seis (6) comunas, la comuna uno central denominada José Eusebio Caro, la dos (2) nororiental denominada Cristo Rey, la tres (3) sur-oriental, denominada Olaya Herrera, comuna cuatro (4) sur-occidental, denominada Adolfo Milanés, comuna cinco (5) denominada Francisco Fernández de Contreras y la comuna seis (6) denominada Ciudadela Norte. En Fuente. PBOT año 2015 conjunto las seis comunas están compuestas por 169 barrios. (Alcaldía de Ocaña, 2016)

El sector rural tiene dieciocho (18) corregimientos que son: Otaré, Quebrada la Esperanza, Mariquita, El Puente, Las Liscas, El Espíritu Santo, El Palmar, Venadillo, Las Chircas, Llano de los Trigos, Aguas Claras, La Floresta, Portachuelo, La Ermita, El Agua de La Virgen, Buenavista, Pueblo Nuevo y el Cerro de las Flores. El total de veredas que conforman los dieciocho corregimientos son 118, además en el sector rural existen seis (6) centros poblados, que son: Buenavista, Otaré, Pueblo Nuevo, La Ermita, Aguas Claras y La Floresta. (Alcaldía de Ocaña, 2016)

**2.3.6 Hidrografía.** El suelo Ocañero está rodeado por el Río Catatumbo que en nuestro territorio se denomina Río Algodonal, por el Río Tejo y por varias quebradas. El Río Tejo tiene

una longitud aproximada de 20 Km, recorre casi toda la ciudad, en la parte alta surte la planta de tratamiento de agua potable el llanito, este rio es el tercer rio del mundo cuyas aguas contienen flúor, aguas abajo donde surte el acueducto, recibe en todo su recorrido las aguas residuales de la ciudad, desemboca en el Rio Algodonal. Las quebradas en épocas de verano pierden mucho caudal, entre las más importantes se encuentran la de Venadillo con una extensión de 5 Km, la de La Vaca con 3 Km y la Quebrada Seca con 2 Km. (Alcaldía de Ocaña, 2016)

**2.3.7 Economía y Desarrollo.** Históricamente el Municipio ha sustentado su economía en el comercio de productos agrícolas producidos en el Municipio y en los otros Municipios de la provincia de Ocaña, estos productos son consumidos localmente y comercializados en la Costa Atlántica y en el sur de Bolívar, también se comercializan todo tipo de bienes de consumo y de servicios, otro renglón de la economía es el turismo, especialmente el religioso y en menor escala el ecoturismo. (Alcaldía de Ocaña. 2016).

La avicultura es un renglón importante de nuestra economía, especialmente la producción de huevos para consumo en la provincia y otras regiones del país, existen microempresas que producen alimentos como las cebollitas encurtidas muy famosas a nivel Nacional e internacional, dulces, chocolates, las arepas Ocañeras, confecciones, artesanías, y muchas otras, que generan algunos empleos formales, pero requieren apoyo para mejorar administrativamente y posesionarse en el mercado regional y Nacional. En el sector rural sus actividades económicas están sustentadas en los cultivos de tomate, cebolla, frijol, maíz, frutales, café, yuca y plátano, en

la cría de algunas especies menores, ganadería, porcicultura y piscicultura. (Alcaldía de Ocaña, 2016)

**2.3.8 Instituciones presentes en el municipio.** En Ocaña en el sector educativo tienen asiento instituciones que brindan educación primaria, básica secundaria y media vocacional, el SENA que capacita a jóvenes de la región en diferentes modalidades, en educación Técnica y Tecnológica, está la Universidad Francisco de Paula Santander, la Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD, Universidad del Caribe, en modalidad semipresencial y a distancia está La Escuela Superior de Administración Pública ESAP, la Universidad de Pamplona, y la Universidad Santo Tomas, otras instituciones presentes en Ocaña son, La Regional del Instituto Nacional de Vías, Procuraduría Provincial de Ocaña, la Defensoría Regional del Pueblo, diez juzgados de las áreas de Familia, Civil, Penal y Laboral. 5 Unidades de Fiscalía Seccional y Local. Cuerpo Técnico de Investigación Judicial, Sede Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses, Dos Notarías Públicas. Una Oficina de Registro de Instrumentos Públicos. El Comando de Distrito de Policía de 10 Municipios. (Alcaldía de Ocaña, 2016)

La Asociación de Municipios de Ocaña, Sur del Cesar y de Bolívar. Una Regional de la Corporación Autónoma de la Frontera Nororiental (CORPONOR). El Batallón de Infantería No.15 Santander. La Brigada Móvil No 23. El Hospital Emiro Quintero Cañizares, La sede de la Diócesis de Ocaña, Sur del cesar y de Bolívar. Sede del I.C.B.F, sucursales de entidades bancarias y financieras como el banco de Bogotá, Bancolombia, Davivienda, Banagrario (Dirección Regional), Bancamia, Crediservir, Cooperativas de índole regional tales como

Caficultores del Catatumbo Ltda., Comité Departamental de Cafeteros. Cámara de Comercio, todas estas instituciones convierten a Ocaña en centro regional institucional, fundamental para su desarrollo y para la etapa del posconflicto y la búsqueda de la paz. (Alcaldía de Ocaña, 2016)

## **2.4 Marco conceptual.**

De acuerdo con lo establecido en la Política Nacional para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos, debe establecerse una diferencia entre los conceptos de residuos y basuras.

**2.4.1 Residuos.** Se denomina a cualquier objeto, material, sustancia o elemento sólido que se abandona, bota o rechaza después de haber sido consumido o usado en actividades domésticas, industriales, comerciales, institucionales, de servicios e instituciones de salud, es decir, que mediante cualquier forma de aprovechamiento se reincorporan al ciclo económico, mientras que basura es lo que no se aprovecha, no reingresa al ciclo económico y va a disposición final. (Otero, 2015)

**2.4.2 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.

**2.4.3 Residuos orgánicos.** Son materiales residuales, que en algún momento tuvieron vida y que se pueden descomponer fácilmente. (Pulido, 2012)

**2.4.4 Residuos orgánicos 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 foréstaes o de jardín, residuos animales, residuos de comidas, heces de animales, residuos agropecuarios y agroindustriales entre otros. (Pulido, 2012)

**2.4.5 Residuos Sólidos Urbanos (RSU).** 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 generados por la limpieza de calles y adecuación de parques. (Pulido, 2012)

**2.4.6 Gestión Integral de Residuos Sólidos (GIRS).** Es 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. (Jaramillo y Zapata, 2008)

**2.4.7 Aprovechamiento de los residuos.** Son un conjunto de acciones cuyo objetivo es recuperar el valor económico de los residuos mediante su reutilización, rediseño, reciclado y recuperación de materiales secundados o de energía. (Jaramillo y Zapata, 2008)

**2.4.8 Biodegradable.** Sustancia que puede ser descompuesta con cierta rapidez por organismos vivientes, los más importantes de los cuales son bacterias aerobias. Sustancia que se descompone o desintegra con relativa rapidez en compuestos simples por alguna forma de vida como: bacterias, hongos, gusanos e insectos. Lo contrario corresponde a sustancias no degradables, como plásticos, latas, vidrios que no se descomponen o desintegran, o lo hacen muy lentamente. Los órganoclorados, los metales pesados, algunas sales, los detergentes de cadenas ramificadas y ciertas estructuras plásticas no son biodegradables. (Jaramillo y Zapata, 2008)

**2.4.9 Basuras.** el concepto de basuras es relativo, porque todos los residuos son potencialmente aprovechables dependiendo de la disponibilidad tecnológica y financiera. Las características de los residuos sólidos producidos varían de un sitio a otro en función de la actividad predominante (industrial, comercial, turística, etc.), las costumbres de la población como ritmos, costumbres, alimentación, hábitos, patrones de consumo y clima, principalmente. (Otero, 2015)

**2.4.10 Compostaje.** Es un proceso de reciclaje completo de la materia orgánica mediante el cual ésta es sometida a fermentación en estado sólido, controlada (aerobia) con el fin de obtener un producto estable, de características definidas y útil para la agricultura. (Jaramillo y Zapata, 2008)

**2.4.11 Lixiviados.** Los líquidos que se forman por la reacción, arrastre o filtrado de los materiales que constituyen los residuos sólidos y que contienen sustancias en forma disuelta o en suspensión que pueden infiltrarse en los suelos o escurrirse fuera de los sitios en los que se depositen residuos sólidos y que puede dar lugar a la contaminación del suelo y de cuerpos de agua. (Jaramillo y Zapata, 2008)

**2.4.12 Relleno sanitario.** La obra de infraestructura que aplica métodos de ingeniería para la disposición final de los residuos sólidos ubicados en sitios adecuados al ordenamiento ecológico, mediante el cual los residuos sólidos se depositan y compactan al menor volumen práctico posible y se cubren con material natural o sintético para prevenir y minimizar la generación de contaminantes al ambiente y reducir los riesgos a la salud. (Jaramillo y Zapata, 2008)

**2.4.13 Abono orgánico.** Es un fertilizante que proviene de animales, humanos, restos vegetales de alimentos, restos de cultivos de hongos comestibles u otra fuente orgánica y natural. (Pedraza, 2013)

**2.4.14 Tecnologías ambientales.** Son el conjunto de instrumentos, recursos técnicos o procedimientos utilizados para la conservación y protección del medio ambiente aplicando la ciencia ambiental, estos contribuyen a reducir la presión sobre los recursos naturales, a la mejora continua de la calidad de vida de la población y a acelerar la competitividad de las energías sostenibles, logrando así dar respuesta a los problemas de deterioro ambiental provocados por los impactos negativos que involucran a la humanidad.

**2.4.15 Paneles solares.** Son módulos fotovoltaicos individuales que captan la energía que proporciona el sol convirtiéndola en electricidad. Están formados por celdas solares que a su vez contienen células solares individuales hechas de materiales semiconductores como el silicio (cristalino y amorfo) que transforman la luz (fotones) en energía eléctrica (electrones). (Celsia, 2018)

**2.4.16 Celdas solares.** Son las unidades estructurales de los paneles que sirven para captar y convertir la energía solar en energía eléctrica utilizable en casas, oficinas, calles, fábricas y más, están ubicadas en los paneles solares son las encargadas de capturar los electrones liberados y convertirlos en corriente eléctrica. (Galt Energy, 2016)

**2.4.17 Mercado.** Es un ente que relaciona el individuo que busca con el individuo que ofrece un producto o servicio y se realiza un conjunto de transacciones siendo determinadas por la ley de la oferta y la demanda. (Significados, 2017)

**2.4.18 Compostadores.** Son depósitos con las características específicas adecuadas para realizar la transformación de los residuos sólidos orgánicos en abono orgánico, estos recipientes poseen distintas capacidades y formas. Son los medios en los cuales los desechos orgánicos son vertidos para que simplemente las personas que hacen uso de compostadores, se encarguen de tareas más sencillas como son la aireación y control de la humedad dentro de estos. (Ayala, 2014, p.31)

**2.4.19 Compostadores comerciales.** Son sistemas estáticos que operan con alimentación superior y extracción del compost por la parte inferior. (Rudé y Castillo, 2008)

**2.4.20 Factibilidad.** Es la disponibilidad de los recursos necesarios para llevar a cabo los objetivos o metas señaladas en un proyecto, obra o actividad. (Diccionario Español, 2011)

## **2.5 Marco teórico**

**Cadena, (2014).** Expone en su trabajo los conceptos que hacen parte de la investigación tomando desde su referencia histórica y su avance en el tiempo, a su vez muestra de manera clara que es el compostaje su composición, tipo de diseño que se puede implementar, variedad de residuos que se debe manejar de acuerdo a su nivel de descomposición; de la misma manera da a conocer los materiales necesarios para la elaboración del compost. En su propuesta expone la metodología a trabajar partiendo de la transformación de residuos orgánicos en composta por medio de un compostador casero construido en material plástico para mantener aislados los

residuos con el exterior, evitar la producción y emisión de olores y vectores (moscas y roedores), a su vez posee un control automatizado con un software Arduino el cual permite tener control de las condiciones de temperatura, humedad y aireación de manera práctica sin mayor intervención por parte de las personas, este proceso se mantiene en funcionamiento hasta obtener el producto deseado, con este sistema busca que de manera fácil se elabore un producto aprovechable y reincorpore al ciclo de producción.

**Guerrero, (2013).** En su investigación plantea el diseño, construcción y puesta en marcha de una compostera doméstica en la cual su objeto de estudio es la comunidad de la ciudad de Quito, se enfatizó en los tres estratos sociales en los cuales llevo a cabo su proyecto ubicando sus compostadores en una vivienda específicas dentro de los estratos socio-económicos identificados. Expone la cantidad de residuos a tratar teniendo en cuenta la dotación de la población calculando cada uno de los parámetros a través de fórmulas matemáticas, ejecutando el diseño de la compostera en acero inoxidable cada compartimento con sus respectivas dimensiones establecidas mediante el cálculo matemático y llevando control de cada uno de los parámetros idóneos para que el proceso de producción del compost se lleve a cabo controlado por medio del software SITRAD, manteniendo las condiciones ideales y de fácil manejo y registro de cada uno de las condiciones del compost desde su etapa inicial hasta su etapa final.

**Amigo, (2017).** Expone en su proyecto la creación de una planta de compostaje para la transformación de residuos de granja agrícola productora de productos como champiñón, gallinaza y paja en un subproducto aprovechable sin afectar el uso de suelo donde se ubicará el

proyecto, cumpliendo con la normatividad legal vigente. Este se realizó por medio de pilas construidas en hormigón, cuenta con un sistema de aireación forzado que introduce el aire a través de suelo cuando la temperatura de la pila excede los niveles máximos, cuenta con control de parámetros de temperatura, humedad, oxígeno y sistemas de riego que se mantienen en constante monitoreo durante el proceso de producción de compost que tiene una duración de 2- 3 meses. Para llevar a cabo este proceso el material debe tener un proceso de preparación de los residuos el cual se lleva a cabo mediante maquinaria móvil que permita el desplazamiento por toda el área de los diferentes equipos facilitando la ejecución de cada actividad y obtener los mejores resultados.

En Colombia existen diferentes marcos normativos que regulan y permiten el manejo adecuado de los residuos sólidos desde su origen hasta su disposición final. A continuación, se mencionan la normatividad legal vigente para el desarrollo de este trabajo.

## 2.6 Marco legal.

**Tabla 2.** *Marco legal.*

Norma	Descripción
<b>Ley 99 de 1993.</b>	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 430 de 1998.** Se dictan normas prohibitivas, referentes 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 encuentran compilados el decreto 1609 de 2002 y el decreto 4741 de 2005.

**Decreto 2811 de 1974. Código de Recursos Naturales.**

**Título III DE LOS RESIDUOS, BASURAS, DESECHOS Y DESPERDICIOS**

Artículo 34. En el manejo de residuos, basuras, desechos y desperdicios, se describen algunas reglas, dentro de las que están la utilización de mejores métodos, de acuerdo con los avances de la ciencia y la tecnología, para la recolección, tratamiento, procesamiento o disposición final de residuos, basuras, desperdicios y, en general, de desechos de cualquier clase.

Artículo 35. Se prohíbe descargar, sin autorización, los residuos, basuras y desperdicios y, en general, de desechos que deterioren los

suelos o causen daño o molestia a individuos o núcleos humanos.

Artículo 36. Para la disposición o procesamiento final de las basuras se utilizarán, preferiblemente, los medios que permitan: evitar el deterioro del ambiente y de la salud humana, reutilizar sus componentes, producir nuevos bienes, restaurar o mejorar los suelos.

Artículo 37. Los municipios deberán organizar servicios adecuados de recolección, transporte y disposición final de basuras.

Artículo 38.- Por razón del volumen o de la calidad de los residuos, las basuras, desechos o desperdicios, se podrá imponer a quien los produce la obligación de recolectarlos, tratarlos o disponer de ellos, señalándole los medios para cada caso.

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

**Resolución 0330 de 2017 –  
Reglamento Técnico – RAS**

La Resolución 0330 de 2017 expedida por el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio “Por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS y se derogan las resoluciones 1096 de 2000, 0424 de 2001, 0668 de 2003, 1459 de 2005, 1447 de 2005 y 2320 de 2009”.

**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.**

La presente guía brinda las pautas para realizar la separación de los materiales que constituyen los residuos no peligrosos en las diferentes fuentes de generación: doméstica, industrial comercial, institucional y de servicios. Igualmente da orientaciones para facilitar la recolección selectiva en la fuente.

**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.

**Decreto 2981 de 2013.**

Por el cual se reglamenta la prestación del servicio público de aseo. Artículo 1°. Ámbito de aplicación. El presente decreto aplica al servicio público de aseo de que trata la Ley 142 de 1994, a las personas prestadoras de residuos aprovechables y no aprovechables, a los usuarios, a la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, a la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico, a las entidades territoriales y demás entidades con funciones sobre este servicio.

---

## Capítulo 3. Diseño Metodológico.

### 3.1 Tipo de investigación.

Es un tipo de investigación con enfoque mixto donde integran los métodos cualitativos y cuantitativos ya que se determinarán el tipo y la cantidad de residuos sólidos orgánicos producidos por la actividad mercantil en el conjunto comercial centro mercado ubicado en el sector del mercado, Ocaña Norte de Santander. Se ubicarán los puntos de generación mostrando las características de cada uno y los procesos de transformación que se realizara para el tratamiento de los mismos.

Enfoque: Mixto.

Tipo: Analítico.

Investigación descriptiva: ya que se realizará una medición y observación de la situación actual del conjunto comercial centro mercado

Investigación exploratoria: busca examinar investigaciones que se han realizado anteriormente para obtener una base sólida de información y partiendo con mejoras en cuanto a su diseño y posible implementación como una estrategia tecnológica alternativa.

**Fase I.** Diagnóstico ambiental de la situación actual de los residuos orgánicos del conjunto comercial centro mercado de Ocaña. A través del seguimiento a las actividades comerciales

realizadas más significativas en el mercado, en la compra y venta de productos de la canasta familiar (Frutas y verduras), mediante la recopilación de información proporcionados directamente de los propietarios de los establecimientos y la población particular. Mediante técnicas básicas para la recolección de información tales como:

- Identificación de actores involucrados
- Registros fotográficos de los puntos de generación y ubicación de los residuos sólidos orgánicos.

Por otra parte, realizar recolección, pesaje, caracterización de los residuos generados en los establecimientos comerciales y su respectivo diligenciamiento bitácora de campo y posteriormente tabulación de datos.

**Fase II.** Diseño del compostador eléctrico convencional con operación de energía fotovoltaica de acuerdo a la cantidad de residuos sólidos orgánicos producidos para su posterior tratamiento, además se hace necesario proponer la ubicación y dimensiones del compostador energético-alternativo de acuerdo al volumen de residuos generados por los establecimientos comerciales teniendo en cuenta:

- Volumen de residuos generados.
- Dimensionamiento.
- Identificación de espacios.

Asimismo, la determinación de parámetros de diseño y de funcionamiento necesarios para la terminación del diseño y así realizar un tratamiento adecuado de los residuos sólidos orgánicos.

**Fase III.** Modelación el sistema de transformación de los residuos sólidos orgánicos para verificar que la funcionalidad del compostador sea eficaz y eficiente.

➤ Determinación de propiedades.

➤ Simulación.

### **3.2 Población**

La población objeto de estudio para el desarrollo del trabajo se concentra en los comerciantes localizados en el conjunto comercial centro mercado ubicado en el sector del mercado público, que realicen sus labores de venta de bienes y productos alimenticios como fuente de producción económica.

### **3.3 Muestra**

La zona de estudio a trabajar se delimita por un grupo de 9 locales presentes en la planta inferior del conjunto comercial centro mercado que ejercen actividades comerciales de intercambio de productos de la canasta familiar como son: frutas y verduras.

### 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 citado en Bayona y Lozano, 2018)

La obtención de datos se realizará mediante los siguientes procesos:

Observación de los locales comerciales mediante la identificación por nomenclatura de cada establecimiento.

Recolección de información bibliográfica y documentada acerca del manejo de los residuos sólidos orgánicos brindado por el conjunto comercial centro mercado de la ciudad de Ocaña.

Evidencia fotográfica.

### 3.5 Análisis de información.

La información recolectada se maneja por medio de tablas, gráficas y análisis comparativos que permitirán dar valor cualitativo y cuantitativo de los residuos sólidos orgánicos como factor principal para el dimensionamiento del diseño del compostador definiendo la cantidad de materia orgánica transformada y su factibilidad en el mercado.

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES					
FASES	ACTIVIDADES	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4
Diagnóstico	Identificación de actores	■			
	Registro fotográfico		■	■	■
	Recolección de residuos	■	■	■	
	Caracterización de los residuos	■	■	■	
	Pesaje	■	■	■	
	Tabulación de datos			■	
Diseño	Cálculo de volumen de residuos		■	■	
	Dimensionamiento			■	■
	Identificación de espacios				■
	Determinación de parámetros				■
	Terminación del diseño				■
Modelación	Determinación de propiedades				■
	Simulación				■

Figura 2. Cronograma de actividades.

Fuente: Autores del proyecto.

## Capítulo 4. Administración del proyecto.

### 4.1 Recursos humanos.

Para desarrollar la investigación se contó con la participación de las siguientes personas.

YASNELLY VILLAMIZAR GUERRERO, Estudiante.

JESÚS LEONARDO TORRES TORRES, Estudiante.

LINA PAOLA ANGARITA CARRASCAL, Directora.

### 4.2 Recursos institucionales.

Biblioteca Argemiro Bayona, Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña.

Hemeroteca, Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña.

Alcaldía Municipal de Ocaña, Norte de Santander.

Administración, Conjunto Comercial Centro Mercado.

### 4.3 Recursos financieros.

**Tabla 3.** *Presupuesto general del proyecto.*

<b>INGRESOS</b>		\$960.000
<b>EGRESOS</b>		
<b>Papelería</b>	\$35.000	
<b>Fotocopias</b>	\$25.000	
<b>Transporte</b>	\$300.000	
<b>Impresiones</b>	\$100.000	
<b>Imprevistos</b>	\$100.000	
<b>Aportes tecnológicos</b>	\$250.000	
<b>Insumos</b>	\$150.000	
<b>Sumas iguales</b>	\$960.000	\$960.000

**Fuente:** Autores del proyecto.

## Capítulo 5. Resultados

### 5.1 Diagnóstico Ambiental

**5.1.1 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 km<sup>2</sup>, que representa el 2,2% del departamento. La Provincia de Ocaña tiene un área de 8.602 km<sup>2</sup>. Su altura máxima es de 1.202 msnm y la mínima de 761 m. (Cámara de Comercio de Ocaña, 2018, p. 9)

El municipio se encuentra ubicado en toda la cordillera oriental, está rodeada por montañas que alcanzan alturas de 2.600 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 Hacarí, en el sur con el municipio de Ábrego. (Alcaldía Municipal de Ocaña, 2009)

**5.1.2 División político administrativa.** Administrativamente el municipio de Ocaña se divide en 18 corregimientos: Ataré (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 Km<sup>2</sup>), Comuna 2 Nororiental: Cristo Rey (1.51 Km<sup>2</sup>), Comuna 3 sur-oriental: Olaya Herrera (2.63 Km<sup>2</sup>), Comuna 4 suroccidental: Adolfo Milanés (1.07 Km<sup>2</sup>), Comuna 5: Francisco Fernández de Contreras (1.14 Km<sup>2</sup>), Comuna 6: Ciudadela Norte (0.80 Km<sup>2</sup>). (Cámara de Comercio de Ocaña, 2018, p. 9)

El casco urbano cuenta con un área 6.96 km<sup>2</sup> conformadas por (6) comunas que son:  
 comuna 1 central (José Eusebio Caro) superficie 1.07 km<sup>2</sup>, comuna Nororiental (CRISTO REY) superficie 1.51km<sup>2</sup> , comuna 3 sur-oriental (OLAYA HERRERA) superficie 2.63 km<sup>2</sup> , comuna 4 sur –occidente (ADOLFO MILANEZ) superficie 1.07 km<sup>2</sup>, comuna 5 (FRANCISCO DE FERNARNADEZ DE CONTRERAZ) superficie 1.43 km<sup>2</sup> , comuna 6 (CIUDADELA NORTE) superficie 0,80 km<sup>2</sup>. (Alcaldía Municipal de Ocaña, 2009)

#### **5.1.2.1 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, p. 19)

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 Ábrego.

Por el Norte. Limita con los municipios de Teorama, Convención y El Carmen.

Por el Sur. Limita con el municipio de Ábrego.

**5.1.2.2 Extensión del municipio.** Extensión total: 672.27 Km<sup>2</sup>

Extensión área urbana: 6.96 Km<sup>2</sup>

Extensión área rural: 620.76 Km<sup>2</sup>

### **5.1.3 Línea ambiental**

**5.1.3.1 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. (Granados, 2009)

**5.1.3.2 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. (Granados, 2009)

**5.1.3.3 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, p. 20)

**5.1.3.4 Producción pecuaria. Ganadería.** La explotación ganadera en el municipio de Ocaña es de tipo extensivo no tecnificada. Actualmente existe una población de .492 de cabezas en la cual se estima que un 70% corresponde al sistema de doble propósito. (Cámara de Comercio de Ocaña, 2018, p. 20)

**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, p. 20)

**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, p. 20)

**5.1.3.5 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. (Cámara de Comercio de Ocaña, 2017, p. 31)

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. (Cámara de Comercio de Ocaña, 2017, p. 31)

En cuanto al proceso de comercialización regional, Ocaña es considerada la capital de la Provincia, debido a 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.

(Cámara de Comercio de Ocaña, 2017, p. 32)

Como se mencionó anteriormente, el municipio de Ocaña es considerado 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, y lo cual arroja como resultado el alto grado de informalidad presente en la zona (859 establecimientos). (Cámara de Comercio de Ocaña, 2017, p. 33)

#### **5.1.4 Descripción del área de estudio**

##### **Razón social**

**Nombre:** CONJUNTO COMERCIAL CENTRO MERCADO

**NIT:** 900014884-1

**Dirección:** Carrera 14 / Calle 8 y 9

El Conjunto Comercial Centro Mercado es una zona de comercio de venta de productos y alimentos, que ofrece sus servicios a la comunidad ocañera y sus distintas veredas, cuenta con un total de sus instalaciones de 73 locales y 150 particulares, en donde se ofrecen diferentes actividades de comercio.

**5.1.4.1 Localización geográfica.** El Conjunto Comercial Centro Mercado, se encuentra ubicado a 8° 14' 14.5" Latitud Norte y 73° 21' 18.55" Longitud Oeste en el barrio El Mercado, delimitado entre la calle 8 y 9, con carrera 14.

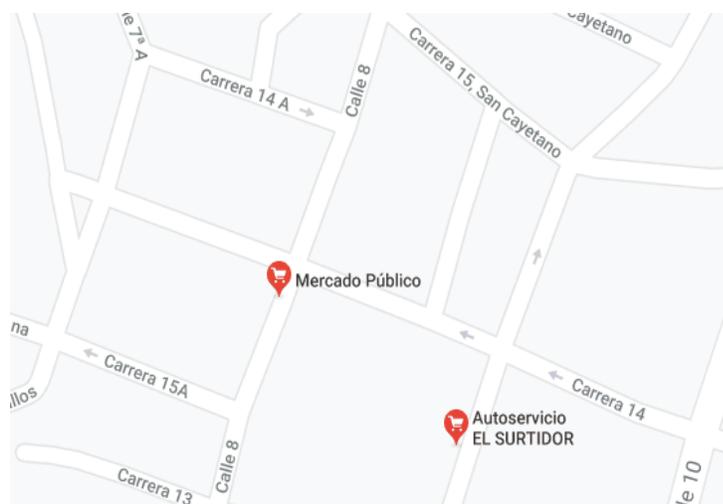


Figura 3. Delimitación del Conjunto Comercial Centro Mercado.

Fuente: Google maps.



Figura 4. Ubicación del Conjunto Comercial Centro Mercado.

Fuente: Google Earth.

#### ***5.1.4.2 Estructura Orgánica***



Figura 5. Estructura orgánica del Conjunto Comercial Centro Mercado.

Fuente: Administración.

El Conjunto Comercial Centro Mercado es un importante eje de la economía del municipio de Ocaña, Norte de Santander, cuenta con un total de 73 locales y 150 particulares, tiene como máximo órgano la Asamblea General de Copropietarios, 1 Revisor Fiscal el cual es un contador público con experiencia, diplomado o especialización, por el lado del Consejo de Administración lo integra 1 presidente, 1 vicepresidente, 1 secretaria, 1 tesorero, 1 fiscal y 3 voceros, seguidamente de 1 administrador.

**5.1.5 Descripción general del Conjunto Comercial Centro Mercado, listado de actividades y descripción de características del mercado.** La jornada de comercialización del Conjunto Comercial Centro Mercado tiene una duración de 14 horas, que inician a las 5:00 am y finaliza a las 6:30 pm aproximadamente de los días lunes a sábado, para los días domingo y festivos la jornada es de 5:00 am a 1:30 pm.

**Tabla 4.** *Actividades del conjunto comercial centro mercado*

ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN
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.
Venta de frutas y verduras	Se realiza la adecuación del producto a vender (limpieza, adecuación del producto, presentación)
Venta de tubérculos	Corresponde a la venta de papa, yuca y demás.
Operación de limpieza	Esta operación incluye todos los lavados internos de áreas comunes.
Operación de manejo y recolección de residuos sólidos orgánicos	Presentación de los residuos que se disponen, recolección sin ningún tipo de selección, almacenamiento temporal de residuos, entrega al recolector del servicio de aseo ESPO S.A.

**Fuente:** Autores del proyecto.

### 5.1.5.1 Planos del Conjunto Comercial Centro Mercado

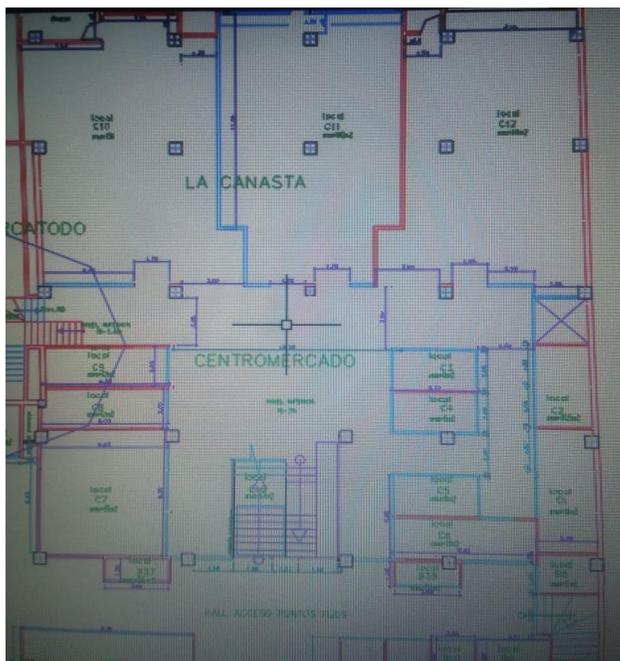


Figura 6. Conjunto Comercial Centro Mercado 1er Piso.

Fuente: Administración.

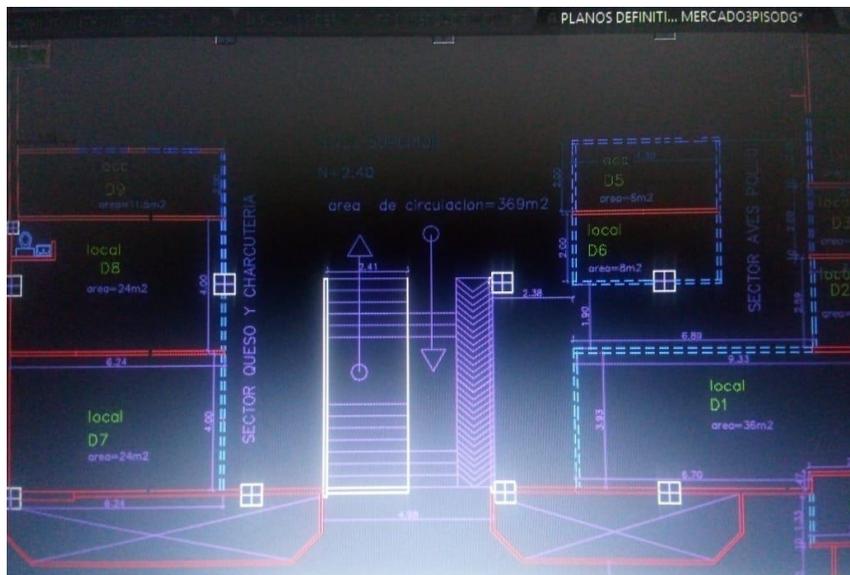


Figura 7. Conjunto Comercial Centro Mercado 3er Piso.

Fuente: Administración.

El Edificio Conjunto Comercial Centro Mercado consta de 3 plantas, las cuales son propiedad de la Alcaldía Municipal, contando con un total de 73 establecimientos comerciales. En el primer piso se encuentran los locales comercializadores de frutas, verduras y otros, ya en el segundo se encuentran los locales de venta de carnes, pescado y otros, para el tercer piso están los restaurantes, la oficina de administración y los baños.

#### **5.1.5.2 Áreas de infraestructura**

**Tabla 5.** *Áreas del Conjunto Comercial Centro Mercado.*

<b>ÁREA</b>	<b>ACTIVIDAD DESARROLLADA</b>
<b>ADMINISTRATIVA</b>	Administración y organización de todo el recurso humano y económico para el debido funcionamiento de los locales comerciales.
<b>LOCALES COMERCIALES</b>	Comercialización de los alimentos y productos de la canasta familiar como frutas, verduras y otros.
<b>BODEGAS</b>	Almacenamiento de alimentos y productos.

**Fuente:** Autores del proyecto.

**5.1.5.3 Identificación de actores.** Los locales comerciales, el propietario y el tipo de residuo, son algunos elementos importantes que se identificaron en el diagnóstico inicial que se realizó en el Edificio Conjunto Comercial Centro Mercado, en las siguientes tablas se hace una representación de la cantidad de locales y los elementos identificados:

**Tabla 6.** *Número de locales comerciales identificados*

<b>Locales</b>	<b>No de locales</b>
Frutas y verduras	9
Restaurantes	6
<b>TOTAL</b>	<b>15</b>

**Fuente:** Autores del proyecto.

**Tabla 7.** *Identificación de locales comerciales productores de residuos sólidos orgánicos*

<b>LOCAL</b>	<b>PROPIETARIO</b>	<b>TIPO DE RESIDUO</b>
<b>B1</b>	Eber Galeano	Verduras
		Frutas
<b>B2</b>	Huber Galeano	Verduras
		Frutas
<b>B12</b>	Diomar Guerrero	Verduras
		Frutas
<b>B14</b>	Javier	Verduras
		Frutas
<b>B38</b>	José David Roperó	Verduras
		Frutas
<b>C3</b>	Rosalba	Verduras
<b>C4</b>	Samuel	Verduras
<b>C12</b>	Hernán Sepúlveda	Verduras
<b>D1</b>	Jorge Luis	Verduras
<b>LE1 – LE2</b>	Maritza	Restaurante
<b>LE3 – LE4</b>	Yuri Duarte	Restaurante
<b>LE6 – LE7</b>	Diosa	Restaurante
<b>LE8</b>	María Eugenia	Restaurante
<b>LE10</b>	Ana Rosa Meneses	Restaurante
<b>LE12 – LE13</b>	Fanny	Restaurante

**Fuente:** Autores del proyecto.

Para la identificación de los actores se realizó una revisión inicial mediante la observación directa en el Edificio del Conjunto Comercial Centro Mercado; teniendo en cuenta la muestra estipulada en el desarrollo del trabajo de 9 locales comercializadores de frutas y verduras, se comenzó con la observación que consistió en identificar y disponer de algunas preguntas al dueño o propietario del establecimiento, cuya actividad se realizó con el fin de conocer que tipo o clase de residuos sólidos orgánicos se generaban en cada sitio seleccionado.

#### ***5.1.5.4 Locales internos comerciales***

##### **Locales de frutas y verduras**



Figura 8. Sección de ventas de frutas y verduras.

Fuente: Autores del proyecto.

**Observaciones:** La adecuación de los alimentos genera residuos sólidos orgánicos donde la mayoría son cascaras de frutas y verduras, los cuales son tomados para la elaboración de compost y alimento para animales de granja, bien sea cerdos, gallinas, entre otros.

### Área de restaurantes



Figura 9. Restaurantes.

Fuente: Autores del proyecto.

**5.1.5.5 Manejo y recolección de residuos.** Los residuos que se producen tienen dos usos en cuanto a su disponibilidad bien sea al vehículo recolector de basura o a personas externas que recolectan estos residuos para alimento de animales de granja, ya sean cerdos, gallinas, entre otros y en otras ocasiones para actividades de lombricultura, por tal razón el uso adecuado como es su aprovechamiento con vías a que no toda la materia orgánica vaya a parar al Relleno Sanitario La Madera del municipio de Ocaña, Norte de Santander.



Figura 10. Recolección de los residuos sólidos orgánicos en los locales.

Fuente: Autores del proyecto.

La presentación de los residuos sólidos orgánicos se hace mediante la utilización de canecas, baldes o sacos en cada establecimiento, además algunos productos durante su selección presentan daño o descomposición por su mal estado se disponen inmediatamente para evitar malos olores.



Figura 11. Presentación de los residuos sólidos orgánicos.

Fuente: Autores del proyecto.

La actividad de recolección de residuos es realizada por la Empresa de Servicios Públicos de Ocaña ESPO S.A. en el Edificio Conjunto Comercial Centro Mercado; los días de recolección son de lunes a sábado, la frecuencia con la que se lleva a cabo este servicio de recolección y transporte de residuos sólidos orgánicos es 1 vez al día con el objetivo de hacer manejo y disposición adecuada de la cantidad que se genera que es bastante considerable de residuos en cada local comercial, el horario de recolección es en las horas de la tarde específicamente a las 6:00 pm.



Figura 12. Recolección de los residuos por la empresa de aseo ESPO S.A.

Fuente: Autores del proyecto.

## 5.2 Caracterización de los residuos sólidos orgánicos

El tipo de sustrato o también conocido como el medio de crecimiento vegetal que se emplea para alimentar el compostador tiene una gran importancia en el proceso de transformación de los residuos generados en el Edificio Conjunto Comercial Centro Mercado de la ciudad de Ocaña, Norte de Santander, con el fin de conocer las diferentes propiedades, por esta razón se debe realizar una caracterización física del residuo sólido orgánico producido en dicho sitio.

El compostador eléctrico convencional diseñado en este trabajo se alimentará con residuos sólidos orgánicos provenientes del Conjunto Comercial Centro Mercado.

**5.2.1 Prueba de densidad.** Es la medición de la densidad teniendo en cuenta el cálculo del peso de los residuos sólidos orgánicos para obtener la medida en kg y el volumen en  $m^3$  de los residuos generados.

Se prepara el recipiente de 0,24 m x 0,40 m x 0,57 m para dar un volumen de  $0,05472 m^3$  que es el recipiente que se utilizó para pesar los residuos que se producen en cada establecimiento comercial y una balanza de pie.

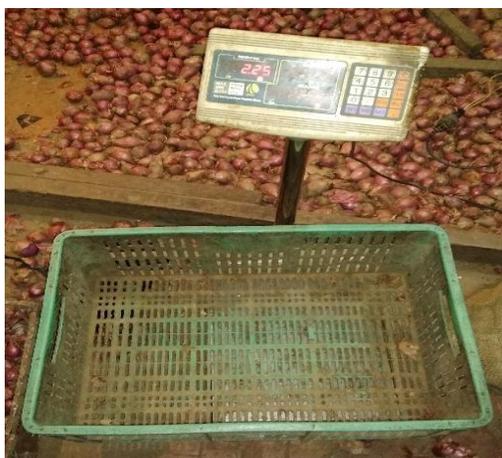


Figura 13. Balanza de pie.

Fuente: Autores del proyecto.

Se pesa el recipiente vacío.

Peso del recipiente vacío= 2,25 kg



Figura 14. Pesaje de la canastilla.

Fuente: Autores del proyecto.

Se colocan los residuos sólidos orgánicos en el recipiente sin hacer presión y se mueve reiteradamente de un lado a otro de manera que queden llenos los espacios vacíos.



Figura 15. Prueba de peso y densidad del residuo.

Fuente: Autores del proyecto.

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

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

Peso del residuo = 14,15 kg – 2.25 kg

Peso del residuo = 11,9 kg

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

Volumen del recipiente = 0,05472 m<sup>3</sup>

Peso de los residuos = 11,9 kg

Densidad = masa/volumen

Densidad = 11,9 kg/ 0,05472 m<sup>3</sup>

Densidad = 217,47 kg/m<sup>3</sup>

Densidad ≈ 218 kg/m<sup>3</sup>

**Nota:** cómo podemos apreciar en la prueba de densidad que realizamos el peso que se tuvo en cuenta fue de 11,9 kg y por el cual trabajaremos con una densidad estándar de 218 kg/m<sup>3</sup> para la estimación del volumen del cilindro de fermentación para la transformación de los residuos sólidos orgánicos (frutas y verduras) que se generan en el Conjunto Comercial Centro Mercado.

**5.2.2 Estimación semanal de residuos sólidos orgánicos.** Metodología de cálculo para la estimación de la cantidad de residuos sólidos orgánicos generados, este método se realizó teniendo en cuenta el peso de los residuos en kg provenientes de cada local comercial, estos establecimientos contaban con sacos para el almacenamiento temporal de los residuos dentro de los que se destacan las frutas y verduras.

El proceso de pesaje consistió tomar una canastilla para calcular el peso y el volumen de los residuos que se encontraban en saco o sacos que había en cada local, para posteriormente colocarlos en la balanza de pie y así registrar el valor de la cantidad de residuos sólidos orgánicos generados por producto dentro de los que se encontraban solo material vegetal.

Para la estimación de la cantidad de residuos sólidos orgánicos de la primera semana se tuvieron en cuenta los diferentes pesos registrados en cada local comercial y se sumaron, para así tener el total de residuos generados de los días de la semana 1, para un mejor entendimiento del proceso que se llevó a cabo se dará a conocer en la siguiente tabla:

**Tabla 8.** *Cantidad de residuos sólidos orgánicos de los locales en la semana 1*

<b>DÍA</b>	<b>CANTIDAD (kg)</b>	<b>CANTIDAD (m3)</b>	<b>PORCENTAJE (%)</b>
<b>LUNES</b>	101	0,442	12,36
<b>MARTES</b>	165,3	0,724	20,24
<b>MIÉRCOLES</b>	204,5	0,896	25,04
<b>JUEVES</b>	75,15	0,366	9,20
<b>VIERNES</b>	120,75	0,529	14,78
<b>SÁBADO</b>	150,15	0,657	18,38
<b>TOTAL</b>	<b>816,85</b>	<b>3,613</b>	<b>100</b>

**Fuente:** Autores del proyecto.

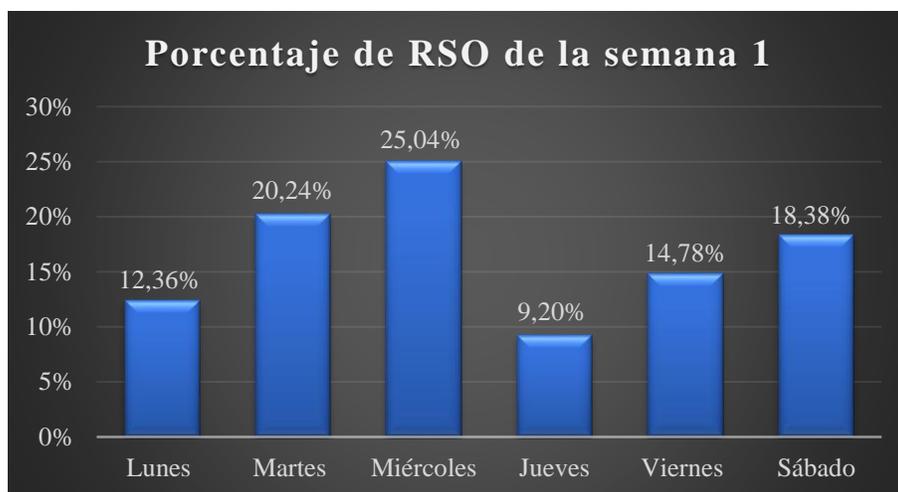


Figura 16. Porcentaje de generación de residuos sólidos orgánicos en la semana 1.

Fuente: Autores del proyecto.

En la gráfica se muestra claramente que los días que se generan más cantidad de residuos son el día miércoles con un 25,04%, el día martes con un 20,24% y el día sábado con un 18,38%.

**Tabla 9.** Cantidad de residuos sólidos orgánicos de los restaurantes en la semana 1.

<b>DÍA</b>	<b>CANTIDAD (kg)</b>
<b>LUNES</b>	28,25
<b>MARTES</b>	23
<b>MIÉRCOLES</b>	28
<b>JUEVES</b>	20,75
<b>VIERNES</b>	14,5
<b>SÁBADO</b>	21,25
<b>TOTAL</b>	<b>135,75</b>

Fuente: Autores del proyecto.

**Tabla 10.** Cantidad de residuos sólidos orgánicos de los locales en la semana 2.

DÍA	CANTIDAD (kg)	CANTIDAD (m3)	PORCENTAJE (%)
LUNES	84,5	0,370	11,69
MARTES	157	0,687	21,73
MIÉRCOLES	152,5	0,668	21,11
JUEVES	67,65	0,296	9,36
VIERNES	115,75	0,507	16,02
SÁBADO	145,15	0,635	20,09
<b>TOTAL</b>	<b>722,55</b>	<b>3,163</b>	<b>100</b>

**Fuente:** Autores del proyecto.

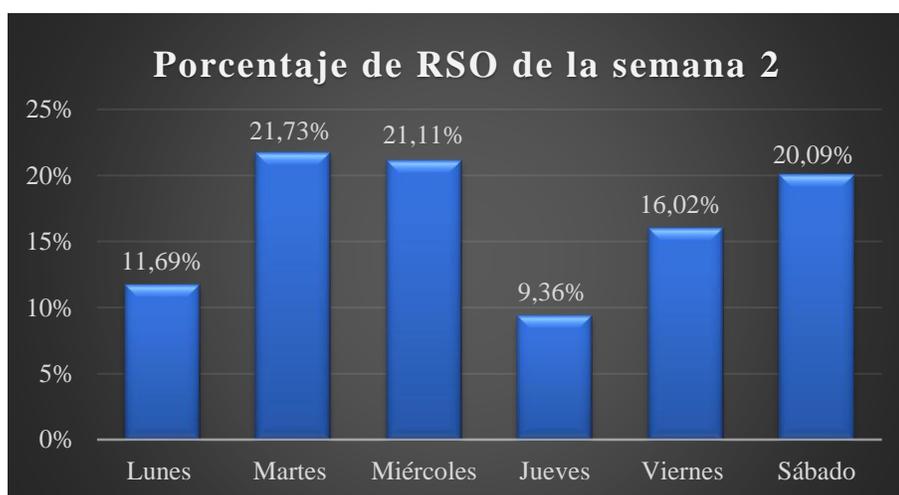


Figura 17. Porcentaje de generación de residuos sólidos orgánicos semana 2.

Fuente: Autores del proyecto.

En la gráfica podemos analizar que los días donde se siguen generando mayor cantidad de residuos son el día martes con 21,73%, el miércoles con 21,11% y el martes bajo la cantidad de residuos generados debido a que fue el Conjunto Comercial Centro Mercado recibe poca gente.

**Tabla 11.** *Cantidad de residuos sólidos orgánicos de los restaurantes en la semana 2*

<b>DÍA</b>	<b>CANTIDAD (kg)</b>
<b>LUNES</b>	19,25
<b>MARTES</b>	17,5
<b>MIÉRCOLES</b>	31,75
<b>JUEVES</b>	20,75
<b>VIERNES</b>	14,5
<b>SÁBADO</b>	21,25
<b>TOTAL</b>	<b>125</b>

**Fuente:** Autores del proyecto.

**Tabla 12.** *Cantidad de residuos sólidos orgánicos de los locales en la semana 3.*

<b>DÍA</b>	<b>CANTIDAD (kg)</b>	<b>CANTIDAD (m3)</b>	<b>PORCENTAJE (%)</b>
<b>LUNES</b>	103	0,451	13,51
<b>MARTES</b>	155,05	0,679	20,34
<b>MIÉRCOLES</b>	157	0,687	20,59
<b>JUEVES</b>	107	0,468	14,04
<b>VIERNES</b>	104,5	0,457	13,71
<b>SÁBADO</b>	135,75	0,157	17,81
<b>TOTAL</b>	<b>762,3</b>	<b>2,900</b>	<b>100</b>

**Fuente:** Autores del proyecto.

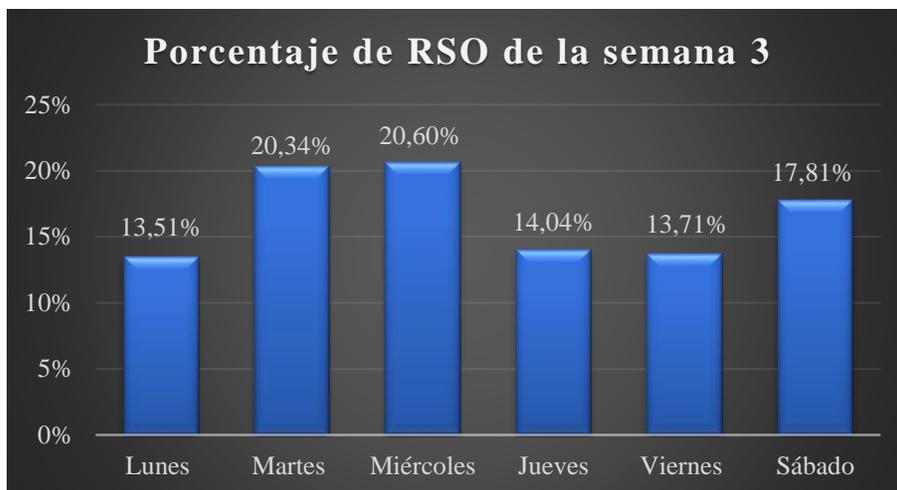


Figura 18. Porcentaje de generación de residuos sólidos orgánicos semana 3.

Fuente: Autores del proyecto.

En la gráfica podemos apreciar que los días donde se presentan más residuos son el día miércoles con 20,60%, el martes con 20,34% y el día sábado con 17,81%.

**Tabla 13.** Cantidad de residuos sólidos orgánicos de los restaurantes en la semana 3.

DÍA	CANTIDAD (kg)
LUNES	28,25
MARTES	23
MIÉRCOLES	26
JUEVES	20,75
VIERNES	17,5
SÁBADO	21,25
<b>TOTAL</b>	<b>136,75</b>

Fuente: Autores del proyecto.

**Tabla 14.** Cantidad de residuos sólidos orgánicos de los locales en la semana 4.

DÍA	CANTIDAD (kg)	CANTIDAD (m3)	PORCENTAJE (%)
LUNES	89,5	0,392	11,58
MARTES	184,2	0,806	23,83
MIÉRCOLES	175,5	0,768	22,71
JUEVES	83,15	0,364	10,76
VIERNES	89	0,390	11,52
SÁBADO	151,5	0,663	19,60
<b>TOTAL</b>	<b>772,85</b>	<b>3,383</b>	<b>100</b>

Fuente: Autores del proyecto.

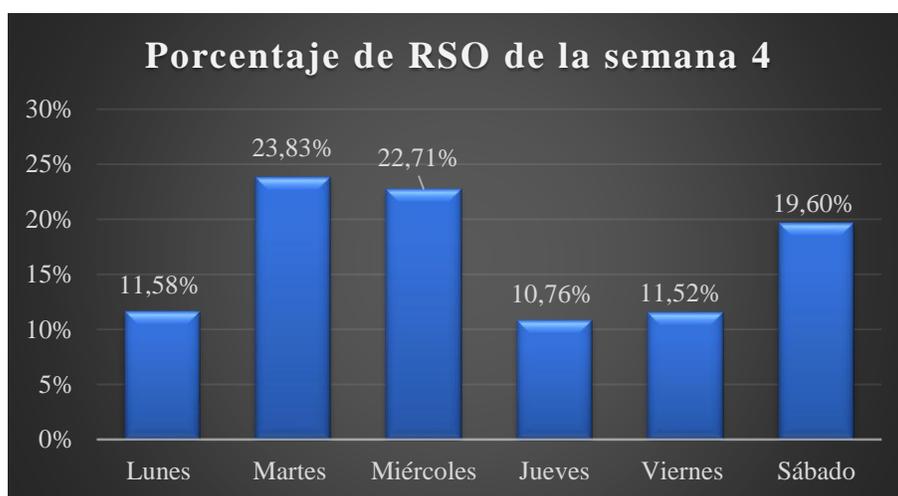


Figura 19. Porcentaje de generación de residuos sólidos orgánicos semana 4.

Fuente: Autores del proyecto.

En la gráfica observamos que la generación durante la semana en igual y menor proporción fue durante los días lunes con 11,58% y el día viernes con 11,52%, de la misma manera los días que presentaron mayor proporción fue en el día martes con 23,83% y el miércoles con 22,71%.

**Tabla 15.** Cantidad de residuos sólidos orgánicos de los restaurantes en la semana 4.

<b>DÍA</b>	<b>CANTIDAD (kg)</b>
<b>LUNES</b>	28,25
<b>MARTES</b>	23
<b>MIÉRCOLES</b>	28
<b>JUEVES</b>	20,75
<b>VIERNES</b>	20
<b>SÁBADO</b>	23,75
<b>TOTAL</b>	<b>143,75</b>

**Fuente:** Autores del proyecto.

**Tabla 16.** Relación semanal de residuos sólidos orgánicos de los locales.

<b>SEMANA</b>	<b>CANTIDAD (kg)</b>	<b>CANTIDAD (m3)</b>	<b>PORCENTAJE (%)</b>
<b>1</b>	816,85	3,613	26,57
<b>2</b>	722,55	3,163	23,50
<b>3</b>	762,3	2,900	24,79
<b>4</b>	772,85	3,383	25,14
<b>TOTAL</b>	<b>3074,55</b>	<b>13,059</b>	<b>100</b>

**Fuente:** Autores del proyecto.

En la tabla podemos observar que las semanas donde se generan más cantidad de residuos son la semana 1 con 816,85 kg y la semana 4 con 772,85 kg, esto se debe a que estas semanas son las donde los comerciantes surten sus negocios.

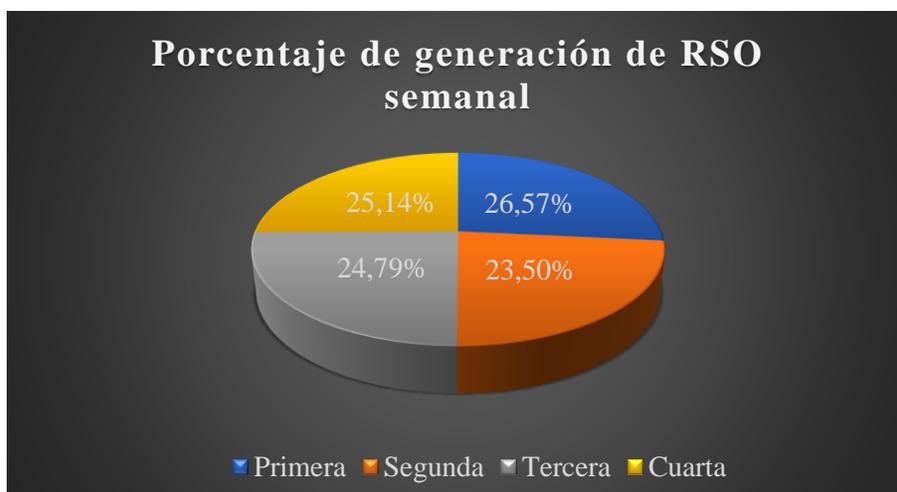


Figura 20. Porcentaje de generación de residuos sólidos orgánicos semanal.

Fuente: Autores del proyecto.

En la gráfica podemos analizar que la generación de residuos sólidos orgánicos se hace de forma constante durante todo el mes, la cual tiene un promedio de variación de 1,54%.

**Tabla 17.** *Relación semanal de residuos sólidos orgánicos de los restaurantes.*

SEMANA	CANTIDAD (kg)
1	135,75
2	125
3	136,75
4	143,75
<b>TOTAL</b>	<b>541,25</b>

Fuente: Autores del proyecto.

**5.2.3 Caracterización mensual.** La metodología utilizada para la caracterización de los residuos fue tomar los recipientes por día y se procedió a realizar el pesaje, luego se registraron los datos de manera semanal, seguidamente se realizó la separación de los residuos para conocer la cantidad porcentual producida por cada estudio durante las cuatro semanas registradas.

**Tabla 18.** Caracterización mensual de los residuos sólidos orgánicos de los locales.

SEMANA	PRODUCTO	CANTIDAD (kg)	CANTIDAD (m3)	PORCENTAJE (%)
1	Frutas	192,15	0,850	6,25
	Verduras	624,70	2,763	20,32
2	Frutas	269,03	1,178	8,75
	Verduras	453,52	1,985	14,75
3	Frutas	351,48	1,337	11,43
	Verduras	410,82	1,563	13,36
4	Frutas	321,56	1,408	10,46
	Verduras	451,29	1,975	14,68
<b>TOTAL</b>		<b>3074,55</b>	<b>13,059</b>	<b>100</b>

Fuente: Autores del proyecto.

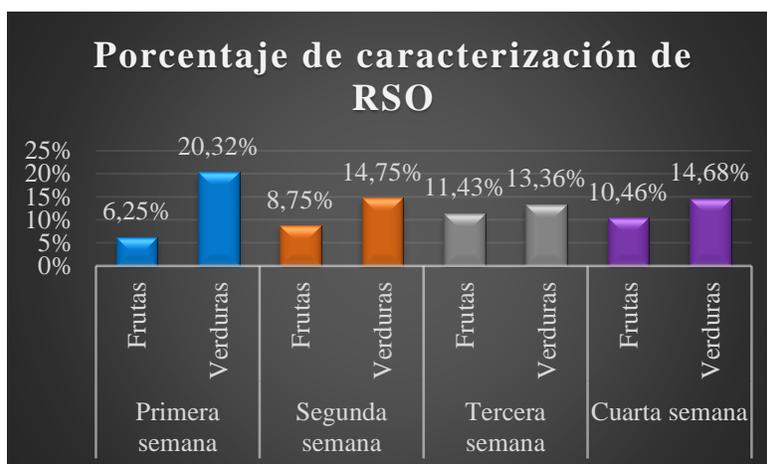


Figura 21. Porcentaje de caracterización de los residuos sólidos orgánicos generados en el mes.

Fuente: Autores del proyecto.

Analizando los resultados en la comparación que se realizó de las semanas trabajadas los residuos sólidos orgánicos que en el caso de las verduras se encuentran entre un rango de 13,36% a 20,32%, las cuales se generaron en mayor proporción con un resultado total para el mes de 63,11%, debido a que la mayoría de ventas que se presentan en los locales del Conjunto Comercial Centro Mercado es la comercialización de frutas y verduras.

### **5.3 Diseño del compostador eléctrico convencional**

En el desarrollo del diseño de la alternativa tecnológico ambiental tendremos en cuenta la producción máxima diaria de los residuos sólidos orgánicos (frutas y verduras) que es aproximadamente es de 204,5 kg/día según el cálculo que se realizó para la determinación del valor real a tratar teniendo como porcentaje de residuos a tratar de un 40% de estos producidos en el Edificio Conjunto Comercial Centro Mercado y que consistió en implementar la siguiente formula con los datos correspondientes:

#### **Datos:**

- Masa de residuo mensual total = 3074,55 kg/mes
- Volumen de residuo mensual total = 13,059 m<sup>3</sup>/mes
- Masa máxima diaria de RSO = 204,5 kg/día
- Volumen de la carga máxima diaria de RSO = 0,896 m<sup>3</sup>/día
- Densidad de la muestra de RSO = 217,47 kg/m<sup>3</sup>

**Ecuación 1.1.** Cálculo de la masa de residuos orgánicos diaria a transformar.

- *Mmd*: Masa máxima diaria
- *Mdt*: Masa diaria a transformar

$$Mmd \rightarrow 100\%$$

$$Mdt \leftarrow 40\%$$

$$204,5 \text{ kg/día} \rightarrow 100\%$$

$$Mdt \leftarrow 40\%$$

$$Mdt = 81,8 \text{ kg/día}$$

$$\mathbf{Mdt = 82 \text{ kg/día}}$$

**Ecuación 1.2.** Cálculo del volumen de la carga diaria a transformar.

$$Vcmd \rightarrow 100\%$$

- *Vcmd*: Volumen máximo diario
- *Vcdt*: Masa diaria a transformar

$$Vcdt \leftarrow 40\%$$

$$0,896 \text{ m}^3/\text{día} \rightarrow 100\%$$

$$Vcdt \leftarrow 40\%$$

$$Vcdt = 0,358 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$\mathbf{Vcdt = 0,4 \text{ m}^3/\text{día}}$$

**5.3.1 Volumen del cilindro de fermentación.** El volumen del cilindro de fermentación se dimensiona según el 40% de la producción mensual total de los RSO en el Conjunto Comercial Centro Mercado de Ocaña, Norte de Santander.

Adicionalmente para el dimensionamiento del cilindro en cuanto al porcentaje a tratar de generación total en volumen de residuos en 1 mes, se tomó en cuenta que los dueños de los locales que producen residuos de frutas y verduras equivalen a 9 establecimientos comerciales.

Para determinar el volumen a partir de los datos anteriormente mencionados se procedió a realizar y efectuar la siguiente fórmula (Tchobanoglous, 1994 citado en Guerrero, 2013):

**Ecuación 1.3.** Cálculo del volumen para cilindro de fermentación.

$$V = \frac{\text{Masa}}{\text{Densidad}}$$

$$V = RSO \text{ m}^3$$

**Ecuación 1.4.** Cálculo de la masa mensual a transformar.

- *Mm*: Masa mensual
- *Mmt*: Masa mensual a transformar

$$Mm \rightarrow 100\%$$

$$Mmt \leftarrow 40\%$$

$$3074,55 \text{ kg/mes} \rightarrow 100\%$$

$$Mmt \leftarrow 40\%$$

$$Mmt = 1229,82 \text{ kg/mes}$$

$$\mathbf{Mmt = 1230 \text{ kg/mes}}$$

**Ecuación 1.5.** Cálculo del volumen de la carga mensual a transformar.

- $V_{cm}$ : Volumen de la carga mensual
- $V_{ct}$ : Volumen de la carga a transformar

$$V_{cm} \rightarrow 100\%$$

$$V_{ct} \leftarrow 40\%$$

$$13,059 \text{ m}^3/\text{mes} \rightarrow 100\%$$

$$V_{ct} \leftarrow 40\%$$

$$V_{ct} = 5,224 \text{ m}^3/\text{mes}$$

$$V_{ct} = 5,2 \text{ m}^3/\text{mes}$$

**Ecuación 1.6.** Cálculo del volumen estándar del cilindro de fermentación

$$V_e = \frac{M_{mt}}{D_m}$$

- $D_m$ : Densidad de la muestra de RSO
- $M_{mt}$ : Masa mensual a transformar
- $V_e$ : Volumen estándar

$$V_e = \frac{1230 \text{ kg}}{218 \text{ kg/m}^3}$$

$$V_e = 5,6 \text{ m}^3$$

Seguidamente para obtener el valor adecuado para el dimensionamiento del volumen a utilizar en el diseño del cilindro de fermentación se hace necesario conocer el valor del producto agregado (aserrín en viruta de pino) para que el producto final tenga las mejores condiciones de preparación, para ello se añade una cantidad en kg de aserrín, este producto permite mayor homogenización de los residuos sólidos por tanto mayor eficiencia en el proceso; para el cálculo de los kg se tiene la siguiente ecuación:

**Ecuación 1.7.** Cálculo de la masa de aserrín a añadir diaria.

- *Mad*: Masa de aserrín a añadir diaria
- *Mdt*: Masa diaria a transformar
- 1/10: Parte de aserrín a añadir

$$Mad = Mdt * \frac{1}{10}$$

$$Mad = 82 \text{ kg} * \frac{1}{10}$$

$$\mathbf{Mad = 8,2 \text{ kg}}$$

**Ecuación 1.8.** Cálculo de la masa de aserrín a añadir mensual.

- *Mam*: Masa de aserrín a añadir mensual
- *Mmt*: Masa mensual a transformar
- 1/10: Parte de aserrín a añadir

$$Mam = Mmt * \frac{1}{10}$$

$$Mam = 1230 \text{ kg} * \frac{1}{10}$$

$$\mathbf{Mam = 123 \text{ kg}}$$

Una vez obtenidos los valores de la masa de aserrín a añadir diaria y mensual se hace necesario calcular el volumen de aserrín a añadir por día y por mes (Tchobanoglous, 1994 citado en Guerrero, 2013).

**Ecuación 1.9.** Cálculo del volumen de aserrín a añadir.

- *Ma*: Masa del aserrín
- *Da*: Densidad del aserrín
- *Va*: Volumen del aserrín

$$Va = \frac{Ma}{Da}$$

$$Va = \frac{1 \text{ kg}}{167 \text{ kg/m}^3}$$

$$Va = 0,0059 \text{ m}^3$$

$$Va = 0,006 \text{ m}^3$$

**Ecuación 1.10.** Cálculo del volumen de aserrín a añadir diaria.

- $Ma$ : Masa del aserrín
  - $Va$ : Volumen del aserrín
  - $Mad$ : Masa de aserrín a añadir diaria
  - $Vad$ : Volumen de aserrín a añadir diario
- $$Va \leftarrow Ma$$
- $$Vad \leftarrow Mad$$
- $$0,006 \text{ m}^3 \leftarrow 1 \text{ kg}$$
- $$Vad \leftarrow 8,2 \text{ kg}$$

$$Vad = 0,0492 \text{ m}^3$$

$$Vad = 0,05 \text{ m}^3$$

**Ecuación 1.11.** Cálculo del volumen de aserrín a añadir mensual.

- $Ma$ : Masa del aserrín
  - $Va$ : Volumen del aserrín
  - $Mam$ : Masa de aserrín a añadir mensual
  - $Vam$ : Volumen de aserrín a añadir mensual
- $$Va \leftarrow Ma$$
- $$Vam \leftarrow Mam$$
- $$1 \text{ kg} \leftarrow 0,006 \text{ m}^3$$
- $$123 \text{ kg} \leftarrow Vad$$
- $$Vam = 0,738 \text{ m}^3$$

$$Vam = 0,7 \text{ m}^3$$

Una vez obtenido el volumen del aserrín a añadir mensual, debe sumarse con el volumen de la carga mensual a transformar los cuales van a mezclarse, y así obtener el volumen útil del cilindro de fermentación. (Tchobanoglous, 1994 citado en Guerrero, 2013)

**Ecuación 1.12.** Cálculo del volumen útil del cilindro de fermentación.

$$Vucf = Vam + Vct$$

- $Vucf$ : Volumen útil del cilindro de fermentación
  - $Vam$ : Volumen de aserrín a añadir mensual
  - $Vct$ : Volumen de la carga a transformar
- $$Vucf = 0,7 \text{ m}^3 + 5,2 \text{ m}^3$$
- $$Vucf = 5,9 \text{ m}^3$$

Posteriormente se toma un valor 5% como factor de seguridad para hallar el volumen real, factor utilizado para el dimensionamiento del cilindro de fermentación:

**Ecuación 1.13.** Cálculo del volumen real del cilindro de fermentación.

$$Vrcf = Vucf + (Vu * Fs)$$

- *Vrcf*: Volumen real del cilindro de fermentación
- *Vucf*: Volumen útil del cilindro de fermentación
- *Fs*: Factor de seguridad

$$Vrcf = 5,9 m^3 + (5,9 m^3 * 0,05)$$

$$Vrcf = 6,195 m^3$$

$$Vrcf = 6,2 m^3$$

Como se desea conocer no solo el volumen real sino el diámetro y la altura del cilindro de fermentación se hace necesario utilizar la fórmula del volumen del cilindro, con el objetivo de obtener los dos datos anteriores para así saber las dimensiones específicas del cilindro de fermentación cuyo componente es fundamental para comenzar el proceso de compostaje adecuado.

**Ecuación 1.14.** Cálculo del diámetro y la altura del cilindro de fermentación.

$$Vc = \pi * r^2 * h$$

- *Vci*: Volumen del cilindro
- $\pi$ : *Pi*
- *r*: Radio del cilindro
- *d*: Diámetro del cilindro
- *h*: Longitud de la altura del cilindro

$$Vc = \pi * \left(\frac{d}{2}\right)^2 * h$$

$$Vc = \pi * \frac{d^2}{4} * h$$

Igualamos *Vrcf* y *Vc*

$$Vrcf = Vci$$

En este punto se hace el cálculo por tanteo y trabajando con una tabla de valores para  $d$  y  $h$ , para encontrar las dimensiones óptimas para el cilindro de fermentación y cuya tabla de valores se muestra a continuación:

**Tabla 19.** Dimensiones del cilindro de fermentación.

Ítem	Diámetro (m)	Radio (m)	Altura (m)	Volumen (m <sup>3</sup> )
1	1,00	0,50	2,00	1,57
2	1,10	0,55	2,10	2,00
3	1,20	0,60	2,20	2,49
4	1,30	0,65	2,30	3,05
5	1,40	0,70	2,40	3,69
6	1,50	0,75	2,50	4,42
6	1,60	0,80	2,50	5,03
<b>8</b>	<b>1,63</b>	<b>0,815</b>	<b>2,50</b>	<b>5,2</b>
9	1,69	0,845	2,50	5,6
10	1,70	0,85	2,50	5,67
11	1,73	0,865	2,50	5,88
12	1,70	0,85	2,60	5,90
<b>13</b>	<b>1,74</b>	<b>0,87</b>	<b>2,60</b>	<b>6,2</b>

**Fuente:** Autores del proyecto.

**Nota:** Los valores seleccionados en la tabla 6 sobre las dimensiones del cilindro de fermentación, hacen referencia al volumen de la carga a transformar ( $V_{ct} = 5,2 \text{ m}^3$ ) que está enmarcado con rojo y el volumen real del cilindro de fermentación ( $V_{rcf} = 6,2 \text{ m}^3$ ) que tiene el color verde, el cual será el volumen a tener en cuanto para el diseño del cilindro para el proceso de fermentación, que tiene unas dimensiones establecidas como su diámetro ( $d = 1,74 \text{ m}$ ) y su longitud de altura ( $h = 2,6 \text{ m}$ ) fundamentales para la estructuración del cilindro.

Cabe aclarar que el cilindro de fermentación se dividió en dos cilindros para que haya una mejor transformación de los residuos y no involucre interrupciones en el proceso de transformación, para cuyo caso se tomó la decisión de manejar las mismas medidas para estos.

**5.3.2 Volumen de bandeja de maduración.** Esta sección se dimensionó con base al porcentaje de reducción de los materiales orgánicos compostables luego de pasar por el proceso de fermentación, en él se produce la evaporación de gases como CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, NH<sub>3</sub> y SO<sub>4</sub>. Según (Muñoz, 2008), la materia compostable sufre una reducción en volumen entre (30–50) % dependiendo del tipo de material y su contenido de humedad; teniendo en cuenta este concepto, debido a que se tomó como referencia el menor valor para el cálculo de las dimensiones de la bandeja de maduración y se aplicó el factor de seguridad de 10%.

**Tamaño de la partícula:** Según (Tchobanoglous, 1994 citado en Guerrero, 2013) se recomienda el tamaño de la partícula sea entre 25-27 mm valores que equivalen al 30 y 50%, tomando para este proyecto el porcentaje más bajo el cual corresponde al 30% y se estableció un tamaño para la partícula del residuo sólido orgánico de 40 mm, con el fin de optimizar el proceso de compostaje.

**Ecuación 1.15.** Cálculo del porcentaje del tamaño de la partícula.

- *T<sub>pe</sub>*: Tamaño de la partícula estándar
- *T<sub>pt</sub>*: Tamaño de la partícula a trabajar
- *%T<sub>p</sub>*: Porcentaje de tamaño de la partícula

$$T_{pe} \rightarrow 100\%$$

$$T_{pt} \rightarrow X$$

$$25 \text{ mm} \rightarrow 30\%$$

$$40 \text{ mm} \rightarrow X$$

$$\%T_p = 48\%$$

**Ecuación 1.16.** Cálculo del porcentaje de reducción del tamaño de la partícula.

$$\%rp = \%Tpt - \%Tpe$$

- $\%rp$ : Porcentaje de reducción de la partícula
- $\%Tpt$ : Porcentaje de tamaño de la partícula a trabajar
- $\%Tpe$ : Porcentaje de tamaño de la partícula estándar

$$\%rp = 48\% - 30\%$$

$$\%rp = \mathbf{18\%}$$

**Ecuación 1.17.** Cálculo de la masa diaria a reducir.

$$Md \rightarrow 100\%$$

- $Md$ : Masa diaria
- $Mdr$ : Masa diaria a reducir
- $\%rp$ : Porcentaje de reducción de la partícula

$$Mdr \leftarrow \%rp$$

$$82 \text{ kg} \rightarrow 100\%$$

$$Mdr \leftarrow 18\%$$

$$Mdr = 14,76 \text{ kg}$$

$$Mdr = 15 \text{ kg}$$

**Ecuación 1.18.** Cálculo de la masa reducida por carga diaria.

$$Mrd = Md - Mdr$$

$$Mrd = 82 \text{ kg} - 15 \text{ kg}$$

- $Md$ : Masa diaria
- $Mdr$ : Masa diaria a reducir
- $Mrd$ : Masa reducida diaria

$$\mathbf{Mrd = 67 \text{ kg}}$$

**Ecuación 1.19.** Cálculo de la masa mensual a reducir.

$$Mmt \rightarrow 100\%$$

- $Mmt$ : Masa diaria a transformar
- $\%rp$ : Porcentaje de reducción de la partícula
- $Mmr$ : Masa mensual a reducir

$$Mmr \leftarrow \%rp$$

$$1230 \text{ kg} \rightarrow 100\%$$

$$Mmr \leftarrow 18\%$$

$$Mmr = 221,4 \text{ kg}$$

**Ecuación 1.20.** Cálculo de la masa reducida por carga mensual.

$$Mrm = Mmt - Mmr$$

- *Mmt*: Masa diaria a transformar
- *Mmr*: Masa mensual a reducir
- *Mrm*: Masa reducida mensual

$$Mrm = 1230 \text{ kg} - 221,4 \text{ kg}$$

$$Mrm = 1008,6 \text{ kg}$$

$$Mrm = 1009 \text{ kg}$$

**Ecuación 1.21.** Cálculo del volumen útil reducido de la bandeja de maduración.

$$Vubm = Vucf - (Vucf * \%r)$$

- *Vubm*: Volumen útil de la bandeja de maduración
- *Vucf*: Volumen útil del cilindro de fermentación
- *\%r*: Porcentaje de reducción

$$Vubm = 5,2 \text{ m}^3 - (5,2 \text{ m}^3 * 0,18)$$

$$Vubm = 4,838 \text{ m}^3$$

$$Vubm = 4,84 \text{ m}^3$$

**Ecuación 1.22.** Cálculo del volumen real de la bandeja de maduración.

$$Vrbm = Vubm + (Vubm * Fs)$$

- *Vrbm*: Volumen real de la bandeja de maduración
- *Vubm*: Volumen útil de la bandeja de maduración
- *Fs*: Factor de seguridad

$$Vrbm = 4,84 \text{ m}^3 + (4,84 \text{ m}^3 * 0,05)$$

$$Vrbm = 5,082 \text{ m}^3$$

$$Vrbm = 5,1 \text{ m}^3$$

**Ecuación 1.23.** Cálculo de la altura de la bandeja de maduración.

$$V_{cu} = l * a * h$$

- $V_{cu}$ : Volumen del cubo
- $l$ : Longitud del cubo
- $a$ : Anchura del cubo
- $h$ : Altura del cubo

Igualemos  $V_{rbm}$  y  $V_{cu}$

$$V_{rbm} = V_{cu}$$

Despejamos  $h$

$$V_{rbm} = l * a * h$$

$$h = \frac{V_{rbm}}{l * a}$$

$$h = \frac{5,1 \text{ m}^3}{2,6 \text{ m} * 1,74 \text{ m}}$$

$$h = 1,1273 \text{ m}$$

$$\mathbf{h = 1,13 \text{ m}}$$

El valor calculado hace referencia a la altura ( $h = 1,13 \text{ m}$ ) de la bandeja de maduración acompañado de la longitud ( $l = 2,6 \text{ m}$ ) y la anchura ( $a = 1,74 \text{ m}$ ) dimensiones a tener en cuenta para el diseño de la bandeja para el proceso de maduración del material resultante de la fermentación.

Debido a que los cilindros de fermentación llevaran perforaciones al costado de estos y que la longitud de cada una de las tolvas o drenes es de 20 cm (0,2 m), debido a que son dos drenes el

valor total es de 40 cm (0,4 m), se procede a realizar las siguientes operaciones con el fin de mantener el volumen real de la bandeja de maduración:

**Ecuación 1.23.** Cálculo de la altura real de la bandeja de maduración.

- *Vrbm*: Volumen real de la bandeja de maduración
- *lr*: Longitud real de la bandeja
- *a*: Anchura de la bandeja
- *hr*: Altura real de la bandeja
- *l*: Longitud de la bandeja
- *lds*: Longitud de los drenes del cilindro

$$Vrbm = lr * a * hr$$

$$Vrbm = (l - lds) * a * hr$$

Despejamos *hr*

$$Vrbm = lr * a * hr$$

$$hr = \frac{Vrbm}{(l - lds) * a}$$

$$hr = \frac{5,1 m^3}{(2,6 m - 0,4 m) * 1,74 m}$$

$$hr = 1,3323 m$$

$$hr = 1,33 m$$

Cabe aclarar que la bandeja de maduración se dividió en dos bandejas para que haya una mejor descomposición de los residuos sólidos orgánicos (frutas y verduras) y se acelere el proceso de maduración, para cuyo caso se tomó la decisión de manejar las mismas medidas para estas.

**5.3.3 Volumen de reservorio de lixiviados.** Esta sección se dimensiono con base el volumen del material compostable, el porcentaje de humedad del mismo y el porcentaje de absorción del aserrín adicionado, el porcentaje de evaporación por calentamiento en el biorreactor para el compostaje. Las ecuaciones de dimensionamiento se ven a continuación (Tchobanoglous, 1994 citado en Guerrero, 2013)

**Ecuación 1.24.** Cálculo del volumen de agua del material compostable.

$$V_{amc} = V_{mc} * \%h$$

- $V_{amc}$ : Volumen de agua del material compostable
- $V_{mc}$ : Volumen del material compostable
- $\%h$ : Porcentaje de humedad

$$V_{amc} = 5,9 \text{ m}^3 * 0,7$$

$$\mathbf{V_{amc} = 4,13 \text{ m}^3}$$

Convertimos los  $\text{m}^3$  a L

$$4,13 \text{ m}^3 * \frac{1000 \text{ L}}{1 \text{ m}^3} = 4130 \text{ L}$$

$$V_{amc} = 4130 \text{ L}$$

**Ecuación 1.25.** Cálculo del volumen útil del reservorio de lixiviados.

$$V_{url} = V_{amc} * (1 - \%ms) * (1 - \%e)$$

- $V_{url}$ : Volumen útil del reservorio
- $V_{amc}$ : Volumen de agua del material
- $\%ms$ : Porcentaje de masa seca del material
- $\%e$ : Porcentaje de evaporación

$$V_{url} = 4,13 \text{ m}^3 * (1 - 0,6) * (1 - 0,85)$$

$$V_{url} = 0,2478 \text{ m}^3$$

$$\mathbf{V_{url} = 0,248 \text{ m}^3}$$

Convertimos los  $\text{m}^3$  a L

$$0,248 \text{ m}^3 * \frac{1000 \text{ L}}{1 \text{ m}^3} = 248 \text{ L}$$

$$V_{url} = 248 \text{ L}$$

**Ecuación 1.26.** Cálculo del volumen real del reservorio de lixiviados.

$$V_{rrl} = V_{url} + (V_{url} * F_s)$$

- $V_{rrl}$ : Volumen real del reservorio de lixiviados
- $V_{url}$ : Volumen útil del reservorio de lixiviados
- $F_s$ : Factor de seguridad

$$V_{rrl} = 0,248 \text{ m}^3 + (0,248 \text{ m}^3 * 0,1)$$

$$V_{rrl} = 0,2728 \text{ m}^3$$

$$V_{rrl} = 0,27 \text{ m}^3$$

Convertimos los  $\text{m}^3$  a L

$$0,27 \text{ m}^3 * \frac{1000 \text{ L}}{1 \text{ m}^3} = 270 \text{ L}$$

$$V_{rrl} = 270 \text{ L}$$

**Ecuación 1.27.** Cálculo de la altura del reservorio de lixiviados.

- $V_{cu}$ : Volumen del cubo
- $l$ : Longitud del cubo
- $a$ : Anchura del cubo
- $h$ : Altura del cubo

$$V_{cu} = l * a * h$$

Igualemos  $V_{rbm}$  y  $V_{cu}$

$$V_{rrl} = V_{cu}$$

Despejamos  $h$

$$V_{rrl} = l * a * h$$

$$h = \frac{V_{rrl}}{(l - (l_{rbm} + (l_{rbm} * F_s))) * a}$$

$$h = \frac{0,27 \text{ m}^3}{(2,6 \text{ m} - (2,2 \text{ m} + (2,2 \text{ m} * 0,06))) * 1,74 \text{ m}}$$

$$h = 0,9821 \text{ m}$$

$$h = 1 \text{ m}$$

El valor calculado hace referencia a la altura ( $h = 1 \text{ m}$ ) del reservorio de lixiviados acompañado de la longitud ( $l = 0,16 \text{ m}$ ) y la anchura ( $a = 1,74 \text{ m}$ ) dimensiones a tener en cuenta para el diseño del reservorio para el almacenamiento de los lixiviados generados en el proceso de fermentación, la longitud tendrá modificaciones a razón de que se dividirá el almacenamiento de los lixiviados en dos por lo tanto cada bandeja contará con una longitud de  $0,08 \text{ m}$ .

**5.3.4 Dimensionamiento.** En el desarrollo del diseño de la alternativa tecnológico ambiental se seleccionó el tipo de compostador eléctrico convencional por las características físicas de los residuos sólidos orgánicos para su transformación y dentro de las cuales se tuvieron en cuenta las siguientes:

- Flujo semicontinuo, debido a que se recargará el compostador aproximadamente cada 24 horas durante toda la semana incluyendo del día lunes hasta el sábado.
- De media tecnología, el cual sería estructurado con materiales de menos costo y con un sistema fotovoltaico como fuente de energía limpia y renovable.
- Pretratamiento, para la reducción del tamaño de los residuos sólidos orgánicos (frutas y verduras), a través de paletas picadoras incorporadas dentro de la etapa de fermentación.

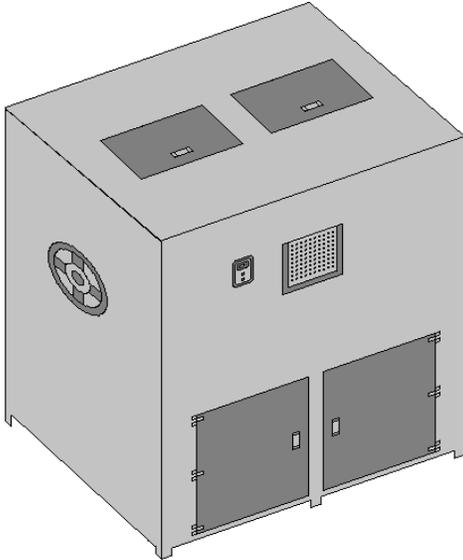


Figura 22. Compostador.

Fuente: Autores del proyecto.

### **Ventajas**

- ✓ Fácil operación.
- ✓ Tratamiento de un amplio porcentaje de residuos.
- ✓ Ahorro de energía.
- ✓ Reducción de residuos.

### **Desventajas**

Elevado costo económico

### **Cálculo de la estructura del compostador eléctrico convencional:**

Largo del compostador = 3,80 m

Ancho del compostador = 2,60 m

Profundidad del compostador = 3,70 m

Compostador que tiene como primer componente un cilindro para el llenado posteriormente el triturado y secado del material vegetal con un armazón de acero inoxidable para el revestimiento del mismo, además que está compuesto por una bandeja de maduración y bandeja de reservorio de lixiviados, es el compostador propuesto a desarrollarse en el diseño como alternativa tecnológico ambiental, debido a sus características y dimensiones respectivas.

**5.3.4.1 Dimensiones del cilindro de fermentación.** En base a la caracterización realizada en el Conjunto Comercial Centro Mercado se calculó el volumen de la carga diaria a transformar la cual es de 0,4 m<sup>3</sup>/día, partiendo de este valor se obtienen los siguientes volúmenes correspondientes al cilindro de fermentación:

**Tabla 20.** *Volúmenes correspondientes al cilindro de fermentación.*

VOLUMEN	ECUACIÓN	RESULTADO (m <sup>3</sup> )
Carga mensual a transformar	1.5	5,2
Aserrín a añadir mensual	1.11	0,7
Útil	1.12	5,9
Real	1.13	6,2

**Fuente:** Autores del proyecto.

El cilindro de fermentación cuenta con unas dimensiones en cuanto a su longitud de 2,6 mydiámetro (altura) de 1,74 m. Cabe aclarar que el cilindro de fermentación tendrá

modificaciones en cuanto a su longitud debido a que se trabajará con dos cilindros con unas medidas de 1,3 m cada uno para que no haya interrupciones en el proceso de fermentación y tenga un flujo constante, lo que facilitará el mezclado y triturado diario.

**5.3.4.2 Dimensiones de la bandeja de maduración.** Aplicando la Ecuación 1.22, se obtiene como resultado:  $5,1 \text{ m}^3$ . Esta bandeja cuenta con dimensiones con una longitud de 2,6 m inicialmente, pero debido a que llevará perforaciones u orificios el cilindro de fermentación con una longitud de 0,4 m se reducirá a 1,1 m que será su longitud final y real, su anchura no cambiara y es de 1,74 m, totalmente distinto a la altura que vendría siendo de 1,33 m.

**5.3.4.3 Dimensiones del reservorio de lixiviados.** Aplicando la Ecuación 1.25, se obtiene como resultado:  $0,248 \text{ m}^3$ ; que sería el volumen útil, aplicando el factor de seguridad (Ecuación 1.26) se obtiene como volumen real:  $0,27 \text{ m}^3$ , el reservorio tiene unas dimensiones en cuanto a su longitud de 0,16 m esta medida se dividirá en dos lo que arroja como resultado 0,08 m, anchura de 1,74 m y altura de 1 m.

**5.3.5 Identificación de espacios.** Para la realización de esta actividad se hizo necesario ir al área de estudio la cual fue el Conjunto Comercial Centro Mercado, con el fin de seleccionar el sitio apropiado, para así vincular el espacio suficiente con iluminación y ventilación natural favorable donde no exista acumulación de contaminantes tóxicos o inflamables en el que pueda haber una atmósfera deficiente de oxígeno, además se tuvo en cuenta que debía tratarse de un emplazamiento seguro que no presente un factor de riesgo, ni para las personas, ni para los

trabajados y dueños de los locales en el conjunto comercial. A continuación, se dan a conocer las dos opciones que se identificaron para el emplazamiento de la alternativa tecnológico ambiental:

### Opción 1.



### Opción 2.



Figura 23. Espacios identificados para la ubicación del compostador.

Fuente: Autores del proyecto.

## 5.4 Parámetros de la alternativa tecnológico ambiental

### 5.4.1 Factores de diseño

Los siguientes son los aspectos a tener en cuenta en el diseño del compostador eléctrico convencional.

#### Factores físicos

Localización, la ubicación se tendrá en cuenta el lugar donde sea de fácil acceso de la materia prima, mantenimiento y disponibilidad de espacio.

Climáticos dentro de estos aspectos están las temperaturas máximas y mínimas, la intensidad solar.

Vías de acceso.

**Factores de construcción**

El procedimiento o las técnicas de construcción empleadas tendrán que cumplir aspectos de soporte, durabilidad, anticorrosión; el cual permita que los procesos se lleven a cabo de manera adecuada y brinden un producto final esperado.

**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 el compostador se diseñará para el tratamiento de residuos orgánicos producidos por el sector comercial.

**Selección del sitio de diseño**

Debe ser de acceso fácil durante todo el año.

Verificar de no estar expuesto a fuertes y continuas precipitaciones.

Evitar áreas de posibles inundaciones.

Se debe evitar terrenos inestables y con pendientes altas.

Debe procurarse un sitio con bastante insolación.

**Factores químicos**

Debido que el proceso de compostaje se lleva a cabo por microorganismos, se es indispensable la determinación de los parámetros que promueven el crecimiento y reproducción de los mismos; entre ellos se resaltan la relación Carbono/Nitrógeno, Temperatura, pH, aireación

y humedad. Los procesos llevados a cabo dependen en cierta medida de las condiciones brindadas para su desarrollo y los materiales a utilizar para la producción del compostaje.

### **Relación Carbono/Nitrógeno (C/N)**

Para obtener un proceso de compostaje en condiciones óptimas se hace necesario mantener una relación de carbono/ nitrógeno ideal. Para ello se toma el rango de entre 20 y 25 de carbono por 1 de nitrógeno; para llegar a esta relación se hace necesaria realizar la mezcla de los residuos sólidos orgánicos de origen vegetal con aquellos ricos en carbono, en este caso se utilizará el aserrín por su fácil uso y adquisición. (Tchobanoglous, 1994; Román, Martínez y Pantoja, 2013)

### **Humedad**

La humedad óptima para el compost se sitúa alrededor del 55%, aunque varía dependiendo del estado físico y tamaño de las partículas, así como del sistema empleado para realizar el compostaje. Si la humedad baja por debajo de 45%, disminuye la actividad microbiana, sin dar tiempo a que se completen todas las fases de degradación, causando que el producto obtenido sea biológicamente inestable. Si la humedad es demasiado alta (>60%) el agua saturará los poros e interferirá la oxigenación del material. (Román, Martínez y Pantoja, 2013)

En procesos en que los principales componentes sean substratos tales como aserrín, astillas de madera, paja y hojas secas, la necesidad de riego durante el compostaje es mayor que en los

materiales más húmedos, como residuos de cocina, hortalizas, frutas y cortes de césped. El rango óptimo de humedad para compostaje es del 45% al 60% de agua en peso de material base.

(Román, Martínez y Pantoja, 2013)

### **Oxígeno**

El compostaje es un proceso aerobio y se debe mantener una aireación adecuada para permitir la respiración de los microorganismos, liberando a su vez, dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ). Así mismo, la aireación evita que el material se compacte, las necesidades de oxígeno varían durante el proceso, alcanzando la mayor tasa de consumo durante la fase termofílica. La saturación de oxígeno en el medio no debe bajar del 5%, siendo el nivel óptimo el 10%. Un exceso de aireación provocaría el descenso de temperatura y una mayor pérdida de la humedad por evaporación, haciendo que el proceso de descomposición se detenga por falta de agua; una baja aireación, impide la suficiente evaporación de agua, generando exceso de humedad y un ambiente de anaerobiosis el cual produce entonces malos olores y acidez por la presencia de compuestos como el ácido acético, ácido sulfhídrico ( $\text{H}_2\text{S}$ ) o metano ( $\text{CH}_4$ ) en exceso. Debido a esto se hace necesario que el porcentaje de aireación se encuentre entre un 5% - 15% Rango ideal. (Román, Martínez y Pantoja, 2013)

## **Temperatura**

Este parámetro se puede controlar automáticamente mediante el sistema electrónico automatizado ARDUINO. La temperatura tiene un amplio rango de variación en función de la fase del proceso. El compostaje inicia a temperatura ambiente y puede subir hasta los 65°C sin necesidad de ninguna actividad antrópica (calentamiento externo), para llegar nuevamente durante la fase de maduración a una temperatura ambiente. Es deseable que la temperatura no decaiga demasiado rápido, debido que, a mayor temperatura y tiempo, mayor es la velocidad de descomposición y mayor higienización.

Los rangos a trabajar durante las fases de transformación de la materia prima a compostaje se detallan a continuación:

Fase de latencia y crecimiento: 15-45° C.

Fase termófila: 45-70° C.

Fase de maduración: inferior a los 40° C.

## **PH**

En los primeros estadios del proceso, el pH se acidifica por la formación de ácidos orgánicos. En la fase termófila, debido a la conversión del amonio en amoníaco, el pH sube y se alcaliniza el medio, para finalmente estabilizarse en valores cercanos al neutro.

El pH define la supervivencia de los microorganismos y cada grupo tiene pH óptimos de crecimiento y multiplicación. La mayor actividad bacteriana se produce a pH 6,0 - 7,5, mientras

que la mayor actividad fúngica se produce a pH 5,5-8,0. El rango ideal es de 5,8 a 7,2. (Román, Martínez y Pantoja, 2013)

#### 5.4.2 Parámetros básicos de funcionamiento

Estos sirven para el funcionamiento operacional de los procesos aerobios:

**Tabla 21.** Aspectos climáticos de Ocaña.

Parámetro	Cantidad	Promedio
Temperatura		23°C
Insolación		5,8h/día
Humedad		45,6%
Precipitación	215,9 mm	
Presión	888,1 hPa	

**Fuente:** Bayona y Lozano, 2018.

Teniendo en cuenta las condiciones meteorológicas de Ocaña, se tendrá como referencia la temperatura y el tiempo de insolación, debido a que estos dos parámetros serán los necesarios para el proceso de transformación de los residuos sólidos orgánicos mediante la utilización del compostador eléctrico convencional.

**Nota:** Con lo referente a las dos opciones que se identificaron (figura 22) en el recorrido que se llevó a cabo por el Conjunto Comercial Centro Mercado del municipio de Ocaña, Norte de Santander, y teniendo en cuenta los factores de diseño y los parámetros básicos de funcionamiento se analizaron las características físicas, de elaboración, entre otras y se

determinó que la mejor opción sobre el espacio para la ubicación del compostador eléctrico convencional es la número 2, por lo que cumple con las anteriores características mencionadas.

**Tiempo de retención hidráulica.** El tiempo de retención de material seco varía dependiendo de la temperatura y el % de remoción de agentes volátiles que se dan en los residuos sólidos orgánicos, por el cual se dispuso de un tiempo de 30 días para que haya una mayor acción de los procesos aerobios en el compostador, en lo cual se dispondrá de más cantidad de compost que se genera en el proceso.

En la tabla 21 se darán a conocer las características principales de los residuos que se van a disponer en el compostador, debido a que esto nos 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 producirá compost.

**Tabla 22.** 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 citado en Bayona y Lozano, 2018.

En la figura 23 se tiene el diagrama de flujo donde se muestra el desarrollo del sistema de tratamiento, en el cual se tendrán en las siguientes etapas de procesos a desarrollarse.

1. Recolección de residuos sólidos: se realiza recolección de los residuos sólidos de origen vegetal en cada local de trabajo.

2. Pesaje de Residuos: Se hará uso de una balanza digital para ejecución del proceso de pesado.

3. Transporte: ya pasado el proceso de pesado se transportan directamente al cilindro de maduración.

4. Cilindro de Fermentación: Etapa en la cual se realizan los procesos de llenado, triturado y secado de residuos.

5. Bandeja de Maduración: se disponen los residuos pasado el proceso de fermentación, para dar inicio a la etapa de maduración del compostaje.

6. Reservorio de Lixiviados: estructura en la cual se recolectan los residuos líquidos (lixiviados), resultado de la descomposición de los residuos sólidos orgánicos de origen vegetal.

### 5.4.3 Diagrama de flujo del sistema de tratamiento

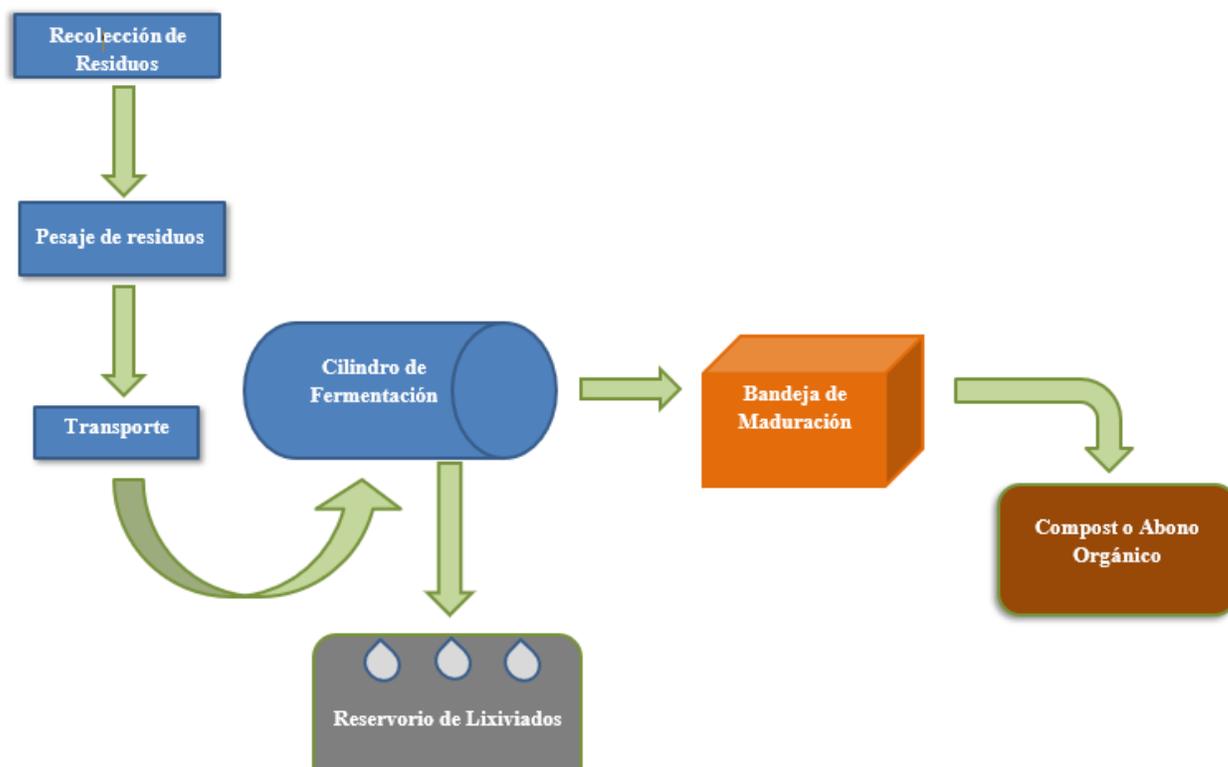


Figura 24. Sistema formulado de digestión aerobia.

Fuente: Autores del proyecto.

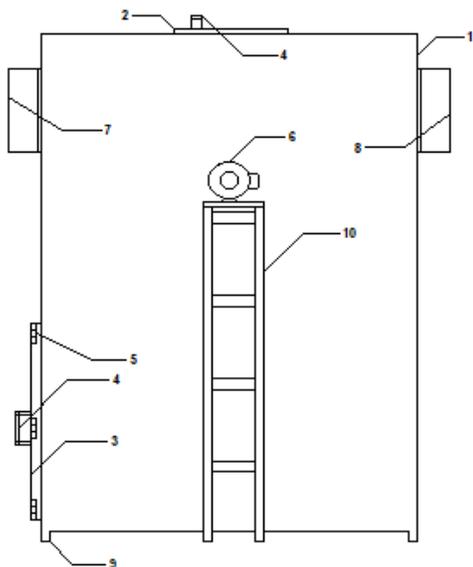
## 5.5 Componentes del compostador eléctrico convencional

Una vez definidos los volúmenes de cada una de las bandejas que conforman el compostador, se procedió a dimensionar y establecer los componentes mecánicos para la funcionalidad, con el fin de realizar un proceso idóneo bajo condiciones controladas.

El material de construcción se plantea en acero inoxidable debido a su fácil manipulación, resistencia a la oxidación, capacidad portante, entre otros aspectos.



## VISTA DERECHA:



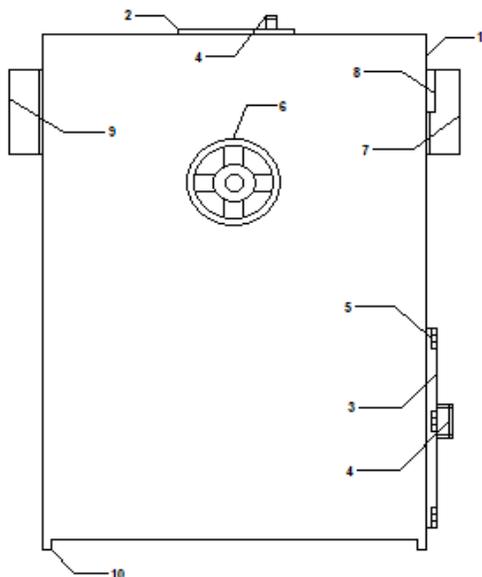
## COMPONENTES:

- 1) Carcaza exterior
- 2) Tapa superior
- 3) Tapa inferior
- 4) Manijas
- 5) Bisagras puerta inferior
- 6) Motor de volteo
- 7) Extractor
- 8) Ventilador
- 9) Tubo estructural rectangular
- 10) Estructura de soporte

Figura 26. Esquema del compostador eléctrico convencional, vista derecha.

Fuente: Autores del proyecto adaptado de Guerrero, 2013.

## VISTA IZQUIERDA:



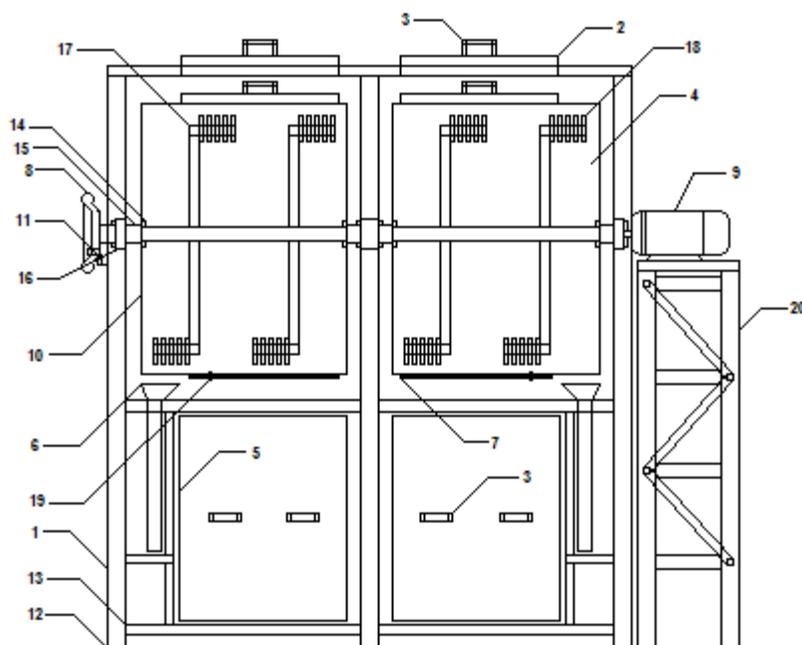
## COMPONENTES:

- 1) Carcaza exterior
- 2) Tapa superior
- 3) Tapa inferior
- 4) Manijas
- 5) Bisagras puerta inferior
- 6) Volante de transferencia
- 7) Extractor
- 8) Control electrónico
- 9) Ventilador
- 10) Tubo estructural rectangular

Figura 27. Esquema del compostador eléctrico convencional, vista izquierda.

Fuente: Autores del proyecto adaptado de Guerrero, 2013.

## VISTA FRONTAL INTERNA:



## COMPONENTES:

- 1) Carcasa exterior
- 2) Tapa superior
- 3) Manijas
- 4) Cilindro de fermentación
- 5) Bandeja de maduración
- 6) Reservorio de lixiviados
- 7) Niquelina
- 8) Volante de transferencia
- 9) Motor de volteo
- 10) Dren de lixiviados
- 11) Restrictor mecánico de giro
- 12) Tubo estructural rectangular
- 13) Guía de bandeja de maduración
- 14) Brida
- 15) Bocín
- 16) Soporte de tubo
- 17) Volteador de acero
- 18) Cuchillas
- 19) Sensor de temperatura
- 20) Estructura de soporte

Figura 28. Esquema del compostador eléctrico convencional, vista interna.

Fuente: Autores del proyecto adaptado de Guerrero, 2013.

A continuación, se muestra los componentes necesarios para la estructuración del compostador eléctrico convencional:

- **Armazón:** se construirá en acero inoxidable de 1,5 mm de espesor. Su forma está diseñada para reducir al máximo la soldadura y unir los lados.; debido a los componentes electrónicos que se implementarán se realizarán aberturas y soldaduras según las necesidades de cada operación. Se instalarán manijas laterales para mejor manipulación, debido a que el acero inoxidable es pesado y necesita de un soporte extra. (Doran, 1998 citado en Guerrero, 2013)

El armazón debe ser hermético para evitar la fuga de olores al exterior y evitar pérdidas de calor, del mismo modo se hace necesario el recubrimiento con fibra de vidrio, resina y poliéster de 1 mm de espesor, con el fin de evitar la transferencia de calor hacia el exterior.

(Doran, 1998 citado en Guerrero, 2013):

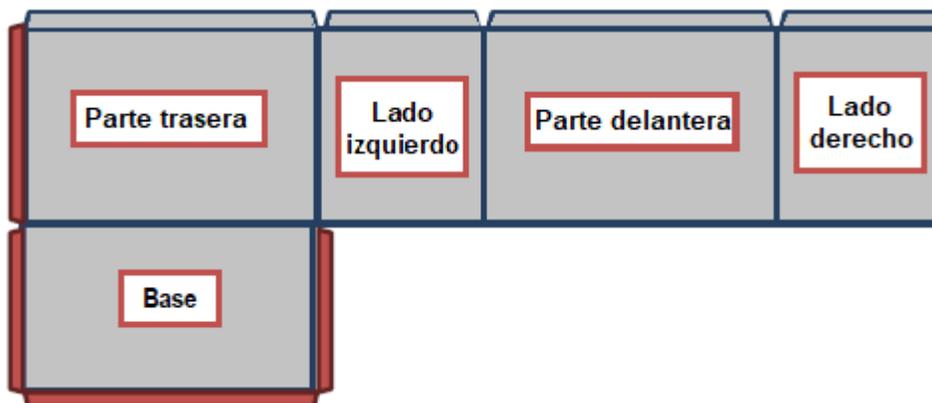


Figura 29. Diseño del armazón para dobleces y soldadura.

Fuente: Autores del proyecto adaptado de Guerrero, 2013.

**Nota:** Las cejas en rojo indican los lados donde se va a realizar la soldadura.

Las medidas establecidas para el dimensionamiento del armazón están especificadas en el Apéndice E. En la figura 29, se da a conocer el armazón de acero inoxidable, en cuanto al recubrimiento interno este será de fibra de vidrio y resina poliéster como aislante térmico.

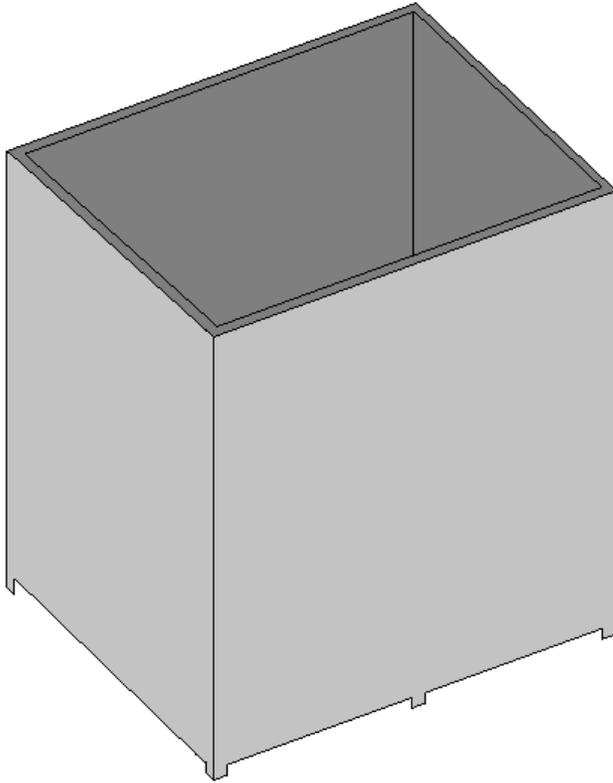


Figura 30. Armazón del compostador eléctrico convencional.

Fuente: Autores del proyecto adaptado de Guerrero, 2013.

**Cilindro de fermentación:** tomando como base para el dimensionamiento del cilindro de fermentación los valores del volumen real obtenido en las ecuaciones anteriormente planteadas, se diseña la bandeja de forma cilíndrica, para sus medidas se muestra la siguiente fórmula

(Doran, 1998 citado en Guerrero, 2013):

$$V \text{ Cilindro} = \pi * r^2 * h$$

A un extremo del cilindro de fermentación se ubicará un drenaje para los lixiviados producidos durante el proceso. Esto se llevará a cabo al realizar perforaciones de manera homogénea con agujeros del tamaño de 10 mm de diámetro para permitir el paso de los lixiviados al reservorio; por otra parte, el cilindro de fermentación va a girar 180° para depositar

el material compostado en la bandeja de maduración ubicada en la parte inferior del cilindro.  
(Doran, 1998 citado en Guerrero, 2013)

En base a la Ecuación 2.16, se determinaron las medidas del cilindro en radio y alto, tal como se ve en el (Apéndice D., Literal h.).

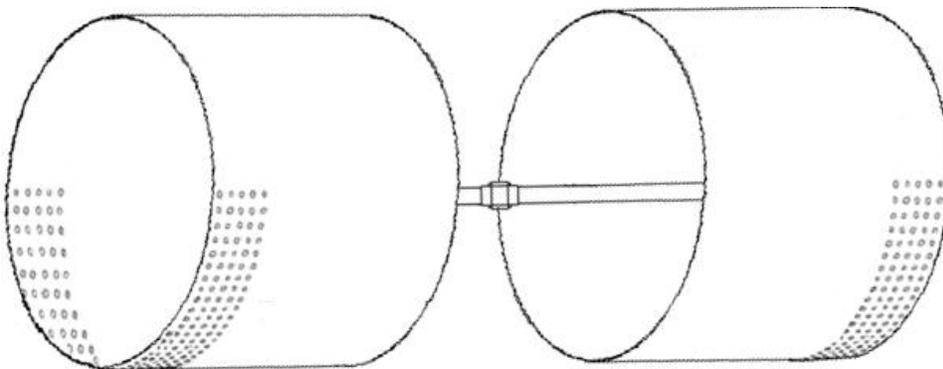


Figura 31. Cilindro de fermentación del compostador eléctrico convencional.

Fuente: Autores del proyecto adaptado de Guerrero, 2013.

**Bandeja de maduración:** con base en las ecuaciones descritas se plantea el dimensionamiento, partiendo del volumen real obtenido, se diseñan y plantean los lados del cubo que vendría siendo la bandeja de maduración. La fórmula empleada determinar las medidas se plantea a continuación (Doran, 1998 citado en Guerrero, 2013):

$$V \text{ Bndaja de maduración} = \text{alto} * \text{largo} * \text{ancho} (m^3)$$

El largo esta dado en base a la altura (h) del cilindro, así mismo el ancho se ajustó al radio (r), el alto se determinará de acuerdo al porcentaje de material de composta. (Doran, 1998 citado en Guerrero, 2013)

En base a la Ecuación 2.17 se determinaron las medidas de la bandeja de maduración, las cuales están especificadas en el (Apéndice D., Literal j.). En la (Figura 3.3) se observan las bandejas de maduración en acero inoxidable y la guía interna que sostiene y dirige a la misma.

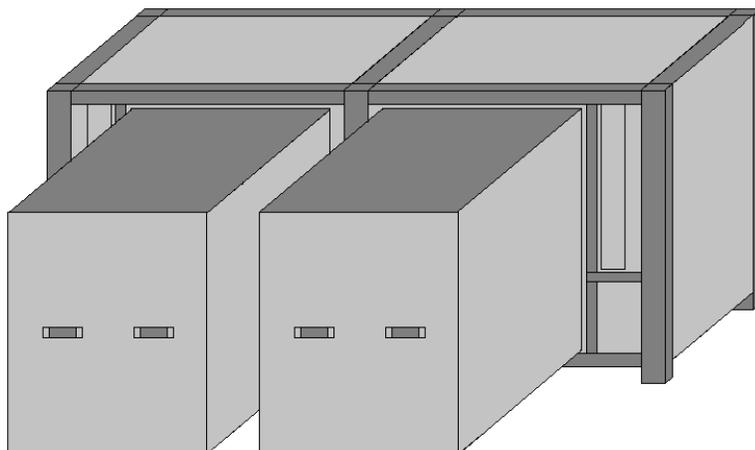


Figura 32. Bandeja de maduración del compostador comercial.

Fuente: Autores del proyecto adaptado de Guerrero, 2013.

**Reservorio de lixiviados:** este se determina por medio del cálculo obtenido de volumen real, posee forma de cubo, ubicado en la parte de debajo de la bandeja de maduración tiene como función principal recolectar los lixiviados producidos durante de proceso de compostaje, este posee un embudo en forma de tolva el cual permite direccionar, evitando que se derrame en la bandeja de maduración; cuenta con una tapa en la parte inferior para extraer los lixiviados generados durante el proceso. (Doran, 1998 citado en Guerrero, 2013)

En base a la Ecuación 2.17 se determinaron las medidas de la bandeja de maduración, las medidas están especificadas en el (Apéndice D., Literal d.). Debido a ajustes de construcción, el

volumen establecido de 1,53 L, se incrementó a 1,56 L. En la (Figura 32) puede observarse a la bandeja de lixiviados que está ubicada a un extremo de la bandeja de maduración, posee una tolva para direccionar los lixiviados hacia el reservorio, éste, a su vez posee un tapón para evacuar los lixiviados generados en el proceso de degradación de los RSO.

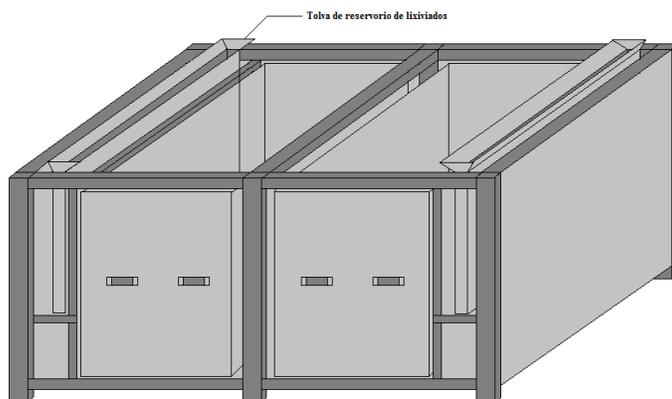


Figura 33. Bandeja de lixiviados del compostador comercial.

Fuente: Autores del proyecto adaptado de Guerrero, 2013.

**Volteador:** consiste en un eje (barra perforada circular figura 34) y paletas en acero inoxidable (ángulos o perfiles estructurales figura 35). Las cuales cumplen la función del volteo del material a compostar. Se fijan al cilindro de forma manual y se ajustan con un seguro atornillable de acero inoxidable. El largo del eje se ajusta al tamaño de la bandeja de fermentación; la distribución de las paletas de volteo está dada según la distancia disponible en la bandeja de fermentación tanto de largo como de ancho, de este modo se ubica cada una de las paletas de volteo. (Doran, 1998 citado en Guerrero, 2013)

Las medidas del volteador y sus paletas se muestran en el (Apéndice D., Literal e.) en la (Figura 33) se muestra al volteador compuesto por sus paletas y cuchillas que se fijan al volteador al cilindro de fermentación.

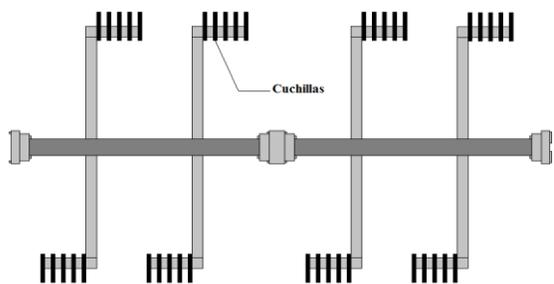


Figura 34. Volteador con cuchillas del compostador comercial.  
Fuente: Autores del proyecto adaptado de Guerrero, 2013.



Figura 35. Barra perforada de acero inoxidable.  
Fuente: Dipac, s.f.

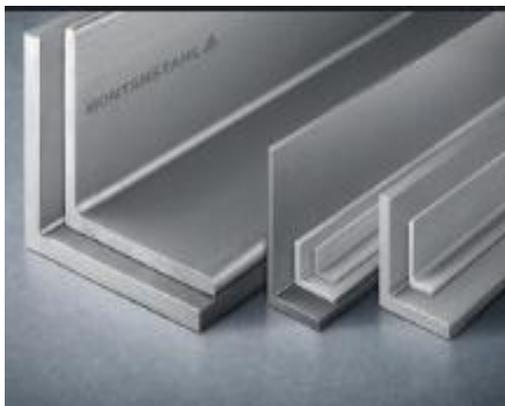


Figura 36. Perfil estructural (ángulo) de acero inoxidable.  
Fuente: Montan Stahl, 2012.



Figura 37. Cuchillas.

Fuente: Solostocks, 2018

**Manijas:** las manijas están dispuestas en las tapas superiores e inferiores del compostador eléctrico convencional para facilitar su manipulación y ayudar al manejo de las bandejas de maduración que se encuentran en la parte inferior del mismo.

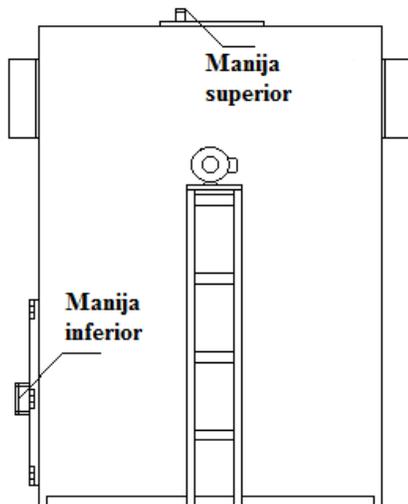


Figura 38. Manijas del compostador comercial.

Fuente: Autores del proyecto adaptado de Guerrero, 2013.

**Motor de volteo:** consiste en un Motor WEG Trifásico 10 HP unido a un bocín y a un juego de bridas para realizar el movimiento del volteador y picador de acero inoxidable.

El motor de volteo y sus dimensiones al igual que sus partes internas de funcionamiento están especificadas en planos, en el (Apéndice D., Literal m.).



Figura 39. Motor de volteo del compostador comercial.

Fuente: Raiker, 2019.



Figura 40. Bridas del compostador comercial.

Fuente: Gestión de compras, 2010.



Figura 41. Bocín del compostador comercial.

Fuente: Valco Industrial, 2018.

**Volante de transferencia:** consiste en un volante unido a la pared del cilindro de fermentación de la izquierda, con el objetivo de hacerla girar y transferir el material compostado a las bandejas de maduración. Este volante se moverá en un solo sentido, el cual contará con un restrictor mecánico de giro, para que el giro de los cilindros de volteo sea de  $180^\circ$ , además que tendrá un seguro del volante de transferencia evitando que los cilindros de fermentación se muevan o volteen cuando se realice la agitación y picado diario de los RSO (frutas y verduras).

Como se muestra en la (Figura 41) está dispuesto el volante de transferencia del material compostable, el cual cumple la función de girar e inmovilizar los cilindros de fermentación durante los volteos diarios.



Figura 42. Volante de transferencia del compostador comercial.

Fuente: Elessa Ganter, 2019.

**Sistema de aireación:** está compuesto por un ventilador y un extractor, ambos generan un flujo de aire constante que permite al material compostable realizar sus procesos oxidativos gracias a los microorganismos aerobios. (Doran, 1998 citado en Guerrero, 2013) El extractor de aire industrial tiene un caudal de aire de 1,7 m<sup>3</sup>/s, teniendo en cuenta que el filtro de carbón activado genera una importante barrera física en el flujo de aire.



Figura 43. Sistema de ventilación del compostador.

Fuente: Mercado libre Colombia, 1999-2020.

**Filtración de olores:** consiste en utilizar filtros de carbón activado pelletizado de concha de coco para retención de olores. Los olores que provienen de la descomposición aeróbica de la materia orgánica tienen un peso molecular muy bajo, por lo que se utiliza el carbón activado de concha de coco, debido a que posee el menor radio de poro dentro de todos los carbones activados que existen en el mercado ( $<10\text{nm}$ ). El tamaño del poro del carbón activado y el tamaño de las partículas a filtrar también influyen en la vida y capacidad de filtración del filtro de carbón activado. (Doran, 1998 citado en Guerrero, 2013)

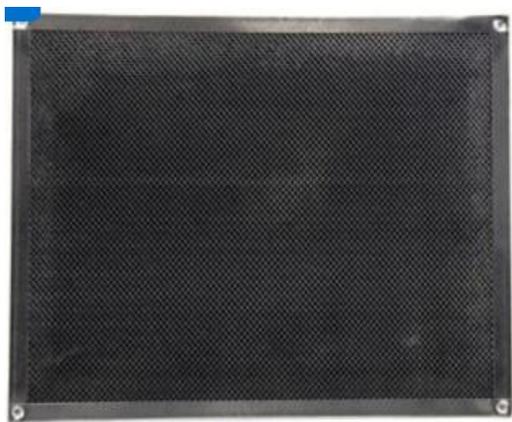


Figura 44. Filtro de carbón activado.

Fuente: Homecenter, 2019.

El sistema de ventilación iría unido a la filtración de olores para evitar escape de malos olores al exterior del compostador eléctrico convencional, este estaría compuesto de un riel para cambiar el filtro de carbón activado cada vez que éste se sature. Desde la parte interna del compostador, está dispuesto el filtro de carbón activado, el ventilador o extractor y una rejilla de protección en el exterior para permitir el flujo de aire y evitar accidentes con las aspas de volteo y picado (Apéndice D., Literal 1.).

**Tapa superior e inferior:** las tapas superior e inferior se realizarían con un cierre hermético para que los olores no se escapen por ninguna abertura originada en las tapas, por lo que es recomendable adicionarle un perfil de caucho magnético. (Doran, 1998 citado en Guerrero, 2013)

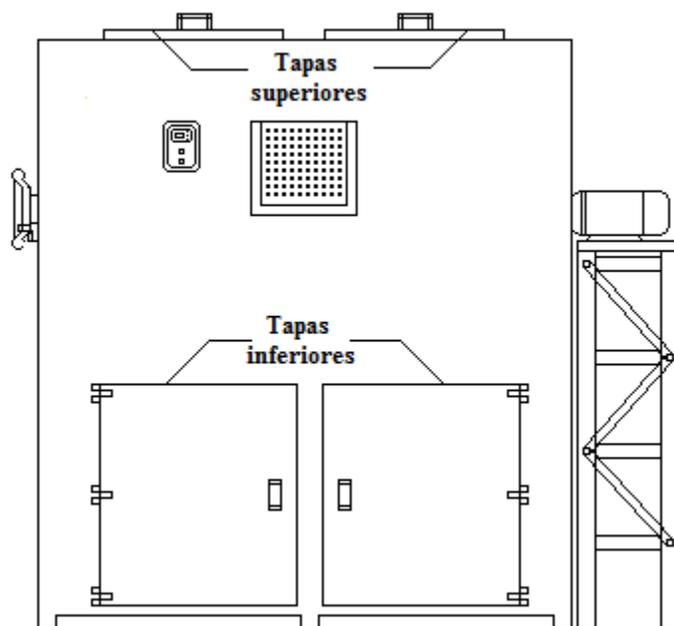


Figura 45. Tapas superiores e inferiores del compostador comercial.

Fuente: Autores del proyecto adaptado de Guerrero, 2013.

**Tubos estructurales rectangulares:** los tubos estructurales rectangulares del compostador eléctrico convencional, estos estarán estáticos, lo que ayudará a que no tenga ningún movimiento.

Los tubos estructurales rectangulares verticales son perfiles que se soldarán a otros tubos rectangulares que estarán de manera horizontal sujetos entre sí que ayudan a mantener un ángulo de 90° los verticales y los horizontales un ángulo de 180° por toda la estructura del compostador

eléctrico convencional, ayudando a dar soporte a las diferentes partes del compostador como los cilindros, la bandeja y el reservorio de lixiviados. De los 13 tubos rectangulares, 9 hacen parte del armazón y los otros cuatro hacen parte de la estructura de soporte del motor de volteo que constituye el compostador eléctrico convencional.

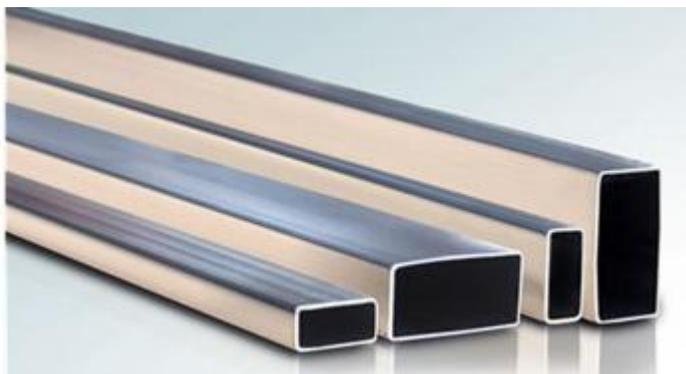


Figura 46. Tubo estructural rectangular del compostador comercial.

Fuente: Todo en techos, 2018.

**5.5.2. Componentes electrónicos.** El control electrónico está regulado por un sistema llamado: Arduino. Este sistema es un controlador digital con tres salidas, alarma, timer cíclico y comunicación serial. El sistema Arduino es programable y regula el tiempo de encendido/apagado del sistema de ventilación (ventilador y extractor) y del calentamiento (niquelina). (Guerrero, 2013)

**Control electrónico:** En la (Figura 41) se puede observar el control electrónico (Arduino) que regula el funcionamiento de la niquelina y el sistema de ventilación a través del sensor de temperatura. Está compuesto por un panel digital con pantalla de LED que muestra la temperatura en tiempo real registrada a través del sensor de temperatura, al costado posee

botones para regular la temperatura a la cual debe llegar al sistema. Abajo tiene una luz roja que se enciende cuando la niquelina se prende. En la parte inferior está ubicado el botón de encendido/apagado del compostador. La conexión a la energía se realiza a través de un cable trifásico a la corriente eléctrica de 110 V.



Figura 47. Control electrónico del compostador comercial.

Fuente: Mercado libre, 2019.

A continuación, se explican los detalles del sistema Arduino para el sistema calor y para el sistema de ventilación:

**Calentamiento y sensor de temperatura:** el control electrónico se programa para delimitar los rangos de variación de la temperatura, así, el sistema de calentamiento adaptado para el compostador eléctrico convencional que tendrá que prenderse o apagarse según vaya registrando el control electrónico. Un sensor de temperatura (NTC Full Gauge), registra en tiempo real la temperatura. El sistema, inclusive, brinda la posibilidad de obtener curvas de variación de la temperatura respecto al tiempo. (Guerrero, 2013)

**Sensor de temperatura:** Como se muestra en la (Figura 47) el sensor de temperatura es uno de los componentes del compostador el cual estará ubicado en la base de los cilindros de fermentación, otro componente a resaltar es la niquelina lámina que estará sujeta en la parte exterior e inferior de los cilindros (Apéndice D., Literal h.), la niquelina al ser flexible emite la señal en tiempo real al programa Arduino.

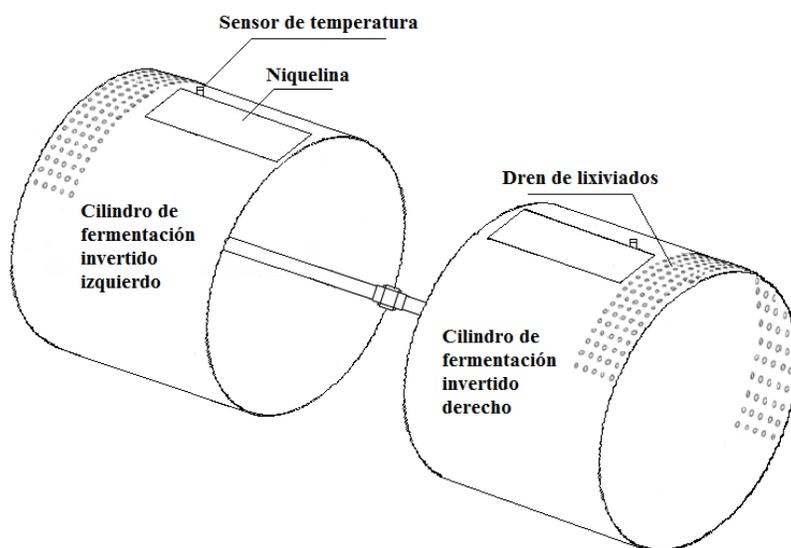


Figura 48. Esquema de los cilindros de fermentación invertidos indicando la niquelina y el sensor de temperatura.

Fuente: Autores del proyecto adaptado de Guerrero, 2013.

En la base de los cilindros de fermentación, está ubicada la niquelina o calentador flexible (100 cm de largo x 26 cm de ancho a 120 V), esta tiene la función de proveer el calor suficiente al proceso de compostaje para una degradación idónea de la materia orgánica. Adicionalmente a esto, se ubica en la base de los cilindros de fermentación, un sensor de temperatura en cada cilindro que envía una señal al control electrónico y regula la función de encendido y apagado de la niquelina cuando lo amerite. Si la temperatura registrada en el control electrónico se sale de

los rangos programados previamente, el sistema *Arduino*, emite una señal sonora de alarma para dar aviso de la irregularidad. (Guerrero, 2013)

**Sistema de ventilación:** el sistema de ventilación (Figura 48) está compuesto por un ventilador y un extractor ubicados frente a frente para crear un flujo de aire continuo. El encendido y apagado del ventilador y extractor estará previamente programado en el sistema *Arduino* para suplir los requerimientos de oxígeno. (Guerrero, 2013)

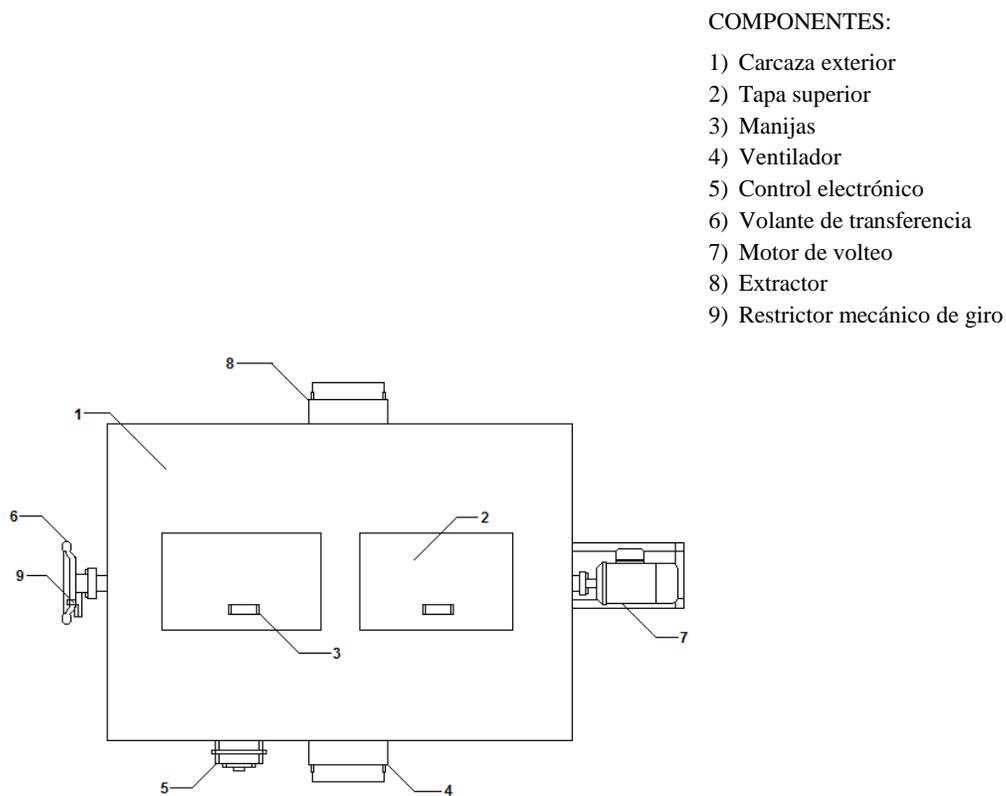


Figura 49. Vista superior del compostador comercial. Nótese la posición del extractor y del ventilador.  
Fuente: Autores del proyecto adaptado de Guerrero, 2013.

**Programa Arduino:** El sistema Arduino es programable, se conecta al computador a través de un módem (Figura 49) para realizar los ajustes necesarios, según Guerrero (2013) es necesario manejar los límites máximos y mínimos de temperatura que debe alcanzar el proceso. El límite mínimo es 40°C y el máximo 66°C.

En el panel digital se puede regular la temperatura a la cual se desea que esté mantenida constantemente el cilindro de fermentación (50°C). La niquelina debe encenderse y apagarse para acercarse siempre a los 50°C; si empieza a subir de temperatura, la niquelina se apaga, caso contrario, se vuelve a encender. (Guerrero, 2013)

Cabe destacar que el control electrónico emite una señal de alarma sonora (beep) cuando la temperatura se sale de los límites previamente programados en el programa. Para el control de agentes patógenos, es recomendable programar el aumento de la temperatura a 60°C por un tiempo de 15 min con el objetivo de eliminar cualquier tipo de bacteria indeseable. (Guerrero, 2013)



Figura 50. Modem del sistema Arduino del compostador comercial.

Fuente: Sigma Electrónica, 2013

El programa Arduino a través del módem permite programar y también registrar la temperatura que marca el panel digital del compostador en el computador elemento electrónico para el manejo y registro de los datos que varían en el proceso de transformación (Figura 50), así mismo se pueden guardar los valores de temperatura respecto al tiempo registrados emitiendo gráficas durante los días de compostaje.



Figura 51. Computador portátil.

Fuente: Falabella, 2019.

### **5.5.3. Componentes energético-alternativos**

**5.5.3.1 Energía Fotovoltaica.** La Energía solar, es la energía obtenida mediante la captación de la luz y el calor emitidos por el sol. La radiación solar que alcanza la Tierra puede aprovecharse por medio del calor que produce, como también a través de la absorción de la radiación, por ejemplo, en dispositivos ópticos o de otro tipo. Es una de las llamadas energías renovables particularmente del grupo no contaminante, conocido como energía limpia o energía verde.

La potencia de la radiación varía según el momento del día, las condiciones atmosféricas que la amortiguan y la latitud. Se puede asumir que en buenas condiciones de irradiación el valor es de aproximadamente  $1000 \text{ W/m}^2$  en la superficie terrestre. A esta potencia se la conoce como irradiancia. (Montserrat, 2009)

### **Historia**

El término fotovoltaico proviene del griego *phos*, que significa “luz” y voltaico, que proviene de la electricidad, en honor al científico italiano Alejandro Volta, (que también proporcionar el término voltio a la unidad de medida de la diferencia de potencial en el Sistema Internacional de Medidas). El término fotovoltaico comenzó a usarse en Inglaterra desde el año 1849. El efecto fotovoltaico fue reconocido por primera vez en 1839 por el físico francés Becquerel, pero la primera célula solar no se construye hasta 1883. Su autor fue Charles Fritts, quién recubrió una muestra de selenio semiconductor con un pan de oro para formar el empalme. Este primitivo dispositivo presentaba una eficiencia de solo un 1%. Russel Ohl patentó la célula solar moderna en el año 1946, aunque Sven Ason Berglund había patentado, con anterioridad, un método que trataba de incrementar la capacidad de las células fotosensibles. La era moderna de la tecnología de potencia solar no llegó hasta el año 1954 cuando los laboratorios Bell, descubrieron de manera accidental que los semiconductores de silicio dopado con ciertas impurezas, eran muy sensibles a la luz. Estos avances contribuyeron a la fabricación de la primera célula solar comercial con una conversión de la energía solar de, aproximadamente el 6%. (Montserrat, 2009)

**5.5.3.2 El efecto fotovoltaico (FV).** Es la base del proceso mediante el cual una célula FV convierte la luz solar en electricidad. La luz solar está compuesta por fotones, o partículas energéticas. Estos fotones son de diferentes energías, correspondientes a las diferentes longitudes de onda del espectro solar. Cuando los fotones inciden sobre una célula FV. Pueden ser reflejados o absorbidos, pueden pasar a través. Únicamente los fotones absorbidos generan electricidad. Cuando un fotón es absorbido, la energía del fotón se transfiere a un electrón de un átomo de la célula. Con esta nueva energía, el electrón es capaz de escapar de su posición normal asociada con un átomo para formar parte de una corriente en un circuito eléctrico. (Montserrat, 2009)

**5.5.3.3 Radiación solar.** Se conoce por radiación solar al conjunto de radiaciones electromagnéticas emitidas por el sol. El sol se comporta prácticamente como un cuerpo negro que emite energía siguiendo la ley de Planck a una temperatura de unos 6000 K. La radiación solar se distribuye desde infrarrojo hasta ultravioleta. No toda la radiación alcanza la superficie de la tierra, pues las ondas ultravioletas, más cortas, son absorbidas por los gases de la atmósfera fundamentalmente por el ozono. La magnitud que mide la radiación solar que llega a la tierra es la irradiancia, que mide la energía que, por unidad de tiempo y área, alcanza a la tierra. Su unidad es el W/m<sup>2</sup> (vatio x metro 2). (Montserrat, 2009)

**5.5.3.4 Generación de la radiación solar.** El sol es la estrella más cercana a la tierra y está catalogada como una estrella enana amarilla.

Sus regiones interiores son totalmente inaccesibles a la observación directa y es allí donde ocurren temperaturas de unos 20 millones de grados necesarios para producir las reacciones nucleares que se producen su energía. La capa más externa que es la que produce casi toda la radiación observada se llama fotosfera y tiene una temperatura de 6000 K. Tiene solo una anchura entre 200 y 300 km. (Montserrat, 2009)

**5.5.3.5 El panel fotovoltaico.** Los módulos fotovoltaicos o colectores solares fotovoltaicos (llamados a veces paneles solares, aunque esta denominación abarca otros dispositivos) están formados por un conjunto de celdas (Células fotovoltaicas) que producen electricidad a partir de la luz que incide sobre ellos. (Montserrat, 2009)

El parámetro estandarizado para clasificar su potencia se denomina potencia pico, y se corresponde con la potencia máxima que el módulo puede entregar bajo unas condiciones estandarizadas, que son:

- Radiación de 1000 W/m<sup>2</sup>
- Temperatura de célula de 25° C (no temperatura ambiente)

**5.5.3.6 Placas fotovoltaicas.** Las placas fotovoltaicas se dividen en:

**Cristalinas**

**Monocristalinas:** se componen de secciones de un único cristal de silicio (reconocibles por su forma circular u octogonal, donde los cuatro lados cortos, si se observa se aprecia que son curvos, debido a que es una célula circular recortada).

**Policristalinas:** cuando están formadas por pequeñas partículas cristalizadas.

**Amorfos:** Cuando el silicio no se ha cristalizado.

**5.5.3.7 Paneles solares.** Los paneles solares son el elemento de generación eléctrica y se pueden disponer en serie y/o paralelo para obtener la tensión nominal requerida en cada caso. Estos paneles están formados por un número determinado de células que están protegidas por un vidrio, encapsuladas sobre un material plástico y todo el conjunto enmarcado con un perfil metálico. (Ramírez y Mantilla, 2017)



Figura 52. De izquierda a derecha; panel de silicio monocristalino, panel de silicio policristalino y panel de silicio amorfo.

Fuente: Sardinero, s.f.

#### 5.5.4. Ventajas y Desventajas de las instalaciones fotovoltaicas

##### Ventajas

- La energía solar fotovoltaica es una de las fuentes más prometedoras de las energías renovables en el mundo. Comparada con las fuentes no renovables, las ventajas son claras: es no contaminante, no tiene partes móviles que analizar y no requiere mucho mantenimiento.

No requiere de una extensa instalación para operar.

- Los generadores de energía pueden ser instalados de una forma distribuida en la cual los edificios ya construidos, pueden generar su propia energía de forma segura y silenciosa. No consume combustibles fósiles.

- No genera residuos.

- No produce ruidos es totalmente silenciosa.

- Es una fuente inagotable.

- Ofrece una elevada fiabilidad y disponibilidad operativa excelente.

En resumen, la energía fotovoltaica es generada directamente del sol. Los sistemas fotovoltaicos no tienen partes móviles, por lo tanto, no requieren mantenimiento y sus celdas duran décadas. Además de las ventajas ambientales también debemos tener en cuenta las socio-económicas.

- Instalación simple. Tienen una vida larga (Los paneles solares duran aproximadamente 30 años).

- Resisten condiciones climáticas extremas: granizo, viento, temperatura, humedad. No existe una dependencia de los países productores de combustibles.

- Puede instalarse en zonas rurales desarrollo de tecnologías propias. Se puede utilizar en lugares de bajo consumo y en casas ubicadas en parajes rurales donde no llega la red eléctrica general.

- Puede venderse el excedente de electricidad a una compañía eléctrica.

- Puede aumentarse la potencia mediante la incorporación de nuevos módulos fotovoltaicos. (Montserrat, 2009)

### **Desventajas.**

De este sistema de generación de energía, no es tanto el origen de dicha energía que es el Sol, que tiene reservas que exceden de nuestras necesidades, ni tampoco la materia prima donde se extrae el silicio, que consiste en arena común muy abundante en la naturaleza: se trata de la técnica de construcción y fabricación de los módulos fotovoltaicos que es complejo y caro.

Requiere una importante inversión inicial. Es una energía de difícil almacenamiento. No es económicamente competitiva con otras energías actuales. Producción variable según climatología del lugar y época del año. Otro inconveniente es el rendimiento obtenido y el

espacio de terreno ocupado por los elementos captadores: el rendimiento final se estima en solo un 13%. (Montserrat, 2009)

**Diseño:** los paneles solares que promueven la energía fotovoltaica estarán orientados hacia el Norte y su ángulo de inclinación permanecerá constante durante el periodo de trabajo del compostador eléctrico convencional, con funcionalidad durante las temporadas de invierno o climas cálidos.

**5.5.5 Descripción de un sistema solar fotovoltaico.** Según el tipo de instalación, de forma muy general, se puede distinguir entre instalaciones fotovoltaicas conectadas a red e instalaciones fotovoltaicas aisladas de red.

Las conectadas a red están formadas por un generador fotovoltaico y un sistema de acondicionamiento de potencia, encargado de transformar la energía en forma de corriente continua a corriente alterna, con las características de la red de distribución. El sistema de acondicionamiento de potencia es el inversor, que debe cumplir todos los requisitos de seguridad y garantía para que su funcionamiento no provoque alteraciones en la red ni disminuya su seguridad, contando para ello con las funciones de protección correspondientes. (Sardinero, s.f.)

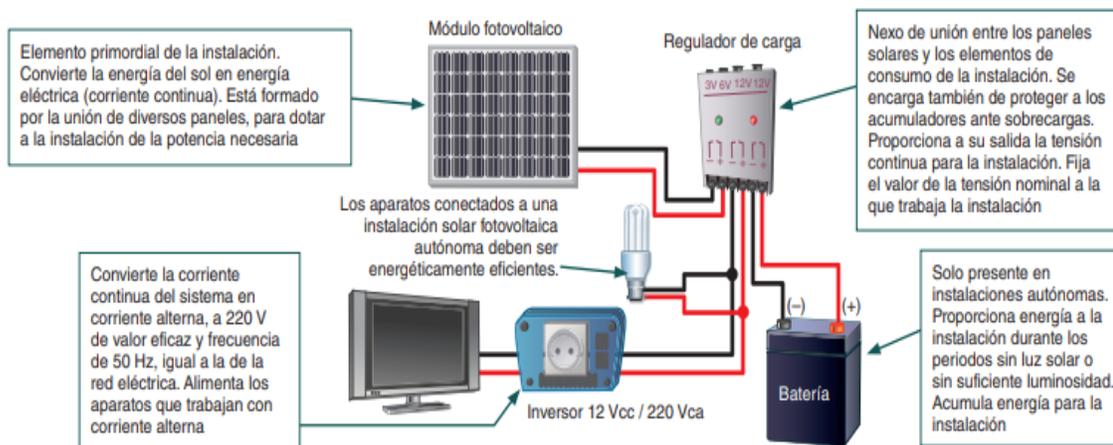


Figura 53. Esquema de una instalación fotovoltaica.

Fuente: Gonzáles, s.f.

**5.5.6 Componentes de un sistema solar fotovoltaico conectado a red.** Dentro de una instalación solar fotovoltaica tenemos varios dispositivos o equipos que debemos dimensionar para que sea posible la transformación de la radiación solar en energía eléctrica que inyectamos a la red. (Sardinero, s.f.), entre estos encontramos:

**5.5.6.1 Paneles solares.** Los paneles solares son el elemento de generación eléctrica y se pueden disponer en serie y/o paralelo para obtener la tensión nominal requerida en cada caso. Estos paneles están formados por un número determinado de células que están protegidas por un vidrio, encapsuladas sobre un material plástico y todo el conjunto enmarcado con un perfil metálico. (Ramírez y Mantilla, 2017)

Un panel solar está constituido por varias células iguales conectadas entre sí, en serie y/o paralelo de forma que la tensión y corriente suministrada por el panel se incrementa hasta ajustarse al valor deseado. Como norma general, los paneles solares se fabrican disponiendo

primero las células necesarias en serie para alcanzar la tensión que deseamos a la salida del generador fotovoltaico y a continuación se asocian ramales de células en serie en paralelo hasta alcanzar el nivel de corriente deseado. (Sardinero, s.f.)



Figura 54. Elementos de un panel Fotovoltaico.

Fuente: Sardinero, s.f.

**5.5.6.2 Estructura Soporte.** Es el elemento en el que se asienta el elemento principal de una obra fotovoltaica. Y es, por tanto, muy importante, que se asiente sobre buenos cimientos. (Koziy, 2016)

Existen distintos de estructuras soporte, fija y móvil, las estructuras fijas tienen una orientación e inclinación fija que se calcula a la hora de diseñar la instalación, esta inclinación y orientación suelen ser impuesta por la situación de las instalaciones, como tejados con una determinada inclinación y orientación, o bien las óptimas para la localización donde vamos a realizar la instalación solar dependiendo de la latitud. Las estructuras móviles son aquellas

utilizadas en las llamadas “huertas solares” donde los paneles pueden orientarse en torno a la posición del sol. (Sardinero, s.f.)

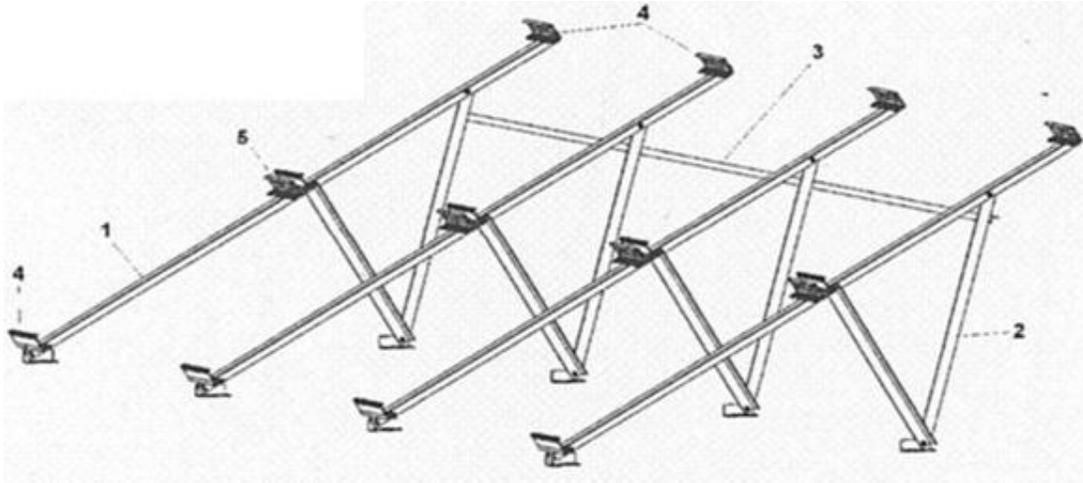


Figura 55. Estructura Soporte para Paneles Solares.

Fuente: Benache et al., 2007.

**5.5.6.3 Inversor:** Es el elemento encargado de transformar la corriente continua proveniente de los módulos fotovoltaicos en corriente alterna para su vertido a la red. Se construyen a interruptores de estado sólido que oscilan de acuerdo a un determinado algoritmo. En la actualidad existen distintas topologías de inversor entre las que se encuentran los inversores centrales, inversores de tipo string o micro inversores. (Koziy,2016)



Figura 56. Inversor solar.

Fuente: WccSolar, 2013.

El inversor es el equipo electrónico que permite inyectar en la red eléctrica comercial la energía producida por el generador fotovoltaico. Su función principal es convertir la corriente continua procedente de los paneles fotovoltaicos en corriente alterna. Las instalaciones fotovoltaicas tienen un elevado coste y no pueden permitirse fallos e imprudencias en la explotación de éstas instalaciones, por este motivo los inversores deben tener un alto rendimiento y fiabilidad. El rendimiento de los inversores oscila entre el 90% y el 97%, dicho rendimiento depende de la variación de la potencia de la instalación, por lo que se intentará que el inversor trabaje con potencias cercanas o iguales a la nominal, puesto que, si la potencia de entrada al inversor procedente de los paneles fotovoltaicos varía, el rendimiento disminuye. (Sardinero, s.f.)

Los inversores deben ir equipados con protección integrada contra, contra sobrecargas y cortocircuitos, calentamiento excesivo, funcionamiento modo isla, aislamiento, contra inversión de polaridad. (Sardinero, s.f.)

**Nota:** Un punto importante que debemos destacar es que cada kWh generado con energía solar fotovoltaica evita la emisión a la atmosfera de aproximadamente 1kg de CO<sub>2</sub>, en el caso de comparar con generación eléctrica con carbón, o aproximadamente 0,4kg de CO<sub>2</sub> en el caso de comparar con generación eléctrica con gas natural.

#### ***5.5.6.4 Sistema de Energía Fotovoltaica utilizada para el Compostador Convencional***

A continuación, se mostrarán los procesos y cálculos a realizar para llevar a cabo la instalación de los paneles solares como fuente de energía principal para el funcionamiento del compostador eléctrico convencional.

**Emplazamiento de la instalación.** El proyecto se llevó a cabo en la provincia de Ocaña, Norte de Santander, con sitio específico el Conjunto Comercial Centro Mercado ubicado en la carrera 10 con calle 14 en el sector del mercado.



Figura 57. Edificio Conjunto Comercial Centro Mercado.

Fuente: Autores del proyecto.

Se instalarán los paneles solares sobre el techo, de propiedad del conjunto comercial centro mercado, ubicado con coordenadas:

Latitud: 8° 14'17"

Longitud: 73° 21' 24

### **Elección de los paneles fotovoltaicos**

Para la elección de los paneles solares a utilizar, se tendrán en cuenta las siguientes consideraciones:

**Terreno a ocupar:** los paneles solares se ubicaran en la zona superior del edificio, más específicamente en el techo del mismo, teniendo en cuenta que para su funcionamiento se hace necesaria la incidencia directa de los rayos del sol, estos se ubicaran en la zona delantera del

conjunto comercial lugar elegido puesto que la ubicación del lugar propuesto para la instalación de compostador eléctrico se ubica en el tercer piso por su fácil acceso; del mismo modo en el sitio no se presentan obstáculos como árboles o edificaciones que puedan generar sombrar en las horas del día.



Figura 58. Polígono Conjunto Comercial Centro Mercado.

Fuente: Google Earth.

**Tecnología a utilizar:** Como se hizo referencia en el contenido anteriormente mencionado, existen diferentes tipos de paneles solares fotovoltaicos dependiendo al tipo de célula solar del que están compuestos: silicio Monocristalino, silicio Policristalino y silicio amorfo. Para el diseño del proyecto se utilizará un panel de tipo monocristalino, aunque su precio en el mercado es caro, su rendimiento es el más alto del mercado llegando hasta casi el 18%.

**Presupuesto:** una de las más importantes variables a tener en cuenta en el diseño de cualquier tipo de infraestructura e instalación de instrumentos, es la cantidad o presupuesto

disponible para llevar a cabo la inversión del proyecto; puesto que se puede plantear diseños de grandes dimensiones y calidad, pero el cual sobrepasa los límites máximos expuestos por la persona u organizaciones que ejecutaran el proyecto.

Teniendo en cuenta lo anteriormente dicho, se plantea el módulo fotovoltaico, el cual ASE0114 - Panel solar de 180w, genera una potencia de 180 W, tiene un voltaje máximo 24.19 V y una Intensidad máxima de 7.44 A

A continuación, se muestran las especificaciones del panel solar a utilizar.

**Tabla 23.** Especificaciones físicas y eléctricas del panel solar a utilizar.

<b>Características</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad de medida</b>
<b>Físicas</b>		
Dimensiones	1640 x 990 x 35	mm
Peso Aproximado	18.5	Kg
<b>Eléctricas</b>		
Modelo	ASE0114 - Panel solar de 180	
Número de Células	60	W
Potencia de salida P <sub>máx</sub>	180	
Tensión en P <sub>máx</sub>	24.19	W
Intensidad en P <sub>max</sub>	7.44	V
		A
Corriente de cortocircuito	7.96	A
Tensión de circuito abierto	29.09	V
Máxima Tensión del Sistema	1000	V DC

**Fuente:** Ambientes Soluciones, 2019.

**Orientación de los paneles.** Es el ángulo formado por la perpendicular de la superficie del módulo y la dirección de la meridiana. Usualmente el origen de este ángulo se toma de la siguiente manera, si nos encontramos en el (hemisferio Norte) hacia el sur y si nos encontramos en el (hemisferio Sur) hacia el Norte, por convenio se considera el ángulo positivo hacia el Este y negativo hacia el Oeste. (Camacho, 2012)

La cantidad de energía que incide sobre los paneles depende de su orientación respecto del sol, y dada la posición geográfica privilegiada que tiene Colombia, ubicada en la zona ecuatorial, y debido a que la línea del ecuador atraviesa el país por el sur, toda Colombia queda en la zona tórrida o intertropical, región de bajas latitudes; lo que hace que cuente con irradiación solar constante en casi todo el territorio durante todo el año. (Espitia, 2017)

**Inclinación de los paneles.** Muchos de los módulos Fotovoltaicos están inclinados para coleccionar mayor irradiación solar. La cantidad óptima de energía se colecciona cuando el módulo está inclinado en el mismo ángulo que el ángulo de latitud. Sin embargo, hay que tener en cuenta que el ángulo mínimo de inclinación debería ser por lo menos de  $15^\circ$  con respecto a la superficie horizontal, para asegurar que el agua de las lluvias drene fácilmente, lavando el polvo al mismo tiempo. (Espitia, 2017)

Por esto se hace necesaria la ubicación de los paneles solares con un ángulo de inclinación de unos  $30^\circ$ , esto debido al techo del conjunto comercial presenta cierta pendiente lo que en

cierta medida facilita la orientación e inclinación brindando las condiciones óptimas de funcionalidad.

**Calculo de la estructura soporte.** La estructura soporte de la instalación estará adecuada para soportar el panel solar durante las 24 horas del día, en una sola posición con un ángulo de inclinación de 30° aumentando la eficiencia del panel ya que por su ubicación tendrá incidencia de los rayos solares la mayor parte del día.

### **Características del soporte**

Uno de los elementos más importantes en una instalación fotovoltaica, para asegurar un óptimo aprovechamiento de la radiación solar es a estructura soporte, encargada de sustentar los módulos solares, proporcionándoles la inclinación más adecuada para que los módulos reciban la mayor radiación solar durante todo el año. (Atersa, 2013)

Atendiendo que el panel solar elegido de la empresa Atersa, se toman de su catálogo los demás tipos de soporte y accesorios siendo esta estructura diseñada para soportar las variaciones climatológicas, los materiales empleados es el acero galvanizado.

Las estructuras estarán formadas por carriles con perfiles, una garra macho donde se fijarán los módulos con perfil y una garra hembra a la estructura soporte. Las patas traseras donde se

apoyará la estructura podrá deslizarse para abatir la estructura hasta el ángulo de inclinación deseado, estas patas poseerán dos topes que indiquen la inclinación óptima de 30°.

Los cálculos necesarios para la instalación del sistema fotovoltaico se realizaron de la siguiente manera tomando como primer paso determinar el consumo diario a necesitar.

**Tabla 24.** Consumo diario de energía de los componentes mecánicos y electrónicos.

Sistema Electrónico	Unidad	Voltaje (V)	Tiempo (h)	Total (W)
Motor	1	377	1	377
Computador Portátil	1	40	24	96
Ventilador	1	120	1	120
Placa de Niquelina	1	120	0,5	60
Total Consumo Estimado				653

**Fuente:** Autores del proyecto.

El consumo estimado para los sistemas electrónicos es de 653 Wh/día, aplicando un rendimiento del 75% se obtiene los valores teniendo en cuenta las siguientes ecuaciones según Click Renovables, 2015:

$$Total\ Energia\ Necesaria = \frac{Total\ Consumo\ Estimado}{0,75}$$

$$Total\ Energia\ Necesaria = \frac{653\ Wh/día}{0,75}$$

$$Total\ Energia\ Necesaria = 871$$

Luego, se estimó la radiación solar disponible, esta información se tomó de datos registrados años anteriormente tomando como referencia el último dato registrado del promedio anual, siendo este 4,7 HS.

ANEXO: PROMEDIOS MENSUALES DE BRILLO SOLAR PARA TODAS LAS ESTACIONES DEL PAÍS (HORAS DE SOL AL DÍA)																					
Codigo	Estación	Municipio	Departamento	Latitud	Longitud	Elevación m.s.n.m	Valor promedio Horas al Sol al Día												Prom anual	Años de infor	Fecha de Inicio Fecha Final
							Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic			
16055010	Aeropuerto Aguas Claras	Ocaña	Norte de Santander	8,3	-73,35	1435	7,0	6,2	5,0	4,4	4,7	5,8	6,5	5,9	5,1	4,8	5,1	6,1	5,5	28	28 jul-82 jun-12
16055100	Universidad Francisco de P. Santander	Ocaña	Norte de Santander	8,23	-73,32	1150	5,8	5,3	4,0	3,6	4,1	5,0	5,8	5,3	4,2	4,2	4,0	4,7	4,7	21	ene-92 may-12

Figura 59. Valores promedios de las horas del sol al día de las estaciones cercanas al área de estudio.

Fuente: Promedios Mensuales de Brillo Solar para Todas las Estaciones Meteorológicas, 2015.

Conociendo los datos de consumo de energía necesaria y la radiación solar, se realizó el cálculo de las placas o paneles solares que se requieren teniendo en cuenta los recursos necesarios de energía, el cálculo se llevó a cabo mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Número de Paneles} = \frac{\text{Energía Necesaria}}{\text{HS} * \text{Rendimiento de Trabajo} * \text{Potencia Pico}}$$

HS = Horas Sol

Rendimiento de trabajo = tiene en cuenta pérdidas producidas por el posible ensuciamiento y/o deterioro de los paneles fotovoltaicos (normalmente 0,7 – 0,8); en nuestro caso se trabajó con el valor más alto, 0,8.

Potencia Pico = representa el valor del panel elegido 180 W.

$$\text{Numero de Paneles} = \frac{871}{4,7 * 0,8 * 180}$$

$$\text{Numero de Paneles} = 1,28$$

$$\text{Numero de Paneles} = 2 \text{ Paneles Solares}$$

Finalmente se elige el inversor elemento necesario para la transformación de la energía captada por los paneles solares en energía eléctrica, el Inversor solar 1000w monofásico trabaja con la gama de voltaje de entrada de 45-90 Vdc.

**Tabla 25.** Características físicas y eléctricas del panel solar.

Características	Unidad
<b>Físicas</b>	
Dimensiones (mm)	322 * 196 * 88mm
Longitud del cable del sensor (m)	3
<b>Eléctricas</b>	
Rango de voltaje de entrada	45-90vdc
potencia máxima de salida	1000W
Voltaje nominal	230Vac
Tensión continua de entrada Max	50V / 90V
Rango de voltaje nominal	185-265v
Rango de frecuencia	47,5 a 51,5 para 50 Hz

**Fuente:** WccSolar, 2015.

Los resultados obtenidos son estimaciones para el consumo diario representado para el funcionamiento del compostador.

Según Sardinero, se hacen necesario realizar mantenimiento de la siguiente manera:

**Mantenimiento preventivo.** Se realizará periódicamente una inspección visual de las instalaciones, así como la verificación de que todos los componentes y equipos de la misma que funcionen correctamente. Esta actividad deberá realizarse dos veces al año y se realizarán las siguientes revisiones:

- Comprobación del estado de los módulos solares utilizando el interruptor-seccionador para labores correctivas si fuese necesario.

- Limpieza periódica del panel. La suciedad que pueda acumular el panel puede reducir su rendimiento, las capas de polvo que reducen la intensidad del sol no son peligrosas y la reducción de potencia no suele ser significativa. La limpieza se realizará con agua (sin agentes abrasivos ni instrumentos metálicos). Preferiblemente se hará fuera de las horas centrales del día, para evitar cambios bruscos de temperatura entre el agua y el panel.

- Comprobación del estado de los soportes de los módulos.

- Comprobación de las protecciones eléctricas y estado de las conexiones.

- Comprobación del estado del inversor. Los inversores son uno de los equipos más delicados de la instalación, y como tal requieren un mantenimiento más exhaustivo. Si bien los

intervalos de mantenimiento dependen del emplazamiento de estos y de las condiciones ambientales (polvo, humedad, etc.)

**Mantenimiento correctivo.** En el mantenimiento correctivo, el personal técnico se encargará de la sustitución o arreglo de los equipos de la instalación que hayan sido dañados para asegurar su buen funcionamiento. Este mantenimiento no se realizará de forma periódica, sino que será cada vez que el usuario de la instalación lo requiera por alguna avería de la instalación, en este caso, el suministrador atenderá cualquier incidencia en el plazo máximo de una semana y la avería se reparará en el plazo máximo de 15 días.

A continuación se dan a conocer los parámetros que se calcularon para el diseño de la alternativa tecnológico ambiental, es decir, un compostador eléctrico convencional, máquina diseñada para transformar los residuos sólidos orgánicos (cáscaras de frutas y verduras que se generan a diario en los 9 locales comerciales del Edificio Conjunto Comercial Centro Mercado del Municipio de Ocaña, Norte de Santander, con el objetivo de disminuir los residuos destinados al Relleno Sanitario La Madera perteneciente a la misma ciudad

**Tabla 26.** *Parámetros de cálculo del compostador.*

Ítem	Características	Cantidad	Unidad
1	Volumen del compostador	36,56	m <sup>3</sup>
2	Residuos sólidos orgánicos diarios	204,5	Kg/día

3	Volumen de carga diaria	0,896	m <sup>3</sup> /día
4	Volumen de carga mensual	13,059	m <sup>3</sup> /mes
5	Longitud del compostador	3,8	m
6	Altura del compostador	3,7	m
7	Anchura del compostador	2,6	m
8	Producción de compost por mes	4,84	m <sup>3</sup> /mes
9	Volumen del cilindro de fermentación	6,2	m <sup>3</sup>
10	Volumen de la bandeja de maduración	5,1	m <sup>3</sup>
11	Volumen del reservorio de lixiviados	0,27	m <sup>3</sup>

**Fuente:** Autores del proyecto.

## 5.6 Modelación del compostador eléctrico convencional

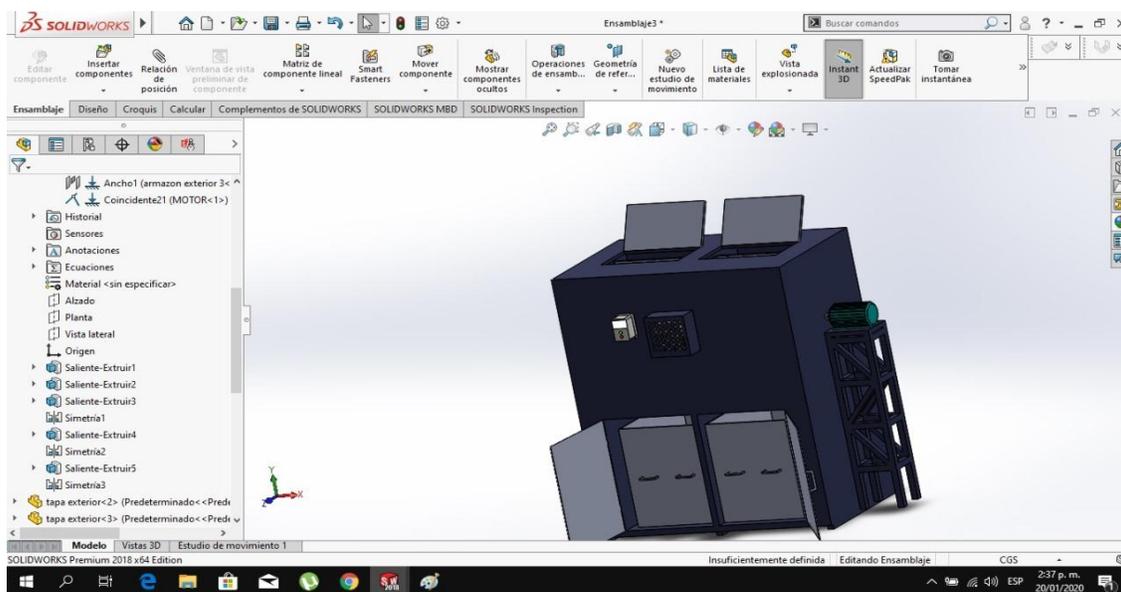


Figura 60. Perfil frontal externo del compostador eléctrico convencional.

Fuente: Autores del proyecto. Con la colaboración de Daniel Antonio Sandoval Jiménez estudiante de Ingeniería Ambiental con código 161519 quien realizó la modelación en el Programa Solidworks, 2018.

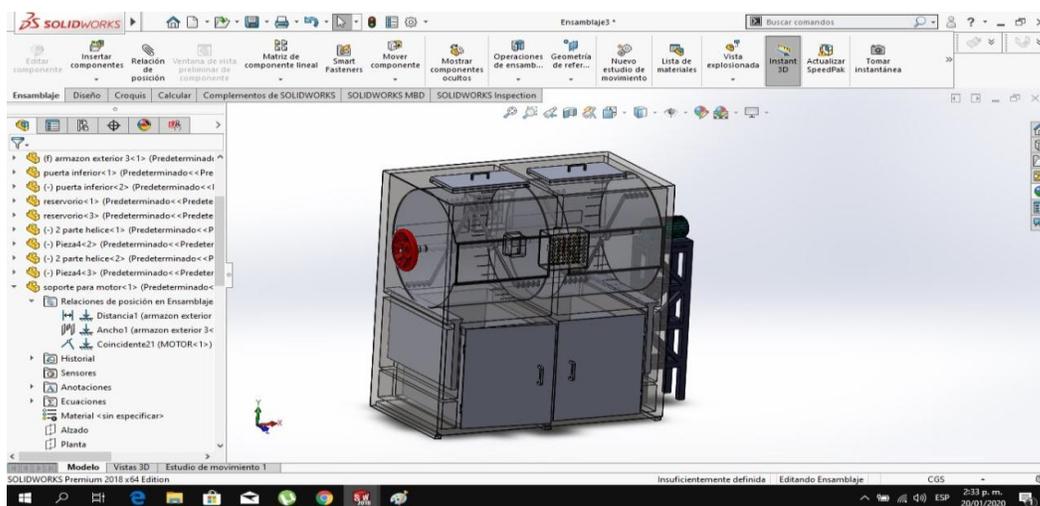


Figura 61. Perfil frontal interno del compostador eléctrico convencional.

Fuente: Autores del proyecto. Con la colaboración de Daniel Antonio Sandoval Jiménez estudiante de Ingeniería Ambiental con código 161519 quien realizo la modelación en el Programa Solidworks, 2018.

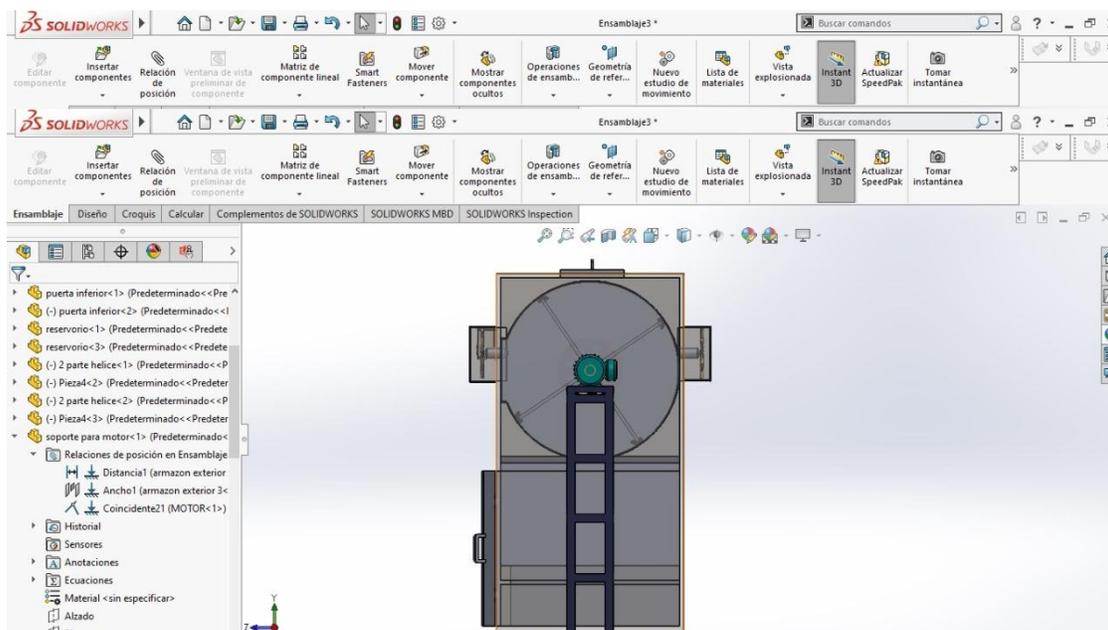


Figura 62. Perfil lateral derecho interno del compostador eléctrico convencional.

Fuente: Autores del proyecto. Con la colaboración de Daniel Antonio Sandoval Jiménez estudiante de Ingeniería Ambiental con código 161519 quien realizo la modelación en el Programa Solidworks, 2018.

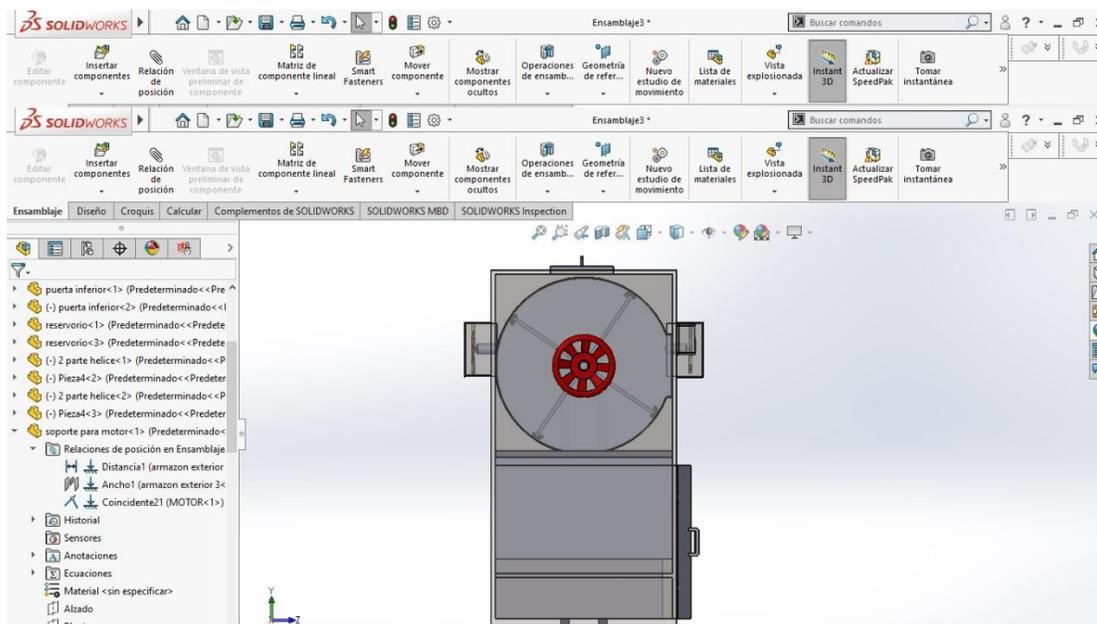


Figura 63. Perfil lateral izquierdo interno del compostador eléctrico convencional.

Fuente: Autores del proyecto. Con la colaboración de Daniel Antonio Sandoval Jiménez estudiante de Ingeniería Ambiental con código 161519 quien realizó la modelación en el Programa Solidworks, 2018.

## Conclusiones

Durante el diagnóstico se pudo evidenciar que el Conjunto Comercial, Centro Mercado no cuenta con un sistema de aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos de origen vegetal como las frutas y verduras que allí se producen, en cuanto a la generación de estos residuos se logró calcular mensualmente dando un total aproximado de 3,1 toneladas, siendo estos enviados directamente hacia el sitio de disposición final del municipio conocido como La Madera, Ocaña, Norte de Santander.

El diseño se formuló en base al volumen de residuos sólidos orgánicos producidos al mes contando con un volumen de carga de  $5,2 \text{ m}^3$ , con este valor calculan las dimensiones de los cilindros de fermentación, al igual que las medidas de las bandejas de maduración y los reservorios de lixiviados, a partir de los datos sobre los volúmenes y las dimensiones obtenidas, se propuso el tipo de material de acero inoxidable por sus características de resistencia y anticorrosión.

La modelación del diseño del compostador eléctrico convencional para la transformación de los residuos sólidos orgánicos en compost que se planteó fue una propuesta innovadora, debido a que es una herramienta que permitió conocer la dinámica del sistema y nos ayudó a simplificar la realidad de cada proceso, especificando la funcionalidad del sistema para

demostrar el flujo continuo de una representación que no es totalmente precisa del diseño, pero si aquella que nos brinda una idea de su comportamiento a partir del modelado en Solidworks.

## Recomendaciones

Formular un plan de manejo de los residuos sólidos orgánicos según la cantidad de generada mensualmente que se obtuvo por medio de las actividades realizadas en el área de estudio, para con este plan mejorar la gestión integral de los residuos como frutas y verduras producidos en el Edificio Conjunto Comercial Centro Mercado de la ciudad de Ocaña, Norte de Santander, para lograr el manejo adecuado por parte de los propietarios de los diferentes locales comerciales se plantean en primera instancia la socialización y educación de programas socio-ambientales que abarquen temas como la gestión integral de los residuos sólidos, la normatividad legal vigente y la gestión del riesgo relacionados con la seguridad en el trabajo, manejo de residuos sólidos, líquidos o que se consideren peligrosos si se llegan a presentar.

Una vez que se lleve a cabo la socialización y educación al personal se requiere plasmar las actividades a desarrollar contando con los implementos de seguridad a utilizar tales como guantes, tapabocas, botas, gorro, entre otros, para no exponer al personal a riesgos de salud en cuanto a la separación en la fuente, recolección y almacenamiento de los residuos, se deben seleccionar en la fuente cada uno de los diferentes tipos de residuos esta actividad como paso fundamental para darle una aprovechamiento a los residuos orgánicos; la ubicación de canecas o recipientes en puntos estratégicos con la capacidad suficiente para almacenar la producción diaria de residuos y que además posean su respectivo logo para que el personal que ingresa a las plantas del edificio depositen correctamente en la caneca que corresponde, asimismo se hace necesario plantear un nuevo sitio de ubicación de los residuos, que se encuentre alejado de la

circulación normal del personal y que no interfiera con las actividades normales de los diferentes comerciantes del Edificio Conjunto Comercial Centro Mercado.

Capacitar al personal sobre el manejo del compostador eléctrico convencional el cual se diseñó como herramienta útil para tratar el 40 % de los residuos sólidos orgánicos generados en el Centro Mercado, puesto que por su funcionalidad de esta alternativa tecnológico ambiental requiere de conocimientos previos para lograr un trabajo eficiente y lograr obtener los resultados planteados al finalizar el tiempo del proceso.

Tener en cuenta la modelación, el manejo y aprovechamiento de los residuos sólidos son unos de los pilares fundamentales de la investigación, donde cada día se abre la puerta a diferentes alternativas para brindar soluciones a los problemas ambientales que hoy en día se ven con mayor frecuencia; la modelación se considera como el primer paso en el diseño de un sistema, lazo de control, deducción y medición de un comportamiento, categorizando como un avance en los proyectos donde se puede visionar de una manera más real los objetivos plasmados durante la planificación, se espera que instituciones educativas de básica primaria, secundaria, educación superior y demás entidades promuevan la investigación y generar en las nuevas generaciones hábitos de aprendizaje y conservación de los recursos naturales.

## Referencias

- Academia de historia de Ocaña. (12 de diciembre 2011). *Fundación de Ocaña*. Recuperado de:  
<http://academiaocana.blogspot.com/2011/12/fundacion-de-ocana.html>
- Alcaldía de Ocaña. (2016). Plan de Desarrollo del Municipio de Ocaña 2016-2019: Es la hora de Ocaña. Colombia: Ocaña. Recuperado de  
[https://ocananortedesantander.micolombiadigital.gov.co/sites/ocananortedesantander/content/files/000108/5376\\_plandedesarrolloeslahoradeocaa20162019.pdf](https://ocananortedesantander.micolombiadigital.gov.co/sites/ocananortedesantander/content/files/000108/5376_plandedesarrolloeslahoradeocaa20162019.pdf)
- Amigo Bazo, V. (2017). *Planta de Compostaje en Autol (La Rioja)*. Universidad de La Rioja. Documento 1. Memoria. Recuperado de [https://biblioteca.unirioja.es/tfe\\_e/TFE002747.pdf](https://biblioteca.unirioja.es/tfe_e/TFE002747.pdf)
- Ayala Cadena, O. (9 de diciembre de 2014). *Prototipo de un compostador de uso doméstico automatizado con Arduino*. Universidad Autónoma del Estado de México. Texcoco, Estado de México. Recuperado de  
<http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/62545/Tesis%20Omar%20Ayala%20Cadena-split-merge.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- Bienestar Familiar. (2017). *Programa Manejo de Residuos Regional Norte De Santander*. San José de Cúcuta, Cúcuta. Colombia. Recuperado de  
[https://www.icbf.gov.co/sites/default/files/procesos/pg20.sa\\_programa\\_manejo\\_residuos\\_solidos\\_regional\\_norte\\_de\\_santander\\_v2.pdf](https://www.icbf.gov.co/sites/default/files/procesos/pg20.sa_programa_manejo_residuos_solidos_regional_norte_de_santander_v2.pdf)
- Bayona Guerrero, C.R. y Lozano Gómez, G. (2018). *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*. Universidad

Francisco de Paula Santander Ocaña. Ocaña, Colombia. Recuperado de:

<http://repositorio.ufpso.edu.co:8080/dspaceufpso/bitstream/123456789/2176/1/31765.pdf>

Cadena, O. (2014). *Prototipo De Un Compostador De Uso Doméstico Automatizado Con Arduino*. Universidad Autónoma Del Estado De México, Texcoco, Estado de México.

Recuperado el 21 de mayo 2019 de

<http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/62545/Tesis%20Omar%20Ayala%20Cadena-split-merge.pdf?sequence=3&isAllowed=y>

Celsia. (5 de junio de 2018). *¿Qué son y cómo son los paneles solares?* Recuperado de

<https://blog.celsia.com/que-son-como-son-paneles-solares>

Chacón Leite, H.A. y Tulcán Melo, S.S. (2012). *Caracterización y Cuantificación de Residuos en el Zoológico de Cali y Generación de Procesos de Cambio en torno al Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos PGIRS*. Universidad ICESI. Santiago de Cali. Recuperado de

[https://repository.icesi.edu.co/biblioteca\\_digital/bitstream/10906/68070/5/caracterizacion\\_cuantificacion\\_residuos.pdf](https://repository.icesi.edu.co/biblioteca_digital/bitstream/10906/68070/5/caracterizacion_cuantificacion_residuos.pdf)

Corazón Verde.org/talleres. (2011). *Historia del Compostaje*. Ilustrados. Recuperado de

<http://www.ilustrados.com/tema/1970/Historia-Compostaje.html>

Díaz Guzmán, K.A. y Valera Blanco, D. (2016). *Diseño de una estrategia comunicativa para la educación en el manejo de los residuos sólidos en el mercado público de Ocaña, Norte de Santander*. Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña. Ocaña, Colombia.

Recuperado de:

<http://repositorio.ufpso.edu.co:8080/dspaceufpso/bitstream/123456789/1220/1/28811.pdf>

Diccionario Español. (2011). Factibilidad. *Educalingo*. Recuperado el 29 de mayo de 2019 de <https://educalingo.com/es/dic-es/factibilidad>

Galt Energy. (2016). Celdas solares. Monterrey, México. Recuperado de <http://galt.mx/celdas-solares/>

Guerrero, C. (2013). “*Diseño, Construcción y Operación de una compostera doméstica para el tratamiento de residuos sólidos orgánicos de la ciudad de Quito*”. Escuela Politécnica del Ejército, Departamento de ciencias de la vida Ingeniería en Biotecnología. Sangolqui, Quito. Recuperado de <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/6225/1/T-ESPE-038485.pdf>

Jaramillo Henao, G. y Zapata Márquez, L.M. (2008). *Aprovechamiento de los Residuos Sólidos Orgánicos en Colombia* (pp. 19-115). (Monografía para optar el título de Especialistas en Gestión Ambiental). Universidad de Antioquia, Antioquia, Colombia. Recuperado de <http://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/45/1/AprovechamientoRSOUenColombia.pdf>

“Mercado”. (14 de junio de 2017). En: Significados.com. Disponible en:

<https://www.significados.com/mercado/> Consultado: 25 de mayo de 2019, 04:53 pm.

Muy Interesante. (14 de septiembre de 2016). ¿Quién invento el compost? Recuperado de

<https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:P5IBLR4HJaAJ:https://www.muyinteresante.es/curiosidades/preguntas-respuestas/iuien-invento-el-compost+&cd=10&hl=es&ct=clnk&gl=co>

Otero Rozo, A.T. (2015). *Propuesta metodológica para el seguimiento y control del plan de gestión integral de residuos sólidos (PGIRS), del municipio de Usiacurí en el Departamento del Atlántico*. Universidad de Manizales. Barranquilla, Atlántico.

Recuperado de

<http://ridum.umanizales.edu.co:8080/xmlui/bitstream/handle/6789/2591/Documeto%20Tesis%20-%20Angelica%20Otero.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Pedraza Bravo, J.L. (20 de agosto de 2013). *Abono orgánico e inorgánico*. Recuperado de

<https://prezi.com/zgipgsvnwn6e/abono-organico-e-inorganico/>

Pulido, P. (13 de agosto de 2012). *Residuos Sólidos*. Recuperado de

<http://paopulido.blogspot.com/>

Rudé, E. y Torres Castillo, R. (febrero de 2008). *Evaluación de diferentes Modelos de*

*Compostadores Domésticos*. Universitat de Barcelona. Barcelona. Recuperado de

[http://www20.gencat.cat/docs/arc/Home/Ambits%20dactuacio/Recollida%20selectiva/Residus%20municipals/Materia%20organica%20\(FORM%20-%20FV\)/Jornades,%20estudis%20i%20enllacos/informe\\_compostadors\\_es.pdf](http://www20.gencat.cat/docs/arc/Home/Ambits%20dactuacio/Recollida%20selectiva/Residus%20municipals/Materia%20organica%20(FORM%20-%20FV)/Jornades,%20estudis%20i%20enllacos/informe_compostadors_es.pdf)

Rueda Lillo, F.J. (2016). *Absorción de contaminantes inorgánicos de un gas de gasificación de*

*RDF mediante sosa cáustica*. (Trabajo fin de master inédito). Universidad de Sevilla,

Sevilla. Recuperado de <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/70752/fichero/1->

[+Antecedentes.pdf](#)

## Apéndices

**Apéndice A.** Carta de solicitud para realizar visitas y toma de información en el Edificio Conjunto Comercial Centro Mercado.



NIT. 800 163 130 - 0

Ocaña, 27 de agosto del 2019

Señor  
**GEINER CABRALES ÁLVAREZ**  
Administrador  
Conjunto Comercial Centro Mercado  
Ocaña-Norte de Santander

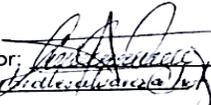
**Asunto:** Carta de Solicitud para realizar visitas y toma de información para proyecto de grado del año en curso en el Edificio Conjunto Comercial Centro Mercado (Ocaña, Norte de Santander).

Reciba de nuestra parte un cordial saludo, extensivo a todos los miembros del Conjunto Comercial Centro Mercado, bajo su Administración.

La presente tiene como fin solicitar ante usted la posibilidad del suministro de información y uso de los diferentes locales comercializadores de frutas y verduras de este edificio, ubicado en el sector del mercado público, Edificio Conjunto Comercial Centro Mercado, primer y tercer piso, con el fin de desarrollar la selección y pesaje de los residuos sólidos orgánicos generados en la actividad comercial que por su mal estado son desechados y dejados a disposición final de la Empresa de Servicios Públicos de Ocaña S.A. E.S.P.O., que tendrá como motivo la realización de nuestro Proyecto de Grado titulado: "DISEÑO DE UNA ALTERNATIVA TECNOLÓGICO AMBIENTAL PARA EL TRATAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS DEL CONJUNTO COMERCIAL CENTRO MERCADO EN LA CIUDAD DE OCAÑA, NORTE DE SANTANDER", presentado por los estudiantes y dirigido por la Especialista en Gestión Ambiental Lina Paola Angarita Carrascal.

Agradecemos la atención prestada.

Atentamente,

Firma del Administrador:   
Correo Electrónico: cabralesg@ufps.edu.co  
Celular: 3182250143

Firma del Director:   
Correo Electrónico: lpangarita@ufps.edu.co  
Celular: 3156170305

Firma del Estudiante: Ysnelly Villamizar E.  
Correo Electrónico: Yvillamizar@ufps.edu.co  
Celular: 3145046847

Firma del Estudiante: José Leonardo Torres Torres  
Correo Electrónico: lt12244@gmail.com  
Celular: 3188058693



Vía Acolsure, Sede el Algodonal, Ocaña, Colombia - Código postal: 546552  
Línea gratuita nacional: 01 8000 121 022 - PBX: (+57) (7) 569 00 88 - Fax: Ext. 104  
info@ufps.edu.co - www.ufps.edu.co

**Apéndice B.** Bitácora de campo para realizar la recolección de datos en los establecimientos comercializadores de frutas y verduras.

**DISEÑO DE UNA ALTERNATIVA TECNOLÓGICO AMBIENTAL PARA EL  
TRATAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS DEL CONJUNTO COMERCIAL  
CENTRO MERCADO EN LA CIUDAD DE OCAÑA, NORTE DE SANTANDER.**

**Objetivo:** Conocer los diferentes locales comerciales con venta de productos vegetales dentro del Conjunto Comercial Centro Mercado.

**Actividades:**

- Reconocimiento del lugar.
- Reunión de con el administrador del Conjunto Comercial Centro Mercado para exponer nuestro proyecto de trabajo y solicitar acceso a información del lugar.
- Recorrido por las diferentes plantas del edificio.
- Identificación de los diferentes locales y sus respectivos dueños.

Para la documentación de los datos se diligencio la siguiente bitácora para registro de información en campo.

<b>DÍA</b>	<b>HORA</b>	<b>LOCAL</b>	<b>PROPIETARIO</b>	<b>PESO (Kg)</b>

Apéndice C. Etiquetas para el marcado de las bolsas a utilizar en el área de estudio.

**DISEÑO DE UNA ALTERNATIVA  
TECNOLÓGICO AMBIENTAL PARA EL  
TRATAMIENTO DE RESIDUOS  
SÓLIDOS ORGÁNICOS DEL  
CONJUNTO COMERCIAL CENTRO  
MERCADO EN LA CIUDAD DE OCAÑA,  
NORTE DE SANTANDER**



Universidad Francisco  
de Paula Santander  
Ocaña - Colombia  
Vigilada Mineducación



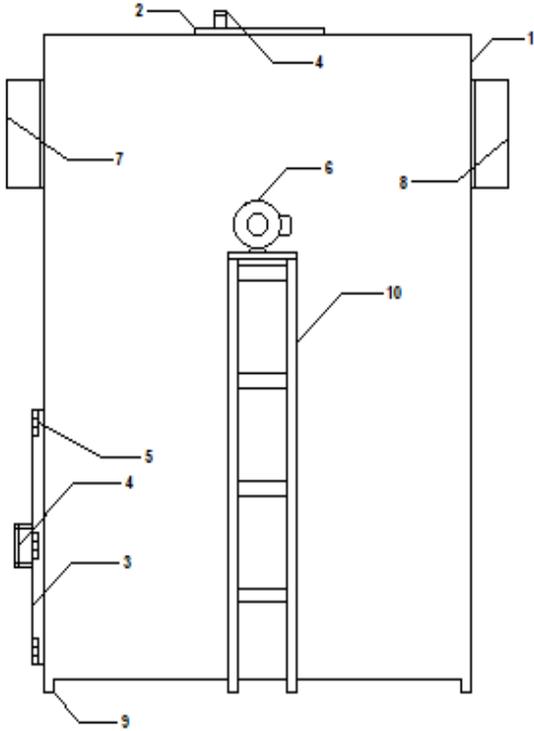
**LOCAL:** \_\_\_\_\_

**PESO:** \_\_\_\_\_

**TIPO DE RESIDUO:** \_\_\_\_\_

**Apéndice D.** Planos en 2D de diseño del Colectricomposter.

Vista lateral derecha del Colectricomposter.

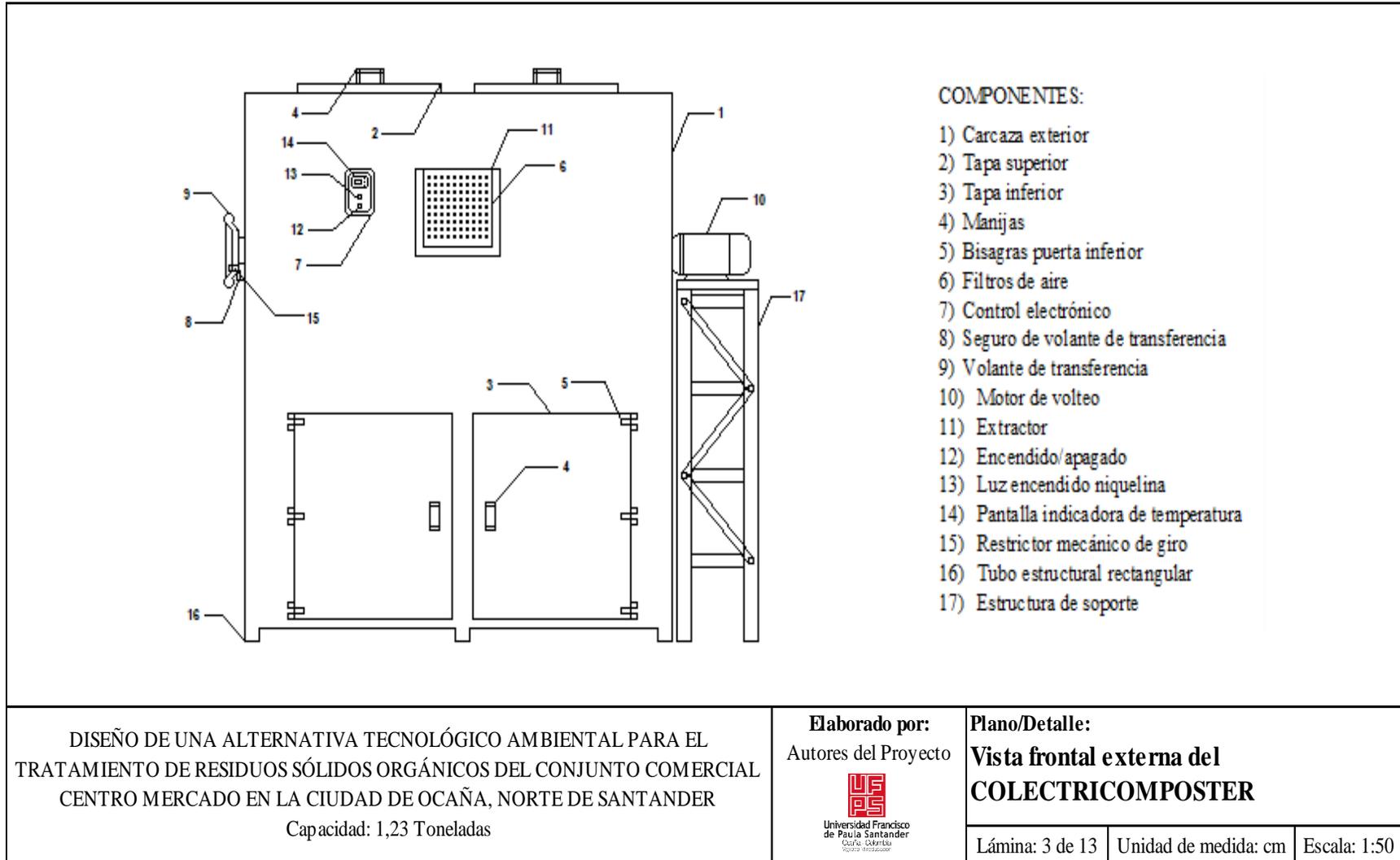
<p>VISTA DERECHA:</p> 	<p><b>COMPONENTES:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Carcasa exterior</li> <li>2) Tapa superior</li> <li>3) Tapa inferior</li> <li>4) Manijas</li> <li>5) Bisagras puerta inferior</li> <li>6) Motor de volteo</li> <li>7) Extractor</li> <li>8) Ventilador</li> <li>9) Tubo estructural rectangular</li> <li>10) Estructura de soporte</li> </ol>				
<p>DISEÑO DE UNA ALTERNATIVA TECNOLÓGICO AMBIENTAL PARA EL TRATAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS DEL CONJUNTO COMERCIAL CENTRO MERCADO EN LA CIUDAD DE OCAÑA, NORTE DE SANTANDER</p> <p>Capacidad: 1,23 Toneladas</p>	<p><b>Elaborado por:</b> Autores del Proyecto</p>  <p>Universidad Francisco de Paula Santander Cúcuta, Colombia 1955-2022</p>	<p><b>Plano/Detalle:</b> <b>Vista lateral derecha del COLECTRICOMPOSTER</b></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33%;">Lámina: 1 de 13</td> <td style="width: 33%;">Unidad de medida: cm</td> <td style="width: 33%;">Escala: 1:50</td> </tr> </table>	Lámina: 1 de 13	Unidad de medida: cm	Escala: 1:50
Lámina: 1 de 13	Unidad de medida: cm	Escala: 1:50			

Vista lateral izquierda del Colectricomposter.

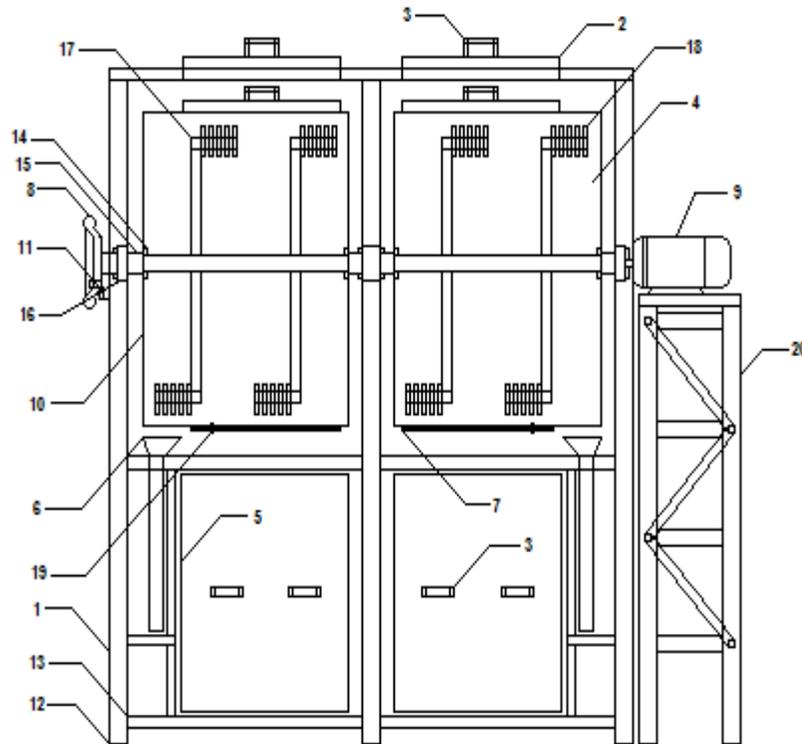
<p>VISTA IZQUIERDA:</p>	<p>COMPONENTES:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Carcaza exterior</li> <li>2) Tapa superior</li> <li>3) Tapa inferior</li> <li>4) Manijas</li> <li>5) Bisagras puerta inferior</li> <li>6) Volante de transferencia</li> <li>7) Extractor</li> <li>8) Control electrónico</li> <li>9) Ventilador</li> <li>10) Tubo estructural rectangular</li> </ol>				
<p>DISEÑO DE UNA ALTERNATIVA TECNOLÓGICO AMBIENTAL PARA EL TRATAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS DEL CONJUNTO COMERCIAL CENTRO MERCADO EN LA CIUDAD DE OCAÑA, NORTE DE SANTANDER</p> <p>Capacidad: 1,23 Toneladas</p>	<p>Elaborado por: Autores del Proyecto</p>	<p>Plano/Detalle: <b>Vista lateral izquierda del COLECTRICOMPOSTER</b></p> <table border="1"> <tr> <td>Lámina: 2 de 13</td> <td>Unidad de medida: cm</td> <td>Escala: 1:50</td> </tr> </table>	Lámina: 2 de 13	Unidad de medida: cm	Escala: 1:50
Lámina: 2 de 13	Unidad de medida: cm	Escala: 1:50			

a.

Vista frontal externa del Colectricomposter.



Vista frontal interna del Colectricomposter.



**COMPONENTES:**

- 1) Carcaza exterior
- 2) Tapa superior
- 3) Manijas
- 4) Cilindro de fermentación
- 5) Bandeja de maduración
- 6) Reservorio de lixiviados
- 7) Niquelina
- 8) Volante de transferencia
- 9) Motor de volteo
- 10) Dren de lixiviados
- 11) Restrictor mecánico de giro
- 12) Tubo estructural rectangular
- 13) Guia de bandeja de maduración
- 14) Brida
- 15) Bocin
- 16) Soporte de tubo
- 17) Volteador de acero
- 18) Cuchillas
- 19) Sensor de temperatura
- 20) Estructura de soporte

DISEÑO DE UNA ALTERNATIVA TECNOLÓGICO AMBIENTAL PARA EL TRATAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS DEL CONJUNTO COMERCIAL CENTRO MERCADO EN LA CIUDAD DE OCAÑA, NORTE DE SANTANDER  
Capacidad: 1,23 Toneladas

Elaborado por:  
Autores del Proyecto



Plano/Detalle:

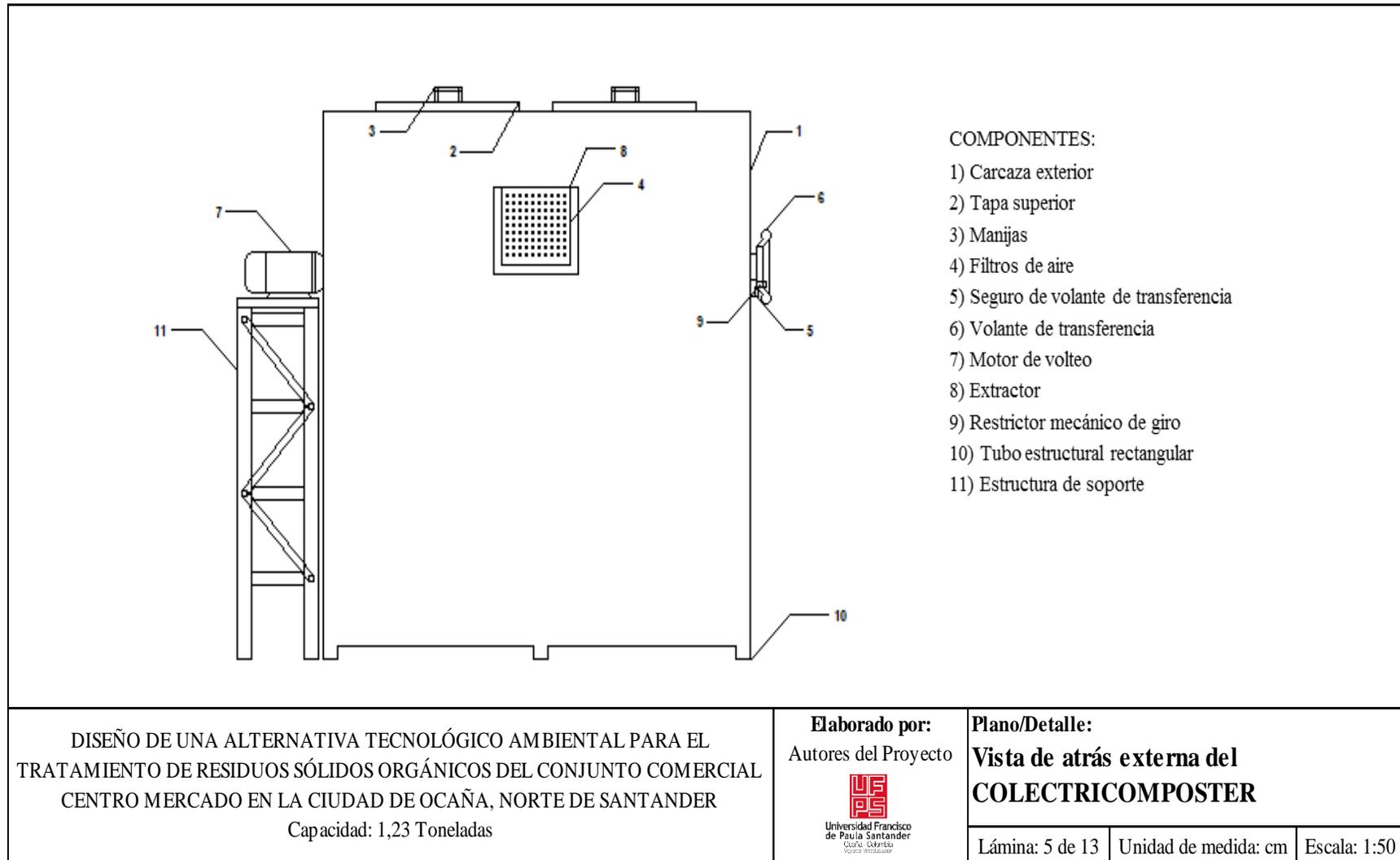
Vista frontal interna del  
**COLECTRICOMPOSTER**

Lámina: 4 de 13

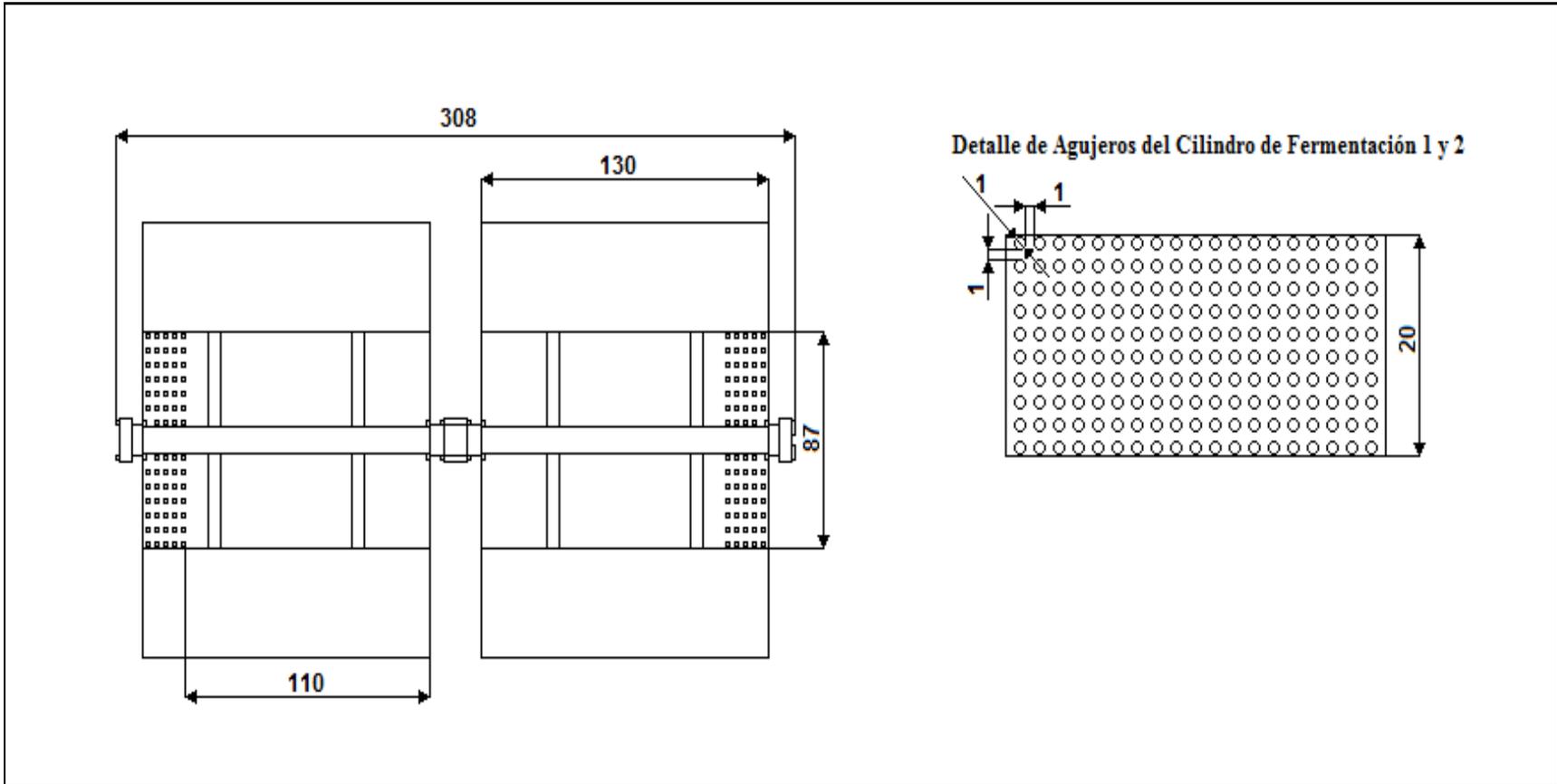
Unidad de medida: cm

Escala: 1:50

Vista de atrás externa del Colectricomposter.

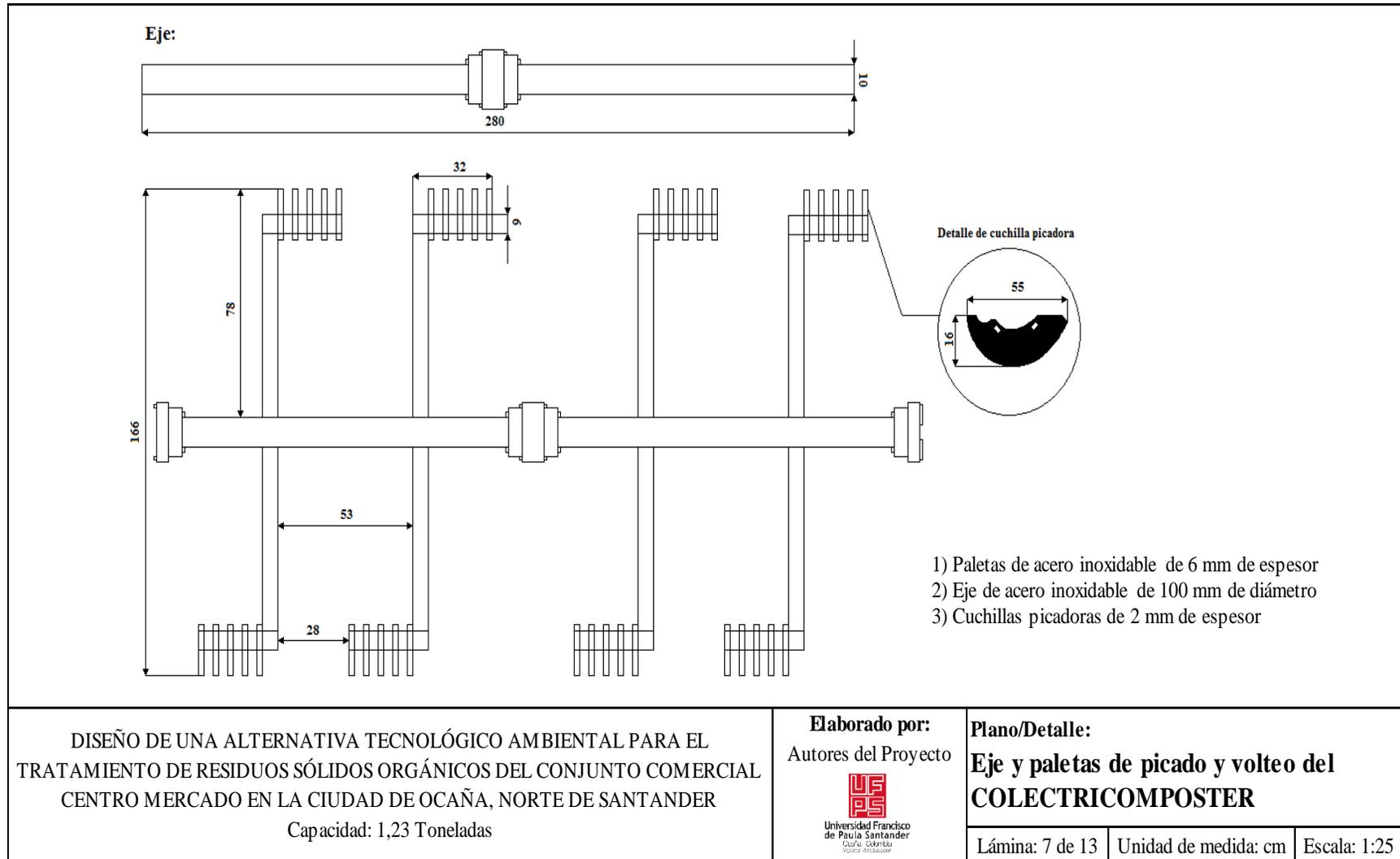


Dren de lixiviados del Colectricomposter.

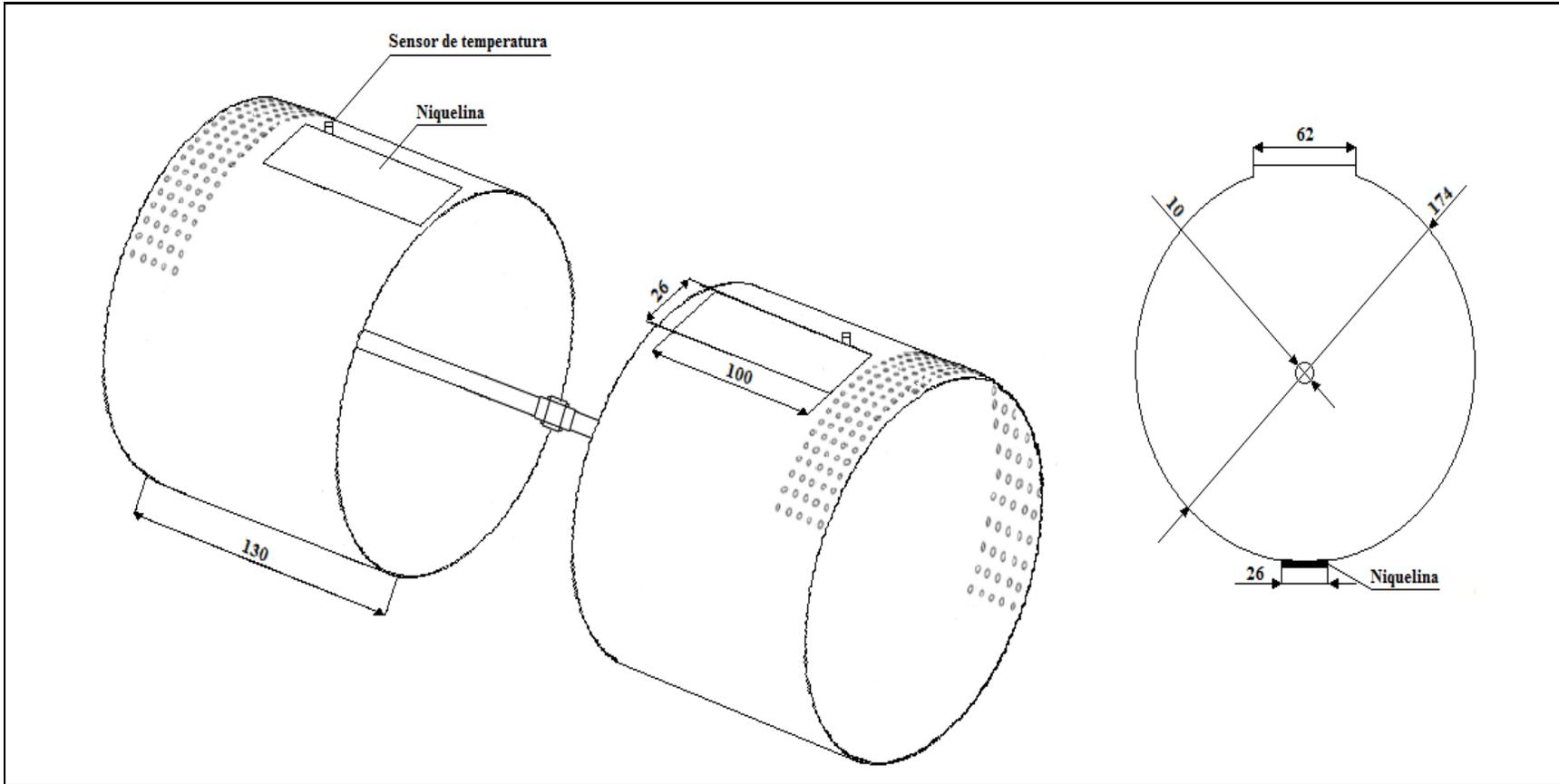


<p>DISEÑO DE UNA ALTERNATIVA TECNOLÓGICO AMBIENTAL PARA EL TRATAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS DEL CONJUNTO COMERCIAL CENTRO MERCADO EN LA CIUDAD DE OCAÑA, NORTE DE SANTANDER</p> <p>Capacidad: 1,23 Toneladas</p>	<p>Elaborado por: Autores del Proyecto</p>  <p>Universidad Francisco de Paula Santander Calle: Selenitas Bogotá - Colombia</p>	<p>Plano/Detalle: <b>Dren de lixiviados del COLECTRICOMPOSTER</b></p>		
		Lámina: 6 de 13	Unidad de medida: cm	Escala: 1:50

Eje y paletas de picado y volteo del Colectricomposter.



Niquelina y sensor de temperatura del Colectricomposter.



DISEÑO DE UNA ALTERNATIVA TECNOLÓGICO AMBIENTAL PARA EL TRATAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS DEL CONJUNTO COMERCIAL CENTRO MERCADO EN LA CIUDAD DE OCAÑA, NORTE DE SANTANDER  
 Capacidad: 1,23 Toneladas

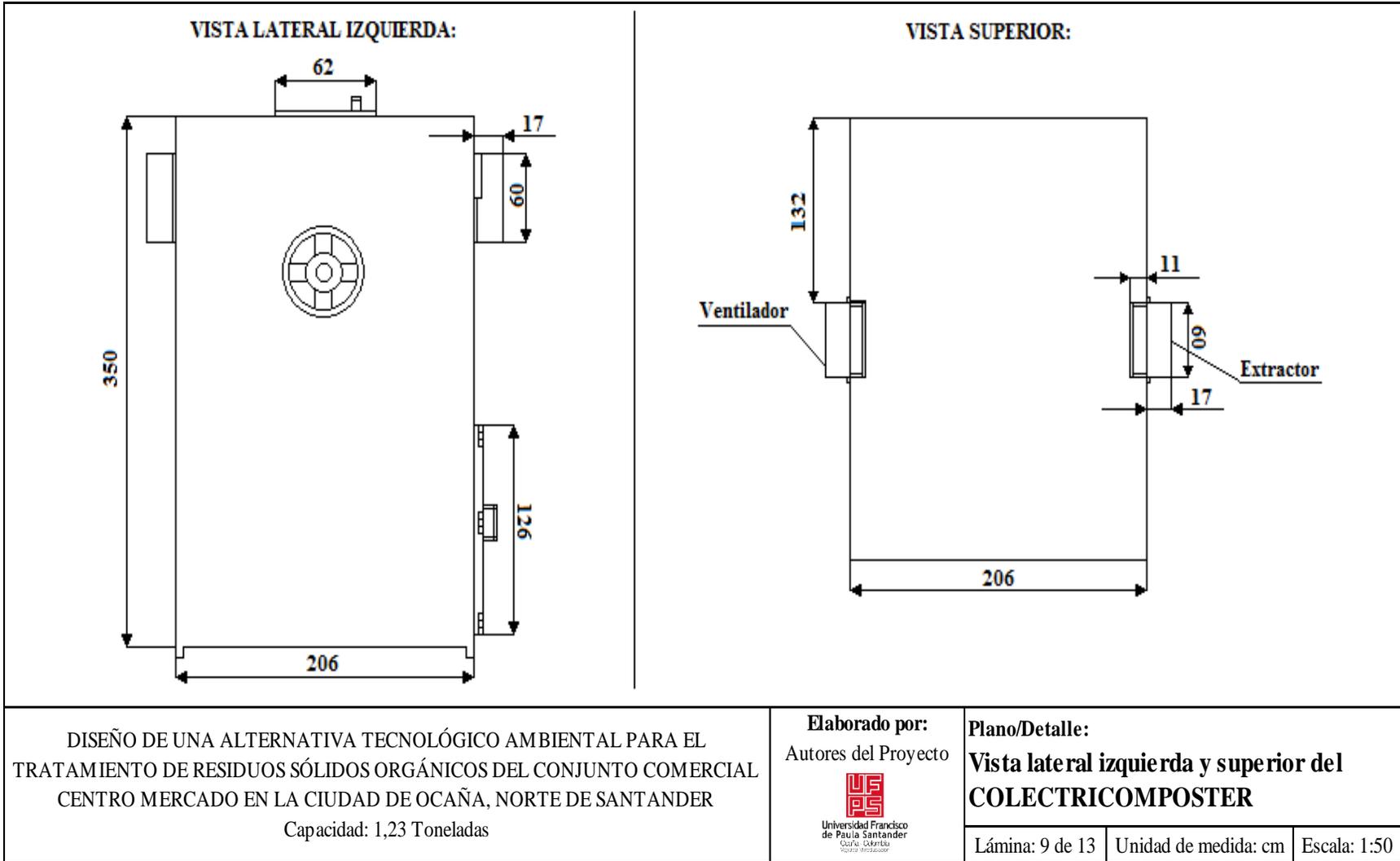
**Elaborado por:**  
 Autores del Proyecto



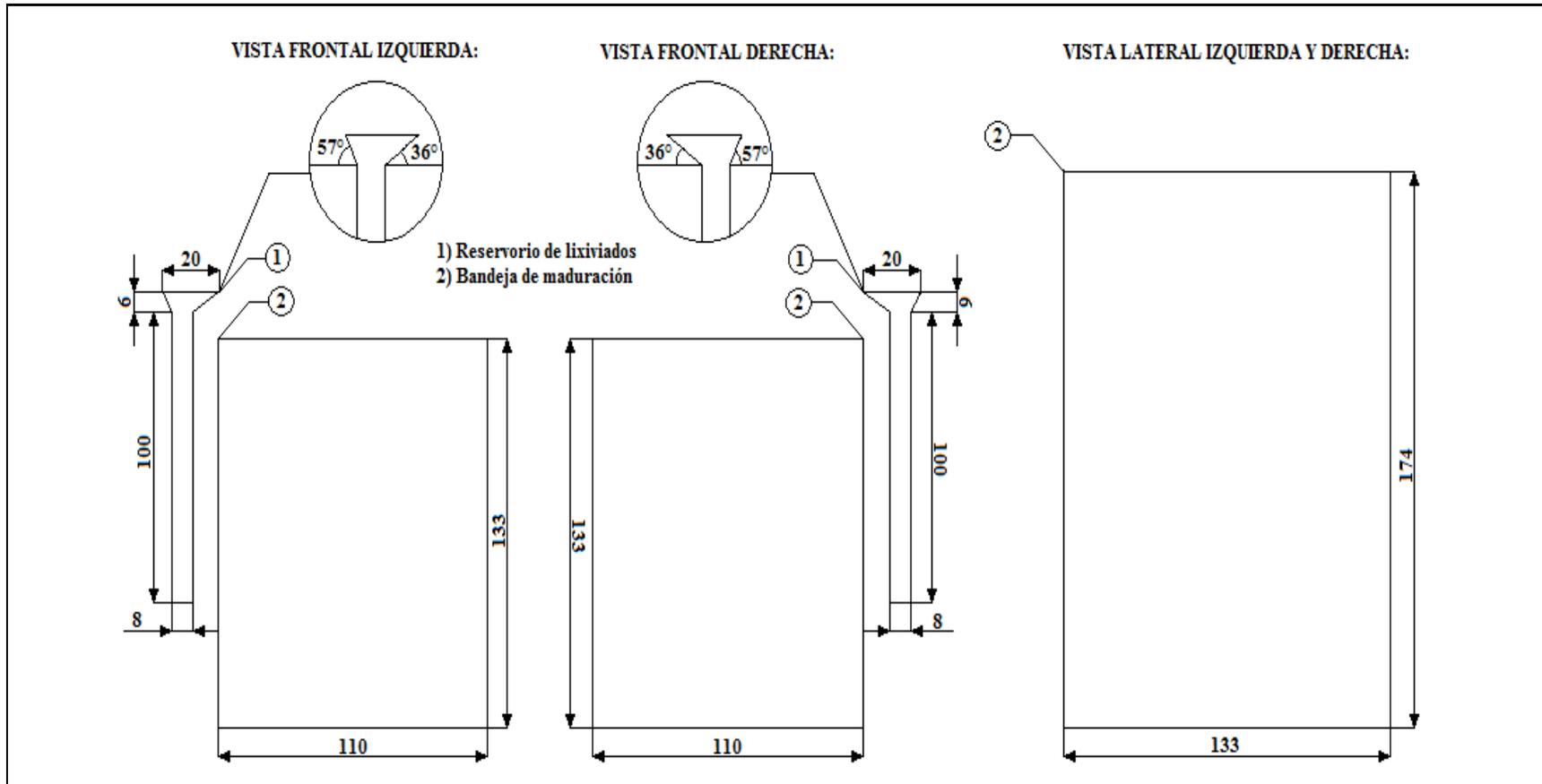
**Plano/Detalle:**  
**Niquelina y sensor de temperatura del COLECTRICOMPOSTER**

Lámina: 8 de 13    Unidad de medida: cm    Escala: 1:50

Vista lateral izquierda y superior del Colectricomposter.

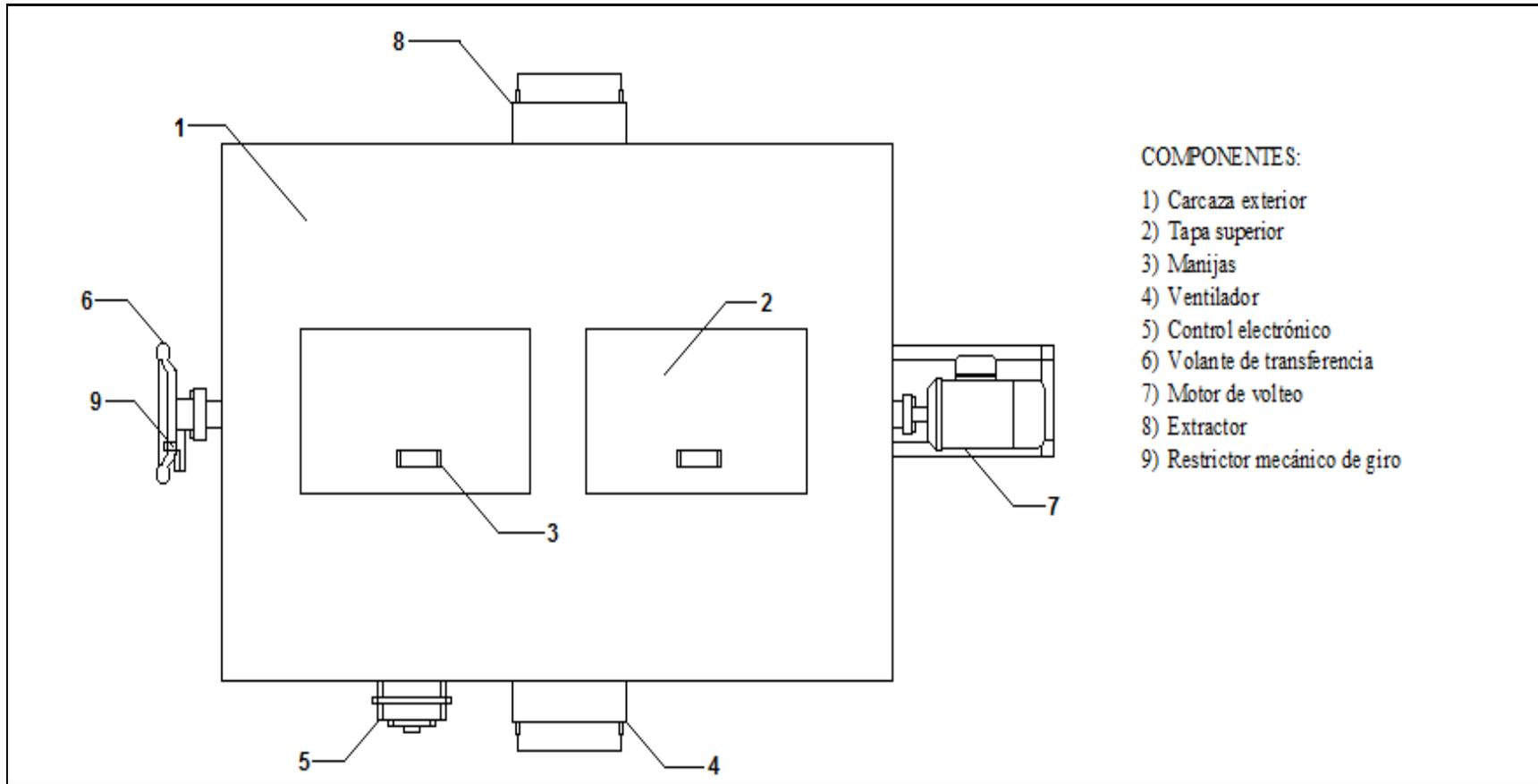


Reservorio de lixiviados y bandeja de maduración del Colectricomposter.



<p>DISEÑO DE UNA ALTERNATIVA TECNOLÓGICO AMBIENTAL PARA EL TRATAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS DEL CONJUNTO COMERCIAL CENTRO MERCADO EN LA CIUDAD DE OCAÑA, NORTE DE SANTANDER</p> <p>Capacidad: 1,23 Toneladas</p>	<p>Elaborado por:                  Autores del Proyecto</p>  <p>Universidad Francisco de Paula Santander                  CALI, COLOMBIA                  9072 91220000</p>	<p>Plano/Detalle:  <b>Reservorio de lixiviados y bandeja de maduración del COLECTRICOMPOSTER</b></p>		
		<p>Lámina: 10 de 13</p>	<p>Unidad de medida: cm</p>	<p>Escala: 1:25</p>

Vista desde arriba del Colectricomposter.



**COMPONENTES:**

- 1) Carcaza exterior
- 2) Tapa superior
- 3) Manijas
- 4) Ventilador
- 5) Control electrónico
- 6) Volante de transferencia
- 7) Motor de voltaje
- 8) Extractor
- 9) Restrictor mecánico de giro

DISEÑO DE UNA ALTERNATIVA TECNOLÓGICO AMBIENTAL PARA EL TRATAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS DEL CONJUNTO COMERCIAL CENTRO MERCADO EN LA CIUDAD DE OCAÑA, NORTE DE SANTANDER  
 Capacidad: 1,23 Toneladas

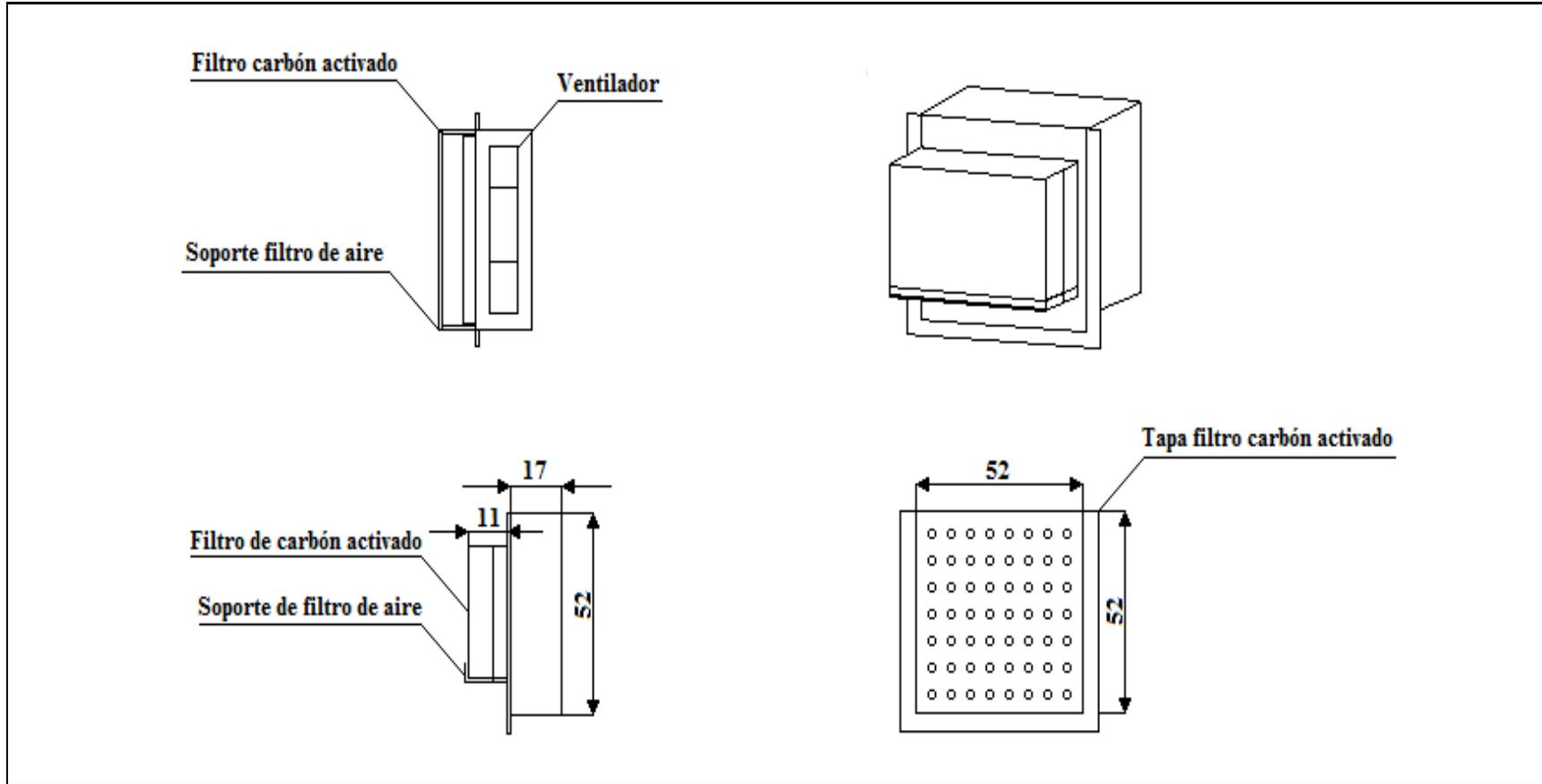
**Elaborado por:**  
 Autores del Proyecto



**Plano/Detalle:**  
**Vista desde arriba del**  
**COLECTRICOMPOSTER**

Lámina: 11 de 13	Unidad de medida: cm	Escala: 1:50
------------------	----------------------	--------------

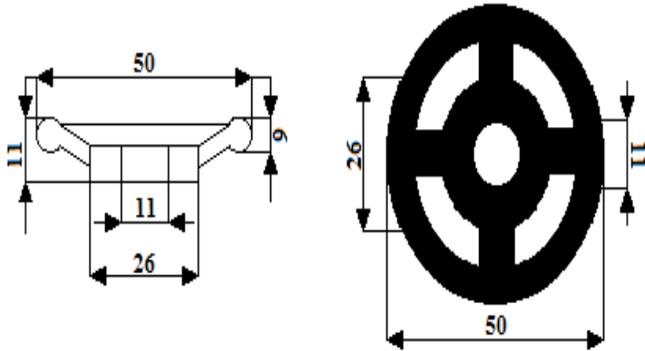
Filtro de aire y ventilación del Colectricomposter.



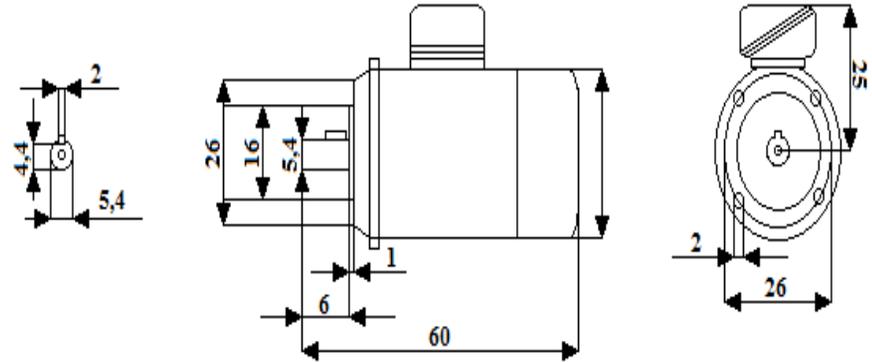
<p>DISEÑO DE UNA ALTERNATIVA TECNOLÓGICO AMBIENTAL PARA EL TRATAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS DEL CONJUNTO COMERCIAL CENTRO MERCADO EN LA CIUDAD DE OCAÑA, NORTE DE SANTANDER</p> <p>Capacidad: 1,23 Toneladas</p>	<p><b>Elaborado por:</b> Autores del Proyecto</p>  <p>Universidad Francisco de Paula Santander CALLE VIGILANTE BOGOTÁ - COLOMBIA</p>	<p><b>Plano/Detalle:</b> <b>Filtro de aire y ventilación del COLECTRICOMPOSTER</b></p>	
<p>Lámina: 12 de 13</p>		<p>Unidad de medida: cm</p>	<p>Escala: 1:25</p>

Volante de transferencia y motor de volteo del Colectricomposter.

**VOLANTE DE TRANSFERENCIA:**



**MOTOR DE VOLTEO:**



DISEÑO DE UNA ALTERNATIVA TECNOLÓGICO AMBIENTAL PARA EL TRATAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS DEL CONJUNTO COMERCIAL CENTRO MERCADO EN LA CIUDAD DE OCAÑA, NORTE DE SANTANDER  
 Capacidad: 1,23 Toneladas

**Elaborado por:**  
 Autores del Proyecto



Universidad Francisco de Paula Santander  
 Cúcuta, Colombia  
 1993

**Plano/Detalle:**  
**Volante de transferencia y motor de volteo del COLECTRICOMPOSTER**

Lámina: 13 de 13

Unidad de medida: cm

Escala: 1:25

**Apéndice E. Presupuesto del Compostador Eléctrico Convencional.**

<b>Parte</b>	<b>Tipo de material</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Total</b>
Brida	Acero inoxidable	\$332.251	4	\$1.329.004
Motor eléctrico	Acero inoxidable	\$1.430.000	1	\$1.430.000
Cuchilla	Acero inoxidable	\$21.650	40	\$866.000
Tubo estructural rectangular	Acero inoxidable	\$97.150	13	\$1.262.950
Bocín	Acero inoxidable	\$59.500	4	\$238.000
Lámina	Acero inoxidable	\$436.573	20	\$8.731460
Ventilador-Extractor	Acero inoxidable	\$299.000	2	\$598.000
Filtro de aire	Acero inoxidable	\$18.500	2	\$37.000
Manijas	Acero inoxidable	\$5.700	10	\$57.000
Barras perforadas	Acero inoxidable	\$150.000	1	\$150.000
Volante	Acero inoxidable	\$145.270	1	\$145.270
Bisagras	Acero inoxidable	\$17.900	12	\$214.800

Control electrónico	Acero inoxidable	\$279.000	1	\$279.000
Niquelina	Acero inoxidable	\$160.000	1	\$160.000
Modem Arduino	Acero inoxidable	\$95.200	1	\$95.200
Computador portátil	Acero inoxidable	\$2.599.900	1	\$2.599.900
Tornillos, tuercas y arandelas	Acero inoxidable	\$3.452	24	\$82.848
Inversor solar		\$1.180.080	1	\$1.180.080
Panel solar	Monocristalino	\$593.200	2	\$1186400
<b>TOTAL</b>				\$20.642.912