

# **ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

## **FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL**

### **POTENCIAL DE COMPOSTAJE DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS GENERADOS EN EL MERCADO MAYORISTA DEL CANTÓN AMBATO**

#### **PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO AMBIENTAL**

**CARLOS FABIÁN BELTRÁN NARANJO**

fabianbeltran\_19@hotmail.com

**PAÚL SEBASTIÁN PÉREZ MONTESDEOCA**

paul280496@hotmail.com

**DIRECTOR: ING. CÉSAR ALFONSO NARVÁEZ RIVERA M.SC**

cesar.narvaez@epn.edu.ec

**Quito, abril 2020**

## **DECLARACIÓN**

Nosotros, Carlos Fabián Beltrán Naranjo y Paúl Sebastián Pérez Montesdeoca declaramos que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Escuela Politécnica Nacional, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

---

**CARLOS FABIÁN BELTRÁN NARANJO**

---

**PAÚL SEBASTIÁN PÉREZ MONTESDEOCA**

## **CERTIFICACIÓN**

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Carlos Fabián Beltrán Naranjo y Paúl Sebastián Pérez Montesdeoca, bajo mi supervisión.

---

**ING. CÉSAR A. NARVÁEZ M.SC**  
**DIRECTOR DEL PROYECTO**

## AGRADECIMIENTOS

Agradecer a Dios por darme la fortaleza para alcanzar las metas propuestas, por la continua guía en cada paso, por la salud y por el amor de mis seres queridos quienes lograron conducirme por un sendero de aspiraciones y logros.

Agradecer a mis padres, Carlos y Jackeline por confiar en mí y hacerme sentir la persona más afortunada del mundo al tenerlos junto a mi cada día, por su apoyo incondicional les agradezco infinitamente y espero que la vida me alcance para devolverles mucho más de lo que ustedes han hecho por mí. A mi hermano Jonathan, quien me ha motivado a ser mejor con su ejemplo de superación diario, por brindarme un buen consejo con todo el cariño, por concederme todo su apoyo y ser el mejor hermano que la vida me pudo dar.

Agradecer a mi tío Vinicio, quien ha sido un pilar fundamental en mi vida, quien me ha ayudado en los momentos difíciles y con su soporte ha sabido guiarme y brindarme la sabiduría necesaria para alcanzar los objetivos trazados. A mi abuelito Virgilio, por cuidarnos siempre y preocuparse del bienestar de cada miembro de la familia, por apoyarnos y motivarnos a alcanzar nuestros sueños con su ejemplo y el mejor ánimo de superación.

Agradecer a mi tutor de tesis, Ing. César Narváez, quien con su amplia experiencia y basto conocimiento supo guiarnos en este proyecto de titulación.

Agradecer a mi amigo y compañero de tesis Paúl, por el apoyo brindado a lo largo de la carrera. Así como a Belenchis, Cricita, Karlita, Silvita, Tatibiris, Maru, Pauli, Paito, Winy y César, amigos en buenos y malos momentos. Les agradezco por compartir conmigo especialmente en aquellas inolvidables giras y por brindarme su amistad, les dedico la canción coincidir de Macaco.

**Fabián Beltrán**

## AGRADECIMIENTOS

Quiero comenzar agradeciendo a Dios y a mi Virgen de la Dolorosa, quienes me han permitido la vida, sabiduría y responsabilidad para lograr este objetivo.

Agradecer a mi padre Edgar Pérez que cada mañana con una sonrisa sale a trabajar para que no me falte nada. Por enseñarme que no hay limitaciones en la vida, que los amigos se seleccionan y que luchando siempre puedo salir adelante, usted padre amado es un ejemplo de vida, dedicación, respeto y amor a la familia.

A la mujer de mi vida, a mi madre María Elena Montesdeoca, mujer luchadora, amable y ejemplar en todo sentido, gracias por ser mi apoyo y consejera. Por sus llamadas y su voz de aliento que decía “dale mi negrito, métele ganas”, este logro es suyo, por ser mi motor y sus brazos mi lugar favorito para recobrar fuerzas.

A mi hermano Gustavo Jaramillo, mi ñañiqui, mi apoyo y la razón por la cual estudié en la Escuela Politécnica Nacional. Siempre has estado como segundo padre junto a mí, como provincianos dándonos un apoyo cuando más lo necesitamos, gracias por hacerme entender que el estudio es la puerta que nos lleva al éxito. A mi cuñada Andrea Viteri que es un regalo para la familia y que siempre ha estado impartiendo el cariño y los consejos necesarios para cumplir este objetivo.

A Cris, Taty, Karlita, Belén, Silvi, Pao, Pauli, Winy, Maru y sobre todo a Fabián Beltrán, siempre estuvieron ahí en mi travesía por Quito con una sonrisa, un abrazo, una broma o un consejo, mil gracias. Agradecer a Kevin Tumay y Christian Torres mis mejores amigos desde la infancia, que gracias a ustedes aprendí el verdadero significado de la amistad y que siempre los llevo en mi corazón. Finalmente, agradecer al Mercado Mayorista, a la FICA y en especial al Ingeniero César Narváez quién como tutor ayudó a desarrollar este proyecto.

**Polo**

## DEDICATORIA

A mi madre Jackeline y a mi padre Carlos,

A mi hermano Jonathan,

A mi tío Vinicio,

Y a mi abuelito Virgilio,

por ser quienes forjan mi plan de vida.

**Fabián**

## DEDICATORIA

Dedicado a mi familia. A mis padres Edgar y María Elena, hermano Gustavo, abuelita Olguita y a todos mis familiares, quienes con su apoyo, preocupación y cariño han sido los artífices de este paso tan importante en mi vida.

**Polo**

## CONTENIDO

DECLARACIÓN.....	I
CERTIFICACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
AGRADECIMIENTOS.....	IV
DEDICATORIA .....	V
DEDICATORIA .....	VI
CONTENIDO .....	VII
LISTA DE TABLAS .....	XVI
LISTA DE FIGURAS.....	XVIII
LISTA DE ANEXOS.....	XX
RESUMEN.....	XXII
ABSTRACT.....	XXIII
PRESENTACIÓN .....	XXIV
<b>CAPÍTULO I.....</b>	<b>1</b>
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
1.1 ANTECEDENTES.....	1
1.2 JUSTIFICACIÓN.....	4
1.3 OBJETIVOS.....	5
1.3.1 OBJETIVO GENERAL .....	5
1.3.2 OBJETIVO ESPECÍFICOS .....	6
1.4 ALCANCE .....	6
<b>CAPÍTULO II.....</b>	<b>8</b>

<b>MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>8</b>
2.1 RESIDUOS SÓLIDOS .....	8
2.2 GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS .....	8
2.3 ETAPAS DE LA GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS .....	9
2.4 GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS .....	11
2.5 PLAN DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS .....	12
2.6 SISTEMAS DE TRATAMIENTO BIOLÓGICOS PARA LA GESTIÓN DE RESIDUOS .....	13
2.6.1 SISTEMAS DE COMPOSTAJE .....	13
<b>2.6.1.1 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO</b> .....	15
<b>2.6.1.2 TIPOS DE COMPOSTAJE</b> .....	15
2.7 ETAPAS DEL COMPOSTAJE .....	16
2.8 COMPOSTAJE EN PILAS POR VOLTEO MANUAL .....	18
2.8.1 RESIDUOS Y MATERIALES .....	19
<b>2.8.1.1 POR LA NATURALEZA QUÍMICA:</b> .....	19
<b>2.8.1.2 POR EL ESTADO FÍSICO:</b> .....	19
<b>2.8.1.3 POR EL ORIGEN:</b> .....	19
2.8.2 ¿CÓMO SE REALIZA COMPOSTAJE EN PILAS POR VOLTEO MANUAL? .....	20
<b>2.8.2.1 OPERACIONES DEL PROCESO DE COMPOSTAJE         EN PILAS POR VOLTEO MANUAL</b> .....	20
2.8.3. PARÁMETROS DE CONTROL DURANTE EL PROCESO .....	21
<b>2.8.3.1 TEMPERATURA</b> .....	21
<b>2.8.3.2 HUMEDAD</b> .....	22
<b>2.8.3.3 AIREACIÓN</b> .....	23
<b>2.8.3.4 pH</b> .....	24
<b>2.8.3.5 NUTRIENTES</b> .....	25
<b>2.8.3.6 RELACIÓN CARBONO NITRÓGENO</b> .....	26

2.8.4 VENTAJAS DEL COMPOSTAJE EN PILAS POR VOLTEO MANUAL .....	26
2.8.5 PROBLEMAS EN EL COMPOSTAJE DE PILAS CON VOLTEO MANUAL.....	28
<b>2.8.5.1 DISPONIBILIDAD DEL TERRENO</b> .....	28
<b>2.8.5.2 CLIMATOLÓGICAS</b> .....	28
<b>2.8.5.3 AMBIENTALES</b> .....	28
<b>2.8.5.4 VALOR DEL FERTILIZANTE</b> .....	28
2.8.6 BENEFICIOS PARA LOS CULTIVOS.....	28
2.9 CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS .....	29
2.10 IMPACTO AMBIENTAL (IA) .....	29
2.10.1 LÍNEA BASE .....	29
2.10.2 EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA).....	30
<b>2.10.2.1 MATRIZ DE LEOPOLD</b> .....	30
<b>2.10.2.2 TIPOLOGÍA DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES</b> .....	31
2.11 MARCO LEGAL.....	31
2.11.1 PRINCIPIOS EN EL MARCO DE LA LEGISLACIÓN AMBIENTAL.....	31
2.11.2 MARCO LEGAL EN ECUADOR REFERENTE A LA GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS.....	33
<b>2.11.2.1 CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL         ECUADOR 2008</b> .....	33
<b>2.11.2.2 CÓDIGO ORGÁNICO AMBIENTAL</b> .....	33
<b>2.11.2.3 ACUERDO MINISTERIAL 061, MAE</b> .....	34
<b>2.11.2.4 COMPETENCIAS DE GESTIÓN AMBIENTAL DE         GOBIERNOS AUTÓNOMOS DESCENTRALIZADOS         MUNICIPALES</b> .....	34
<b>2.11.2.5 ORDENANZA PARA LA GESTIÓN INTEGRAL DE         LOS RESIDUOS SÓLIDOS DEL CANTÓN AMBATO</b> .....	34

<b>2.11.3 MARCO LEGAL REFERENTE AL COMPOSTAJE</b> .....	35
<b>CAPÍTULO III</b> .....	<b>37</b>
<b>METODOLOGÍA</b> .....	<b>37</b>
3.1 ZONA DE ESTUDIO .....	37
3.1.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA .....	37
3.1.2 AREA DE ESTUDIO.....	38
3.1.3 POBLACIÓN .....	41
3.1.4 CARACTERÍSTICAS.....	41
<b>3.1.4.1 CLIMÁTICAS</b> .....	41
<b>3.1.4.2 FÍSICAS</b> .....	42
<b>3.1.4.3 ECONÓMICAS</b> .....	42
3.1.5 ESTADO ACTUAL .....	42
3.2 PLAN DE MUESTREO .....	44
3.2.1. MUESTREO POR PREDIOS NO DOMICILIARIOS.....	46
<b>3.2.1.1 DETERMINACIÓN DE LA MUESTRA</b> .....	47
<b>3.2.1.2 DISTRIBUCIÓN DE LA MUESTRA DE</b> <b>CONTENEDORES</b> .....	48
3.2.2 ENCUESTAS .....	48
<b>3.2.2.1 DETERMINACIÓN DEL NÚMERO DE ENCUESTAS</b> .....	49
<b>3.2.2.2 DISTRIBUCIÓN DE LA MUESTRA</b> .....	49
3.2.3 LEVANTAMIENTO DE LA INFORMACIÓN .....	50
<b>3.2.3.1 EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE</b> <b>CONTENERIZACIÓN Y ALMACENAMIENTO</b> .....	50
<b>3.2.3.2 EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD DE COMPOSTAJE</b> <b>DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS DEL MERCADO</b> .....	53
3.3 CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS .....	56
3.3.1 CANTIDAD DE RESIDUOS SÓLIDOS .....	56
<b>3.3.1.1 TASA DE GENERACIÓN PER CÁPITA</b> .....	57
<b>3.3.1.2 CANTIDAD DE RESIDUOS SÓLIDOS FUTURA</b> .....	57

<b>3.3.1.3 PESO ESPECÍFICO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS</b> .....	58
<b>3.3.1.4. DETERMINACIÓN DE LA CANTIDAD DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS GENERADOS</b> .....	59
3.3.2 COMPOSICIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS .....	60
<b>3.3.2.1 COMPOSICIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS</b> .....	62
3.4 COMPOSTAJE .....	64
3.4.1 CONDICIONES DE DISEÑO, UBICACIÓN Y CONSIDERACIONES MEDIOAMBIENTALES .....	64
3.4.2 DISEÑO DEL SISTEMA DE COMPOSTAJE MEDIANTE PILAS POR VOLTEO MANUAL .....	67
<b>3.4.2.1 CÁLCULO Y DISEÑO DE LAS PILAS</b> .....	69
<b>3.4.2.2 MATERIALES, MAQUINARIA, EQUIPOS Y PERSONAL DE TRABAJO</b> .....	69
3.4.3 DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE .....	71
<b>3.4.3.1 DISEÑO DEL DRENAJE SANITARIO</b> .....	72
<b>3.4.3.2 DISEÑO DEL DRENAJE PLUVIAL</b> .....	72
3.5 COMPILACIÓN DE ENCUESTAS .....	72
3.5.1 ORGANIZACIÓN DE LA MUESTRA .....	72
3.5.2 EJECUCIÓN DE LAS ENCUESTAS .....	73
3.5.3 TRATAMIENTO DE DATOS .....	73
3.6 EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES .....	73
3.6.1 MATRIZ DE LEOPOLD .....	74
3.7 PLAN DE MEJORAS .....	78
<b>CAPÍTULO IV</b> .....	<b>80</b>
<b>ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS</b> .....	<b>80</b>
4.1 ENTREVISTA AL PERSONAL ADMINISTRATIVO .....	80
4.2 PLAN DE MUESTREO .....	80

4.2.1 DETERMINACIÓN DE LA MUESTRA DE CONTENEDORES .....	80
4.2.2 VOLUMEN DE LOS CONTENEDORES .....	82
4.2.3 CAPACIDAD DE COMPOSTAJE DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS .....	82
4.3 CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS .....	84
4.3.1 CANTIDAD DE RESIDUOS SÓLIDOS .....	84
<b>4.3.1.1 TASA DE GENERACIÓN PER CÁPITA DE RESIDUOS SÓLIDOS (GPC).....</b>	<b>86</b>
<b>4.3.1.2 TASA DE GENERACIÓN PER CÁPITA DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS (GPCO).....</b>	<b>87</b>
<b>4.3.1.3 CANTIDAD DE RESIDUOS SÓLIDOS FUTURA.....</b>	<b>87</b>
<b>4.3.1.4 CANTIDAD DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS FUTURA .....</b>	<b>88</b>
<b>4.3.1.5 PESO ESPECÍFICO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS .....</b>	<b>88</b>
<b>4.3.1.6 DETERMINACIÓN DE LA CANTIDAD DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS GENERADOS .....</b>	<b>90</b>
4.3.2 COMPOSICIÓN GENERAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS.....	92
<b>4.3.2.1 COMPOSICIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS .....</b>	<b>94</b>
<b>4.3.2.2 TAMAÑO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS QUE NECESITAN SER TRITURADOS .....</b>	<b>97</b>
4.4 DETERMINACIÓN DEL NÚMERO DE ENCUESTAS .....	100
4.5 ANÁLISIS DE LAS ENCUESTAS .....	101
4.5.1 SECCIÓN I) PERCEPCIÓN DEL SERVICIO .....	102
4.5.2 SECCIÓN II) GENERACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS .....	102
4.5.3 SECCIÓN III) ALMACENAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS .....	103
4.5.4 SECCIÓN IV) RECICLAJE Y TRATAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS.....	104

4.5.5 SECCIÓN V) NECESIDADES DE SENSIBILIZACIÓN .....	105
4.6 ANÁLISIS DE IMPACTOS SOCIOECONÓMICOS Y AMBIENTALES.....	110
4.6.1 MATRIZ DE LEOPOLD .....	110
4.6.2 INTERPRETACIÓN DE IMPACTOS .....	111
<b>4.6.2.1 IMPACTOS EN EL MERCADO MAYORISTA DE AMBATO</b> .....	111
<b>4.6.2.2 IMPACTOS EN EL DISEÑO DE LA PLANTA DE COMPOSTAJE</b> .....	112
4.7 DISEÑO DE LA PLANTA DE COMPOSTAJE .....	113
4.7.1 DIMENSIONAMIENTO DE LAS PILAS.....	115
4.7.2 DIMENSIONAMIENTO DEL DRENAJE .....	117
<b>4.7.2.1 DRENAJE PLUVIAL</b> .....	118
<b>4.7.2.2 DRENAJE SANITARIO</b> .....	123
4.7.3 BALANCE DE MATERIALES.....	125
4.7.4 TIEMPO DE LLENADO DE LAS PILAS DE COMPOSTAJE .....	127
4.7.5 VOLTEO DE LAS PILAS DE COMPOSTAJE Y RELACIÓN CARBONO – NITRÓGENO (C/N).....	128
4.7.6 PERSONAL DE TRABAJO DE LA PLANTA DE COMPOSTAJE .....	129
4.8 ANÁLISIS DE COSTOS.....	131
4.8.1 CONSTRUCCIÓN DE LA PLANTA DE COMPOSTAJE .....	131
4.8.2 OPERACIÓN DE LA PLANTA DE COMPOSTAJE .....	132
<b>4.8.2.1 SERVICIOS BÁSICOS</b> .....	133
<b>4.8.2.2 EQUIPOS</b> .....	133
<b>4.8.2.3 PERSONAL DE TRABAJO</b> .....	135
<b>4.8.2.4 CAMIÓN DE CARGA FRONTAL</b> .....	137
<b>4.8.2.5 CONTENEDORES</b> .....	139
4.8.3 COSTOS EXTRAS.....	140

4.8.4 COSTOS TOTALES.....	141
4.8.5 INGRESOS POR LA PRODUCCIÓN DE COMPOST.....	142
4.9 PLAN DE MEJORAS.....	144
4.9.1 PROPUESTA: AJUSTE EN EL SISTEMA DE CONTENEDORES DE RESIDUOS SÓLIDOS.....	145
4.9.2 PROPUESTA: SEPARACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS.....	146
4.9.3 PROPUESTA: CONVENIO DE RECICLAJE DE RESIDUOS SÓLIDOS INORGÁNICOS CON EL “GREMIO DE RECICLADORES DE AMBATO”.....	148
4.9.4 PROPUESTA: IMPLEMENTACIÓN DE BATERÍAS SANITARIAS MÓVILES.....	148
4.9.5 PROPUESTA: AJUSTE DE LA RUTA DE BARRIDO.....	150
<b>CAPÍTULO V.....</b>	<b>151</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>151</b>
5.1 CONCLUSIONES.....	151
5.2 RECOMENDACIONES.....	155
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>157</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>165</b>
<b>ANEXO N°1.....</b>	<b>166</b>
<b>EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE CONTENERIZACIÓN.....</b>	<b>166</b>
<b>ANEXO N°2.....</b>	<b>169</b>
<b>CARACTERÍSTICAS DE CLASIFICACIÓN POR COMPONENTE.....</b>	<b>169</b>
<b>ANEXO N°3.....</b>	<b>171</b>
<b>MODELO DE ENCUESTA.....</b>	<b>171</b>
<b>ANEXO N°4.....</b>	<b>174</b>
<b>GENERACIÓN TOTAL DE LOS RS DEL MMA.....</b>	<b>174</b>

<b>ANEXO N°5.....</b>	<b>176</b>
<b>GENERACIÓN TOTAL DE LOS RSO DEL MMA .....</b>	<b>176</b>
<b>ANEXO N°6.....</b>	<b>178</b>
<b>COMPOSICIÓN DE LOS RS DEL MMA .....</b>	<b>178</b>
<b>ANEXO N° 7.....</b>	<b>183</b>
<b>RESULTADOS DE LAS ENCUESTAS .....</b>	<b>183</b>
<b>ANEXO N° 8.....</b>	<b>187</b>
<b>MATRIZ DE LEOPOLD DEL MERCADO MAYORISTA DE AMBATO EMPLEADA EN EL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL .....</b>	<b>187</b>
<b>ANEXO N° 9.....</b>	<b>189</b>
<b>MATRIZ DE LEOPOLD DEL DISEÑO DE LA PLANTA DE COMPOSTAJE EMPLEADA EN EL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL.....</b>	<b>189</b>
<b>ANEXO N° 10.....</b>	<b>191</b>
<b>DISEÑO DE LA PLANTA DE COMPOSTAJE .....</b>	<b>191</b>
<b>ANEXO N° 11.....</b>	<b>195</b>
<b>SUGERENCIA DE UBICACIÓN DEL DISEÑO EN EL RELLENO SANITARIO DE AMBATO .....</b>	<b>196</b>
<b>ANEXO N° 12.....</b>	<b>197</b>
<b>RUTA DE BARRIDO.....</b>	<b>198</b>

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Límites máximos permisibles de metales pesados en el compost .....	35
Tabla 2. ANEXO I “Fertilizantes”. Compost.....	36
Tabla 3. Producto que se comercializa en cada nave o uso de la nave .....	39
Tabla 4. División de las naves por zonas .....	40
Tabla 5. Población estimada en el Mercado Mayorista de Ambato .....	41
Tabla 6. Clasificación predios no domiciliarios en sectores .....	45
Tabla 7. Definición de parámetros para calcular la muestra .....	47
Tabla 8. Sub clasificación de los RSO del MMA. ....	63
Tabla 9. Factores ambientales identificados en el MMA. ....	75
Tabla 10. Factores ambientales en el diseño de la planta. ....	76
Tabla 11. Calificación de magnitud del impacto ambiental.....	77
Tabla 12. Calificación de importancia del impacto ambiental.....	78
Tabla 13. Calificación de impactos ambientales.....	78
Tabla 14. Número de contenedores muestreados por nave .....	81
Tabla 15. Resultados de la caracterización de RS generados en un día .....	84
Tabla 16. Peso específico de los residuos sólidos del Mercado Mayorista .....	89
Tabla 17. Cantidad de residuos sólidos orgánicos generados .....	90
Tabla 18. Composición general de los RS generados en el MMA (kg/día) .....	93
Tabla 19. Promedio de producción de materia orgánica para los 7 días.....	95
Tabla 20. Composición de los RSO del MMA .....	95
Tabla 21. Tamaño de los RSO que necesitan ser triturados.....	98
Tabla 22. Número de encuestas realizadas por nave .....	100
Tabla 23. Criterio evaluación de impactos ambientales .....	110

Tabla 24. Criterio evaluación de impactos ambientales .....	111
Tabla 25. Generación diaria de R.S.O del MMA .....	116
Tabla 26. Estación Meteorológica .....	119
Tabla 27. Ecuaciones IDF .....	119
Tabla 28. Coeficiente de escorrentía.....	121
Tabla 29. Coeficiente de escorrentía.....	124
Tabla 30. Análisis de costos para la construcción de la planta de compostaje .....	131
Tabla 31. Análisis del financiamiento para la construcción de la planta .....	132
Tabla 32. Análisis de costos de servicios básicos de la planta de compostaje .....	133
Tabla 33. Análisis de costos de equipos para la planta de compostaje .....	134
Tabla 34. Análisis de financiamiento de equipos de la planta de compostaje .....	135
Tabla 35. Análisis de costos para el personal de la planta de compostaje .....	136
Tabla 36. Análisis de costos de un camión de carga frontal .....	137
Tabla 37. Análisis de costos de financiamiento para el camión .....	138
Tabla 38. Análisis de costos para contenedores .....	139
Tabla 39. Análisis de financiamiento para los contenedores.....	139
Tabla 40. Análisis de costos extras de la planta de compostaje .....	140
Tabla 41. Análisis de los contenedores que exceden su capacidad .....	145
Tabla 42. Distribución Técnica de los Contenedores .....	147
Tabla 43. Baterías Sanitarias según zonas.....	149

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de la zona de estudio (Ciudad).....	38
Figura 2. Ubicación de la zona de estudio (Mercado) .....	38
Figura 3. Distribución de las naves que conforman el Mercado Mayorista .....	39
Figura 4. Número de contenedores en cada nave .....	43
Figura 5. Tipo de contenedores en cada nave .....	43
Figura 6. Esquema del mercado con sitios de muestreo.....	45
Figura 7. Almacenamiento de los residuos en el Mercado Mayorista .....	51
Figura 8. Problema en los contenedores del Mercado Mayorista.....	52
Figura 9. Método de cuarteo para la caracterización de los residuos. ....	53
Figura 10. RSO generados en el Mercado Mayorista .....	55
Figura 11. Pesado del recipiente de 19 litros vacío.....	58
Figura 12. Recipiente con los residuos del método de cuarteo.....	59
Figura 13. Método del cuarteo.....	60
Figura 14. Caracterización de los residuos sólidos del Mercado Mayorista.....	62
Figura 15. Composición de los RSO del mercado.....	63
Figura 16. Modalidad de volteo avanzando.....	65
Figura 17. Vista de la planta de compostaje en Mallorca (España).....	66
Figura 18. Lixiviados bajo los contenedores .....	74
Figura 19. No utilización de servicios higiénicos. ....	74
Figura 20. Deficiente conservación de productos.....	75

Figura 21. Generación de residuos sólidos orgánicos vs inorgánicos.....	85
Figura 22. Generación de RS orgánicos vs inorgánicos por nave.....	86
Figura 23. Generación de RSO por nave .....	92
Figura 24. Composición general de los residuos sólidos .....	94
Figura 25. Composición de los residuos sólidos orgánicos.....	97
Figura 26. Composición promedio de los residuos sólidos orgánicos .....	99
Figura 27. Estado de limpieza del Mercado Mayorista .....	102
Figura 28. Frecuencia de limpieza del puesto de trabajo de los comerciantes .....	103
Figura 29. Lugar donde arroja la basura que genera .....	104
Figura 30. Reciclaje por parte de los comerciantes.....	104
Figura 31. Clasificación de la basura en contenedores de diferentes colores .....	105
Figura 32. Existencia de contaminación en el mercado .....	106
Figura 33. Principales problemas de contaminación en el MMA.....	107
Figura 34. Motivos de la acumulación de la basura en el mercado.....	107
Figura 35. Necesidad de tratamiento de la basura generada.....	108
Figura 36. Tratamiento de la basura que beneficia al comerciante .....	109
Figura 37. Reducción de la contaminación mediante compostaje.....	109
Figura 38. Beneficios por clasificar la basura en contenedores de colores.....	110
Figura 39. Dimensiones de la pila de compostaje .....	117
Figura 40. Balance de masa del proceso de compostaje .....	126

## LISTA DE ANEXOS

ANEXO 1. EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE CONTENERIZACIÓN.....	166
ANEXO 2. CARACTERÍSTICAS DE CLASIFICACIÓN POR COMPONENTE .....	169
ANEXO 3. MODELO DE ENCUESTA.....	171
ANEXO 4. GENERACIÓN TOTAL DE LOS RS DEL MMA.....	174
ANEXO 5. GENERACIÓN TOTAL DE LOS RSO DEL MMA .....	176
ANEXO 6. COMPOSICIÓN DE LOS RS DEL MMA.....	178
ANEXO 7. RESULTADOS DE LAS ENCUESTAS .....	183
ANEXO 8. MATRIZ DE LEOPOLD MERCADO MAYORISTA DE AMBATO EMPLEADA EN EL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL .....	187
ANEXO 9. MATRIZ DE LEOPOLD DISEÑO PLANTA DE COMPOSTAJE EMPLEADA EN EL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL .....	189
ANEXO 10. DISEÑO DE LA PLANTA DE COMPOSTAJE .....	191
ANEXO 11. SUGERENCIA DE UBICACIÓN DEL DISEÑO EN EL RELLENO SANITARIO DE AMBATO .....	195
ANEXO 12. RUTA DE BARRIDO.....	197

## SIMBOLOGÍA Y SIGLAS

**AME:** Asociación de Municipalidades del Ecuador

**CEPIS:** Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente

**EP-EMA:** Empresa Pública Municipal Mercado Mayorista Ambato

**EPN:** Escuela Politécnica Nacional

**GADA:** Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Ambato

**GIDSA:** Empresa Pública Municipal Gestión Integral de Desechos Sólidos de Ambato

**GRS:** Gestión de Residuos Sólidos

**INEC:** Instituto Nacional de Estadística y Censos

**INEN:** Instituto Ecuatoriano de Normalización

**M:** Metros

**MAE:** Ministerio del Ambiente

**MMA:** Mercado Mayorista de Ambato

**MO:** Materia Orgánica

**MSNM:** Metros sobre el nivel del mar

**OPS:** Organización Panamericana de la Salud

**PGIRS:** Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos

**PNGIDS:** Programa Nacional para la Gestión Integral de Desechos Sólidos

**PTAR:** Planta de Tratamiento de Aguas Residuales

**RI:** Residuos Inertes

**RS:** Residuos Sólidos

**RSND:** Residuos Sólidos No Domiciliarios

**RSO:** Residuos Sólidos Orgánicos

**T:** Toneladas

## RESUMEN

La presente tesis abarca trabajo de campo, complementado con recopilación bibliográfica. Involucra la caracterización, análisis de costos, evaluación de impactos ambientales y el diseño de un sistema de compostaje mediante pilas por volteo manual. El proyecto es diseñado para una vida útil de 5 años. El diseño propuesto puede ser ubicado en una zona de Ambato que cumpla con las dimensiones requeridas y las especificaciones técnicas. El Relleno Sanitario de la ciudad es un lugar viable al cumplir su vida útil en 2020. Con ayuda de la “Guía Metodológica para Caracterización de Residuos Sólidos” OPS-CEPIS se elaboró la caracterización, obteniendo que en el MMA se generan 8592,05 kg/día de RS, de los cuales 5936,60 kg/día son orgánicos y 2655,45 kg/día son inorgánicos. La generación per cápita es de 0,816 kg/hab\*día. Se utilizaron encuestas de elaboración propia, para conocer la actualidad del servicio de barrido, la satisfacción de los comerciantes con la limpieza y los principales problemas de contaminación del mercado. Determinando la inconformidad con la limpieza y la predisposición de los usuarios al almacenamiento diferenciado de los RS. Dando paso a la matriz de Leopold para evaluar los impactos ambientales en el mercado y el diseño de la planta. La propuesta de diseño de la planta de compostaje abarca 7700 m<sup>2</sup> de área, con dimensiones de 110 m de largo y 70 m de ancho, el área útil contiene 47 pilas y un espacio para el volteo manual, produciendo cada 90 días 108937,23 kg de compost. Lo cual mediante análisis económico - financiero calcula una ganancia de 35,59 USD/día. Finalmente, los problemas identificados y la evaluación de impactos permitieron determinar un plan de mejoras, el cual se enfoca en los puntos críticos del tratamiento de residuos sólidos, potenciando el funcionamiento del Mercado Mayorista y colaborando al desarrollo sustentable de la ciudad de Ambato.

**Palabras clave:** Caracterización, compostaje, evaluación de impactos, costos, diseño, plan de mejoras.

## ABSTRACT

This thesis project covers a field work, complemented by bibliographic compilation. It involves the characterization, cost analysis, environmental impacts evaluation and the design of a composting system using hand-flipped pile. The project is designed for a useful life of 5 years. The proposed design can be located in an Ambato area that meets the required dimensions and technical specifications. The city's Landfill is a viable place to fulfill its useful life in 2020. The "Methodological Guide for Solid Waste Characterization" OPS-CEPIS, allowed the elaboration of the characterization, obtaining that the Mercado Mayorista de Ambato generate 8592,05 kg/day of solid waste, of which 5936,60 kg/day are organic and 2655,45 kg/day are inorganic. The per capita generation is 0,816 kg/hab\*day. Self-made surveys were used to know the actuality of the swept service, the satisfaction of the merchants with the cleaning and the main problems of market contamination. Determining the dissatisfaction with the cleanliness and the predisposition of users to the differentiated storage of solid waste. Giving way to the Leopold matrix to evaluate the environmental impacts on the market and the design of the plant. The design proposal of the composting plant covers 7700 m<sup>2</sup> of area, with dimensions of 110 m long and 70 m wide, the useful area contains 47 piles and a space for manual flipping, producing every 90 days 108937,23 kg of compost. Through the economic - financial analysis calculates a profit of 35,59 USD/day. Finally, the problems identified and the environmental impacts evaluation made it possible to determine an improvement plan, which focuses on the critical points of solid waste treatment, enhancing the operation of the Mercado Mayorista and contributing to the sustainable development of Ambato city.

**Keywords:** Characterization, composting, impacts evaluation, costs, design, improvement plan.

## PRESENTACIÓN

El presente proyecto de titulación tiene como objetivo aprovechar los RSO que se producen diariamente en el Mercado Mayorista de Ambato y proponer el diseño de un sistema de compostaje mediante pilas por volteo manual, con el fin de obtener un acondicionador natural del suelo, lo que permitirá reducir la cantidad de RSO que se depositan en el relleno sanitario de la ciudad ocupando un volumen innecesario en el mismo. De esta manera se incrementa la vida útil del relleno sanitario de Ambato.

El primer capítulo del proyecto, de introducción, presenta los antecedentes, justificación, objetivos y alcance.

El segundo capítulo desarrolla el marco teórico, donde se describe la gestión de los residuos sólidos, el sistema de tratamiento biológico para los residuos, el cual comprende el sistema de compostaje en sus diferentes etapas, los fundamentos teóricos del compostaje mediante pilas por volteo manual y la legislación vigente.

El tercer capítulo describe la metodología aplicada en la parte técnica del proyecto, la cual comprende el método de caracterización de los residuos sólidos, la recolección de información, el análisis de la zona de implementación del sistema y la infraestructura de la planta de compostaje mediante pilas por volteo manual.

El cuarto capítulo comprende los resultados y discusión sobre la caracterización de los residuos sólidos, el diseño propuesto, el drenaje de la planta de compostaje, análisis de costos y evaluación de impactos ambientales del proyecto.

Finalmente, el quinto capítulo expresa las conclusiones y recomendaciones sobre el estudio elaborado y que servirán de base para futuros proyectos, además de los anexos donde se encuentran tablas, encuestas, diseños de la planta e información complementaria utilizada para la elaboración del proyecto.

# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

### 1.1 ANTECEDENTES

En el Ecuador la generación de residuos incrementa todos los días, debido al crecimiento poblacional y al consumo desmedido de productos, lo que provoca impactos ambientales, haciendo necesaria su gestión y tratamiento adecuado. El residuo sólido se define como un material que no posee una aplicación determinada, por lo cual carece de valoración e involucra un costo de gestión (Castrillón & Puerta, 2004).

El tratamiento y manejo actual de los RS es una problemática a escala nacional. En el país, la generación promedio por habitante en la zona urbana alcanza 0,86 kg/día de residuos sólidos, cantidad menor a la media regional de 0,910 kg/día. Sin embargo, en el año 2017, se recolectaron 123337,26 toneladas de residuos al día, donde, el 57% corresponde a RSO y el 43% a residuos inorgánicos (INEC, 2017).

La falta de clasificación de los residuos supone un serio problema, al frenar la reutilización de la parte orgánica o aquella considerada reciclable. En cifras, el 61,68 % del total de los hogares, no realizan la clasificación de los residuos. Este valor tiene una relación directa con: la falta de voluntad ciudadana y la carencia de contenedores que brinden facilidades para la separación. Específicamente, en la jurisdicción de la ciudad de Ambato, zona de estudio para el presente proyecto, se constató que el 67,56% de hogares no realizan una separación diferenciada al no disponer de contenedores específicos para este fin (Arias & Seilles, 2016).

Se evidencia que los servicios de aseo resultan ineficientes en términos de cobertura, al no recolectar de manera eficiente los residuos que genera la población, dando lugar a problemas de salud y reducción de la calidad de vida de

los pobladores, siendo afectados en mayor intensidad los segmentos menos favorecidos de la población (OPS, 2002). Cabe destacar, que los lugares donde se evidencia una deficiente disposición de los residuos se convierten en focos de vectores transmisores de enfermedades (los denominados botaderos sin control de basuras). En estos sitios también se encuentra a grupos sociales, denominados “minadores”, que reciclan materiales depositados en botaderos, como su principal fuente de trabajo. Por la ineficiencia en el control de los sitios mencionados, aparecen también animales domésticos que se alimentan de los desperdicios, representando un problema de salud pública, al facilitar el desarrollo de microorganismos nocivos capaces de afectar a la población (OPS, 2002).

En el caso de la ciudad de Ambato, posee un eficiente sistema de recolección, sin embargo, no ha logrado controlar la totalidad de la gestión integral de los residuos al interior de los mercados donde existen inadecuadas rutas de barrido, diseminación de residuos desde el interior de las naves, además los contenedores no son vaciados con la frecuencia que demanda esta acción (a determinadas horas del día los residuos superan la capacidad). La falta de contenedores diferenciados obliga a la mezcla de los residuos dentro de un mismo contenedor sin una separación que facilite el reciclaje para posteriormente disponerse en el relleno sanitario. El actual relleno sanitario de Ambato se encuentra en el Complejo Ambiental Chasinato, vía a Píllaro, diagonal a la primera etapa del Parque de los Recuerdos. La operación técnica inició en el año 2004 y gracias a la aplicación del método de compactación de desechos se aumentó su vida útil hasta el año 2020 (E. López, 2018).

En el año 2011 el relleno sanitario de Ambato ocupó una superficie de 18 hectáreas. En esta área se realizan evaluaciones periódicas para reducir al mínimo la contaminación ambiental. El suelo y el agua son recursos susceptibles de ser afectados a consecuencia de la lixiviación de sustancias tóxicas generadas especialmente por la mezcla de todo tipo de residuos (E. López, 2018).

El relleno recepta sin tratamiento previo los residuos domiciliarios, residuos comerciales, residuos generados en mercados (denominados sitios de gran producción), residuos de curtiembres y los desechos que se producen en Ambato, los cuales representan un promedio de 210 toneladas diarias. Dentro de la composición de los desechos de la ciudad se tiene un aproximado de 60% de materia orgánica, porcentaje que se considera, es causa de la formación de lixiviados, que en su descomposición generan metano (Fabara, 2011).

Se considera al Mercado Mayorista de Ambato como un sitio de gran producción de residuos, en su mayoría orgánicos, al ser un lugar de expendio de productos eminentemente agrícolas. Para el almacenamiento y recolección de residuos se disponen contenedores metálicos, en los cuales se depositan todos los residuos, sin consideración alguna de clasificación por tipo, por lo que existe mezcla en el almacenamiento temporal de los residuos (Pozo, 2013).

En el año 2012 se realizó una caracterización de los residuos sólidos en el MMA, cuyo resultado estableció que el 78,29% del total generado, fueron residuos orgánicos (EP-EMA, 2012). Para el año 2019, el número de comerciantes catastrados ha incrementado, por lo que se estima un aumento de la cantidad de residuos sólidos orgánicos, siendo necesaria la actualización y detalle de cifras.

Desde el documento publicado en el 2012 por la EP-EMA sobre los residuos sólidos, se evidencia que la disposición final involucra el traslado directo mediante un vehículo recolector y autónomo de carga frontal al relleno sanitario, lo cual priva la oportunidad de aprovechar los residuos sólidos orgánicos e incide en el cierre prematuro del relleno sanitario debido al completo llenado de los cubetos. Este problema se incrementa al no tener implementado un proceso de clasificación de residuos sólidos desde la fuente (Pozo, 2013).

Con todos estos antecedentes y por lo descrito anteriormente, este proyecto de titulación analiza la problemática de los residuos y considera necesario identificar la cantidad de RSO que se generan en el MMA, para plantear un tratamiento

adecuado mediante compostaje por pilas con volteo manual, a partir de la propuesta de diseño de una planta de compostaje, con la finalidad de mejorar la situación actual y beneficiar a la población, dando soluciones a los problemas técnicos, sociales y ambientales que involucran los RSO del MMA.

## **1.2 JUSTIFICACIÓN**

La forma empírica con que se ha abordado el problema sobre la gestión de los residuos sólidos en los municipios ha provocado que los recursos económicos, humanos y técnicos no sean adecuadamente utilizados o resulten insuficientes, por lo que actualmente en muchos cantones se evidencia un permanente deterioro ambiental (Muñoz, 2008).

En el Mercado Mayorista de Ambato se generan aproximadamente 11 toneladas diarias de residuos sólidos, los cuales se disponen en el relleno sanitario. Del total de los residuos generados, el 78,29% se clasifican como residuos sólidos orgánicos, aprovechables en procesos de compostaje. El procesamiento de los residuos beneficia al GAD Municipal Ambato, al disminuir la generación de lixiviados dentro de las instalaciones del relleno sanitario, aumentando su vida útil (EP-EMA, 2012).

La implementación del diseño de la planta de compostaje mediante pilas con volteo manual, permite reducir la cantidad de residuos sólidos orgánicos que se destinan al relleno sanitario, disminuyendo la contaminación producida por malos olores, presencia de vectores capaces de provocar enfermedades y afectación al paisaje ocasionado por la acumulación de residuos, a la vez que presenta el beneficio de la obtención de un acondicionador de suelo (Arias & Seilles, 2016).

La metodología para el diseño de la planta, se la realiza por medio de pilas con volteo manual, diseñadas sobre la base del “Manual de Compostaje del Agricultor” de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, ideal para trabajar con cantidades mayores a 1 m<sup>3</sup> de residuos sólidos orgánicos.

Para la aplicación de la metodología es necesario partir desde trabajo in situ con la caracterización de los residuos, la cual permite determinar el peso, porcentaje y volumen de RSO generados, facilitando la separación de la parte orgánica que será utilizada en el compostaje (Román, Martínez, & Pantoja, 2013).

El proceso de caracterización durará 7 días, en el cual diariamente se realizará la diferenciación de los residuos sólidos. La información será base para diseñar las pilas de compostaje con RSO. En el Mercado Mayorista se planea aumentar el número de contenedores para un almacenamiento diferenciado. Para el diseño de las pilas se considera trabajar con una altura de 1 a 1,6 m y 2,5 a 3 m de ancho. En las pilas se desarrolla cuatro fases: Mesófila, Termófila, Enfriamiento y Maduración, con un tiempo estimado de 90 días (tiempo de retención basado en criterio bibliográfico del “Manual de Compostaje del Agricultor”) para la generación del compost. Dentro de los componentes de la pila se encontrarán netamente los RSO provenientes del MMA (Román et al., 2013).

Con lo mencionado previamente, la presente investigación propone diseñar un tratamiento mediante pilas con volteo manual a partir de los RSO generados en el Mercado Mayorista usando el método natural, como una vía para solucionar la problemática, transformando los RSO en un acondicionador natural del suelo.

## **1.3 OBJETIVOS**

### **1.3.1 OBJETIVO GENERAL**

Aprovechar los residuos sólidos orgánicos generados en el Mercado Mayorista de Ambato, mediante el diseño de un sistema de compostaje en pilas con volteo manual, para producir compost como acondicionador natural del suelo, con potencial uso en procesos de producción agrícola.

### **1.3.2 OBJETIVO ESPECÍFICOS**

- Aplicar la metodología de compostaje por pilas con volteo manual, la cual es adecuada para la obtención de compost a partir de residuos sólidos orgánicos generados en mercados.
- Determinar la capacidad de compostaje que poseen los residuos sólidos orgánicos generados en el Mercado Mayorista de Ambato mediante la relación de sólidos volátiles/sólidos totales.
- Caracterizar los residuos sólidos generados en el Mercado Mayorista de Ambato, para determinar la cantidad y composición orgánica de los residuos.
- Proponer el diseño de una planta de compostaje mediante pilas con volteo manual, usando los residuos sólidos orgánicos generados en el Mercado Mayorista de Ambato para producir compost como acondicionador natural del suelo.
- Evaluar el impacto ambiental que se genera en el Mercado Mayorista de Ambato, a través de observación in situ y con la ayuda de encuestas realizadas a los comerciantes y el impacto ambiental ocasionado por la implementación de la propuesta de diseño de la planta de compostaje con volteo manual.
- Calcular los costos de implementación de la propuesta de diseño de la planta de compostaje, en sus diferentes componentes, analizando la viabilidad del proyecto.
- Proponer un plan de mejoras en base a la identificación de los impactos ambientales, para potenciar la gestión integral de desechos sólidos dentro de un marco de cooperación con la administración del Mercado Mayorista de Ambato.

### **1.4 ALCANCE**

El Mercado Mayorista de Ambato carece de estudios actualizados, que determinen la cantidad de residuos sólidos orgánicos que se generan y sobre esa base, analizar la producción de compost por medio de pilas de compostaje con volteo manual. Por

tal motivo, el propósito del proyecto es caracterizar los residuos sólidos generados en el Mercado Mayorista de Ambato, como información base para el diseño de un sistema de compostaje mediante la técnica de pilas con volteo manual, con el fin de producir compost como acondicionador natural del suelo. La planta que comprende el sistema de compostaje debe ser ubicada en una zona de Ambato que cumpla las dimensiones requeridas y las especificaciones técnicas, siendo el relleno sanitario de la ciudad una opción al cumplir su vida útil en 2020.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 RESIDUOS SÓLIDOS**

Se define a un residuo como todo material que después de haber sido utilizado no tiene una aplicación específica, por lo que pierde su valor económico y representa gastos adicionales para su gestión (Castrillón & Puerta, 2004). Es todo material sobrante y no deseado, fruto de una actividad que por lo general es liberado en el suelo, el agua o la atmósfera (Cabildo et al., 2008)

Al transformar la materia prima se generan como subproductos los residuos o materiales no deseados. Su generación diaria es incremental, debido al desarrollo industrial y al crecimiento poblacional, por lo que su inadecuada disposición final genera problemas ambientales como la contaminación(Castrillón & Puerta, 2004).

En contexto, un residuo sólido se entiende como todo producto, subproducto o material, que después de ser desechado requiere un tratamiento para reaprovecharlo. Tales residuos se pueden clasificar en: orgánicos como verduras, frutas y en inorgánicos como vidrio y metal (Sbarato, 2009).

Es necesario destacar, la diferencia entre un residuo y un desecho, que radica principalmente en que los desechos no se pueden reciclar, mientras que los residuos son reutilizables (Ruiz, Wolff, & Claret, 2015).

#### **2.2 GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS**

Se considera como la disciplina que controla la generación, almacenamiento, recolección, transporte y eliminación de los residuos sólidos, siempre y cuando

mantenga como principios a la economía, salud pública, estética, conservación, entre otras consideraciones ambientales (Tchobanoglous, Theisen, & Vigil, 1994).

Una adecuada gestión de los residuos empieza con la elaboración y comercialización, ya que en estas etapas se puede determinar el volumen que se generará de residuos. Comprende una planificación previa, con el objetivo de cumplir tres propósitos: la aplicación de tratamientos para su reaprovechamiento, la disminución de la cantidad de residuos desde la fuente y el control del destino de los residuos (Valverde, 2015).

La entidad encargada de gestionar los residuos sólidos urbanos en cada ciudad es el GAD Municipal, el cual presta el servicio de recolección, transporte y tratamiento final de los residuos sólidos (Centro de Recursos Ambientales de Navarra, 2005). El Mercado Mayorista de Ambato se maneja como una entidad independiente del sistema municipal de gestión, al poseer su propio vehículo para recolectar y transportar los residuos al relleno sanitario de Ambato.

## **2.3 ETAPAS DE LA GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS**

### **2.3.1 GENERACIÓN**

Se denomina generación a los residuos sólidos producidos en un lugar específico (cantidad). Involucra la producción secundaria de materia no deseada y sin utilidad alguna, la cual fue generada en una actividad antrópica (Centro de Recursos Ambientales de Navarra, 2005).

### **2.3.2 DISPOSICIÓN INICIAL O ALMACENAMIENTO TEMPORAL**

Se considera a la disposición inicial como el depósito de los residuos sólidos generados en contenedores. Dentro de la disposición inicial se encuentra una subdivisión que considera la clasificación de los residuos. Una clasificación general, sin separar y clasificar los residuos, y una clasificación selectiva, separando y clasificando los residuos desde la fuente. Se incluye el almacenamiento y la separación, por lo que se debe diseñar correctamente los contenedores tomando

en cuenta material, dimensiones, peso y movilización, para que no se sature el contenedor (Centro de Recursos Ambientales de Navarra, 2005).

### 2.3.3 RECOLECCIÓN

Involucran el correcto acopio y transporte de los residuos sólidos en los vehículos recolectores, siguiendo una ruta planificada, que tiene un inicio, un fin y un tiempo específico de recolección. Puede ser de dos tipos: la recolección diferenciada aquella que recoge los residuos según el tipo o el tratamiento a realizar (previamente separados) y por otra parte, se tiene la recolección general en la cual todos los residuos se recogen mezclados en un mismo vehículo (Centro de Recursos Ambientales de Navarra, 2005).

Dentro del sistema de recolección se incluye al transporte, el cual se entiende como los viajes para movilizar los residuos sólidos, desde el final de las diferentes rutas de recolección, hacia el sitio de disposición final. Se debe considerar el tiempo del viaje de regreso, a prestar el servicio a una nueva ruta o al garaje (André & Cerdá, 2006).

Los sistemas de recolección se clasifican según el método prestado a los usuarios del servicio, de la manera siguiente:

- **Por contenedores:** en este método se recolecta los residuos por medio de camiones con mecanismo de carga frontal, que realizan el vaciado de contenedores, ubicados en sitios de gran generación de residuos.
- **Por parada fija:** en un horario establecido, las personas se acercan a depositar sus residuos en un camión que se encuentra temporalmente en el lugar.
- **Por acera:** es el método de mayor aplicación a nivel nacional e implica la recolección de los residuos en camiones por rutas establecidas con personal

que recoge las fundas con residuos que los usuarios del sistema presentan a nivel de acera (Centro de Recursos Ambientales de Navarra, 2005).

#### **2.3.4 TRATAMIENTO**

El tratamiento es el conjunto de actividades que evitan una posible contaminación, valorizando los residuos para su reutilización por medio de un acondicionamiento. La valoración busca el aprovechamiento de los residuos o parte de ellos para que adquieran un valor monetario. Ejemplo, es el reciclaje que permite el reaprovechamiento de los recursos. Otras maneras de valoración son los tratamientos térmicos y los tratamientos biológicos (Compromiso Empresarial para el Reciclaje, 1998).

Los tratamientos biológicos, utilizan microorganismos que transforman los residuos sólidos en compost. La ventaja de este método radica en la reducción en peso y volumen de los residuos. Los microorganismos degradan la parte orgánica mediante su metabolismo (Compromiso Empresarial para el Reciclaje, 1998).

#### **2.3.5 DISPOSICIÓN FINAL**

Son operaciones ingenieriles, que tienen como objetivo el depósito permanente de los residuos recolectados, incluidos los que han tenido un tratamiento previo, evitando su contacto con el entorno. Dentro de esta etapa se incluyen los procesos de clausura de los lugares destinados para la disposición final. En esta etapa, deberían llegar solamente los residuos que no han podido ser reutilizados (reciclados), por lo general la parte inorgánica (Compromiso Empresarial para el Reciclaje, 1998).

### **2.4 GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS**

Su definición empieza con la disminución de los residuos generados en el proceso productivo, tomando en cuenta el empaquetado y termina con el reaprovechamiento, mediante la implementación de técnicas de recolección,

tecnologías, tratamiento, recuperación y reciclaje. Llegando así a ubicar dentro de la disposición final solo residuos no reutilizables. (Penido, Leite, & Segala, 2006).

La gestión integral de residuos abarca el aprovechamiento de los mismos, al considerarlos como un bien económico en todas sus fases implicando la prevención, minimización de la generación en la fuente, clasificación, aprovechamiento, valorización, al igual que el tratamiento y disposición final (Ministerio del Ambiente, 2015).

La optimización dentro del proceso de gestión reduce la cantidad de residuos destinados a la disposición final. Esta disminución resulta un medio de soporte económico y ambiental, debido a la reducción de residuos a ser recolectados y transportados a los rellenos sanitarios en el mejor de los escenarios. Caso contrario, en botaderos que no cumplen el correcto saneamiento ambiental (Penido et al., 2006).

## **2.5 PLAN DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS**

Es considerado un instrumento de planificación para delimitar los programas, objetivos, recursos y entes que permitirán mejoras en el manejo de los residuos sólidos. El Plan debe tener un periodo fijo de ejecución y comienza desde el diagnóstico de la situación en estudio hasta la proyección futura, esto con el fin de determinar los suficientes recursos económicos para su implementación (Costa, García, Hernández, & Polo, 1995).

El PGIRS incluye el manejo de los residuos sólidos, los apartados técnicos, económicos, ambientales y legales. Es desarrollado para solucionar los impactos negativos de los residuos sólidos en cuerpos hídricos (Rondón, Szantó, Pacheco, Contreras, & Gálvez, 2016). Considera también la opinión del servicio, de las partes interesadas en el mismo (generalmente sus usuarios, del ámbito familiar, empresarial e institucional).

## **2.6 SISTEMAS DE TRATAMIENTO BIOLÓGICOS PARA LA GESTIÓN DE RESIDUOS**

Son aquellos sistemas mecánicos o manuales que involucran procesos biológicos de descomposición de materia orgánica, utilizan residuos sólidos orgánicos como base para su funcionamiento. A estos sistemas también se los conoce como sistema de compostaje, que es un proceso biológico aerobio que transforma los residuos sólidos orgánicos en un acondicionador natural del suelo llamado “compost”. Su ventaja radica en que reduce el volumen de los residuos orgánicos generados, obteniendo un material estable, homogenizado y permite el cumplimiento de los ciclos naturales al retornar la materia orgánica al suelo (Huerta, López, Soliva, & Zaloña, 2008).

Para la correcta descomposición de la parte orgánica se utilizan microorganismos como bacterias y hongos, los cuales obtienen compuestos más simples, por medio de la degradación de la celulosa (Ministerio para la Transición Ecológica, 2006).

Al obtener el compost se tiene un producto beneficioso para los cultivos, el cual no es tóxico y reduce el uso de fertilizantes químicos. La relación de producción en el compostaje es que de 100 kilogramos de residuos sólidos orgánicos se obtiene 33 kilogramos de compost (Huerta et al., 2008).

### **2.6.1 SISTEMAS DE COMPOSTAJE**

Involucran a los residuos sólidos orgánicos generados en actividades antrópicas. Existen diversos sistemas según el gasto de energía, el tiempo de producción, al espacio que se posee y a la cantidad de residuos a tratar. A continuación, se presentan los usados con mayor frecuencia.

**Sistemas abiertos:** presentan facilidades técnicas y económicas para su implementación, por lo que son los más utilizados. Consiste en la colocación de la materia orgánica en pilas con tamaño de 1 – 1,6 m de alto y 2,5 – 3 m de ancho. El proceso de producción de compost es lento ya que depende del oxígeno disponible,

de la temperatura y la manera en la que se compactan los residuos (Tortosa, 2015). Los sistemas abiertos se clasifican en:

- **Pila móvil o por volteo:** involucran volteo mecánico o manual del sustrato, lo cual facilita la oxigenación. Por lo general ocupan mayor espacio ya que para el volteo se debe mover la pila. Tiene su gran ventaja en el volteo que se realiza cada 15 días, solo el primer volteo se lo realiza a los 7 días de iniciado el proceso. Los volteos permiten reducir las partículas, homogenizar el material orgánico, mejorar la aireación, aumentar la porosidad del sustrato, distribuir correctamente a los microorganismos presentes en la pila y evitar que se presente humedad en un solo punto, lo cual acelera la producción (Negro et al., 2000).
- **Pila estática con ventilación forzada:** se conforma en un sitio fijo. Consiste en tubos perforados y conectados a un ventilador, los cuales se ubican dentro de la pila para permitir la oxigenación. Los ventiladores son regulados por medio de un termostato, el cual según la temperatura inyecta el oxígeno necesario en la pila. Al trabajar a altas temperaturas la ventilación evita la destrucción de los microorganismos presentes en la pila. Tienen su desventaja en la falta de homogenización del sustrato lo que resulta en variaciones de temperatura y pérdida de porosidad (Tortosa, 2015).

**Sistemas cerrados:** son sistemas que permiten controlar las emisiones y el proceso en general. Involucran altos costos de maquinaria, energía requerida y mantenimiento, por lo que no son de fácil implementación. Utilizan principalmente reactores para la digestión del sustrato y la posterior maduración en el exterior (Tortosa, 2015). Los sistemas cerrados se clasifican en:

- **Dinámicos y estáticos:** dentro de los sistemas estáticos no existe mezcla alguna del sustrato, mientras que los dinámicos se caracterizan por la mezcla del material. Son elaborados en túneles de hormigón y se mide el oxígeno y temperatura (Tortosa, 2015).

- **Reactores de flujo horizontal:** formado por un túnel en forma de cilindro, con un diámetro de 2 - 3 metros, el cual se caracteriza por girar de manera constante durante 1 día. Se considera un sistema continuo (Negro et al., 2000).
- **Reactores de flujo vertical:** requieren de grandes inversiones y consisten en digestores de aproximadamente 4 metros de alto que ocupan amplias superficies, lo cual limita su uso. A diferencia de los horizontales, estos pueden actuar como un sistema continuo o discontinuo (Negro et al., 2000).

#### **2.6.1.1 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO**

Es un proceso de descomposición biológica con ayuda de oxígeno por lo que es considerado aerobio. Funciona con microorganismos y oxígeno que generan energía, para convertir una porción de los RSO en dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) y agua ( $\text{H}_2\text{O}$ ) (Kumar & Singh, 2001).

Se basa en una degradación oxidante, presente en un rango de temperatura termófila, de 40 a 75° C. Al ser un material orgánico de origen vegetal contiene hemicelulosa dentro de sus componentes, la cual se degrada por endoenzimas y exoenzimas, produciendo cortes en las moléculas. Para generar energía es necesario sintetizar la lignina que facilita la obtención de azúcar (Grijalva, 2013).

El proceso de descomposición de la fracción orgánica se basa en la mineralización, la cual involucra reacciones de óxido - reducción. La mineralización consiste en transformar las moléculas orgánicas en inorgánicas, por ejemplo, el  $\text{NH}_3$  y el  $\text{CO}_2$  (Kumar & Singh, 2001).

#### **2.6.1.2 TIPOS DE COMPOSTAJE**

Se considera al compost como un abono orgánico. Se clasifica en diferentes tipos según: el origen del compost, la utilización de diferentes técnicas y el microorganismo para la degradación, a continuación, se indican los más conocidos:

- **Bocashi:** es una técnica de origen japonés que significa fermentación. Consiste en un acondicionador natural de suelo conocido como abono orgánico, de fácil preparación, rápida obtención y económico. Se produce por degradación aerobia de los residuos sólidos orgánicos (Coral, Escandón, & Mosquera, 2010).
- **Vermicompostaje:** es la lombricultura como base para la elaboración del compost. Se caracteriza por la utilización de lombrices y la reproducción de las mismas, estas producen humus que acelera la descomposición del sustrato por el gran contenido orgánico (Kumar & Singh, 2001).
- **Takakura:** llamado así por su creador el Sr. Takakura. Esta técnica solo utiliza material orgánico de fácil acceso, por lo que es considerado un método económico. Consiste en someter a los sustratos orgánicos a microorganismos cultivados del suelo, los cuales combaten los patógenos y fermentan la materia orgánica para producir en poco espacio gran cantidad de compost (Kumar & Singh, 2001).
- **Biol y Té de estiércol:** son obtenidos a partir de estiércol por lo que el resultado es un abono líquido. Estos son ricos en nutrientes provenientes del estiércol animal, en ciertos casos se utilizan las hojas de plantas. Son utilizados para prevenir plagas ya que tienen gran cantidad de potasio que beneficia el suelo (Coral et al., 2010).

## 2.7 ETAPAS DEL COMPOSTAJE

La temperatura juega un papel importante en el compostaje, ya que es el factor que determina sus etapas. Con el uso de un termómetro se puede conocer cuánto tiempo lleva la materia orgánica biodegradándose o compostándose.

### **2.7.1 ETAPA MESÓFILA**

Esta etapa dura de dos a ocho días y se encuentra en el rango de 10 a 40°C. La materia orgánica para iniciar el proceso tiene temperatura ambiente, pero con el paso de las horas incrementa drásticamente por acción microbiana llegando a 40°C. En esta etapa los microorganismos utilizan carbono y nitrógeno generando calor y CO<sub>2</sub>, esto descompone compuestos como azúcar, los cuales disminuyen el pH del material a 4 – 4,5 (Román, Martínez, & Pantoja, 2013a).

### **2.7.2 ETAPA DE HIGIENE O TERMÓFILA**

Un tiempo definido para esta etapa, no se puede establecer, puede durar días o incluso meses, según las condiciones del lugar. Maneja un rango de temperaturas entre 40 a 75°C. Abundan bacterias termófilas que se encargan de descomponer las estructuras complejas de carbono como son la lignina y la celulosa propias de la materia orgánica. Se da un aumento del pH del sustrato hasta 8. Al alcanzar los 55°C, se eliminan semillas de malezas y a los 60°C las bacterias generan esporas las cuales descomponen la hemicelulosa. Debido a las altas temperaturas se genera calor, el cual mata a las bacterias contaminantes, sobre todo las de origen fecal y los huevos de helminto que suele presentarse en los residuos sólidos orgánicos, es debido a esto que se obtiene un material higienizado (Román et al., 2013a).

### **2.7.3 ETAPA MESÓFILA II O DE ENFRIAMIENTO**

Esta etapa dura de 3 a 4 semanas y comprende temperaturas de 45 a 40°C. Se presenta un enfriamiento, debido a la disminución del nitrógeno y el carbono, ya que los microorganismos casi terminan su función. Cuando disminuye la temperatura a 40°C, el pH del sustrato desciende llegando a ser ligeramente alcalino y estable, esto por la reaparición de microorganismos mesófilos (Román et al., 2013a).

### **2.7.4 ETAPA DE MADURACIÓN**

Considerada la última etapa del compostaje, por lo general dura 3 a 9 meses dependiendo de las condiciones climáticas. Se caracteriza por la disminución de la

temperatura llegando esta al mismo valor que del ambiente en el que se encuentra la pila, lo que se refleja en una drástica reducción de los microorganismos y que el pH se vuelva cercano al valor neutro. Para identificar esta etapa es necesario realizar un volteo y verificar que la temperatura no aumente, lo cual indica la estabilización del material. Una vez estable se generan ácidos húmicos que permiten la producción del compost y su posterior utilización con fines agrícolas (Román et al., 2013a).

## **2.8 COMPOSTAJE EN PILAS POR VOLTEO MANUAL**

Se considera un sistema económico y de fácil aplicación. Consiste en pilas de 1 - 1,6 m de alto y 2,5 – 3 m de ancho, las cuales tienen un volteo manual del sustrato, que permite la oxigenación del material a compostar y la regulación de la temperatura. Debido a sus características ocupan mayor espacio, ya que es necesario adecuar un área extra para el volteo. Este tipo de compostaje requiere un volteo cada 15 días, solo el primer volteo se realiza a los 7 días de iniciado el proceso, ya que de esta manera se logra homogenizar el material de la pila, reducir el sustrato a partículas, mejorar la aireación, aumentar la porosidad del sustrato, controlar la humedad y distribuir correctamente los microorganismos presentes en la pila, acelerando la producción del compost (Negro et al., 2000).

Los volteos se los realiza con palas, recogiendo y soltando la materia orgánica, para luego reconstruir la pila. Posterior a cada volteo, se evidencia una disminución en la temperatura entre 5 a 10°C, desde los valores iniciales. Si el proceso no ha finalizado, de ser el caso, la temperatura puede otra vez incrementar (Solano, 2001).

Esta técnica forma parte de los sistemas abiertos y es utilizada cuando hay cantidades superiores a 1 m<sup>3</sup> de residuos sólidos orgánicos, por lo que se adapta para la producción de compost con residuos provenientes de mercados, los cuales son grandes focos de producción de materia orgánica. En función del volumen, peso y densidad de los residuos se escoge el tamaño de la pila para el compostaje,

esto con el fin de evitar limitantes como, por ejemplo, el área específica que ocupará la pila y la cantidad necesaria de material para su conformación (Tortosa, 2015).

### **2.8.1 RESIDUOS Y MATERIALES**

En el compostaje se utilizan diversos materiales en la conformación de las pilas. Dichos materiales son resultantes de diferentes procesos previos y se los conoce como residuales. En la práctica, la mezcla de los distintos materiales en conjunto produce las características adecuadas para un compostaje eficiente, al contrario, la ineficiencia del proceso es producida por el uso de uno solo. Se tiene la clasificación de los residuos compostables según la siguiente lista (Negro et al., 2000):

#### **2.8.1.1 POR LA NATURALEZA QUÍMICA:**

##### **-Minerales**

Residuos Básicos

Residuos Minerales (carbonatos, sulfatos, fosfatos)

##### **-Orgánicos**

Con abundancia de Nitrógeno

Con abundancia de Carbono

#### **2.8.1.2 POR EL ESTADO FÍSICO:**

##### **-Semisólidos**

Efluentes ganaderos y efluentes agroalimentarios

##### **-Sólidos**

Maderas, hojarasca, basuras, pajas, entre otros

#### **2.8.1.3 POR EL ORIGEN:**

-Resultado de procesos industriales

-Resultado de procesos agrícolas

-Resultado de procesos de uso doméstico

Los materiales mencionados anteriormente demandan una óptima reducción de tamaño, algunos en cambio necesitan la separación de la materia orgánica de la

inorgánica y otros dependen de un acondicionamiento biológico antes de ser usados e incorporados en usos con fines de compostaje.

Los residuos sólidos urbanos, residuos ganaderos, residuos agroindustriales y lodos industriales provenientes de plantas de tratamiento de aguas residuales concentran una elevada cantidad de materia orgánica con potencial a ser utilizada en actividades eminentemente agrícolas (Negro et al., 2000).

### **2.8.2 ¿CÓMO SE REALIZA COMPOSTAJE EN PILAS POR VOLTEO MANUAL?**

Las pilas son piramidales con una altura capaz de ser operada por un trabajador promedio, al realizar un volteo manual se incrementa la ventilación natural a través de los espacios entre las capas de la mezcla. Por lo tanto, las dimensiones de las pilas deben ser definidas en función del volumen, peso y densidad de los residuos.

Barrena (2006) menciona que deben realizarse pilas de corte triangular (pirámide). Con dimensiones de 2,5 - 3 m de ancho y de 1 - 1,6 m de altura, mientras la longitud de la pila debe ser determinada considerando el volumen, peso, densidad de los residuos y dimensiones de la planta de compostaje.

El capítulo IV del “Manual para la producción de compost” de APROLAB menciona los siguientes pasos:

- Paso 1. Limpieza y nivelación del terreno.
- Paso 2. Conformación de las capas de las pilas con residuos orgánicos.
- Paso 3. Inoculación de microorganismos eficientes (Opcional).
- Paso 4. Control de parámetros.
- Paso 5. Cosecha del compost (APROLAB, 2007).

#### **2.8.2.1 OPERACIONES DEL PROCESO DE COMPOSTAJE EN PILAS POR VOLTEO MANUAL**

Tchobanoglous, 1994, menciona, los principales pasos básicos en las operaciones de compostaje resumidos en tres: 1) Acondicionamiento de los RS, 2)

Descomposición de los RSO y 3) Organización y venta del compost final. Se menciona 3 tipos de actividades en el compostaje (Arias & Seilles, 2016):

#### **2.8.2.1.1 ACTIVIDADES DE PRE – TRATAMIENTO.**

- Clasificación del material
- Recepción de los residuos en buenas condiciones
- Separación de los residuos reciclables e inorgánicos
- Desmenuzamiento de los residuos orgánicos

#### **2.8.2.1.2 ACTIVIDADES DE TRATAMIENTO**

- Mezclado de residuos compostables
- Control técnico del proceso de descomposición

#### **2.8.2.1.3 ACTIVIDADES POST-TRATAMIENTO**

- Ensacado

### **2.8.3. PARÁMETROS DE CONTROL DURANTE EL PROCESO**

Existen varios parámetros presentes en el sistema de compostaje que deben estar bajo control entre estos tenemos a la temperatura, humedad, aireación, pH, nutrientes, relación carbono/nitrógeno entre los más importantes. Algunas de estas variables deben ser medidas mientras dura el proceso y adecuados en intervalos dentro del rango correcto para cada una de las fases del compostaje (Gordillo, Guzmán, Casilla, & Rubira, 2017).

#### **2.8.3.1 TEMPERATURA**

Este parámetro está en función de la actividad microbiológica, comenzando desde que se incorpora los diferentes elementos a la mezcla (Stern & Pravia, 1999). La temperatura es imprescindible y de vital importancia en el proceso de compostaje, a partir de ésta los distintos consorcios microbianos realizan la degradación biológica, propia de la materia orgánica. Debe considerarse que la actividad metabólica y crecimiento, determina la higienización al terminar el compostaje (Jara, 2016).

La temperatura al iniciar el proceso es la correspondiente al ambiente y sube hasta los 65°C prescindiendo de actividad antrópica alguna, en la fase de maduración se vuelve a presentar la temperatura ambiente. La descomposición permite la higienización del material siempre y cuando la temperatura disminuya paulatinamente (Román et al., 2013a).

Por medio del aumento de la temperatura, se conoce el nivel de estabilización y la eficiencia del compostaje, al determinarse la correspondencia entre la magnitud de degradación de materia orgánica en función de la temperatura y también entre el tiempo mientras se mantiene elevada la temperatura, teniendo en cuenta la inhibición de actividad microbiológica a temperaturas muy altas (Bueno, Cabrera, & Díaz, 2008).

Por tal motivo es indispensable estimar una proporción adecuada entre la biodegradación e higienización, al considerar estos tres rangos de temperatura; la presencia de abundancia en la multiplicidad microbiana se logra entre los 35 y 40°C, entre los 45 y 55°C el máximo tope en biodegradación, y al sobrepasar de los 55°C se logra la higienización (Barrena, 2006).

### **2.8.3.2 HUMEDAD**

Un parámetro vinculado con los microorganismos resulta ser la humedad. Los organismos necesitan el agua para sus reacciones metabólicas al utilizarla como medio de transporte de nutrientes con ayuda de la membrana celular proceso mediante el cual se obtiene energía. Desde un punto de vista económico y de calidad, resulta importante en el correcto desarrollo de las actividades de los microorganismos para el compostaje (Román et al., 2013a).

Es necesario considerar un equilibrio de la humedad entre el 60% al 45%, para obtener un producto de alta calidad. Al disminuir excesivamente la humedad, decrece la actividad bacteriana inestabilizando biológicamente el producto. En contraste, al aumentar excesivamente la humedad los poros de la mezcla serán

saturados por agua y no permitirá el paso de aire provocando desoxigenación (Negro et al., 2000).

Amigos de la Tierra, (2008) menciona establecer la humedad entre el 40% al 60% como parámetros en base al material. El proceso se volverá anaeróbico para altos contenidos de humedad al llenarse los poros completamente de agua e impedir el paso de aire. En cambio, el proceso se ralentiza al contar con una humedad reducida, disminuyendo la actividad microbiológica.

Aproximadamente la humedad óptima se establece en 55% de agua en peso, tomando en cuenta el tamaño y el estado de los componentes del material, además del tipo de compostaje escogido. En sistemas que empleen materiales con alto contenido de carbono como hojarasca, madera, astillas de madera y paja, precisan una humedad superior a diferencia de residuos de alimentos y de poda, verduras, hortalizas y frutas, la humedad necesaria es mucho menor (Negro et al., 2000).

Stern & Pravia, (1999) mencionan una aplicación menos sofisticada y sencilla para establecer la humedad del compost de forma práctica. La denominaron “técnica del puño”. La mano debe meterse dentro de la pila de compost y tomarse con el puño el material. Al dejar de sujetar el material y abrir la palma, este debe ser consistente. Caso contrario, indica la necesidad de incorporación de materiales secantes tales como paja o residuos de madera como aserrín. No obstante, de observar al material no compactado y con tendencia a quebrarse y soltarse en la mano, es producto de la deficiencia de agua, por lo que debe añadirse material fresco como hortalizas, césped o agua de ser necesario.

### **2.8.3.3 AIREACIÓN**

En el compostaje se necesita oxígeno para el correcto desarrollo de la actividad microbiológica. El oxígeno permite que los microorganismos especialmente bacterias y hongos puedan descomponer eficazmente la materia orgánica. De manifestarse condiciones anaerobias en el proceso, este se puede ralentizar y dañar, originando malos olores y una mala calidad del producto final (Amigos de la Tierra, 2008).

Negro et al., (2000) refiere a la aireación con un doble propósito el más obvio llevar el suficiente oxígeno a la actividad microbiana y, por otra parte, servir de vías de evacuación del CO<sub>2</sub> producido en la disgregación de la MO. Las necesidades de oxígeno son bajas durante la fase mesófila, adquiriendo su nivel máximo en la fase termófila y al concluir el proceso, disminuyendo.

Bueno et al., 2008 menciona tres funciones básicas en la aireación: proveer la cantidad requerida de oxígeno para el desarrollo de la actividad de microorganismos aerobios, disminuir el exceso de humedad con ayuda de la evaporación, y conservar la temperatura ideal.

Román et al., (2013) aseguran que tanto la deficiencia como el exceso de aireación son perjudiciales dentro del sistema. El primero indica la disminución de temperatura y la abundante pérdida de humedad por evaporación. En cambio, el segundo, imposibilita la evaporación, desarrollando demasía de humedad y un entorno de anaerobiosis.

La realización de una constante aireación en períodos semanales a quincenales es recomendable en las fases iniciales del compostaje evitando la emanación de malos olores principalmente el amoníaco, indicador de mala aireación producida por la presencia de respiración anaeróbica y de fermentaciones (APROLAB, 2007).

#### **2.8.3.4 pH**

El potencial de hidrógeno conocido como pH determina la presencia de la actividad microbiana. Al inicio del proceso para diversificar la población de microorganismos tales como bacterias y hongos, el pH debe mantenerse cercano a 7, es decir neutro.

Orosco & Soria (2008) mencionan que los hongos pueden sobrevivir en regímenes de pH de 5 a 8, mientras que las bacterias entre 6 a 7,5. En el caso de exceder a más de 8 el pH se debe procurar la integración de azufre al estrato. En caso contrario con pH inferior a 6 se debe adicionar hidróxido o carbonato de calcio.

Como otros factores el incremento o reducción de este parámetro afecta el desempeño y desarrollo de todo el proceso. El aumento considerable de pH provoca la producción de nitrógeno amoniacal al verse comprometido el equilibrio ácido - base (Barrena, 2006).

En el proceso de compostaje se producen diferentes variaciones de este parámetro. Se dan reacciones que generan calor (aerobias). La principal reacción que se produce es  $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{energía}$ , evidenciando una digestión aerobia (Bueno et al., 2008).

#### **2.8.3.5 NUTRIENTES**

Este parámetro está estrechamente relacionado con la calidad del compost y consiste en la transformación de ciertos macronutrientes y micronutrientes considerados complejos en compuestos más simples, los cuales pueden acelerar el proceso y ser aprovechados de mejor manera (Tortosa, 2015).

El carbono (C), fósforo (P) y nitrógeno (N), macronutrientes indispensables para el apropiado desarrollo de microorganismos en las pilas durante el proceso de compostaje y cumplen sus respectivas funciones. Así, el fósforo permite la formación de compuestos que brindan energía para el metabolismo de los microorganismos. El nitrógeno es el componente que determina la calidad del compost, ya que facilita la reproducción celular para aumentar las comunidades de microorganismos, esto gracias a que el protoplasma posee proteínas. El carbono es fundamental para la síntesis celular y formación de lípidos, carbohidratos y el protoplasma, por esta razón debe presentarse en grandes cantidades, ya que constituye el 50% de las células de las comunidades microbianas y el 25% en la respiración como  $\text{CO}_2$  (Tortosa, 2015).

Los micronutrientes están presentes en cantidades menores y actúan como transporte intracelular y extracelular, permitiendo sintetizar las enzimas para facilitar el metabolismo de las comunidades microbianas (Tortosa, 2015).

### 2.8.3.6 RELACIÓN CARBONO NITRÓGENO

Los residuos por lo general aportan por sí solos nutrientes y oligoelementos a la mezcla. Sin embargo, es importante establecer el equilibrio entre los nutrientes requeridos en abundancia, el Carbono (C) y Nitrógeno (N).

La correspondencia en relación con el Carbono-Nitrógeno (C/N) es vital en las características iniciales del proceso, además para el correcto desempeño de las fases de descomposición y maduración. La correcta proporción es aquella donde el C/N no se encuentre demasiado alta, para evitar la ralentización del proceso, o demasiado baja, capaz de permitir la pérdida de Nitrógeno (Barrena, 2006).

La relación óptima de C/N es de 25 a 35, si considera la necesidad de los organismos microbiológicos de aprovechar de 15 a 30 partes de Carbono por cada una de Nitrógeno. El exceso y por ende su deficiencia provocan inconvenientes. La elevada relación por encima de los 35 provocan una fermentación larga al esperar la oxidación total del carbono, dilatando el proceso. Mientras que una relación bajo los 25 conlleva a pérdidas de nitrógeno amoniacal (Negro et al., 2000).

### 2.8.4 VENTAJAS DEL COMPOSTAJE EN PILAS POR VOLTEO MANUAL

El compostaje en pilas por volteo manual es un método económico y fácil de realizar, es considerado uno de los métodos más utilizados ya que posee grandes beneficios para el suelo. A continuación, se anotan los más importantes:

- **Mejora de las propiedades físicas del suelo:** el compost producido es un reconstituyente de la MO. Mediante la formación de agregados, ayuda a convertir los suelos pesados en más permeables y los ligeros en más compactos. Retiene energía calorífica al aumentar la porosidad. Incrementa la permeabilidad hídrica, gaseosa y la capacidad de retención del suelo.
- **Mejora de las propiedades químicas del suelo:** la MO aporta macronutrientes como carbono (C), nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K) y

micronutrientes. Regula el pH del suelo y evita el crecimiento de patógenos que afectan a los cultivos (Negro et al., 2000).

- **Mejora de la actividad biológica del suelo:** la MO funciona como fuente de nutrientes y energía para los microorganismos en el suelo. En consecuencia, incrementa la capacidad de retención de la humedad, reduce la erosión y diversifica la flora bacteriana (Mejía & Ramos, 2019).

Además de las ventajas que genera en el suelo, también se tiene beneficios en la en la producción del compost, como las siguientes:

- **Producto vendible:** el compostaje tiene su mercado para la venta del producto. Incluso se identifican potenciales compradores como agricultores que practican fruticultura, floricultura o particulares (dueños de pastizales, propietarios de viveros, entre otros). El precio del compost es determinado según las características de calidad (Negro et al., 2000).
- **Facilidad de mezcla de materiales:** la técnica de compostaje conlleva una mezcla de diversos residuos para obtener un acondicionador del suelo de elevada calidad. En consecuencia, todos los residuos orgánicos con las características adecuadas dentro de los parámetros mencionados podrán ser utilizados y mezclados.
- **Económico:** al trabajar con grandes cantidades de residuos sólidos orgánicos se generan beneficios económicos, ya que del total en peso de residuos sólidos orgánicos el 1/3 (un tercio) se transforma en compost, es decir cada 100 kg de residuos se genera 33,33 kg de compost, aproximadamente 33 kg. Al no tener que conseguir materiales extras para el compostaje, se tienen ahorros. Los principales gastos que se tiene son: construcción de la planta de compostaje, operación, mantenimiento, almacenaje del producto (compost) y comercialización (Mejía & Ramos, 2019). El transporte de la materia orgánica al sitio del procesamiento se

puede considerar dentro de la recolección y transporte de los residuos de la ciudad.

## **2.8.5 PROBLEMAS EN EL COMPOSTAJE DE PILAS CON VOLTEO MANUAL**

Las desventajas del compostaje en pilas se presentan a continuación.

### **2.8.5.1 DISPONIBILIDAD DEL TERRENO**

En el compostaje, se debe determinar espacios para almacenar la materia orgánica, para realizar el compostaje y para almacenar el compost.

### **2.8.5.2 CLIMATOLÓGICAS**

Cuando la temperatura es baja, el proceso toma un mayor tiempo, por la imposibilidad de que el proceso funcione adecuadamente. El exceso de precipitaciones puede generar encharcamientos y anaerobiosis, por lo que es necesario la implementación de un drenaje.

### **2.8.5.3 AMBIENTALES**

La realización de buenas prácticas en el proceso y la adecuada selección del terreno soluciona los problemas ambientales que se presenten. Ya que los nitratos, pueden contaminar las aguas subterráneas.

### **2.8.5.4 VALOR DEL FERTILIZANTE**

El producto del compostaje tiene muy poco nitrógeno cuando se ha realizado una mala práctica. Las cantidades que se aplican de compost son mayores que los fertilizantes químicos, ya que el compost necesita un proceso de mineralización, para ser asimilado (Negro et al., 2000).

## **2.8.6 BENEFICIOS PARA LOS CULTIVOS**

Las propiedades que posee el compost generan un gran beneficio para los cultivos como (Negro et al., 2000):

- El desarrollo de cultivos sin el uso de fertilizantes.

- Cultivos con mayor cantidad de nutrientes y vitaminas.
- Incremento del contenido de hormonas de crecimiento en las plantas.
- Disminución del tiempo de cosecha de los frutos.
- Evita el desarrollo de mala hierba.
- Aumenta la resistencia de los cultivos a plagas y patógenos.
- Los cultivos considerados delicados aceleran su proceso ya que el pH del compost puede ser regulado.
- Permite que las semillas germinen adecuadamente.
- Al no utilizar fertilizantes químicos, los cultivos son nutritivos para el ser humano.
- Los precios de los cultivos son menores ya que no utilizan aditivos químicos.

## **2.9 CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS**

Es una actividad para determinar la composición diaria de los residuos sólidos en sus diferentes componentes en un sector o lugar específico. Permite conocer detalladamente la cantidad, porcentaje, volumen y tipo de residuo que se genera y está siendo depositado en los respectivos contenedores. Esta información facilita la implementación de medidas correctivas si fuera el caso. También se lo define como la actividad que permite determinar las características cuantitativas y cualitativas de un RS, permitiendo conocer su composición específica.

## **2.10 IMPACTO AMBIENTAL (IA)**

Es la alteración, favorable o desfavorable en alguno de los componentes del medio como resultado de una actividad, proyecto, programa, plan o disposición administrativa con implicaciones ambientales (Brito et al., 2016).

### **2.10.1 LÍNEA BASE**

La línea base agrupa indicadores para conocer el estado del lugar de estudio. Se realiza al iniciar un proyecto, de lo contrario no se contará con datos que permitan

establecer comparaciones posteriores e investigar los cambios suscitados de acuerdo con la implementación del proyecto (Conesa, 2006).

### **2.10.2 EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA)**

Es el conjunto de técnicas que estiman los impactos que causará un determinado proyecto, actividad u obra al ambiente.

Su objetivo es predecir, identificar y valorar los impactos ambientales que una actividad o proyecto puede causar al ambiente. Además, se encarga de prevenir y corregir los impactos identificados.

Algunos de los principales métodos se detallan a continuación:

- Matriz de Leopold (causa-efecto)
- Lista de chequeo
- Redes
- Cartográficos
- Métodos de indicadores e integración de la evaluación
- Métodos de simulación
- Métodos “ad hoc”
- Métodos cuantitativos (Conesa, 2006).

#### **2.10.2.1 MATRIZ DE LEOPOLD**

Es un método cualitativo con programas que valoran las alternativas de un proyecto de desarrollo (Freire, 2015). Consiste en una matriz de doble entrada, donde las filas son los factores ambientales a ser afectados y las columnas las acciones que se pueden dar (posibles impactos) (Conesa, 2006).

Los componentes ambientales que se utilizan en la matriz son:

- Medio físico
- Medio biótico

- Medio antrópico

### **2.10.2.2 TIPOLOGÍA DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES**

Las filas y columnas pueden definir las interacciones que dependen del proyecto y de los efectos ambientales posibles dando como resultado numerosas interacciones, importantes y dignas de consideración especial.

Para evaluar cada una de las cuadrículas de interacción se establece una escala que varía de uno a diez (asignando el valor 1 a la alteración mínima y el 10 a la máxima). La magnitud está precedida del signo + (impacto positivo) o – (impacto negativo). La importancia se coloca en el triángulo inferior, con una ponderación del 1 al 10 (según la intensidad o grado de incidencia). Las estimaciones son subjetivas al no existir criterios de valoración, por lo cual es bueno contar con un equipo multidisciplinar fundamentado en estudios base con un buen nivel de detalle (Conesa, 2006).

## **2.11 MARCO LEGAL**

### **2.11.1 PRINCIPIOS EN EL MARCO DE LA LEGISLACIÓN AMBIENTAL**

Los principios que sustentan la legislación ambiental están enmarcados dentro de la Declaración de Río Sobre El Medio Ambiente y Desarrollo, celebrada en 1992 y fueron acogidos dentro de la Constitución de la República del Ecuador (2008) de la siguiente forma:

#### **2.11.1.1 PRINCIPIO DE INTERÉS GENERAL**

Se refiere a la primacía de lo colectivo en la limitación de otros derechos individuales como elemento de orden público ambiental y tutela de derechos. Se basa en la premisa de promover el bien común, de acuerdo al buen vivir.

#### **2.11.1.2 PRINCIPIO PREVENTIVO**

Implica la incorporación de medidas o mecanismos de control preventivo con el fin de evitar la depredación, la destrucción o la contaminación ambiental.

### **2.11.1.3 PRINCIPIO PRECAUTORIO**

Si existe riesgo de daño irreversible o grave al ambiente, se deberán tomar medidas eficaces, preventivas, para impedir la degradación ambiental, según la proporcionalidad.

### **2.11.1.4 PRINCIPIO DE INCORPORACIÓN Y NO REGRESIVIDAD**

Implica la posibilidad de incorporar nuevas exigencias ambientales conforme su desarrollo. Los derechos son progresivos a través de las normas y las políticas públicas.

### **2.11.1.5 PRINCIPIO DE RESPONSABILIDAD “CONTAMINADOR PAGADOR”**

Se entiende como la internalización de los costos ambientales a quien realice o promueva actividades generadoras de impactos sobre el ambiente. La internalización abarca la responsabilidad extendida, instrumentos de mercado y obligaciones ambientales. Se insta a quien contamine con la obligación de la reparación integral.

### **2.11.1.6 PRINCIPIO DE COOPERACIÓN Y SUSTENTABILIDAD**

La sustentabilidad radica en la agrupación del enfoque social, cultural, económico y ambiental para satisfacer las necesidades actuales sin comprometer las de las generaciones futuras.

### **2.11.1.7 PRINCIPIO INDUBIO PRO-NATURA**

En caso de existir dudas, falta de información, contradicciones de normativas en materia ambiental, se debe aplicar resoluciones que favorezcan al ambiente y la naturaleza.

### **2.11.1.8 PRINCIPIO DE INFORMACIÓN Y PARTICIPACIÓN**

Garantiza el acceso a la adecuada información relacionada con el ambiente de forma oportuna por parte de los organismos públicos (Código Orgánico del Ambiente, 2017).

## **2.11.2 MARCO LEGAL EN ECUADOR REFERENTE A LA GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS**

### **2.11.2.1 CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR 2008**

Es la norma jerárquica suprema vigente en el Ecuador establecida y formulada por la Asamblea Constituyente del Ecuador entre los años 2007 y 2008.

En materia ambiental, la constitución establece bajo el amparo artículo 14 en el que menciona: “el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *sumak kawsay*” (Constitución de la República del Ecuador, 2008).

En el art. 66, numeral 27 se conviene reconocer y garantizar a las personas: “El derecho a vivir en un ambiente sano, ecológicamente equilibrado, libre de contaminación y en armonía con la naturaleza” (Constitución de la República del Ecuador, 2008)

Así mismo el art. 83, numeral 6 se manifiesta “La responsabilidad de respetar los derechos de la naturaleza, preservar un ambiente sano y utilizar los recursos naturales de modo racional, sustentable y sostenible” (Constitución de la República del Ecuador, 2008).

### **2.11.2.2 CÓDIGO ORGÁNICO AMBIENTAL**

El Código Orgánico Ambiental es la norma de la legislación que regula los derechos, deberes y garantías ambientales contenidos en la Constitución, y establece los instrumentos que fortalecen su ejercicio, para asegurar la sostenibilidad, conservación, protección y restauración del ambiente (Código Orgánico del Ambiente, 2017).

Dentro del Código Orgánico Ambiental se incluye la Gestión Integral de Residuos y Desechos. El art. 225 numeral 5 indica “El fomento al desarrollo del aprovechamiento y valorización de los residuos y desechos, considerándolos un

bien económico con finalidad social, mediante el establecimiento de herramientas y mecanismos de aplicación”. (Código Orgánico del Ambiente, 2017).

#### **2.11.2.3 ACUERDO MINISTERIAL 061, MAE**

El Acuerdo Ministerial 061, Reforma del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria, en el art. 47 menciona: “El Estado Ecuatoriano declara como prioridad nacional y como tal, de interés público y sometido a la tutela estatal, la gestión integral de los residuos sólidos no peligrosos y desechos peligrosos y/o especiales” (Competencias de Gestion Ambiental De Gobiernos Descentralizados, 2015).

#### **2.11.2.4 COMPETENCIAS DE GESTIÓN AMBIENTAL DE GOBIERNOS AUTÓNOMOS DESCENTRALIZADOS MUNICIPALES**

Con respecto a los Gobiernos Autónomos Descentralizados Metropolitanos y Municipales estipula la elaboración de normas y reglamentos para la recolección, transporte y disposición final de desechos sólidos en el medio urbano y rural dentro del contexto del art. 17 numeral 3 (Competencias de Gestion Ambiental De Gobiernos Descentralizados, 2015).

#### **2.11.2.5 ORDENANZA PARA EL MANEJO INTEGRAL GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS DEL CANTÓN AMBATO**

Esta ordenanza establece la responsabilidad por parte del GAD Municipal de Ambato, a través de la EPM – GIDSA, y de la población, a la promoción de la separación en la fuente, reciclaje, almacenamiento temporal, recolección, transporte, procesamiento y disposición final de los RS. Así como la reducción de la generación de residuos (Ordenanza para el manejo integral gestión integral de los residuos sólidos del cantón Ambato, 2017).

Se establece la obligación de los ciudadanos comerciantes de mercados y ferias depositar los residuos correctamente en los lugares establecidos por la EPM – GIDSA. Además, la misma empresa fomentará el aprovechamiento de los residuos sólidos, incentivará proyectos o programas como compostaje (Ordenanza manejo Integral de Residuos Solidos del Cantón Ambato, 2017).

### 2.11.3 MARCO LEGAL REFERENTE AL COMPOSTAJE

Para obtener un compost de buena calidad, se hace referencia a la Normativa Internacional y la Normativa Ecuatoriana.

#### 2.11.3.1 LEGISLACIÓN INTERNACIONAL

Se toma como referencia la Normativa española en su Real Decreto 06/2013, el cual trata los fertilizantes. Se subdivide al compost en tres grupos por composición:

- **Compost A:** considerado un abono orgánico de alta calidad, producido por medio de técnicas de manejo de humedad, es apto para ser aplicado directamente en el suelo a tratar.
- **Compost B:** es la parte del compost A que no presenta características de alta calidad, pese a ser elaborado con los mismos procesos tiende a retener menos humedad. Necesita de nutrientes extras para ser aplicado.
- **Compost joven (inmaduro):** es un compost que no ha llegado a las etapas de enfriamiento y de maduración, por lo que es considerado de baja calidad al carecer de nitrógeno. Es necesario mezclarlo con material rico en nitrógeno para su aplicación.

Para los metales pesados se toma como referencia la Norma del Instituto Nacional de Normalización de Chile y se miden en mg/kg. Ver Tabla 1.

**Tabla 1. Límites máximos permisibles de metales pesados en el compost**

<b>Metal Pesado (mg/kg)</b>	<b>Clase A</b>	<b>Clase B</b>
Cadmio	2	8
Cromo total	120	600
Cobre	100	1000
Mercurio	1	4
Niquel	20	80

**Fuente:** Instituto Nacional de Normalización de Chile, 2003.

**Realizado por:** Beltrán Fabián, Pérez Paúl, 2019.

### 2.11.3.2 LEGISLACIÓN ECUATORIANA

En el Ecuador no se encuentran normas vigentes que traten el tema de abonos orgánicos, los cuales involucran al compostaje. El Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) dispone de un Instructivo para promover y regular la producción orgánica (Benítez, Betancourt, & Melo, 2012). En el artículo 18 que trata sobre fertilidad del suelo se indica que:

h) En el compost se pueden utilizar microorganismos y plantas como base. No se permitirá el uso de ciertas enmiendas.

i) Indica los procedimientos para un correcto compostaje a base de estiércol, con el fin de evitar la contaminación por patógenos y precautelar la salud humana.

Dentro del instructivo nombrado se encuentra el ANEXO I para los acondicionadores del suelo, en el que se trata sobre el compost. Ver Tabla 2.

**Tabla 2. ANEXO I “Fertilizantes”. Compost**

Materias orgánicas de origen vegetal que han sido compostadas	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mezcla de materiales vegetales, pueden ser utilizados para producir biogás</li> </ul>
Residuos de origen doméstico que han sido compostados	<ul style="list-style-type: none"> <li>Se utiliza residuos animales y vegetales</li> <li>Funcionan en sistemas cerrados y bajo vigilancia</li> <li>La materia seca tendrá concentraciones mg/kg de: Cadmio 0,7 Níquel 25 Mercurio 0,4 Cromo total 70</li> </ul>

**Fuente:** MAGAP, 2013.

**Realizado por:** Beltrán Fabián, Pérez Paúl, 2019

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA**

#### **3.1 ZONA DE ESTUDIO**

##### **3.1.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA**

El Mercado Mayorista de Ambato, está ubicado en la zona urbana de la ciudad, al sur oriente de Ambato. Las coordenadas son:

Latitud: -1,269686

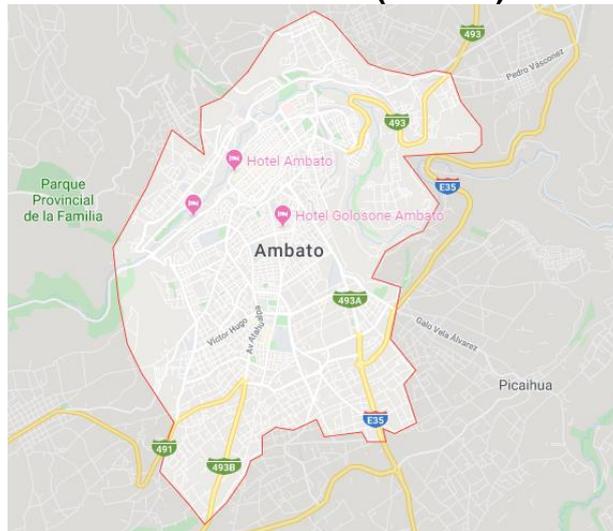
Longitud: -78,614257

Limitado por las calles:

- Avenida El Cóndor, al Norte
- Avenida Julio Jaramillo, al Sur
- Avenida Bolivariana 493 (Vía a Baños), al Este
- Avenida Tres Carabelas, al Oeste

El Mercado Mayorista de Ambato es el mayor centro de comercialización y acopio del centro del país, en un área aproximada de 133702,00 m<sup>2</sup>. Está conformado por tres zonas: la primera, de expendio de productos de consumo (vegetales, hortalizas, frutas, huevos, etc.) y lugar de almacenamiento de productos. La segunda, de expendio de vestimenta y la tercera de servicios administrativos (oficinas, parqueaderos, sanitarios). Ver Figuras 1 y 2

**Figura 1. Ubicación de la zona de estudio (Ciudad)**



**Fuente:** Google Maps, 2019

**Realizado por:** Beltrán Fabián, Pérez Paúl, 2019

**Figura 2. Ubicación de la zona de estudio (Mercado)**



**Fuente:** Google Maps, 2019

**Realizado por:** Beltrán Fabián, Pérez Paúl, 2019

### 3.1.2 AREA DE ESTUDIO

Abarca la zona de expendio de productos alimenticios y lugar de almacenamiento. Está conformada por 21 naves (plataformas), distribuidas de oeste a este y

denominadas en orden alfabético. En las diferentes naves, se efectúa la venta de productos alimenticios al por mayor y al por menor, expendio de hierbas medicinales, venta de costales, sogas, piolas y almacenamiento de productos. Las naves se encuentran distribuidas de acuerdo a la Figura 3.

**Figura 3. Distribución de las naves que conforman el Mercado Mayorista**



**Fuente:** Página web EP-EMA

**Realizado por:** Beltrán Fabián, Pérez Paúl, 2019

Los productos que se comercializan por nave se presentan en la Tabla 3.

**Tabla 3. Producto que se comercializa en cada nave o uso de la nave**

Nave	Producto que se comercializa o uso de la nave
A	Fruta de importación
B	Zanahoria y tomate riñón
C	Naranjilla, fruta de importación
D	Granos tiernos y pequeños
E	Bodega de granos secos nacionales e importados, víveres en general (abarrotes)
F	Papa

G	Cebolla importada y ajo
H	Meloco
I	Bodega de papas
J	Bodega de granos y gramíneas
K	Frutas de valles
L	Cebolla rama y tomate de árbol
LL	Bodega general
M	Ajo y cebolla
N	Cebolla roja
Ñ	Bodega de huevos
O	Hortalizas
P	Fruta proveniente de la Costa
Q	Fruta proveniente de la Sierra
R	Hierbas medicinales y productos al por menor (venta directa al consumidor)
Z	Costales, piolas, sogas, cauchos

**Fuente:** Investigación propia

**Realizado por:** Beltrán Fabián, Pérez Paúl, 2019.

Para facilitar la identificación de las naves se las divide por zonas, considerando cuatro zonas, detalladas en la Tabla 4.

**Tabla 4. División de las naves por zonas**

Zona	# de naves	Naves
Uno	4	A, B, C, R
Dos	7	D, E, F, G, H, I, Z
Tres	7	J, K, L, LL, M, N, Ñ
Cuatro	3	O, P, Q

**Fuente:** Investigación propia

**Realizado por:** Beltrán Fabián, Pérez Paúl, 2019.

Delimitando el área de influencia, se tiene que no todas las naves generan residuos de origen orgánico pese a tener contenedores, siendo el caso de la Nave LL la cual funciona como bodega general y la Nave Z la cual se dedica a la comercialización de costales, sogas, piolas y caucho. A esto se le suma las naves que no poseen contenedores y son utilizadas como almacenamiento temporal de productos (E, I, J, Ñ). Por lo que el estudio se realiza en aquellas que generan residuos sólidos orgánicos, siendo estas 15 (A, B, C, D, F, G, H, K, L, M, N, O, P, Q, R).

### 3.1.3 POBLACIÓN

Para el análisis de la población se considera a todas las personas que pueden generar residuos sólidos, siendo estos: el personal del mercado, comerciantes catastrados, informales, autoridades y la población aproximada que en días de feria se acerca al lugar, detallados en la Tabla 5.

**Tabla 5. Población estimada en el Mercado Mayorista de Ambato**

<b>Tipo</b>	<b># personas</b>
Autoridades	6
Personal del Mercado	75
Personas que compran en el Mercado	8000
Informales minoristas	600
Comerciantes catastrados	1850 (1424 fijos + 426 ambulantes)
Total	10531

**Fuente:** Investigación propia

**Realizado por:** Beltrán Fabián, Pérez Paúl, 2019

### 3.1.4 CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS, FÍSICAS Y ECONÓMICAS

#### 3.1.4.1 CLIMA

Ambato presenta una gama de temperaturas debido a su altitud de aproximadamente 2400 msnm. En la ciudad, los veranos son cortos y cálidos, mientras los inviernos son cortos y parcialmente nublados. Durante el transcurso

del año, la temperatura varía entre 9°C a 20°C y por lo general no baja de 6°C o aumenta de 23°C. El mes con mayor temperatura es noviembre (máximo en 23°C), mientras que el más frío es julio (mínimo en 6°C) (Weather Spark, 2019).

#### **3.1.4.2 FÍSICAS**

La precipitación anual en la provincia para el año 2018 presentó valores máximos en el mes de abril con 1307 milímetros, mientras en octubre valores mínimos en 126 milímetro, información obtenida de la red hidrometeorológica de Tungurahua (Red Hidrometeorologica de Tungurahua, 2019).

#### **3.1.4.3 ECONÓMICAS**

El cantón Ambato de acuerdo con el censo de 2010, registró 329856 habitantes, siendo 159830 hombres y 170002 mujeres. La edad promedio se mantiene en 30 años y el nivel de analfabetismo es del 7%. Al ser la capital provincial cuenta con servicio de alcantarillado, energía eléctrica, agua potable, telefonía convencional, internet por fibra óptica, alumbrado público y recolección mecanizada de RSU por contenerización con carga lateral, además de vías pavimentadas y de adoquín. La población económicamente activa en Tungurahua (incluye Ambato y demás cantones) es de 504583 personas donde el 38,7% trabaja por cuenta propia (INEC, 2010).

#### **3.1.5 ESTADO ACTUAL**

Los residuos generados en el MMA no están siendo depositados de forma correcta. Se evidencia contaminación residual en las instalaciones, puestos de venta y alrededor de los contenedores. La mayoría de los residuos se concentran en las cercanías de los puestos de venta de los comerciantes.

Cada nave en estudio se encuentra designada para expender ciertos productos como lo indica la Tabla 3, pero con el fin de que todos los vendedores comercialicen sus productos se permite el expendio de productos foráneos a las respectivas naves. Esto da como resultado una generación heterogénea de residuos sólidos, por lo que cada nave tiene una generación variable.

Para el almacenamiento de los RS que se generan en cada nave se tiene una distribución de contenedores, los cuales se encuentran colocados de acuerdo con la generación de residuos de la nave, variando entre uno a seis contenedores. Ver Figuras 4 y 5.

**Figura 4. Número de contenedores en cada nave**



**Fuente:** Investigación propia

**Realizado por:** Beltrán Fabián, Pérez Paúl, 2019.

**Figura 5. Tipo de contenedores en cada nave**



**Fuente:** Investigación propia

**Realizado por:** Beltrán Fabián, Pérez Paúl, 2019.

Previo a la recolección de los RS generados se realiza una ruta de barrido, con el fin de almacenar la mayor parte de los residuos. Para la recolección, la administración cuenta con un solo camión de carga frontal de capacidad para 20 toneladas y volumen útil de caja de 18 m<sup>3</sup> para los residuos. Se encarga de recoger, compactar y trasladar los residuos al relleno sanitario de Ambato para su disposición final. El horario de recolección del camión inicia todos los días a las 13:30 pm. Cabe destacar que se consideran días de feria al lunes, miércoles, jueves, viernes y domingo. Los días martes y sábado hay menor afluencia de compradores y comerciantes por lo que no se consideran días de feria

Se evidencia que de los 30 contenedores (28 en estudio y 2 solo con residuos sólidos inorgánicos) que existen dentro del mercado, tan solo 5 están técnicamente ubicados en una celda de contención de lixiviados. Las celdas no reciben el mantenimiento adecuado, por lo que se acumulan los lixiviados y se mezclan con la lluvia produciendo malos olores.

Actualmente el MMA dispone de pequeños contenedores de colores para una separación diferenciada, los cuales no tienen la capacidad necesaria para almacenar los residuos. No están ubicados estratégicamente por lo que se evidencia la falta de uso de los mismos.

### **3.2 PLAN DE MUESTREO**

Incluye las actividades realizadas antes de la toma de muestras en el Mercado Mayorista de Ambato. Se dio inicio a las actividades el 17 de octubre de 2019 al recorrer el mercado, determinando la población del lugar, conjuntamente con ayuda visual se identificó los sitios para el muestreo (puntos amarillos) donde se determinó los contenedores de mayor producción (cantidad de residuos). En la Figura 6 se encuentra el esquema del MMA, con los sitios de muestreo. Las coordenadas de los sitios se encuentran en el **ANEXO 1**.

**Figura 6. Esquema del mercado con sitios de muestreo (puntos amarillos)**



**Fuente:** Investigación propia

**Realizado por:** Beltrán Fabián, Pérez Paúl, 2019.

Para el respectivo muestreo se toma como base a la “Guía metodológica para el desarrollo del Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos Municipales (EC–RSM)” del Ministerio del Ambiente de Perú y a la “Guía Metodológica para Caracterización de Residuos Sólidos” de la OPS-CEPIS. Se escogió un muestreo para predios no domiciliarios que se encuentra en la “Propuesta de clasificación de los tipos de predios no domiciliarios más comunes”. Dentro del mismo se dividen a los predios no domiciliarios en sectores de servicio, comercio, institucionales, especiales y de áreas públicas (Ministerio del Ambiente de Perú, 2015). El enfoque fue al sector de servicio que abarca las actividades de Mercados, como detalla la Tabla 6.

**Tabla 6. Clasificación predios no domiciliarios en sectores**

Sector	Clasificación
Áreas públicas	Parques Vías Públicas
Servicios	Bares y restaurantes

	<b><u>Mercados</u></b> Estadios Cines Hoteles
Institucionales	Oficinas Instituciones educativas
Comercio	Almacenamiento y abastos Locales Comerciales Tiendas de autoservicios Tiendas departamentales
Especiales	Terminales terrestres Veterinarias Laboratorios clínicos Hospitales

**Fuente:** Ministerio del Ambiente Perú, 2015

**Realizado por:** Beltrán Fabián, Pérez Paúl, 2019.

Luego de la identificación del tipo de muestreo a realizar en el mercado y los lugares estratégicos para la toma de muestras, se establecieron las siguientes pautas:

- Tiempo aproximado que requiere la toma de muestras
- Equipo de trabajo necesario para la toma de muestras.
- Materiales a utilizar en el muestreo.
- Cronogramas de trabajo para los muestreos.

### **3.2.1. MUESTREO POR PREDIOS NO DOMICILIARIOS**

Para la toma de muestras, se tomó como base a la cantidad de contenedores donde se depositan residuos orgánicos, excluyendo a las naves LL y Z que tienen contenedores con residuos inorgánicos y a las naves E, I, J y Ñ que no poseen contenedores, dando un resultado de 28 contenedores que forman parte del

estudio. Mediante la aplicación de la Ecuación 1 se obtiene como resultado el número de contenedores a muestrear.

Al aplicar un muestreo de predios no domiciliarios, se tiene la certeza de que todos los contenedores de las diferentes naves tengan la misma probabilidad de ser seleccionados.

### 3.2.1.1 DETERMINACIÓN DE LA MUESTRA (TIPO, TAMAÑO)

El muestreo de RS se enmarca en la “Guía metodológica para el desarrollo del Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos Municipales (EC–RSM)” promovido por el Ministerio del Ambiente de Perú (2015), el cual recomienda realizar un muestreo siguiendo los pasos:

- Estimar el nivel de confianza
- Estimar un error permisible
- Estimar la desviación estándar

Para calcular la muestra se utiliza la Ecuación 1 y la Tabla 7:

$$n = \frac{Z_{1-\alpha/2}^2 * N * \sigma^2}{(N-1) * E^2 + Z_{1-\alpha/2}^2 * \sigma^2} \quad \text{Ecuación 1}$$

Se recomienda adicionar entre 10% y 20% como contingencia al número de muestra calculado, según la Ecuación 2.

$$n_T = n + (0,15 * n) \quad \text{Ecuación 2}$$

**Tabla 7. Definición de parámetros para calcular la muestra**

Parámetro	No domiciliario
n: (Número de muestras)	# de establecimientos que forman parte del estudio (en este caso # de contenedores)
N:	Total de establecimientos

(Universo)	(en este caso total de contenedores)
$\sigma$ : (Desviación estándar)	Utilizar 0,25 como el valor de desviación
$Z_{(1-\infty/2)}$ : (Nivel de confianza)	Se trabaja con un valor de 96% utilizando el valor de 1,96 como coeficiente de confianza.
E: (Error permisible)	10% del PPC (Producción Per Cápita de RS) a nivel nacional $E=10\%*0,86= 0,086$ . Dato obtenido de AME para el año 2017

**Fuente:** Ministerio del Ambiente Perú, 2015.

**Realizado por:** Beltrán Fabián, Pérez Paúl, 2019.

### 3.2.1.2 DISTRIBUCIÓN DE LA MUESTRA DE CONTENEDORES

Una vez obtenido el tamaño de muestra se lo distribuyó para cada nave del mercado (Cantanhede, Monge, Sandoval, & Caycho, 2006).

Se aplicó el siguiente procedimiento:

1. Se determinó el número de contenedores existentes en cada nave.
2. Se realizó el análisis de relaciones individuales (porcentajes) de contenedores con respecto al número total de contenedores en estudio.
3. Al porcentaje obtenido se lo multiplicó por el resultado de contenedores a muestrear según la Ecuación 2.
4. La muestra de contenedores debe ser un número entero por lo que se aproximó los resultados al entero más cercano, tomando en consideración que debe ser igual al valor hallado con la Ecuación 2.

### 3.2.2 ENCUESTAS

Para obtener información sobre la problemática en la gestión de los residuos sólidos y la aceptación sobre la producción de compost con la materia orgánica generada en el MMA se aplicaron encuestas. El objetivo, fueron los comerciantes catastrados del mercado, ya que ellos se encuentran la mayoría del tiempo en el lugar y evidencian los problemas que conlleva el tema de residuos. Los resultados de las mismas facilitaron la obtención de información sobre el estado actual de la gestión

de los residuos, la inconformidad de los comerciantes con la recolección de los residuos, la aceptación de la idea de generar compost y el comportamiento de la población para su disposición.

Las encuestas consistieron en la visita al puesto de comercialización de los catastrados seleccionados, una explicación breve del muestreo a realizar y las ventajas del proyecto, para posterior aplicar la encuesta. Las encuestas fueron aplicadas fuera de las horas pico de ventas, esto con el fin de que los comerciantes tengan predisposición a responder las preguntas y la información obtenida sea confiable.

#### **3.2.2.1 DETERMINACIÓN DEL NÚMERO DE ENCUESTAS**

Para determinar el número de encuestas a realizar se aplicó nuevamente la Ecuación 1, la cual permite un muestreo aleatorio simple, en este caso se varió la población, basándose en la cantidad de comerciantes catastrados del mercado. Además, se procedió añadir el 15% como contingencia según la Ecuación 2.

La aplicación de un muestreo simple, permite que toda la población en análisis tenga la misma probabilidad de ser seleccionada, con lo que se evita tener muestras sesgadas (Casas, Donado, & Repullo, 2003).

#### **3.2.2.2 DISTRIBUCIÓN DE LA MUESTRA**

Se aplicó la misma metodología indicada en el apartado “3.2.1.2 DISTRIBUCIÓN DE LA MUESTRA DE CONTENEDORES” establecida por la OPS/CEPIS actualizada (Cantanhede et al., 2006). Se utilizó el siguiente procedimiento:

1. Se estableció el número de comerciantes catastrados en cada nave gracias a los datos facilitados por la administración del Mercado Mayorista de Ambato.
2. Se realizó el análisis de relaciones individuales (porcentajes) de comerciantes existentes en cada nave con respecto al número total de comerciantes presentes en el mercado.

3. Al resultado, se lo multiplicó por la muestra total de comerciantes a encuestar obtenido con la Ecuación 2.
4. La muestra de comerciantes a encuestar por cada nave debe ser un número entero para lo cual, se aproximaron los resultados al entero más cercano, tomando en consideración que la muestra debe coincidir con el valor hallado mediante la Ecuación 2.

### **3.2.3 LEVANTAMIENTO DE LA INFORMACIÓN**

Para una adecuada obtención de los RSO que sirven para la elaboración del compost y el respectivo diseño de la planta de compostaje, fue necesario evaluar el sistema de contenerización y almacenamiento que se maneja en el MMA, con el fin de encontrar las falencias y solucionarlas para una mayor optimización de tiempo en el compostaje. Además, se evaluó la capacidad de compostaje que tienen los residuos sólidos orgánicos encontrados en el Mercado Mayorista, en conjunto con las cantidades necesarias para la elaboración de compost.

#### **3.2.3.1 EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE CONTENERIZACIÓN Y ALMACENAMIENTO**

El Mercado Mayorista de Ambato realiza una contenerización directa (almacenamiento temporal sin recipiente, funda u otro tipo), es decir el depósito de los residuos directamente en los contenedores. Pocas personas colocan sus residuos en fundas antes de arrojarlos a los contenedores.

Los contenedores del Mercado carecen de una distribución técnica, se han ubicado aleatoriamente cerca de las naves, para que todos tengan acceso a ellos.

#### **A) ALMACENAMIENTO TEMPORAL**

Mediante observación se pudo determinar que los RS que se generan en el Mercado Mayorista en su gran mayoría son almacenados en los respectivos contenedores de cada nave. Las personas que compran en el lugar y los comerciantes mezclan los residuos debido a la falta de recipientes de clasificación

en la fuente y depositan diferentes tipos de residuos en los contenedores de cada nave, como se evidencia en la Figura 7.

**Figura 7. Almacenamiento de los residuos en el Mercado Mayorista**



**Fuente:** Investigación propia

**Realizado por:** Beltrán Fabián, Pérez Paúl, 2019.

## **B) CONTENEDORES**

En el Mercado Mayorista de Ambato se utilizan 2 tipos de contenedores metálicos propios, los cuales tienen la marca de EP-EMA, de capacidades 2,58 m<sup>3</sup> (pequeño) y 4,54 m<sup>3</sup> (grande). El pequeño, tiene dimensiones: 1,28 m de ancho, 1,80 m de largo y 1,24 m de alto; mientras que el grande: 1,70 m de ancho, 1,80 m de largo y 1,65 m de alto. Estos se encuentran ubicados junto a las distintas naves del Mercado sin una distribución estratégica. **VER ANEXO 1.**

Para determinar el volumen de los contenedores (al tener una forma compleja), se dividió al contenedor en dos cuerpos geométricos, siendo el primero un paralelepípedo y el segundo una pirámide de base rectangular, procediendo a sumar los resultados para obtener un volumen total. Para el cálculo se utilizó las Ecuaciones 3 y 4.

$$V \text{ Paralelepípedo} = \text{ancho} * \text{largo} * \text{altura} \quad \text{Ecuación 3}$$

$$V \text{ Pirámide de base triangular} = \frac{1}{3} * \text{ancho} * \text{largo} * \text{altura} \quad \text{Ecuación 4}$$

Mediante la observación a los contenedores se evidencian problemas en los mismos como:

- Hundimientos en la estructura de metal
- Agujeros por oxidación
- Manchas que corroen el color del contenedor
- Presencia de vectores (moscas)
- Lixiviados en el fondo y en las celdas de seguridad
- Deficiencia en su ubicación, algunos se encuentran sobre la acera o en contacto directo con el suelo
- Falta de mantenimiento
- Mal aspecto visual
- Residuos diseminados alrededor de los contenedores
- Inadecuada disposición técnica, en casos sin presencia de celdas de seguridad. Como se observa en la Figura 8

**Figura 8. Problema en los contenedores del Mercado Mayorista**



**Fuente:** Investigación propia

**Realizado por:** Beltrán Fabián, Pérez Paúl, 2019.

### **C) INVESTIGACIÓN DE CAMPO**

Para la investigación de campo se desarrolló las siguientes actividades:

1. Se realizó una inspección visual en el MMA, en el cual se determinó la manera en la que almacenan y contenerizan los RS, la numeración de los contenedores, el registro de su ubicación georreferenciada y los problemas visuales que presentaron.
2. En la segunda etapa se realizó la respectiva caracterización que consistió en la toma de muestras para determinar la composición que tienen los residuos sólidos del Mercado Mayorista, se utilizó la técnica de cuarteo que se propone en la “Guía metodológica para el desarrollo del Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos Municipales (EC–RSM)”. Ver Figura 9.
3. Finalmente se procedió a recolectar la información de las encuestas para conocer la opinión de los comerciantes sobre el almacenamiento y contenerización de los residuos sólidos y la opinión sobre la obtención de compost a base de los residuos orgánicos del mercado.

**Figura 9. Método de cuarteo para la caracterización de los residuos.**



**Fuente:** Investigación propia

**Realizado por:** Beltrán Fabián, Pérez Paúl, 2019.

### **3.2.3.2 EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD DE COMPOSTAJE DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS DEL MERCADO**

Para la correcta obtención del compost, la optimización de recursos económicos y tiempo, se determinó la capacidad de compostaje de los RSO generados en el

Mercado Mayorista de Ambato mediante el análisis de sólidos totales y sólidos volátiles (parámetros para determinar la capacidad de compostaje). Al ser una propuesta basada en el diseño y no realizar el compost, se procedió a analizar los RSO del mercado, triturándolos y obteniendo una muestra representativa para el análisis.

#### **A) CAPACIDAD DE COMPOSTAJE**

Mediante la visita al Mercado Mayorista, se determinó visualmente que los residuos sólidos orgánicos generados abarcan distintos tipos como hortalizas, legumbres y frutas. Se procedió a tomar una porción de los mismos y triturarlos, obteniendo una muestra representativa para el análisis de sólidos totales y sólidos volátiles. Para el análisis se procedió a tarar los crisoles durante 2 horas en la estufa, a una temperatura de 120 °C y a enfriarlos en el desecador durante 30 minutos, el proceso se repitió hasta que los crisoles tengan un peso constante.

Los sólidos totales fueron determinados colocando una muestra de 20 gramos de RSO dentro de un crisol, sometiendo a la estufa a 103 – 105 °C durante 12 horas y enfriándola en el desecador durante 30 minutos, para posterior mediante diferencia de pesos obtener el resultado, según la Ecuación 5.

$$\% ST = \frac{(PCM-PCV)}{PCI-PCV} * 100 \quad \text{Ecuación 5}$$

Donde:

*ST*= sólidos totales

*PCM*= peso del crisol con la muestra sometida a 105°C (g)

*PCV*= peso del crisol vacío (g)

*PCI*= peso del crisol con la muestra inicial (g)

El análisis de sólidos volátiles se realizó con la muestra anterior colocada en la mufla a 550 – 600 °C durante 1 hora y enfriándola en el desecador durante 30 minutos. Por diferencia de pesos se obtiene el resultado, según la Ecuación 6.

$$\% SV = \frac{(PCM-PCF)}{PCI-PCV} * 100 \quad \text{Ecuación 6}$$

Donde:

SV= sólidos volátiles

PCM= peso del crisol con la muestra sometida a 105°C (g)

PCV= peso del crisol vacío (g)

PCI= peso del crisol con la muestra inicial (g)

PCF= peso del crisol con la muestra sometida a 550 °C

Finalmente, por medio de la Ecuación 7 (relación de SV/ST) se determinó la capacidad de compostaje de los RSO del mercado, siendo óptimos para el desarrollo de las pilas. Ver Figura 10.

$$CCOM = \frac{\%SV}{\%ST} \quad \text{Ecuación 7}$$

Donde:

CCOM = capacidad de compostaje de los RSO del Mercado Mayorista

**Figura 10. RSO generados en el Mercado Mayorista**



**Fuente:** Investigación propia

**Realizado por:** Beltrán Fabián, Pérez Paúl, 2019.

## **B) INVESTIGACIÓN COMPLEMENTARIA**

La caracterización de los residuos sólidos en los diferentes contenedores de las naves del Mercado Mayorista fue realizada con el fin de obtener la fracción que se genera de residuos sólidos orgánicos e inorgánicos, el peso y volumen. Se utilizó el método de cuarteo y se proyectó la generación de residuos, obteniendo la producción diaria de RSO.

De esta manera se obtuvo que los residuos sólidos orgánicos del mercado son suficientes para un sistema de compostaje y que este produzca compost de buena calidad.

### **3.3 CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS**

La caracterización es el punto de partida para la adecuada gestión de los residuos sólidos. La caracterización de los RS, determinación de la composición física, la generación per cápita y el peso específico se llevó a cabo a través de la metodología propuesta por el Dr. Kunitoshi Sakurai, (2003) y actualizada por el OPS & CEPIS, (2005), en conjunto con Muñoz, (2008).

#### **3.3.1 CANTIDAD DE RESIDUOS SÓLIDOS**

Para determinar la cantidad de residuos sólidos, se muestreo por 7 días (tiempo que toma la caracterización) a los contenedores seleccionados según la muestra. Obteniendo el peso diario de los residuos para cada nave. Debido a que el número de contenedores a muestrear (18) fue menor al de los 28 contenedores en estudio, se procedió a multiplicar el valor promedio obtenido de los 7 días de caracterización por el número total de contenedores que tiene cada nave. De la misma manera se procedió para determinar la cantidad de residuos sólidos orgánicos.

Para complementar la información necesaria para la propuesta de diseño del sistema de compostaje, se utiliza las fórmulas establecidas para calcular la tasa de generación per cápita (Ecuación 8) y el análisis poblacional para el Mercado

Mayorista de Ambato en un período de cinco años (Ecuación 9), tanto para los residuos sólidos como para los residuos sólidos orgánicos.

La determinación del peso específico y la composición de los residuos se realiza empleando la metodología de compactación por caída, y la metodología propuesta por el Dr. Kunitoshi Sakurai.

### 3.3.1.1 TASA DE GENERACIÓN PER CÁPITA (GPC)

La generación per cápita (kg/hab\*día), considera el peso total de los residuos sólidos generados diariamente, para la población servida (siendo la población estimada total de 10531 personas) (Muñoz, 2008), tal y como establece en la Ecuación 8.

$$GPC = \frac{\text{Peso de residuos diarios (kg/día)}}{\text{Población servida (hab)}} \quad \text{Ecuación 8}$$

### 3.3.1.2 CANTIDAD DE RESIDUOS SÓLIDOS FUTURA

La gestión de RS requiere del conocimiento de la cantidad generada con proyección a futuro, con el objetivo de servir correctamente a la población por un determinado periodo de tiempo. El cálculo de la cantidad de residuos sólidos para cinco años de vida útil, se lo realizó con el análisis de la población futura (Muñoz, 2008), utilizando la Ecuación 9.

$$P_F = P_O * (1 + i)^n \quad \text{Ecuación 9}$$

Donde:

$P_F$  : Población futura

$P_O$  : Población actual

$i$  : Tasa o índice de Crecimiento

$n$  : # de años

(i) fue determinado según datos de censos poblacionales existentes. Siendo el valor 1,95% (0,0195) tomado de la Revista Analítica en base al VII Censo de población y VI de vivienda (Villacís & Carillo, 2012).

Con los datos de la GPC y población Futura, se procede a pronosticar la generación de residuos (GR) para cinco años, usando la Ecuación 10 que está expresada en kg/día.

$$GR = GPC * P_F \quad \text{Ecuación 10}$$

### 3.3.1.3 PESO ESPECÍFICO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS (PE)

Se lo determinó de la siguiente manera:

1. Se procedió a pesar un recipiente de 19 litros (0,019 m<sup>3</sup>) generando el peso del recipiente vacío (W1) siendo 1.2 kg. Como se observa en la Figura 11.

**Figura 11. Pesado del recipiente de 19 litros vacío**



**Fuente:** Investigación propia

**Realizado por:** Beltrán Fabián, Pérez Paúl, 2019.

2. Se procedió a colocar en el recipiente los residuos del método del cuarteo previo, vertiéndolos hasta el borde y sin compactar bajo presión. Ver Figura 12.

**Figura 12. Recipiente con los residuos del método de cuarteo**



**Fuente:** Investigación propia

**Realizado por:** Beltrán Fabián, Pérez Paúl, 2019.

3. Con el recipiente lleno, se lo levantó 20 cm y dejó caer, se repitió esta acción por tres veces, para uniformizar la muestra llenando los espacios vacíos del recipiente.
4. Con ayuda de la pesa manual se pesó el recipiente con los residuos ( $W_2$ ).
5. Mediante diferencia de pesos se determinó el peso neto de RS ( $W$ ). Se utilizó la Ecuación 11.

$$W = W_2 - W_1 \quad \text{Ecuación 11}$$

6. El peso neto ( $W$ ) en kilogramos se dividió para el volumen del recipiente expresado en metros cúbicos, obteniendo el peso específico gracias a la Ecuación 12 (OPS & CEPIS, 2005).

$$\text{Peso Específico} = \frac{W}{V} = \frac{\text{Peso de los residuos (kg)}}{\text{Volumen del recipiente (m}^3\text{)}} \quad \text{Ecuación 12}$$

#### **3.3.1.4. DETERMINACIÓN DE LA CANTIDAD DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS GENERADOS**

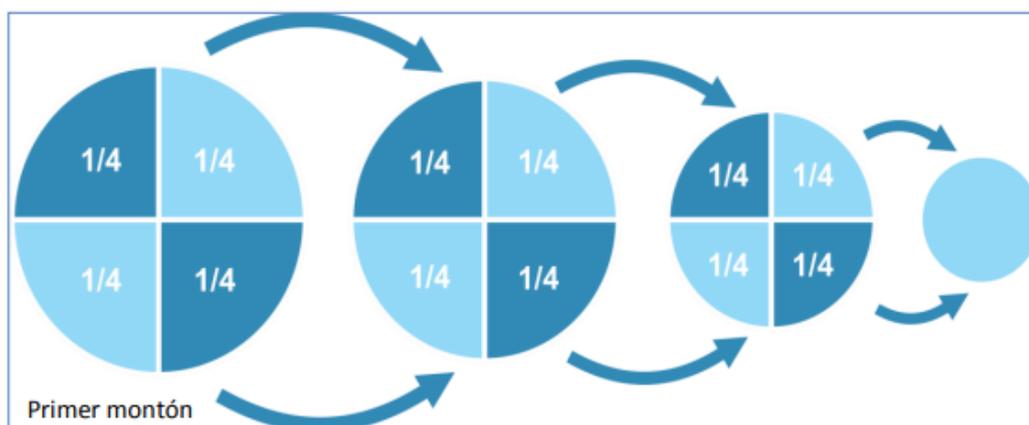
Para caracterizar la parte orgánica, se determinó la cantidad de RSO generados y depositados en los contenedores durante 7 días (tiempo que toma la

caracterización). Se procedió a separar solo lo orgánico del total de residuos sólidos y a pesarlo, con lo que se obtuvo el peso diario de los residuos para cada nave. Debido a que el número de contenedores a muestrear de 18, fue menor al de los 28 contenedores en estudio, se procedió a multiplicar el valor promedio obtenido de los 7 días de caracterización por el número total de contenedores que tiene cada nave, determinando la cantidad de residuos sólidos orgánicos que se producen en el MMA

### 3.3.2 COMPOSICIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS

En la composición de los RS se aplicó el método del cuarteo, presentado en la Figura 13.

**Figura 13. Método del cuarteo**



**Fuente:** OPS & CEPIS, 2005.

**Realizado por:** Beltrán Fabián, Pérez Paúl, 2019.

El procedimiento siguió los pasos que se anotan a continuación:

1. Tomar los residuos del interior del contenedor de un día y colocarlos sobre un plástico grande en el pavimento dentro de las instalaciones propias del mercado sin obstruir el paso.
2. Rotura de fundas plásticas cuando las había o directamente verter los residuos conformando un solo montón, homogenizando la mezcla. Se trocearon los residuos grandes, excepto los troncos de plátano.

3. Se dividió en cuatro partes iguales, para posteriormente tomar dos partes opuestas y formar un nuevo montón más pequeño.
4. La operación se la realizó varias veces hasta tener un montón manipulable de 50 kg de residuos o menos. Ver Figura 14. De este último montón se separó y clasificó en:
  - a) Papel
  - b) Cartón
  - c) Madera
  - d) Materia Orgánica
  - e) Plásticos
  - f) Residuos inertes
  - g) Extras (Metales, vidrio, caucho, cuero, sogas y lonas)

Las características de clasificación por componente se presentan en el

## **ANEXO 2**

5. Luego se pesó el recipiente con los diferentes materiales y se registró el peso de cada material, por diferencia de pesos.
6. Se calculó el porcentaje (%) de cada componente con la Ecuación 13.

$$\text{Porcentaje (\%)} = \frac{P_i}{W_t} * 100 \quad \text{Ecuación 13}$$

Donde:

$P_i$  : Peso de cada componente

$W_t$ : Peso total de los residuos recolectados en un día

7. Los componentes clasificados dentro del tipo “otros” (tallos, hojas, troncos) fueron medidos con un flexómetro. Ya que necesitan ser triturados mediante la trituradora para que se degraden.
8. Este proceso se lo realizó durante los siete días que dura el muestreo.
9. El porcentaje de generación se determinó mediante la suma de los pesos promedios diarios obtenidos para cada componente y nave, este valor se

dividió para el peso total de los montículos y el resultado se multiplicó por 100, obteniendo porcentajes.

**Figura 14. Caracterización de los residuos sólidos del Mercado Mayorista**



**Fuente:** Investigación propia

**Realizado por:** Beltrán Fabián, Pérez Paúl, 2019.

### 3.3.2.1 COMPOSICIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS

Se trabajó con los RSO generados diariamente en cada nave, los cuales fueron almacenados en fundas. Para cada nave, el séptimo día se procedió a mezclar los residuos semanales, tomando muestras iguales al promedio de generación diaria de los 7 días. Se juntó todas las muestras obteniendo un solo montículo de 452,26 kg, el cual contenía los RSO de todas las naves a lo largo de los 7 días.

Posteriormente, se realizó una separación en montículos de la parte orgánica según el tipo. Para esto, se utilizó un plástico negro, separándolos en plátano, remolacha, hierbas, choclo, etc. Ver Figura 15. Se pesó cada montículo para determinar la composición orgánica individual aproximada que se maneja en el MMA. La medición de los residuos orgánicos que forman parte del tipo “otros” (tallos, troncos, hojas) con un flexómetro, permitió determinar aquellos que necesitan ser triturados antes del compostaje. En la Tabla 8, se detalla la sub clasificación que se encontró:

**Tabla 8. Sub clasificación de los RSO del MMA.**

<b>Sub clasificación de los residuos sólidos orgánicos</b>		
Hierbas	Huevos	Lechuga
Choclo	Meloco	Albahaca
Cebolla roja	Papas	Remolacha
Cebolla blanca	Tomate de árbol	Brócoli
Hierbas medicinales	Tomate riñón	Rábano
Ajo	Maracuyá	Col morada
Pepinillo	Perejil	Acelga
Coco	Culantro	Uvilla
Limón	Apio	Haba
Col blanca	Sandía	Toronja
Pimiento	Piña	Naranja
Fréjol	Mandarina	Naranjilla
Alverja	Grosellas	Mango
Plátano	Otros (hojas, tallos, troncos)	

**Fuente:** Investigación propia

**Realizado por:** Beltrán Fabián, Pérez Paúl, 2019.

**Figura 15. Composición de los RSO del mercado**

**Fuente:** Investigación propia

**Realizado por:** Beltrán Fabián, Pérez Paúl, 2019.

### **3.4 COMPOSTAJE**

#### **3.4.1 CONDICIONES DE DISEÑO, UBICACIÓN Y CONSIDERACIONES MEDIOAMBIENTALES**

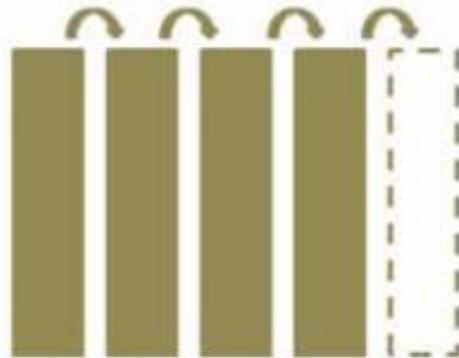
Para la propuesta de diseño del sistema de compostaje se escogió un programa de dibujo sobre la base de CAD, que facilita el dimensionamiento de la planta para la elaboración de compost.

Cabe destacar, que el diseño propuesto puede ser ubicado en una zona de Ambato que cumpla las dimensiones requeridas y las especificaciones técnicas, se sugiere el Relleno Sanitario de la ciudad, el cual cumple su vida útil en 2020 y se encuentra ubicado en el Complejo Ambiental Chasinato, vía al cantón Pillaro, diagonal a la primera etapa del Parque de los Recuerdos, zona norte de la ciudad.

Al incluir todas las zonas en el diseño se tiene un área total de 7700 m<sup>2</sup>, con dimensiones de 110 m de largo y 70 m de ancho. El área útil para la elaboración de compost es de 3225 m<sup>2</sup>, con dimensiones de 75 m de largo y 43 m de ancho, consta de una estructura metálica tipo coliseo de 16 columnas contempladas en la fachada este y oeste, techo de aleación de zinc y aluminio, con el fin de evitar que las condiciones climáticas alteren el compost.

En el perímetro del área útil, se coloca canales, en los cuales se va a receptor el agua lluvia, incluyendo un sistema de drenaje. El asentamiento es de tierra, se coloca geomembrana antes de la elaboración de las pilas para evitar contacto directo suelo. La separación entre las pilas es de 1 m (filas) y 1,25 m (columnas), dejando el área de una pila vacía para facilitar el volteo manual y optimizando el espacio de operación. Si existen tres pilas o más se realiza el volteo avanzando, colocando las pilas nuevas en el espacio vacío (espacio de la pila volteada), según la Figura 16.

**Figura 16. Modalidad de volteo avanzando**



**Fuente:** Román et. al, 2013.

**Realizado por:** Beltrán Fabián, Pérez Paúl, 2019.

Al ser una planta con techo no se tiene contacto con el agua lluvia, por lo que para controlar el parámetro de humedad de las pilas (pérdida por evaporación) se coloca una llave de agua (reposición de humedad), la cual mediante mangueras con aspersor facilitan el rociado de las pilas, la cantidad de agua a utilizar varía según el largo de la pila, según referencia bibliográfica se utiliza aproximadamente 125 litros de agua para rociar las pilas (Tortosa, 2015). Cuando se tenga el lugar establecido para la planta de compostaje, se debe realizar el estudio de la capacidad de campo del suelo, el cual consiste en determinar la cantidad de agua o humedad que el suelo puede retener luego de llegar a la saturación y de dejarlo drenarse hasta que se estabilice el pH, controlando de esta manera el parámetro humedad. Como complemento resulta factible realizar la prueba de puño, la cual funciona tomando con el puño una porción del sustrato y apretándolo, si caen entre 8 - 10 gotas indica que la humedad está en 80% (rango adecuado para la producción de compost).

Las áreas para la elaboración de pilas y demás están delimitadas en el diseño. En caso de que se construya la planta de compostaje se recomienda que la estructura sea metálica, materiales resistentes y suficientes para 5 años de funcionamiento que se estima de la planta de compostaje. Ver Figura 17.

**Figura 17. Vista de la planta de compostaje en Mallorca (España)**



**Fuente:** El Heraldo, 2018

**Realizado por:** Beltrán Fabián, Pérez Paúl, 2019.

Con el fin de obtener un óptimo diseño y sistema de compostaje, se comenzó con la división de la planta en áreas y zonas, como se detalla a continuación:

- Área de parqueaderos de camiones y automóviles
- Área de recepción y almacenamiento temporal de los R.S.O
- Área para la elaboración de las pilas, producción del compost y ensacado
- Laboratorio de calidad de compost
- Área de almacenamiento de herramientas (Máquina trituradora)
- Área de almacenamiento de compost final
- Área de carga
- Área de almacenamiento de desechos
- Servicios higiénicos
- Administración
- Guardianía

Para evitar la contaminación ambiental debido a la descarga de aguas residuales generadas por la planta de compostaje se debe contemplar su tratamiento, el cual consiste en la separación de las características indeseables del agua hasta obtener mejores características que al principio (Manzano, 2011).

Se implementó el diseño de un tratamiento primario a las aguas residuales mediante un tanque séptico (IEOS, 2014). El tanque séptico y sus dimensiones son calculadas en base a la superficie disponible identificada en el Relleno Sanitario de Ambato y a los criterios del documento “Sistemas de Depuración de Aguas Residuales” publicado por editorial EPN de los autores Muñoz & Aldás, 2017.

En caso de que la planta de compostaje sea ubicada en el Relleno Sanitario de Ambato que termina su vida útil en 2020 (ubicación sugerida), se debe considerar las especificaciones técnicas que conlleva el cierre de un relleno sanitario. Dentro de estas se encuentran la prohibición de que empresas privadas soliciten utilizar el lugar o realicen labores en el mismo, solo el GAD Municipal de Ambato en conjunto con empresas públicas, pueden utilizar el sitio considerando su “uso final” el cual se contempla en el plan de cierre del relleno sanitario, por lo que no es necesario la obtención de permisos de uso, ya que está a cargo de la Municipalidad. Los usos que se dan siempre buscarán el bienestar público como la recuperación del paisaje, la implementación de áreas recreativas (parque, canchas deportivas), zonas verdes o procesos de producción que se vean reflejados en el beneficio ciudadano. Para los procesos de producción se debe considerar la implementación de los mismos en áreas donde no se ubicaron cubetos ya que pese a estar tapados aun generan gases (se estabilizan en 10 a 15 años a partir del cierre) y no poseen estabilidad en el suelo. Las áreas donde no se ubicaron cubetos son aptas para un nuevo uso siempre y cuando se garantice la no erosión del suelo, evitando infiltraciones a los cubetos cercanos.

### **3.4.2 DISEÑO DEL SISTEMA DE COMPOSTAJE MEDIANTE PILAS POR VOLTEO MANUAL**

La planta de compostaje propuesta puede ser ubicada en una zona de Ambato que cumpla con las dimensiones requeridas y las especificaciones técnicas. Como sugerencia de diseño se tomó de base al Relleno Sanitario de la ciudad, en el cual se determinó un punto de ubicación del proyecto y se analizó las dimensiones máximas de aprovechamiento del terreno, las cuales abarcan el área plana disponible. A partir de estos datos y la generación en peso diario máximo de

residuos sólidos (lunes y domingo), se determinó el volumen y el largo (m) de cada pila. Las medidas de la pila como el ancho y la altura fueron determinadas según lo recomienda Román et al., (2013).

El Manual de Compostaje del Agricultor de la FAO en su apartado de Técnicas de Compostaje proporciona las pautas para este proceso, al considerar el área disponible para realizar el compostaje, como factor limitante (Román et al., 2013a).

Para una adecuada generación de compost se necesita un volteo cada 15 días. La primera fase (inicio de la producción de compost) al ser de mayor importancia involucra un volteo a los 7 días. Luego de 7 días (día 15), ya en la segunda fase se necesita un nuevo volteo, los volteos siguientes se los realiza normalmente cada 15 días, con un total de 6 volteos en los 90 días de producción del compost, quedando distribuidos de la siguiente manera:

- **Fase Mesófila:** Dura 8 días aproximadamente (abarca hasta el día 8). Un volteo al día 7, con un total de 1 volteo en esta fase.
- **Fase Termófila:** Dura 30 días aproximadamente (abarca hasta el día 38). Un volteo al día 15 y un nuevo volteo al día 30, con un total de 2 volteos en esta fase.
- **Fase Mesófila II:** Dura 28 días aproximadamente (abarca hasta el día 66). Un volteo al día 45 y un nuevo volteo al día 60, con un total de 2 volteos en esta fase.
- **Fase de Maduración:** Dura 24 días aproximadamente (abarca hasta el día 90). Un volteo al día 75 y la obtención del compost al día 90, con un total de 1 volteo en esta fase.

Se debe tomar en cuenta la relación inicial y final de Carbono - Nitrógeno (C/N). Quedando establecida de la siguiente manera: En la primera fase de producción de compost (inicial) debe tener una relación C/N en el rango 30-35/1, es decir 30 o 35 partes de carbono por cada una de nitrógeno y en la etapa final se debe llegar a una relación C/N de 9-10/1 (normalmente un valor igual o menor a 10), es decir 9 o

10 partes de carbono por cada una de nitrógeno, obteniendo de esta manera un compost maduro y estabilizado. Esta disminución se da por el consumo de la carga orgánica (carbono) o descomposición. Los valores establecidos han sido tomados de referencias bibliográficas (Tortosa, 2015).

### 3.4.2.1 CÁLCULO Y DISEÑO DE LAS PILAS DE COMPOSTAJE

Román et al (2013) recomienda dimensionar las pilas, entre 1 y 1,6 metros de alto y ancho entre 2,5 y 3 metros al considerar que las pilas serán volteadas manualmente. En el diseño se manejó una altura de pila ( $h$ ) de 1,3 metros, un ancho ( $a$ ) de 2,75 metros y un largo ( $L$ ) de 14,5 metros, este último fue determinado a partir del volumen de una pila (valor obtenido de la división de la generación máxima diaria en una semana para el peso específico de los residuos). Lo cual permite calcular el largo ( $L$ ) de la pila según la Ecuación 14. En este caso, se utiliza una pirámide como figura aproximada a una pila.

$$L = \frac{V}{\frac{a \cdot h}{2}} \quad \text{Ecuación 14}$$

Para el diseño se dejó un área de contingencia del 15%, al considerar que el material puede rodar de la pila (por acción del viento, lluvia y factores externos), este espacio no puede ser ocupado en el volteo.

### 3.4.2.2 MATERIALES, MAQUINARIA, EQUIPOS Y PERSONAL DE TRABAJO PARA LA ELABORACIÓN DE LAS PILAS

Con el fin de una óptima producción de compost se procedió a escoger los materiales necesarios para elaborar las pilas, igualmente se determinó la maquinaria y equipos que permitan elaborar el compost.

#### **Materiales:**

- Restos de frutas
- Hojas secas
- Tallos de frutas

- Hortalizas y vegetales
- Agua

**Maquinaria y equipos:**

- Trituradora
- Horqueta/ Pala
- Tijeras de podar
- Manguera con aspersor
- Termómetro
- Tamices
- Papel de pH
- Rastrillos
- Carretillas
- Camión
- Baldes
- Balanza
- Equipos de protección personal
- Sacos
- Machete/ Cuchillo

**Personal de trabajo:**

Para determinar la cantidad de jornaleros necesarios para la producción de compost en la planta, se tomó como base al rendimiento de trabajo que tiene un jornalero, es decir la cantidad de material que puede voltear en un determinado tiempo (kg/hora) y a los tiempos muertos necesarios e innecesarios (tiempos que no son utilizados en el volteo manual, rango entre 10 y 20% de la jornada laboral). Dentro de los tiempos muertos necesarios se incluyen las labores adicionales que exige la planta como los análisis de laboratorio, control de pH, control de temperatura, control de humedad (prueba del puño), entre otros. Los tiempos muertos innecesarios abarcan las actividades de conversación, distracciones, etc

### **3.4.3 DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE**

Se recomienda utilizar el sistema de tratamiento por decantador primario cuando no exista alcantarillado convencional y se pretenda dar tratamiento mínimo a las aguas residuales (Muñoz & Aldás, 2017). Se omite el levantamiento topográfico en vista de la negativa del GIDSA para las visitas al Relleno Sanitario de Ambato, realizando el diseño a partir de un terreno llano, contemplado para la ubicación de la planta de compostaje, en cuestión.

El diseño del sistema del drenaje de la planta se lo separa en sanitario y pluvial con el objetivo de mitigar el impacto ambiental del proyecto al mínimo, evitando la mezcla de las aguas. El drenaje sanitario es usado para la generación de las aguas servidas procedentes de la administración, laboratorio y baños mientras el pluvial para la captación de las aguas lluvias del área contemplada para el proyecto, 7700 m<sup>2</sup>.

El drenaje sanitario contempla el diseño de un tanque séptico que cumple la función de un decantador primario, donde son depositados los sólidos en suspensión sedimentables, siguiendo los criterios de Muñoz & Aldás, 2017 se lo usa como unidad de tratamiento para el caso de alcantarillado de pequeño diámetro, además su mantenimiento resulta barato al necesitar de una limpieza cada 10 meses. El tanque se encuentra ubicado a 44,53 m del área administrativa para evitar emanación de olores.

El drenaje pluvial sigue las normas establecidas en el libro elementos de diseño para acueductos y alcantarillados del autor López, 1995. Está conformado por un conjunto de canales necesarios para evacuar la escorrentía superficial producida por la lluvia en los 7700 m<sup>2</sup>. Todo este sistema va ampliando su sección a medida que se incrementa el área de drenaje. Posteriormente, el caudal recogido por los canales de aguas lluvias es conducido hacia la quebrada Chasinato para entregar las aguas lluvias al cuerpo receptor.

### **3.4.3.1 DISEÑO DEL DRENAJE SANITARIO**

El Relleno Sanitario de Ambato es el sitio sugerido, para la construcción de la planta de compostaje, con ayuda de una vista satelital georreferenciada se tomó la totalidad de la superficie a ser ocupada, determinada en 7700 m<sup>2</sup> de área disponibles. Para el diseño del drenaje sanitario se implementa el diseño de un tanque séptico según las especificaciones de Muñoz & Aldás, 2017 en su libro “Sistemas de Depuración de Aguas Residuales” publicadas por EPN editorial.

### **3.4.3.2 DISEÑO DEL DRENAJE PLUVIAL**

El diseño del drenaje pluvial se basa en el método racional y además involucra el análisis dimensional del canal partiendo de la hipótesis de flujo uniforme, sin embargo, en la práctica se evidencian restricciones del proyecto como pendiente longitudinal del canal, así como pendiente del talud y el ancho máximo del canal. No obstante, se realiza el análisis dimensional según la ecuación de Manning y siguiendo las especificaciones de velocidades máximas y mínimas establecidas en el libro “Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes” (SENAGUA, 2000).

El área de drenaje delimitado contempla dos zonas; la primera es el área de producción del compost y la segunda corresponde a la zona no techada. El área de producción del compost es de 3225 m<sup>2</sup> y se encuentra cubierta en su totalidad por una aleación de aluminio y zinc, en contraste el área restante corresponde a 4475 m<sup>2</sup> de tierra apisonada conformada por el área de recepción de RSO, desechos, administrativas, parqueaderos y garita.

## **3.5 COMPILACIÓN DE ENCUESTAS**

### **3.5.1 ORGANIZACIÓN DE LA MUESTRA**

Las encuestas fueron dirigidas y aplicadas a los comerciantes catastrados del mercado, abarcando a todas las naves en estudio. Las encuestas fueron aleatorias

por lo que no se discriminó al comerciante, evitando selecciones por nivel cultural, económico o social.

### **3.5.2 EJECUCIÓN DE LAS ENCUESTAS**

Las encuestas se aplicaron el 1 de diciembre de 2019, en horario vespertino, ya que no existe gran presencia de compradores. Las encuestas constan de 12 preguntas. Con el fin de no tomarse mucho tiempo de los comerciantes, se utilizó un modelo propio, que fue elaborado para determinar los problemas en la gestión de los residuos sólidos del MMA. **VER ANEXO 3.**

Se llenaron 37 encuestas, teniendo diferentes respuestas según la nave, todas fueron dirigidas al estado de la limpieza, los residuos que generan los comerciantes y la idea de producir compost. Los encuestados mostraron buena predisposición para el llenado de las preguntas y conformidad con la propuesta de diseño de la planta para la elaboración del compost.

### **3.5.3 TRATAMIENTO DE DATOS**

Para procesar la información recolectada se utilizó una hoja de Excel, utilizando tablas de cálculos y clasificando las respuestas. El procesamiento de los datos y los respectivos resultados se presentan en el Capítulo 4 “Análisis de resultados”.

## **3.6 EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES**

Para la Evaluación de Impacto Ambiental, se inició con el levantamiento de línea base previamente desarrollado en el punto 3.1 “Zona de estudio” del presente capítulo y se procedió a identificar y valorar los impactos notables que causa la generación de residuos sólidos en el Mercado Mayorista de Ambato, utilizando el método de la Matriz de Leopold.

Con el propósito de evaluar los impactos relacionados con el estado del mercado y el diseño de la planta de compostaje se realizó dos diferentes matrices.

### 3.6.1 MATRIZ DE LEOPOLD

1. En la identificación de impactos para el mercado se realizó visitas in situ, desde el 08 de diciembre del 2019 al 15 de diciembre del 2019, desde las 3h00 (hora en la cual los camiones realizan el arribo al mercado los días de feria) hasta las 18h00 evidenciando impactos ambientales vinculados al desarrollo de la actividad comercial del Mercado Mayorista, de los cuales se procedió a tomar diferentes fotografías presentadas a continuación en la Figuras 18,19 y 20, entre otras encontradas.

**Figura 18. Lixiviados bajo los contenedores**



**Fuente:** Investigación propia.

**Realizado por:** Beltrán Fabián, Pérez Paúl, 2019.

**Figura 19. No utilización de servicios higiénicos.**



**Fuente:** Investigación propia.

**Realizado por:** Beltrán Fabián, Pérez Paúl, 2019.

**Figura 20. Deficiente conservación de productos.**



**Fuente:** Investigación propia.

**Realizado por:** Beltrán Fabián, Pérez Paúl, 2019.

2. En la identificación de impactos para el diseño, se analizó las actividades relacionadas a la construcción, operación y mantenimiento.
3. En la evaluación de los impactos se realizó la Tabla 9 y Tabla 10 en donde se presentan los factores ambientales identificados en el MMA y en el diseño de la planta de compostaje.

**Tabla 9. Factores ambientales identificados en el MMA.**

<b>Medio</b>	<b>Componente</b>	<b>Impacto</b>
FÍSICO	SUELO	Residuos Sólidos Orgánicos
		Residuos Sólidos Inorgánicos
		Drenaje
	AGUA	Calidad de agua superficial
		Lixiviados
	AIRE	Malos Olores
		Ruido

BIÓTICO	FAUNA	Vectores
ANTRÓPICO	SERVICIOS ECOSISTÉMICOS/ CULTURALES	Impacto visual
		Alteración del paisaje
	ECONÓMICO	Generación de empleo
		Reciclaje
		Tránsito comercial
		Tránsito vehicular
	SALUD	Higiene y salubridad
		Salud pública

**Fuente:** Investigación propia

**Realizado por:** Beltrán Fabián, Pérez Paúl, 2019.

**Tabla 10. Factores ambientales en el diseño de la planta.**

Medio	Componente	Impacto
FÍSICO	SUELO	Residuos Sólidos Orgánicos
		Residuos Sólidos Inorgánicos
		Geomorfología
		Drenaje
		Compactación del suelo
	AGUA	Calidad de agua superficial
	AIRE	Malos Olores
		Ruido
Concentración de gases		
BIÓTICO	FAUNA	Vectores
ANTRÓPICO	SERVICIOS ECOSISTÉMICOS/ CULTURALES	Impacto visual
		Alteración del paisaje
	ECONÓMICO	Generación de empleo
		Tránsito vehicular

		Mayor inversión del estado y las autoridades
	SALUD	Higiene y salubridad
		Salud pública

**Fuente:** Investigación propia

**Realizado por:** Beltrán Fabián, Pérez Paúl, 2019.

4. Se halló las relaciones posibles con interacciones reales entre filas y columnas y se procedió a dividir con una línea diagonal la celda, para colocar el valor de magnitud en la parte superior izquierda y la importancia en la inferior derecha.
5. Se determinó la calificación respectiva de magnitud (afectación del impacto), precedido con su respectivo signo y la importancia (influencia o grado de incidencia), tomando en cuenta la Tabla 11 y Tabla 12:

**Tabla 11. Calificación de magnitud del impacto ambiental.**

Magnitud		
Intensidad	Afectación	Calificación
Baja	Baja	1
Baja	Media	2
Baja	Alta	3
Media	Baja	4
Media	Media	5
Media	Alta	6
Alta	Baja	7
Alta	Media	8
Alta	Alta	9
Muy alta	Muy alta	10

**Fuente:** Universidad Nacional de Cajamarca

**Realizado por:** Beltrán Fabián, Pérez Paúl, 2019.

**Tabla 12. Calificación de importancia del impacto ambiental.**

Importancia		
Duración	Influencia	Calificación
Temporal	Puntual	1
Media	Puntual	2
Permanente	Puntual	3
Temporal	Local	4
Media	Local	5
Permanente	Local	6
Temporal	Regional	7
Media	Regional	8
Permanente	Regional	9
Muy alta	Nacional	10

**Fuente:** Investigación propia

**Realizado por:** Beltrán Fabián, Pérez Paúl, 2019.

6. Una vez completadas todas las calificaciones de las celdas se realizó la valoración de los impactos ambientales según la Tabla 13 (Brito et al., 2016).

**Tabla 13. Calificación de impactos ambientales.**

Número	Nivel	Rango	Color
1	Compatible	<25	
2	Moderado	26-50	
3	Severo	51-75	
4	Crítico	>75	

**Fuente:** Brito, 2016

**Realizado por:** Beltrán Fabián, Pérez Paúl, 2019.

### 3.7 PLAN DE MEJORAS

Plantea mejoras en los aspectos deficientes del MMA, mediante propuestas para mejorar el funcionamiento en la limpieza del mercado y el almacenamiento de los

residuos sólidos, con el fin de tener un almacenamiento diferenciado y facilitar la recolección de los RSO que se utilizarán para el compostaje.

## **CAPÍTULO IV**

### **ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

#### **4.1 ENTREVISTA AL PERSONAL ADMINISTRATIVO**

Por medio de una entrevista con el Ing. Luis Yansaguano Gerente del Mercado Mayorista de Ambato, se obtuvo el número de comerciantes catastrados por cada nave.

Sobre el manejo de RSO, el Gerente manifestó que se producen alrededor de 9 a 12 toneladas de residuos sólidos en los días de feria lunes, miércoles, jueves, viernes, domingo y en menor cantidad en los martes y sábado.

Actualmente el MMA es el centro de expendio más grande del país ofertando productos procedentes de 3 regiones del país y no cuenta con un correcto aprovechamiento de los RSO por lo que son destinados al relleno sanitario.

#### **4.2 PLAN DE MUESTREO**

##### **4.2.1 DETERMINACIÓN DE LA MUESTRA DE CONTENEDORES**

El presente análisis se enfoca en los 28 contenedores que contienen residuos sólidos orgánicos en el Mercado Mayorista de Ambato. Se utilizó la Ecuación 1 para obtener la muestra representativa de contenedores para la caracterización.

$$n = \frac{(1,96)^2 * 28 * (0,25)^2}{(28 - 1) * (0,086)^2 + (1,96)^2 * (0,25)^2}$$

$$n = 15,29 \sim 16$$

La guía de CEPIS (2014) recomienda adicionar un valor del 10% a 20% al número de muestra calculado, por lo que se incrementó un porcentaje de 15% a la muestra

de contenedores obtenida, alcanzando un resultado de 18 contenedores con ayuda de la Ecuación 2.

$$n_T = 15,29 + (0,15 * 15,29) = 15,29 + 2,29 = 17,58 \sim 18$$

En la Tabla 14, se encuentra la cantidad de contenedores muestreados por nave

**Tabla 14. Número de contenedores muestreados por nave**

<b>Nave</b>	<b># de contenedor</b>
A	1
B	1
C	1
D	1
F	1
G	1
H	1
K	1
L	1
M	1
N	1
O	3
P	2
Q	1
R	1
<b>TOTAL</b>	<b>18</b>

**Fuente:** Trabajo de campo

**Realizado por:** Beltrán Fabián, Pérez Paúl, 2019.

Se determinó la cantidad de contenedores a muestrear según la Tabla 14. Muestreando mayor cantidad de contenedores en las Naves O y P, ya que se expenden en grandes cantidades hortalizas (O) y fruta proveniente de la Costa (P), estas naves son las de mayor generación de RSO, ya que desechan las partes no

comestibles de los productos o aquellos que están en descomposición, siendo los contenedores que la mayoría de tiempo tienen una muestra significativa. El esquema del Mercado Mayorista con los sitios de muestreo (contenedores) se encuentra en la Figura 6, mientras que las coordenadas en el **ANEXO 1**.

#### **4.2.2 VOLUMEN DE LOS CONTENEDORES**

El Mercado Mayorista de Ambato utiliza 2 tipos de contenedores metálicos propios de diferentes dimensiones. El contenedor pequeño, tiene dimensiones; 1,28 m de ancho, 1,80 m de largo y 1,24 m de alto; mientras que el contenedor grande, tiene dimensiones: 1,70 m de ancho, 1,80 m de largo y 1,65 m de alto. Los contenedores tienen una forma geométrica irregular, por lo que se dividió al contenedor en dos figuras geométricas siendo un paralelepípedo y una pirámide de base cuadrangular. Para el cálculo del volumen (capacidad) de ambos contenedores se utilizó las Ecuaciones 3 y 4.

$$V \text{ Paralelepípedo} = 1,70 * 1,80 * 1,40$$

$$V \text{ Paralelepípedo} = 4,28 \text{ m}^3$$

$$V \text{ Pirámide de base cuadrangular} = \frac{1}{3} * 1,70 * 1,80 * 0,25$$

$$V \text{ Pirámide de base cuadrangular} = 0,26 \text{ m}^3$$

$$Volumen \text{ total contenedor grande} = 4,28 \text{ m}^3 + 0,26 \text{ m}^3$$

$$Volumen \text{ total contenedor grande} = 4,54 \text{ m}^3$$

Los resultados obtenidos son: para el contenedor pequeño la capacidad de 2,58 m<sup>3</sup> y para el contenedor grande 4,54m<sup>3</sup>.

#### **4.2.3 CAPACIDAD DE COMPOSTAJE DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS**

Previo a la caracterización de los RS se analizó la capacidad de compostaje que poseen los RSO del Mercado Mayorista. Para lo cual se tomó una porción de los

residuos sólidos orgánicos generados en las diferentes naves, los cuales fueron triturados obteniendo una muestra representativa para el análisis de sólidos totales y sólidos volátiles.

Los análisis de sólidos iniciaron tarando los crisoles durante 2 horas en la estufa, a una temperatura de 120 °C y enfriándolos en el desecador, repitiendo el proceso hasta determinar un peso constante, se tomó un crisol con peso de 45,42 g (crisol vacío). Los sólidos totales fueron determinados sometiendo una muestra de 20 gramos de RSO triturados (65,42 g peso con crisol) a la estufa a 103 – 105 °C durante 12 horas y enfriándola en el desecador, obteniendo un peso de 47,14 g. Para la obtención del porcentaje de sólidos totales se aplicó la Ecuación 5.

$$\% ST = \frac{47,14 - 45,42}{65,42 - 45,42} * 100 = 8,6\%$$

Los sólidos volátiles se determinaron sometiendo la misma muestra anterior a la mufla a 550 – 600 °C durante 1 hora y enfriándola en el desecador, obteniendo un peso de 46,10 g. Para la obtención del porcentaje de sólidos volátiles se aplicó la Ecuación 6.

$$\% SV = \frac{47,14 - 46,10}{65,42 - 45,42} * 100 = 5,2\%$$

Finalmente, por medio de la Ecuación 7 (relación de SV/ST) se determinó la capacidad de compostaje de los RSO del mercado.

$$CCOM = \frac{5,2}{8,6} = 0,605$$

La capacidad de compostaje de los RSO del MMA indica una relación de SV/ST de 0,605, la cual es mayor al valor referencial de 0,6. Esto indica una alta relación entre los sólidos volátiles y los sólidos totales, por lo que el material es suficiente para la producción de compost.

### 4.3 CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS

#### 4.3.1 CANTIDAD DE RESIDUOS SÓLIDOS

La generación diaria de RS depositados en los contenedores se reporta en la Tabla 15. Se muestreo los 18 contenedores por 7 días que dura la caracterización, obteniendo el peso diario de los residuos de cada nave, en el caso de las Naves O y P donde se muestreo 3 y 2 contenedores respectivamente, se obtuvo un solo valor promedio para cada día que se muestreo. Para obtener el peso de los residuos de los 28 contenedores en estudio, se procedió a multiplicar el valor promedio obtenido de los 7 días de caracterización por el número total de contenedores que tiene cada nave. Ver ANEXO 4 y ANEXO 5.

**Tabla 15. Resultados de la caracterización de RS generados**

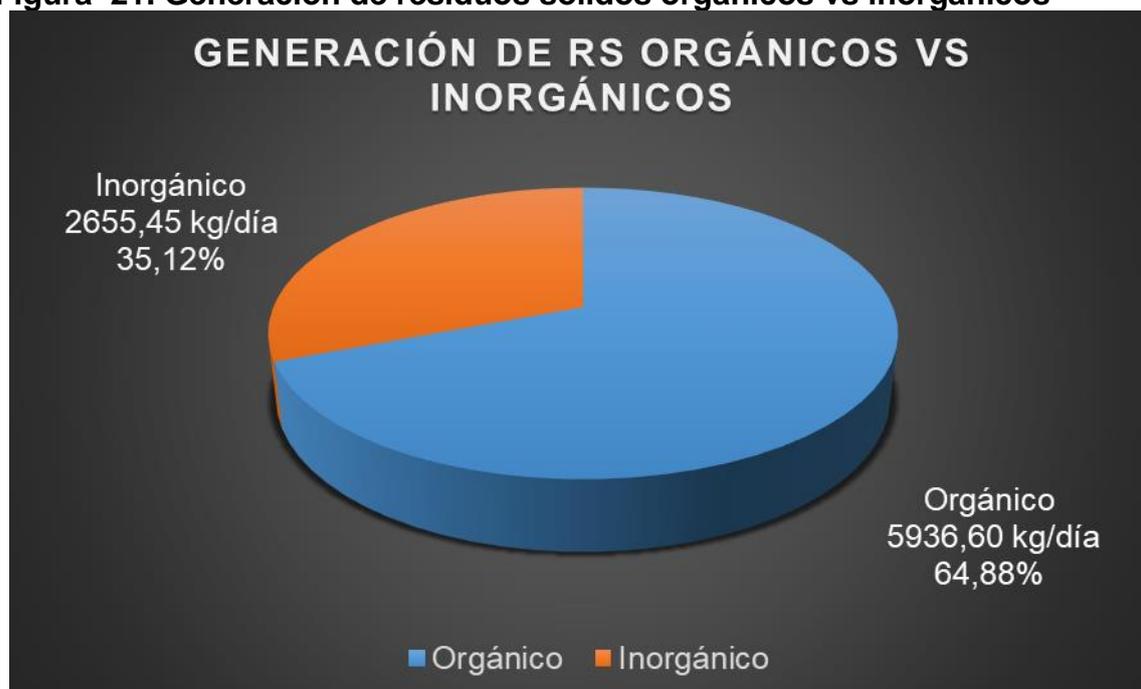
Nave	# cont.	Peso (kg/día)	% genera	Peso orgán (kg/día)	Peso inorgán (kg/día)	% orgán	% inorgán	% utilizable
A	1	232,78	2,71	129,23	103,55	55,52	44,48	2,18
B	1	617,21	7,18	270,78	346,43	43,87	56,13	4,56
C	1	313,04	3,64	95,46	217,58	30,49	69,51	1,61
D	2	308,95	3,60	271,13	37,82	87,76	12,24	4,57
F	1	307,69	3,58	187,53	120,16	60,95	39,05	3,16
G	1	312,20	3,63	221,94	90,26	71,09	28,91	3,74
H	3	618,70	7,20	303,19	315,51	49,00	51,00	5,11
K	1	310,98	3,62	204,51	106,47	65,76	34,24	3,44
L	1	925,24	10,77	655,79	269,45	70,88	29,12	11,05
M	1	615,70	7,17	406,48	209,22	66,02	33,98	6,85
N	3	618,22	7,20	355,88	262,34	57,57	42,43	5,99
O	6	1537,13	17,89	1357,37	179,76	88,31	11,69	22,86
P	4	937,93	10,92	752,40	185,54	80,22	19,78	12,67
Q	1	316,85	3,69	186,83	130,03	58,96	41,04	3,15
R	1	619,42	7,21	538,08	81,34	86,87	13,13	9,06
<b>TOT</b>	<b>28</b>	<b>8592,05</b>	<b>100,00</b>	<b>5936,60</b>	<b>2655,45</b>	<b>64,88</b>	<b>35,12</b>	<b>100,00</b>

Fuente: Trabajo de campo

Realizado por: Beltrán Fabián, Pérez Paúl, 2019.

En el Mercado Mayorista de Ambato se genera diariamente 8592,05 kg de residuos sólidos, los cuales abarcan la generación total de los 28 contenedores en estudio. Siendo la Nave O la de mayor producción con 1537,13 kg/día y la Nave A la de menor producción con 232,78 kg/día. Los resultados totales son las sumatorias de los valores correspondientes a cada columna, a excepción de los valores que se encuentran en amarillo los cuales son un promedio de las respectivas columnas. Para la obtención del porcentaje utilizable (% utilizable) se procedió a dividir el valor del peso de los residuos sólidos orgánicos que se generan en cada nave para el peso total de residuos sólidos orgánicos del MMA (5936,60 kg/día), este resultado multiplicado por cien, obteniendo los porcentajes utilizables. Gráficamente se evidencia los resultados de la Tabla 15 en las Figuras 21 y 22.

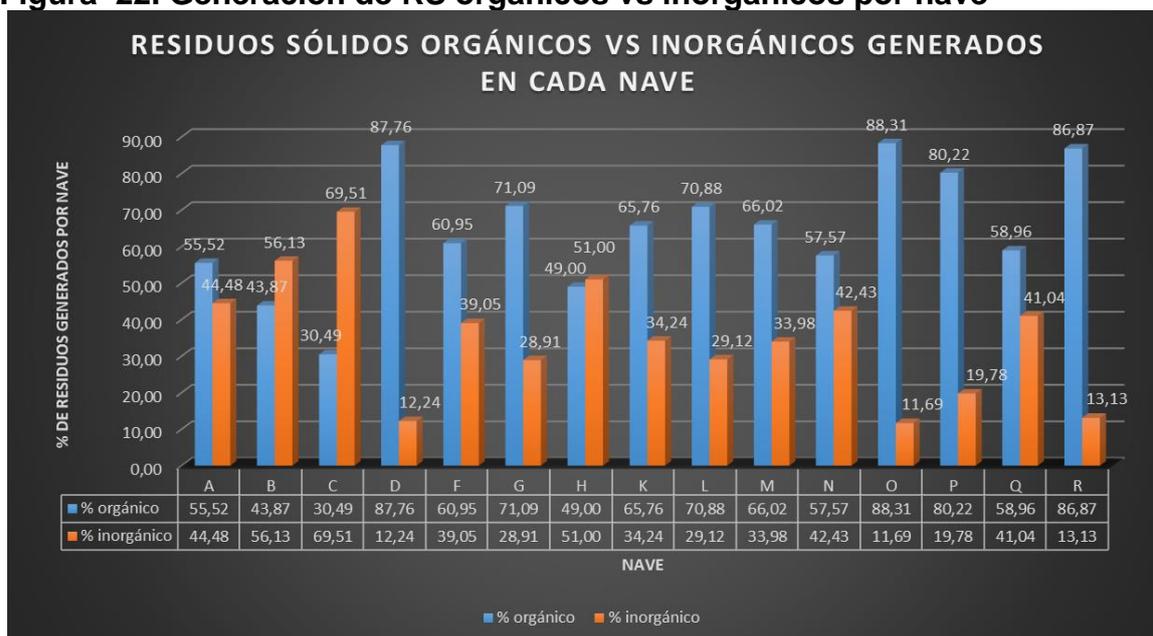
**Figura 21. Generación de residuos sólidos orgánicos vs inorgánicos**



**Fuente:** Investigación propia

**Realizado por:** Beltrán Fabián, Pérez Paúl, 2019.

**Figura 22. Generación de RS orgánicos vs inorgánicos por nave**



**Fuente:** Investigación propia

**Realizado por:** Beltrán Fabián, Pérez Paúl, 2019.

#### 4.3.1.1 TASA DE GENERACIÓN PER CÁPITA DE RESIDUOS SÓLIDOS (GPC)

Para la obtención de la tasa de generación per cápita de los RS se utilizó la Ecuación 8. La cual divide la producción diaria de RS (8592,05 kg/día) para la población total del MMA (10531 hab.). Obteniendo el siguiente resultado:

$$GPC = \frac{8592,05 \text{ (kg/día)}}{10531 \text{ (hab)}}$$

$$GPC = 0,816 \frac{\text{kg}}{\text{hab} \cdot \text{día}}$$

Sin embargo, en base a la “Consultoría para la realización de un estudio de caracterización de Residuos Sólidos Urbanos Domésticos para el Distrito Metropolitano de Quito” se tiene una tasa de 0,117 kg/hab\*día en mercados (Castillo, 2012), el valor obtenido para el MMA es de 0,816 kg/hab\*día, el cual excede la generación de RS en mercados. Esto se debe principalmente a la diferencia de la metodología aplicada, el análisis en mercados de Quito involucra la producción per cápita total como la suma de diferentes producciones per cápita

según el tipo de generador, mientras en el presente estudio se determinó únicamente la producción per cápita del mercado analizándose el total de la producción de RS diaria, con respecto a la población total presente en el mercado, utilizando los datos censales actualizados por la EP-EMA. A esto se suma la falta de estudios de tasas de generación per cápita en mercados de Ambato.

#### **4.3.1.2 TASA DE GENERACIÓN PER CÁPITA DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS (GPCO)**

Para la obtención de la tasa de generación per cápita de los RSO se utilizó nuevamente la Ecuación 8. La cual divide la producción diaria de RSO (5936,60 kg/día) para la población total del Mercado Mayorista de Ambato (10531 hab.). Obteniendo el siguiente resultado:

$$GPCO = \frac{5936,60 \text{ (kg/día)}}{10531 \text{ (hab)}}$$

$$GPCO = 0,564 \frac{\text{kg}}{\text{hab*día}}$$

Se obtuvo un valor de 0,564 kg/hab\*día, el cual se debe principalmente por la población flotante del Mercado.

#### **4.3.1.3 CANTIDAD DE RESIDUOS SÓLIDOS FUTURA**

Para el cálculo de la cantidad de RS para un período de cinco años de vida útil del proyecto, en primera instancia se determinó la población futura, utilizando la Ecuación 9, para posterior multiplicar la generación per cápita de RS por la población futura calculada, como lo indica la Ecuación 10.

$$P_F = 10531 \text{ hab} * (1 + 0,0195)^5$$

$$P_F = 11598,605 \text{ hab} = 11599 \text{ hab}$$

El valor utilizado para la tasa de crecimiento intercensal (*i*) fue determinado en función de datos estadísticos de censos poblacionales existentes. Siendo el valor

1,95% (0,0195) tomado en base al artículo “País atrevido: La nueva cara sociodemográfica del Ecuador” (Villacís & Carillo, 2012).

$$GR = 0,816 \frac{kg}{hab * día} * 11599 hab$$

$$GR = 9464,78 \frac{kg}{día}$$

Se obtuvo un valor de generación futura de RS (en 5 años) de 9464,78 kg/día.

#### 4.3.1.4 CANTIDAD DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS FUTURA

Para calcular la cantidad de RSO para un período de cinco años de vida útil del proyecto, se multiplicó la generación per cápita de RSO (GPCO) por la población futura calculada, como lo indica la Ecuación 10.

$$GR = 0,564 \frac{kg}{hab * día} * 11599 hab$$

$$GR = 6541,84 \frac{kg}{día}$$

Se obtuvo un valor de generación futura de residuos sólidos orgánicos (en 5 años) de 6541,84 kg/día. Este valor sirve para calcular el tiempo en el que se llenarán las pilas de compostaje en los 5 años de funcionamiento.

#### 4.3.1.5 PESO ESPECÍFICO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS (PE)

El peso específico de los RS se calculó para cada nave con las Ecuaciones 11 y 12. Se realizó cálculos individuales ya que cada nave genera residuos sólidos distintos como lo indica la Tabla 3. Como ejemplo de cálculo se determinó el peso específico de los residuos sólidos de la Nave D.

$$W_{Nave D} = 6 kg - 1,2 kg$$

$$W_{Nave D} = 4,8 kg$$

$$PE_{Nave D} = \frac{4,8 \text{ kg}}{0,019 \text{ m}^3}$$

$$PE_{Nave D} = 252,63 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

En la Tabla 16 se encuentran los pesos específicos de los residuos para los contenedores de cada nave.

**Tabla 16. Peso específico de los residuos sólidos del Mercado Mayorista**

Nave	# cont. Totales	Peso recipiente vacío (W1) (kg)	Peso recipiente lleno (W2) (kg)	Peso neto RS (W) (kg)	Volumen recipiente (m <sup>3</sup> )	Peso Específico (kg/m <sup>3</sup> )
A	1	1,2	5,12	3,92	0,019	206,32
B	1	1,2	6,5	5,3	0,019	278,95
C	1	1,2	6,24	5,04	0,019	265,26
D	2	1,2	6	4,8	0,019	252,63
F	1	1,2	6,87	5,67	0,019	298,42
G	1	1,2	6,53	5,33	0,019	280,53
H	3	1,2	6,75	5,55	0,019	292,11
K	1	1,2	6,51	5,31	0,019	279,47
L	1	1,2	6,19	4,99	0,019	262,63
M	1	1,2	6,11	4,91	0,019	258,42
N	3	1,2	6,23	5,03	0,019	264,74
O	6	1,2	6,48	5,28	0,019	277,89
P	4	1,2	6,72	5,52	0,019	290,53
Q	1	1,2	6,76	5,56	0,019	292,63
R	1	1,2	5,21	4,01	0,019	211,05
<b>TOTAL</b>	<b>28</b>					<b>267,44</b>

**Fuente:** Trabajo de campo

**Realizado por:** Beltrán Fabián, Pérez Paúl, 2019.

$$PE = 267,44 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Tomando en cuenta la Tabla 16, se calculó el peso específico de los RS generados en el MMA es 267,44 kg/m<sup>3</sup> como el promedio de los valores de las quince naves generadoras de residuos.

El peso específico de los RS generados en el MMA es 267,44 kg/m<sup>3</sup> se encuentra cercano al valor de 206,25 kg/m<sup>3</sup>, determinado en el Estudio de Desechos Sólidos realizado por la dirección comercial del MMA (EP-EMA, 2012).

El peso específico de RS determinado por la dirección comercial del MMA en el mes de marzo de 2012, es menor al peso específico de RS calculado en el presente estudio. Esto debido a que en noviembre (mes de la caracterización) se dan festividades como el día de los Difuntos y la Independencia de Ambato, mismos que generan mayor demanda de productos agrícolas, encontrándose distinta composición de residuos sólidos en los contenedores.

#### **4.3.1.6 DETERMINACIÓN DE LA CANTIDAD DE RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS GENERADOS**

La generación diaria de los RSO depositados en los contenedores se reporta en la Tabla 17. Una vez determinada la cantidad de residuos sólidos totales (inorgánicos y orgánicos) se separó solo los RSO de los 18 contenedores, se repitió el proceso por 7 días que duró la caracterización, obteniendo el peso diario de los RSO para cada nave, en el caso de las Naves O y P donde se muestreo 3 y 2 contenedores respectivamente, se obtuvo un solo valor promedio para cada día que se muestreo. Para obtener el peso de los RSO de los 28 contenedores en estudio, se procedió a multiplicar el valor promedio obtenido de los 7 días de caracterización por el número total de contenedores que tiene cada nave. **Ver ANEXO 5**

**Tabla 17. Cantidad de residuos sólidos orgánicos generados**

<b>Nave</b>	<b># cont. muestreados</b>	<b>Promedio (kg/día)</b>	<b># cont. Totales</b>	<b>Producción total (kg/día)</b>
A	1	129,23	1	<b>129,23</b>
B	1	270,78	1	<b>270,78</b>
C	1	95,46	1	<b>95,46</b>

D	1	135,56	2	<b>271,13</b>
F	1	187,53	1	<b>187,53</b>
G	1	221,94	1	<b>221,94</b>
H	1	101,06	3	<b>303,19</b>
K	1	204,51	1	<b>204,51</b>
L	1	655,79	1	<b>655,79</b>
M	1	406,48	1	<b>406,48</b>
N	1	118,63	3	<b>355,88</b>
O	3	226,23	6	<b>1357,37</b>
P	2	188,10	4	<b>752,40</b>
Q	1	186,83	1	<b>186,83</b>
R	1	538,08	1	<b>538,08</b>
<b>TOTAL</b>	<b>18</b>	<b>3666,21</b>	<b>28</b>	<b>5936,60</b>

**Fuente:** Trabajo de campo

**Realizado por:** Beltrán Fabián, Pérez Paúl, 2019.

En el Mercado Mayorista de Ambato se generan 5936,60 kg/día de RSO, los cuales abarcan la generación en los 28 contenedores en estudio. La nave O, la cual se dedica al expendio de hortalizas es la de mayor generación con 1357,37 kg/día, esto ya que el MMA comercializa al por mayor una gran cantidad de hortalizas, las cuales generan residuos al desechar las partes no comestibles (hojas, tallos) o las hortalizas en estado de putrefacción. Esta información es validada en conjunto con la Tabla 20, misma que indica la composición individual de los RSO del MMA y evidencia que los componentes considerados “hortalizas” (cebolla, tomate, etc.) abarcan un porcentaje mayor al 25% de RSO. La generación en kg/día para cada nave se encuentra en la Figura 23.

**Figura 23. Generación de RSO por nave**



**Fuente:** Investigación propia

**Realizado por:** Beltrán Fabián, Pérez Paúl, 2019.

#### 4.3.2 COMPOSICIÓN GENERAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS

Para la obtención de la composición general de los RS de cada nave se trabajó 7 días, utilizando el método de cuarteo en los 18 contenedores a muestrear. Se manejó montículos de 50 kg o menos para cada nave, los cuales fueron clasificados y posteriormente pesados, esto permitió determinar la composición aproximada de los RS en el Mercado Mayorista de Ambato. **Ver ANEXO 6.** La clasificación se dividió en:

- a) Papel
- b) Cartón
- c) Madera
- d) Materia Orgánica
- e) Plásticos
- f) Residuos inertes
- g) Extras (Metales, vidrio, caucho, cuero, sogas y lonas)

En el caso de las naves O y P que tienen más de un contenedor a muestrear, se sacó un valor promedio diario para los contenedores. Para el cálculo de la composición porcentual se utilizó la Ecuación 13. Se tomó como ejemplo de cálculo el valor porcentual de plástico que hay en los residuos sólidos. Para lo que se procedió a dividir el peso total del plástico que hay en los contenedores muestreados para el peso total de los montículos muestreados (689,14 kg/día), como se detalla a continuación:

$$\text{Porcentaje plástico (\%)} = \frac{75,12 \text{ kg/día}}{689,14 \text{ kg/día}} * 100$$

$$\text{Porcentaje plástico (\%)} = 10,90\%$$

Los resultados generales de la composición en porcentaje se observan en la Tabla 18.

**Tabla 18. Composición general de los RS generados en el MMA (kg/día)**

Nave	# cont	Peso	Papel	Cartón	Madera	MO	Plást	RI	Extra
A	1	42,25	3,97	3,22	0,51	28,07	4,62	0,55	1,31
B	1	49,50	4,97	3,80	0,58	32,70	5,44	0,66	1,36
C	1	45,19	4,39	3,46	0,54	29,51	4,84	0,59	1,86
D	1	35,41	3,21	2,68	0,44	23,30	3,83	0,49	1,46
F	1	44,18	3,99	3,33	0,54	28,86	4,82	0,55	2,09
G	1	45,18	3,97	3,45	0,54	29,61	4,93	0,57	2,11
H	1	43,15	3,91	3,29	0,53	28,38	4,71	0,55	1,79
K	1	46,08	3,82	3,50	0,54	30,18	4,98	0,60	2,47
L	1	49,28	4,80	3,74	0,56	32,38	5,38	0,62	1,80
M	1	48,76	4,84	3,75	0,59	31,94	5,31	0,67	1,67
N	1	44,18	4,16	3,28	0,55	28,93	4,82	0,56	1,89
O	3	49,92	4,64	3,77	0,62	32,73	5,43	0,67	2,06
P	2	49,85	4,37	3,75	0,60	32,63	5,46	0,61	2,42
Q	1	46,68	4,13	3,55	0,55	30,61	5,16	0,62	2,06
R	1	49,53	4,78	3,72	0,59	32,44	5,39	0,58	2,02
<b>TOT</b>	<b>18</b>	<b>689,14</b>	<b>63,94</b>	<b>52,28</b>	<b>8,28</b>	<b>452,26</b>	<b>75,12</b>	<b>8,88</b>	<b>28,37</b>
<b>%</b>	<b>-</b>	<b>100,00</b>	<b>9,28</b>	<b>7,59</b>	<b>1,20</b>	<b>65,63</b>	<b>10,90</b>	<b>1,29</b>	<b>4,12</b>

**Fuente:** Trabajo de campo

**Realizado por:** Beltrán Fabián, Pérez Paúl, 2019.

La mayor parte de los RS que se generan en el Mercado Mayorista de Ambato son de origen orgánico con un porcentaje de 65,63%, seguido por el plástico con el 10,90%. Al ser un mercado donde se expenden productos alimenticios los resultados tienen coherencia al tener una gran generación de RSO. Estadísticamente se evidencia la composición general de los RS en la Figura 24

**Figura 24. Composición general de los residuos sólidos**



**Fuente:** Investigación propia

**Realizado por:** Beltrán Fabián, Pérez Paúl, 2019.

#### 4.3.2.1 COMPOSICIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS

Se almacenó diariamente los residuos sólidos orgánicos del cuarteo de las diferentes naves. El séptimo día para cada nave se mezcló los residuos almacenados a lo largo de la semana, de estos se tomaron muestras iguales al promedio de generación diaria, como lo indica la Tabla 19. Se unió las muestras de residuos sólidos orgánicos de cada nave obteniendo un solo montículo de 452,26 kg, el cual contenía los residuos orgánicos generados a lo largo de los 7 días en todas las naves.

Posteriormente, se realizó una separación en montículos de la parte orgánica según el tipo (Tabla 8). Se pesó cada montículo para determinar la composición individual aproximada de la fracción orgánica en el mercado. En la Tabla 20 se encuentran los resultados de la composición de los residuos sólidos orgánicos del MMA.

**Tabla 19. Promedio de producción de materia orgánica para los 7 días**

<b>Nave</b>	<b>Promedio Materia Orgánica (kg/día)</b>
A	28,07
B	32,70
C	29,51
D	23,30
F	28,86
G	29,61
H	28,38
K	30,18
L	32,38
M	31,94
N	28,93
O	32,73
P	32,63
Q	30,61
R	32,44
<b>TOTAL</b>	<b>452,26</b>

**Fuente:** Trabajo de campo, tomado de la Tabla 18 (Materia orgánica).

**Realizado por:** Beltrán Fabián, Pérez Paúl, 2019.

**Tabla 20. Composición de los RSO del MMA**

	<b>Contenedores muestreados</b>	<b>Materia orgánica (kg/día)</b>	<b>Porcentaje</b>
<b>Tipo</b>	18	<b>452,26</b>	%
Hierbas	117,63		26,01
Choclo	6,96		1,54
Cebolla roja	32,56		7,20
Cebolla blanca	39,80		8,80
Hierbas medicinales	18,50		4,09
Ajo	2,13		0,47

Pepinillo	1,13	0,25
Coco	0,45	0,10
Limón	2,71	0,60
Col blanca	17,28	3,82
Pimiento	10,31	2,28
Fréjol	8,10	1,79
Alverja	7,37	1,63
Plátano	40,70	9,00
Huevos	2,76	0,61
Meloco	0,45	0,10
Papas	1,58	0,35
Tomate de árbol	1,49	0,33
Tomate riñón	0,68	0,15
Maracuyá	0,95	0,21
Perejil	3,66	0,81
Culantro	1,58	0,35
Apio	2,26	0,50
Sandía	1,45	0,32
Piña	22,66	5,01
Mandarina	6,20	1,37
Grosellas	0,59	0,13
Lechuga	11,76	2,60
Albahaca	8,68	1,92
Remolacha	12,35	2,73
Brócoli	4,16	0,92
Rábano	1,72	0,38
Col morada	1,49	0,33
Acelga	6,42	1,42
Uvilla	0,32	0,07
Haba	11,22	2,48
Toronja	4,61	1,02
Naranja	8,10	1,79
Naranjilla	0,27	0,06
Mango	0,27	0,06
Otros	28,94	6,40
<b>SUMA</b>	<b>452,26</b>	<b>100</b>

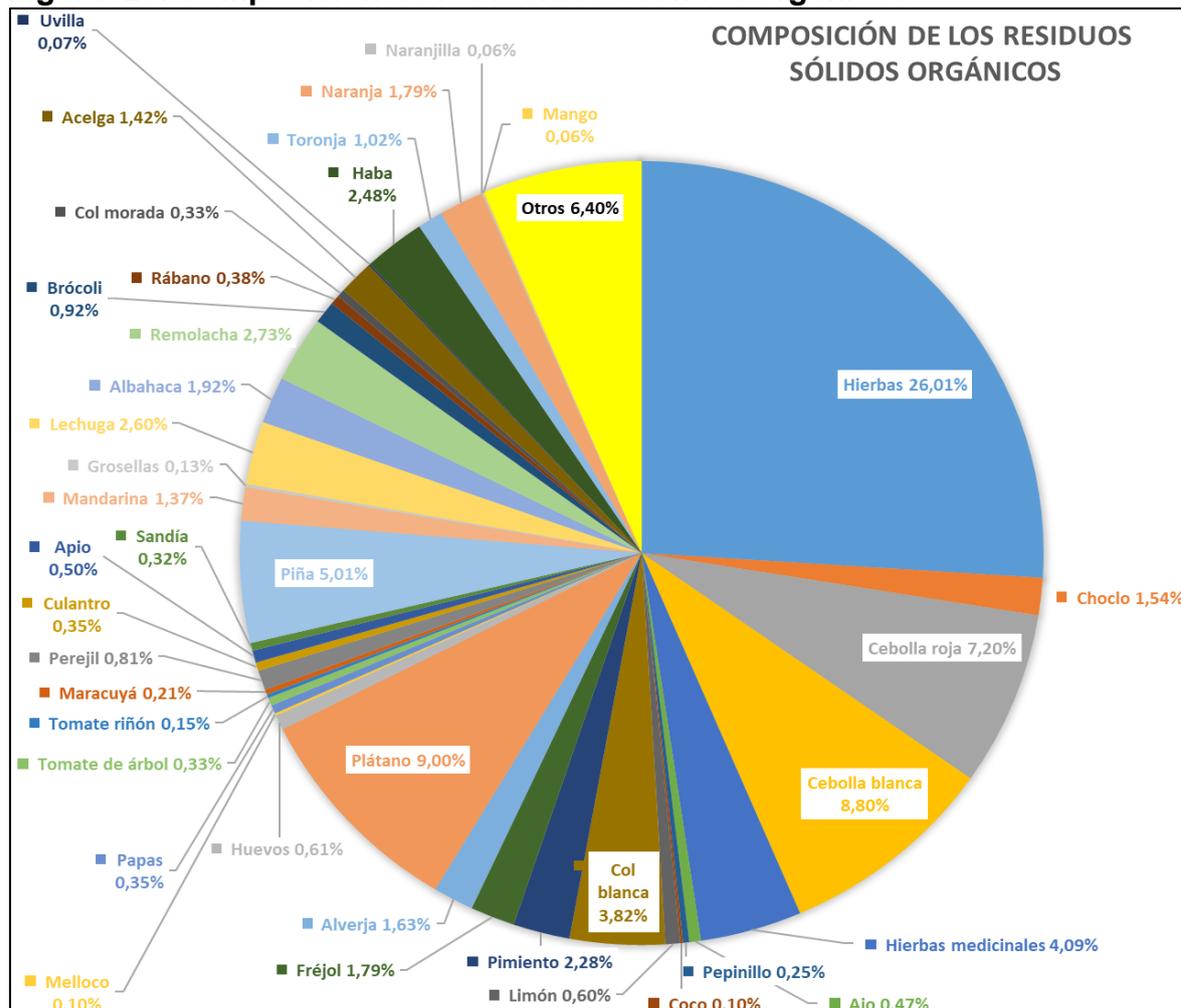
Fuente: Trabajo de campo

Realizado por: Beltrán Fabián, Pérez Paúl, 2019.

Se determinó que las hierbas se encuentran en mayor cantidad entre los RSO del Mercado Mayorista con un 26,01%, por lo que también será el residuo más utilizado

en las pilas de compostaje. Este residuo se encuentra en todos los contenedores en diferente proporción, lo que la hace fácil de determinar visualmente. Gráficamente se evidencia la composición de los RSO en la Figura 25.

**Figura 25. Composición de los residuos sólidos orgánicos**



**Fuente:** Investigación propia

**Realizado por:** Beltrán Fabián, Pérez Paúl, 2019.

#### 4.3.2.2 TAMAÑO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS QUE NECESITAN SER TRITURADOS

Fue necesario determinar el tamaño promedio de los residuos orgánicos que forman parte de la clasificación "otros", ya que, al ser troncos, hojas y tallos, por su tamaño no se descomponen rápidamente, lo que aumenta el tiempo de producción

de compost. Estos residuos orgánicos necesitan ser triturados antes de formar parte de las pilas de compostaje para acelerar el tiempo de degradación, a excepción del tronco de plátano el cual sirve como base o cama que permite la aireación. Por lo que se implementará un pre acondicionamiento mediante una máquina trituradora, la cual se encargará de disminuir el tamaño (a 3 cm o menos) de dichos residuos para que sean fáciles de compostar, se tomó como base de estudio para la implementación de la trituradora a la tesis realizada por Pozo en 2013 “Estudio del proceso de trituración de los residuos sólidos orgánicos para reducir la contaminación residual en el Mercado Mayorista de Ambato”, de donde se obtuvo el uso y la cotización de la máquina.

Para la determinación del tamaño se midió los mismos residuos utilizados en la determinación de la composición de los RSO, solo los que forman parte de la clasificación “otros”. Se tomó cuatro muestras ya que la “Guía para caracterización de residuos sólidos” de la OPS & CEPIS (2005) indica que las muestras entre cuatro o más, arrojan resultados representativos en los estudios, por lo que se obtuvo un promedio que representa el tamaño de cada componente en la clasificación “otros”. Los resultados de los residuos orgánicos que necesitan ser triturados mediante la máquina trituradora, se encuentran en la Tabla 21.

**Tabla 21. Tamaño de los RSO que necesitan ser triturados**

Otros	Muestra 1 (cm)	Muestra 2 (cm)	Muestra 3 (cm)	Muestra 4 (cm)	Promedio (cm)
Cuña de sandía	9,18	8,92	9,16	8,96	<b>9,06</b>
Hoja de acelga	16,42	15,61	16,34	16,21	<b>16,15</b>
Hoja de col	14,94	15,18	14,97	15,16	<b>15,06</b>
Hoja de fruta costeña	18,15	17,94	18,06	18,11	<b>18,07</b>
Cáscara de coco	14,12	14,32	14,18	14,08	<b>14,18</b>
Tuza del maíz	6,12	6,14	5,87	6,06	<b>6,05</b>
Tronco del maíz	22,18	22,16	22,19	22,08	<b>22,15</b>
Tallo de piña	11,18	10,92	10,94	11,12	<b>11,04</b>

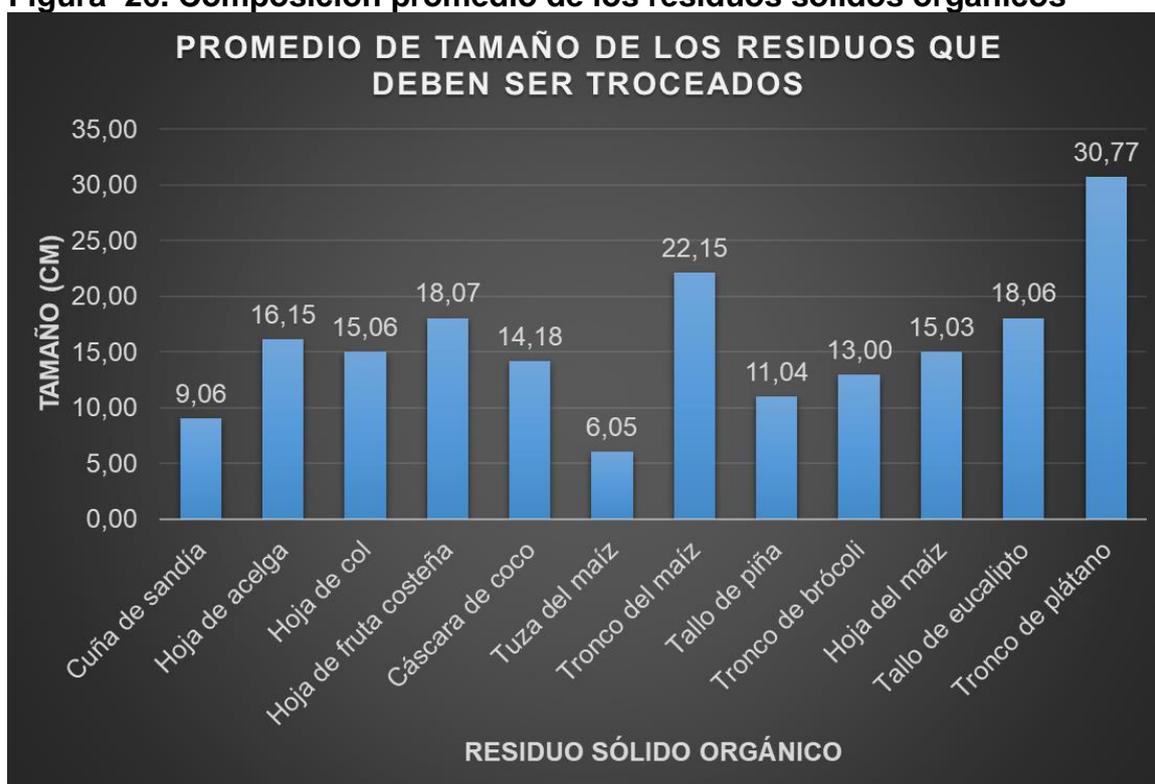
Tronco de brócoli	13,08	13,06	12,94	12,92	<b>13,00</b>
Hoja del maíz	15,12	15,18	14,88	14,94	<b>15,03</b>
Tallo de eucalipto	18,22	17,92	18,06	18,04	<b>18,06</b>
Tronco de plátano	30,86	30,98	31,14	30,08	<b>30,77</b>

**Fuente:** Trabajo de campo

**Realizado por:** Beltrán Fabián, Pérez Paúl, 2019.

El tronco de plátano es el residuo orgánico de mayor tamaño con 30,77 cm, pero este no debe ser triturado ya que es base para la aireación de la pila. La tuza del maíz es el residuo más pequeño con 6,05 cm, el cual necesita ser triturado. Estadísticamente se evidencia el tamaño de los residuos en la Figura 26.

**Figura 26. Composición promedio de los residuos sólidos orgánicos**



**Fuente:** Investigación propia

**Realizado por:** Beltrán Fabián, Pérez Paúl, 2019.

#### 4.4 DETERMINACIÓN DEL NÚMERO DE ENCUESTAS

El Mercado Mayorista de Ambato posee 1424 comerciantes fijos catastrados, es decir poseedores de un espacio físico estándar fijo de 6 m<sup>2</sup>, con excepción de la nave B con dimensiones de 4,80 m<sup>2</sup>. En este análisis no se toma en cuenta a los comerciantes catastrados ambulantes, debido a que no poseen un área fija para el expendio de sus productos dentro de las naves, por lo cual se encuentran presentes ocasionalmente dentro del mercado y no representan las características generales de la población de estudio.

Utilizando la Ecuación 1 para el cálculo de la muestra representativa de encuestas para la caracterización, se obtuvo un valor de:

$$n = \frac{(1,96)^2 * 1424 * (0,25)^2}{(1424 - 1) * (0,086)^2 + (1,96)^2 * (0,25)^2}$$

$$n = 31,76 \sim 32$$

La guía de CEPIS (2014) recomienda adicionar un valor del 10% a 20% al número de muestra calculado, por lo que se incrementó un porcentaje de 15% a la muestra de encuestas obtenida, alcanzando un resultado de 37 encuestas, con ayuda de la Ecuación 2.

$$n_T = 31,76 + (0,15 * 31,76) = 31,76 + 4,7 = 36,46 \sim 37$$

El número de encuestas realizadas para las quince naves se muestran en la Tabla 22.

**Tabla 22. Número de encuestas realizadas por nave**

NAVE	COMERCIANTES	PORCENTAJE	RELACIÓN	MUESTRA
A	13	0,91	0,34	1
B	177	12,43	4,60	5
C	78	5,48	2,03	2

D	120	8,43	3,12	3
F	117	8,22	3,04	3
G	12	0,84	0,31	1
H	119	8,36	3,09	3
K	120	8,43	3,12	3
L	113	7,94	2,94	3
M	129	9,06	3,35	3
N	112	7,87	2,91	2
O	82	5,76	2,13	2
P	106	7,44	2,75	3
Q	109	7,65	2,83	2
R	17	1,19	0,44	1
TOTAL	1424	100	37	37

**Fuente:** Trabajo de campo

**Realizado por:** Beltrán Fabián, Pérez Paúl, 2019.

Se determinó la cantidad de encuestas a realizar según la Tabla 22. muestreando cinco encuestas en la Nave B al ser la que aglomera un número de 177 comerciantes catastrados, el mayor de todo el mercado. Las naves A, G y R, al contrario, asocian la menor cantidad de comerciantes catastrados con 17 o menos, por lo que se realiza una encuesta para cada una de estas tres naves.

#### 4.5 ANÁLISIS DE LAS ENCUESTAS

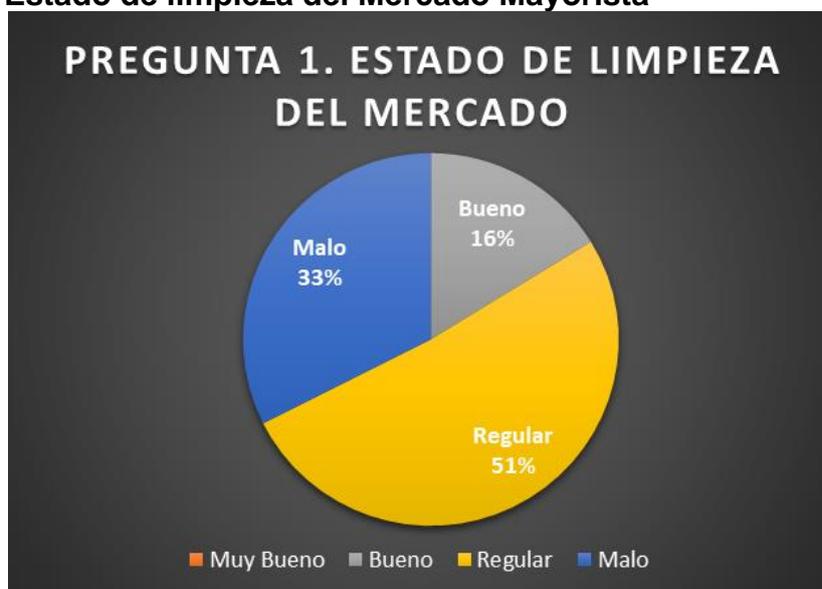
Para el análisis de las encuestas se tabuló los resultados obtenidos mediante tablas de Excel y se realizó gráficos estadísticos para determinar el porcentaje de las respuestas. Las encuestas aplicadas evidenciaron las falencias en el sistema de limpieza del Mercado Mayorista y la inconformidad con la falta de colaboración que tienen algunos comerciantes para mantener limpio el mercado y con las personas que descargan los productos de los camiones. Cabe destacar que en ciertas

preguntas se tuvo más de una respuesta. Las respuestas de las encuestas se encuentran en el **ANEXO 7**.

#### 4.5.1 SECCIÓN I) PERCEPCIÓN DEL SERVICIO

La Figura 27 indica los resultados obtenidos en la pregunta 1. ¿Cuál es el estado de limpieza en el mercado? El 51% de los comerciantes encuestados considera que el estado de limpieza del mercado es regular, mientras que el 36% considera que es malo. Esto se debe a la deficiente ruta de barrido actual, ya que los residuos se acumulan en ciertos sectores y por acción del viento se movilizan de un lugar a otro. El 16% considera que el estado de la limpieza es bueno, en este caso son comerciantes que una vez al mes venden sus productos en el Mercado. Al problema de limpieza del mercado se le suma la falta de conciencia ambiental del personal que descarga los productos el cual arroja en cualquier lugar sus residuos.

**Figura 27. Estado de limpieza del Mercado Mayorista**



**Fuente:** Trabajo de campo

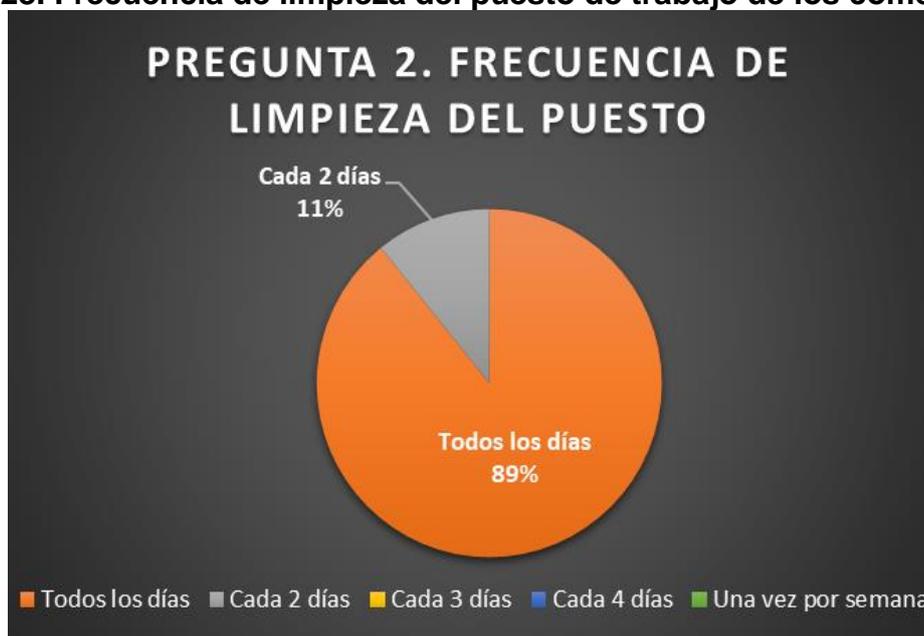
**Realizado por:** Beltrán Fabián, Pérez Paúl, 2019.

#### 4.5.2 SECCIÓN II) GENERACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS

La Figura 28 indica los resultados obtenidos en la pregunta 2. ¿Cada cuánto tiempo realiza usted la limpieza de su puesto trabajo? El 89% de los comerciantes

respondió que limpia su puesto de trabajo todos los días una vez terminada su jornada laboral, mientras que el 11% realiza la limpieza cada 2 días. Visualmente se evidencia que los puestos de trabajo se encuentran limpios, el problema radica en el desinterés de los comerciantes en limpiar los lugares aledaños a su puesto de trabajo, como la parte inferior de las plataformas o naves, que es el lugar donde arrojan los residuos sólidos las personas que descargan los productos de los camiones.

**Figura 28. Frecuencia de limpieza del puesto de trabajo de los comerciantes**



**Fuente:** Trabajo de campo

**Realizado por:** Beltrán Fabián, Pérez Paúl, 2019

#### 4.5.3 SECCIÓN III) ALMACENAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS

La Figura 29 indica los resultados obtenidos en la pregunta 3. ¿Dónde arroja la basura que usted produce? Se tiene que el 97% de los comerciantes encuestados arroja su basura en el contenedor más cercano, mientras que el 3% arroja al suelo aludiendo que el personal de limpieza lo recoge. Existe residuos fuera de los contenedores por los minadores que sacan los residuos y por las personas (cargadores) que dejan quintales junto a los contenedores.

**Figura 29. Lugar donde arroja la basura que genera**



**Fuente:** Trabajo de campo

**Realizado por:** Beltrán Fabián, Pérez Paúl, 2019

#### 4.5.4 SECCIÓN IV) RECICLAJE Y TRATAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS

La Figura 30 indica los resultados obtenidos en la pregunta 4. ¿Usted realiza algún tipo de reciclaje de la basura que produce? El 73% de los comerciantes no realiza algún tipo de reciclaje, solamente deposita los residuos en los contenedores, mientras que el 27% si realiza un reciclaje de residuos inorgánicos como botellas de plástico.

**Figura 30. Reciclaje por parte de los comerciantes**



**Fuente:** Trabajo de campo

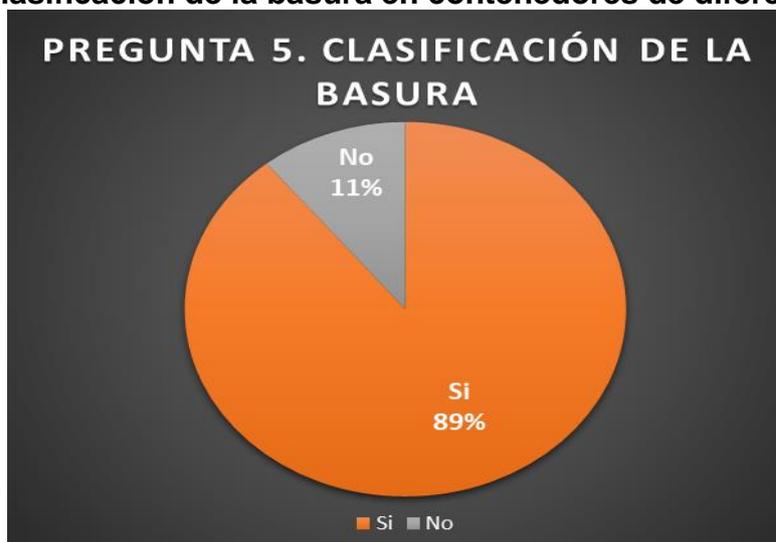
**Realizado por:** Beltrán Fabián, Pérez Paúl, 2019.

#### 4.5.5 SECCIÓN V) NECESIDADES DE SENSIBILIZACIÓN

La Figura 31 indica los resultados obtenidos en la pregunta 5. ¿Colaboraría usted clasificando la basura en contenedores de color verde, plomo y azul? El 89% mostró predisposición a clasificar la basura en contenedores de colores, siempre y cuando se les brinde capacitaciones del tipo de residuo que se debe colocar en cada contenedor. El 11% no está de acuerdo con el almacenamiento diferenciado.

Por lo tanto, los comerciantes muestran tendencia a la contenerización diferenciada de residuos sólidos, al tener conocimiento de los beneficios ambientales que involucra la correcta gestión de los residuos.

**Figura 31. Clasificación de la basura en contenedores de diferentes colores**



**Fuente:** Trabajo de campo

**Realizado por:** Beltrán Fabián, Pérez Paúl, 2019.

La Figura 32 indica los resultados obtenidos en la pregunta 6. ¿Piensa usted que existe contaminación en el mercado? El 95% considera que existe contaminación en el MMA y que se la evidencia visualmente, siendo la principal causa las personas que descargan los productos, ya que arrojan los residuos en cualquier lugar e incluso usan las instalaciones como baño público.

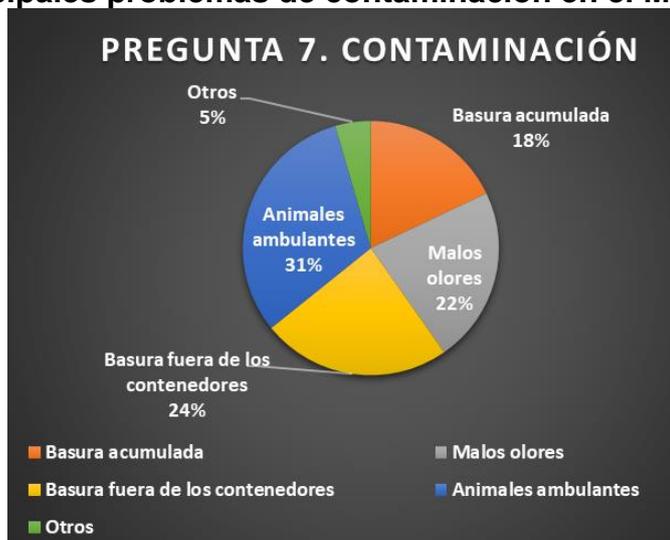
**Figura 32 . Existencia de contaminación en el mercado**

**Fuente:** Trabajo de campo

**Realizado por:** Beltrán Fabián, Pérez Paúl, 2019.

La Figura 33 indica los resultados obtenidos en la pregunta 7. ¿Cuál considera usted es el mayor problema de contaminación en el mercado? El 31% de los comerciantes indica que la contaminación la causan los animales ambulantes como ratas y perros, los cuales rompen las fundas que no se encuentran en los contenedores y generan que los residuos se dispersen. Se tiene que el 24% de la contaminación es generada por que la basura esta fuera de los contenedores, los comerciantes indican que las personas que descargan los productos de los camiones son los que no depositan los residuos en los contenedores sino bajo a las naves. El 22% se da por malos olores que emanan los contenedores, principalmente por carne descompuesta que arrojan ciertos comerciantes que tienen puesto de comida. El 18% manifiesta que en días de feria la basura se acumula y causa contaminación.

**Figura 33. Principales problemas de contaminación en el MMA**

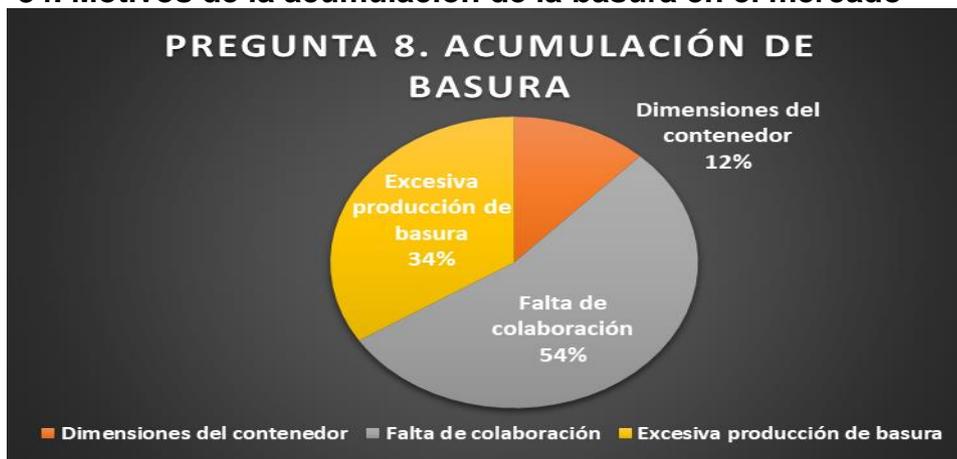


**Fuente:** Trabajo de campo

**Realizado por:** Beltrán Fabián, Pérez Paúl, 2019.

La Figura 34 indica los resultados obtenidos en la pregunta 8. ¿Porque se produce la acumulación de basura en el mercado? El 54% indica que la basura se acumula por falta de colaboración de los comerciantes para mantener limpio el mercado, ya que arrojan los residuos en cualquier lugar. El 34% de los comerciantes piensa que la acumulación de basura se genera por la excesiva producción en los días de feria que supera la capacidad máxima de los contenedores en ciertas naves.

**Figura 34. Motivos de la acumulación de la basura en el mercado**



**Fuente:** Trabajo de campo

**Realizado por:** Beltrán Fabián, Pérez Paúl, 2019.

La Figura 35 indica los resultados obtenidos en la pregunta 9. ¿Cree usted que es necesario realizar un tipo adecuado de tratamiento de la basura en el Mercado Mayorista de Ambato? El 97% de los comerciantes indican que si es necesario realizar un tratamiento adecuado de la basura para disminuir la contaminación en las instalaciones del mercado. El 3% no está de acuerdo con realizar un tratamiento de la basura ya que piensan que implicarán aumento de costos en los arriendos.

**Figura 35. Necesidad de tratamiento de la basura generada**

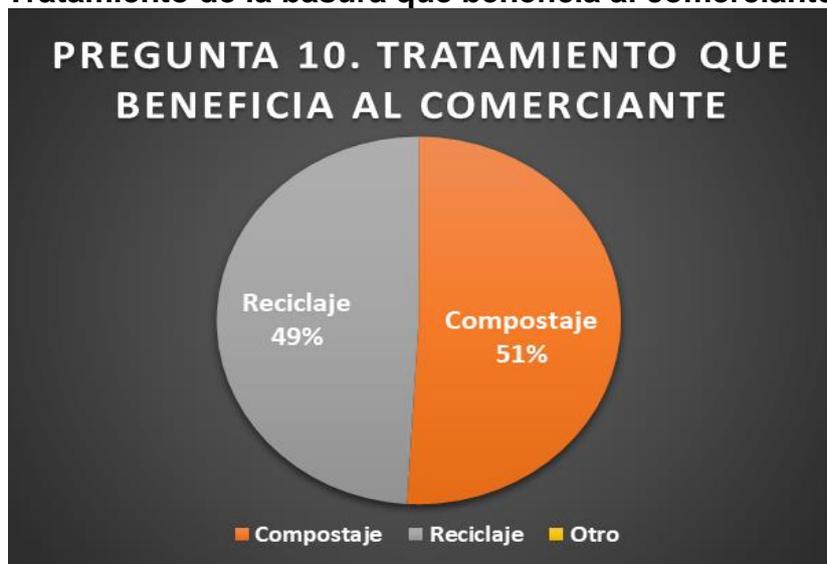


**Fuente:** Trabajo de campo

**Realizado por:** Beltrán Fabián, Pérez Paúl, 2019.

La Figura 36 indica los resultados obtenidos en la pregunta 10. ¿Qué tratamiento considera usted beneficia a los comerciantes del mercado? El 51% de los comerciantes indica que el mejor tratamiento de la basura sería el compostaje ya que les beneficiaría directamente con la reducción de costos en los productos que llegan al mercado, mientras que el 49% prefiere el reciclaje para que el Mercado Mayorista tenga ganancias extras y se reflejen en la disminución de costos en el arriendo del puesto de trabajo.

Figura 36. Tratamiento de la basura que beneficia al comerciante



**Fuente:** Trabajo de campo

**Realizado por:** Beltrán Fabián, Pérez Paúl, 2019.

La Figura 37 indica los resultados obtenidos en la pregunta 11. ¿Le gustaría ayudar a reducir la contaminación ambiental a través del compostaje? El 97% de los comerciantes están dispuestos a colaborar en la reducción de la contaminación ambiental mediante el compostaje, ya que reduciría el uso de fertilizantes químicos y se obtendrían productos más saludables.

Figura 37. Reducción de la contaminación mediante compostaje



**Fuente:** Trabajo de campo

**Realizado por:** Beltrán Fabián, Pérez Paúl, 2019

La Figura 38 indica los resultados obtenidos en la pregunta 12. ¿Le gustaría recibir algún beneficio al clasificar la basura en 3 contenedores de colores? El 89% de los comerciantes está de acuerdo en recibir beneficios al clasificar la basura, opinan que los beneficios sean gorras, camisetas, cuadernos, los cuales incentivan a las personas a realizar un almacenamiento diferenciado de los residuos.

**Figura 38. Beneficios por clasificar la basura en contenedores de colores**



**Fuente:** Trabajo de campo

**Realizado por:** Beltrán Fabián, Pérez Paúl, 2019

## 4.6 ANÁLISIS DE IMPACTOS SOCIOECONÓMICOS Y AMBIENTALES

### 4.6.1 MATRIZ DE LEOPOLD

La identificación de impactos ambientales propuesta para el Mercado Mayorista de Ambato utilizando la matriz de Leopold, arrojó como resultado que el 37,5% de los impactos considerados son de impacto no significativo, mientras el 31,3% son de impacto moderado, lo que muestra la Tabla 23.

**Tabla 23. Criterio evaluación de impactos ambientales**

Número	Nivel	Suma	Color
1	No significativo	6	

2	Moderado	4	Yellow
3	Severo	3	Orange
4	Crítico	3	Red

**Fuente:** Trabajo de campo

**Realizado por:** Beltrán Fabián, Pérez Paúl, 2019.

La evaluación de impactos ambientales propuesta para el diseño de la planta de compostaje utilizando la matriz de Leopold, brindó como resultado que el 47,4 % de los impactos son considerados no significativos, mientras que el 31,6% se los clasificó como de impacto moderado, lo que muestra la Tabla 24

**Tabla 24. Criterio evaluación de impactos ambientales**

Número	Nivel	Suma	Color
1	No significativo	9	Green
2	Moderado	6	Yellow
3	Severo	2	Orange
4	Crítico	2	Red

**Fuente:** Trabajo de campo

**Realizado por:** Beltrán Fabián, Pérez Paúl, 2019.

Las dos matrices en su totalidad se muestran en el **ANEXO 8 y ANEXO 9**, del presente documento, para cada caso analizado.

#### **4.6.2 INTERPRETACIÓN DE IMPACTOS**

##### **4.6.2.1 IMPACTOS EN EL MERCADO MAYORISTA DE AMBATO**

Según la matriz de Leopold se identificaron 16 impactos de los cuales 14 son negativos y 2 son positivos, estos criterios se basaron en los posibles efectos ocasionados al ambiente en la comercialización de productos agrícolas y su actual manejo en el MMA.

Como resultado, se estima que la mayor afectación clasificada como impacto crítico, se produce en la salud con respecto a higiene y salud pública,

negativamente, debido al cierre de los de servicios higiénicos mientras aún los comerciantes, consumidores, cargadores y demás población en general, se encuentran presentes en el mercado, obligándolos a caer en la insalubridad en busca de lugares no aptos para realizar las necesidades básicas.

Además, otro impacto crítico es el tránsito comercial, debido a la afluencia de personas en los días de feria, que en períodos del año se vuelve excesiva. Por lo cual la comercialización de productos se vuelve caótica produciendo la generación de ingentes cantidades de residuos sólidos dispuestos en lugares no aptos dentro del mercado.

Los impactos no significativos se producen por la contaminación debido a la generación de lixiviados, al descomponerse la materia orgánica en un proceso no controlado que produce la percolación del líquido lixiviado, que al mezclarse con metales pesados y otros componentes, lo vuelven tóxico.

#### **4.6.2.2 IMPACTOS EN EL DISEÑO DE LA PLANTA DE COMPOSTAJE**

Según la matriz de Leopold se identificaron 19 impactos de los cuales 16 son negativos y 3 son positivos, estos criterios se basaron en los posibles efectos ocasionados al ambiente por el diseño de la planta de compostaje.

Se ha obtenido dos impactos críticos de gran relevancia y que aportan positivamente al proyecto. El impacto crítico mayor es la generación de empleo a través de la seguridad laboral de los trabajadores involucrados en las etapas de construcción, operación y mantenimiento de la planta de compostaje promoviendo el desarrollo socio económico local.

Además, el otro impacto crítico se desarrolla en el medio antrópico referente a la salud pública que se ve mejorada al involucrar el tratamiento de los RS dentro de la gestión integral de residuos sólidos generados por la actividad comercial de expendio de productos agrícolas al por mayor del MMA, a través del compostaje.

Los impactos severos, forman un contraste al evidenciar el reciclaje como positivo mientras la inversión del estado y las autoridades en negativo. Se debe principalmente a la falta de compromiso de las administraciones con la gestión ambientalmente sostenible de los residuos, al no involucrar el ciclo de vida del producto como medida de desarrollo dentro de una economía circular.

Los impactos no significativos son producidos en el componente suelo que se ve afectado por el drenaje y la compactación del suelo, debido a la construcción de la obra civil, en cuanto a la alteración del paisaje e impacto visual se produce por el remplazo del paisaje natural propio del sector por la obra en físico y a la propensión a la aparición de vectores. Por esta razón y tomando en cuenta que estos impactos se encuentran en mayor proporción, se evidencia la factibilidad del diseño de la planta de compostaje.

#### **4.7 DISEÑO DE LA PLANTA DE COMPOSTAJE**

El diseño propuesto puede ser ubicado en una zona de Ambato que cumpla con las dimensiones y las especificaciones técnicas requeridas, tomando como sugerencia de ubicación al Relleno Sanitario de la ciudad (2560 msnm), en las coordenadas Latitud: -1,199365 y Longitud: -78,574392 y trabajando sobre el área plana disponible en el lugar. Mediante análisis cartográfico se determinó que la planta de compostaje abarca un área plana de 7700 m<sup>2</sup> (incluye todas las zonas de la planta) con dimensiones de 110 m de largo y 70 m de ancho, siendo las dimensiones máximas de aprovechamiento del terreno, por la presencia colindante de laderas. La elaboración de las pilas de compostaje (zona de producción de compost) abarca un área útil de 3225 m<sup>2</sup>, con dimensiones de 75 m de largo y 43 m de ancho, siendo la única zona con techado por lo que tiene una altura de 10 m. La planta de compostaje consta de:

- Área de parqueaderos de camiones y automóviles
- Área de recepción y almacenamiento temporal de los R.S.O
- Área para la elaboración de las pilas, producción del compost y ensacado

- Laboratorio de calidad de compost
- Área de almacenamiento de herramientas (Máquina trituradora)
- Área de almacenamiento de compost final
- Área de carga
- Área de almacenamiento de desechos
- Servicios higiénicos
- Administración
- Guardianía

Para evitar alteraciones del compost por las condiciones climáticas, el diseño consta de una estructura metálica tipo coliseo de 16 columnas contempladas en la fachada este y oeste, además de una cubierta de aleación de zinc y aluminio. En el perímetro del área de producción de compost y en el perímetro total de la planta se coloca canales rectangulares para receptor la generación de agua lluvia, las cuales conducen al canal que desemboca fuera del área de estudio y llegan al cuerpo receptor, en la quebrada de Chasinato. La generación de aguas servidas es drenada a través de tuberías hacia un tanque séptico el cual se encarga del tratamiento previo para su correcta descarga hacia el cuerpo receptor. Se coloca en el área de almacenamiento de herramientas una máquina trituradora, la cual se encarga del pre acondicionamiento de los materiales de gran tamaño, con el fin de que sean fáciles de compostar. El asentamiento es de tierra y solo el área de producción del compost se encuentra recubierta con geo membrana, para evitar malos olores el lugar es abierto, lo que permite la aireación y dispersión de olores en caso de presentarse.

Al ser una planta con cubierta techada no se tiene contacto con el agua lluvia, por lo que para controlar el parámetro de humedad de las pilas (pérdida por evaporación) se coloca una llave de agua (reposición de humedad), la cual mediante mangueras con aspersor facilitan el rociado de las pilas, la cantidad de agua a utilizar varía según el largo de la pila, según referencia bibliográfica se utiliza aproximadamente 125 litros de agua para rociar las pilas (Tortosa, 2015). Cuando

se tenga el lugar establecido para la planta de compostaje, se debe realizar el estudio de la capacidad de campo del suelo, el cual consiste en determinar la cantidad de agua o humedad que el suelo puede retener luego de llegar a la saturación y de dejarlo drenarse hasta que se establezca el pH, controlando de esta manera el parámetro humedad. Como complemento resulta factible realizar la prueba de puño, la cual funciona tomando con el puño una porción del sustrato y apretándolo, si caen entre 8 - 10 gotas indica que la humedad está en 80% (rango adecuado para la producción de compost).

El diseño con su plano arquitectónico, drenaje pluvial y sanitario, perfiles de la planta y estructuras sanitarias y pluviales se encuentran en el **ANEXO 10**. Se pretendió elaborar el diseño sobre la topografía del Relleno Sanitario de Ambato, el cual está a cargo del GIDSA, sin obtener respuesta favorable al oficio donde se solicitaba información acerca del levantamiento topográfico los cuales remitieron que nuestros requerimientos contemplan fines fuera del alcance académico, por lo que se elaboró un diseño general, prescindiendo de dicho levantamiento. Como propuesta, las dimensiones del diseño fueron adaptadas a una imagen satelital a escala del Relleno Sanitario de la ciudad (base del diseño), evidenciando que el terreno cumple con las dimensiones y especificaciones técnicas. En caso de que la planta de compostaje se construya en este lugar, el drenaje pluvial descargaría al cuerpo receptor por la quebrada de Chasinato (Zona Oeste del Relleno Sanitario). Las dimensiones del diseño adaptadas se encuentran en el **ANEXO 11**.

#### **4.7.1 DIMENSIONAMIENTO DE LAS PILAS**

Tomando como sugerencia de ubicación del diseño al Relleno Sanitario de Ambato, se ha determinado que el área útil es de 3225 m<sup>2</sup> y tiene la capacidad de abarcar 48 pilas, con una separación entre cada una de 1 m (filas) y 1,25 m (columnas). Se elaborarán 47 pilas ya que se necesita un espacio para el volteo manual, se considera un área de contingencia del 15% extra al área de cada pila. Para calcular el largo de las pilas es necesario partir de las dimensiones establecidas 1,3 m de alto, 2,75 m de ancho y determinar la generación diaria de RSO, la cual se encuentra en la Tabla 25.

**Tabla 25. Generación diaria de R.S.O del MMA**

Nave	# cont	Lunes (kg/día)	Martes (kg/día)	Miércoles (kg/día)	Jueves (kg/día)	Viernes (kg/día)	Sábado (kg/día)	Domingo (kg/día)
A	1	172,62	95,14	124,53	125,39	123,64	94,36	168,96
B	1	342,06	180,21	296,36	284,25	283,65	177,56	331,35
C	1	120,34	61,23	101,24	102,65	101,87	60,34	120,53
D	2	299,24	220,34	284,21	286,96	284,52	228,31	294,31
F	1	253,61	115,24	189,64	194,00	192,65	117,23	250,34
G	1	299,21	110,24	240,15	241,31	242,35	122,31	298,02
H	3	362,11	248,64	304,51	305,32	299,45	241,25	361,06
K	1	278,56	112,54	216,34	221,11	215,41	109,64	277,95
L	1	774,08	554,21	648,12	650,58	635,64	550,32	777,61
M	1	493,28	325,84	401,29	402,67	403,34	326,88	492,07
N	3	445,87	257,61	368,45	364,80	361,89	248,34	444,21
O	6	1445,28	1221,47	1367,54	1378,64	1364,54	1279,64	1444,48
P	4	841,32	658,48	752,54	754,35	759,61	660,21	840,26
Q	1	274,64	110,24	180,28	179,68	175,06	115,34	272,56
R	1	601,34	450,04	542,98	560,31	564,91	444,39	602,59
TOT	28	7003,56	4721,47	6018,18	6052,02	6008,53	4776,12	6976,30
<b>Sumatoria de la producción diaria</b>								<b>41556,18</b>

**Fuente:** Trabajo de campo

**Realizado por:** Beltrán Fabián, Pérez Paúl, 2019.

El cálculo del largo de cada pila se realizó con la Ecuación 14:

**Día de mayor producción (lunes):** 7003,56 kg

**Peso específico de los residuos:** 267,44  $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$

**Volumen de cada pila:**  $\frac{7003,56 \text{ kg}}{267,44 \text{ kg/m}^3} = 26,19 \text{ m}^3 \sim 26 \text{ m}^3$

**Largo de cada pila:**  $\frac{26 \text{ m}^3}{\frac{2,75 \text{ m} * 1,3 \text{ m}}{2}} = 14,55 \text{ m} \sim 14,5 \text{ m}$

**Área de cada pila:**  $2,75 \text{ m} * 14,5 \text{ m} = 39,875 \text{ m}^2$

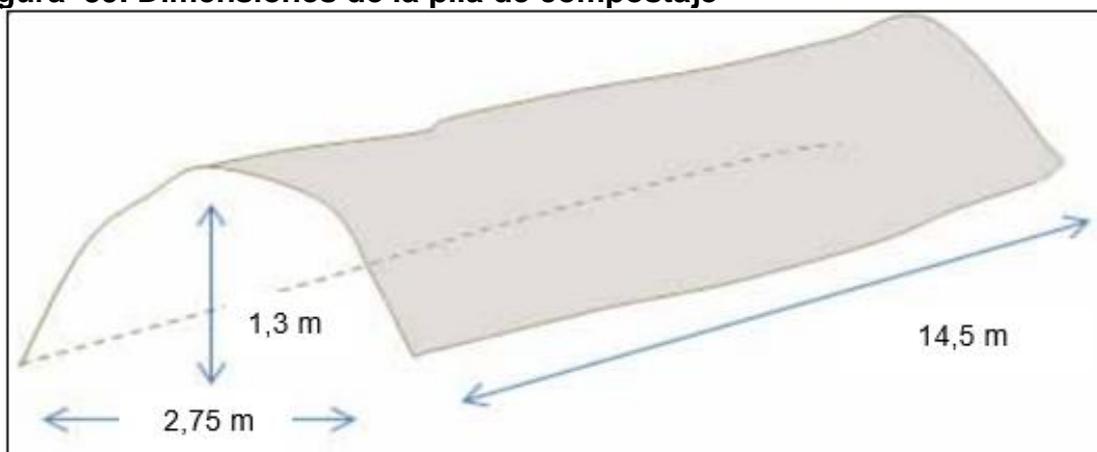
**Área de cada pila con contingencia:**  $39,875 \text{ m}^2 * 115\% = 45,85 \text{ m}^2$

**Peso en cada pila (por las aproximaciones):**  $26 \text{ m}^3 * 267,44 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 6953,44 \text{ kg}$

**Total en peso de todas las pilas:**  $6953,44 \text{ kg} * 47 \text{ pilas} = 326811,68 \text{ kg}$

Determinando que las dimensiones de la pila son: 1,3 m alto, 2,75 m ancho y 14,5 m largo (medida calculada). En la Figura 39 se identifican las dimensiones de la pila

**Figura 39. Dimensiones de la pila de compostaje**



**Fuente:** Román, Martínez, & Pantoja, 2013

**Realizado por:** Beltrán Fabián, Pérez Paúl, 2019

#### 4.7.2 DIMENSIONAMIENTO DEL DRENAJE

El drenaje de la planta de compostaje se encuentra en el perímetro de los 3225 m<sup>2</sup> correspondientes al área de producción del compost donde se ubican 4 canales de 0,60 m de altura y 0,30 m de base conectados entre sí, sobre los cuales se colocan rejillas para permitir el paso de las aguas lluvias. A este drenaje se acoplan las

bajantes de las 8 tuberías provenientes de las canaletas ubicadas en el techo del área. El sistema de canales desemboca en el cuerpo receptor a través de un drenaje con las mismas especificaciones ubicado 9,60 m del tanque séptico en sentido este a oeste y con un largo de 3 m hasta salir del área descrita para el proyecto.

Se utilizarán canales laterales, en los 4 lados del área, cubriendo los 4475 m<sup>2</sup> de superficie de drenaje faltante no cubierta por el techo. Los canales serán cubiertos con rejillas metálicas impidiendo la entrada de grandes sólidos al interior de la cuneta y resistentes al peso de vehículos de carga pesada sobre todo en el sector este que interseca con el área de entrada del camión recolector y los vehículos livianos. El espacio libre para utilizar es 0,05 m entre barrotes y de 0,05 m de ancho, además se necesita el apisonamiento de la tierra para mejorar la calidad de la escorrentía pluvial.

#### **4.7.2.1 DRENAJE PLUVIAL**

Los líquidos drenados son los procedentes del agua lluvia. En contexto, al determinar la cantidad de caudal máximo probable se debería desarrollar un balance hídrico de la zona, no obstante, al no recibir apoyo por parte de la autoridad del GIDSA, se omite el estudio del balance hídrico.

Previo al dimensionamiento del drenaje pluvial se debe considerar el caudal superficial del área, a través del método racional tomado de López, 1995. El cual se expresa de la siguiente forma según la ecuación 15:

$$Q = C * I * A \quad \text{Ecuación 15}$$

Q= Caudal superficial (L/s)

C= Coeficiente de escorrentía (adimensional)

I= Intensidad de la precipitación promedio de la lluvia (L/s \* ha)

A= Área de drenaje (ha)

Donde caudal (Q) hace referencia a una lluvia de intensidad (I) sobre un área de drenaje (A). Es decir, una lluvia que dura el tiempo tal que toda el área de drenaje contribuye a la escorrentía superficial, siendo (Q) el caudal superficial del área.

La intensidad de lluvia se obtiene analizando la información pluviográfica a nivel local mediante las cuales se obtienen las curvas de intensidad, duración y frecuencia. En el presente estudio se utilizó la información proporcionada por el INAMHI, 2015 en su actualización del estudio de lluvias intensas Quito – Ecuador. Para lo cual se usó la estación meteorológica M0066 AMBATO-AEROPUERTO la más cercana a la ubicación contemplada para el diseño, mostrada en la Tabla 26. perteneciente a la red de estaciones hidrometeorológicas.

**Tabla 26. Estación Meteorológica**

Código	Nombre	Latitud	Longitud	Altitud	Serie de dato	Nº Año	Institución
M0066	Ambato-Aeropuerto	770553	9866876	2515	1962-1984	23	DGAC

**Fuente:** (INAMHI, 2015)

**Realizado por:** Beltrán Fabián, Pérez Paúl, 2020.

Además, se utilizaron las ecuaciones IDF (Intensidad, duración y frecuencia) halladas en el cuadro: intensidad duración frecuencia para la estación M0066 Ambato-Aeropuerto del mismo texto, detalladas a continuación en la Tabla 27.

**Tabla 27. Ecuaciones IDF**

Estación		Intervalo de tiempo (minutos)	Ecuaciones
Código	Nombre		
M0066	AMBATO-AEROPUERTO	5<30	$i = 95,7035 * T^{0,2644} * t^{-0,5192}$
		30<120	$i = 226,883 * T^{0,2204} * t^{-0,7568}$
		120<144	$i = 438,0411 * T^{0,1712} * t^{-0,8664}$

**Fuente:** (INAMHI, 2015)

**Realizado por:** Beltrán Fabián, Pérez Paúl, 2020.

Se toma un tiempo de concentración corto debido al poco lapso necesario para que el agua llegue hacia la cuenca desde el punto más alejado del área tributaria, en vista que el área tributaria es de 0,77 m<sup>2</sup> inferior a una pequeña cuenca de montaña. En cambio, el período de retorno para un micro drenaje se dimensiona para el escurrimiento cuya ocurrencia tenga un período de retorno entre 2 y 10 años (SENAGUA, 2000). Aplicando la ecuación 16 para un período de retorno ( $T$ ) de 10 años y un tiempo de concentración ( $t$ ) igual 5 minutos se obtiene una intensidad máxima de lluvia de 76,3 mm/h.

$$i = 95,7035 * 10^{0,2644} * 5^{-0,5192} \quad \text{Ecuación 16}$$

$$i = 76,30 \text{ mm/h}$$

Como la intensidad de la lluvia se expresa en mm/h, se utiliza el factor de conversión de 2,78 como se muestra en la Ecuación 17 para obtener las unidades en L/s\*ha. y de esta forma reemplazarla en la Ecuación 15.

$$i = 76,30 \frac{\text{mm}}{\text{h}} * 2,78 \quad \text{Ecuación 17}$$

$$i = 212,11 \frac{\text{L}}{\text{s} * \text{ha}}$$

Luego se determinó el área de drenaje. El área de producción del compost abarca 0,3225 ha y corresponde al área de drenaje 1, mientras el área restante corresponde al área de drenaje 2 y es 0,4475 ha.

Inmediatamente, se procedió a determinar el coeficiente de escorrentía que indica la pérdida de agua lluvia debido a la infiltración, evaporación e interceptación vegetal la cual provoca que no toda el agua lluvia precipitada llegue al sistema de alcantarillado. El coeficiente está en función según el tipo de suelo registrado en el relleno sanitario de Ambato. Con ayuda de la Tabla 28 definida para el método racional por Breña & Jacobo, donde se tomó como el valor del coeficiente de escorrentía.

**Tabla 28. Coeficiente de escorrentía**

<b>Factor de escurrimiento para el método racional, drenaje en cuenca según topografía, suelos, cobertura.</b>		
<b>Tipo de superficie</b>	<b>Coeficiente de escorrentía</b>	
Zonas Industriales	Mínimo	Máximo
-Espaciado	0,50	0,80
-Compacto	0,60	0,90
Techados	0,75	0,95

**Fuente:** (Breña & Jacobo, 2006)

**Realizado por:** Beltrán Fabián, Pérez Paúl, 2020.

Se tomó el valor de coeficiente de escorrentía de 0,95 para el área de drenaje 1 mientras 0,60 para el área de drenaje 2.

Con los datos previamente calculados se utilizó la Ecuación 15 y se determinó el caudal superficial aplicado a cuencas pequeñas menores a 2,5 km<sup>2</sup> (INVIAS, 2009).

Para el área de drenaje 1

$$Q = 0,95 * 212,11 \frac{L}{s*ha} * 0,3225 ha = 64,99 \frac{L}{s}$$

Para el área de drenaje 2

$$Q = 0,60 * 212,11 \frac{L}{s*ha} * ha * 0,4475 ha = 56,95 \frac{L}{s}$$

Caudal total

$$Q_{Total} = 64,99 + 56,95 = 121,94 \frac{L}{s}$$

Para el dimensionamiento del drenaje se debe tomar en cuenta este caudal generado de 121,94 l/s transformado a 0,12 m<sup>3</sup>/s, dando como resultado el plano indicado en el **ANEXO 10** (drenaje).

Se procede a calcular el área del canal final a transportar el caudal de 0,12 m<sup>3</sup>/s hacia la quebrada para la entrega al cuerpo receptor con ayuda de la ecuación 18 del caudal en función del área (A) y la velocidad (V), en la cual se despeja el área tomando en cuenta que la velocidad mínima para alcantarillado pluvial es de 0,90 m/s según la Norma ecuatoriana de Construcción (SENAGUA, 2000) por lo que se escoge una velocidad de 1,5m/s.

$$Q = V * A \quad \text{Ecuación 18}$$

$$A = \frac{Q}{V} = \frac{0,12 \frac{m^3}{s}}{1,5 \frac{m}{s}} = 0,08 m^2$$

Conociendo el área de 0,08 m<sup>2</sup> se fija el ancho de la base (b) en 0,30 m y se calcula la altura del canal, estimando incremento de 0,30 m de espacio libre según la norma ecuatoriana de construcción. Para llevar a cabo los cálculos se utilizó la ecuación 19.

$$A = b * h \quad \text{Ecuación 19}$$

$$h = \frac{A}{b} = \frac{0,08 m^2}{0,30 m} = 0,27 m$$

Por tanto, la altura del diseño del canal corresponde 0,57 m en teoría y por facilidad en la práctica se debe hacerla de 0,60 m de alto.

$$h_{Diseño} = 0,27 m + 0,30m = 0,57$$

Antes de determinar la pendiente se halla el radio hidráulico para un canal rectangular según la ecuación 20.

$$Rh = \frac{\text{Área mojada (m}^2\text{)}}{\text{Perímetro mojado (m)}} \quad \text{Ecuación 20}$$

$$Rh = \frac{b * h}{b + 2 * h} = \frac{0,30 * 0,57}{0,30 + 2 * 0,57} = 0,119 m$$

A continuación, se procede a establecer el diseño hidráulico del canal, utilizando la Ecuación de Manning obteniendo la pendiente del canal con la Ecuación 21, modificada en función de la velocidad, para lo cual se fija el coeficiente de rugosidad de Manning correspondiente a tierra sin vegetación de 0,016 tomado de la NEC:

$$V = S^{\frac{1}{2}} * Rh^{\frac{2}{3}} * \frac{1}{n} \quad \text{Ecuación 21}$$

V: Velocidad de diseño (m/s).

n: Coeficiente de rugosidad de Manning 0,016.

Rh: Radio hidráulico (m).

S: Pendiente del ducto (m/m).

$$S = \left( \frac{V * n}{Rh^{\frac{2}{3}}} \right)^2 = \left( \frac{1,5 * 0,016}{0,119^{\frac{2}{3}}} \right)^2 = 0,00984$$

El canal rectangular tiene una pendiente de base de 0,00984 m/m es decir en cada metro de canaleta instalada la diferencia de alturas entre la inicial y final debe ser de 0,00984 m, es decir su pendiente es del 0,984%.

#### 4.7.2.2 DRENAJE SANITARIO

El dimensionamiento del drenaje sanitario contempla el diseño de una fosa séptica de cámara única, donde se trabaja con el caudal máximo ecuación 23, que corresponde al doble del caudal medio definido en la ecuación 22.

$$Q_m = c * N * D \quad \text{Ecuación 22}$$

Q= Caudal medio (L/d)

c= Coeficiente de retorno (0,8)

N= Número de habitantes (hab)

D= Dotación de agua (l/hab\*d)

El coeficiente de retorno de agua residual es de 0,80 el número de habitantes es de 6 personas, mientras la dotación de agua potable se la determinó gracias a la Tabla 29 presentada a continuación y tomada de “Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes” actualizado por la SENAGUA.

**Tabla 29. Coeficiente de escurrentía**

Dotaciones Recomendadas		
Población (hab)	Clima	Dotación (l/hab*d)
Hasta 5000	Templado	130-160
5000-50000	Templado	190-220
Más de 50000	Templado	>220

**Fuente:**(SENAGUA, 2000)

**Realizado por:** Beltrán Fabián, Pérez Paúl, 2020.

$$Q_m = 0,80 * 6 \text{ hab} * 130 \frac{l}{\text{hab} * d} = 624 \frac{l}{d}$$

$$Q_m = 624 \frac{l}{d} * \frac{1m^3}{1000 l} = 0,624 \frac{m^3}{d}$$

Considerando el caudal máximo como el doble del caudal medio se calcula el siguiente resultado a través de la ecuación 23.

$$Q_{m\acute{a}x} = 2 * Q_m \quad \text{Ecuación 23}$$

$$Q_{m\acute{a}x} = 2 * 0,624 = 1,248 \frac{m^3}{d}$$

A continuación, se calcula el volumen de cámara única ( $V_{cu}$ ), asumiendo que el tiempo de retención es de 1 día por lo general

$$V_{cu} = Q_{m\acute{a}x} * t_r \quad \text{Ecuación 24}$$

$$V_{cu} = 1,248 \frac{m^3}{d} * 1d = 1,248 m^3$$

La altura mínima del tanque es 1,8 m por lo cual se procede a determinar el área superficial por medio de la ecuación 25.

$$A_s = \frac{1,248 m^3}{1,8 m} = 0,69 m^2$$

Por lo cual se adopta las dimensiones de ancho ( $B$ ), longitud ( $L$ ) y altura total ( $h_T$ ).

$$\text{Ancho } (B) = 1 m$$

$$\text{Longitud } (L) = 2 m$$

$$\text{Altura Total } (h_T) = 1,8 m + 0,25 m = 2,05 m$$

Y el período de limpieza se define por la tasa de acumulación de lodo ( $T_{AL}$ ) con el valor de 1 L/ hab\*d y el volumen acumulado de lodo ( $V_{AL}$ ) según la ecuación 25

$$P_L = \frac{V_{AL}}{T_{AL} * N} \quad \text{Ecuación 25}$$

$$P_L = \frac{1 m * 2 m * \frac{1,8 m}{2} * 1000 \frac{l}{m^3}}{1 \frac{l}{hab * d} * 6 hab} = 300 d$$

$$P_L = 300 d * \frac{1mes}{30 d} = 10 meses$$

Por lo cual se define el período de limpieza ( $P_L$ ) en 10 meses.

#### 4.7.3 BALANCE DE MATERIALES

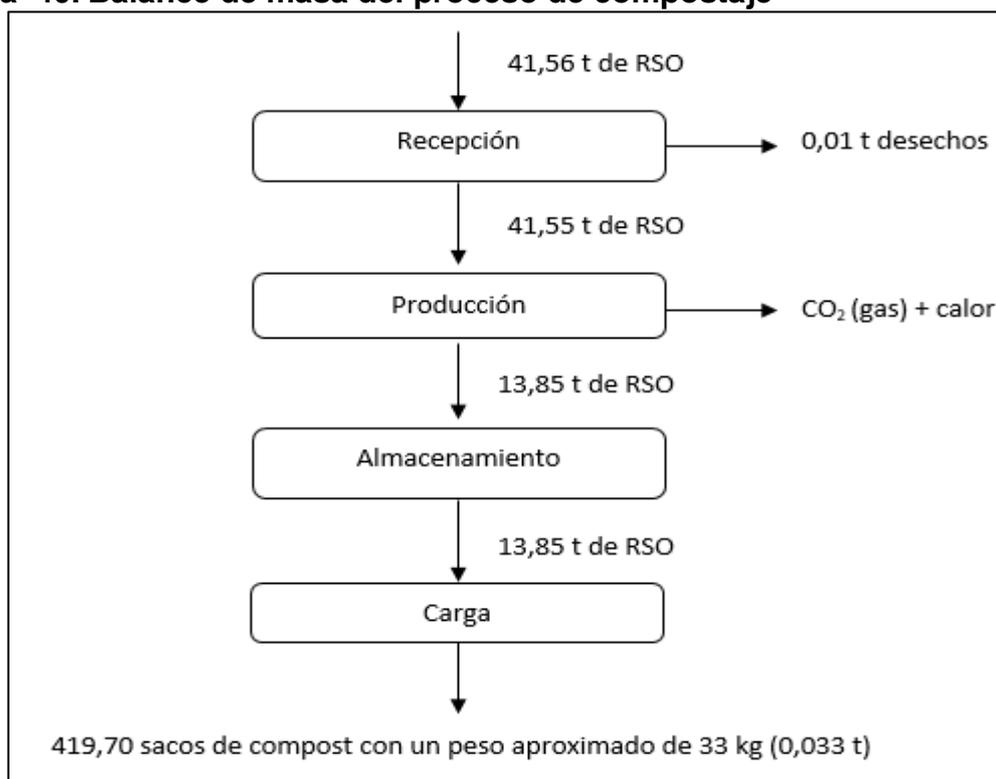
Considerando una semana de producción de RSO generados en el MMA y con la información de la Tabla 25 se determinó que el peso promedio de RSO ingresados a la planta en una semana de producción es de 41556,18 kg (41,56 t) de RSO, de

los cuales se producen 419,70 sacos de compost con un peso aproximado de 33 kg (0,033 t) como se lo demuestra en la Figura 40.

En el proceso se tomó en cuenta la producción de compost, misma que tiene una relación de 1/3, esto incluye la pérdida de volumen de las pilas, debido a la fuga de carbono en forma de CO<sub>2</sub>, la mayor parte de las pérdidas se da por la generación de calor (hasta 60°C) y la pérdida de agua, además de la compactación del material. Evidenciando la digestión aerobia (sistema de oxidación).

En el proceso de carga se contempla que cada saco de compost contenga alrededor de 33 kg para volverse competitivo en el mercado.

**Figura 40. Balance de masa del proceso de compostaje**



**Fuente:** Trabajo de campo

**Realizado por:** Beltrán Fabián, Pérez Paúl, 2019.

#### 4.7.4 TIEMPO DE LLENADO DE LAS PILAS DE COMPOSTAJE

Para el correcto funcionamiento de la planta es necesario calcular la cantidad de días que se requieren para llenar las 47 pilas de producción de compost. Por lo que se necesita evidenciar la generación diaria de RSO, la cual se encuentra en la Tabla 25. Las dimensiones de pila establecidas se mantienen constantes, variando solamente el tiempo de llenado de cada pila. Una pila de compostaje abarca 6953,44 kg, esto indica, que los RSO del lunes llenarán una pila, mientras que entre los RSO del martes y miércoles llenarán una segunda pila, lo sobrante servirá para iniciar el llenado de una tercera pila y así sucesivamente hasta llenar las 47 pilas. Siendo la única variable el tiempo de llenado, ya que depende de la cantidad de RSO que se generen en el MMA.

El cálculo de los días requeridos para llenar las 47 pilas se encuentra a continuación:

**Sumatoria de la producción diaria (7 días):** 41556,18 kg

**Cada pila llena abarca:** 6953,44 kg

**6 pilas llenas abarcan:** 41720,64 kg

**Cantidad de pilas que se llenan con la sumatoria de la producción diaria:**

$$\frac{41556,18 \text{ kg} * 6 \text{ pilas}}{41720,64 \text{ kg}} = 5,98 \text{ pilas}$$

En 7 días de generación se llenan 5,98 pilas, siendo necesario determinar cuántos días tomará llenar las 47 pilas

**Días necesarios para llenar las 47 pilas:**  $\frac{47 \text{ pilas} * 7 \text{ días}}{5,98 \text{ pilas}} = 55,02 \text{ días} \sim 55 \text{ días}$

El resultado indica que se necesitan los RSO generados en el MMA de 55 días, con los cuales se llenan las 47 pilas de compostaje de la planta, alcanzando su

capacidad máxima (pilas llenas). Estos 55 días indican únicamente el tiempo de llenado de las pilas, mas no el tiempo de retención para la producción de compost. Mediante revisión bibliográfica se determinó que el tiempo de retención es de 90 días (requerimiento que se cumple en el diseño), por lo que la pila uno (1) que fue llenada en el primer día producirá compost a los 90 días, mientras que la pila cuarenta y siete (47) la cual fue llenada a los 55 días, producirá compost a los 145 días, ya que esta última refleja la suma del tiempo de llenado (55 días) y el tiempo de retención establecido (90 días). Este tiempo de llenado resulta útil al disminuir el trabajo para el personal, el cual no tiene que realizar el volteo de todas las pilas en un solo día, sino escalonadamente, igualmente el ensacado cuando se obtenga el compost.

#### **4.7.5 VOLTEO DE LAS PILAS DE COMPOSTAJE Y RELACIÓN CARBONO – NITRÓGENO (C/N)**

Para una adecuada generación de compost se necesita un volteo cada 15 días. La primera fase (Mesófila, inicio de la producción de compost) al ser de mayor importancia involucra un volteo a los 7 días. Luego de 7 días (día 15), ya en la segunda fase se necesita un nuevo volteo, los volteos siguientes se los realiza normalmente cada 15 días, con un total de 6 volteos en los 90 días de producción del compost, quedando distribuidos de la siguiente manera:

- **Fase Mesófila:** Dura 8 días aproximadamente (abarca hasta el día 8). Un volteo al día 7, con un total de 1 volteo en esta fase.
- **Fase Termófila:** Dura 30 días aproximadamente (abarca hasta el día 38). Un volteo al día 15 y un nuevo volteo al día 30, con un total de 2 volteos en esta fase.
- **Fase Mesófila II:** Dura 28 días aproximadamente (abarca hasta el día 66). Un volteo al día 45 y un nuevo volteo al día 60, con un total de 2 volteos en esta fase.
- **Fase de Maduración:** Dura 24 días aproximadamente (abarca hasta el día 90). Un volteo al día 75 y la obtención del compost al día 90, con un total de 1 volteo en esta fase.

Se debe tomar en cuenta la relación inicial y final de Carbono - Nitrógeno (C/N). Quedando establecida de la siguiente manera: En la primera fase de producción de compost (inicial) debe tener una relación C/N en el rango 30-35/1, es decir 30 o 35 partes de carbono por cada una de nitrógeno y en la etapa final se debe llegar a una relación C/N de 9-10/1 (normalmente un valor igual o menor a 10), es decir 9 o 10 partes de carbono por cada una de nitrógeno, obteniendo de esta manera un compost maduro y estabilizado. Esta disminución se da por el consumo de la carga orgánica (carbono) o descomposición. Los valores establecidos han sido tomados de referencias bibliográficas (Tortosa, 2015).

Cabe destacar que en el diseño el tiempo de retención para la elaboración del compost, fue tomado en base a revisión bibliográfica, por lo que el tiempo establecido es de 90 días (tiempo que se cumple).

#### **4.7.6 PERSONAL DE TRABAJO DE LA PLANTA DE COMPOSTAJE**

La cantidad de jornaleros necesarios para la correcta producción de compost en la planta se determinó mediante el rendimiento de trabajo que tiene un jornalero. Conjuntamente la cantidad de material a voltear, el rendimiento unitario y el tiempo muerto, permiten determinar cuántos jornaleros son necesarios para cumplir las labores que diariamente exige la planta. El rendimiento se basa en la cantidad de material que el jornalero puede voltear en un determinado tiempo (kg/hora), en este caso una jornada laboral (8 horas). Los tiempos muertos se encuentran en el rango de 10% a 20%, escogiendo un valor medio de 15%, el cual abarca el tiempo que los jornaleros hacen una actividad diferente al volteo manual y reduce la jornada laboral. El tiempo de llenado escalonado de las pilas resulta útil, ya que disminuye el trabajo para los jornaleros, al realizar el volteo de una pila por día (jornada laboral), evitando el trabajo de voltear las 47 pilas en un solo día. El valor de 289,73 kg/hora de volteo que representa el rendimiento de un jornalero, fue tomado como referencia de la Planta de Compostaje de Machachi. El cálculo para el número de jornaleros se muestra a continuación:

**Volumen de cada pila:**  $\frac{7003,56 \text{ kg}}{267,44 \text{ kg/m}^3} = 26,19 \text{ m}^3 \sim 26 \text{ m}^3$

**Peso en cada pila (por las aproximaciones):**  $26 \text{ m}^3 * 267,44 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 6953,44 \text{ kg}$

**Rendimiento de un jornalero:**  $289,73 \frac{\text{kg}}{\text{hora}}$

**Jornada laboral en Ecuador:** 8 horas

**Tiempo disponible:**  $8 \text{ horas} * (1 - 0.15) = 6,8 \text{ horas} = 6 \text{ horas y } 48 \text{ minutos}$

**Rendimiento jornada laboral:**  $289,73 \frac{\text{kg}}{\text{hora}} * 6,8 \text{ horas} = 1970,16 \text{ kg}$

**Número de jornaleros necesarios:**  $\frac{6953,44 \text{ kg}}{1970,16 \text{ kg}} = 3,53 \sim 4 \text{ jornaleros}$

Se necesitan 4 jornaleros para el correcto funcionamiento de la planta de compostaje, el cumplimiento de las actividades diarias y para el volteo de las pilas, a esto se le suma 1 chofer para la conducción del vehículo recolector de carga frontal y 1 guardia para la seguridad de la planta. Dando un total de 6 personas que forman parte del personal de trabajo de la planta, los jornaleros deben ser capacitados para que puedan realizar las pruebas sencillas de control de parámetros, en caso que se necesite 1 técnico especialista para pruebas complejas, el MMA designará un profesional de su personal para las labores en la planta (no labora todos los días en la planta). Los 4 jornaleros permiten que sea viable el realizar el volteo manual con palas, ya que no realizan labores de extremo esfuerzo, más bien realizan trabajos adaptados a su rendimiento (289,73 kg/hora), considerando tiempos muertos en los que pueden realizar otras actividades.

## 4.8 ANÁLISIS DE COSTOS

Mediante ejemplos de cálculo se analizaron los costos diarios que involucran la construcción de la planta de compostaje, la operación (servicios básicos de la planta, equipos a utilizar para la producción del compost sobre todo la implementación de una máquina trituradora, personal de trabajo, camión de carga frontal, incremento en el número de contenedores con el fin de tener un almacenamiento diferenciado de los residuos sólidos), los costos extras de la planta (involucran permisos de construcción y funcionamiento). Además, los ingresos que se obtendrán con el compost, lo que evidencia si el proyecto es viable.

### 4.8.1 CONSTRUCCIÓN DE LA PLANTA DE COMPOSTAJE

Se determinó los costos que conlleva construir la planta de compostaje, los cuales involucran toda la estructura necesaria y la mano de obra, para que finalizada su construcción entre en funcionamiento. El análisis de costos de construcción y financiamiento se encuentran en la Tabla 30 y 31 respectivamente.

**Tabla 30. Análisis de costos para la construcción de la planta de compostaje**

Construcción	Tipo	Valor unitario	Total (USD)
Estructura	Metálica 16 columnas (3225 m <sup>2</sup> ), incluye geomembrana y drenaje	30,80 USD/m <sup>2</sup>	99330,00
Techado	Aleación de aluminio y zinc (4,20m largo * 1,15m ancho= 4,83m <sup>2</sup> ) 668 láminas	18,80 USD/hoja	12558,40
Canaletas	Plásticas (75 m largo * 43 m de ancho)	3,00 USD/m	708,00
Laboratorio	Loseta de hormigón y masterdeck (cada cuarto de 4 m largo * 4 m ancho, comparten la pared divisora), área total de 48 m <sup>2</sup>	300 USD/m <sup>2</sup>	14400,00
Administración			
Servicios higiénicos			

Guardianía	Prediseñada	1899,00 USD	1899,00
<b>Valor Total</b>	-	-	<b>128895,40</b>
Depreciación	Anual	5%	6444,77

**Fuente:** Trabajo investigativo

**Realizado por:** Beltrán Fabián, Pérez Paúl, 2019.

$$\text{Depreciación diaria: } \frac{6444,77 \frac{\text{USD}}{\text{año}}}{365 \frac{\text{días}}{\text{año}}} = 17,66 \frac{\text{USD}}{\text{día}}$$

**Tabla 31. Análisis del financiamiento para la construcción de la planta**

Costo financiero	Tipo	Valor unitario (USD)	Total (USD)
Inversión	Construcción	128895,40	128895,40
Tasa anual	Interés simple (10%)	12889,54	64447,70
<b>Valor Total</b>	-	-	<b>193343,10</b>

**Fuente:** Trabajo investigativo

**Realizado por:** Beltrán Fabián, Pérez Paúl, 2019

**Vida útil proyecto:** 60 meses

**Uso:** 30 días/ mes

$$\text{Costo diario: } \frac{193343,10 \text{ USD}}{60 \text{ meses} * 30 \frac{\text{días}}{\text{mes}}} = 107,41 \frac{\text{USD}}{\text{día}}$$

- **Total**

Costo por construcción de la planta de compostaje:  $17,66 + 107,41 = 125,07 \frac{\text{USD}}{\text{día}}$

#### 4.8.2 OPERACIÓN DE LA PLANTA DE COMPOSTAJE

Para la operación de la planta de compostaje se analizaron los costos que conllevan servicios básicos de la planta, equipos a utilizar para producir el compost, personal de trabajo que incluye chofer, guardia y jornaleros, la adquisición de un camión de

carga frontal, el incremento en el número de contenedores para tener un almacenamiento diferenciado de los residuos sólidos.

#### 4.8.2.1 SERVICIOS BÁSICOS

En la Tabla 32 se encuentran los costos de servicios básicos para el funcionamiento de la planta de compostaje los cuales involucran agua y luz (el mayor consumo energético lo representa la implementación de una máquina trituradora), ya que no es necesario contratar internet y telefonía.

**Tabla 32. Análisis de costos de servicios básicos de la planta de compostaje**

Servicios Básicos	Pago	Valor unitario (USD)	Total (USD)
Agua	Mensual	16,00	16,00
Luz	Mensual	50,00	50,00
<b>Valor Total</b>	<b>Mensual</b>	-	<b>66,00</b>

**Fuente:** Trabajo investigativo

**Realizado por:** Beltrán Fabián, Pérez Paúl, 2019.

**Uso:** 30 días/ mes

$$\text{Costo diario: } \frac{66,00 \text{ USD}}{30 \text{ días}} = 2,20 \frac{\text{USD}}{\text{día}}$$

- **Total**

Costo por servicios básicos de la planta de compostaje:  $2,20 \frac{\text{USD}}{\text{día}}$

#### 4.8.2.2 EQUIPOS

El análisis de costos y financiamiento de equipos (máquina trituradora) y herramientas necesarias para la elaboración del compost se encuentra en la Tabla 33 y 34 respectivamente.

**Tabla 33. Análisis de costos de equipos para la planta de compostaje**

Herramienta	Tipo	Valor unitario (USD)	Total (USD)
Máquina trituradora	Trituradora automática, dimensiones 2 m alto, 1 m largo, 1,5 m ancho. Tritura los residuos, disminuyendo a 3 cm o menos	8340,28	8340,28
Luminarias	LED de alumbrado público (12 luminarias)	56,00	672,00
Inmuebles	Mesa y sillas para reuniones, inmuebles adicionales	623,00	623,00
Horqueta/Pala	Acero con mango metálico (15 palas)	8,00	120,00
Tijeras de podar	Industrial (8 tijeras)	16,00	128,00
Manguera	Flexible con aspersor (5 mangueras)	14,00	70,00
Termómetro	Digital (10 termómetros)	3,00	30,00
Tamices	Bronce Tyler No. 4 a 8 (2 juegos)	90,00	180,00
Papel de pH	Cinta medidora (20 paquetes)	5,00	100,00
Rastrillos	Metálico (15 rastrillos)	7,00	105,00
Carretillas	Metálica (7 carretillas)	35,00	245,00
Baldes	Plásticos (15 baldes)	4,00	60,00
Balanza	Industrial (4 balanzas)	70,00	280,00
Sacos	Lona (500 sacos)	1,00	500,00
Hilos	Industrial (200 hilos)	0,50	100,00
Agujetas	Metálicas (15 agujetas)	1,50	22,50
Machetes	Metálico con mango plástico (10 machetes)	2,50	25,00
Cuchillos	Metálico (10 cuchillos)	2,00	20,00
<b>Valor Total</b>	-	-	<b>11620,78</b>
Depreciación	Anual	10%	1162,08

**Fuente:** Trabajo investigativo

**Realizado por:** Beltrán Fabián, Pérez Paúl, 2019.

$$\text{Depreciación diaria: } \frac{1162,08 \frac{\text{USD}}{\text{año}}}{365 \frac{\text{días}}{\text{año}}} = 3,18 \frac{\text{USD}}{\text{día}}$$

**Tabla 34. Análisis de financiamiento de equipos de la planta de compostaje**

Costo financiero	Tipo	Valor unitario (USD)	Total (USD)
Inversión	Equipos	11620,78	11620,78
Tasa anual	Interés simple (10%)	1162,08	5810,4
<b>Valor Total</b>	-	-	<b>17431,18</b>

**Fuente:** Trabajo investigativo

**Realizado por:** Beltrán Fabián, Pérez Paúl, 2019.

**Vida útil proyecto:** 60 meses

**Uso:** 30 días/ mes

$$\text{Costo diario: } \frac{17431,18 \text{ USD}}{60 \text{ meses} * 30 \frac{\text{días}}{\text{mes}}} = 9,68 \frac{\text{USD}}{\text{día}}$$

- **Total**

$$\text{Costo por equipos de la planta de compostaje: } 3,18 + 9,68 = 12,86 \frac{\text{USD}}{\text{día}}$$

#### 4.8.2.3 PERSONAL DE TRABAJO

Se ha determinado que el personal necesario para la planta de compostaje son seis personas, siendo una el chofer (el mismo del Mercado Mayorista, no paga su sueldo la planta), cuatro jornaleros que se encargaran de elaborar las pilas, producir el compost y demás funciones que amerita la planta y un guardia que se encarga de controlar la seguridad de la planta de compostaje. Según el Ministerio del Trabajo, a los salarios determinados se les debe añadir un factor de 0,26 el cual abarca beneficios de ley (afiliación al seguro social, horas extras, décimo tercera remuneración, décimo cuarta remuneración, fondo de reserva, utilidades etc.), el cual evita el cálculo individual y aproxima al total a cancelar cuando corresponda el beneficio. Al ser una planta con manejo público, el seguro social se lo descuenta de los trabajadores (11,45%) y el resto paga el estado (9,15%). Al pagar un salario

básico al personal de la planta, el factor añadido representa un incremento en 104 dólares, al salario básico (\$400), este representa los beneficios de ley de los trabajadores. El análisis de costos para el personal de trabajo se encuentra en la Tabla 35.

**Tabla 35. Análisis de costos para el personal de la planta de compostaje**

<b>Personal</b>	<b>Función</b>	<b>Salario (USD)</b>
Jornalero (4)	Almacenar la materia orgánica, formar las pilas, controlar los parámetros, ensacar el producto, limpieza de la planta, control de calidad del producto, voltear las pilas, transporte interno de los residuos orgánicos	400,00 c/u <u>1600,00</u>
Guardia	Controlar el acceso y seguridad de la planta de compostaje	<u>400,00</u>
Factor adicional	Beneficios de ley (afiliación al seguro social, horas extras, décimo tercera remuneración, décimo cuarta remuneración, fondo de reserva, utilidades). Valor 0,26%	104,00 <u>520,00</u>
<b>Valor</b>	-	2520,00

**Fuente:** Trabajo investigativo

**Realizado por:** Beltrán Fabián, Pérez Paúl, 2019.

**Trabajan:** 30 días/ mes

$$\text{Costo diario: } \frac{2520,00 \frac{\text{USD}}{\text{mes}}}{30 \frac{\text{días}}{\text{mes}}} = 84,00 \frac{\text{USD}}{\text{día}}$$

- **Uniforme de trabajo**

Abarcan dos uniformes de trabajo (camiseta y pantalón, diferente el del guardia), valorado cada uno en 40,00 dólares, con un total de 80,00 dólares por persona,

siendo 400,00 dólares por los cinco trabajadores (costos y dotación de uniforme del chofer los asume el MMA).

$$\text{Costo diario: } \frac{400,00 \text{ USD}}{60 \text{ meses} * 30 \frac{\text{días}}{\text{mes}}} = 0,22 \frac{\text{USD}}{\text{día}}$$

- **Equipo de protección personal**

Comprende cinco equipos de protección personal (EPP), los cuales contienen botas puntas de acero, camisa, jean, casco con tapones, gafas y guantes (diferente para el guardia), cada uno valorado en 250,00 dólares, con un total de 1250,00 dólares.

$$\text{Costo diario: } \frac{1250,00 \text{ USD}}{60 \text{ meses} * 30 \frac{\text{días}}{\text{mes}}} = 0,69 \frac{\text{USD}}{\text{día}}$$

- **Total**

Costo por personal de trabajo de la planta de compostaje:  $84,00 + 0,22 + 0,69 =$   
 $84,91 \frac{\text{USD}}{\text{día}}$

#### 4.8.2.4 CAMIÓN DE CARGA FRONTAL

Para la adquisición del camión de carga frontal se procedió averiguar los costos en patios de automotores, con el fin de cotizar el precio de un camión de carga frontal. El análisis de costos y financiamiento para el camión se encuentra en la Tabla 36 y 37 respectivamente.

**Tabla 36. Análisis de costos de un camión de carga frontal**

Vehículo	Especificaciones	Valor unitario	Total (USD)
Camión de carga frontal sin compactadora	Marca: Mercedes 7400 sba 6x4 Año: 2014 / Motor: diésel / Modelo: gdt300 Transmisión: automática	155000,00	155000,00

	Volumen útil de caja: 25 m <sup>3</sup> Capacidad: 24 toneladas		
<b>Valor Total</b>	-	-	<b>155000,00</b>
Depreciación	Anual	20%	31000,00

**Fuente:** Trabajo investigativo

**Realizado por:** Beltrán Fabián, Pérez Paúl, 2019.

$$\text{Depreciación diaria: } \frac{31000,00 \frac{\text{USD}}{\text{año}}}{365 \frac{\text{días}}{\text{año}}} = 84,93 \frac{\text{USD}}{\text{día}}$$

**Tabla 37. Análisis de costos de financiamiento para el camión**

<b>Costo financiero</b>	<b>Tipo</b>	<b>Valor unitario (USD)</b>	<b>Total (USD)</b>
Inversión	Camión	155000,00	155000,00
Tasa anual	Interés simple (10%)	15500,00	77500,00
<b>Valor Total</b>	-	-	<b>232500,00</b>

**Fuente:** Trabajo investigativo

**Realizado por:** Beltrán Fabián, Pérez Paúl, 2019.

**Vida útil proyecto:** 60 meses

**Uso:** 30 días/ mes

$$\text{Costo diario: } \frac{232500,00 \text{ USD}}{60 \text{ meses} * 30 \frac{\text{días}}{\text{mes}}} = 129,17 \frac{\text{USD}}{\text{día}}$$

- **Total**

$$\text{Costo por camión de carga frontal: } 84,93 + 129,17 = 214,10 \frac{\text{USD}}{\text{día}}$$

#### 4.8.2.5 CONTENEDORES

Para un correcto almacenamiento diferenciado de los RSO, es necesario adquirir 12 contenedores adicionales a los ya existentes, mismos que se acoplan a la carga frontal del camión y serán distribuidos según la generación de residuos. El análisis de costos y financiamiento de los contenedores se encuentra en la Tabla 38 y 39 respectivamente.

**Tabla 38. Análisis de costos para contenedores**

Adquisición	Tipo	Valor unitario (USD)	Total (USD)
Contenedor	Metálico para carga frontal (12 contenedores)	850,00	10200,00
<b>Valor Total</b>	-	-	<b>10200,00</b>
Depreciación	Anual	10%	1020,00

**Fuente:** Trabajo investigativo

**Realizado por:** Beltrán Fabián, Pérez Paúl, 2019.

$$\text{Depreciación diaria: } \frac{1020,00 \frac{\text{USD}}{\text{año}}}{365 \frac{\text{días}}{\text{año}}} = 2,79 \frac{\text{USD}}{\text{día}}$$

**Tabla 39. Análisis de financiamiento para los contenedores**

Costo financiero	Tipo	Valor unitario (USD)	Total (USD)
Inversión	Contenedores	10200,00	10200,00
Tasa anual	Interés simple (10%)	1020,00	5100,00
<b>Valor Total</b>	-	-	<b>15300,00</b>

**Fuente:** Trabajo investigativo

**Realizado por:** Beltrán Fabián, Pérez Paúl, 2019.

**Vida útil proyecto:** 60 meses

**Uso:** 30 días/ mes

$$\text{Costo diario: } \frac{15300,00 \text{ USD}}{60 \text{ meses} * 30 \frac{\text{días}}{\text{mes}}} = 8,50 \frac{\text{USD}}{\text{día}}$$

- **Total**

$$\text{Costo por contenedores: } 2,79 + 8,50 = 11,29 \frac{\text{USD}}{\text{día}}$$

#### 4.8.3 COSTOS EXTRAS

Los costos extras abarcan el combustible necesario para el funcionamiento del camión de carga frontal, el mantenimiento del vehículo, el mantenimiento de la planta en caso de daños o problemas, la adquisición de herramientas en caso de que alguna no funcione adecuadamente, algún imprevisto (accidente) y los permisos principales necesario de la planta (implementación y funcionamiento). El análisis de costos extras se encuentra en la Tabla 40.

**Tabla 40. Análisis de costos extras de la planta de compostaje**

<b>Costo</b>	<b>Tipo</b>	<b>Valor diario (USD)</b>	<b>Total (USD)</b>
Combustible	Recorrido ida y vuelta	4,93	147,90 mes
Mantenimiento vehículo	Lubricantes, reparaciones generales	0,80	24,00 mes
Mantenimiento planta	Reparaciones generales	0,30	9,00 mes
Herramientas	Reemplazo	0,20	6,00 mes
Imprevistos	Accidentes laborales	0,25	7,50 mes
Registro ambiental	Según el catálogo de actividades del SUIA	0,50	180,00 anual
Permiso de bomberos	Actividades de Gestión de Residuos Orgánicos	0,42	150,00 anual
Permiso de construcción	Sin costo ya que es del GAD Municipal Ambato	-	-
Patente municipal	Sin costo ya que es del GAD Municipal Ambato	-	-
<b>Valor Total</b>	-	<b>7,40</b>	<b>524,40</b>

**Fuente:** Trabajo investigativo

**Realizado por:** Beltrán Fabián, Pérez Paúl, 2019.

**Costo combustible (1 viaje ida y vuelta):**  $36 \text{ km} * 0,5 \frac{\text{litros}}{\text{km}} * 0,274 \frac{\text{USD}}{\text{litro}} = 4,93 \text{ USD}$

**Costo combustible si no se adquiere un nuevo camión (2 viajes ida y vuelta):**

$$72 \text{ km} * 0,5 \frac{\text{litros}}{\text{km}} * 0,274 \frac{\text{USD}}{\text{litro}} = 9,86 \text{ USD}$$

- **Total**

Costos extras de la planta de compostaje (con un nuevo camión):  $7,40 \frac{\text{USD}}{\text{día}}$

Costos extras de la planta de compostaje (si no se adquiere un nuevo

camión):  $12,33 \frac{\text{USD}}{\text{día}}$

#### 4.8.4 COSTOS TOTALES

Se procedió a sumar todos los costos que involucran la construcción, operación y extras de la planta, obteniendo un resultado de 457,83 dólares por día, lo cual representa el valor requerido para el cumplimiento de pagos.

**Costo total:**  $125,07 + 2,20 + 12,86 + 84,91 + 214,10 + 11,29 + 7,40 = 457,83 \frac{\text{USD}}{\text{día}}$

Para una disminución de costos, es necesario utilizar el camión de carga frontal que dispone el Mercado Mayorista, primero para recolectar y transportar los RSO a la planta de compostaje y posteriormente para recolectar y transportar los residuos inorgánicos al nuevo relleno sanitario de Ambato (2 viajes de ida y vuelta). Lo que representaría un aumento en el combustible del camión (12,33 dólares por día), pero una disminución en el costo total. De esta manera ya no es necesario adquirir un nuevo camión, obteniendo un costo total de 248,66 dólares por día.

**Costo total:**  $125,07 + 2,20 + 12,86 + 84,91 + 11,29 + 12,33 = 248,66 \frac{\text{USD}}{\text{día}}$

#### 4.8.5 INGRESOS POR LA PRODUCCIÓN DE COMPOST

Se obtendrán ingresos por la producción del compost cada 90 días (tiempo de retención establecido mediante bibliografía), ya que es el tiempo que se demora en producirse el compost. Se ha determinado que el área útil de 3225 m<sup>2</sup> tiene la capacidad de abarcar 47 pilas y un espacio para el volteo manual. Por lo que se tiene el siguiente análisis:

**Día de mayor producción (lunes):** 7003,56 kg

**Peso específico de los residuos:**  $267,44 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$

**Volumen de cada pila:**  $\frac{7003,56 \text{ kg}}{267,44 \text{ kg/m}^3} = 26,19 \text{ m}^3 \sim 26 \text{ m}^3$

**Peso en cada pila (por las aproximaciones):**  $26 \text{ m}^3 * 267,44 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 6953,44 \text{ kg}$

**Total en peso de todas las pilas:**  $6953,44 \text{ kg} * 47 \text{ pilas} = 326811,68 \text{ kg}$

La relación de producción de compost es de 1/3 (un tercio), es decir de cada 100 kg de RSO se obtienen 33 kg de compost.

**Cantidad de compost:**  $\frac{326811,68 \text{ kg}}{3} = 108937,23 \text{ kg}$  **(del total 1/3 se hizo compost)**

De acuerdo con la "Teoría de precios" de Milton Fridman, se estimó el precio por kg de compost. Para el cálculo, previamente se obtuvo el costo total diario que genera la planta (incluye costos fijos y costos variables), se procedió a determinar el costo que se tendría en 90 días (22379,40 USD), con este valor se procedió a dividirlo para la producción de compost estimada en el mismo tiempo (108937,23 kg), obteniendo el costo que tiene cada kilogramo de compost (0,21 USD/kg). Con el fin de tener ganancias se multiplica por el 115% (ganancia sugerida entre 110% y 120%), teniendo un resultado de 0,24 USD/kg

**Costo total diario:**  $125,07 + 2,20 + 12,86 + 84,91 + 11,29 + 12,33 = 248,66 \frac{\text{USD}}{\text{día}}$

**Costo en 90 días que se produce compost:**  $248,66 \frac{\text{USD}}{\text{día}} * 90 \text{ días} = 22379,40 \text{ USD}$

**Costo por unidad de producción:**  $\frac{22379,40 \text{ USD}}{108937,23 \text{ kg}} = 0,205 \sim 0,21 \frac{\text{USD}}{\text{kg}}$

**Precio de venta por kilogramo=**  $0,21 \frac{\text{USD}}{\text{kg}} * 115\% = 0,24 \frac{\text{USD}}{\text{kg}}$

El peso de los sacos para la venta es de libre elección (se puede proponer cualquier peso). Se estableció la venta de sacos con un peso de 33 kg

**Cantidad de sacos:**  $\frac{108937,23 \text{ kg}}{33 \text{ kg}} = 3301,13 \sim 3301 \text{ sacos de } 33 \text{ kg}$

Los cuáles serán comercializados a 0,24 USD/kilogramo (valor calculado incluye utilidad), dando un total de 7,92 USD el saco de 33 kg, fijando el precio en 7,75 dólares (descuento) para volverse competitivo en el mercado.

**Ganancia en el total de sacos:**  $3301 \text{ sacos} * 7,75 \text{ USD} = 25582,75 \text{ USD}$

**Ganancia diaria:**  $\frac{25582,75 \text{ USD}}{90 \text{ días}} = 284,25 \text{ USD/día}$

Por la producción de compost se tiene ingresos diarios de 284,25 USD, siendo un valor superior a los costos diarios totales de 248,66 USD, lo que evidencia que el proyecto es viable ya que según el análisis de costos se tiene una ganancia diaria de 35,59 USD.

El proyecto no resultaría viable si se adquiere un camión de carga frontal (457,83 USD/día) para recolectar y transportar los residuos sólidos orgánicos, ya que se

tendrían pérdidas diarias de 173,58 USD, por lo que la mejor decisión es utilizar el camión ya existente en el Mercado Mayorista.

Cabe destacar que el compost tiene su mercado objetivo principalmente en los productores que comercializan sus productos en el MMA, los cuales compran el compost con el fin de obtener mejores cosechas y volverse más competitivos en ventas. También se vende el compost a personas externas que lo necesiten para sus cultivos. Las ventas se darán al por mayor y menor, puede variar el porcentaje de utilidad dependiendo el sector de la venta (grandes empresas o pequeños productores).

#### **4.9 PLAN DE MEJORAS**

De acuerdo a los resultados obtenidos, se contempló la necesidad de una propuesta de mejoras en la comercialización de productos agrícolas en el MMA, con el fin de mitigar la afectación al ambiente por la contaminación, la proliferación de vectores, la insalubridad, el deterioro de la salud pública y la belleza estética, controlando los procesos desde la recepción, inspección, compra al productor, almacenamiento, pelado, tratamiento, expendio y eliminación de residuos sólidos, disminuyendo los impactos ambientales negativos y potenciando los positivos para, de esta forma ayudar a producir un desarrollo sustentable.

Las propuestas están delineadas como acciones que se deben priorizar para el mejoramiento en la gestión integral de residuos sólidos del MMA, sugeridas en base a las visitas in situ, realizadas por Paúl Pérez y Fabián Beltrán dentro del presente proyecto de titulación y establecidas dentro de un marco de cooperación a la gestión realizada por el Ing. Luis Yansaguano Gerente de la EP-EMA. Razón por la cual la implementación es opcional y serán financiadas por la gerencia del MMA, entidad que debe determinar los costos de implementación siempre que consideren factibles las siguientes propuestas.

#### 4.9.1 PROPUESTA: AJUSTE EN EL SISTEMA DE CONTENERIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS

Con los datos hallados acerca del volumen de contenedores según las naves presentados en la Tabla 15. Resultados de la caracterización de RS generados en un día, y sabiendo que la capacidad de los contenedores es 2,58 m<sup>3</sup> y 4,54 m<sup>3</sup> Se determinó la Tabla 41.

**Tabla 41. Análisis de los contenedores que exceden su capacidad**

Nave	N° Cont	Peso Total (kg)	Peso unitario (kg)	Volumen Requerido (m <sup>3</sup> )	Volumen Contenedor (m <sup>3</sup> )
A	1	232,78	232,78	0,87	2,58
B	1	617,21	617,21	2,31	4,54
C	1	313,04	313,04	1,17	2,58
D	2	308,95	154,48	0,58	2,58
F	1	307,69	307,69	1,15	2,58
G	1	312,2	312,20	1,17	2,58
H	3	618,7	206,23	0,77	2,58
K	1	310,98	310,98	1,16	2,58
L	1	925,24	925,24	3,46	2,58
M	1	615,7	615,70	2,30	4,54
N	3	618,22	206,07	0,77	2,58
O	6	1537,13	256,19	0,96	2,58
P	4	937,93	234,48	0,88	2,58
Q	1	316,85	316,85	1,18	2,58
R	1	619,42	619,42	2,32	2,58

Fuente: Trabajo investigativo

Realizado por: Beltrán Fabián, Pérez Paúl, 2020.

Al analizar el volumen de los contenedores y el volumen requerido para almacenar los RS, se determinó la existencia de un contenedor en la Nave L (cebolla rama y tomate de árbol), el cual no tiene la capacidad suficiente para almacenar los residuos que se generan en esta nave. El excedente en el contenedor es 1,08 m<sup>3</sup> mayor al contemplado (2,58 m<sup>3</sup>), por lo que se necesita implementar un contenedor

adicional para abarcar la cantidad de residuos sólidos generados en la nave L. La propuesta tiene varios fines, entre los cuales están:

- Implementar un contenedor adicional en la nave L.
- Dictar a la asociación de comerciantes una capacitación acerca del uso de los contenedores.

Las encuestas junto con la visita de campo evidenciaron la necesidad de capacitación en “disposición de los residuos en contenedores” a los comerciantes del mercado y la falta de colaboración de la población en general para tenerlos en buenas condiciones. Para contrarrestar la falta de cooperación de los usuarios se propone un programa de capacitación en los que se impartan charlas acerca del buen uso de los contenedores y los nuevos usos a los residuos sólidos generados por medio de técnicas de compostaje, creando conciencia de forma permanente a los involucrados directos en la generación de RS.

La Administración del Mercado Mayorista de Ambato y la Asociación de Comerciantes deben involucrarse de forma participativa, con el objetivo de conseguir progresos que beneficien a todos los involucrados y evidenciar las falencias del sistema de contenerización de residuos sólidos en el MMA.

#### **4.9.2 PROPUESTA: SEPARACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS**

Las encuestas claramente mostraron la predisposición de los comerciantes a colaborar con el cuidado del ambiente respecto a la clasificación en la fuente de RS. Pues los contenedores diferenciados resultan una forma práctica de mitigar la contaminación ambiental producida por la generación de residuos. Esta propuesta de separación de residuos busca los siguientes objetivos:

- Capacitar a los comerciantes con charlas de sensibilización enfocadas en la clasificación de residuos por contenedores.
- Fomentar a los comerciantes el manejo adecuado y eficiente de los residuos sólidos en el MMA.

La propuesta se enfoca en los usuarios del mercado como son los comerciantes, productores y consumidores. Para lo cual se pretende capacitar a los usuarios acerca de la “clasificación de RS en la fuente con ayuda de contenedores diferenciados” según la norma técnica INEN 2841. La distribución técnica de los contenedores se encuentra en la Tabla 42.

**Tabla 42. Distribución Técnica de los Contenedores**

<b>Nave</b>	<b>N° cont</b>	<b>Peso orgán (kg/día)</b>	<b>Peso inorgán (kg/día)</b>	<b>Vol. Orgánico (m)</b>	<b>Vol. Inorgánico (m)</b>	<b>Vol. Cont. (m)</b>	<b>N° Cont. Orgánico</b>	<b>N° Cont. Inorgánico</b>
A	1	129,23	103,55	0,55	0,68	2,58	1	1
B	1	270,78	346,43	1,15	2,29	4,54	1	1
C	1	95,46	217,58	0,41	1,44	2,58	1	1
D	2	271,13	37,82	1,15	0,25	2,58	2	1
F	1	187,53	120,16	0,80	0,79	2,58	1	1
G	1	221,94	90,26	0,94	0,60	2,58	1	1
H	3	303,19	315,51	1,29	2,08	2,58	2	2
K	1	204,51	106,47	0,87	0,70	2,58	1	1
L	1	655,79	269,45	2,79	1,78	2,58	1	1
M	1	406,48	209,22	1,73	1,38	4,54	1	1
N	3	355,88	262,34	1,51	1,73	2,58	2	1
O	6	1357,37	179,76	5,77	1,19	2,58	5	1
P	4	752,4	185,54	3,20	1,23	2,58	3	1
Q	1	186,83	130,03	0,79	0,86	2,58	1	1
R	1	538,08	81,34	2,29	0,54	2,58	1	1
<b>TOT</b>	<b>28</b>	<b>5936,6</b>	<b>2655,45</b>	<b>-</b>			<b>24</b>	<b>16</b>

**Fuente:** Trabajo investigativo

**Realizado por:** Beltrán Fabián, Pérez Paúl, 2020.

Debido al análisis determinado en la tabla 42. Se aumenta 12 contenedores adicionales a los ya presentes en las 15 naves en estudio. El total de contenedores orgánicos e inorgánicos contemplados para realizar el almacenamiento

diferenciado de residuos es de 40. Debido a la existencia de 28 contenedores, se necesita aumentar 12 contenedores, esta cifra incluye 1 contenedor contemplado como faltante para la Nave L y 11 para el almacenamiento diferenciado, dando un total de 12 contenedores adicionales para empezar con la recolección separada de residuos orgánicos e inorgánicos y evitar desbordes en los mismos.

#### **4.9.3 PROPUESTA: CONVENIO DE RECICLAJE DE RESIDUOS SÓLIDOS INORGÁNICOS CON EL “GREMIO DE RECICLADORES DE AMBATO”**

El reciclaje de los residuos sólidos inorgánicos busca garantizar la gestión integral de los residuos promoviendo la cultura ambiental en Ambato. Por tal razón se desarrolla una propuesta de convenio con el gremio de recicladores con los siguientes objetivos:

- Recolectar diariamente los residuos inorgánicos del MMA que presenten características óptimas para el reciclaje, sin dejar los residuos fuera de los contenedores.
- Incentivar la unión de nuevas empresas recicladoras, para disminuir los tiempos de recolección de los materiales que resulten reciclables.

Está previsto que del 100% de las ganancias generadas por el reciclaje, solo el 5% sea destinado al MMA, ya que el mercado obtiene ingresos por otras actividades, siendo una pequeña fuente alterna de ingresos y que pueden servir para mejoras en la planta de compostaje propuesta. La idea del reciclaje es involucrar a la comunidad con el cuidado y manejo ambiental de los residuos. Los residuos sólidos inorgánicos que no presenten condiciones de reciclaje serán recolectados y transportados al nuevo Relleno Sanitario de Ambato.

#### **4.9.4 PROPUESTA: IMPLEMENTACIÓN DE BATERÍAS SANITARIAS MÓVILES**

La higiene y salubridad del mercado se ve reducida debido al cierre de las de baterías sanitarias a las 17h00 ya que las personas aún presentes en el mercado no pueden hacer uso de las mismas.

Los días domingo, lunes y miércoles los productores realizan la descarga de sus productos en la madrugada, horario en el que los baños se encuentran cerrados, por lo que las personas realizan sus necesidades en sitios no autorizados, dañando la imagen y la salubridad del MMA. Para esta propuesta se incluyen los siguientes objetivos:

- Implementar baterías sanitarias móviles en las diferentes zonas del MMA.
- Aumentar la higiene y salubridad dentro de las instalaciones del mercado.

Se implementará un total de 16 baterías sanitarias móviles en las diferentes zonas del MMA, esto debido al número de comerciantes presentes en cada nave según la Tabla 22. y agrupados en zonas como lo muestra la Tabla 43.

**Tabla 43. Baterías Sanitarias según zonas.**

Zona	Naves	Comerciantes	#Baterías Sanitarias
1	A, B, C, R	268	Se necesitan 2 baterías sanitarias por cada género, en total 4 por cada zona
2	D, E, F, G, H, I, Z	394	
3	J, K, L, LL, M, N, Ñ	591	
4	O, P, Q	297	
<b>Total</b>			<b>16</b>

**Fuente:** ((Ministerio de Turismo, 2012).

**Realizado por:** Beltrán Fabián, Pérez Paúl, 2020.

En donde para cada zona las baterías sanitarias móviles serán utilizadas por los presentes dentro de las instalaciones del mercado, en horarios fuera de la jornada laboral (8h00 a 17h00).

Fomentando el uso de las baterías sanitarias móviles se pretende acrecentar la asepsia de las instalaciones y mejorar el ornato del MMA.

#### **4.9.5 PROPUESTA: AJUSTE DE LA RUTA DE BARRIDO**

Se determinaron ciertos inconvenientes en la ruta de barrido, ya que no abarca ciertos lugares del mercado, lo que provoca acumulación de basura y la respectiva dispersión por el viento. Por lo que la ruta actual de barrido no resulta eficiente, generando contaminación. Por estas razones se plantean los siguientes objetivos:

- Implementar una nueva ruta de barrido cubriendo todos los espacios del MMA.
- Realizar reuniones con el personal, para dar a conocer la nueva ruta de barrido.

La ruta de barrido es el camino trazado técnicamente para la recolección de residuos de todas las naves del mercado y lo utilizan las brigadas de limpieza para que su trabajo resulte eficiente y cómodo. Por lo tanto, se debe introducir para su debida implementación la ruta de barrido presentada en el **ANEXO 12**, la cual comienza en el cuadro azul junto a la Nave R y sigue el trazado amarillo (el cual toma en cuenta la accesibilidad de barrenderos y las carretillas, evitando desniveles o gradas), terminando en el mismo punto de inicio. El personal actual de barrido (año 2020) es de 4 personas, los cuales se dividen 2 en turno matutino y 2 en turno vespertino, siendo suficientes para el barrido, por lo que se modificó solo la ruta mas no el horario de recolección o los turnos a realizar.

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **5.1 CONCLUSIONES**

- El proyecto implementado aporta al desarrollo de Ambato, al disminuir en promedio 5936,60 kg de residuos sólidos orgánicos que se depositan en el relleno sanitario de la ciudad, alargando su vida útil y en parte disminuyendo la generación de lixiviados. Conjuntamente produce compost con los RSO generados en el MMA mediante pilas por volteo manual, el cual es utilizado como acondicionador natural del suelo, mejorando los cultivos y a su vez generando ganancias para el MMA y el GAD Municipal de Ambato con la venta del mismo.
- La metodología escogida para la producción de compost con RSO provenientes del Mercado Mayorista mediante pilas con volteo manual, resultó adecuada al superar el 1 m<sup>3</sup> de generación de residuos sólidos. Además, que el volteo manual realizado cada 15 días, permite homogenizar el material orgánico, aumentar la porosidad del sustrato, mejorar la aireación, y distribuir correctamente a los microorganismos presentes en la pila, produciendo un compost de buena calidad.
- Los residuos sólidos orgánicos que se generan en el MMA son aptos para el compostaje, ya que mediante la relación de SV/ST se obtuvo una capacidad de compostaje de 0,605, la cual es mayor al valor referencial de 0,6. Esto indica una alta relación entre los sólidos volátiles y los sólidos totales, por lo que los RSO son suficientes para la producción de compost.
- La caracterización realizada en el Mercado Mayorista de Ambato, permitió identificar la cantidad de residuos sólidos que ahí se generan, teniendo un promedio de 8592,05 kg/día, de los cuales el 64,88% es orgánico y el 35,12% es

inorgánico. También permitió visualizar las falencias del MMA en la contenerización de los residuos sólidos ya que se determinó que el contenedor de la Nave L supera su capacidad, provocando desbordes, por lo que es necesario implementar un contenedor adicional.

- El valor obtenido de la tasa de generación per cápita para el MMA es de 0,816 kg/hab\*día, el cual resulta alto en comparación con la tasa de Quito de 0,117 kg/hab\*día en mercados, donde la producción per cápita total está definida como la suma de las diferentes producciones per cápita según el tipo de generador, mientras en el presente estudio se determinó únicamente la producción per cápita del mercado analizándose el total de la producción de RS diaria, con respecto a la población total presente en el mercado, utilizando los datos censales actualizados por la EP-EMA.
- El peso específico de los residuos sólidos en el MMA se determinó en 267,44 kg/m<sup>3</sup> valor que se encuentra sobre el valor de 206,25 kg/m<sup>3</sup>, determinado por la dirección comercial del MMA en el año 2012, con un aumento del 29,67%, lo que implica que los residuos sólidos ocupan un volumen cada vez mayor, por lo cual incita a tomar medidas con respecto a la gestión integral de residuos sólidos por parte de la Administración del MMA, con planes como la creación de la planta de compostaje para la reducción de los residuos sólidos en Ambato.
- Se aplicó 37 encuestas a los comerciantes de las diferentes naves del Mercado Mayorista, las cuales arrojaron resultados sobre la disposición para realizar el compostaje, la existencia de contaminación en el mercado y la evidencia de los problemas en el mismo. En respuesta a las encuestas se tiene que el 97% de los comerciantes están dispuestos a colaborar almacenando los residuos de forma diferenciada y muestran interés en solucionar el problema de los residuos al interior del MMA mediante el compostaje siempre y cuando los gastos sean asumidos por el GAD Municipal de Ambato, sin incrementar valores a los comerciantes del mercado, mientras que el 3% sobrante requiere de incentivos económicos para colaborar con la causa. Las encuestas permitieron conocer la

realidad sobre la contaminación en el mercado, por respuestas de la mayoría de comerciantes se determina que el origen de la contaminación radica en la falta de: capacitaciones, predisposición de las personas del mercado en mantener el aseo y depositar adecuadamente los residuos, sobre todo se nombra como generadores a las personas que descargan los productos de los camiones, los cuales arrojan residuos alrededor de las Naves. Se determinó que la población del mercado colaborará con el proyecto, solo si las mejoras son gratuitas, sin involucrar gastos al comerciante.

- El diseño propuesto de 3225 m<sup>2</sup> de área útil con dimensiones de 75 m de largo y 43 m de ancho, conjunto con la cantidad promedio de 5936,60 kg/día de RSO que se genera en el MMA, hace posible la formación de 47 pilas y un espacio para el volteo manual, obteniendo 108937,23 kg de compost cada 90 días, lo que hace viable al proyecto.
- La evaluación de impactos ambientales del Mercado Mayorista de Ambato identifica impactos críticos negativos en el medio antrópico debido a la falta de higiene y salubridad, provocados por el cierre de los de servicios higiénicos cuando todavía hay personas presentes en el mercado, lo que los obliga a utilizar lugares no aptos para realizar sus necesidades básicas.
- La evaluación de impactos ambientales de la planta de compostaje muestra a la salud pública como impacto crítico positivo, al involucrar el tratamiento de los RSO generados por el expendio de productos agrícolas dentro de la gestión integral de residuos sólidos mediante el compostaje, conllevando al bienestar de la sociedad y al equilibrio con el ambiente.
- El análisis de costos del diseño y operación de la planta de compostaje de 3225 m<sup>2</sup> de área útil y 7700 m<sup>2</sup> de área total, determinó que el proyecto resulta totalmente viable, al producir 108937,23 kg de compost cada 90 días y generar ingresos diarios de 284,25 USD, superando a los costos diarios totales de 248,66 USD, obteniendo una ganancia diaria de 35,59 USD, la cual puede ser invertida

en el incremento de producción de la planta o en proyectos que potencien a la ciudad. El proyecto no resultaría viable si se adquiere un camión de carga frontal para recolectar y transportar los residuos sólidos orgánicos, ya que se gastarían diariamente 457,83 USD, generando pérdidas de 173,58 USD diarios, por lo que la mejor decisión para que el proyecto continúe siendo viable, es utilizar el camión ya existente en el Mercado Mayorista.

- Se estableció un plan de mejoras, en el cual se busca solucionar las falencias encontradas en el Mercado Mayorista, incentivar a la producción de compost y al reciclaje. Las acciones propuestas mejoran la gestión de los residuos sólidos y hacen real la posibilidad de construir la planta de compostaje, ya que: promueven el almacenamiento diferenciado de los residuos orgánicos e inorgánicos, aumentan la cantidad de contenedores, ajustan la ruta de barrido, mejoran la salubridad y el aspecto visual del mercado. Esto mediante la planificación e implementación de propuestas objetivas, campañas y capacitaciones para crear conciencia ambiental en las personas que laboran diariamente en el MMA.
- El desarrollo del proyecto evidenció la falta de conciencia ambiental por parte del GAD Municipal de Ambato, el cual no ha desarrollado proyectos para disminuir la contaminación que se genera en los mercados de la ciudad, el apartado de la basura es un foco de insalubridad y generación de enfermedades que debe ser tratado con mayor interés. Además, mediante el proyecto de la planta de compostaje se promueve iniciativas para disminuir los residuos sólidos generados y obtener ganancias con la mejor gestión de los mismo, conjuntamente se promueve acciones para crear una conciencia ambiental y mejorar la estética de Ambato.

## 5.2 RECOMENDACIONES

- Se sugiere implementar las propuestas establecidas en el Plan de Mejoras, ya que fueron creadas como ejes fundamentales para la ejecución y viabilidad del proyecto. Al necesitar recursos económicos para la implementación, deben trabajar conjuntamente la EP- EMA y el GAD Municipal de Ambato ya que es un proyecto que beneficia a la ciudad.
- Se recomienda la colocación de 12 nuevos contenedores, cantidad que fue determinada en el plan de mejoras. Este aumento permite la ejecución del proyecto al disponer de un almacenamiento diferenciado de los residuos sólidos, lo que facilita la recolección y transporte de la parte orgánica hacia la planta de compostaje, haciendo viable el proyecto.
- Se recomienda considerar a la metodología aplicada en el proyecto como un plan piloto, para replicar en otros mercados. Con el fin de disminuir considerablemente los residuos sólidos que llegan al relleno sanitario, aumentando su vida útil, encontrando fuentes de trabajo para los ambateños y desarrollando proyectos sustentables que permitan ingresos económicos con el tratamiento adecuado de los residuos ya sea por compostaje (orgánico) o reciclaje (inorgánico).
- La adquisición de un nuevo camión de carga frontal representa pérdidas diarias en la planta de compostaje (151,04 USD/día), por lo que se recomienda utilizar el camión de recolección que dispone actualmente el MMA, solamente aumentando los gastos que representa el viaje adicional al nuevo relleno sanitario (valores calculados en análisis de costos), permitiendo que el proyecto sea viable.
- Se sugiere la implementación de proyectos de reciclaje que involucren a los residuos sólidos inorgánicos del Mercado Mayorista como botellas, cartones, vidrio, bolsas, etc. Con el fin de obtener la mayor cantidad de ganancias y

contribuir al ingreso de estos residuos en un nuevo proceso de producción, formando ciclos y optimizando la utilización de recursos.

- Para fomentar la conciencia ambiental no solo en los comerciantes del Mercado Mayorista, sino en la población ambateña, se recomienda desarrollar campañas mediante charlas sobre la correcta disposición de los residuos en los contenedores, esto en los principales focos de generación de basura y para llegar a la población en general crear propagandas televisivas que fomenten la educación ambiental.
- Se recomienda involucrar el estudio de técnicas eficientes de mercadeo con el fin de minimizar los costos que deba pagar el consumidor con respecto al producto, a través de la vinculación de estudiantes de ingenierías en ciencias económicas y financieras con proyectos complementarios referentes al presente estudio.
- El personal del Mercado Mayorista de Ambato debe tomar en cuenta la evaluación de impactos realizada en este proyecto, para que conozcan los puntos específicos en los que están fallando y de esta manera ejecuten acciones para solucionarlos, convirtiéndose en uno de los mejores mercados del Ecuador y permitiendo que sus avances sean replicados en otros mercados.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Amigos de la Tierra. (2008). *MANUAL DE COMPOSTAJE (Primera Ed; G. de España, ed.)*. Recuperado de [http://www.resol.com.br/cartilhas/manual\\_de\\_compostaje.pdf](http://www.resol.com.br/cartilhas/manual_de_compostaje.pdf)
- André, F., & Cerdá, E. (2006). *Gestión de residuos sólidos urbanos Análisis económico y políticas públicas. Información Económica Española*, 71, 71–88. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2249708>
- APROLAB. (2007). *Manual para la Producción de Compost con microorganismos eficaces (Primera Ed; APROLAB, ed.)*. Recuperado de [https://drive.google.com/file/d/1ej\\_Us9H5nLNclZRlmuw9yNk\\_xwrKTWmA/view](https://drive.google.com/file/d/1ej_Us9H5nLNclZRlmuw9yNk_xwrKTWmA/view)
- Arias, P., & Seilles, M. (2016). *Información Ambiental en hogares 2014*. Recuperado de [https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas\\_Ambientales/Hogares\\_2014/Documento\\_tecnico\\_Modulo\\_Ambiental\\_Hogares\\_2014.pdf](https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas_Ambientales/Hogares_2014/Documento_tecnico_Modulo_Ambiental_Hogares_2014.pdf)
- Barrena, R. (2006). *Compostaje de residuos sólidos orgánicos. Aplicación de técnicas respirométricas en el seguimiento del proceso. Universidad Autónoma de Barcelona*.
- Benítez, J., Betancourt, P., & Melo, L. (2012). *Instructivo de la normativa general para promover y regular la producción Orgánica-Ecológica-Biológica. (Primera Ed; MAGAP & AGROCALIDAD, Eds.)*.
- Breña, A., & Jacobo, M. (2006). *Principios y fundamentos de la hidrología superficial. Universidad Autónoma Metropolitana*, 288. Recuperado de [http://www.uamenlinea.uam.mx/materiales/licenciatura/hidrologia/principios\\_fundamentos/libro-PFHS-05.pdf](http://www.uamenlinea.uam.mx/materiales/licenciatura/hidrologia/principios_fundamentos/libro-PFHS-05.pdf)
- Brito, H., Robalino, P., Espinoza, M., Yaulema, F., Freire, P., Moreno, N., ... Inca, M. (2016). *Diseño De Un Sistema De Gestión Integral Para El Manejo De Residuos Sólidos En El Mercado “La Merced”*. *European Scientific Journal, ESJ*, 12(11), 484. <https://doi.org/10.19044/esj.2016.v12n11p484>
- Bueno, P., Cabrera, F., & Díaz, M. (2008). *Factores que afectan al proceso de*

- Compostaje (Universidad de Huelva). Recuperado de [http://digital.csic.es/bitstream/10261/20837/3/Factores que afectan al proceso de compostaje.pdf](http://digital.csic.es/bitstream/10261/20837/3/Factores%20que%20afectan%20al%20proceso%20de%20compostaje.pdf)
- Cabildo, M., Claramunt, R., Cornago, R., Escolástico, C., Esteban, S., Farrán, M., ... Sanz, D. (2008). *Reciclado y Tratamiento de Residuos* (Primera ed). Recuperado de <http://ebookcentral.proquest.com/lib/epnsp/detail.action?docID=3199391>
- Cantanhede, A., Monge, G., Sandoval, L., & Caycho, C. (2006). *Procedimientos Estadísticos Para Los Estudios De Caracterización De Residuos Sólidos*. *Aidis*, 1(1), 1–5. <https://doi.org/10.1007/s13398-014-0173-7.2>
- Casas, J., Donado, J., & Repullo, J. (2003). *La encuesta como técnica de investigación. Elaboración de cuestionarios y tratamiento estadístico de los datos (I)*. *Atención Primaria*, 31(8), 527–538. [https://doi.org/10.1016/S0212-6567\(03\)70728-8](https://doi.org/10.1016/S0212-6567(03)70728-8)
- Castillo, M. (2012). *Consultoría para la realización de un estudio de caracterización de Residuos Sólidos Urbanos Domésticos para el distrito metropolitano de Quito*. Quito, Ecuador.
- Castrillón, O., & Puerta, S. M. (2004). *Impacto del manejo integral de los residuos sólidos en la corporación universitaria lasallista*. *Revista Lasallista de Investigación*, 1(1), 15–21. Recuperado de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=69511003>
- Centro de Recursos Ambientales de Navarra. (2005). *Los residuos sólidos urbanos. Materiales educativos sobre RSU*. Recuperado el 2 de octubre de 2019, de [http://www.crana.org/es/residuos/mas-informacion\\_6/las-causas](http://www.crana.org/es/residuos/mas-informacion_6/las-causas)
- Código Orgánico del Ambiente. (2017). *Código Orgánico del Ambiente* (Asamblea Nacional, Ed.). Recuperado de [www.lexis.com.ec](http://www.lexis.com.ec)
- Competencias de Gestión Ambiental De Gobiernos Descentralizados. (2015). *Competencias de Gestión Ambiental De Gobiernos Descentralizados*. Quito, Ecuador.
- Compromiso Empresarial para el Reciclaje. (1998). *Residuos Sólidos Urbanos. Manual de Gestión Integral* (Primera ed; Instituto de Pesquisas Tecnológicas & Asociación para la Defensa del Ambiente y de la Naturaleza de Venezuela,

- Eds.). Recuperado de [http://www.cempre.org.uy/docs/manual\\_girsu/capitulo\\_1\\_y\\_capitulo\\_2.pdf](http://www.cempre.org.uy/docs/manual_girsu/capitulo_1_y_capitulo_2.pdf)
- Conesa, V. (2006). *Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental* (Cuarta Edi, Vol. 3; Mundi Prensa, Ed.). Recuperado de <http://www.sinab.unal.edu.co/?q=node/46>
- Constitución de la República del Ecuador. (2008). *Constitución de la República del Ecuador* (Asamblea Nacional Constituyente, Ed.). Recuperado de [www.lexis.com.ec](http://www.lexis.com.ec)
- Coral, P., Escandón, S., & Mosquera, B. (2010). *Abonos orgánicos, protegen el suelo y garantizan alimentación sana. Manual para la elaborar y aplicar abonos y plaguicidas orgánicos* (Primera Ed; N. Puente, Ed.). Quito, Ecuador: Septiembre 2010.
- Costa, F., García, C., Hernández, T., & Polo, A. (1995). *Problemática, clasificación y gestión de los residuos sólidos urbanos*. Recuperado el 9 de octubre de 2019, de [https://www.infoagro.com/documentos/problemativa\\_\\_clasificacion\\_y\\_gestion\\_\\_residuos\\_solidos\\_urbanos.asp](https://www.infoagro.com/documentos/problemativa__clasificacion_y_gestion__residuos_solidos_urbanos.asp)
- El Heraldo. (2018, abril 2). *Relleno Sanitario de Ambato, dos años de vida útil*. Recuperado de <https://www.elheraldo.com.ec/relleno-sanitario-ambato-dos-anos-vida-util/>
- EP-EMA. (2012). *ESTUDIO DESECHOS SOLIDOS EP-EMA MARZO – 2012*. Ambato.
- Fabara, D. L. (2011). *Diagnóstico, caracterización y propuesta de tratamiento de los lixiviados generados en el relleno sanitario de la ciudad de Ambato proyecto previo a la obtención del título de ingeniero Ambiental* (Escuela Politécnica Nacional). Recuperado de <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/3952>
- Freire, P. (2015). *Diseño de un Sistema de Gestión Integral para el Manejo de Residuos Sólidos en el Mercado La Merced* (Escuela Superior Politécnica de Chimborazo). Recuperado de <http://dspace.espace.edu.ec/handle/123456789/4877>
- Gordillo, F., Guzmán, M., Casilla, I., & Rubira, A. (2017). *Efecto de residuos de producción de azúcar en la altura del compost*. *Ecociencia*, 4(3), 75–90.

- <https://doi.org/1390-9320>
- Grijalva, N. (2013). *Degradación de residuos vegetales mediante inoculación con cepas microbianas*. En Universidad Tecnológica Equinoccial. Quito, Ecuador.
- Huerta, Ó., López, M., Soliva, M., & Zaloña, M. (2008). *Compostaje de residuos municipales (Escuela Superior de Agricultura de Barcelona, Ed.)*. Recuperado de [https://upcommons.upc.edu/bitstream/2117/9086/1/Compostaje+de+Residuos+Municipales\\_ESAB\\_CAS.pdf](https://upcommons.upc.edu/bitstream/2117/9086/1/Compostaje+de+Residuos+Municipales_ESAB_CAS.pdf)
- IEOS. (2014). *Normas Para Estudio y Diseño de Sistemas de Agua Potable y Disposición de Aguas Residuales para Poblaciones Mayores a 1000 Habitantes*. <https://doi.org/10.07>
- INAMHI. (2015). *Determinación de ecuaciones para el cálculo de intensidades máximas de precipitación*. Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, (2), 282. Recuperado de [http://www.serviciometeorologico.gob.ec/Publicaciones/Hidrologia/ESTUDIO\\_DE\\_INTENSIDADES\\_V\\_FINAL.pdf](http://www.serviciometeorologico.gob.ec/Publicaciones/Hidrologia/ESTUDIO_DE_INTENSIDADES_V_FINAL.pdf)
- INEC. (2010). *Fascículo Provincial Tungurahua*. Recuperado de <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/wp-content/descargas/Manualateral/Resultados-provinciales/tungurahua.pdf>
- INEC. (2017). *Gestión de Residuos Sólidos GAD Municipales 2017*. Recuperado de [https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas\\_Ambientales/Municipios\\_2017/Residuos\\_solidos\\_2017/PRES\\_ENTACION\\_RESIDUOS\\_2017.pdf](https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas_Ambientales/Municipios_2017/Residuos_solidos_2017/PRES_ENTACION_RESIDUOS_2017.pdf)
- INVIAS. (2009). *Manual de Drenaje para carreteras (H. Flórez & A. Bolaños, Eds.)*. Bogotá, Colombia.
- Jara, L. (2016). *Oportunidades de Valorización mediante compostaje de los Residuos Orgánicos de origen Urbano y afines en Ecuador: Propuesta de Gestión para la provincia de Chimborazo*. (Universidad Miguel Hernández). Recuperado de [http://dspace.umh.es/bitstream/11000/2770/1/TD\\_Jara\\_Samaniego%2C\\_Lourdes\\_Janneth.pdf](http://dspace.umh.es/bitstream/11000/2770/1/TD_Jara_Samaniego%2C_Lourdes_Janneth.pdf)
- Kumar, V., & Singh, K. (2001). *Enriquecimiento de vermicompost por fijación de nitrógeno y bacterias solubilizadoras de fosfato*. Tecnología Bioresource.

- [https://doi.org/10.1016 / s0960-8524 \(00\) 00061-4](https://doi.org/10.1016 / s0960-8524 (00) 00061-4)
- López, E. (2018). *Reciclaje en Ambato*. Recuperado el 6 de enero de 2020, de EPM-GIDSA website: <http://www.epmgidsa.gob.ec/inicio/category/reciclaje/>
- López, R. (1995). *Elementos de Diseño Para Acueductos y Alcantarillados (Segunda; C. Salazar, Ed.)*. Recuperado de <https://es.scribd.com/document/343429446/Elementos-de-Diseno-Para-Acueductos-y-Alcantarillados-Ricardo-Alfredo-Lopez-Cualla>
- Manzano, G. (2011). *LAS AGUAS RESIDUALES Y SU INCIDENCIA EN LA CALIDAD DE VIDA DE LOS HABITANTES DEL BARRIO EL ROSARIO PERTENECIENTES A LA PARROQUIA SAN MIGELITO DEL CANTÓN PÍLLARO PROVINCIA DE TUNGURAHUA (Universidad Técnica de Ambato)*. Recuperado de [https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/1180/1/Tesis\\_628 - Manzano Roldán María Gabriela.pdf](https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/1180/1/Tesis_628_-_Manzano_Roldán_María_Gabriela.pdf)
- Mejía, S., & Ramos, S. (2019). *Aprovechamiento de Residuos Sólidos Orgánicos de la empresa Pública Municipal Mancomunada de Aseo de los Cantones Colta, Alausí y Guamote, mediante tratamientos biológicos, compostaje, co-compostaje, vermicompostaje y takakura. (Escuela Superior Politécnica de Chimborazo)*. Recuperado de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/10799>
- Ministerio de Turismo. (2012). *Reglamento Control Baterías Sanitarias en Establecimientos. Acuerdo Ministerial 2*. Recuperado de [www.lexis.com.ec](http://www.lexis.com.ec)
- Ministerio del Ambiente. (2015). *Acuerdo Ministerial No. 061 REFORMA DEL LIBRO VI DEL TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACIÓN SECUNDARIA*. Quito, Ecuador.
- Ministerio del Ambiente de Perú. (2015). *Guía metodológica para el desarrollo del Estudio de Caracterización para Residuos Sólidos Municipales (EC-RSM) (Primera Ed.)*. Recuperado de <http://redrrss.minam.gob.pe/material/20150302182233.pdf>
- Ministerio para la Transición Ecológica. (2006). *Sistemas de tratamiento*. Recuperado el 8 de octubre de 2019, de Ministerio para la Transición Ecológica website: <https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion->

*ambiental/temas/prevencion-y-gestion-residuos/flujos/domesticos/gestion/sistema-tratamiento/Tratamientos-biologicos-compostaje.aspx*

Muñoz, M. (2008). *Manual de Manejo de Residuos Sólidos Urbanos (Primera; ASAMTECH CIA LTDA, Ed.)*. Quito, Ecuador: Noviembre 2008.

Muñoz, M., & Aldás, M. B. (2017). *Sistemas de depuración de aguas residuales (2017a ed.; M. Calahorrano, Ed.)*. Recuperado de <http://biblioteca.epn.edu.ec/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=70625>

Negro, M., Villa, F., Aibar, J., Alarcón, R., Cristóbal, M., De Benito, A., ... Zaragoza, C. (2000). *Producción y Gestión del Compost*. En *Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (Vol. 88)*. Recuperado de [https://books.google.com.ec/books/about/Producción\\_y\\_gestión\\_del\\_compost.html?id=fOoY\\_gAACAAJ&redir\\_esc=y](https://books.google.com.ec/books/about/Producción_y_gestión_del_compost.html?id=fOoY_gAACAAJ&redir_esc=y)

OPS. (2002). *Análisis Sectorial de Residuos Sólidos de Ecuador*. En *Organización Mundial de la Salud*. Recuperado de <http://www.bvsde.paho.org/bvsars/e/fulltext/analisis/ecuador.pdf>

OPS, & CEPIS. (2005). *Guía Para Caracterización de Residuos Sólidos Domiciliarios*. En O. P. de la S. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (Ed.), *Hojas de divulgación técnica. Procedimientos estadísticos para los estudios de caracterización de residuos sólidos (Primera ed.)*. Recuperado de [https://www.academia.edu/23969592/ANEXO\\_2\\_GUÍA\\_PARA\\_CARACTERIZACIÓN\\_DE\\_RESIDUOS\\_SÓLIDOS\\_DOMICILIARIOS](https://www.academia.edu/23969592/ANEXO_2_GUÍA_PARA_CARACTERIZACIÓN_DE_RESIDUOS_SÓLIDOS_DOMICILIARIOS)

*Ordenanza manejo Integral de Residuos Solidos del Cantón Ambato*. (2017). *Ordenanza manejo Integral de Residuos Solidos del Cantón Ambato*. Recuperado el 9 de octubre de 2019, de <http://www.epmgidsa.gob.ec/inicio/download/ordenanza-manejo-integral-de-residuos-solidos-del-canton-ambato/>

Orosco, P., & Soria, M. (2008). *Bioremediación de vegetación contaminada con petroleo por derrames en el campamento Guarumo-Petroproducción*. Recuperado de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/225/1/236T0009.pdf>

- Penido, J., Leite, G., & Segala, K. (2006). *Manual de gestión integrada de residuos sólidos municipales en ciudades de América Latina y el Caribe*. En Instituto Brasileño de Administración Municipal (Ed.), Instituto Brasileño de Administración Municipal (Primera Ed). Recuperado de [http://www.ibam.org.br/media/arquivos/estudos/girs\\_esp.pdf](http://www.ibam.org.br/media/arquivos/estudos/girs_esp.pdf)
- Pozo, D. (2013). *Estudio del proceso de trituración de los residuos sólidos orgánicos para reducir la contaminación residual en el Mercado Mayorista de Ambato*. Universidad Técnica de Ambato.
- Red Hidrometeorologica de Tungurahua. (2019). *Gobiernos Autonomo Descentralizado Provincial de Tungurahua*. Recuperado el 9 de octubre de 2019, de [http://rrnn.tungurahua.gob.ec/red/promedios\\_mensuales](http://rrnn.tungurahua.gob.ec/red/promedios_mensuales)
- Román, P., Martínez, M. M., & Pantoja, A. (2013a). *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura Oficina Regional para América Latina y el Caribe Santiago de Chile, 2013 Autores*.
- Román, P., Martínez, M., & Pantoja, A. (2013b). *Manual de compostaje del agricultor. Experiencias en América Latina*. (Organizaci; FAO, Ed.). Recuperado de <http://www.fao.org/3/a-i3388s.pdf>
- Rondón, E., Szantó, M., Pacheco, J., Contreras, E., & Gálvez, A. (2016). *Guía general para la gestión de residuos sólidos domiciliarios*. En Organización de las Naciones Unidas (Ed.), *Manuales de la CEPAL (Primera Ed)*. Recuperado de <https://www.cepal.org/es/publicaciones/40407-guia-general-la-gestion-residuos-solidos-domiciliarios>
- Ruiz, C., Wolff, M., & Claret, M. (2015). *Rastrojos de Cultivos Anuales y Residuos Forestales*. Recuperado de <http://biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/boletines/NR40197.pdf>
- Sakurai, K. (2003). *Método Sencillo del Análisis de Residuos Sólidos*. Cepis/Ops, pp. 1–13. Recuperado de <http://www.bvsde.paho.org/eswww/proyecto/repidisc/publica/hdt/hdt017.html>
- Sbarato, D. (2009). *Aspectos Generales de la Problemática de los Residuos Sólidos Urbanos (1a Ed.; Universidad Tecnológica Nacional, Ed.)*. Recuperado de <https://ebookcentral.proquest.com/lib/epnsp/detail.action?docID=3192470#>
- SENAGUA. (2000). *Código Ecuatoriano De La Construcción De Parte Ix Obras*

- Sanitarias Normas Para Estudio Y Diseño De Sistemas De Agua Potable Y Disposición De Aguas Residuales Para Poblaciones Mayores a 1000 Habitantes. Normas Para Estudio Y Diseño De Sistemas De Agua Potable Y Disposición De Aguas Residuales Para Poblaciones Mayores a 1000 Habitantes, (6).* <https://doi.org/10.07>
- Stern, D., & Pravia, M. (1999). *Manual para la elaboración de compost. Bases conceptuales y procedimientos. Presidencia de la República, 06–69.* Recuperado de <http://www.ingenieroambiental.com/newinformes/compost.pdf>
- Tchobanoglous, G., Theisen, H., & Vigil, S. (1994). *Gestión Integral de Residuos Sólidos (Segunda Ed).* Recuperado de <https://www.urbe.edu/UDWLibrary/InfoBook.do?id=4451>
- Tortosa, G. (2015). *Compostando Ciencia Lab.* Recuperado el 8 de octubre de 2019, de *Sistemas de compostaje website:* <http://www.compostandociencia.com/2015/02/sistemas-de-compostaje/>
- Valverde, V. (2015). *Diseño y Automatización de un Sistema de Aireación Forzada para el Co-compostaje de residuos hortícolas en la comunidad de Gatazo cantón Colta (Escuela Superior Politécnica del Chimborazo).* Recuperado de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/4861>
- Villacís, B., & Carillo, D. (2012). *País atrevido: La nueva cara sociodemográfica del Ecuador. Analítika, 1(1).* Recuperado de [www.inec.gob.ec](http://www.inec.gob.ec)
- Weather Spark. (2019). *Clima promedio en Ambato, Ecuador.* Recuperado el 9 de octubre de 2019, de <https://es.weatherspark.com/y/20027/Clima-promedio-en-Ambato-Ecuador-durante-todo-el-año>

## **ANEXOS**

**ANEXO N°1**  
**EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE CONTENERIZACIÓN**

#CONT	TIPO	CÓDIGO	NAVE	CAPACIDAD (m <sup>3</sup> )	OBSERVACIÓN	LONGITUD	LATITUD
1	Pequeño	03	C	2.58048	Presencia de lixiviados en la parte baja del contenedor. El contenedor presenta celda de seguridad	-78.616236	-1.270585
2	Pequeño	02	A	2.58048	Colocado sobre la acera	-78.615982	-1.271300
3	Grande	04	B	4.539	Excede la capacidad de la celda de seguridad	-78.615331	-1.271052
4	Pequeño	10	H	2.58048	No tiene celda de seguridad	-78.615608	-1.269660
5	Pequeño	SN	H	2.58048	No tiene celda de seguridad	-78.615668	-1.269708
6	Pequeño	07	H	2.58048	No tiene celda de seguridad	-78.615141	-1.270117
7	Pequeño	SN	G	2.58048	No tiene celda de seguridad	-78.615154	-1.270827
8	Pequeño	SN	F	2.58048	No tiene celda de seguridad	-78.614891	-1.270259
9	Pequeño	05	D	2.58048	No tiene celda de seguridad	-78.614259	-1.270665
10	Pequeño	SN	D	2.58048	No tiene celda de seguridad	-78.614249	-1.270660
11	Pequeño	06	Z	2.58048	No tiene celda de seguridad. No tiene residuos orgánicos	-78.613901	-1.270964
12	Pequeño	SN	K	2.58048	No tiene celda de seguridad	-78.613446	-1.270273
13	Pequeño	01	L	2.58048	No tiene celda de seguridad	-78.613922	-1.270407
14	Pequeño	26	LL	2.58048	No tiene celda de seguridad. No tiene residuos orgánicos	-78.613799	-1.269624
15	Grande	17	M	4.539	No tiene celda de seguridad	-78.614617	-1.269809
16	Grande	18	N	4.539	No tiene celda de seguridad	-78.614390	-1.269490
17	Pequeño	12	N	2.58048	No tiene celda de seguridad	-78.614777	-1.269561
18	Pequeño	SN	N	2.58048	No tiene celda de seguridad	-78.614782	-1.269553
19	Pequeño	SN	Q	2.58048	No tiene celda de seguridad	-78.614129	-1.268991
20	Pequeño	30	P	2.58048	Presencia de lixiviados en la parte celda de seguridad.	-78.613637	-1.269300
21	Pequeño	31	P	2.58048	Presencia de lixiviados en la parte celda de seguridad.	-78.613633	-1.269290
22	Pequeño	SN	P	2.58048	Presencia de lixiviados en la parte celda de seguridad.	-78.613630	-1.269294

23	Pequeño	29	P	2.58048	No tiene celda de seguridad. Evidencia acumulación de basura alrededor. Estructura con agujeros	-78.612109	-1.270638
24	Pequeño	SN	O	2.58048	No tiene celda de seguridad	-78.613242	-1.270050
25	Pequeño	28	O	2.58048	No tiene celda de seguridad	-78.613187	-1.270031
26	Pequeño	24A	O	2.58048	No tiene celda de seguridad	-78.613138	-1.270092
27	Pequeño	27	O	2.58048	No tiene celda de seguridad	-78.613187	-1.269984
28	Pequeño	24B	O	2.58048	No tiene celda de seguridad	-78.612545	-1.270338
29	Pequeño	23	O	2.58048	No tiene celda de seguridad	-78.612599	-1.270576
30	Pequeño	SN	R	2.58048	No tiene celda de seguridad	-78.616094	-1.271249

**Fuente:** Elaboración propia

**Realizado por:** Beltrán Fabián, Pérez Paúl, 2019.

Haciendo relación a la Figura 6. se encuentran de color amarillo los sitios (puntos/contenedores) de muestreo, con sus respectivas coordenadas, siendo 18 contenedores. Mientras de rosado se encuentran los contenedores excluidos del estudio.

## **ANEXO N°2**

### **CARACTERÍSTICAS DE CLASIFICACIÓN POR COMPONENTE**

Tipo de residuos solidos	Detalle
a) Papel	Considera papel blanco tipo bond, papel periódico, otros.
b) Cartón	Considera cartón marrón, cartón blanco, cartón mixto
c) Madera	Considera ramas, tallos, raíces, hojas y cualquier otra parte de las plantas producto del clima y las podas.
d) Materia Orgánica	Considera restos de alimentos, cáscaras de frutas y vegetales, excrementos de animales menores, huesos y similares
e) Plásticos	Considera botellas de bebidas, gaseosas, aceites, frascos, bateas, aquellas bolsas plásticas otros recipientes, recipientes de comida hechos de espuma Flex, de color blanco o beige.
f) Residuos inertes	Considera tierra, piedras y similares.
g) Extras	Considera metales, vidrio, caucho, cuero, sogas, lonas y los rechazos

**Fuente:** Elaboración propia

**Realizado por:** Beltrán Fabián, Pérez Paúl, 2019.

**ANEXO N°3**  
**MODELO DE ENCUESTA**

**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL**  
**CARRERA EN INGENIERÍA AMBIENTAL**

**Encuesta #:** ..... **Zona:** .....

**Fecha:**..... **Nave:** .....

**Encuesta dirigida a:** Hombre (.....) Mujer (.....)

**ENCUESTA SOBRE LA PROBLEMÁTICA DE LOS RESIDUOS EN EL  
MERCADO MAYORISTA Y LA PRODUCCIÓN DE COMPOST**

**I) Percepción del servicio**

**1. ¿Cuál es el estado de limpieza en el mercado?:**

- |                                 |                               |
|---------------------------------|-------------------------------|
| <input type="radio"/> Muy bueno | <input type="radio"/> Regular |
| <input type="radio"/> Bueno     | <input type="radio"/> Malo    |

**II) Generación de RS**

**2. ¿Cada cuánto tiempo realiza Ud. la limpieza de su puesto trabajo?**

- |                                      |  |
|--------------------------------------|--|
| <input type="radio"/> Todos los días | <input type="radio"/> Cada 4 días        |
| <input type="radio"/> Cada 2 días    | <input type="radio"/> Una vez por semana |
| <input type="radio"/> Cada 3 días    |  |

**III) Almacenamiento de RS**

**3. ¿Dónde arroja la basura que Ud. produce?**

- |   |                              |
|---|------------------------------|
| <input type="radio"/> Arroja en el suelo                  | <input type="radio"/> Otros: |
| <input type="radio"/> Arroja en el contenedor más cercano |                              |

**IV) Reciclaje y Tratamiento de RS**

**4. ¿Ud. realiza algún tipo de reciclaje de la basura que produce?**

- |   |                          |
|---|--------------------------|
| <input type="radio"/> Si                          | <input type="radio"/> No |
| <input type="radio"/> ¿De orgánica o inorgánica?: |                          |

**V) Necesidades de Sensibilización**

**5. ¿Colaboraría Ud. clasificando la basura en contenedores de colores?**

- |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|
| <input type="radio"/> Si | <input type="radio"/> No |
|--------------------------|--------------------------|

**6. ¿Piensa Ud. que existe contaminación en el mercado?**

- |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|
| <input type="radio"/> Si | <input type="radio"/> No |
|--------------------------|--------------------------|

**7. ¿Cuál considera Ud. es el mayor problema de contaminación en el mercado?**

- Basura acumulada
- Malos olores
- Basura fuera de los contenedores
- Animales ambulantes (perros, ratas)
- Otros:

**8. ¿Porque se produce la acumulación de basura en el mercado?**

- Por las dimensiones y/o ubicación del contenedor
- Por la falta de colaboración de los comerciantes para tener limpios sus puestos de trabajo
- Por la excesiva producción de basura en días de feria

**9. ¿Cree Ud. que es necesario realizar un tipo adecuado de tratamiento de la basura en el Mercado Mayorista de Ambato?**

- Si
- No

**10. ¿Qué tratamiento considera Ud. beneficia a los comerciantes del mercado?**

- Compostaje
- Reciclaje
- Otro:

**11. ¿Le gustaría ayudar a reducir la contaminación ambiental a través del compostaje?**

- Si
- No

Porqué:

**12. ¿Le gustaría recibir algún beneficio al clasificar la basura en contenedores de colores?**

- Si
- No

**Fuente:** Elaboración propia

**Realizado por:** Beltrán Fabián, Pérez Paúl, 2019.

**ANEXO N°4**

**GENERACIÓN TOTAL DE LOS RS DEL MMA**

Nave	# cont. muestra	Lunes (kg/día)	Martes (kg/día)	Miércoles (kg/día)	Jueves (kg/día)	Viernes (kg/día)	Sábado (kg/día)	Domingo (kg/día)	Promedio (kg/día)	# cont. Total	Producción total (kg/día)
A	1	280,14	150,15	255,41	254,19	256,31	155,14	278,15	232,78	1	232,78
B	1	682,16	540,15	630,12	627,45	630,24	525,16	685,16	617,21	1	617,21
C	1	360,47	260,46	320,68	318,56	320,14	255,14	355,84	313,04	1	313,04
D	1	172,58	127,89	158,82	157,84	158,69	125,07	180,43	154,47	2	308,95
F	1	344,58	260,41	320,89	316,59	315,78	255,14	340,42	307,69	1	307,69
G	1	362,54	270,41	325,14	321,46	320,16	258,96	326,72	312,20	1	312,20
H	1	228,88	185,55	210,73	209,51	210,96	186,18	211,83	206,23	3	618,70
K	1	350,12	259,87	320,58	317,64	322,15	251,36	355,14	310,98	1	310,98
L	1	976,14	875,16	925,64	915,10	918,36	888,14	978,16	925,24	1	925,24
M	1	680,59	535,46	628,79	626,88	629,78	530,15	678,28	615,70	1	615,70
N	1	227,85	180,37	210,41	209,52	210,64	175,61	228,13	206,07	3	618,22
O	3	286,70	200,04	260,31	258,16	265,10	237,61	285,40	256,19	6	1537,13
P	2	258,02	212,41	237,61	241,14	240,64	209,24	242,33	234,48	4	937,93
Q	1	370,65	254,64	310,15	328,64	325,59	252,36	375,95	316,85	1	316,85
R	1	694,53	541,26	631,91	624,61	626,38	534,57	682,69	619,42	1	619,42
TOT	18	6275,94	4854,21	5747,18	5727,30	5750,91	4839,83	6204,62	5628,57	28	8592,05

Fuente: Elaboración propia

Realizado por: Beltrán Fabián, Pérez Paul, 2019

**ANEXO N°5**

**GENERACIÓN TOTAL DE LOS RSO DEL MMA**

Nave	# cont. muestreados	Lunes (kg/día)	Martes (kg/día)	Miércoles (kg/día)	Jueves (kg/día)	Viernes (kg/día)	Sábado (kg/día)	Domingo (kg/día)	Promedio (kg/día)	# cont. Total	Producción total (kg/día)
A	1	172,62	95,14	124,53	125,39	123,64	94,36	168,96	129,23	1	129,23
B	1	342,06	180,21	296,36	284,25	283,65	177,56	331,35	270,78	1	270,78
C	1	120,34	61,23	101,24	102,65	101,87	60,34	120,53	95,46	1	95,46
D	1	149,62	110,17	142,11	143,48	142,26	114,16	147,16	135,56	2	271,13
F	1	253,61	115,24	189,64	194,00	192,65	117,23	250,34	187,53	1	187,53
G	1	299,21	110,24	240,15	241,31	242,35	122,31	298,02	221,94	1	221,94
H	1	120,70	82,88	101,50	101,77	99,82	80,42	120,35	101,06	3	303,19
K	1	278,56	112,54	216,34	221,11	215,41	109,64	277,95	204,51	1	204,51
L	1	774,08	554,21	648,12	650,58	635,64	550,32	777,61	655,79	1	655,79
M	1	493,28	325,84	401,29	402,67	403,34	326,88	492,07	406,48	1	406,48
N	1	148,62	85,87	122,82	121,60	120,63	82,78	148,07	118,63	3	355,88
O	3	240,88	203,58	227,92	229,77	227,42	213,27	240,75	226,23	6	1357,37
P	2	210,33	164,62	188,14	188,59	189,90	165,05	210,07	188,10	4	752,40
Q	1	274,64	110,24	180,28	179,68	175,06	115,34	272,56	186,83	1	186,83
R	1	601,34	450,04	542,98	560,31	564,91	444,39	602,59	538,08	1	538,08
<b>TOT</b>	<b>18</b>	<b>4479,90</b>	<b>2762,05</b>	<b>3723,41</b>	<b>3747,16</b>	<b>3718,55</b>	<b>2774,05</b>	<b>4458,37</b>	<b>3666,21</b>	<b>28</b>	<b>5936,60</b>

Fuente: Elaboración propia

Realizado por: Beltrán Fabián, Pérez Paul, 2019

**ANEXO N°6**

**COMPOSICIÓN DE LOS RS DEL MMA**

Nave	# cont. mue	Peso mont. (kg)	Tipo de residuo	Lun (kg)	Mar (kg)	Mie (kg)	Jue (kg)	Vie (kg)	Sáb (kg)	Do (kg)	Prom. (kg/día)	%
A	1	42,25	Papel	4,05	3,88	3,94	3,95	3,96	3,97	4,06	3,97	9,40
			Cartón	3,27	3,18	3,27	3,24	3,21	3,16	3,18	3,22	7,61
			Madera	0,51	0,51	0,53	0,47	0,54	0,48	0,50	0,51	1,20
			MO	28,43	27,94	28,09	27,89	27,49	28,14	28,54	28,07	66,45
			Plásticos	4,63	4,62	4,64	4,59	4,58	4,59	4,69	4,62	10,93
			Residuos inertes	0,53	0,54	0,56	0,55	0,57	0,52	0,59	0,55	1,31
			Extras	0,83	1,58	1,22	1,56	1,90	1,39	0,69	1,31	3,10
B	1	49,50	Papel	5,84	4,87	4,68	4,96	4,85	4,01	5,59	4,97	10,04
			Cartón	3,77	3,78	3,65	3,79	3,81	3,85	3,94	3,80	7,67
			Madera	0,54	0,55	0,61	0,63	0,57	0,58	0,59	0,58	1,17
			MO	32,49	32,45	32,84	32,75	32,64	32,59	33,14	32,70	66,06
			Plásticos	5,29	5,34	5,54	5,42	5,44	5,48	5,54	5,44	10,98
			Residuos inertes	0,66	0,65	0,66	0,64	0,67	0,65	0,67	0,66	1,33
			Extras	0,91	1,86	1,52	1,31	1,52	2,34	0,03	1,36	2,74
C	1	45,19	Papel	4,89	4,18	4,24	4,23	4,21	4,39	4,56	4,39	9,71
			Cartón	3,51	3,42	3,43	3,44	3,45	3,47	3,53	3,46	7,67
			Madera	0,61	0,52	0,51	0,52	0,49	0,51	0,63	0,54	1,20
			MO	29,87	29,14	29,54	29,24	29,36	29,45	29,94	29,51	65,29
			Plásticos	5,12	4,58	4,67	4,69	4,82	4,87	5,14	4,84	10,71
			Residuos inertes	0,68	0,53	0,54	0,55	0,56	0,58	0,67	0,59	1,30
			Extras	0,51	2,82	2,26	2,52	2,30	1,92	0,72	1,86	4,13
D	1	35,41	Papel	3,31	3,17	3,10	3,11	3,14	3,15	3,47	3,21	9,06
			Cartón	2,84	2,48	2,56	2,68	2,71	2,69	2,83	2,68	7,58
			Madera	0,56	0,38	0,36	0,34	0,45	0,44	0,57	0,44	1,25
			MO	23,98	22,68	22,96	23,18	23,19	23,24	23,86	23,30	65,80
			Plásticos	3,98	3,67	3,68	3,78	3,85	3,86	3,97	3,83	10,81
			Residuos inertes	0,59	0,47	0,45	0,43	0,42	0,41	0,64	0,49	1,38
			Extras	0,15	2,56	2,30	1,89	1,65	1,62	0,07	1,46	4,13
F	1	44,18	Papel	4,68	3,84	3,67	3,68	3,86	3,89	4,34	3,99	9,04
			Cartón	3,58	3,25	3,23	3,21	3,19	3,25	3,57	3,33	7,53
			Madera	0,61	0,49	0,48	0,47	0,54	0,53	0,64	0,54	1,22
			MO	29,54	28,34	28,48	28,61	28,74	28,86	29,48	28,86	65,33
			Plásticos	4,96	4,75	4,71	4,69	4,81	4,82	4,98	4,82	10,90

			Residuos inertes	0,64	0,49	0,43	0,54	0,56	0,55	0,67	0,55	1,25
			Extras	0,17	3,02	3,18	2,98	2,48	2,28	0,50	2,09	4,72
G	1	45,18	Papel	4,37	3,83	3,89	3,92	3,94	3,92	3,91	3,97	8,78
			Cartón	3,56	3,41	3,39	3,38	3,38	3,42	3,58	3,45	7,63
			Madera	0,61	0,48	0,47	0,51	0,52	0,54	0,64	0,54	1,19
			MO	30,54	29,24	29,26	29,38	29,21	29,15	30,52	29,61	65,55
			Plásticos	5,14	4,84	4,83	4,82	4,85	4,86	5,17	4,93	10,91
			Residuos inertes	0,67	0,51	0,52	0,51	0,54	0,58	0,68	0,57	1,27
			Extras	0,29	2,87	2,82	2,66	2,74	2,71	0,68	2,11	4,67
H	1	43,15	Papel	4,01	3,94	3,92	3,91	3,64	3,89	4,03	3,91	9,05
			Cartón	3,56	3,11	3,19	3,17	3,19	3,24	3,54	3,29	7,61
			Madera	0,66	0,46	0,45	0,44	0,49	0,51	0,72	0,53	1,23
			MO	28,91	28,11	28,14	28,19	28,25	28,14	28,94	28,38	65,78
			Plásticos	4,89	4,61	4,62	4,63	4,61	4,72	4,86	4,71	10,91
			Residuos inertes	0,69	0,48	0,49	0,47	0,46	0,57	0,68	0,55	1,27
			Extras	0,43	2,44	2,34	2,34	2,51	2,08	0,38	1,79	4,15
K	1	46,08	Papel	4,05	3,95	3,84	3,86	3,45	3,56	4,04	3,82	8,29
			Cartón	3,85	3,24	3,28	3,29	3,34	3,65	3,83	3,50	7,59
			Madera	0,64	0,48	0,46	0,51	0,52	0,47	0,67	0,54	1,16
			MO	31,12	29,84	29,78	29,57	29,64	30,04	31,24	30,18	65,49
			Plásticos	5,27	4,68	4,86	4,95	4,83	4,98	5,31	4,98	10,81
			Residuos inertes	0,72	0,54	0,55	0,53	0,51	0,58	0,74	0,60	1,29
			Extras	0,43	3,35	3,31	3,37	3,79	2,80	0,25	2,47	5,36
L	1	49,28	Papel	4,84	4,82	4,81	4,83	4,56	4,76	4,98	4,80	9,74
			Cartón	3,86	3,64	3,65	3,58	3,67	3,91	3,88	3,74	7,59
			Madera	0,68	0,51	0,52	0,54	0,49	0,52	0,69	0,56	1,15
			MO	32,96	32,12	32,14	32,15	32,19	32,17	32,94	32,38	65,71
			Plásticos	5,78	5,45	5,14	5,16	5,11	5,14	5,85	5,38	10,91
			Residuos inertes	0,78	0,54	0,51	0,53	0,61	0,64	0,74	0,62	1,26
			Extras	0,38	2,20	2,51	2,49	2,65	2,14	0,20	1,80	3,64
M	1	48,76	Papel	4,98	4,76	4,74	4,76	4,84	4,85	4,97	4,84	9,93
			Cartón	3,82	3,74	3,76	3,73	3,74	3,59	3,84	3,75	7,68
			Madera	0,69	0,51	0,53	0,54	0,56	0,57	0,71	0,59	1,20
			MO	32,44	31,58	31,67	31,56	31,96	31,97	32,41	31,94	65,51
			Plásticos	5,76	5,01	5,06	5,14	5,16	5,18	5,84	5,31	10,88

			Residuos inertes	0,86	0,54	0,56	0,59	0,61	0,63	0,88	0,67	1,37
			Extras	0,21	2,62	2,44	2,44	1,89	1,97	0,11	1,67	3,42
N	1	44,18	Papel	4,21	4,14	4,12	4,11	4,13	4,17	4,22	4,16	9,41
			Cartón	3,59	3,18	3,02	3,06	3,08	3,37	3,64	3,28	7,42
			Madera	0,84	0,35	0,48	0,53	0,42	0,43	0,78	0,55	1,24
			MO	29,63	28,47	28,65	28,89	28,64	28,58	29,64	28,93	65,48
			Plásticos	5,08	4,54	4,56	4,81	4,82	4,84	5,09	4,82	10,91
			Residuos inertes	0,72	0,48	0,47	0,46	0,42	0,58	0,76	0,56	1,26
			Extras	0,11	3,02	2,88	2,32	2,67	2,21	0,05	1,89	4,29
O	3	49,92	Papel	4,84	4,56	4,51	4,53	4,54	4,65	4,83	4,64	9,29
			Cartón	4,12	3,54	3,58	3,56	3,64	3,81	4,15	3,77	7,55
			Madera	0,84	0,51	0,53	0,49	0,57	0,61	0,82	0,62	1,25
			MO	33,54	32,94	32,15	32,16	32,08	32,71	33,51	32,73	65,56
			Plásticos	5,61	5,32	5,33	5,36	5,28	5,45	5,68	5,43	10,88
			Residuos inertes	0,87	0,48	0,55	0,56	0,65	0,66	0,89	0,67	1,33
			Extras	0,10	2,57	3,27	3,26	3,16	2,03	0,04	2,06	4,13
P	2	49,85	Papel	4,51	4,32	4,36	4,38	4,41	4,12	4,49	4,37	8,77
			Cartón	4,07	3,48	3,49	3,52	3,81	3,78	4,13	3,75	7,53
			Madera	0,81	0,48	0,47	0,46	0,51	0,64	0,83	0,60	1,20
			MO	33,64	32,04	32,11	32,16	32,18	32,64	33,62	32,63	65,45
			Plásticos	5,78	5,31	5,29	5,34	5,42	5,37	5,74	5,46	10,96
			Residuos inertes	0,71	0,54	0,55	0,57	0,53	0,64	0,76	0,61	1,23
			Extras	0,33	3,68	3,58	3,42	2,99	2,66	0,28	2,42	4,85
Q	1	46,68	Papel	4,25	4,14	4,12	4,09	4,07	4,06	4,15	4,13	8,84
			Cartón	3,86	3,41	3,42	3,41	3,38	3,55	3,84	3,55	7,61
			Madera	0,72	0,41	0,43	0,48	0,49	0,56	0,76	0,55	1,18
			MO	31,59	30,04	30,03	30,14	30,45	30,35	31,64	30,61	65,56
			Plásticos	5,49	5,04	5,08	5,07	5,06	4,94	5,46	5,16	11,06
			Residuos inertes	0,74	0,54	0,53	0,56	0,61	0,59	0,78	0,62	1,33
			Extras	0,03	3,10	3,07	2,93	2,62	2,63	0,05	2,06	4,42
R	1	49,53	Papel	4,91	4,67	4,69	4,72	4,76	4,78	4,96	4,78	9,66
			Cartón	3,93	3,45	3,49	3,72	3,78	3,77	3,91	3,72	7,51
			Madera	0,72	0,55	0,54	0,48	0,54	0,59	0,74	0,59	1,20
			MO	32,86	32,10	32,12	32,18	32,34	32,47	32,98	32,44	65,49
			Plásticos	5,78	5,24	5,22	5,21	5,14	5,41	5,76	5,39	10,89

			Residuos inertes	0,85	0,41	0,42	0,44	0,45	0,69	0,82	0,58	1,18
			Extras	0,48	3,11	3,05	2,78	2,52	1,82	0,36	2,02	4,07
<b>Total</b>	<b>18</b>	<b>689,14</b>										

**Fuente:** Elaboración propia

**Realizado por:** Beltrán Fabián, Pérez Paúl, 2019.

**ANEXO N° 7**

**RESULTADOS DE LAS ENCUESTAS**

<b>ENCUESTA SOBRE LA PROBLEMÁTICA DE LOS RESIDUOS EN EL MERCADO MAYORISTA Y LA PRODUCCIÓN DE COMPOST</b>		
<b>1. ¿Cuál es el estado de limpieza en el mercado?</b>		
Muy Bueno	0	0%
Bueno	6	16%
Regular	19	51%
Malo	12	33%
SUMA	37	100%
<b>2. ¿Cada cuánto tiempo realiza Ud. la limpieza de su puesto trabajo?</b>		
Todos los días	33	89%
Cada 2 días	4	11%
Cada 3 días	0	0%
Cada 4 días	0	0%
Una vez por semana	0	0%
SUMA	37	100%
<b>3. ¿Dónde arroja la basura que Ud. produce?</b>		
Arroja en el suelo	1	3%
Arroja en el contenedor más cercano	36	97%
Otros	0	0%
SUMA	37	100%
<b>4. ¿Ud. realiza algún tipo de reciclaje de la basura que produce?</b>		
Si	10	27%
No	27	73%
SUMA	37	100%
<b>5. ¿Colaboraría Ud. clasificando la basura en contenedores de colores?</b>		
Si	33	89%
No	4	11%
SUMA	37	100%

<b>6. ¿Piensa Ud. que existe contaminación en el mercado?</b>		
Si	35	95%
No	2	5%
SUMA	37	100%
<b>7. ¿Cuál considera Ud. es el mayor problema de contaminación en el mercado?</b>		
Basura acumulada	12	18%
Malos olores	15	22%
Basura fuera de los contenedores	16	24%
Animales ambulantes	21	31%
Otros	3	5%
SUMA	67	100%
<b>8. ¿Porque se produce la acumulación de basura en el mercado?</b>		
Dimensiones del contenedor	6	12%
Falta de colaboración	27	54%
Excesiva producción de basura	17	34%
SUMA	50	100%
<b>9. ¿Cree Ud. que es necesario realizar un tipo adecuado de tratamiento de la basura en el Mercado Mayorista de Ambato?</b>		
Si	36	97%
No	1	3%
SUMA	37	100%
<b>10. ¿Qué tratamiento considera Ud. beneficia a los comerciantes del mercado?</b>		
Compostaje	27	51%
Reciclaje	26	49%
Otro	0	0%
SUMA	53	100%

<b>11. ¿Le gustaría ayudar a reducir la contaminación ambiental a través del compostaje?</b>		
Si	36	97%
No	1	3%
SUMA	37	100%
<b>12. ¿Le gustaría recibir algún beneficio al clasificar la basura en contenedores de colores?</b>		
Si	33	89%
No	4	11%
SUMA	37	100%

**Fuente:** Elaboración propia

**Realizado por:** Beltrán Fabián, Pérez Paúl, 2019.

**ANEXO N° 8**

**MATRIZ DE LEOPOLD DEL MERCADO MAYORISTA DE AMBATO  
EMPLEADA EN EL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL**

Actividades del proyecto		OPERACIÓN														MANTENIMIENTO		EVALUACIONES	Clasificación del impacto	
		COMPRA Y VENTA DE PRODUCTOS ALIMENTICIOS														GESTIÓN ADMINISTRATIVA				
		GESTIÓN DE RESIDUOS														Equipos y Infraestructura e instalaciones				
Medio	Componente	Recepción del producto al por mayor	Inspección	Pesaje	Compra al productor	Almacenamiento y conservación	Peso, corado y desgranado	Tratamiento	Exhibición y oferta	Expendio mayor	Eliminación de desechos	Almacenamiento	Recolección	Barido y limpieza	Transporte	Disposición final	Administración y uso de instalaciones	Nº DE INTERACCIONES		
			Impacto																	
FÍSICO	Residuos Sólidos Orgánicos	-1	1	-1	-4	-9	5	4	-2	-5	-3	-7	-9	-7	-9	-9	9	13	-31	-165
	Residuos Sólidos Inorgánicos	-1	1	-1	-2	-1	4		4	-3	-3	-7	-9	-7	-5	-9	9	11	-12	-61
	Drenaje	-2	1		1						-3	-8	-9	-1	-1	1	-1	6	-26	-35
	Cantidad del agua superficial	-2	1			-5	-6	1	1		-6	1	1	1	1	-1	-5	8	-40	-110
BIÓTICO	Lixiviados									-5	-9	-2	-1	-1	-4	-7	-2	7	-30	-154
	Matos Clones	-1			-1					-5	-7	-3	-3	-1	-1	-7	-3	36	-33	-145
	Ruido	-1	3		-2	1					-1	1	1	1	1	1	1	6	-12	-20
	Vectores	-1	1		-6	-5			-1		-4	-5	1	1		-5		7	-27	-162
ANTROPÍCO	Impacto visual	-2	1		-2	8	1	1	1		-4	-5	9	9		9	-5	10	-5	-26
	Alteración del paisaje	+9			+1						-8	-2	2	1	1	4	-5	5	-20	-44
	Generación de empleo	+1	3		1	1	1	1		+9	5	1	1	1	1	4	+5	9	+38	106
	Reciclaje	1	1				1				+1							3	+3	3
ANTROPÍCO	Tránsito comercial	-9	-3	-3	-9	-3			-3	-9	-2							8	-41	-267
	Tránsito vehicular	-9	6		5					-9	1							3	-27	-108
	Higiene y salubridad	-1	5	-1	-9	-8	-3	5	5		-8	-8	-8	-8	-1	-8	+2	16	-80	-315
	Salud pública (Control enfermedades)	-1	5	4	-9	5	2	5	5	-7	5	+2	+1	+2	+1	-5	+1	15	-38	-93

Fuente: Elaboración propia

Realizado por: Beltrán Fabián, Pérez Paul, 2019

**ANEXO N° 9**

**MATRIZ DE LEOPOLD DEL DISEÑO DE LA PLANTA DE COMPOSTAJE  
EMPLEADA EN EL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL**

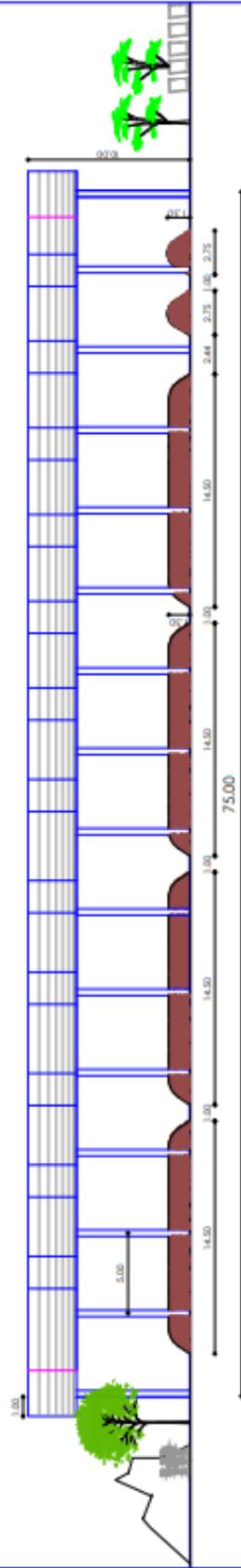


## **ANEXO N° 10**

### **DISEÑO DE LA PLANTA DE COMPOSTAJE**

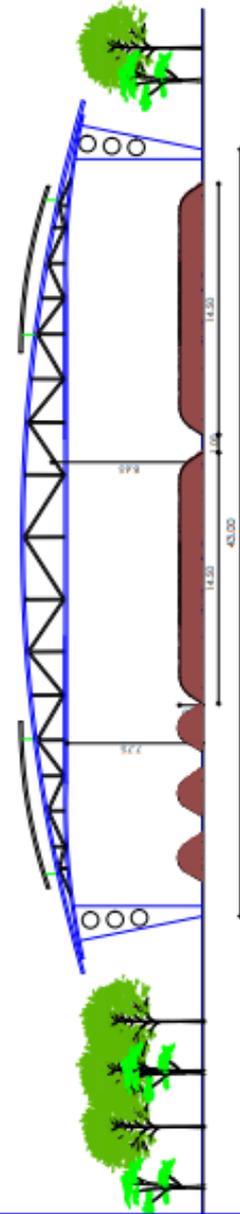
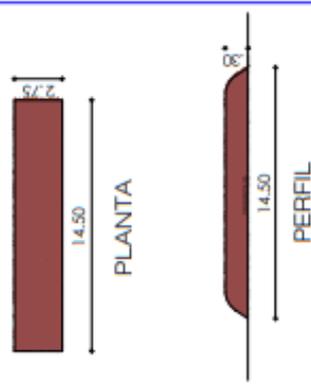


# TEMA: POTENCIAL DE COMPOSTAJE DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS GENERADOS EN EL MERCADO MAYORISTA DEL CANTÓN AMBATO



PERFIL ESTE

## PILAS DE COMPOSTAJE



PERFIL NORTE

## PERFILES DE LA PLANTA

UNIVERSIDAD: ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL FACULTAD: INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL	UBICACIÓN: CANTÓN: AMBATO	DIRECTOR DE TESIS: ING. CESAR NARVAEZ M.Sc	ESTUDIANTES: CARLOS FABIAN BELTRAN NARANJO PAUL SEBASTIAN PÉREZ MONTESOCCA	ÁREA PROPUESTA DE TERRENO: 7700 M2 ESCALA: S/E	FECHA: 08/04/2020 LAMINA: 2 DE 4
---	---------------------------------	---	--	---	---

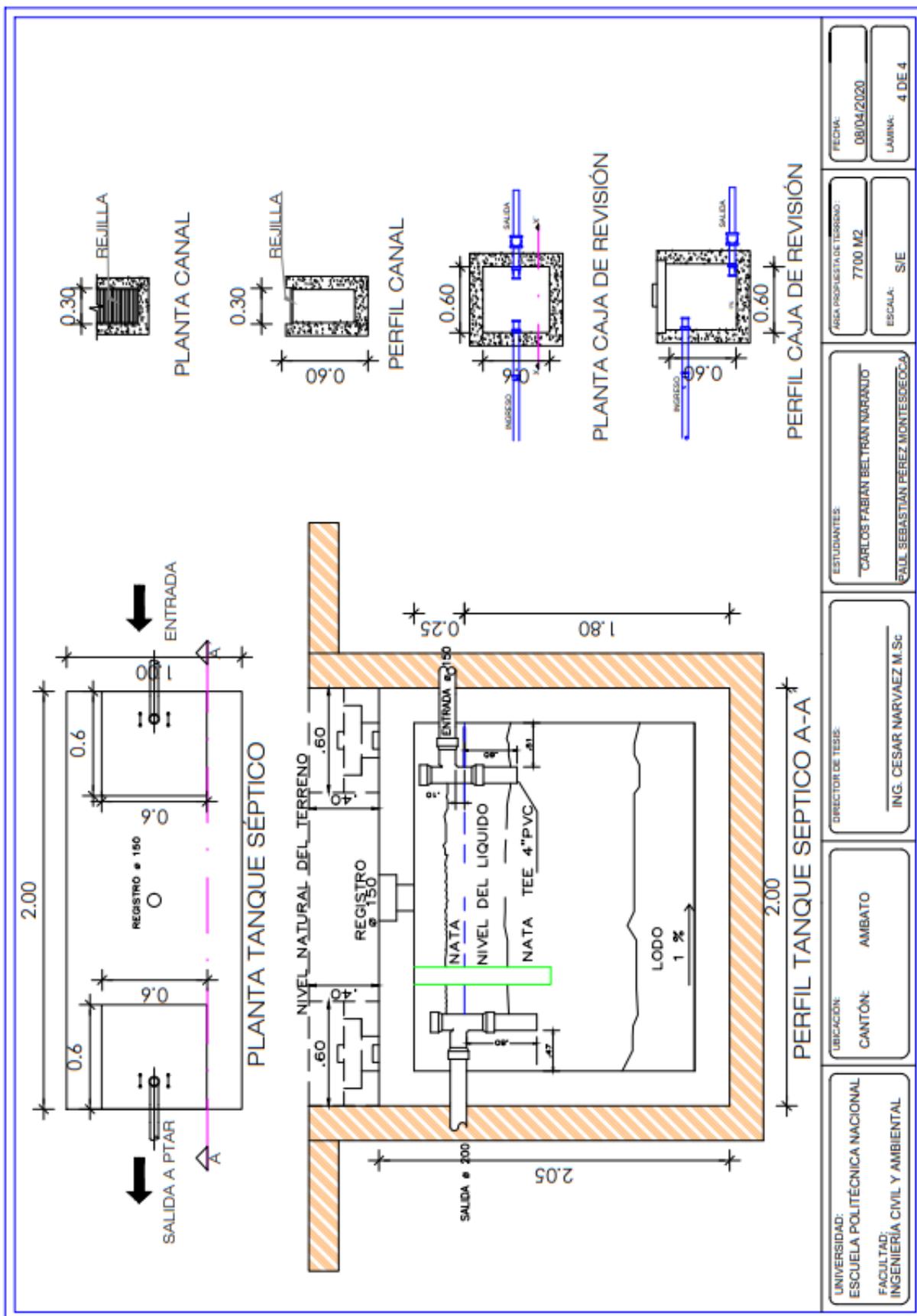


TEMA: POTENCIAL DE COMPOSTAJE DE LOS RESIDUOS SOLIDOS ORGANICOS  
GENERADOS EN EL MERCADO MAYORISTA DEL CANTON AMBATO



DRENAJE PLUVIAL Y SANITARIO

UNIVERSIDAD: ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL	UBICACION: CANTÓN: AMBATO	DIRECTOR DE TESIS: ING. CESAR NARVAEZ M.Sc	ESTUDIANTE: CARLOS FABIAN BELTRAN NARANJO PAUL SEBASTIAN PEREZ MONTESECOA	AREA PROYECTADA DE TERRENO: 7700 M2	FECHA: 08/04/2020
FACULTAD: INGENIERIA CIVIL Y AMBIENTAL				ESCALA: S/E	LÁMINA: 3 DE 4

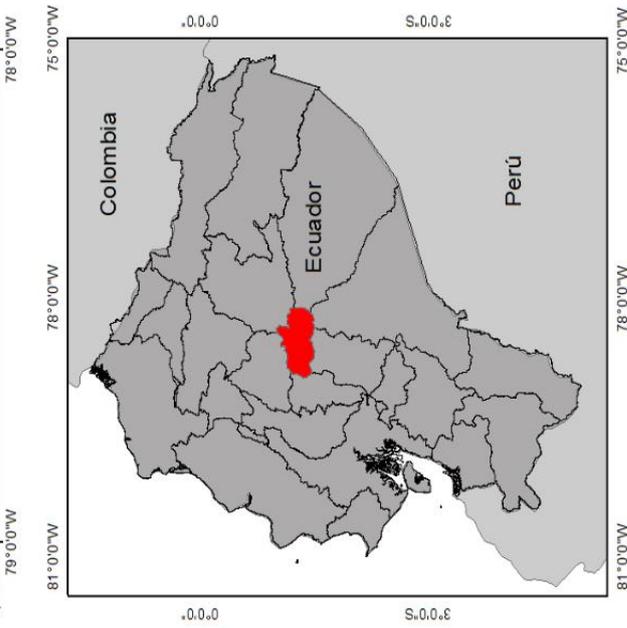
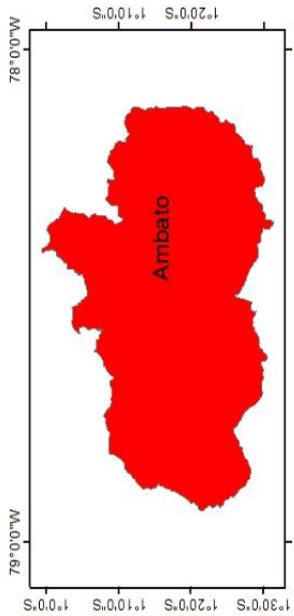


UNIVERSIDAD: ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL FACULTAD: INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL	UBICACIÓN: CANTÓN: AMBATO	DIRECTOR DE TESIS: ING. CESAR NARVAEZ M. Sc	ESTUDIANTES: CARLOS FABIAN BELTRAN NARANJO PAUL SEBASTIAN PEREZ MONTESECOA	ÁREA PROPUESTA DE TERRENO: 7700 M2 ESCALA: S/E	FECHA: 08/04/2020 LÁMINA: 4 DE 4
---	---------------------------------	--	--	---	---

## **ANEXO N° 11**

**SUGERENCIA DE UBICACIÓN DEL DISEÑO EN EL RELLENO SANITARIO DE  
AMBATO**

# Ubicación sugerida en el Relleno Sanitario de Ambato



## Leyenda

 Área de estudio



Fuente: Elaboración propia

Realizado por: Beltrán Fabián, Pérez Paúl, 2019

**ANEXO N° 12**

**RUTA DE BARRIDO**



Fuente: Elaboración propia

Realizado por: Beltrán Fabián, Pérez Paúl, 2019